



UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA



Escuela Técnica Superior de  
Ingeniería de Edificación

**PFG** TALLER 31 MATERIALES PARA ARQUITECTURA SOSTENIBLE

# APLICACIÓN DE CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD EN **CUBIERTAS**

Titulación: **Grado de Ingeniería de Edificación.**

Alumnos: **Cerdán Conca, Víctor**  
**Julián Pellicer, Jesús**

Director: **Javier Orozco Messana**



# INDICE

## 1. INTRODUCCIÓN A LOS CRITERIOS DE SELECCIÓN SOSTENIBLE

## 2. BASE DE DATOS

## 3. APLICACIÓN PRÁCTICA

### 3.1. RESTRICCIONES DEL PROYECTO

#### 3.1.1. ENTORNO

#### 3.1.2. SINGULARIDAD

#### 3.1.3. NORMATIVA

#### 3.1.4. PRESUPUESTO

#### 3.1.5. FUNCIONALIDAD

### 3.2. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

### 3.3. GENERALIDADES DE CUBIERTAS PLANAS

#### 3.3.1. DESCRIPCIÓN DE LAS CAPAS

#### 3.3.2. CLASIFICACIÓN DE CUBIERTAS

#### 3.3.3. MATERIALES EMPLEADOS

### 3.4. SELECCIÓN DE MATERIALES

### 3.5. NORMATIVA DE APLICACIÓN

### 3.6. ANÁLISIS ECONÓMICO

### 3.7. DETALLES CONSTRUCTIVOS

### 3.8. CONCLUSIÓN

## 1.- INTRODUCCIÓN

La aplicación de criterios de sostenibilidad en la elección de materiales de construcción, no es un proceso reglado con una solución clara sobre las de más. En la elección de materiales debemos tener en cuenta varios factores para decidir un material por encima de otro:

- **Finalidad de la construcción a realizar:** Uso que se va a dar al material.
- **Vida útil:** Tiempo que va a durar en servicio un material hasta su reemplazamiento. Hay que tener en cuenta también la vida útil que va a tener el sistema constructivo del que forma parte, y la del edificio del que va a formar parte.
- **Huella de carbono:** Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), cuantificadas en emisiones de CO2 equivalentes, que son liberadas a la atmósfera a lo largo del ciclo de vida del producto. De este modo, las organizaciones e individuos pueden evaluar la contribución al Cambio Climático de los productos que utilizan.
- **Reciclabilidad:** Capacidad de tratamiento de un desecho que permite reintroducirlo en como materia prima para crear un nuevo producto.
- **Agua consumida:** Cantidad de agua consumida para procesar, transportar y aplicar una cantidad de material.
- **Energía embebida:** Es la energía necesaria para procesar un producto embalarlo y distribuirlo hasta su utilización final, teniendo en cuenta todos los procesos que sufre este material.
- **Rendimiento del material en función de su uso:** cantidad de material necesaria para soportar un la función deseada. Ya que los anteriores criterios estaban enfocados a los consumos o emisiones por kg de material obtenido, debemos tener en cuenta los kg necesarios para solucionar una exigencia determinada.

A la hora de elegir un material, lo primero que debemos tener en cuenta es la utilización que se le va a dar a este material, ya que no serán las mismas exigencias las que se soliciten según su finalidad.

No será la misma exigencia de durabilidad para una pérgola, que para un embalse o un puente. Hay que tener en cuenta también la vida útil del material a utilizar. Ya que podemos utilizar dos materiales de diferente vida útil, y tener que reemplazarlos los dos cuando se deteriora el de menor vida útil.

Cuando se sabe la vida útil de un sistema constructivo, una durabilidad mayor en un determinado material, no tiene por qué valorarse positivamente en la selección. Para la



elección de materiales debemos seguir una estrategia proporcionada a la envergadura de la obra a realizar, teniendo siempre en cuenta unas directrices básicas.

## 2. BASE DE DATOS

Para desarrollar una selección de materiales es necesaria una base de datos homogénea y coherente independientemente de los criterios de selección que vayamos utilizar. Tanto para criterios meramente económicos, criterios de durabilidad (museos, edificios públicos en general) o criterios de sostenibilidad; es importante que al comparar materiales los datos tengan una procedencia fiable y normalizada. Los resultados de las mediciones podrán variar en gran medida dependiendo de los ensayos realizados o de los métodos utilizados para medir los datos. Una base de datos homogénea implica la obtención de los datos de una fuente fiable y contrastada: el catalogo del código técnico de edificación, normativa ISO, el I.V.E., etc. De esta manera no podremos comparar precios de dos bases de datos de diferentes países ni de diferentes años.

En la creación de bases de datos hay varios aspectos a considerar en cuanto a derechos de propiedad. La base de datos que vamos a crear va a ser pública y no pretendemos obtener ningún beneficio. No podemos copiar datos de ninguna base de datos de acceso restringido, a pesar de tener acceso a ella (aunque la universidad tenga licencia para utilizar una determinada norma, eso no nos da derecho a difundir datos obtenidos de ella sin permiso). Tampoco podemos publicar datos de páginas que requieran que nos registremos. Lo mismo ocurre con las fotografías sacadas de internet.

En los materiales empleados en cubiertas hemos configurado la tabla de datos incluyendo las siguientes propiedades:

- Una breve descripción en la que se describe el material, su procedencia composición e historia.
- Propiedades generales como precio y densidad, para poder asimilar a primera vista si es un producto optimo para su utilización o está fuera del límite económico.
- Formas en las que se puede adquirir(a granel, en laminas, sacos...) para conocer el formato en el que lo podemos adquirir y planificar los acopios.
- Sistemas constructivos en los que se emplea.
- Propiedades mecánicas como, límite elástico... para poder comparar varios materiales de pavimento, geotextiles...
- Propiedades térmicas (conductividad térmica, resistencia térmica...) para poder comparar materiales de aislamiento.
- Propiedades higrotérmicas, para comparar las diferentes laminas impermeables, o barreras de vapor e incluso aislantes térmicos en cubiertas invertidas.
- Propiedades ópticas para determinar el color, aspecto, y transparencia de materiales.
- Propiedades Acústicas. Para poder calcular la necesidad de aislamiento acústico.
- Propiedades ecológicas. Se utilizarán para comparar los materiales con criterios de sostenibilidad, como es el caso de nuestro proyecto.

-Durabilidad. Se utilizará para comparar materiales que se encuentren expuestos a ambientes industriales, urbanos, marinos...

#### **Estrategia de eco-selección de materiales:**

Es necesaria una estrategia de evaluación que esté dirigida a los intereses actuales y que combine un coste aceptable con la suficiente precisión para un mejor asesoramiento en la toma de decisiones. La estrategia debe ser lo bastante flexible para que tengan cabida futuras mejoras y, lo bastante simple para permitir la exploración de nuevas alternativas. Para conseguir simplificar el método es necesario omitir la mayoría de los detalles, los múltiples enfoques, y la complejidad de método que hacen que las técnicas LCA (Técnicas de evaluación del ciclo de vida) estándares tan engorrosas. El enfoque desarrollado a continuación tiene tres componentes:

-Adoptar métricas simples para los índices medioambientales: la energía embebida o la huella de co2 como elecciones lógicas. Las dos están relacionados y son entendidos por el público en general. La energía embebida posee el mérito de ser la más fácil de controlar, puede ser medida con relativa precisión, y con apropiadas precauciones, puede ser usada como una representación del co2 cuando sea necesario.

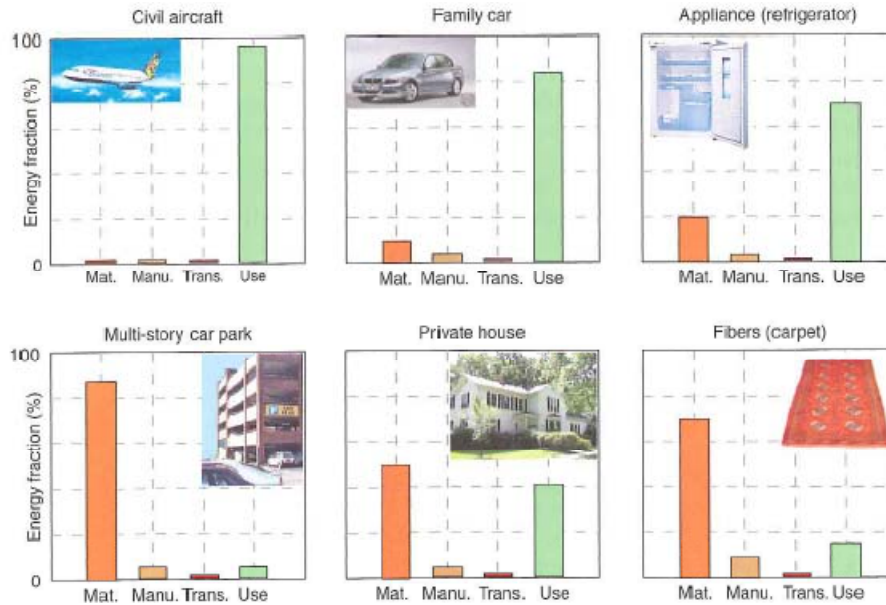
-Distinguir las fases de vida. Este sistema consiste en dividir el total de la energía consumida por un producto durante su ciclo de vida, asignando una fracción del total a cada una de las siguientes fases: la creación material, la fabricación de un producto, el transporte, el uso y reciclado. El reciclado del producto puede tomar formas muy diferentes, algunas conllevan una penalización energética, otras permiten el reciclaje o la recuperación de energía.

Cuando se hace esta distinción, se encuentra frecuentemente que una de las fases domina el gráfico. La figura 3.10 lo evidencia. La fila de arriba muestra un patrón de tres productos de consumo de energía: un avión civil, un coche familiar y un electrodoméstico. Para los tres la fase de uso consume más energía que la suma de todas las otras fases. La fila de bajo muestra productos que todavía requieren energía durante su vida útil, pero no tan intensamente como los de la fila de arriba. Para esos, las energías embebidas de los materiales con los que están hechos contribuyen en mayor porcentaje.

Se pueden sacar dos conclusiones. La primera:

Hay una fase que domina frecuentemente, consumiendo el 60% o más de la energía, a menudo mucho más. Si se quieren conseguir grandes ahorros de energía, la fase dominante se convierte en nuestro principal objetivo, ya que una reducción fraccional dada, hace la mayor contribución. La segunda:

Cuando las diferencias son tan grandes como las de la figura 3.10, la precisión no es necesaria; cambios modestos en la introducción de datos, no producen cambios significativos en el gráfico. Es la naturaleza de la gente la que provoca querer medir las cosas con tanta precisión, cuando la precisión debe ser nuestro último objetivo. Pero es posible avanzar sin tanta precisión; juicios precisos pueden ser sacados de datos imprecisos.



**FIGURE 3.10** Approximate values for the energy consumed at each phase of Figure 3.1 for a range of products (data from References 5 and 6). The disposal phase is not shown because there are many alternatives for each product.

-Basar la acción posterior en el análisis de energía o carbón. Si la producción del material es la fase dominante, el siguiente paso es elegir los materiales con baja energía embebida y minimizar las cantidades empleadas. Si la manufactura es la fase de uso de energía más importante, reducir el uso de energías en este proceso se convierte en el objetivo principal. Si el transporte supone una gran proporción del consumo de energía vital, buscar un medio de transporte más eficiente o reducir la distancia se convierte en la mayor prioridad. Cuando la fase de uso es la que domina, la estrategia es minimizar la masa (si el producto es parte de un sistema que se mueve), aumentar la eficiencia térmica (si es un sistema térmico o termo mecánico), o reducir las pérdidas eléctricas (si se trata de un sistema electromecánico). En general la elección del mejor material para minimizar una fase, no será el que minimice las otras, requiriendo métodos compensatorios para guiar la elección. En nuestro caso al tratarse de un edificio público, nuestro gráfico se parecerá al de una vivienda privada. Debiendo centrarnos en la elección de menor energía embebida e intentar minimizar las cantidades de material, y en aumentar la eficiencia térmica.

La implementación requiere herramientas. Son necesarios dos conjuntos: uno para hacer el boceto de la eco-auditoría, el otro para permitir el análisis y la selección de materiales, manufactura, transporte, uso, y gestión de residuos.

#### Resumen y conclusión:

Los productos, como los organismos, tienen una vida, durante el curso de la cual interactúan con el medio ambiente. Su medio ambiente es también nuestro; si la interacción es dañina, se disminuye la calidad de vida de todos los que lo comparten.

La evaluación del ciclo de vida es el estudio y análisis de esta interacción, cuantificando los recursos consumidos y los residuos emitidos. Es holístico abarcando la vida completa desde la creación de los materiales, la manufactura del producto, su uso y su posterior gestión de residuos. Aunque hoy en día los estándares recomiendan procedimientos para hacer esto, son muy imprecisos y permiten un alto grado de subjetividad. Implementarlos requiere habilidad y experiencia, y requiere acceso a muchos datos, haciendo que un LCA completo sea caro,

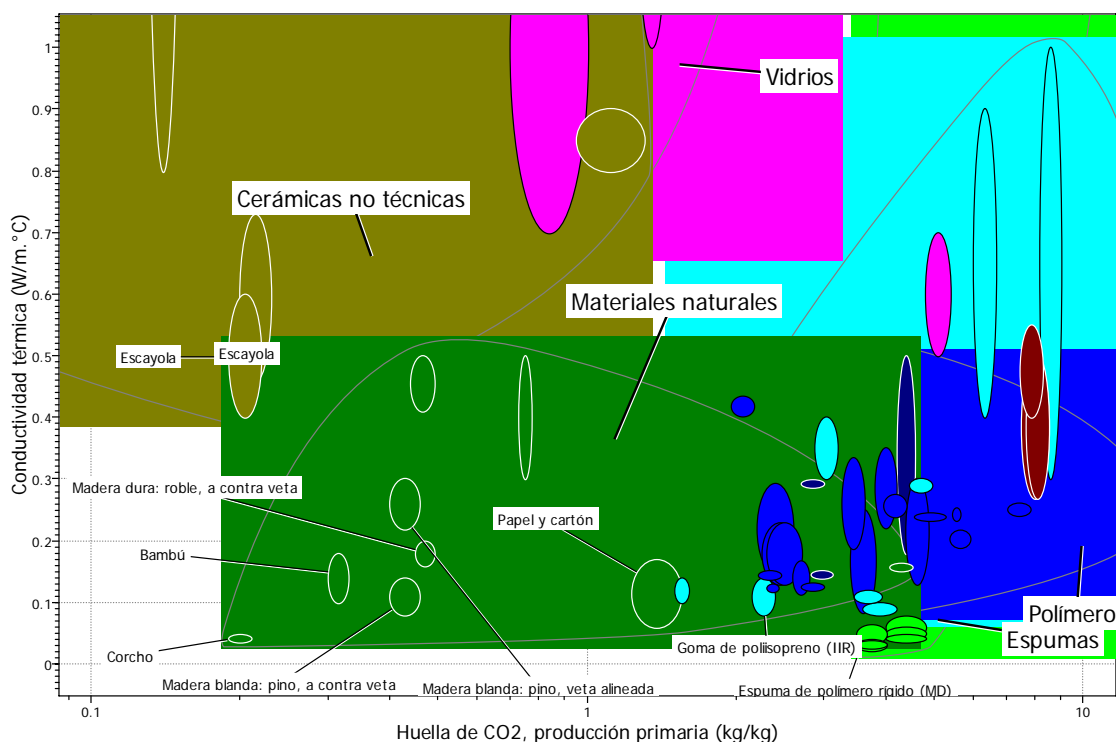
requiera mucho tiempo y que en su forma actual no es útil para los diseñadores.

La técnica de LCA es relativamente nueva y todavía está evolucionando. El marco recomendado por el ISO no está bien adaptado a las necesidades actuales. El siguiente paso es adoptar un enfoque menos preciso pero mucho más simple, limitando la evaluación a los aspectos clave de la interacción para hacerlo más eficiente. El método matriz, del cual hay muchas variantes, asigna un ranking para cada categoría de impacto en cada fase de vida, sumando los rankings para evaluar el eco-impacto. Otro enfoque mejor adaptado a la guía de elección de materiales es limitar las categorías de impacto a una fuente (la energía); y a una emisión (CO<sub>2</sub>) auditando diseños y productos por sus demandas en ambos. Dado que la resolución de la auditoría es suficiente para sacar conclusiones significativas, los resultados pueden guiar la estrategia para la selección o sustitución de un material.

Dentro de la selección de materiales se debe tener claro cuáles son los objetivos a perseguir. La herramienta que hemos utilizado para la selección de materiales es el programa CES Edupack 2010. Esta herramienta nos permite tanto consultar bases de datos ya creadas con anterioridad, como crear nuestra propia base de datos fijando los requisitos que creamos necesarios. Este programa nos permite consultar datos de materiales entrando dentro de la ficha propia del material, comparar varios materiales en gráficas y tablas, e incluso comparar en los materiales dos valores en gráficas. Dado que la mayoría de los materiales expresan sus datos dando un intervalo, los materiales en los gráficos toman forma circular quedando dentro de él los dos rangos a comparar.

Ya que el área de trabajo es la sostenibilidad en cubiertas, en cada uso de material compararemos su característica principal, con la huella de CO<sub>2</sub>, o energía embebida. Por ejemplo:

En la comparación de materiales aislantes, le introduciremos los datos de huella de CO<sub>2</sub> en un eje, y de conductividad térmica en el otro eje al gráfico comparativo:







El valor que más se aproxime al 0 en los dos ejes sería el material más indicado para utilizar, aún así deberíamos comparar los precios para saber si es viable utilizar este material.

Al elegir el material también tendremos en cuenta las características del mismo (precio, métodos de unión, procesado del material, producción mundial del material, etc.).

Más adelante en el apartado de selección de materiales explicaremos la estrategia de selección seguida para cada capa de la cubierta.

**Bibliografía:**

ASHBY, Michael F. (2009), Materials and the environment, BH

### 3. APLICACIÓN PRÁCTICA

#### 3.1 RESTRICCIONES DEL PROYECTO

##### Entorno:

##### -Emplazamiento

El edificio a ejecutar se encuentra en la calle San Miguel de Tarazona, en el municipio de San Joan d'Alacant, a la altura del número 16.

San Joan d'Alacant es un municipio situado al sur de la comunidad valenciana, integrado en el área metropolitana de Alicante-Elche, en la provincia de Alicante; su casco urbano se encuentra a unos 8 kilómetros del centro de la ciudad de Alicante. Cuenta con 22.138 habitantes (según el Instituto Nacional de Estadística 2010).

San Joan d'Alacant se encuentra en el centro geográfico de la comarca de la Huerta de Alicante. Linda con Muchamiel al noroeste, Campello al norte; y Alicante al sur y al oeste.

Se sitúa sobre un terreno prácticamente llano a una altitud de 40 metros sobre el nivel del mar. La superficie del término municipal es de 9,64 kilómetros cuadrados.

Sant Joan d'Alacant disfruta de 180 días claros al año y goza de un clima con medias superiores a los 11 grados en invierno y alrededor de 20 en verano, con una máxima media en Agosto inferior a 30 grados y una mínima media en Enero superior a los 6 grados. La precipitación anual es de 336 mm. Y la humedad relativa entorno al 65% todo el año (<http://www.aemet.es/es/elclima/datosclimatologicos>)

##### -Entorno físico

La parcela donde se ubicará el edificio tiene una forma trapezoidal, sensiblemente rectangular con sus lados de mayor longitud, paralelos a la alineación de fachada. Teniendo la parcela una superficie, según documentación facilitada por el Excmo. Ayuntamiento de Sant Joan d'Alacant de 1.908,69 m<sup>2</sup> de superficie.

##### -Orientación

La parcela, por su fachada principal, tiene una orientación sur-sureste; similar a la del edificio dado que su fachada principal es paralela a la alineación de fachada.

##### -Topografía

La parcela es prácticamente llana, con una ligera pendiente de oeste a este, con un desnivel de, aproximadamente, 30 cm. La parcela presenta, restos de jardines sin ningún valor, así como algunas especies de árboles, como son: jacarandas, yucas, palmeras, algarrobos, etc. que serán, debidamente, trasplantados a otras zonas, dentro de la parcela o en jardines colindantes con el edificio.

##### -Lindes

El edificio se encuentra aislado de otras construcciones y su solar da a la calle San Miguel de Tarazona, la cual discurre por su límite sur-sureste.

Esta calle se encuentra totalmente urbanizada, disponiendo de los servicios de agua potable, alcantarillado, alumbrado, energía eléctrica, pavimento de aceras y pavimento de calzada.

##### -Información urbanística.

El suelo está clasificado como URBANO/EQUIPAMIENTO, según el Plan General Municipal de Ordenación de Sant Joan d'Alacant, aprobado el 27/09/89 y el Plan Parcial SUP-5 aprobado el 25/04/2002; y su uso será DOTACIONAL MÚLTIPLE.

El edificio se ajustará a la altura máxima permitida en la calle a la que da frente; así como al volumen máximo permitido y a los voladizos máximos autorizados, no habiéndose proyectado plantas de sótano y presentando una tercera planta de torreón destinada a instalaciones.

Ancho oficial de calle: (a efectos de altura de la edificación)

C/. San Miguel de Tarazona: 13 m.

La calle se encuentra totalmente urbanizada; disponiendo de los siguientes servicios:

Agua potable, alcantarillado, alumbrado, energía eléctrica, pavimento de aceras y pavimento de calzada.

#### Singularidad:

El edificio consta de cuatro tipos de cubierta diferentes:

Cubierta plana transitable convencional.

Cubierta plana transitable invertida.

Cubierta plana no transitable convencional.

Cubierta plana no transitable invertida.

En las cubiertas no transitables se colocaran las instalaciones de climatización, y las de captación de energía solar para agua caliente sanitaria.

#### Normativa:

La normativa de aplicación en la ejecución del edificio es la siguiente:

\*(la normativa marcada en color es la que afecta especialmente al diseño de la cubierta)

En todo momento se ha tenido en cuenta, además del programa de necesidades expuesto por la propiedad:

EHE'08	El Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, por el que se aprueba la "Instrucción de hormigón estructural.
NCSE'02	Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación. Real Decreto 2543/1994, de 29 de Diciembre. (BOE 08-02-95)
EFHE	Se cumple con la Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón estructural realizados con elementos prefabricados
REBT	Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto de 2002 (BOE 18/9/02)
Agua	Normas Básicas para las Instalaciones Interiores de Suministro de Agua. Orden de 9 de Diciembre de 1975.
CTE	Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. (BOE núm. 74, 28 de marzo de 2006)
-	Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústica.
-	R.D. Ley 1/1998, de 27 de Febrero sobre Infraestructuras Comunes de Telecomunicación
RITE	Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios y sus instrucciones técnicas complementarias. R.D.1751/1998, de 31 de julio (BOE 05-08-98).
Habitabilidad	Normas de habitabilidad y diseño de la Comunidad Valenciana. HD/91. Orden

22 de abril de 1991 de la Consejería de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes.

