
E1.1 Sistemas comerciales e innovadores para rehabilitación

**ROOF-TILES II. Estudio de monitorización de soluciones
constructivas horizontales cerámicas para su evaluación
energética**

Castellón, octubre 2022

ÍNDICE

1. Introducción.....	2
2. Sistemas comerciales para la rehabilitación energética de cubiertas planas	2
2.1. Cubierta invertida con solado fijo	4
2.2. Cubierta invertida con acabado flotante	5
2.3. Cubierta invertida con protección de grava	9
2.4. Cubierta ajardinada extensiva.....	10
3. Sistemas innovadores para la rehabilitación energética de cubiertas planas	11
3.1. Superficies permeables.....	12
3.2. Pavimentación flotante ligera	15
3.3. Cubierta con solado fijo.....	16
4. Selección de sistemas para su monitorización y evaluación en el proyecto	17
4.1. Sistemas convencionales.....	18
4.2. Sistemas innovadores	18
5. Bibliografía.....	19

1. Introducción

El objetivo de este informe, que forma parte del *PT1 Estudio y definición de los sistemas de cubiertas a evaluar* del presente proyecto, es identificar y seleccionar los sistemas de cubierta optimizados o innovadores a evaluar en rehabilitación (O-1.1). Para ello, tal y como se especifica en el plan de trabajo, se llevarán a cabo las siguientes tareas:

- Tarea 1.1. Análisis y selección de sistemas cerámicos a evaluar en la rehabilitación. En esta tarea se continuará con el análisis de los sistemas cerámicos existentes en el mercado, realizado en el proyecto previo (ROOFTILES), y se definirán soluciones constructivas que permitan mejorar energéticamente las cubiertas existentes. Posteriormente se seleccionarán aquellas soluciones constructivas óptimas a evaluar en los PT2 y PT3.
- Tarea 1.2. Análisis y selección de sistemas cerámicos innovadores a evaluar en la rehabilitación. Tras los resultados obtenidos en el proyecto previo (ROOFTILES), se plantea el análisis de posibles mejoras a implementar en los sistemas cerámicos evaluados. Por otra parte, se analizarán y seleccionarán otros sistemas cerámicos experimentales o innovadores para evaluar en el prototipo con el objetivo de mejorar el comportamiento de los sistemas existentes.

En este informe, que corresponde al entregable *E1.1. Sistemas comerciales e innovadores para rehabilitación* definido en el plan de trabajo, se recogerá el trabajo realizado para la realización de estas tareas y la consecución del objetivo definido.

2. Sistemas comerciales para la rehabilitación energética de cubiertas planas

En el entregable *E1.1 Informe con soluciones constructivas y sistemas cerámicos existentes para rehabilitación* del proyecto ROOF-TILES (junio 2022) se identificaron una serie de sistemas constructivos comerciales para la rehabilitación energética de cubiertas planas. Estos sistemas los conformaban un total de cuatro tipologías diferentes, agrupadas en dos grandes tipos:

- Cubiertas invertidas
 - Cubierta con solado fijo
 - Cubierta con acabado flotante (ventilada)
 - Cubierta con protección de grava
- Cubiertas ajardinadas:
 - Extensivas

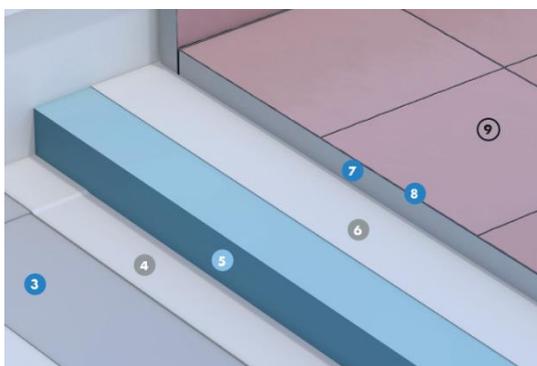
En la tabla inferior se muestran los sistemas comerciales asociados a cada una de estas tipologías:

Tabla 1. Clasificación sistemas comerciales (ROOF-TILES, junio 2022)