Accesibilidad	Accesibilidad y supresión de Barreras Arquitectónicas, Urbanísticas y de la Comunicación. Ley 1/1998, de 5 de mayo (DOGV 07-05-98)
Calidad	Control de Calidad de la edificación. Decreto 107/1991, de 10 de junio (DOGV 24-06-91)
Seguridad	Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las Obras Construcción. Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre. (BOE 25-10-97)
Ordenanzas	Se cumple el PGOU de la localidad de Sant Joan d'Alacant

Según lo establecido en el código técnico de edificación, a la cubierta

#### HE 1.

Limitación de demanda energética

Caracterización y cuantificación de las exigencias

Demanda energética.

La Limitación de demanda energética

Introducción:

Tal y como se describe en el artículo 1 del DB HE, "Objeto": "Este Documento Básico (DB) tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de ahorro de energía. Las secciones de este DB se corresponden con las exigencias básicas HE 1 a HE 5.

La correcta aplicación de cada sección supone el cumplimiento de la exigencia básica correspondiente.

La correcta aplicación del conjunto del DB supone que se satisface el requisito básico "Ahorro de energía"

Las Exigencias básicas de ahorro de energía (HE) son las siguientes:

Exigencia básica HE 1: Limitación de demanda energética

Exigencia básica HE 2: Rendimiento de las instalaciones térmicas

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

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

Exigencia básica HE 5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica

**Cumplimiento de la Sección** demanda energética de los edificios se limita en función del clima de la localidad en la que se ubican, según la zonificación climática establecida en el apartado 3.1.1, y de la carga interna en sus espacios según el apartado 3.1.2.

Determinación de la zona climática a partir de valores tabulados.

Zonificación Climática:

Tal y como se establece en el artículo 3, apartado 3.1.1 "zonificación climática":

"Para la limitación de la demanda energética se establecen 12 zonas climáticas identificadas mediante una letra, correspondiente a la división de invierno, y un número, correspondiente a la división de verano. En general, la zona climática donde se ubican los edificios se determinará a partir de los valores tabulados."

La zona climática de cualquier localidad en la que se ubiquen los edificios se obtiene de la tabla D.1 del Apéndice D del DB SU en función de la diferencia de altura que exista entre dicha localidad y la altura de referencia de la capital de su provincia.

La provincia del proyecto es ALICANTE, y la localidad es Sant Joan con un desnivel entre la localidad del proyecto y la capital de 40 m.

La temperatura exterior de proyecto para la comprobación de condensaciones en el mes de Enero es de 8,6 °C

La humedad relativa exterior de proyecto para la comprobación de condensaciones en el mes de Enero es de 82 %

La zonificación climática resultante es **B4**

Atendiendo a la clasificación de los puntos 1 y 2, apartado 3.2.1 de la sección 1 del DB HE.

Existen espacios interiores clasificados como "espacios habitables de baja carga térmica".

Existen espacios interiores clasificados como "espacios no habitables".

Atendiendo a la clasificación del punto 3, apartado 3.2.1 de la sección 1 del DB HE.

Existen espacios interiores clasificados como "espacios de clase de higrometría 3 o inferior".

Valores límite de los parámetros característicos medios.

La demanda energética será inferior a la correspondiente a un edificio en el que los parámetros característicos de los cerramientos y particiones interiores que componen su envolvente térmica, sean los valores límites establecidos en las tablas 2.2 de la sección 1 del DB HE.

En el presente proyecto los valores límite son los siguientes:

Valores de transmitancia máximos de cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica.

Los parámetros característicos que definen la envolvente térmica se agrupan en los siguientes tipos:

- a) transmitancia térmica de muros de fachada UM;
- b) transmitancia térmica de cubiertas UC;
- c) transmitancia térmica de suelos US;
- d) transmitancia térmica de cerramientos en contacto con el terreno UT;
- e) transmitancia térmica de huecos UH ;
- f) factor solar modificado de huecos FH;
- g) factor solar modificado de lucernarios FL;
- h) transmitancia térmica de medianerías UMD.

Para evitar descompensaciones entre la calidad térmica de diferentes espacios, cada uno de los cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica tendrán una transmitancia no superior a los valores indicados en la tabla 2.1 de la sección 1 del DB HE en función de la zona climática en la que se ubique el edificio.

Tabla 2.1 Transmitancia térmica máxima de *cerramientos y particiones interiores* de la envolvente térmica U en W/m<sup>2</sup> K

<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 <i>no habitables</i> , primer metro del perímetro de suelos apoyados sobre el terreno <sup>(1)</sup> y primer metro de muros en contacto con el terreno	1,22	1,07	0,95	0,86	0,74
Suelos	0,69	0,68	0,65	0,64	0,62
<b>Cubiertas</b>	0,65	<b>0,59</b>	0,53	0,49	0,46
Vidrios y marcos <sup>(2)</sup>	5,70	5,70	4,40	3,50	3,10
Medianerías	1,22	1,07	1,00	1,00	1,00

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

<sup>(2)</sup> Las transmitancias térmicas de vidrios y marcos se compararán por separado.

**\*El valor límite de la transmitancia térmica de cada parte de una cubierta para la zona B es de:  $U \leq 0.59 \text{ W/m}^2\text{K}$**

**ZONA CLIMÁTICA B4**

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno

$U_{Mlim}: 0,82 \text{ W/m}^2\text{K}$

Transmitancia límite de suelos

$U_{Slim}: 0,52 \text{ W/m}^2\text{K}$

**Transmitancia límite de cubiertas**

**$U_{Clim}: 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$**

Factor solar modificado límite de lucernarios

$F_{Lim}: 0,28$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos <sup>(1)</sup> $U_{Hlim}$ W/m <sup>2</sup> K				Factor solar modificado límite de huecos $F_{Hlim}$					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,4 (5,7)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,8 (4,7)	4,9 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	3,3 (3,8)	4,3 (4,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,55	-	0,57
de 31 a 40	3,0 (3,3)	4,0 (4,2)	5,6 (5,7)	5,6 (5,7)	0,55	-	0,58	0,42	0,59	0,44
de 41 a 50	2,8 (3,0)	3,7 (3,9)	5,4 (5,5)	5,4 (5,5)	0,45	-	0,48	0,34	0,49	0,36
de 51 a 60	2,7 (2,8)	3,6 (3,7)	5,2 (5,3)	5,2 (5,3)	0,39	0,55	0,41	0,29	0,42	0,31

<sup>(1)</sup> En los casos en que la transmitancia media de los muros de fachada  $U_{Mm}$ , definida en el apartado 3.2.2.1, sea inferior a 0,58 se podrá tomar el valor de  $U_{Hlim}$  indicado entre paréntesis para las zonas climáticas B3 y B4.

**La transmitancia térmica del total de la cubierta en la zona B4 debe ser:  $U \leq 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$**

**Condensaciones.**

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%.

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.

**Permeabilidad al aire**

Las carpinterías de los huecos (ventanas y puertas) y lucernarios de los cerramientos se caracterizan por su permeabilidad al aire.

La permeabilidad de las carpinterías de los huecos y lucernarios de los cerramientos que limitan los espacios habitables de los edificios con el ambiente exterior se limita en función del

clima de la localidad en la que se ubican, según la zonificación climática establecida en el apartado 3.1.1. Tal y como se recoge en la sección 1 del DB HE (apartado 2.3.3): La permeabilidad al aire de las carpinterías, medida con una sobrepresión de 100 Pa, tendrá un valor inferior a 27 m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup>.

#### **Verificación de la limitación de demanda energética.**

Se opta por el procedimiento alternativo de comprobación siguiente: "Opción simplificada". Esta opción está basada en el control indirecto de la demanda energética de los edificios mediante la limitación de los parámetros característicos de los cerramientos y particiones interiores que componen su envolvente térmica. La comprobación se realiza a través de la comparación de los valores obtenidos en el cálculo con los valores límite permitidos. Esta opción podrá aplicarse a obras de edificación de nueva construcción que cumplan los requisitos especificados en el apartado 3.2.1.2 de la Sección HE1 del DB HE y a obras de rehabilitación de edificios existentes.

En esta opción se limita la presencia de condensaciones en la superficie y en el interior de los cerramientos y se limitan las pérdidas energéticas debidas a las infiltraciones de aire, para unas condiciones normales de utilización de los edificios.

Puede utilizarse la opción simplificada pues se cumplen simultáneamente las condiciones siguientes:

- a) El porcentaje de huecos en cada fachada es inferior al 60% de su superficie; o bien, como excepción, se admiten porcentajes de huecos superiores al 60% en aquellas fachadas cuyas áreas supongan un porcentaje inferior al 10% del área total de las fachadas del edificio. En el caso de que en una determinada fachada el porcentaje de huecos sea superior al 60% de su superficie y suponga un área inferior al 10% del área total de las fachadas del edificio, la transmitancia media de dicha fachada UF (incluyendo parte opaca y huecos) será inferior a la transmitancia media que resultase si el porcentaje fuera del 60%.
- b) El porcentaje de lucernarios es inferior al 5% de la superficie total de la cubierta. No se trata de edificios cuyos cerramientos estén formados por soluciones constructivas no convencionales tales como muros Trombe, muros parietodinámicos, invernaderos adosados, etc.

Documentación justificativa:

Para justificar el cumplimiento de las condiciones que se establecen en la Sección 1 del DB HE se adjuntan fichas justificativas del cálculo de los parámetros característicos medios y los formularios de conformidad que figuran en el Apéndice H del DB HE para la zona habitable de baja carga interna y la de alta carga interna del edificio.

Presupuesto:

### RESUMEN DE PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL

<b>ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO .....</b>	<b>29.697,87</b>
<b>CIMENTACIÓN .....</b>	<b>62.356,49</b>
<b>ESTRUCTURA .....</b>	<b>386.897,95</b>
<b>ALBAÑILERÍA .....</b>	<b>112.265,52</b>
<b>CARPINTERÍA</b>	
METÁLICA .....	127.830,19
DE MADERA .....	15.388,45
CERRAJERÍA Y PERSIANAS .....	28.673,47
<b>Total CARPINTERÍA .....</b>	<b>171.892,11</b>
<b>VIDRIO .....</b>	<b>44.446,42</b>
<b>AIRE ACONDICIONADO Y AGUA CALIENTE SANITARIA .....</b>	<b>74.079,15</b>
<b>INSTALACIONES AUDIOVISUALES</b>	
SISTEMA DE MEGAFONÍA GENERAL .....	28.883,82
VOZ Y DATOS .....	15.951,07
SISTEMA CCTV .....	9.837,96
RED DE DISTRIBUCIÓN DE TELEVISIÓN .....	3.543,73
<b>Total INSTALACIONES AUDIOVISUALES .....</b>	<b>58.216,58</b>
<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA</b>	
CENTRO DE TRANSFORMACION .....	18.189,08
INSTALACIÓN ELECTRICA Y ALUMBRADO .....	82.074,25
<b>Total INSTALACIÓN ELÉCTRICA .....</b>	<b>100.263,33</b>
<b>INSTALACIÓN DE FONTANERÍA</b>	
ABASTECIMIENTO .....	10.057,51
APARATOS SANITARIOS .....	9.483,15
SANEAMIENTOS .....	28.930,27
<b>Total INSTALACIÓN DE FONTANERÍA .....</b>	<b>48.470,93</b>
<b>INSTALACIONES DE PROTECCIÓN</b>	
CONTRA EL FUEGO .....	21.773,26
PARARRAYOS .....	4.236,50
<b>Total INSTALACIONES DE PROTECCIÓN .....</b>	<b>26.009,76</b>
<b>REVESTIMIENTOS</b>	
CHAPADOS .....	92.236,36
PAVIMENTADOS .....	86.072,88
PINTURAS .....	15.319,25
<b>Total REVESTIMIENTOS .....</b>	<b>193.628,49</b>
<b>URBANIZACIÓN EXTERIOR</b>	
CARPINTERÍA .....	21.654,24
REVESTIMIENTOS .....	26.200,43
JARDINERÍA .....	1.782,06
<b>Total URBANIZACIÓN EXTERIOR .....</b>	<b>49.636,73</b>
<b>VARIOS</b>	
EQUIPAMIENTO .....	144.465,15
GESTIÓN DE RESIDUOS .....	13.326,39
SEGURIDAD Y SALUD .....	24.499,99
<b>Total VARIOS .....</b>	<b>182.291,53</b>
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>1.540.152,86</b>



04.06	<p><b>M2 Formación de pendiente transitable</b></p> <p>Azotea transitable realizada formando pendientes con hormigón aligerado de 10 cm de espesor de capa media, impermeabilización con solución monocapa de lámina de betún modificado de 40 gr/dm<sup>2</sup> armada con fieltro de fibra de vidrio, refuerzo en juntas de dilatación de faldones, en encuentros con paramentos verticales y en sumideros o canales, parte proporcional de ejecución de la roza perimetral en paramentos verticales con media caña realizada con mortero de cemento, parte proporcional de poliestireno expandido en juntas, limpieza previa del soporte, replanteo formación de baberos, mimbales, sumideros y canales, mermas y solapos. Incluso prueba de servicio en cada faldón consistente en inundar con agua los paños entre limatesas previo taponado de desagües y manteniendo durante un periodo mínimo de 24 horas, comprobando filtraciones al interior y el desaguado del 100% de la superficie probada, según NBE-QB-90 y normas UNE-101.</p>																														
	<table border="0"> <tr> <td>Cubiertas</td> <td>1</td> <td>700,00</td> <td>700,00</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>1</td> <td>76,00</td> <td>76,00</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>1</td> <td>155,00</td> <td>155,00</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>931,00</td> <td>16,04</td> </tr> </table>	Cubiertas	1	700,00	700,00				1	76,00	76,00				1	155,00	155,00							931,00	16,04						
Cubiertas	1	700,00	700,00																												
	1	76,00	76,00																												
	1	155,00	155,00																												
				931,00	16,04																										
04.07	<p><b>M2 Plancha de poliestireno expandido de 70 mm</b></p> <p>Plancha rígida de poliestireno expandido, de 70 mm de espesor, colocado como aislamiento.</p>																														
	<table border="0"> <tr> <td>Cubiertas</td> <td>1</td> <td>700,00</td> <td>700,00</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>1</td> <td>76,00</td> <td>76,00</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>1</td> <td>155,00</td> <td>155,00</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>931,00</td> <td>8,99</td> </tr> </table>	Cubiertas	1	700,00	700,00				1	76,00	76,00				1	155,00	155,00							931,00	8,99						
Cubiertas	1	700,00	700,00																												
	1	76,00	76,00																												
	1	155,00	155,00																												
				931,00	8,99																										
04.11	<p><b>M2 Aislamiento al ruido de impacto.</b></p> <p>Instalación de aislamiento acústico a ruido de impacto formado por: lámina acústica de polietileno reticulado de célula cerrada, de 10 mm de espesor, IMPACTCDAN 10 de DANOSA. Lista para colocar.</p>																														
	<table border="0"> <tr> <td>Dajo Planta 1º</td> <td>1</td> <td>750,00</td> <td>750,00</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Dajo Cubiertas</td> <td>1</td> <td>700,00</td> <td>700,00</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>1</td> <td>76,00</td> <td>76,00</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>1</td> <td>155,00</td> <td>155,00</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1.681,00</td> <td>6,06</td> </tr> </table>	Dajo Planta 1º	1	750,00	750,00			Dajo Cubiertas	1	700,00	700,00				1	76,00	76,00				1	155,00	155,00							1.681,00	6,06
Dajo Planta 1º	1	750,00	750,00																												
Dajo Cubiertas	1	700,00	700,00																												
	1	76,00	76,00																												
	1	155,00	155,00																												
				1.681,00	6,06																										
12.02.02	<p><b>M2 Baldosa de hormigón antideslizante</b></p> <p>Baldosa de hormigón con dibujo antideslizante, recitado con mortero de cemento.</p>																														
	<table border="0"> <tr> <td>Cubiertas</td> <td>1</td> <td>700,00</td> <td>700,00</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>1</td> <td>76,00</td> <td>76,00</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>1</td> <td>155,00</td> <td>155,00</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>931,00</td> <td>28,31</td> </tr> </table>	Cubiertas	1	700,00	700,00				1	76,00	76,00				1	155,00	155,00							931,00	28,31						
Cubiertas	1	700,00	700,00																												
	1	76,00	76,00																												
	1	155,00	155,00																												
				931,00	28,31																										

El apartado de cubiertas está incluido en el de albañilería, revestimientos. El total supuesto

El precio de 1 m<sup>2</sup> de cubierta se obtiene de la suma de todas las capas que intervienen:

m <sup>2</sup> de formación de pendiente	16.04
m <sup>2</sup> plancha de poliestireno expandido	6.99
m <sup>2</sup> aislamiento al ruido de impacto	6.06
m <sup>2</sup> Baldosa de hormigón antideslizante	28.31

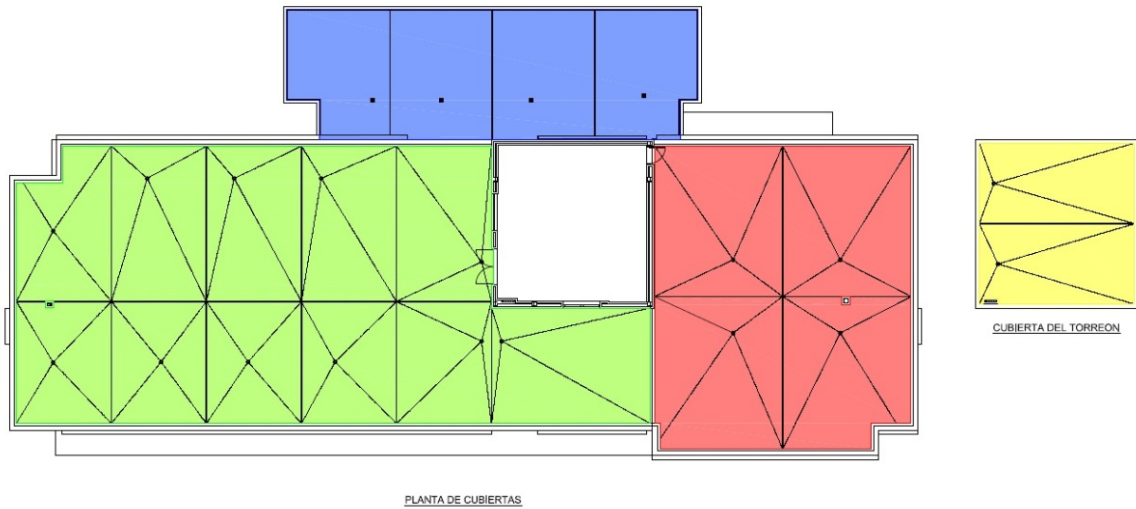
El precio del m<sup>2</sup> de cubierta del proyecto es de 57,40€. La superficie total de la cubierta (incluyendo el torreón) es de 943m<sup>2</sup>. En el proyecto original la cubierta del torreón no es transitable, pero hemos simplificado para calcular la repercusión en el presupuesto de ejecución material.

El precio del total de la cubierta es de 54.128€. Esto supone un 3,51% del presupuesto de ejecución material.



### 3.2 GEOMETRÍA

La geometría viene dada por el proyecto CEAM (Centro de atención a mayores) San Juan de Alicante. Así se muestra según los planos:

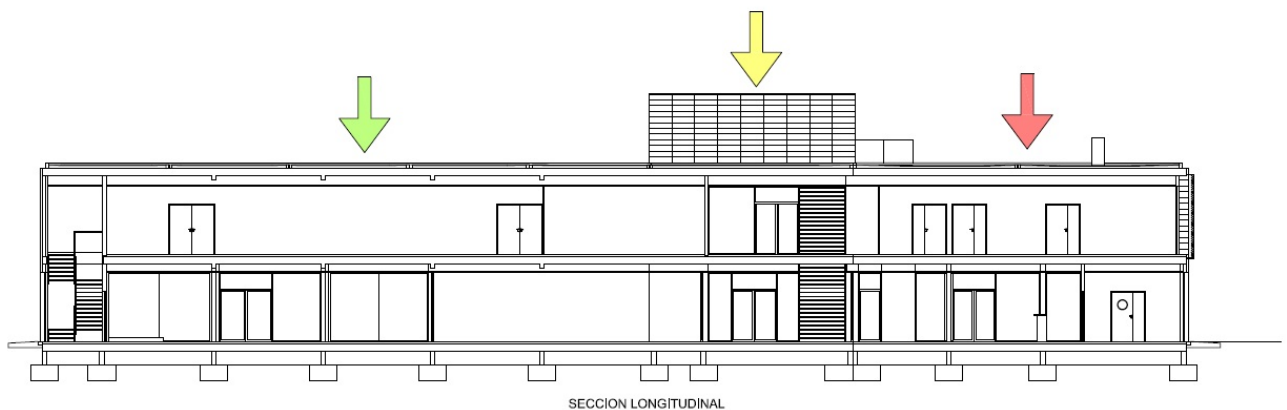
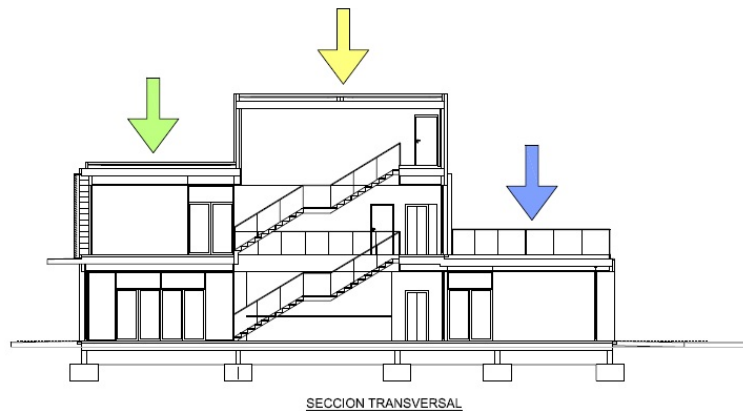


TIPOLOGIA CUBIERTAS:

<span style="color: green;">■</span>	CUBIERTA PLANA NO TRANSITABLE (CONVENCIONAL)
<span style="color: yellow;">■</span>	CUBIERTA PLANA NO TRANSITABLE (INVERTIDA)
<span style="color: red;">■</span>	CUBIERTA PLANA TRANSITABLE (CONVENCIONAL)
<span style="color: blue;">■</span>	CUBIERTA PLANA TRANSITABLE (INVERTIDA)

CUADRO DE SUPERFICIES:

<span style="color: green;">■</span>	448,76 m <sup>2</sup>
<span style="color: yellow;">■</span>	74,94 m <sup>2</sup>
<span style="color: red;">■</span>	230,96 m <sup>2</sup>
<span style="color: blue;">■</span>	155,87 m <sup>2</sup>



### 3.3 GENERALIDADES DE UNA CUBIERTA PLANA

#### DESCRIPCIÓN DE LAS CAPAS

Toda cubierta tiene la necesidad de cumplir unos requisitos, para llevar a cabo su función. Por ello las cubiertas deben componerse de diferentes capas, que colocadas ordenadamente y de manera continua doten al elemento de unas características, que logren satisfacer completamente sus exigencias.

Individualmente estas capas pueden verse alteradas en su orden, dotando al elemento de una singularidad y originando diferentes tipologías. Incluso alguna de ellas puede llegar a omitirse debido a que otra capa cumple con la función de la anterior.

Estas son las capas que componen una cubierta:

- **ESTRUCTURA:** Se encarga de cumplir los requisitos mecánicos, considerando las sobrecargas de uso, nieve, viento, agua, etc... y su propio peso.
- **BARRERA DE VAPOR:** Funciona de membrana estanca al vapor de agua evitando las condensaciones intersticiales, va asociado al aislamiento y siempre se colocara en el “lado caliente” de éste.
- **FORMACIÓN DE PENDIENTES:** Es la capa sobre la que apoya la capa de impermeabilización y la encargada de dar la inclinación apropiada a la cubierta.
- **AISLAMIENTO:** Deben garantizar tanto el aislamiento térmico, como acústico de la cubierta.
- **CAPAS SEPARADORAS:** Se colocan entre las diferentes capas evitando posibles punzonamientos, incompatibilidades químicas y roces por adherencia entre láminas.
- **IMPERMEABILIZACION:** Su función es dotar de estanqueidad a la cubierta, resolviendo la evacuación de las aguas.
- **ACABADO:** Es la parte expuesta al exterior que actuara de elemento protector de las capas interiores frente a inclemencias de la atmosfera, soporte para instalaciones y uso determinado por los destinatarios finales.

### CLASIFICACIÓN DE CUBIERTAS:

Las cubiertas se pueden clasificar entre diferentes tipos dependiendo del orden de sus capas, la ventilación, el uso... Según sus características se clasifican en:

-Planas o inclinadas:

Se considerará inclinada a partir de un 15% de pendiente:

Las cubiertas planas tendrán una pendiente entre el 1 y el 15% dependiendo de si son transitables o no, y del material de acabado.

-Transitables o no transitables:

La cubierta transitable tendrá una pendiente máxima menor, y una capa de protección más resistente y uniforme. La cubierta transitable, dependiendo de su uso, también debe estar dimensionada para soportar una sobrecarga dependiendo del uso al que esté destinada.

-Convencional o invertida:

La cubierta convencional es aquella en la que el aislamiento térmico se encuentra por debajo de la lámina impermeable. Se pueden utilizar aislantes no hidrófilos.

La cubierta invertida es aquella en la que el aislamiento térmico se encuentra encima de la lámina impermeable. Esto evita que la lámina impermeable sea sometida a grandes cambios de temperatura. Se debe utilizar materiales aislantes hidrófilos.

-Ventilada o no ventilada:

La cubierta ventilada es aquella en la que entre el aislamiento térmico y la capa soporte de la lámina impermeable, se sitúa una cámara de aire ventilada. Esta cámara ventilada evita que la temperatura que llega hasta el aislamiento térmico sea tan elevada debido a la radiación solar.

## MATERIALES EMPLEADOS EN UNA CUBIERTA PLANA:

Una vez generalizado sobre las capas que componen una cubierta plana, nos centraremos en los posibles materiales que pueden formar dichas capas:

- **ESTRUCTURA:** La estructura viene determinada por el proyecto elegido.
- **BARRERA DE VAPOR:**
  - ✓ Lamina de Polietileno
  - ✓ Lamina de Polipropileno
  - ✓ Lamina de PVC
  - ✓ Pinturas Bituminosas
- **FORMACIÓN DE PENDIENTES:**
  - ✓ Hormigón Celular
  - ✓ Ladrillos y Bardos Cerámicos
- **AISLAMIENTO:**
  - ✓ Poliestireno Extruido (XPS)
  - ✓ Poliestireno Expandido (EPS)
  - ✓ Lana de Roca
  - ✓ Lana de Vidrio
  - ✓ Lana de oveja
  - ✓ Poliuretano (PUR)
  - ✓ Poliuretano proyectado (SPUR)
- **CAPAS SEPARADORAS:**
  - ✓ Geotextil
- **IMPERMEABILIZACION:**
  - ✓ Lamina de Polietileno
  - ✓ Lamina de Betún Modificado (LBM)
  - ✓ Lamina Bituminosa de oxiasfalto (LO)
  - ✓ Lamina de PVC
  - ✓ Pinturas Bituminosas
- **ACABADO:**
  - ✓ Pavimento Cerámico
  - ✓ Terrazo
  - ✓ Granito
  - ✓ Grava
  - ✓ Vidrio
  - ✓ Mármol
  - ✓ Laminas LBM y LO (Autoprotegidas)
  - ✓ Madera



### 3.4 SELECCIÓN DE MATERIALES:

Para la selección de materiales debemos tener en cuenta las características exigibles dependiendo de la función de la capa en la que estén situados y su funcionalidad. A continuación pasaremos a analizar las características a comparar para cada capa de una cubierta. Ya que el trabajo trata de la selección de materiales con criterios de sostenibilidad, además de los criterios exigibles a cada capa incluiremos también criterios de sostenibilidad.

#### BARRERA DE VAPOR

Las características exigibles a los materiales utilizados en esta capa son: Permeabilidad al vapor de agua, durabilidad, huella de CO<sub>2</sub>, energía embebida, consumo de agua.

	Gramaje comercial (kg)	kgCO <sub>2</sub> /kg mat.	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
Lamina de Polietileno	0,1	2,05	0,205
Lamina de Polipropileno	-	3,25	-
Lamina de PVC	1,2	1,95	2,34
pintura bituminosa	0,5	0,3	0,15
lamina betún modificado	3	0,3	0,9

Para la formación de la capa de barrera de vapor, el sistema que menor impacto ambiental provoca es el de pintura bituminosa. Pero como no se han tenido en cuenta los aditivos del betún, y la diferencia con la lámina de polietileno no es significativa, utilizaremos lamina de polietileno de 100g/m<sup>2</sup>.

#### FORMACIÓN DE PENDIENTES

Las características exigibles a los materiales utilizados en esta capa son: densidad, resistencia a compresión, resistencia a cambios de temperatura, huella de CO<sub>2</sub>, energía embebida.

El criterio que debemos seguir para comparar la huella de CO<sub>2</sub> de los materiales de formación de pendientes y de la mayoría es en primer lugar calcular los kilogramos de material que utilizaremos en total, o en una porción de 1m<sup>2</sup>. Para esto deberemos disponer de la densidad del material. Si sabemos que la formación de pendientes constará de una capa media de 15 cm, la cantidad de material al tratarse de hormigón celular o de hormigón con arlita será simplemente multiplicar: 0,15 x densidad del material. De esta operación obtendremos la cantidad de material en kg, y multiplicándolo por la huella de co2, obtendremos el consumo de co2, para esa capa en concreto.

Para otros materiales de formación de pendientes, el proceso es diferente. En el caso de realizar un entablado de bardos sobre ladrillos debemos contar el número de piezas necesarias para realizar 1m<sup>2</sup> de cubierta y el mortero necesario para ejecutarla, y sabiendo el peso de cada pieza obtendremos la cantidad necesaria de cada material.

**Caso 1:** Formación de pendiente mediante hormigón celular capa media de 15cm rematado con capa de compresión de 2cm de mortero de cemento:



### HORMIGÓN CELULAR

Material	Cantidad (m <sup>3</sup> o Ud.)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> o kg/Ud.)	kg material por m <sup>2</sup>	Huella de CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> /kgMat.)	kg de CO <sub>2</sub> emitido por m <sup>2</sup>
Hormigón celular	0,15	650	97,5	0,17	16,575
Mortero cemento 1:5	0,02	1500	30	0,398	11,94
Ladrillo hueco cerámico 24x11,5x7cm	3,3	1,6	5,28	0,148	0,78144
Ladrillo hueco cerámico 24x11,5x4cm	2,5	1,07	2,675	0,148	0,3959
				Total:	29,69234

La huella de CO<sub>2</sub> del mortero lo hemos obtenido a partir de la combinación de los datos del cemento y arena combinándolos según la dosificación descrita:

Cemento  $1.35 \times 300 = 405$

\*Arena  $0.16 \times 1200 = 192$

Huella de CO<sub>2</sub> de 1 m<sup>3</sup> de mortero 1:5 =  $597 \text{ kg/m}^3 = 0,398 \text{ kg/kg}$

\*Al no disponer del dato de huella de CO<sub>2</sub> para la arena, he se ha utilizado una similar a la de los pétreos de los que se disponía (mármol, arenisca, granito...)

**Caso 2:** tablero de bardos sobre ladrillo hueco sobre ladrillo hueco cerámico, rematado con capa de compresión de 2cm de mortero de cemento:

### TABLERO DE BARDOS

Material	Cantidad	Densidad	Peso por unidad	kg de material	Huella de CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> /kgMat.)	CO <sub>2</sub> emitido por m <sup>2</sup>
Bardo cerámico machihembrado de 50x20x3cm	10,5	-	2,4	25,2	0,148	3,7296
Ladrillo hueco cerámico 24x11,5x4cm	22	-	1,07	23,54	0,148	3,48392
Ladrillo hueco cerámico 24x11,5x7cm	3,5	-	1,6	5,6	0,148	0,8288
Mortero de cemento 1:5	0,028	1500	-	42	0,398	16,716
Mortero de cemento 1:5 (capa de compresión)	0,02	1500	-	30	0,398	11,94
					<b>Total</b>	<b>36,69832</b>

\*los datos de materiales cerámicos han sido obtenidos mediante fichas técnicas de materiales obtenidas de catálogos de internet. Las fichas técnicas de los materiales empleados en este estudio se adjuntan en la carpeta de anexos.

\*las cantidades de materiales han sido obtenidas de la base de datos del instituto valenciano de edificación 2010:

<http://www.five.es/basedatos/Visualizador/Base10/index.htm>

El método de formación de pendientes escogido es el de formación de pendientes mediante mortero celular. El dato obtenido es de 29,69 kg de co2 por metro cuadrado de cubierta.

Si se tuviera que ejecutar una cubierta ventilada, el método escogido sería evidentemente el de tablero de bardos sobre tabiquillos conejeros. Este sistema es el que mejor facilita la ventilación de la cámara.

### AISLAMIENTO

Las características exigibles a los materiales utilizados en esta capa son: Resistencia térmica, comportamiento frente a humedad, huella CO<sub>2</sub>, energía embebida.

Los criterios para comparar los materiales aislantes son especialmente complejos. No podemos comparar directamente la huella de CO<sub>2</sub> que tienen, ni tampoco multiplicarla por el espesor. Para ser capaces de compararlos deberíamos obtener un ratio que nos relacione los kg de CO<sub>2</sub> por unidad de resistencia térmica: este ratio lo hemos obtenido calculando en primer lugar la huella de co2 en volumen, y en segundo lugar dividiendo el CO<sub>2</sub> en volumen entre la resistencia térmica:

MATERIAL	Huella de CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> /kgMat.)	Densidad	Huella de CO <sub>2</sub> V (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> )	Resistencia térmica (mK/W)	Ratio (CO <sub>2</sub> V/Rt)
Poliestireno Extruido (XPS)	3,6	30	108	27,6	3,913043
Poliestireno Expandido (EPS)	3,6	20	72	27,6	2,608696
Poliuretano (PUR)	6,68	30	200,4	42	4,771429
lana	0,675	75	50,625	22	2,301136
corcho	0,2	180	36	24,7	1,45749
cáñamo	0,339	40	13,56	24	0,565

El material con menor impacto de de CO<sub>2</sub> la fibra de cáñamo, pero la imposibilidad de colocar un material en una cubierta de este tipo nos hace elegir el corcho natural. Este va seguido de cerca por otros materiales naturales como la lana de oveja. También hemos intentado comparar el aislamiento mediante celulosa proyectada o en paneles, pero no hemos obtenido datos de huella de CO<sub>2</sub>. Pero al tratarse de materia vegetal, y en buena parte material reciclado. También es recomendable.

Para uso en cubiertas convencionales recomendamos el conglomerado de corcho, ya que tiene una buena resistencia a compresión, un buen ratio de CO<sub>2</sub>/Rt, y al margen de cálculos, es un material vegetal, obtenido de un modo natural, que no daña los arboles de los que se obtiene y además ayuda a preservar espacios naturales de los que se obtiene.

Se obtiene de la corteza exterior del alcornoque (*Quercus suber*) y por tanto es un recurso natural renovable. Los aglomerados de corcho para aislamiento están constituidos por granulado de corcho, aglutinado entre sí por la propia resina natural del corcho, mediante proceso de cocción que determina una alteración sensible al tejido suberoso. Existen tres clases o tipos: Aglomerados expandidos puros de corcho **térmicos** o para aislamiento térmico, **acústicos** o para aislamiento acústico, sónico o fónico, y **vibráticos** o para aislamiento de vibraciones. El aglomerado expandido puro térmico se presenta para su uso en placas y en cilindros.

El corcho se vende en forma sólida, cortado en láminas, planchas de tipo tabla, en bloques y en forma granular, graduado por tamaños e incluso molido a la finura de la harina.

Para el caso de cubiertas invertidas debemos tener en cuenta que van a estar en contacto con el agua, y deben tener una absorción de agua mínima, una gran durabilidad al agua con ácidos, o una buena resistencia a atmosfera urbana, industrial, o marina según su ubicación.

El corcho tiene unos valores de durabilidad al agua acida, salada y alcalina aceptable, pero no lo suficiente para colocarlo como aislamiento en cubiertas invertidas.

Para cubiertas invertidas colocaríamos poliestireno extruido (XPS) que pese a su huella de CO<sub>2</sub>, es el que mejor comportamiento tiene en durabilidad al agua salada, ácida, alcalina. Su resultado es excelente, además tiene una permeabilidad muy baja.

En el caso de cubiertas invertidas, la huella de CO<sub>2</sub> del aislamiento se vería en parte compensada por el aumento de vida útil que experimenta la lámina impermeable al no verse

sometida a los cambios extremos de temperatura que padecen las láminas impermeables debido a la radiación solar.

### CAPA SEPARADORA

Las características exigibles a los materiales utilizados en esta capa son: Elasticidad, resistencia a tracción,

Como capa separadora utilizaremos una lamina geotextil de:

Material	Gramaje comercial (kg)	Resistencia a tracción (kN/m)	Huella de CO <sub>2</sub>	kgCO <sub>2</sub> /kNm
Fibra de vidrio	0,1	4	0,9	0,0225
Fibra de poliéster	0,12	1,4	2,85	0,2443
Polipropileno	0,065	3	2,18	0,0472

Para la elección de una capa separadora nos hemos centrado en la resistencia a tracción de las mallas comerciales, y el gramaje en que se encuentran. Hemos comparado tres materiales. La mejor elección es la fibra de vidrio, aunque la utilización del polipropileno también es aceptable. Dado que la fibra de vidrio es tiene una la menor huella de carbono, y la mayor resistencia a tracción.

### IMPERMEABILIZACIÓN

Las características exigibles a los materiales utilizados en esta capa son: permeabilidad al vapor, absorción de agua, durabilidad radiación UV, temperatura máxima y mínima en servicio.

Material	Gramaje (kg/m <sup>2</sup> )	Huella de CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> /kgMat.)	Energía embebida (Mj/kg)	Energía embebida (Mj/kg)	Reciclabilidad	Biodegradable
Oxiasfalto	4	0,3*	60	240	no	no
Lamina de Betún Modificado (LBM)sbs	4	0,3*	65	260	no	no
Lamina de PVC	1,6	1,95	66,8	106,88	sí	no
EPDM	1,6	2,66	85,7	137,12	no	no

Centrándonos en los criterios sostenibles, la lámina de PVC es la óptima. Para comparar las diferentes láminas, hemos tenido en cuenta los gramajes comerciales que en los que se recomienda su utilización como monocapa. Para obtener los datos de huella ecológica de la lámina de oxiasfalto y la de betún modificado, se ha utilizado los datos del betún. Esto no es lo

correcto para realizar el cálculo, e implica que la huella de CO<sub>2</sub> sería mayor en los dos casos, especialmente la de LBM (sbs), ya que el sbs tiene una huella de CO<sub>2</sub> de 3,15kg de CO<sub>2</sub>/kg de material, así que por pequeña que sea la proporción de sbs, aumentará su huella de CO<sub>2</sub>. Como la comparativa de huellas de CO<sub>2</sub> no es válida, hemos cogido los datos de energía embebida. Se ha calculado la energía embebida por m<sup>2</sup> de lámina. Estas comparaciones son para láminas sin armadura ni protección. Las armaduras de las láminas pueden ser de fibra de vidrio, polietileno, y poliéster:

#### Armadura de la lámina

Material armadura	CO <sub>2</sub> /kg mat.	Límite elástico	densidad
Fibra de vidrio (FV)	0,9	1800	2500
Poliéster	2,85	37	1200
Polietileno (PE)	2,05	24	950

El material más indicado para la armadura de la lámina es la fibra de vidrio, ya que además de tener una menor huella de CO<sub>2</sub> tiene un límite elástico muy superior al de los demás. La lámina escogida para la impermeabilización es una lamina PVC-16-FV sin protección.

#### CAPA DE PROTECCIÓN

Las características exigibles a los materiales utilizados en esta capa son: abrasión, rayado, absorción de agua, resistencia a compresión, huella de CO<sub>2</sub>

	Material	Espesor comercial (m)	Densidad (kg)	cantidad de material (kg)	kg CO <sub>2</sub> /kgmat.	huella CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> mortero*	Soportes polipropileno	CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> (soportes)	CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> (anclajes)	TOTAL kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
Pavimento adherido	Pavimento Cerámico	0,01	1820	18,2	0,16	2,912	11,94	-	-	-	14,852
	Terrazo	0,035	2200	77	0,18	13,86	11,94	-	-	-	25,8
	Granito	0,02	2700	54	0,2	10,8	11,94	-	-	-	22,74
	Grava	0,05	1500	75	0,13	9,75	-	-	-	-	9,75
	Mármol	0,02	2700	54	0,18	9,72	11,94	-	-	-	21,66
Pavimento flotante	Madera (teka)	0,028	700	19,6	0,45	8,82	-	6	3,726	0,645	13,191
	Terrazo (40x40cm)	0,06	2200	132	0,18	23,76	-	6,25	3,88125	-	27,64125
	Arenisca(40x40cm)	0,06	2400	144	0,15	21,6	-	6,25	3,88125	-	25,48125
	Caliza (40x40cm)	0,06	2300	138	0,15	20,7	-	6,25	3,88125	-	24,58125

En el proyecto tenemos cuatro tipos de cubiertas:

-Para la cubierta convencional transitable con pavimento adherido el material seleccionado es la cerámica. Esta cubierta es transitable, pero no va a estar abierta a los usuarios del centro, por lo cual prima el precio sobre la dureza y resistencia a abrasión del pavimento. El pavimento cerámico sobre una capa de mortero de 2cm tiene una huella de carbono de 13,4kg de CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> frente a los 21kg del pavimento de mármol. Aunque la cerámica tiene un consumo de CO<sub>2</sub> mayor que los de más materiales, el menor espesor del formato hace que la cantidad de CO<sub>2</sub> por m<sup>2</sup> es bastante menor. Al ser un pavimento para exteriores se deberá tener en cuenta la resbaladidad del pavimento (clase 3 para exteriores en CTE).

-Para cubiertas transitables invertidas un requisito del proyecto era que no tuviera pendiente, para poder utilizarse como terraza de cafetería. Esto implica la utilización de pavimento sobre pies regulables de polipropileno. Que apoyan en un geotextil sobre el aislamiento. La solución adoptada es tarima flotante de madera de teka de 28mm de espesor. Este sistema ancla las laminas mediante grapas no vistas. Las láminas apoyan sobre rastreles de madera y estos sobre los pies regulables. Para comparar los distintos materiales de pavimento flotante, se han tenido en cuenta las huellas de co2 emitidas tanto por el pavimento con las piezas necesarias para su formación (pies, grapas tornillos...) la huella de CO<sub>2</sub> del pavimento de teka es de 13, 4 kg/m<sup>2</sup>. Aun que nos ha faltado tener en cuenta los tratamientos superficiales de la madera y su mantenimiento. En pavimentos de piedra natural y artificial la cantidad de carbono emitido ha aumentado además de por los pies regulables de polipropileno, por el aumento de espesores que implica este tipo de solución constructiva.

-Para las cubiertas no transitables utilizaremos una protección pesada a base de grava e=5cm para asegurar que se mantiene el recubrimiento. La grava utilizada será de canto rodado y lavada. La grava se colocará sobre protección de geotextil. La elección del material ha sido debido a que tanto el precio como la huella de CO<sub>2</sub> son mínimos.

Al ser cubiertas no transitables las exigencias de desgaste, abrasión, absorción... desaparecen. Además el uso de grava lavada implica que en caso de tener que hacer reparaciones en la impermeabilización, aislamiento o colocar nuevas instalaciones, todo el material que se necesite retirar, se puede volver a colocar, dándole a la grava una vida útil infinita. En los planos de detalle se especifica los encuentros y las soluciones adoptadas para la colocación de instalaciones.