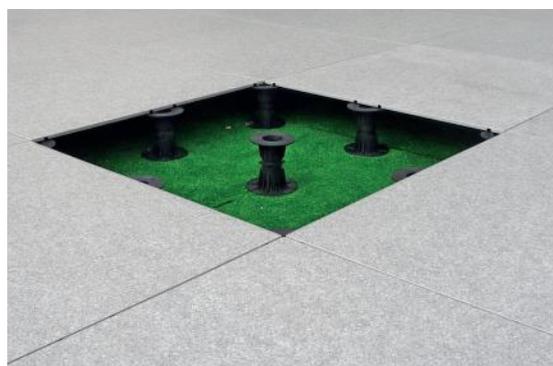
Tipo de cubierta	Tipo de sistema	Tipo de pavimento	Sistema comercial	Ref.
Invertida con solado fijo	Pavimento adherido	Baldosa cerámica prensada		(1)
Invertida con acabado flotante	Pavimento sobrelevado	Baldosa cerámica prensada	Wandefloor Outwase (Wandegar)	(2)
	Pavimento sobrelevado esperosado	Baldosa cerámica prensada	Sistema 20MM (Grespania)	(3)
	Pavimento sobrelevado	Baldosa cerámica extrudida	Filter floor (Natucer)	(4)
			Exadeck (Exagres)	(5)
Pavimento sobrelevado	Baldosa no-cerámica	Arliblock (Previsa)	(6)	
Invertida con protección de gravas	Gravas		NTG1 (Danosa)	(7)
Ajardinada	Extensiva		Tapizante Floral (ZinCo Cubiertas Ecológicas)	(8)

A continuación se muestran una serie de imágenes referentes a los sistemas comerciales mencionados en la tabla superior:

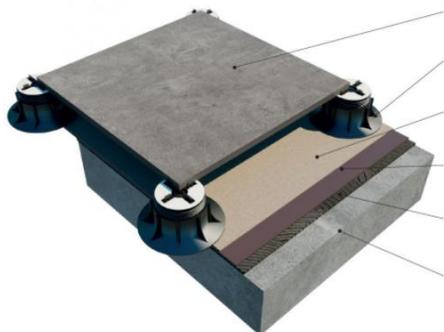
Imagen 1. Imágenes sistemas comerciales (ROOF-TILES, junio 2022)



(1) Pavimento adherido (Danosa)



(2) Wandefloor Outwase (Wandegar)



(3) Sistema 20MM (Grespania)



(4) Filter floor (Natucer)



(5) Sistema Exadeck (Exagres)



(6) Arliblock (Previsa)



(7) NTG1 (Danosa)



(8) Tapizante Floral (ZinCo Cubiertas Ecológicas)

A continuación se muestran nuevos sistemas para la rehabilitación energética de cubiertas planas que vienen a completar las soluciones identificadas anteriormente:

2.1. Cubierta invertida con solado fijo

La cubierta invertida es un sistema de cubierta plana cuya particularidad reside en la instalación del aislamiento térmico por encima de la capa de impermeabilización. Esta tipología de cubierta es una solución constructiva idónea para la rehabilitación de cubiertas en climas cálidos, ya que la

membrana impermeable queda protegida por el aislamiento frente a solicitaciones externas y además evita que el forjado de cubierta se sobrecaliente y transmita esta energía al interior del edificio (Corrales, 2015). En este primer grupo de cubierta a rehabilitar se contempla como material de recubrimiento un material cerámico formado por baldosas de gres porcelánico instaladas mediante la técnica de capa fina con la utilización de adhesivo cementoso.

2.1.1. Sistemas comerciales no cerámicos

Junto al sistema identificado en el proyecto ROOF-TILES (junio 2022) correspondiente a la referencia (1) de la Tabla 1, podemos encontrar para esta tipología de cubierta otro sistema constructivo comercial no cerámico que se describe a continuación:

2.1.1.1. Losa Infinity (Breinco)¹

La losa Infinity es un sistema de pavimentación para cubiertas planas transitables. Aunque se trate de un sistema con un peso propio elevado, lo que no lo hace un sistema idóneo para una gran parte de intervenciones en edificios existentes, se considera interesante su conceptualización y combinación de materiales. Este sistema está compuesto por:

Imagen 2. Sistema Infinity de Breinco



1. Losa de hormigón, aporta valor estético y protege frente a las acciones mecánicas y la radiación ultravioleta.
2. Plancha de poliestireno extruido (XPS), aislamiento térmico.
3. Ranuras unidireccionales en la base del XPS que facilitan la evacuación de las aguas pluviales.