## SOLUCIÓN ADOPTADA

-CUBIERTA PLANA NO TRANSITABLE (CONVENCIONAL):

CAPA	MATERIAL	ESPESOR (cm)	CO2/M2
BARRERA DE VAPOR	POLIETILENO	0,1	0,205
AISLAMIENTO TÉRMICO	CORCHO	4	1,44
FORMACIÓN DE PENDIENTE	HORMIGÓN CELULAR	15	29,7
IMPERMEABILIZACIÓN	LÁMINA PVC	0,12	3,12
PROTECCIÓN	GEOTEXTIL fv	1	0,18
PAVIMENTO	GRAVA RODADA	5	9,75
	total:	25,22	44,395

-CUBIERTA PLANA NO TRANSITABLE (INVERTIDA):

CAPA	MATERIAL	ESPESOR (cm)	CO2/M2
BARRERA DE VAPOR	NO NECESARIA		
FORMACIÓN DE PENDIENTE	HORMIGÓN CELULAR	15	29,7
IMPERMEABILIZACIÓN	LÁMINA PVC	0,12	3,12
AISLAMIENTO TÉRMICO	POLIESTIRENO EXTRUIDO(XPS)	3	3,24
PROTECCIÓN	GEOTEXTIL fv	1	0,18
PAVIMENTO	GRAVA RODADA	5	9,75
	total:	24,12	45,99

-CUBIERTA PLANA TRANSITABLE (CONVENCIONAL):

CAPA	MATERIAL	ESPESOR	CO2/M2
BARRERA DE VAPOR	POLIETILENO	0,1	0,205
AISLAMIENTO TÉRMICO	CORCHO	2	0,72
FORMACIÓN DE PENDIENTE	HORMIGÓN CELULAR	15	29,7
IMPERMEABILIZACIÓN	LÁMINA PVC	0,12	3,12
PROTECCIÓN	GEOTEXTIL fv	1	0,18
PAVIMENTO	CERAMICO (sobre 2cm de mortero)	3	14,85
	total:	21,22	48,775



-CUBIERTA PLANA NO TRANSITABLE (INVERTIDA):

CAPA	MATERIAL	ESPESOR	CO2/M2
BARRERA DE VAPOR	NO NECESARIA		
FORMACIÓN DE PENDIENTE	HORMIGÓN CELULAR	15	29,7
IMPERMEABILIZACIÓN	LÁMINA PVC	0,12	3,12
AISLAMIENTO TÉRMICO	POLIESTIRENO EXTRUIDO(XPS)	2	2,16
PROTECCIÓN	GEOTEXTIL fv	1	0,18
PAVIMENTO	ENTARIMADO DE MADERA DE TEKA	10	13,3
	total:	28,12	48,46



### 3.5 NORMATIVA DE APLICACION

La normativa de obligado cumplimiento es el **Código Técnico de la Edificación**. Haciendo referencia al ámbito que nos ocupa, deberemos de tener en cuenta ciertos aspectos relevantes que afecten al diseño de los diferentes tipos de cubiertas reflejados en el proyecto a estudiar.

Para el estudio y cumplimiento de la normativa, en las diferentes tipologías de cubiertas planas del proyecto, hemos tenido en cuenta en el **CTE** los siguientes documentos básicos:

- DB-HS Salubridad
- DB-HE Ahorro de energía

### 3.5.1 DB-HS SALUBRIDAD

En lo que al diseño nos ocupa, el documento básico de salubridad en su 1ª sección (*Protección frente a la humedad*), hace referencia al Grado de impermeabilidad exigido en una cubierta.

Para las cubiertas el **grado de impermeabilidad** exigido es único e independiente de factores climáticos. Cualquier solución constructiva alcanza este grado de impermeabilidad siempre que se cumplan las condiciones indicadas a continuación.

- **Condiciones de las soluciones constructivas:**

- Un sistema de formación de pendientes cuando la cubierta sea plana.
- Una barrera contra el vapor inmediatamente por debajo del aislante térmico cuando, según el Cálculo descrito en la sección HE1 del DB "Ahorro de energía", se prevea que vayan a producirse condensaciones en dicho elemento.
- Una capa separadora bajo el aislante térmico, cuando deba evitarse el contacto entre materiales químicamente incompatibles.
- Un aislante térmico, según se determine en la sección HE1 del DB "Ahorro de energía".
- 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.
- Una capa de impermeabilización cuando la cubierta sea plana.
- Una capa separadora entre la capa de protección y la capa de impermeabilización, cuando:
  - Deba evitarse la adherencia entre ambas capas.
  - La impermeabilización tenga una resistencia pequeña al punzonamiento estático.
  - 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.
- Una capa separadora entre la capa de protección y el aislante térmico, cuando:
  - 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.
  - La cubierta sea transitable para peatones; en este caso la capa separadora debe ser antipunzonante.
  - 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.
- Una capa de protección, cuando la cubierta sea plana, salvo que la capa de impermeabilización sea autoprotegida.
- Un tejado, cuando la cubierta sea inclinada;
- 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:**

#### SISTEMA DE FORMACIÓN DE PENDIENTES

- El sistema de formación de pendientes debe tener una cohesión y estabilidad suficientes frente a las sollicitaciones mecánicas y térmicas, y su constitución debe ser adecuada para el recibido o fijación del resto de componentes.
- Cuando el sistema de formación de pendientes sea el elemento que sirve de soporte a la capa de impermeabilización, el material que lo constituye debe ser compatible con el material impermeabilizante y con la forma de unión de dicho impermeabilizante a él.
- 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 en función del uso de la cubierta y del tipo de protección.

**Tabla 2.9 Pendientes de cubiertas planas**

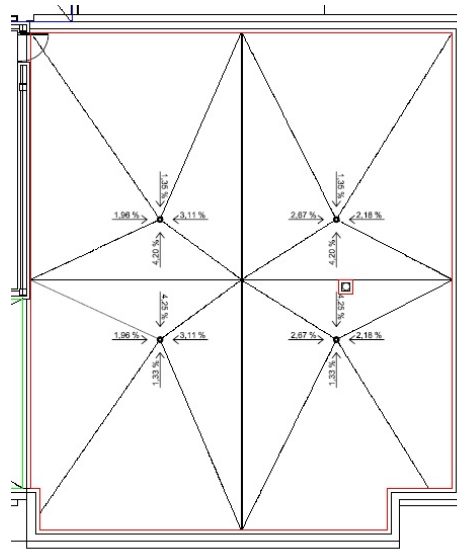
Uso	Protección		Pendiente en %
Transitables	Peatones	Solado fijo	1-5 <sup>(1)</sup>
		Solado flotante	1-5
	Vehículos	Capa de rodadura	1-15
No transitables		Grava	1-5
		Lámina autoprotegida	1-15
Ajardinadas		Tierra vegetal	1-5

<sup>(1)</sup> Para rampas no se aplica la limitación de pendiente máxima.

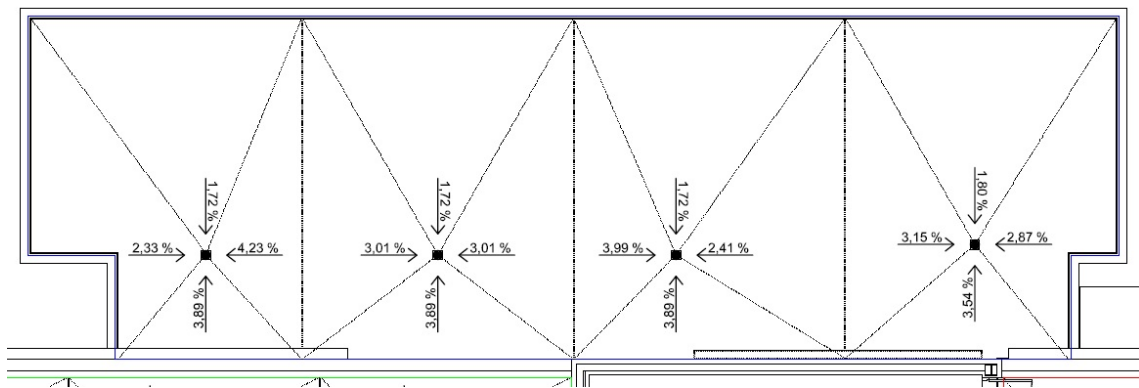
El sistema de formación de pendientes de nuestro proyecto **cumple** con el Código Técnico ya que todas las pendiente están entre el 1% - 5%, tal y como lo exige.



### CUBIERTA TRANSITABLE (Solado fijo) 1-5 %



### CUBIERTA TRANSITABLE (Solado flotante) 1-5 %



#### AISLANTE TERMICO

1. El material del aislante térmico debe tener una cohesión y una estabilidad suficiente para proporcionar al sistema la solidez necesaria frente a las sollicitaciones mecánicas.
2. Cuando el aislante térmico esté en contacto con la capa de impermeabilización, ambos materiales deben ser compatibles, en caso contrario debe disponerse una capa separadora entre ellos.
3. Cuando el aislante térmico se disponga encima de la capa de impermeabilización y quede expuesto al contacto con el agua, dicho aislante debe tener unas características adecuadas para esta situación.

#### CAPA DE IMPERMEABILIZACION

1. Cuando se disponga una capa de impermeabilización, ésta debe aplicarse y fijarse de acuerdo con las condiciones para cada tipo de material constitutivo de la misma.
2. Se pueden usar los materiales especificados a continuación u otro material que produzca el mismo efecto.

##### o Materiales bituminosos y bituminosos modificados

- Las láminas pueden ser de oxiasfalto o de betún modificado.
- Cuando la pendiente de la cubierta sea mayor que 15%, deben utilizarse sistemas fijados mecánicamente.
- Cuando la pendiente de la cubierta esté comprendida entre 5 y 15%, deben utilizarse sistemas adheridos.

- Cuando se quiera independizar el impermeabilizante del elemento que le sirve de soporte para mejorar la absorción de movimientos estructurales, deben utilizarse sistemas no adheridos.
- Cuando se utilicen sistemas no adheridos debe emplearse una capa de protección pesada.

o **Poli cloruro de vinilo plastificado (PVC)**

- Cuando la pendiente de la cubierta sea mayor que 15%, deben utilizarse sistemas fijados mecánicamente.
- Cuando la cubierta no tenga protección, deben utilizarse sistemas adheridos o fijados mecánicamente.
- Cuando se utilicen sistemas no adheridos, debe emplearse una capa de protección pesada.

o **Etileno propileno dieno monómero (EPDM)**

- Cuando la pendiente de la cubierta sea mayor que 15%, deben utilizarse sistemas fijados mecánicamente.
- Cuando la cubierta no tenga protección, deben utilizarse sistemas adheridos o fijados mecánicamente.
- Cuando se utilicen sistemas no adheridos, debe emplearse una capa de protección pesada.

o **Poliolfelinas: Poli etileno (PE) y Poli propileno (PP)**

- Deben utilizarse láminas de alta flexibilidad.

**CAPA DE PROTECCION**

1. Cuando se disponga una capa de protección, el material que forma la capa debe ser resistente a la intemperie en función de las condiciones ambientales previstas y debe tener un peso suficiente para contrarrestar la succión del viento.

2. Se pueden usar los materiales siguientes u otro material que produzca el mismo efecto:

- a) Cuando la cubierta no sea transitable, grava, solado fijo o flotante, mortero, tejas y otros materiales que conformen una capa pesada y estable.
- b) Cuando la cubierta sea transitable para peatones, solado fijo, flotante o capa de rodadura.
- c) Cuando la cubierta sea transitable para vehículos, capa de rodadura.

o **Capa de grava**

- La grava puede ser suelta o aglomerada con mortero.
- La grava suelta sólo puede emplearse en cubiertas cuya pendiente sea menor que el 5 %.
- La grava debe estar limpia y carecer de sustancias extrañas. Su tamaño debe estar comprendido entre 16 y 32 mm y debe formar una capa cuyo espesor sea igual a 5 cm como mínimo. Debe establecerse el lastre de grava adecuado en cada parte de la cubierta en función de las diferentes zonas de exposición en la misma.
- Deben disponerse pasillos y zonas de trabajo con una capa de protección de un material apto para cubiertas transitables con el fin de facilitar el tránsito en la cubierta para realizar las operaciones de mantenimiento y evitar el deterioro del sistema.

o **Solado fijo**

- El solado fijo puede ser de los materiales siguientes: baldosas recibidas con mortero, capa de mortero, piedra natural recibida con mortero, hormigón, adoquín sobre lecho de arena, mortero filtrante, aglomerado asfáltico u otros materiales de características análogas.
- El material que se utilice debe tener una forma y unas dimensiones compatibles con la pendiente.
- Las piezas no deben colocarse a hueso.

o **Solado flotante**

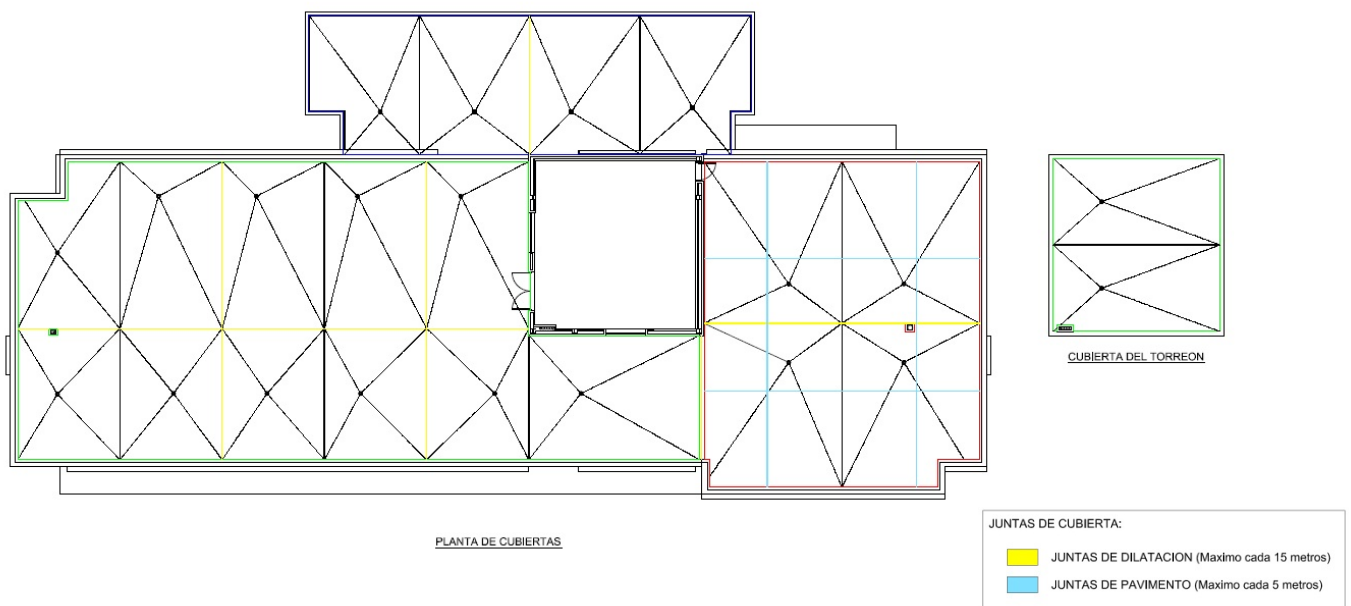
- El solado flotante puede ser de piezas apoyadas sobre soportes, baldosas sueltas con aislante térmico incorporado u otros materiales de características análogas.
- Las piezas apoyadas sobre soportes deben disponerse horizontalmente. Los soportes deben estar diseñados y fabricados expresamente para este fin, deben tener una plataforma de apoyo para repartir las cargas y deben disponerse sobre la capa separadora en el plano inclinado de escorrentía. Las piezas deben ser resistentes a los esfuerzos de flexión a los que vayan a estar sometidos.
- Las piezas o baldosas deben colocarse con junta abierta.

- **Condiciones de los puntos singulares:**

**JUNTAS DE DILATACION**

1. Deben disponerse juntas de dilatación de la cubierta y la distancia entre juntas de dilatación contiguas debe ser como máximo 15 m. Siempre que exista un encuentro con un paramento vertical o una junta estructural debe disponerse una junta de dilatación coincidiendo con ellos. Las juntas deben afectar a las distintas capas de la cubierta a partir del elemento que sirve de soporte resistente. Los bordes de las juntas de dilatación deben ser romos, con un ángulo de 45º aproximadamente, y la anchura de la junta debe ser mayor que 3 cm.
2. Cuando la capa de protección sea de solado fijo, deben disponerse juntas de dilatación en la misma. Estas juntas deben afectar a las piezas, al mortero de agarre y a la capa de asiento del solado y deben disponerse de la siguiente forma:
  - a) Coincidiendo con las juntas de la cubierta.
  - b) En el perímetro exterior e interior de la cubierta y en los encuentros con paramentos verticales y elementos pasantes.
  - c) En cuadrícula, situadas a 5 m como máximo en cubiertas no ventiladas y a 7,5 m como máximo en cubiertas ventiladas, de forma que las dimensiones de los paños entre las juntas guarden como máximo la relación 1:1,5.
3. En las juntas debe colocarse un sellante dispuesto sobre un relleno introducido en su interior. El sellado debe quedar enrasado con la superficie de la capa de protección de la cubierta.

### DISPOSICION DE LAS JUNTAS DE DILATACION Y PAVIMENTO



#### ENCUENTRO DE LA CUBIERTA CON UN PARAMENTO VERTICAL

1. La impermeabilización debe prolongarse por el paramento vertical hasta una altura de 20 cm como mínimo por encima de la protección de la cubierta (Véase la figura 2.13).
2. El encuentro con el paramento debe realizarse redondeándose con un radio de curvatura de 5 cm aproximadamente o achafañándose una medida análoga según el sistema de impermeabilización.

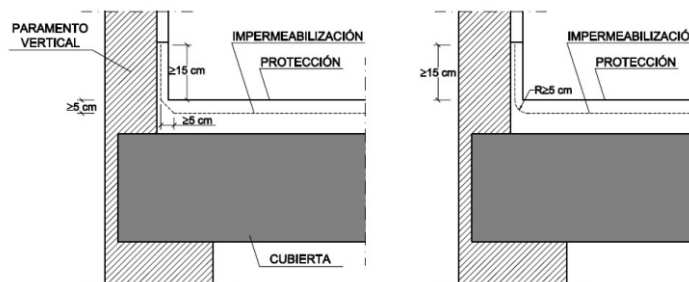


Figura 2.13 Encuentro de la cubierta con un paramento vertical

3. Para que el agua de las precipitaciones o la que se deslice por el paramento no se filtre por el remate superior de la impermeabilización, dicho remate debe realizarse de alguna de las formas siguientes o de cualquier otra que produzca el mismo efecto:

- a) Mediante una roza de 3 x 3 cm como mínimo en la que debe recibirse la impermeabilización con mortero en bisel formando aproximadamente un ángulo de 30º con la horizontal y redondeándose la arista del paramento.
- b) Mediante un retranqueo cuya profundidad con respecto a la superficie externa del paramento vertical debe ser mayor que 5 cm y cuya altura por encima de la protección de la cubierta debe ser mayor que 20 cm.
- c) 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. Si en la parte inferior no lleva pestaña, la arista debe ser redondeada para evitar que pueda dañarse la lámina.

#### ENCUENTRO DE LA CUBIERTA CON EL BORDE LATERAL

1. El encuentro debe realizarse mediante una de las formas siguientes:
  - a) Prolongando la impermeabilización 5 cm como mínimo sobre el frente del alero o el paramento.
  - b) Disponiéndose un perfil angular con el ala horizontal, que debe tener una anchura mayor que 10 cm, anclada al faldón de tal forma que el ala vertical descuelgue por la parte exterior del paramento a modo de goterón y prolongando la impermeabilización sobre el ala horizontal.

#### ENCUENTRO DE LA CUBIERTA CON UN SUMIDERO O UN CANALÓN

1. El sumidero o el canalón debe ser una pieza prefabricada, de un material compatible con el tipo de impermeabilización que se utilice y debe disponer de un ala de 10 cm de anchura como mínimo en el borde superior.
2. El sumidero o el canalón debe estar provisto de un elemento de protección para retener los sólidos que puedan obturar la bajante. 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.
3. El elemento que sirve de soporte de la impermeabilización debe rebajarse alrededor de los sumideros o en todo el perímetro de los canalones (Véase la figura 2.14) lo suficiente para que después de haberse dispuesto el impermeabilizante siga existiendo una pendiente adecuada en el sentido de la evacuación.

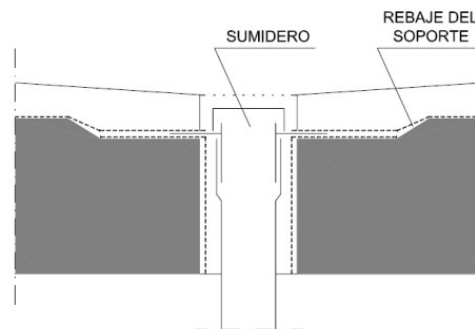


Figura 2.14 Rebaje del soporte alrededor de los sumideros

4. La impermeabilización debe prolongarse 10 cm como mínimo por encima de las alas.
5. La unión del impermeabilizante con el sumidero o el canalón debe ser estanca.
6. Cuando el sumidero se disponga en la parte horizontal de la cubierta, debe situarse separado 50 cm como mínimo de los encuentros con los paramentos verticales o con cualquier otro elemento que sobresalga de la cubierta.
7. El borde superior del sumidero debe quedar por debajo del nivel de escorrentía de la cubierta.
8. Cuando el sumidero se disponga en un paramento vertical, el sumidero debe tener sección rectangular. Debe disponerse un impermeabilizante que cubra el ala vertical, que se extienda hasta 20 cm como mínimo por encima de la protección de la cubierta y cuyo remate superior se haga según lo descrito en el apartado 'ENCUENTRO CON PARAMENTO VERTICAL'.
9. Cuando se disponga un canalón su borde superior debe quedar por debajo del nivel de escorrentía de la cubierta y debe estar fijado al elemento que sirve de soporte.
10. Cuando el canalón se disponga en el encuentro con un paramento vertical, el ala del canalón de la parte del encuentro debe ascender por el paramento y debe disponerse una banda impermeabilizante que cubra el borde superior del ala, de 10 cm como mínimo de anchura centrada sobre dicho borde resuelto según lo descrito en el apartado 'ENCUENTRO CON PARAMENTO VERTICAL'.

#### REBOSADEROS

1. En las cubiertas planas que tengan un paramento vertical que las delimite en todo su perímetro, deben disponerse rebosaderos en los siguientes casos:
  - a) Cuando en la cubierta exista una sola bajante.

- b) Cuando se prevea que, si se obtura una bajante, debido a la disposición de las bajantes o de los faldones de la cubierta, el agua acumulada no pueda evacuar por otras bajantes.
- c) Cuando la obturación de una bajante pueda producir una carga en la cubierta que comprometa la estabilidad del elemento que sirve de soporte resistente.
2. La suma de las áreas de las secciones de los rebosaderos debe ser igual o mayor que la suma de las bajantes que evacuan el agua de la cubierta o de la parte de la cubierta a la que sirven.
  3. El rebosadero debe disponerse a una altura intermedia entre la del punto más bajo y la del más alto de la entrega de la impermeabilización al paramento vertical (Véase la figura 2.15) y en todo caso a un nivel más bajo de cualquier acceso a la cubierta.
  4. El rebosadero debe sobresalir 5 cm como mínimo de la cara exterior del paramento vertical y disponerse con una pendiente favorable a la evacuación.