2.2. Cubierta invertida con acabado flotante

El sistema de solado flotante o pavimento técnico para exterior se basa en el apoyo las piezas cerámicas sobre los pedestales con el objetivo de obtener bajo la superficie de tránsito un espacio que permita albergar las pendientes necesarias para la evacuación de lluvia. En este segundo grupo

¹ <https://www.breinco.com/es/infinity/>

de cubierta a rehabilitar se contempla como material de recubrimiento un material cerámico formado por baldosas de gres porcelánico instaladas en seco sobre plots.

2.2.1. Sistemas comerciales cerámicos

Junto a los cuatro sistemas identificados en el proyecto ROOF-TILES (junio 2022) correspondientes a las referencias (2), (3), (4) y (5) de la Tabla 1, podemos encontrar para esta tipología de cubierta otros sistemas constructivos comerciales cerámicos que a continuación se describen:

2.2.1.1. TROBA-LEVEL (Schlüter)²

Otro sistema de pavimento flotante cerámico para la rehabilitación de cubiertas planas es el **Schlüter-TROBA-LEVEL**, un sistema de pedestales que permite realizar alturas constructivas desde 3 mm hasta 1 m. Los pedestales permiten nivelar cualquier inclinación desde 0 % hasta 10 % de pendiente. Permiten la colocación suelta de baldosas, independientemente de su formato y su espesor. Tienen una altura de 10 mm y están fabricados en un plástico especial, que absorbe el sonido, y se pueden colocar directamente sobre la impermeabilización.

Imagen 3. Sistema TROBA-LEVEL de Schlüter



2.2.1.2. Suelo Técnico Elevado para exterior - STEx (Butech)³

Encontramos también en este grupo de suelos técnicos elevados para exteriores el sistema **STEx de Butech**, un tipo de pavimento sobreelevado en el que piezas especiales cerámicas, se disponen sobre plots de altura regulable de PVC, de tal forma que se determina un espacio entre el soporte y

² <https://www.schluter.es/troba-level.aspx>

³ <https://www.butech.es/suelo-tecnico-elevado-exterior/>

el pavimento cerámico. El pavimento cerámico de Butech para el sistema STE de exteriores puede estar formado por:

- DOBLE PIEZA: dos baldosas de gres porcelánico adheridas entre sí con adhesivo termofusible reactivo a la humedad.
- THICK'KER 20 MM: baldosa cerámica de 20 mm de espesor.

Imagen 4. Sistema DOBLE PIEZA (Butech)



Imagen 5. Sistema THIC'KER 20 MM (Butech)



2.2.1.3. Sistema OUTDOOR (Vives)⁴

Por último, encontramos el sistema de suelos técnicos **Outdoor de Vives**. Se trata de una solución formado por una baldosa de cerámica con un refuerzo de entre 2-3mm en la parte posterior de la misma que dota al conjunto de una elevada resistencia. El refuerzo está compuesto por una matriz polimérica con una malla de fibra de vidrio embebida en su interior. Las piezas se disponen apoyadas sobre plots de polipropileno, regulables en altura, que se adaptan a las diferentes variaciones de cota del plano de apoyo de la cubierta.

Imagen 6. Sistema OUTDOOR de Vives



2.2.2. Sistemas comerciales no cerámicos

A parte del sistema identificado en el proyecto ROOF-TILES (junio 2022) correspondiente a la referencia (6) de la Tabla 1, podemos encontrar para esta tipología de cubierta otros sistemas constructivos comerciales no-cerámicos que a continuación se describen:

2.2.2.1. Losa de hormigón poroso con base aislante

Se trata de losas aislantes constituidas por un pavimento de hormigón poroso, que actúa como protección mecánica y drenante de una base aislante de poliestireno extruido (XPS). Entre sus principales campos de aplicación destacan:

- Rehabilitación de cubiertas no transitables.
- Losa filtrante y aislante para cubiertas transitables.
- Pasillos técnicos en cubiertas no transitables acabadas en grava.

⁴ <https://www.vivesceramica.com/productos/soluciones-tecnicas/soluciones/pavimentos-elevados.html>

Imagen 7. Baldosa DANOLOSA de Danosa⁵



Imagen 8. Losa filtrante INVERLOSA de Chova⁶



2.2.2.2. Tarima de madera tecnológica, WPC (TARIMATEC)⁷

El último de los sistemas flotantes identificados es la **tarima de madera tecnológica de TARIMATEC**, formada por tablas alveolares de madera tecnológica (WPC), compuestas por material termoplástico y fibras vegetales con refuerzo mineral, fijadas mediante el sistema de fijación oculta, sobre rastreles de aluminio y apoyados sobre cuñas elaboradas con recortes de tablas.

Imagen 9. Tarima de madera tecnológica de TARIMATEC



2.3. Cubierta invertida con protección de grava

Este otro tipo de cubierta invertida se caracteriza por su acabado y protección final a base de una capa de grava que se utiliza para el lastrado de la cubierta. Entre las principales ventajas de la rehabilitación con este tipo de acabado encontramos su bajo coste y su fácil instalación y mantenimiento.

⁵ <https://www.danosa.com/es-es/producto/danolosa/>

⁶ <https://chova.com/producto/losa-filtrante/>

⁷ <https://tarimatec.com/instalacion-tarima/>

Para este tipo de cubierta invertida, a parte del sistema descrito en el proyecto ROOF-TILES (junio 2022) correspondiente a la referencia (7) de la Tabla 1, no se ha encontrado otro tipo de solución constructiva comercial de este tipo.

2.4. Cubierta ajardinada extensiva

El último de los sistemas comerciales descritos en el presente informe es el de las **cubiertas ajardinadas**. Las cubiertas vegetadas, ajardinadas o techos verdes son cubiertas que están protegidas total o parcialmente por vegetación. Se trata de sistemas multicapas donde las capas están muy especializadas por la complejidad que supone la presencia de vegetación. Principalmente hay dos tipos de cubiertas vegetadas, las **extensivas** o de perfil bajo (son las cubiertas más simples y ligeras, utilizan especies vegetales de bajo porte y mínimo mantenimiento) y las **intensivas** o de perfil alto (IVE - Instituto Valenciano de la Edificación, 2018). En el caso de rehabilitación y vista las **limitaciones de peso** que existen en este tipo de intervenciones, las cubiertas ajardinadas extensivas son las más recomendables.

Para este tipo de cubierta, a parte del sistema descrito en el proyecto ROOF-TILES (junio 2022) correspondiente a la referencia (8) de la Tabla 1, se ha identificado este otro sistema que a continuación se describe:

2.4.1. Sistemas comerciales

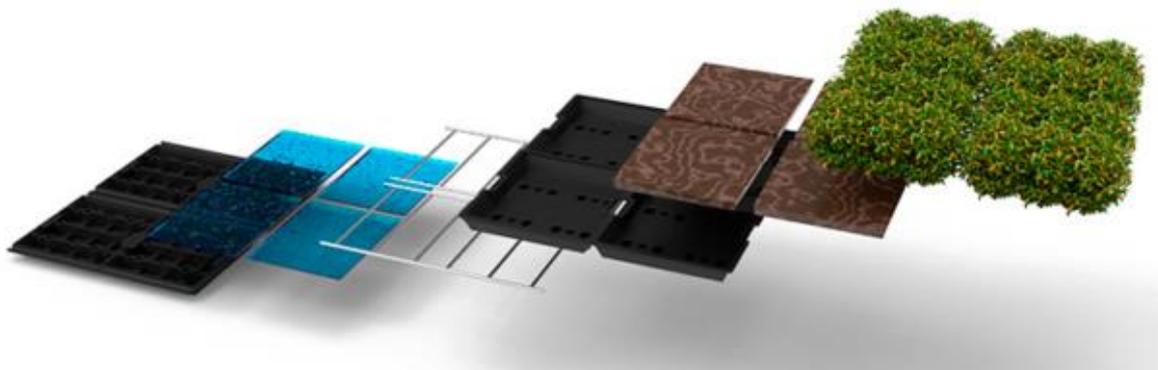
2.4.1.1. Roofnature® (Paisajismo Urbano)⁸

Se trata de un sistema modular de jardinería horizontal de cubiertas ajardinadas compuesto por:

- Un primer módulo independiente, AQUANATURE, a modo de reservorio de agua y el sistema de irrigación. Fabricado con polietileno reticulado y colocado sobre el elemento constructivo a cubrir.
- Un segundo módulo independiente, CLACKNATURE, a modo de maceta del sustrato y las plantas. Fabricado con polietileno reticulado, encajado en el módulo AQUANATURE.
- Una última capa de cobertura vegetal formada por las especies seleccionadas. Fabricado con polietileno, incorpora un sistema de riego, que permite ser conectado entre módulos.

⁸ <https://paisajismourbano.com/sistema-cubierta-ajardinada-roofnature/>

Imagen 10. Sistema 3.4.1.1. Roofnature® de Paisajismo Urbano



3. Sistemas innovadores para la rehabilitación energética de cubiertas planas

En el entregable *E1.1 Informe con soluciones constructivas y sistemas cerámicos existentes para rehabilitación* del proyecto ROOF-TILES (junio 2022) se identificaban una serie de sistemas constructivos experimentales/innovadores para la rehabilitación energética de cubiertas planas.