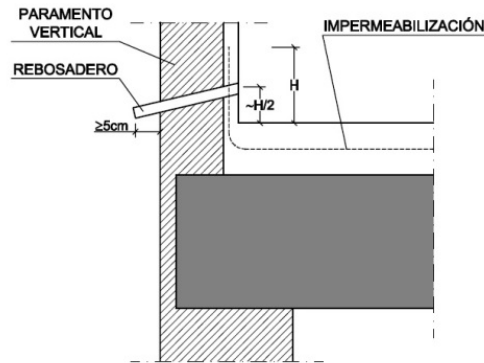


Figura 2.15 Rebosadero

#### ENCUENTRO DE LA CUBIERTA CON ELEMENTOS PASANTES

1. Los elementos pasantes deben situarse separados 50 cm como mínimo de los encuentros con los paramentos verticales y de los elementos que sobresalgan de la cubierta.
2. Deben disponerse elementos de protección prefabricados o realizados in situ, que deben ascender por el elemento pasante 20 cm como mínimo por encima de la protección de la cubierta.

#### ANCLAJE DE ELEMENTOS

1. Los anclajes de elementos deben realizarse de una de las formas siguientes:
  - a) Sobre un paramento vertical por encima del remate de la impermeabilización.
  - b) Sobre la parte horizontal de la cubierta de forma análoga a la establecida para los encuentros con elementos pasantes o sobre una bancada apoyada en la misma.

#### RINCONES Y ESQUINAS

1. En los rincones y las esquinas deben disponerse elementos de protección prefabricados o realizados in situ hasta una distancia de 10 cm como mínimo desde el vértice formado por los dos planos que conforman el rincón o la esquina y el plano de la cubierta.

#### ACCESOS Y ABERTURAS

1. Los accesos y las aberturas situados en un paramento vertical deben realizarse de una de las formas siguientes:
  - a) Disponiendo un desnivel de 20 cm de altura 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 como mínimo por encima de dicho desnivel.
  - b) Disponiéndolos retranqueados respecto del paramento vertical 1 m como mínimo. El suelo hasta el acceso debe tener una pendiente del 10% hacia fuera y debe ser tratado como la cubierta.
2. Los accesos y las aberturas situados en el paramento horizontal de la cubierta deben realizarse disponiendo alrededor del hueco un antepecho de una altura por encima de la protección de la cubierta de 20 cm como mínimo e impermeabilizado según lo descrito en el apartado 'ENCUENTRO CON PARAMENTO VERTICAL'.

### 3.5.2 DB-HE AHORRO DE ENERGÍA

En lo que a la cuantificación de las exigencias nos ocupa, el documento básico de ahorro de energía en su 1ª sección (*Limitación de demanda energética*), hace referencia a la verificación



del cumplimiento de las diferentes transmitancias térmicas de las diferentes cubiertas. El procedimiento a seguir es la denominada **opción simplificada**.

***Opción simplificada**, basada en el control indirecto de la demanda energética de los edificios mediante la limitación de los parámetros característicos de los cerramientos y particiones interiores que componen su envolvente térmica. La comprobación se realiza a través de la comparación de los valores obtenidos en el cálculo con los valores límites permitidos. Esta opción podrá aplicarse a obras de edificación de nueva construcción que cumplan los requisitos especificados en el apartado 3.2.1.2 y a obras de rehabilitación de edificios existentes.*

- **Caracterización y cuantificación de las exigencias:**

#### DEMANDA ENERGÉTICA

1. La demanda energética de los edificios se limita en función del clima de la localidad en la que se ubican, según la zonificación climática establecida en el apartado 'ZONIFICACION CLIMATICA', y de la carga interna en sus espacios según el apartado 'CLASIFICACION DE LOS ESPACIOS'.
2. La demanda energética será inferior a la correspondiente a un edificio en el que los parámetros característicos de los cerramientos y particiones interiores que componen su envolvente térmica, sean los valores límites establecidos en las tablas 2.2.

- **Calculo y dimensionado:**

#### ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA

1. Para la limitación de la demanda energética se establecen 12 zonas climáticas identificadas mediante una letra, correspondiente a la división de invierno, y un número, correspondiente a la división de verano. En general, la zona climática donde se ubican los edificios se determinará a partir de los valores tabulados. En localidades que no sean capitales de provincia y que dispongan de registros climáticos contrastados, se podrán emplear, previa justificación, zonas climáticas específicas.
2. El procedimiento para la determinación de la zonificación climática se recoge en el apéndice D.

#### CLASIFICACIÓN DE LOS ESPACIOS

1. Los espacios interiores de los edificios se clasifican en espacios habitables y espacios no habitables.
2. A efectos de cálculo de la demanda energética, los espacios habitables se clasifican en función de la cantidad de calor disipada en su interior, debido a la actividad realizada y al periodo de utilización de cada espacio, en las siguientes categorías:
  - a) Espacios con baja carga interna: espacios en los que se disipa poco calor. Son los espacios destinados principalmente a residir en ellos, con carácter eventual o permanente. En esta categoría se incluyen todos los espacios de edificios de viviendas y aquellas zonas o espacios de edificios asimilables a éstos en uso y dimensión, tales como habitaciones de hotel, habitaciones de hospitales y salas de estar, así como sus zonas de circulación vinculadas.
  - b) Espacios con alta carga interna: espacios en los que se genera gran cantidad de calor por causa de su ocupación, iluminación o equipos existentes. Son aquellos espacios no incluidos en la definición de espacios con baja carga interna. El conjunto de estos espacios conforma la zona de alta carga interna del edificio.

#### DEFINICIÓN DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA DEL EDIFICIO Y CLASIFICACIÓN DE SUS COMPONENTES

1. La envolvente térmica del edificio, como muestra la figura 3.2, está compuesta por todos los cerramientos que limitan espacios habitables con el ambiente exterior (aire o terreno u otro edificio) y por todas las particiones interiores que limitan los espacios habitables con los espacios no habitables que a su vez estén en contacto con el ambiente exterior.
2. Los cerramientos y particiones interiores de los espacios habitables se clasifican según su situación en las siguientes categorías:
  - a) Cubiertas, comprenden aquellos cerramientos superiores en contacto con el aire cuya inclinación sea inferior a 60º respecto a la horizontal.....
3. Los cerramientos de los espacios habitables se clasifican según su diferente comportamiento térmico y cálculo de sus parámetros característicos en las siguientes categorías:
  - a) Cerramientos en contacto con el aire:
    - i) parte opaca, constituida por muros de fachada, cubiertas, suelos en contacto con el aire y los puentes térmicos integrados;
    - ii) parte semitransparente, constituida por huecos (ventanas y puertas) de fachada y lucernarios de cubiertas.....

PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN DE LA OPCION SIMPLIFICADA

1. El procedimiento de aplicación mediante la opción simplificada es el siguiente:

a) Determinación de la zonificación climática según el apartado 'ZONIFICACION CLIMATICA'.

Tabla D.1.- Zonas climáticas

Provincia	Capital	Altura de referencia (m)	Decnivel entre la localidad y la capital de su provincia (m)				
			≥200 <400	≥400 <800	≥800 <1000	≥1000 <1000	≥1000
Alicante	B4	7	D2	E1	E1	E1	E1
Alicante	B4	7	C3	C1	D1	D1	E1
Alicante	A2	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	E1	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	D1	D1	E1
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
J León	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	A3	C1	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	E1	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

En nuestro proyecto CEAM (Centro de atención a mayores) San Juan de Alicante. Nuestro edificio se encuentra en la provincia de Alicante, a una altitud de 40 m sobre el nivel del mar, lo que hace que escojamos la zona climática (B4).

b) Clasificación de los espacios del edificio según el apartado CLASIFICACION DE LOS ESPACIOS'.



Todas

las

estancias situadas por debajo de cada tipología de cubiertas, están señaladas como zonas habitables.

c) Definición de la envolvente térmica y cerramientos objeto según el apartado 'DEFINICIÓN DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA DEL EDIFICIO Y CLASIFICACIÓN DE SUS COMPONENTES'.

En nuestro proyecto de sostenibilidad nuestra envolvente térmica objeto de estudio van a ser las **CUBIERTAS**. Dado que en el proyecto existen tipologías de diferentes características, deberemos hacer un estudio independiente de cada una de ellas.

d) Cálculo de los parámetros característicos de los distintos componentes de los cerramientos y particiones interiores según el apéndice E.

Para el cálculo de las transmitancias deberemos saber los espesores de las diferentes capas que conforman cada una de nuestras cubiertas, además de las diferentes conductividades térmicas de los materiales.




Para hallar las diferentes conductividades térmicas de los diferentes materiales tomaremos como referencia el 'Catalogo de elementos constructivos' del Código Técnico de la Edificación.

Para asegurarnos de que las diferentes cubiertas elegidas a través del proceso de selección, cumple con la normativa, tomaremos como incógnita el Aislamiento térmico, dado que es el material que debido a sus características, podemos variar su espesor con independencia de los demás elementos que completan la composición de la cubierta.

• **CALCULOS:**

Dado que todos los elementos estudiados corresponden a cubiertas, hallaremos las resistencias térmicas superficiales en contacto con el aire exterior, de la siguiente tabla.

Tabla E.1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en m<sup>2</sup>K/W

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	R <sub>se</sub>	R <sub>si</sub>
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal 	0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente 	0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente 	0,04	0,17

La fórmula empleada de forma general será la siguiente:

$$U = \frac{1}{R_T}$$

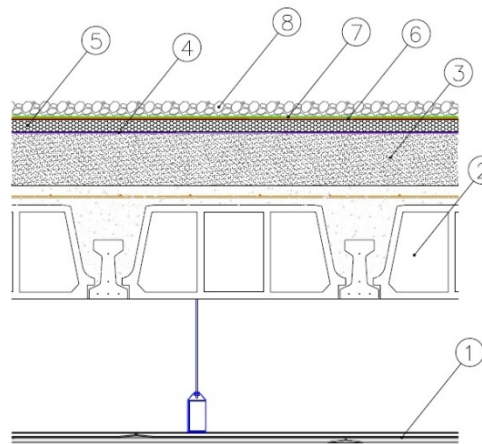
Dónde:

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

• CUBIERTA PLANA CONVENCIONAL (NO TRANSITABLE)

CAPA	MATERIAL	ESPESOR	CONDUCTIVIDAD
1. FALSO TECHO	DOBLE PLACA DE YESO LAMINADO (Definida en Proyecto)	0,03	0,25
2. FORJADO UNIDIRECCIONAL	BOVEDILLAS CERAMICAS (Definida en proyecto)	Resistencia térmica= 0'32	
3. FORMACIÓN DE PENDIENTE	HORMIGÓN CELULAR	0,15	0,18
4. BARRERA DE VAPOR	LÁMINA DE POLIETILENO	0,001	0,33
5. AISLAMIENTO TÉRMICO	CORCHO	X	0,055
6. IMPERMEABILIZACIÓN	LÁMINA PVC	0,0012	0,17
7. PROTECCIÓN	GEOTEXTIL FV	0,01	0,05
8. PAVIMENTO	GRAVA RODADA	0,05	1,5



Tomaremos como U, la transmitancia límite para cubierta, a través de la tabla 2.2 (ZONA CLIMATICA B4).

Tablas 2.2 Valores límite de los parámetros característicos medios

ZONA CLIMÁTICA B4	
Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	$U_{Mim}: 0,82 \text{ W/m}^2\text{K}$
Transmitancia límite de suelos	$U_{SIm}: 0,52 \text{ W/m}^2\text{K}$
<b>Transmitancia límite de cubiertas</b>	<b><math>U_{Clim}: 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}</math></b>
Factor solar modificado límite de lucernarios	$F_{Lim}: 0,28$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos <sup>(1)</sup> $U_{Hlim} \text{ W/m}^2\text{K}$				Factor solar modificado límite de huecos $F_{Hlim}$					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,4 (5,7)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,8 (4,7)	4,9 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	3,3 (3,8)	4,3 (4,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,55	-	0,57
de 31 a 40	3,0 (3,3)	4,0 (4,2)	5,6 (5,7)	5,6 (5,7)	0,55	-	0,58	0,42	0,59	0,44
de 41 a 50	2,8 (3,0)	3,7 (3,9)	5,4 (5,5)	5,4 (5,5)	0,45	-	0,48	0,34	0,49	0,36
de 51 a 60	2,7 (2,8)	3,6 (3,7)	5,2 (5,3)	5,2 (5,3)	0,39	0,55	0,41	0,29	0,42	0,31

<sup>(1)</sup> En los casos en que la transmitancia media de los muros de fachada  $U_{Mm}$ , definida en el apartado 3.2.2.1, sea inferior a 0,58 se podrá tomar el valor de  $U_{Him}$  indicado entre paréntesis para las zonas climáticas B3 y B4.

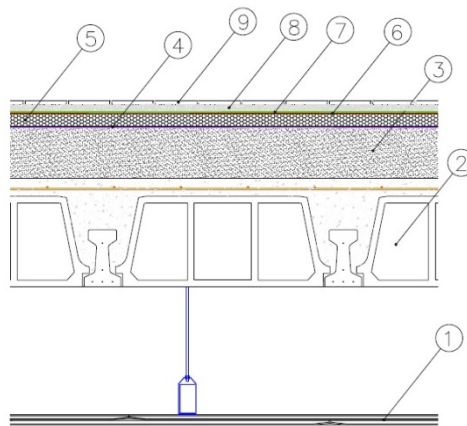
$$U = \frac{1}{0,10 + 0,83 + 0,003 + X/0,055 + 0,007 + 0,2 + 0,033 + 0,12 + 0,32 + 0,04} =$$

$$0,45 = \frac{1}{1,653 + X/0,055} \rightarrow 1'653 + \frac{X}{0,055} = 2,22 \rightarrow X = 0,567 \cdot 0,055 = 0,0312 \text{ m} = \mathbf{3,12 \text{ cm}}$$

Este será el espesor mínimo que deberá tener el aislamiento térmico para cumplir con la normativa, aunque para elegir un espesor comercial, tomaremos un espesor de 4 cm.

• CUBIERTA PLANA CONVENCIONAL (TRANSITABLE)

CAPA	MATERIAL	ESPESOR	CONDUCTIVIDAD
1. FALSO TECHO	DOBLE PLACA DE YESO LAMINADO (Definida en proyecto)	0,03	0,25
2. FORJADO UNIDIRECCIONAL	BOVEDILLAS CERAMICAS (Definida en proyecto)	Resistencia térmica = 0'32	
3. FORMACIÓN DE PENDIENTE	HORMIGÓN CELULAR	0,15	0,18
4. BARRERA DE VAPOR	POLIETILENO	0,001	0,33
5. AISLAMIENTO TÉRMICO	CORCHO	X	0,055
6. IMPERMEABILIZACIÓN	LÁMINA PVC	0,0012	0,17
7. PROTECCIÓN	GEOTEXTIL FV	0,01	0,05
8. AGARRE PAVIMENTO	MORTERO DE CEMENTO	0,02	1,3
9. PAVIMENTO	PIEZA CERAMICA	0,01	1



Tomaremos como U, la transmitancia límite para cubierta, a través de la tabla 2.2 (ZONA CLIMATICA B4).

Tablas 2.2 Valores límite de los parámetros característicos medios

ZONA CLIMÁTICA B4	
Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	$U_{Mim}: 0,82 \text{ W/m}^2\text{K}$
Transmitancia límite de suelos	$U_{Suelo}: 0,52 \text{ W/m}^2\text{K}$
Transmitancia límite de cubiertas	$U_{Clim}: 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$
Factor solar modificado límite de lucernarios	$F_{Lim}: 0,28$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos <sup>(1)</sup> $U_{Hlim} \text{ W/m}^2\text{K}$				Factor solar modificado límite de huecos $F_{Hlim}$					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,4 (5,7)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,8 (4,7)	4,9 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	3,3 (3,8)	4,3 (4,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,55	-	0,57
de 31 a 40	3,0 (3,3)	4,0 (4,2)	5,6 (5,7)	5,6 (5,7)	0,55	-	0,58	0,42	0,59	0,44
de 41 a 50	2,8 (3,0)	3,7 (3,9)	5,4 (5,5)	5,4 (5,5)	0,45	-	0,48	0,34	0,49	0,36
de 51 a 60	2,7 (2,8)	3,6 (3,7)	5,2 (5,3)	5,2 (5,3)	0,39	0,55	0,41	0,29	0,42	0,31

<sup>(1)</sup> En los casos en que la transmitancia media de los muros de fachada  $U_{Mim}$ , definida en el apartado 3.2.2.1, sea inferior a 0,58 se podrá tomar el valor de  $U_{Hlim}$  indicado entre paréntesis para las zonas climáticas B3 y B4.

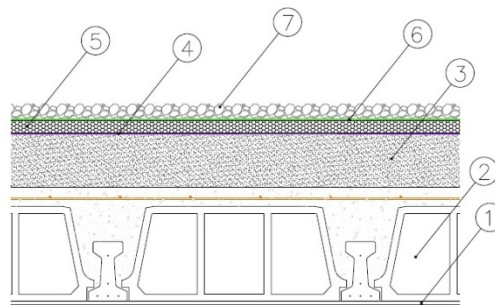
$$U = \frac{1}{0,10+0,83+0,003+X/0,055+0,007+0,2+0,015+0,01+0,12+0,32+0,04} =$$

$$0,45 = \frac{1}{1,645+X/0,055} \rightarrow 1'645 + \frac{X}{0,055} = 2,22 \rightarrow X = 0,575 \cdot 0,055 = 0,0182 \text{ m} = 1,82 \text{ cm}$$

Este será el espesor mínimo que deberá tener el aislamiento térmico para cumplir con la normativa, aunque para elegir un espesor comercial, tomaremos un espesor de 2 cm.

• CUBIERTA PLANA INVERTIDA (NO TRANSITABLE)

CAPA	MATERIAL	ESESOR	CONDUCTIVIDAD
1. TECHO	ENLUCIDO DE YESO (Definida en proyecto)	0,01	0,4
2. FORJADO UNIDIRECCIONAL	BOVEDILLAS CERAMICAS (Definida en proyecto)	Resistencia térmica = 0'32	
3. FORMACIÓN DE PENDIENTE	HORMIGÓN CELULAR	0,15	0,18
4. IMPERMEABILIZACIÓN	LÁMINA PVC	0,0012	0,17
5. AISLAMIENTO TÉRMICO	POLIESTIRENO EXTRUIDO (XPS)	X	0,039
6. PROTECCIÓN	GEOTEXTIL FV	0,01	0,05
7. PAVIMENTO	GRAVA RODADA	0,05	1,5



Tomaremos como U, la transmitancia límite para cubierta, a través de la tabla 2.2 (ZONA CLIMATICA B4).

Tablas 2.2 Valores limite de los parámetros característicos medios

ZONA CLIMÁTICA B4

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	$U_{Mim}: 0,82 \text{ W/m}^2\text{K}$
Transmitancia límite de suelos	$U_{Smin}: 0,52 \text{ W/m}^2\text{K}$
<b>Transmitancia límite de cubiertas</b>	<b><math>U_{Clim}: 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}</math></b>
Factor solar modificado límite de lucernarios	$F_{Lim}: 0,28$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos <sup>(1)</sup> $U_{Hlim} \text{ W/m}^2\text{K}$				Factor solar modificado límite de huecos $F_{Hlim}$					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,4 (5,7)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,8 (4,7)	4,9 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	3,3 (3,8)	4,3 (4,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,55	-	0,57
de 31 a 40	3,0 (3,3)	4,0 (4,2)	5,6 (5,7)	5,6 (5,7)	0,55	-	0,58	0,42	0,59	0,44
de 41 a 50	2,8 (3,0)	3,7 (3,9)	5,4 (5,5)	5,4 (5,5)	0,45	-	0,48	0,34	0,49	0,36
de 51 a 60	2,7 (2,8)	3,6 (3,7)	5,2 (5,3)	5,2 (5,3)	0,39	0,55	0,41	0,29	0,42	0,31

<sup>(1)</sup> En los casos en que la transmitancia media de los muros de fachada  $U_{Mm}$ , definida en el apartado 3.2.2.1, sea inferior a 0,58 se podrá tomar el valor de  $U_{Hlim}$  indicado entre paréntesis para las zonas climáticas B3 y B4.

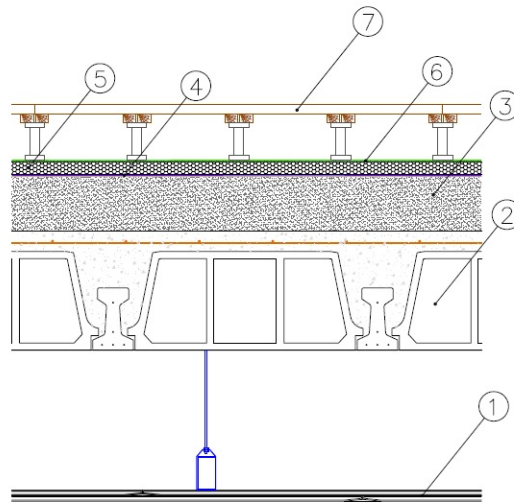
$$U = \frac{1}{0,10 + 0,83 + 0,007 + X/0,039 + 0,2 + 0,033 + 0,025 + 0,32 + 0,04} =$$

$$0,45 = \frac{1}{1,555 + X/0,039} \rightarrow 1'555 + \frac{X}{0,039} = 2,22 \rightarrow X = 0,667 \cdot 0,039 = 0,026 \text{ m} = 2,60 \text{ cm}$$

Este será el espesor mínimo que deberá tener el aislamiento térmico para cumplir con la normativa, aunque para elegir un espesor comercial, tomaremos un espesor de 3 cm.

• CUBIERTA PLANA INVERTIDA (TRANSITABLE)

CAPA	MATERIAL	ESESOR	CONDUCTIVIDAD
1. FALSO TECHO	DOBLE PLACA DE YESO LAMINADO (Definida en proyecto)	0,03	0,25
2. FORJADO UNIDIRECCIONAL	BOVEDILLAS CERAMICAS (Definida en proyecto)	Resistencia térmica = 0'32	
3. FORMACIÓN DE PENDIENTE	HORMIGÓN CELULAR	0,15	0,18
4. IMPERMEABILIZACIÓN	LÁMINA PVC	0,0012	0,17
5. AISLAMIENTO TÉRMICO	POLIESTIRENO EXTRUIDO (XPS)	X	0,039
6. PROTECCIÓN	GEOTEXTIL FV	0,01	0,05
7. PAVIMENTO	ENTARIMADO DE MADERA (TEKA)	0,028	0,18



Tomaremos como U, la transmitancia límite para cubierta, a través de la tabla 2.2 (ZONA CLIMATICA B4).