En la tabla inferior se muestran los sistemas innovadores asociados a cada una de estas tipologías:

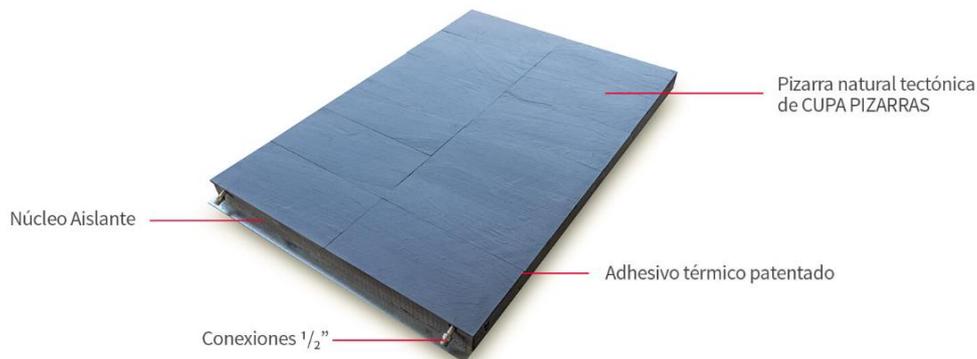
Tabla 2. Clasificación sistemas innovadores (ROOF-TILES, junio 2022)

Tipo de innovación	Tipo de sistema	Tipo de pavimento	Sistema experimental	Ref.
Colectores solares	Recubrimiento adherido	Baldosa cerámica	ITC-AICE	(9)
		Pizarra natural	Thermoslate Plano (CupaGroup)	(10)

Tabla 3. Imágenes sistemas innovadores (ROOF-TILES, junio 2022)



(9) Colector cerámico (ITC-AICE)



(10) Thermoslate Plano (CupaGroup)

A continuación se muestran nuevos sistemas innovadores para la rehabilitación energética de cubiertas planas que vienen a completar las soluciones identificadas anteriormente:

3.1. Superficies permeables

3.1.1. Sistemas cerámicos

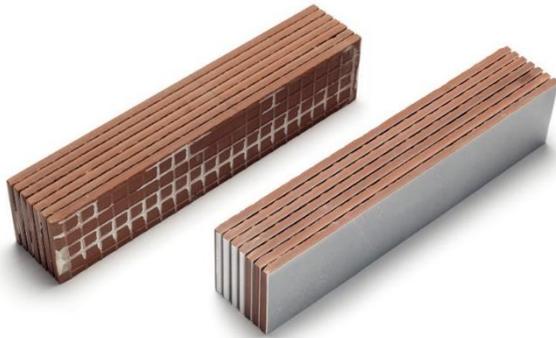
3.1.1.1. Pavimentos cerámicos permeables a través de las juntas

Los pavimentos permeables permiten una rápida filtración del agua hacia capas inferiores de diferente tipo de material, generalmente granular. Es en estas capas donde se almacena temporalmente el agua, que poco a poco termina filtrándose a sustratos inferiores permeables. De esta manera, este tipo de pavimentos, eliminan contaminantes a la vez que son un buen apoyo en la reducción del efecto isla de calor en las ciudades, ya que el agua acumulada en este sistema de pavimento tiende a evaporarse (IVE - Instituto Valenciano de la Edificación, 2018).

Este tipo de comportamiento puede contribuir también a la mejora de la eficiencia energética de los edificios, es por ello por lo que se plantea la monitorización de este tipo de pavimentos para analizar su comportamiento instalados en cubiertas planas.

Desde el ITC-AICE se viene trabajando desde hace unos años en el diseño y desarrollo de diferentes pavimentos permeables cerámicos desarrollados en el marco diferentes proyectos⁹ y que podrían ser monitorizados con el objetivo de analizar su idoneidad como solución constructiva para la rehabilitación de cubiertas planas.

Imagen 11. Pavimento cerámico permeable LIFECERSUDS (ITC-AICE)



3.1.1.2. Pavimento cerámico permeable en masa

El segundo sistema innovador para la rehabilitación de cubiertas que se propone como posible sistema a evaluar en el proyecto es una adaptación de la conocida tradicionalmente como “losa filtrón”, pero utilizando una baldosa permeable, para cuya composición se han utilizado áridos reciclados procedentes de RCD, principalmente de baldosas cerámicas en lugar de utilizar la tradicional baldosa de hormigón. Estos áridos han sido debidamente seleccionados y tratados para su utilización en este tipo de aplicación.

Este tipo de sistema ha sido desarrollado por el ITC-AICE en el marco de un proyecto de investigación¹⁰ en colaboración con el grupo de investigación TECASOS de la Universitat Jaume I.

⁹ “LIFE CERSUDS - Ceramic Sustainable Urban Drainage System (LIFE 15 CCA/ES/000091) financiado por el programa LIFE con la colaboración de la Generalitat Valenciana a través del Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial (IVACE) | “CERBUILD - Sistemas cerámicos para la construcción industrializada” financiado por IVACE a través de su Línea Nominativa para la realización de actividades no económicas de I+D – anualidad 2022.

¹⁰ “CERBUILD - Sistemas cerámicos para la construcción industrializada” financiado por IVACE a través de su Línea Nominativa para la realización de actividades no económicas de I+D – anualidad 2021.

Imagen 12. Pavimento cerámico permeable en masa (ITC-AICE)



3.1.1.3. Cubierta con protección de gravas procedentes de Residuos de Construcción y Demolición (RCD)

El tercer sistema innovador propuesto para su posible análisis son los residuos de construcción y demolición (RCD) utilizados como alternativa a las gravas en las cubiertas invertidas. Este tipo de residuos, correctamente seleccionado y separados podría funcionar como sustituto a los cantos rodados tradicionales.

Imagen 13. RCDs procedentes de baldosas cerámicas (pruebas a escala laboratorio realizadas por ITC-AICE)



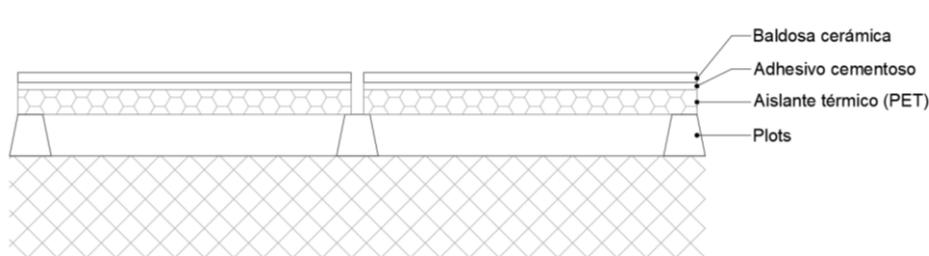
3.2. Pavimentación flotante ligera

3.2.1. Sistemas cerámicos

3.2.1.1. Baldosas cerámicas delgadas sobre soporte aislante

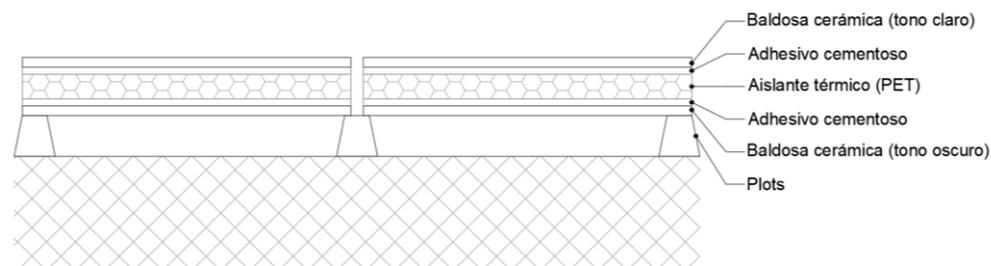
El cuarto sistema innovador que se propone para su posible análisis y monitorización es un sistema de pavimento técnico elevado sobre plots donde, a un núcleo central de material aislante (en este caso concreto, una plancha de PET termoplástico), se le adhiere en su cara superior una baldosa cerámica de reducido espesor. Este sistema permite reducir considerablemente el peso del revestimiento, respecto a otras soluciones empleadas, como las piezas cerámicas de 20 mm de espesor y manteniendo óptimas prestaciones técnicas.