Tablas 2.2 Valores límite de los parámetros característicos medios

ZONA CLIMÁTICA B4

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	$U_{Mmim}: 0,82 \text{ W/m}^2\text{K}$
Transmitancia límite de suelos	$U_{Clim}: 0,52 \text{ W/m}^2\text{K}$
<b>Transmitancia límite de cubiertas</b>	<b><math>U_{Clim}: 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}</math></b>
Factor solar modificado límite de lucernarios	$F_{Lim}: 0,28$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos <sup>(1)</sup> $U_{Hlim} \text{ W/m}^2\text{K}$				Factor solar modificado límite de huecos $F_{Hlim}$					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,4 (5,7)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,8 (4,7)	4,9 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	3,3 (3,8)	4,3 (4,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,55	-	0,57
de 31 a 40	3,0 (3,3)	4,0 (4,2)	5,6 (5,7)	5,6 (5,7)	0,55	-	0,58	0,42	0,59	0,44
de 41 a 50	2,8 (3,0)	3,7 (3,9)	5,4 (5,5)	5,4 (5,5)	0,45	-	0,48	0,34	0,49	0,36
de 51 a 60	2,7 (2,8)	3,6 (3,7)	5,2 (5,3)	5,2 (5,3)	0,39	0,55	0,41	0,29	0,42	0,31

<sup>(1)</sup> En los casos en que la transmitancia media de los muros de fachada  $U_{Mm}$ , definida en el apartado 3.2.2.1, sea inferior a 0,58 se podrá tomar el valor de  $U_{Hlim}$  indicado entre paréntesis para las zonas climáticas B3 y B4.

$$U = \frac{1}{0,10 + 0,83 + 0,007 + X/0,039 + 0,2 + 0,12 + 0,155 + 0,32 + 0,04} =$$

$$0,45 = \frac{1}{1,772 + X/0,039} \rightarrow 1'772 + \frac{X}{0,039} = 2,22 \rightarrow X = 0,448 \cdot 0,039 = 0,0175 \text{ m} = 1,75 \text{ cm}$$

Este será el espesor mínimo que deberá tener el aislamiento térmico para cumplir con la normativa, aunque para elegir un espesor comercial, tomaremos un espesor de 2 cm.

f) Comprobación de que los parámetros característicos medios de la zona de baja carga interna y la zona de alta carga interna son inferiores a los valores límite de las tablas 2.2.

Como podemos comprobar todas las tipologías de cubiertas de nuestro proyecto cumplen con la normativa ( $U_{\text{clim}}=0'45 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), ya que para asegurarnos de ello hemos tomado como incógnita de cálculo el aislamiento y así comprobar el mínimo espesor que debe de tener éste.

### 3.5.3 DB-HR RUIDO

Los valores exigidos por el código técnico para estancias y aulas son los siguientes:

Tabla 2.1 Valores de aislamiento acústico a ruido aéreo,  $D_{2m,nT,Atr}$ , en dBA, entre un recinto protegido y el exterior, en función del índice de ruido día,  $L_d$ .

$L_d$ dBA	Uso del edificio			
	Residencial y hospitalario		Cultural, sanitario <sup>(1)</sup> , docente y administrativo	
	Dormitorios	Estancias	Estancias	Aulas
$L_d \leq 60$	30	30	30	30
$60 < L_d \leq 65$	32	30	32	30
$65 < L_d \leq 70$	37	32	37	32
$70 < L_d \leq 75$	42	37	42	37
$L_d > 75$	47	42	47	42

<sup>(1)</sup> En edificios de uso no hospitalario, es decir, edificios de asistencia sanitaria de carácter ambulatorio, como despachos médicos, consultas, áreas destinadas al diagnóstico y tratamiento, etc.

El aislamiento a ruido de impactos exigido es de: 65dB



### 3.18.1 Forjados unidireccionales

Forjados unidireccionales									
Descripción			HE				HR <sup>(5)</sup>		
Forjado con	canto mm	m <sup>(1)</sup> kg/m <sup>2</sup>	ρ <sup>(1)</sup> kg / m <sup>3</sup>	R <sup>(2)</sup> m <sup>2</sup> ·K/ W	c <sub>p</sub> J / kg·K	μ	R <sub>A</sub> dBA	R <sub>Atr</sub> dBA	L <sub>n,w</sub> dB
Piezas de entrevigado cerámicas	250	305	1220	0,28	1000	10	52	48	77
	300	333	1110	0,32	1000	10	53	48	76
	350	360	1030	0,35	1000	10	55	50	75
Piezas de entrevigado de hormigón	250	332	1330	0,19	1000	80	53	48	76
	300	372	1240	0,21	1000	80	55	50	74
	350	413	1180	0,23	1000	80	57	52	72
Piezas de entrevigado de hormigón de áridos ligeros <sup>(3)</sup>	250	307	1230	0,25	1000	6	52	48	77
		(282)	(1130)	(0,22)			(51)	(47)	(78)
	300	342	1140	0,27	1000	6	54	49	75
		(312)	(1040)	(0,25)			(52)	(48)	(77)
	350	378	1080	0,29	1000	6	55	50	74
(346)		(990)	(0,27)	(54)			(49)	(75)	
400	412	1030	0,31	1000	6	57	52	73	
	(376)	(940)	(0,28)			(55)	(50)	(74)	
Piezas de entrevigado de picón	300	382	1273	0,34	800	80	55	50	87
	350	457	1306	0,36	800	80	56	51	85
Piezas de entrevigado de EPS mecanizadas enrasadas <sup>(4)</sup>	250	200	800	0,94	1000	60	45	43	88
	300	225	750	1,17	1000	60	47	45	86
	350	245	700	1,37	1000	60	49	47	84
Piezas de entrevigado de EPS moldeadas enrasadas <sup>(4)</sup>	250	197	790	0,80	1000	60	45	43	88
	300	222	740	0,88	1000	60	47	45	86
	350	245	690	0,95	1000	60	49	47	84
Piezas de entrevigado de EPS moldeadas descolgadas <sup>(4)</sup>	250 <sup>(5)</sup>	177	710	1,42	1000	60	44	42	89
	300 <sup>(5)</sup>	201	670	1,50	1000	60	46	44	87
	350 <sup>(5)</sup>	224	640	1,57	1000	60	47	45	86

(1) Los valores de m y ρ dependen de las características geométricas del forjado: Intereje, espesor de capa de compresión, ancho de viguetas...etc. Los valores de m y ρ expresados en la tabla son orientativos y corresponden a la sección sin contar con las vigas. Se han estimado para:

- Un intereje de 70 cm y una capa de compresión de 50 mm, para forjados con piezas de entrevigado cerámicas, de hormigón y de hormigón aligerado
- Un intereje de 60 cm y una capa de compresión de 50 mm, para forjados con piezas de entrevigado de EPS

(2) Los valores de R incluyen la capa de compresión y las viguetas de hormigón.

(3) Los valores entre paréntesis corresponden a forjados con piezas de entrevigado de hormigón con una densidad del material hormigón  $\rho \leq 1200 \text{ kg/m}^3$

(4) Los valores corresponden únicamente a forjados con piezas de entrevigado de EPS de conductividad del material aislante  $\lambda \leq 0,046 \text{ W/mK}$ .

(5) Valores del canto estructural.

(6) Los datos de R<sub>A</sub>, de R<sub>Atr</sub> y de L<sub>n,w</sub> se aplican a forjados sin enlucir. Cuando los forjados estén enlucidos por su cara inferior, se aumentará su índice de reducción acústica, R<sub>A</sub> y R<sub>Atr</sub>, en 2 dBA y se disminuirá su nivel global de presión de ruido de impactos, L<sub>n,w</sub>, en 2 dB.

Los valores para un forjado de de 300 mm con techo suspendido y formación de pendientes con hormigón celular:

Ruido exterior	Clasificación	Composición	Aislamiento acústico		Ruido de impactos	
			Proyecto R <sub>Atr</sub> dBA	Exigido	Proyecto dB	Exigido
70	Protegido(aula)	Forjado 350 kg/m <sup>2</sup>	57	≥32	65	≤65
		Falso techo				
		H. celular				
70	Estancia (aula)	Forjado 372 kg/m <sup>2</sup>	57	≥32	65	≤65
		Falso techo				
		H. celular				

### 3.6 ANALISIS ECONÓMICO

Dentro de la selección de materiales hay que tener en cuenta el aspecto económico. Una diferencia muy grande de precios puede hacer inviable una promoción, o hacer peligrar una adjudicación de una obra pública.

Una correcta elección de materiales puede suponer un valor añadido a una promoción o un concurso público.

En la valoración económica, no solo debemos tener en cuenta el precio unitario del material. Debemos analizar el total del conjunto. Debemos analizar los medios auxiliares, la mano de obra necesaria para realizar un metro cuadrado de cubierta, etc.). En nuestro caso como determinados requisitos venían definidos por proyecto nos limitaremos a comparar materiales dentro de una tipología utilizando la base de datos del I.V.E. Excepto en el caso de los pavimentos, en que los niveles de costes complementarios son más significativos.

A continuación pasaremos a analizar las capas más significativas (económicamente) de las cubiertas:

**Láminas impermeables:**

	Precio m <sup>2</sup>
<b>PNIS.9bb m2 Lamn PVC e1,5mm c/arm FV</b>	
Lámina de policloruro de vinilo PVC, con marcado CE, no apta para intemperie, de 1,5 mm de espesor, con armadura de malla de fibra de vidrio, suministrada en rollos de 2x20m.	<b>11,82</b>
<b>PNIS10ab m2 Lamn EPDM e1,14mm c/arm FP</b>	
Lámina de etileno propileno dieno monómero EPDM, con marcado CE, de 1,14 mm de espesor, con armadura de malla fibra de poliéster, según UNE-EN 13956.	<b>14,41</b>
<b>PNIL.1cbdb m2 LO-40-FV UNE 104238 PE</b>	
Lámina bituminosa de oxiasfalto, tipo LO-40-FV, según normas DB-HS1 del CTE y UNE 104238, de 40gr/dm <sup>2</sup> , de superficie no protegida, con armadura constituida por fieltro de fibra de vidrio de 60 gr/m <sup>2</sup> , recubierta con mástico bituminoso en ambas caras y terminada con aluminopoliétileno como antiadherente en ambas caras, en rollos de 1m de ancho.	<b>5,6</b>
<b>PNIL.3cacb m2 LBM (SBS)-40-FV PE</b>	
Lámina de betún polimérico modificado con elastómero SBS con marcado CE, tipo LBM (SBS)-40-FV, según norma UNE-EN 13.707, de 40gr/dm <sup>2</sup> , de superficie no protegida, con armadura constituida por fieltro de fibra de vidrio FV.100 (100 gr/m <sup>2</sup> ), y acabada con polietileno como antiadherente en ambas caras, en rollos de 1m de ancho.	<b>8,4</b>

La el material resultante de la selección es la lamina de pvc-fv. La diferencia con la lámina de oxiasfalto es significativa, pero dentro del precio global de la cubierta no es tan grande y entra dentro de parámetros admisibles.

**Aislamiento Térmico:**

	Precio	Resistencia térmica	Espesor (cm)	Ratio*
<b>PNTC37b m2 Loseta corcho agl negro e 37mm</b>	<b>11,2</b>	24,7	3,7	8,18
Loseta de corcho aglomerado negro de 1000x500 y 37mm de espesor, densidad 130-150 Kg/m3.				
<b>PNTM.1a m2 Aislamiento fibra cáñamo 40 mm</b>	<b>5,9</b>	25	4	16,95
Aislamiento semirígido en fibra de cáñamo, de 40 mm de espesor, conductividad térmica 0.040 W/mK, densidad 40 kg/m3 y clase de reacción al fuego E según RD. 312/2005, de aplicación en tejados por el interior, aislamiento exterior e interior de fachadas, divisorias interiores, techos y suelos.				
<b>PNTP.2ccd m2 Panel XPS 0.034 e40mm</b>	<b>13,2</b>	29,41	4	8,89
Panel de poliestireno extruido (XPS) de 40mm de espesor, mecanizado lateral machihembrado y superficie lisa, con una conductividad térmica de 0.034 W/mK y resistencia térmica 1.20 m2K/W, reacción al fuego Euroclase E, con marcado CE, para aplicación en cubiertas planas invertidas según norma UNE-EN 13164.				
<b>PNTS.2bcb m2 Panel EPS 0.034 e40mm</b>	<b>8,74</b>	29,4	4	13,46
Panel de poliestireno expandido (EPS) con marcado CE, de 40mm de espesor, mecanizado lateral recto y superficie lisa, con una conductividad térmica de 0.034 W/mK y resistencia térmica 1.15 m2K/W, reacción al fuego Euroclase E, con marcado CE, para aplicación en cubiertas planas tradicionales transitables, código de designación EPS-EN 13163 - T1-L1-W1-S2-P3-DS(N)5-BS250-CS(10)200-DLT(1)5-MU40a100, según norma UNE-EN 13163.				
<b>PNTU11ac m2 Pnl PUR c/ester 100x100x5</b>	<b>30,6</b>	42	5	6,86
Panel de espuma blanda de poliuretano con base de ester y superficie irregular, en placas de 1000x1000x50mm.				
<b>PNTT.1c m2 Aislamiento fieltro lana oveja e40 mm</b>	<b>4,46</b>	23,25	4	20,85
Aislamiento en fieltro aglomerado a base de lana de oveja, de 40 mm de espesor, conductividad térmica de 0.043 W/mK y densidad 14 kg/m3.				

\*Este ratio relaciona espesor, resistencia y precio, siendo más económico el material con un mayor ratio (e x Rt)/precio) el resultado sería la cantidad de resistencia térmica por unidad monetaria.

En este caso la selección del material es de corcho de 37mm para la cubierta convencional, y de poliestireno extruido para las cubiertas invertidas. Las selecciones estaban determinadas mayoritariamente por las exigencias de cada cubierta.

Hay casos en los que la diferencia económica entre elementos de una similar huella de CO<sub>2</sub> es significativa como es el caso de la lana o la fibra de cáñamo, pero estos materiales no son aptos para su colocación en cubiertas convencionales de este tipo. Esto hace reflexionar sobre la idoneidad de haber realizado una cubierta ventilada con la formación de pendientes mediante tablero de bardos sobre ladrillo hueco (este aspecto merecería un estudio pormenorizado).

En el caso del poliestireno extruido la elección ha venido marcada por las exigencias de una cubierta invertida. También merecería estudio la conveniencia de una cubierta invertida sobre una convencional, ya que ni el análisis de huella de CO<sub>2</sub> ni el económico son totalmente favorables (convendría saber si la eficiencia es mayor, y en qué grado aumenta la vida útil de la lámina impermeable y con ella de toda la cubierta).

**Pavimentos:**

**Pavimento cerámico:**

<p>Pavimento cerámico con junta mínima (1.5 - 3mm) realizado con baldosín catalán de 13x13cm, colocado en capa fina con adhesivo cementoso mejorado altamente deformable (C2 S2) y rejuntado con lechada de cemento (L), incluso cortes y limpieza, según NTE/RPA-3 y Guía de la Baldosa Cerámica (Documento Reconocido por la Generalitat DRB 01/06).</p>					
Código	Cantidad	Ud.	Descripción	Precio	Importe
MOOA.8a	0,5	h	Oficial 1ª construcción	21,8	10,9
MOOA12a	0,25	h	Peón ordinario construcción	20,83	5,21
<a href="#">PRRB.4a</a>	1,05	m2	Baldosín catalán 13x13cm	5,39	5,66
<a href="#">PBUA50bac</a>	4	kg	Adh cementoso C2 S2	1,5	6
<a href="#">PBPL.1h</a>	0,001	m3	Lechada cto blanco BL 22.5X	163,29	0,16
PBAA.1a	0,003	m3	Agua	1,7	0,01
%	0,02		Costes Directos Complementarios	27,94	0,56
				<b>Total:</b>	<b>28,5</b>

**Pavimento de granito:**

<p>Pavimento exterior realizado con baldosa de granito Rosa Porriño en formatos de 60x40, 60x30 o 40x40 cm, de 2cm de espesor, acabado envejecido, con junta mínima de 4 mm, colocada en capa gruesa con mortero de cemento M-5, capa de contacto de adhesivo C2 y rejuntado con mortero de juntas cementoso mejorado (CG2), totalmente terminado, incluso cortes y limpieza.</p>					
Código	Cantidad	Ud.	Descripción	Precio	Importe
MOOA.8a	0,75	h	Oficial 1ª construcción	21,8	16,35
MOOA12a	0,75	h	Peón ordinario construcción	20,83	15,62
<a href="#">PRRP14afe</a>	1,05	m2	Bald Rosa Porriño e/2cm envj	45,31	47,58
<a href="#">PBPM.1da</a>	0,018	m3	Mto cto M-5 man	102,68	1,85
<a href="#">PBUA50baa</a>	1	kg	Adh cementoso C2	0,86	0,86
<a href="#">PBUR.1b</a>	0,3	kg	Mto juntas cementoso CG2	1,26	0,38
PBAA.1a	0,005	m3	Agua	1,7	0,01
%	0,02		Costes Directos Complementarios	82,65	1,65
				<b>Total:</b>	<b>84,3</b>

### Pavimento de mármol:

Pavimento exterior realizado con baldosa de mármol Crema Marfil Trama en formatos de 60x40, 60x30 o 40x40 cm, de 2cm de espesor, acabado envejecido, con junta mínima de 2 mm, colocada en capa fina con adhesivo cementoso mejorado (C2) y rejuntado con mortero de juntas cementoso mejorado (CG2), totalmente terminado, incluso cortes y limpieza.

Código	Cantidad	Ud.	Descripción	Precio	Importe
MOOA.8a	0,75	h	Oficial 1ª construcción	21,8	16,35
MOOA12a	0,75	h	Peón ordinario construcción	20,83	15,62
<a href="#">PRRP13ald</a>	1,05	m2	Bald mármol Crema Marfil Trama e/2 envj	36,37	38,19
<a href="#">PBUA50baa</a>	4	kg	Adh cementoso C2	0,86	3,44
<a href="#">PBUR.1b</a>	0,2	kg	Mto juntas cementoso CG2	1,26	0,25
PBAA.1a	0,003	m3	Agua	1,7	0,01
%	0,02		Costes Directos Complementarios	73,86	1,48
<b>Total:</b>					<b>75,34</b>

### Pavimento de terrazo:

Pavimento realizado con baldosas de terrazo para uso intensivo, grano medio, de 40x40cm, tonos claros, colocado sobre capa de arena de 2cm de espesor mínimo, tomadas con mortero de cemento M-5, incluso rejuntado con lechada de cemento coloreada con la misma tonalidad de las baldosas, eliminación de restos y limpieza, acabado pulido mate, según NTE/RSR-6.

Código	Cantidad	Ud.	Descripción	Precio	Importe
MOOA.8a	0,36	h	Oficial 1ª construcción	21,8	7,85
MOOA12a	0,36	h	Peón ordinario construcción	20,83	7,5
<a href="#">PRRT39bbba</a>	1,05	m2	Bald trz g-m 40x40cl ints	8,41	8,83
<a href="#">PRRT40a</a>	1	m2	Acabado pulido mate terrazo	4,26	4,26
<a href="#">PBRA.1abb</a>	0,032	t	Arena 0/3 triturada lvd 10km	10,69	0,34
<a href="#">PBPM.1da</a>	0,02	m3	Mto cto M-5 man	102,68	2,05
<a href="#">PBPL.1j</a>	0,001	m3	Lechada colorante cemento	575,67	0,58
PBAC.2ab	0,001	t	CEM II/B-P 32.5 N envasado	107,2	0,11
%	0,02		Costes Directos Complementarios	31,52	0,63
<b>Total:</b>					<b>32,15</b>



**Protección de grava 5cm:**

<b>PBRG.1fb t Grava caliza 10/25 s/lvd 10km</b>
Grava triturada caliza de granulometría 10/25, sin lavar, a pie de obra, considerando transporte con camión de 25 t, a una distancia media de 10km.
<b>12,29</b> €/Tonelada
1,3519 €/m <sup>2</sup>

**Pavimentos flotantes para cubierta invertida transitable:**

**Arenisca:**

Pavimento flotante de piedra arenisca Dorada Urbión, de dimensiones 50x50x6cm y acabado apomazado, colocado a junta corrida sobre soportes termoplásticos regulables, apoyados sobre capa de mortero de regularización de 4 cm de espesor medio, totalmente terminado.

Código	Cantidad	Ud.	Descripción	Precio	Importe
MOOA.8a	1,25	h	Oficial 1ª construcción	21,8	27,25
MOOA12a	1,25	h	Peón ordinario construcción	20,83	26,04
<a href="#">PBPM.3c</a>	0,045	m3	Mto cto M-5 CEM ind	71,81	3,23
<a href="#">PRRP18dbac</a>	1,05	m2	Bald Dorada Urbión50x50x6 apmz	61,7	64,79
<a href="#">PQAR.1aa</a>	4	u	Sop 5-15 base plana	2,16	8,64
%	0,02		Costes Directos Complementarios	129,95	2,6
<b>Total:</b>					<b>132,55</b>

**Piedra caliza:**

Pavimento flotante de piedra caliza Crema Pinar, de dimensiones 50x50x5cm y acabado apomazado, colocado a junta corrida sobre soportes termoplásticos regulables, apoyados sobre capa de mortero de regularización de 4 cm de espesor medio, totalmente terminado.