Imagen 14. Esquema del sistema de baldosas cerámicas sobre un soporte aislante



Una variante de este sistema lo formaría la misma solución pero con baldosas cerámicas de reducido espesor adheridas a ambas caras del material aislante. La peculiaridad de este sistema residiría en el color de cada una de las piezas cerámicas, ya que lo que se propone es la utilización de una pieza clara en una de las caras y de una oscura en la otra. Esto permitirá una doble posición del sistema, o con la cara superior clara o con la cara superior oscura. En función de la época del año o de las condiciones climáticas, será más conveniente desde el punto de vista energético situar en la parte superior del sistema las baldosas de un color u otro.

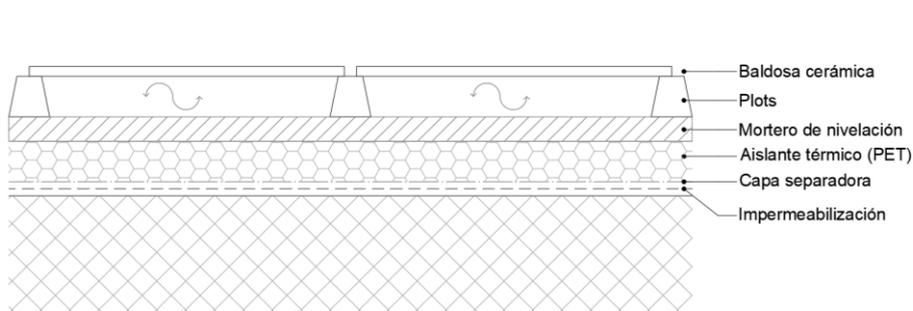
Imagen 15. Esquema de la variante del sistema de baldosas cerámicas sobre un soporte aislante



3.2.1.2. Sistema semiactivo para aprovechamiento del calor generada en la cámara de aire

Otro de los posibles sistemas a evaluar en el marco del proyecto son los sistemas de rehabilitación de cubiertas planas mediante revestimiento cerámico instalado sobre plots. Lo interesante en este tipo de sistema sería evaluar es el efecto del aprovechamiento del aire caliente que se genera en la cámara ventilada en el comportamiento energético de la cubierta. La altura de esta cámara de aire y la mayor o menor ventilación de esta pueden ser parámetros que influyen en el comportamiento energético de la cubierta rehabilitada.

Imagen 16. Esquema del sistema semiactivo de baldosas cerámicas sobre plots



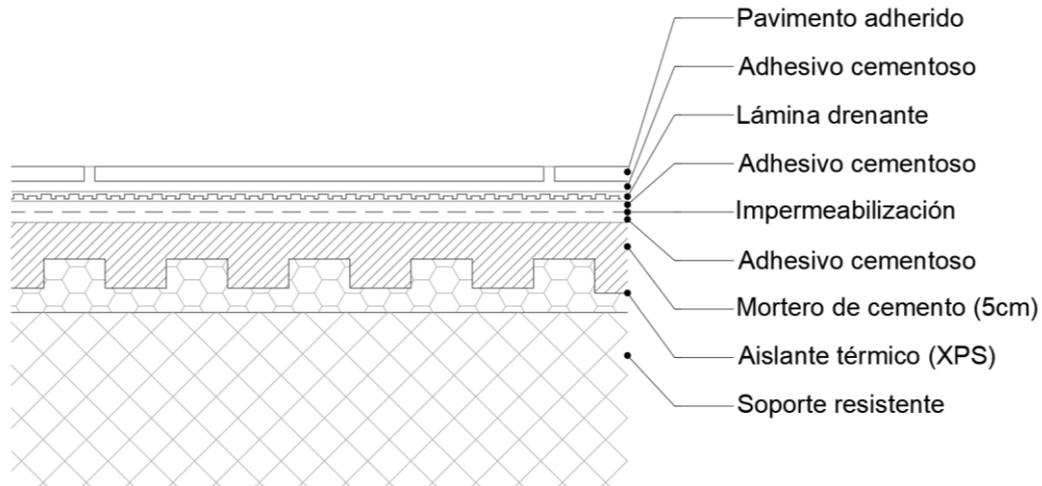
3.3. Cubierta con solado fijo

3.3.1. Sistemas cerámicos

3.3.1.1. Sistema de recredido aligerado

En este sistema se ha propuesto la instalación de la cerámica aplacada sobre un soporte formado por una plancha de aislante térmico que dispone de una serie de salientes cilíndricos hace posible aligerar la capa de mortero de nivelación de la cubierta. Este aligeramiento supondría una ventaja competitiva del sistema frente a otras opciones que incorporarían mayores cargas en la cubierta rehabilitada.

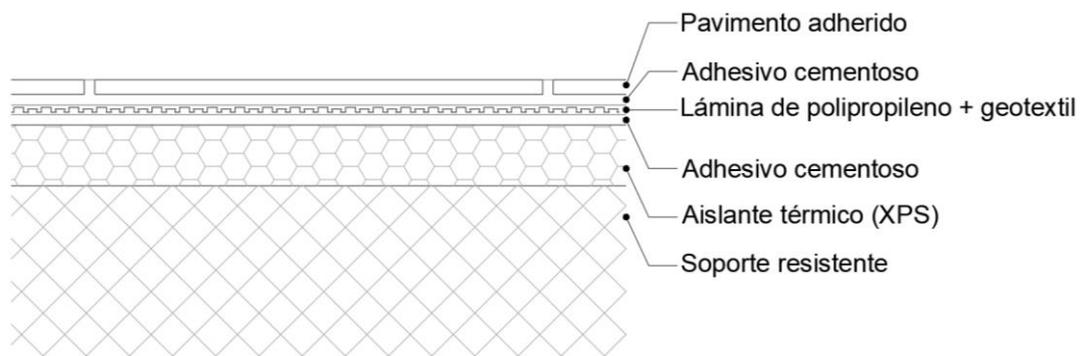
Imagen 17. Esquema del sistema aligerado con baldosa adherida



3.3.1.2. Cubierta “micro ventilada”

Por otra parte, se propone como posible sistema a evaluar en el marco del proyecto un tipo de sistema al que hemos denominado “cubierta micro ventilada”. Esta microventilación es posible gracias a la presencia en el sistema de una lámina de polipropileno con diferentes relieves que permite la presencia en estas oquedades de aire.

Imagen 18. Esquema del sistema “micro ventilado” de baldosas cerámicas adherida



3.3.1.3. Esmaltes reflectivos

Otro posible sistema cerámico innovador para analizar consiste en piezas cerámicas con esmaltes reflectivos que permitan reducir la temperatura superficial de las piezas.

4. Selección de sistemas para su monitorización y evaluación en

el proyecto

Una vez realizado el análisis de las diferentes opciones de rehabilitación de cubierta plana, en este apartado se identifican las soluciones constructivas que se han considerado más apropiadas y que, por tanto, se han seleccionado para evaluar su comportamiento en los prototipos.

4.1. Sistemas convencionales

En cuanto a sistemas convencionales, se contempla tanto, por una parte, el método de colocación directo sobre la cubierta existente mediante una cubierta invertida con solado fijo y, por otra parte, una cubierta invertida con acabado flotante sobre plots de polipropileno. En ambos casos se considera una cubierta existente con acabado de solado fijo (baldosín catalán).

4.2. Sistemas innovadores

Por su parte, en cuanto a sistemas innovadores, se contemplan los siguientes sistemas:

- Baldosas cerámicas delgadas sobre soporte aislante
- Sistema de recrecido aligerado
- Cubierta “micro ventilada”
- Esmaltes reflectivos

5. Bibliografía

AENOR. (2017). *UNE 138002 UNE 138002 Reglas generales para la ejecución de revestimientos con baldosas cerámicas por adherencia.*

AIPEX - Asociación Ibérica de Poliestireno Extruido. (s.f.). *La cubierta aislada. Soluciones flexibles y duraderas con poliestireno extruido (XPS).* Obtenido de <https://aipex.es/clase/catalogos/>

Corrales, J. (2015). *El material cerámico en la Rehabilitación.* Universitat Jaume I. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10234/142865>

Fernández, J. (2002). La cubierta plana. *Tectónica*, 12-27.

Fundación MUSSAT. (2017). Cubiertas planas: tipologías y clases de protecciones. *Cercha: revista de los aparejadores y arquitectos técnicos*, 60-64. Obtenido de <https://www.cgate.es/cercha/pdf/132.pdf>

IVE - Instituto Valenciano de la Edificación . (2013). *Catálogo de Soluciones Constructivas de Rehabilitación.*

IVE - Instituto Valenciano de la Edificación. (2014). *Estrategias de diseño pasivo para la edificación.*

IVE - Instituto Valenciano de la edificación. (2016). *Catálogo de tipología edificatoria residencial.* Generalitat Valenciana. Conselleria de Vivienda, Obras Públicas y Vertebración del Territorio.

IVE - Instituto Valenciano de la Edificación. (2018). *Guía de diseño urbano en zonas mediterráneas para mitigar el efecto isla de calor .*