Código	Cantidad	Ud.	Descripción	Precio	Importe
MOOA.8a	1,25	h	Oficial 1ª construcción	21,8	27,25
MOOA12a	1,25	h	Peón ordinario construcción	20,83	26,04
<a href="#">PBPM.3c</a>	0,045	m3	Mto cto M-5 CEM ind	71,81	3,23
<a href="#">PRRP16cbac</a>	1,05	m2	BaldCrema Pinar50x50x5 apmz	65,5	68,78
<a href="#">PQAR.1aa</a>	4	u	Sop 5-15 base plana	2,16	8,64
%	0,02		Costes Directos Complementarios	133,94	2,68

Total: 136,62

Pavimento de Teka:

<p>Pavimento para exteriores realizado con tarima maciza de Teka de 22 mm de espesor, dispuesta sobre rastreles apoyados en soportes regulables en altura cada 40 cm, separados una distancia de 40 cm. Elementos de tarima fijados mediante clip atornillado a rastrel.</p>					
Código	Cantidad	Ud.	Descripción	Precio	Importe
MOOC.8a	1,2	h	Oficial 1ª carpintería	20,85	25,02
MOOC10a	1,2	h	Ayudante carpintería	17,79	21,35
<a href="#">PRLD13eb</a>	1,05	m2	Tarima Teka exteriores e/22 mm	57,85	60,74
<a href="#">PBMN11cg</a>	3	m	Listón 35x55 mad pino	2,05	6,15
<a href="#">PQAR.1aa</a>	7	u	Sop 5-15 base plana	2,16	15,12
PRWP.4b	29	u	Clip anclaje tarima exterior	0,4	11,6
%	0,035		Costes Directos Complementarios	139,98	4,9

Total: 144,88

Pavimento flotante de terrazo:

<p>Pavimento flotante de terrazo , de dimensiones 50x50x4,5cm y acabado labrado , colocado a junta corrida sobre soportes termoplásticos regulables, apoyados sobre capa de mortero de regularización de 4 cm de espesor medio, totalmente terminado.</p>					
Código	Cantidad	Ud	Descripción	Precio	Importe
MOOA.8a	1,25	h	Oficial 1ª construcción	21,8	27,25
MOOA12a	1,25	h	Peón ordinario construcción	20,83	26,04
<a href="#">PBPM.3c</a>	0,045	m3	Mto cto M-5 CEM ind	71,81	3,23
-	1,05	m2	Baldosa terrazo abujardado50x50x4,5	11,92	12,516
<a href="#">PQAR.1aa</a>	4	u	Sop 5-15 base plana	2,16	8,64
%	0,02		Costes Directos Complementarios	129,95	2,6

Total: 80,276

Cubiertas no transitables:

El material elegido es la grava, y como podemos ver en los cuadros, el precio del material es mínimo, casi nulo. Además era el más sostenible y tenía una vida útil infinita. Al coste del material habría que añadirle el de la puesta en obra, pero no tendría una repercusión tan grande como el de los pavimentos.

Una alternativa a la grava caliza sería la grava de hormigón ciclado. Esta, al margen de la energía embebida del machaqueo, estaría solucionando el problema de la gestión de residuos de obra, aunque esta grava no tendría las cualidades de la grava pétreo rodada (mayor absorción menor dureza, desprende polvo...).

Cubierta convencional transitable:

El material seleccionado para esta cubierta es el pavimento cerámico. Hay una gran diferencia con el coste de los pétreos naturales, pero tiene un coste menor pero próximo al del granito. El pavimento cerámico es la mejor elección.

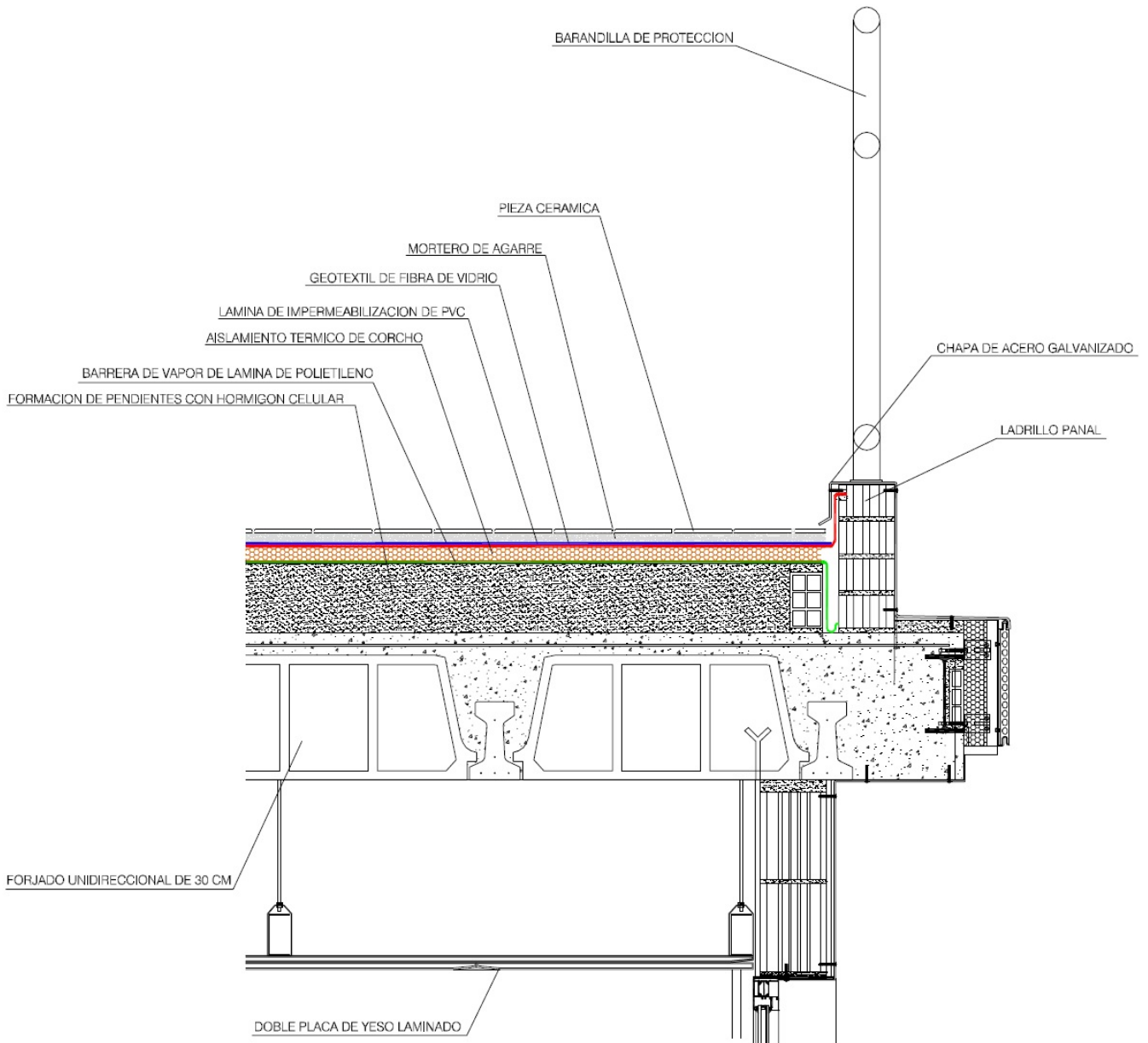
Cubierta invertida transitable:

El material seleccionado es la tarima de teka sobre apoyos regulables. Este es el producto de mayor coste entre los que se compara. Pero la diferencia con el de los pétreos naturales no es muy grande, incluso asumible si se quiere dar una distinción a la terraza. El más económico con diferencia es el terrazo, y debería establecerse las prioridades entre el valor añadido de los pétreos naturales y la madera, y el ahorro económico del terrazo. En nuestro caso hemos elegido la madera.

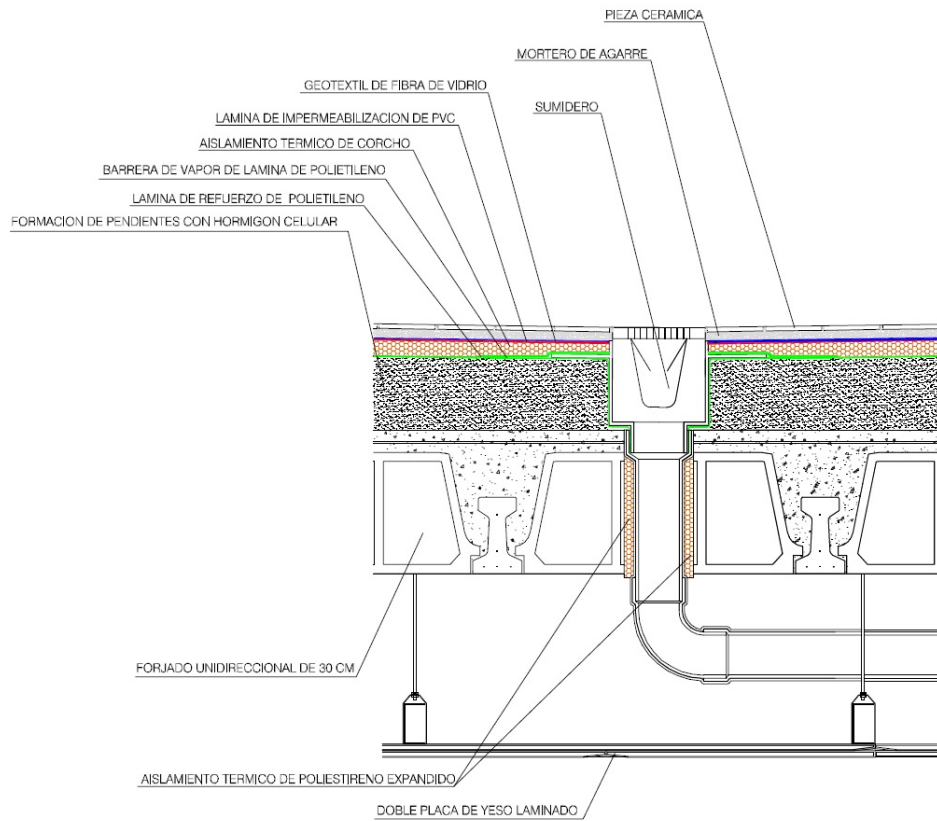
### 3.7. DETALLES CONSTRUCTIVOS

#### • CUBIERTA PLANA CONVENCIONAL (TRANSITABLE)

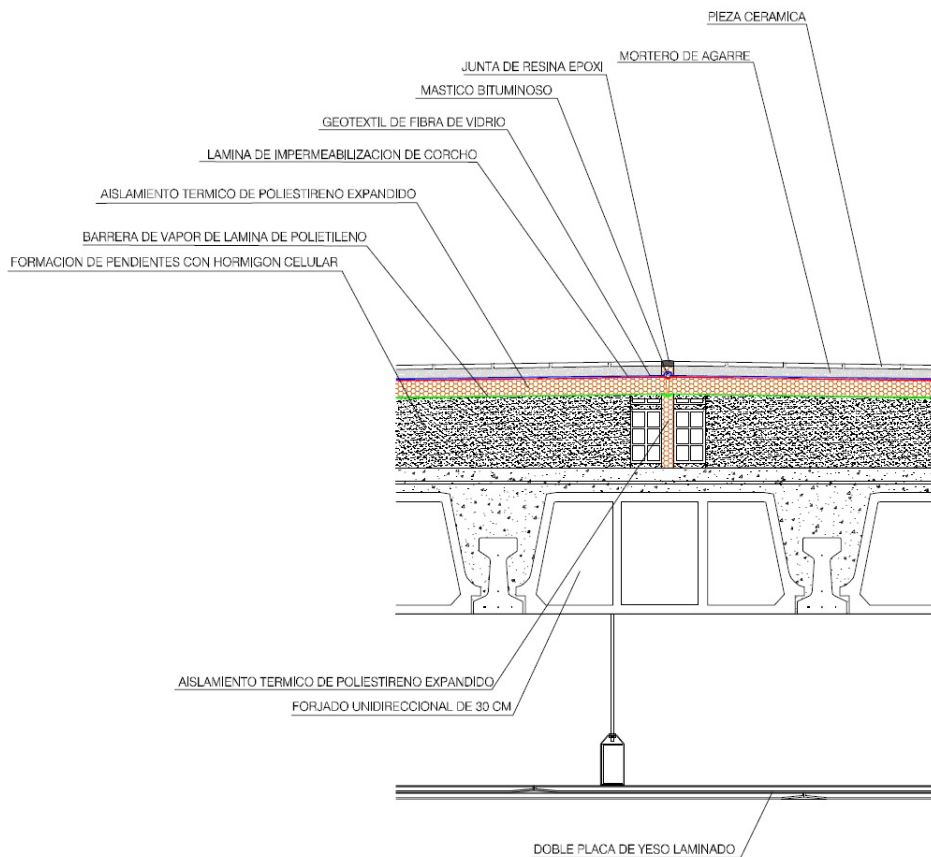
##### *Encuentro de la cubierta con borde lateral*



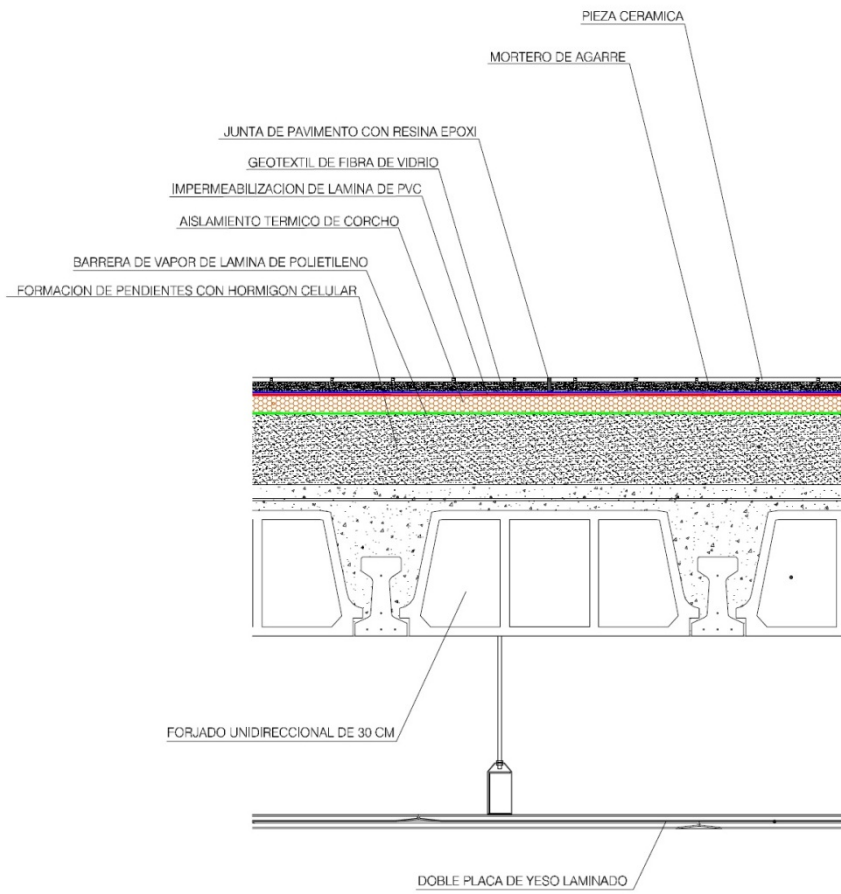
### Sumidero



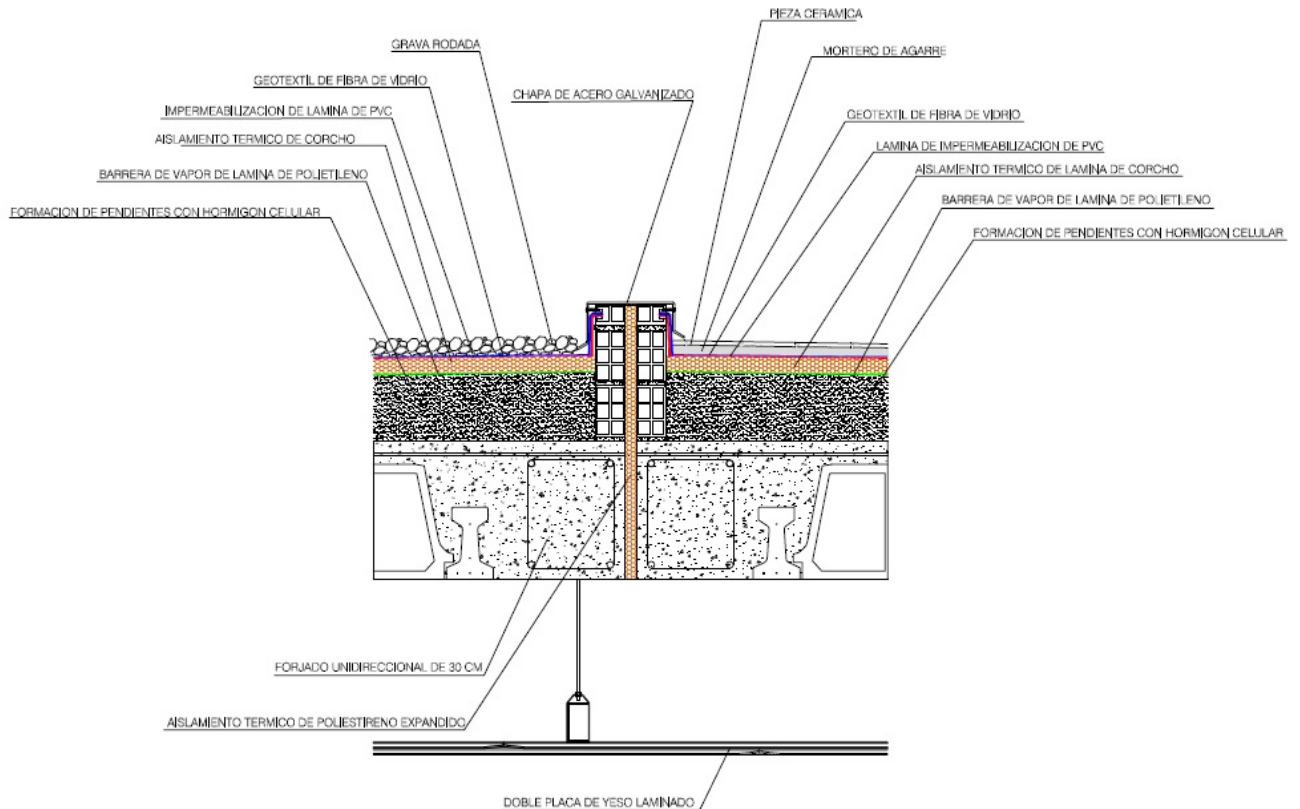
### Junta de dilatación



### Junta de pavimento

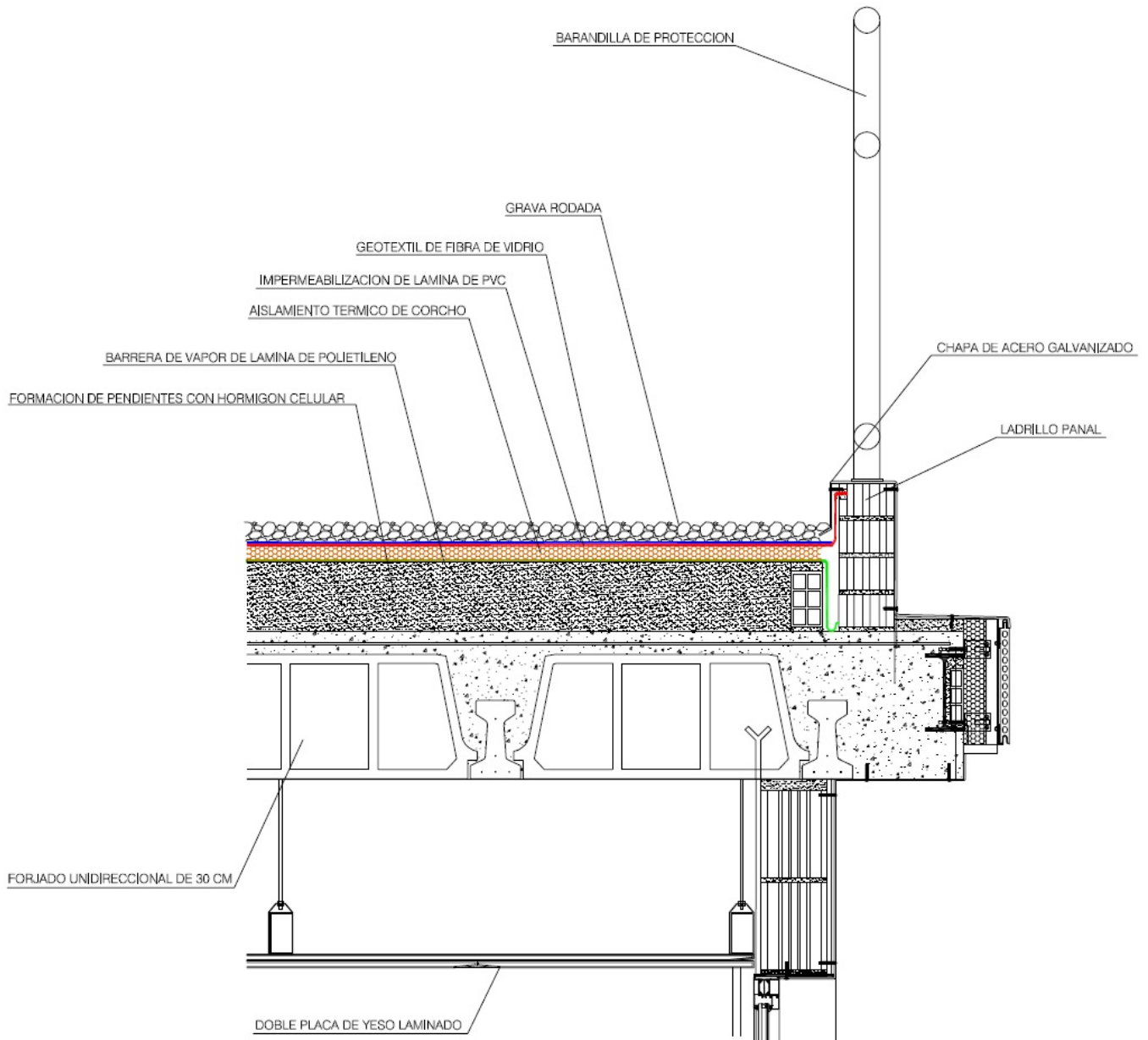


### Junta estructural

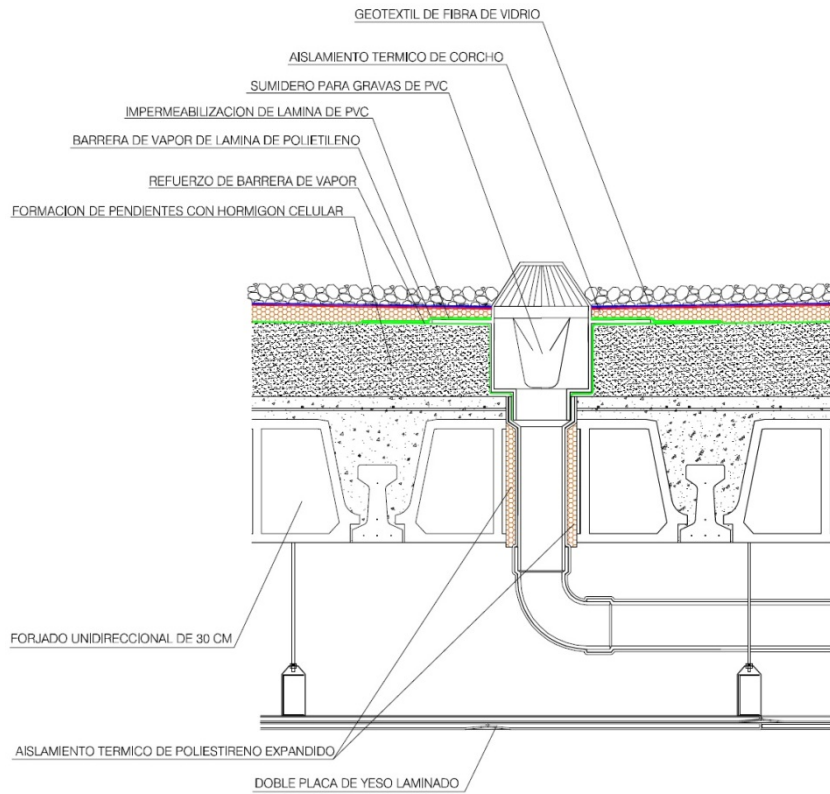


• CUBIERTA PLANA CONVENCIONAL (NO TRANSITABLE)

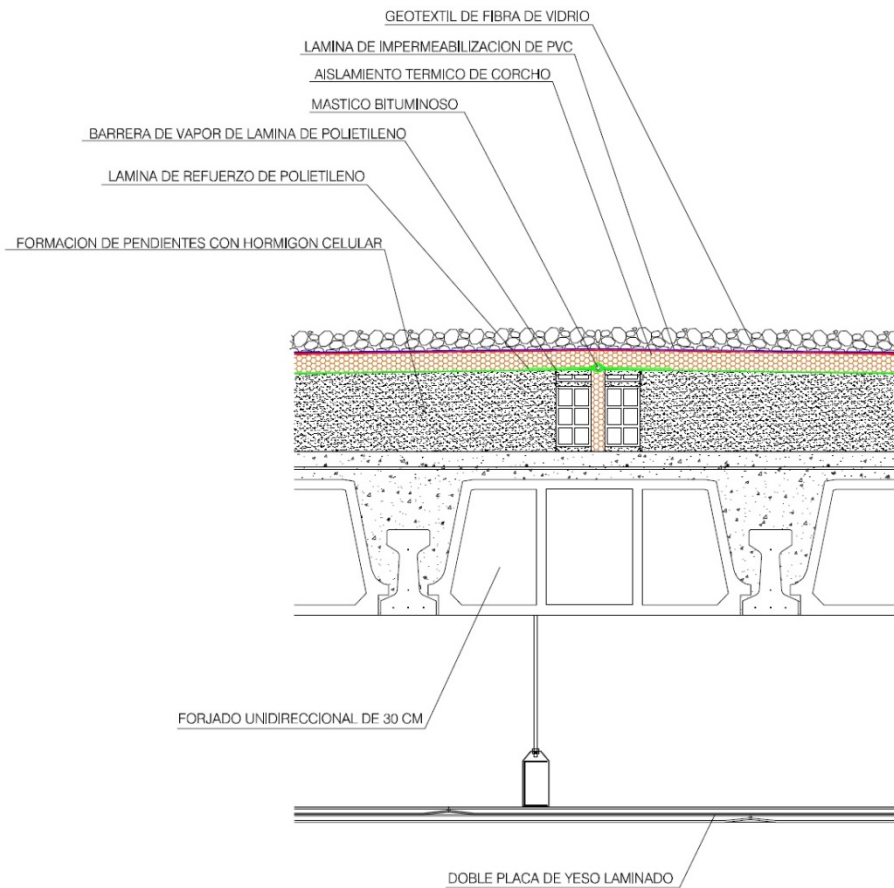
*Encuentro de la cubierta con borde lateral*



### Sumidero



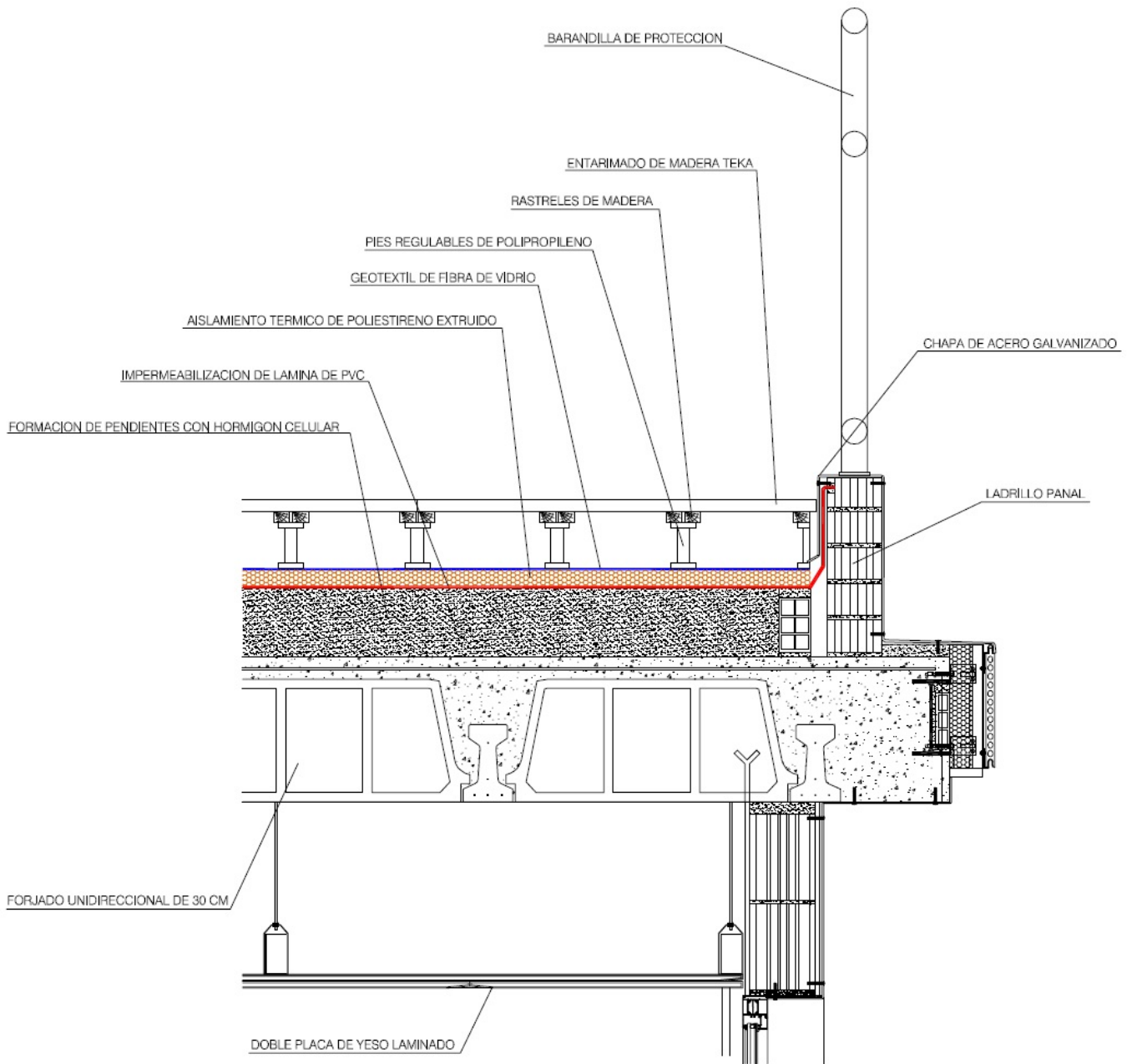
### Junta de dilatación



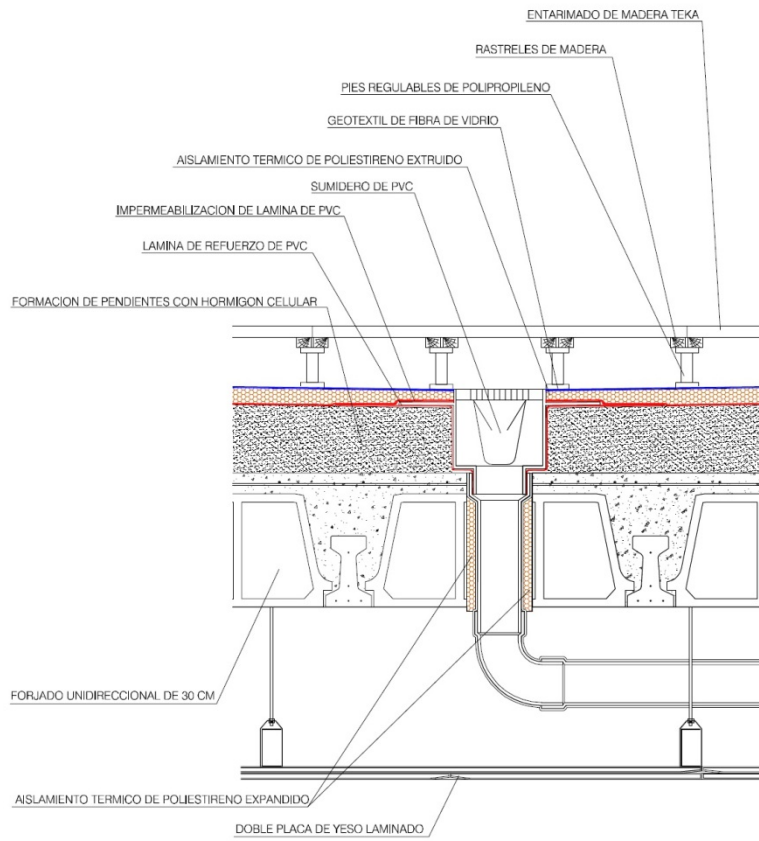


• CUBIERTA PLANA INVERTIDA (TRANSITABLE)

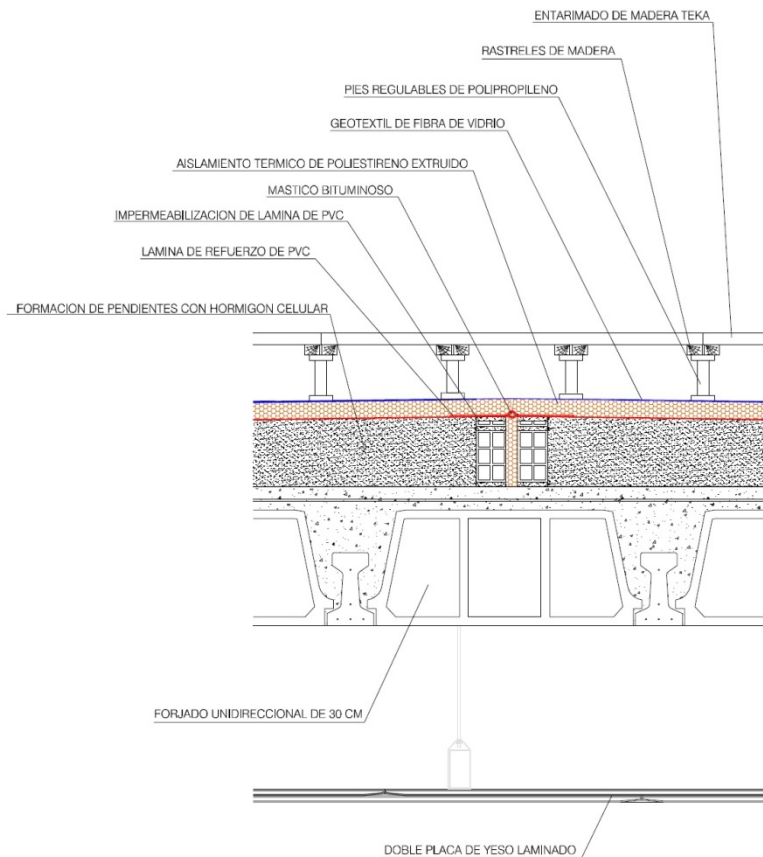
*Encuentro de la cubierta con borde lateral*



### Sumidero

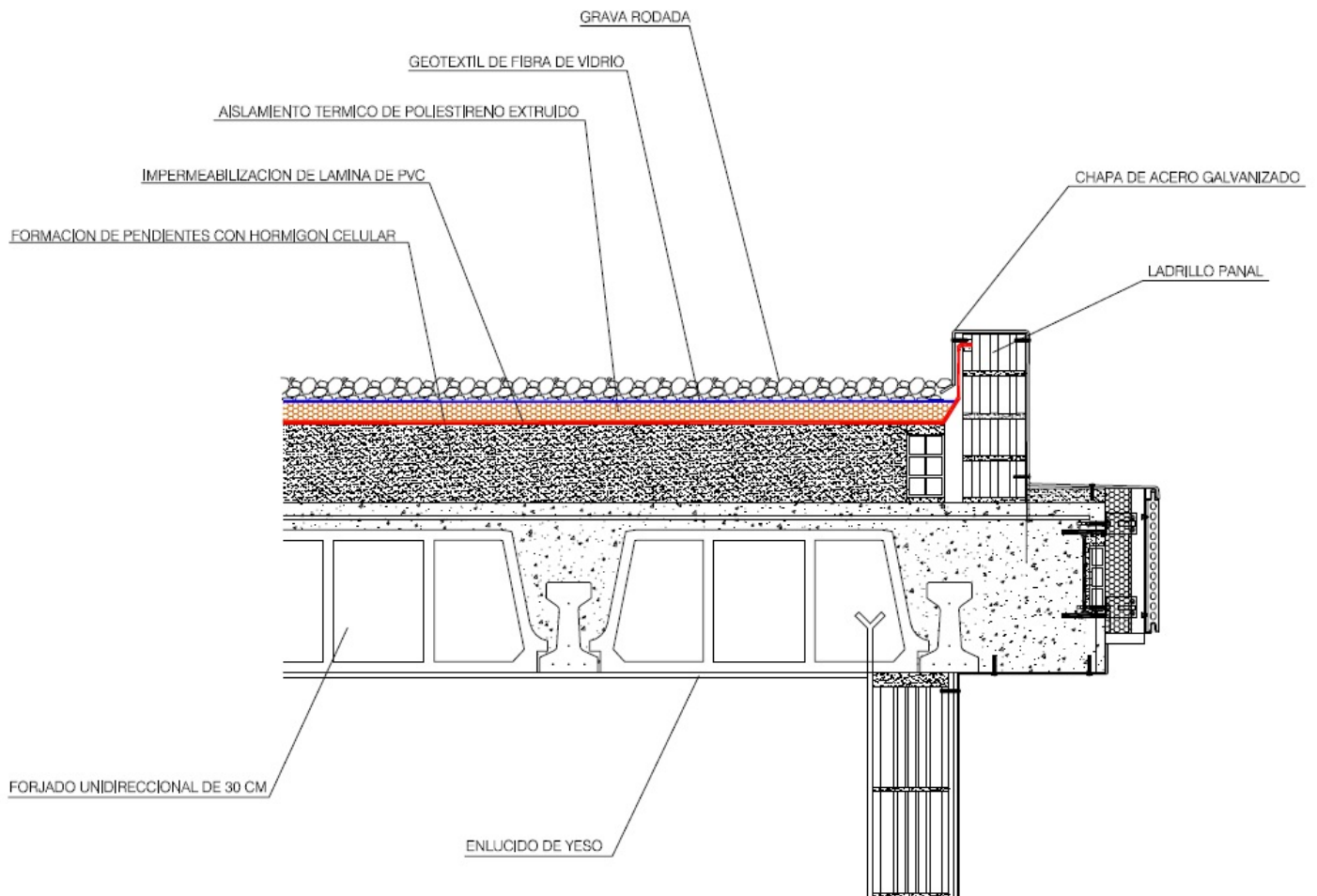


### Junta de dilatación

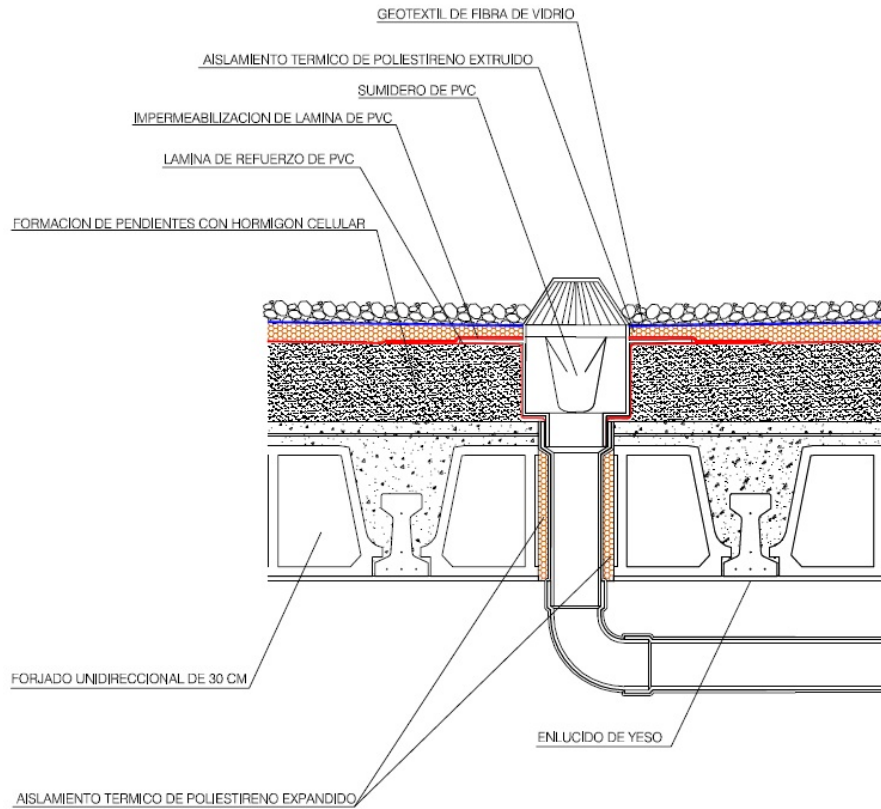


• CUBIERTA PLANA INVERTIDA (NO TRANSITABLE)

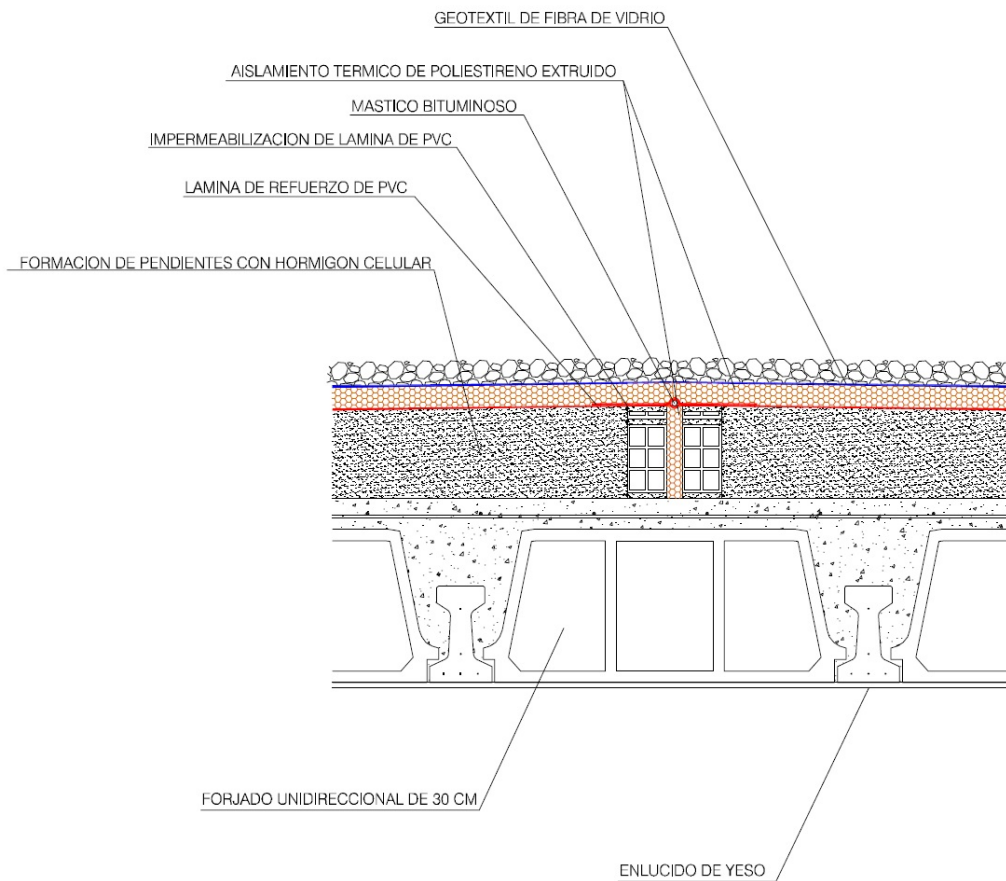
*Encuentro de la cubierta con borde lateral*



### Sumidero



### Junta de dilatación



### 3.8 CONCLUSIÓN

En primer lugar la conclusión obtenida es que los materiales naturales suelen resultar la opción más adecuada, en cuanto a criterios sostenibles. Dentro de éstos, los materiales vegetales resultan muy interesantes, sobre todo en aislamientos (cáñamo, corcho, celulosa...). Tal vez los valores de conductividad térmica no sean tan buenos como en los sintéticos, pero se debería potenciar su uso en edificios donde los espesores no sean muy restrictivos. También se debería estudiar el comportamiento de materiales vegetales que en la actualidad no se emplean con este fin. Aunque la necesidad de sellos, ensayos y toda la normativa dificulta el uso de estos materiales.

Otro de los aspectos que hemos encontrado es que la asignatura pendiente en cubiertas planas es la lámina impermeable. Seguramente haya soluciones constructivas más sostenibles en cubiertas inclinadas.

Hemos llegado a la conclusión de que una de las mayores claves para ahorrar en los costes energéticos de los materiales es evitar el sobredimensionamiento. Es una conclusión lógica pero que no es siempre tenida en cuenta. En ciertos momentos el colocar una barra más de acero en todos los pilares, ó 5 centímetros de más en un hormigón de limpieza o en una solera suponen muchos kilos de material, con su huella de CO<sub>2</sub> y su energía embebida. De poco sirve un estudio de materiales, si se acaba utilizando mucha más cantidad de la necesaria.

Otro aspecto importante es que la elección de la tipología constructiva es tanto o más importante que el estudio de materiales. En nuestros ejemplos hemos visto las diferencias que hay entre una tipología y otra. Nuestra intención era definir unos parámetros para cada tipología. Más allá de la conveniencia de un entarimado de madera para un centro de mayores, nuestra intención era estudiar los materiales para una cubierta invertida con pavimento flotante, y poder compararla con las demás tipologías.