

**Ensayo en condiciones exteriores
para determinar el efecto de la aplicación del Revestimiento Elástico
Sikafill-300 Thermic sobre una cubierta plana horizontal
(Resumen del Informe asociado nº:1612Y24PA/1 zk-k txostena)**

1 MUESTRA ENSAYADA.

El ensayo busca determinar el efecto que tiene el revestimiento elástico Sikafill 300 Thermic en el comportamiento térmico de una cubierta plana horizontal.

Para ello se ha empleado una muestra existente en el Laboratorio de Control de Calidad en la Edificación del Gobierno Vasco, y que ha sido ensayada en condiciones exteriores reales, tanto en su configuración inicial (Cubierta Base) como en su configuración revestida con la aplicación del revestimiento elástico Sikafill 300 Thermic (Cubierta Revestida).

CUBIERTA BASE:

Cubierta plana horizontal de 3,7 x 2,1 m formada por una losa de hormigón armado de 10 cm de espesor medio, protegida por una tela asfáltica impermeabilizante de aprox. 0,5 cm de espesor

CUBIERTA REVESTIDA CON SIKAFILL® 300 THERMIC:

Aplicación sobre la cubierta base del revestimiento elástico Sikafill®-300 Thermic, hasta obtener un espesor medio de producto de 1,5 mm

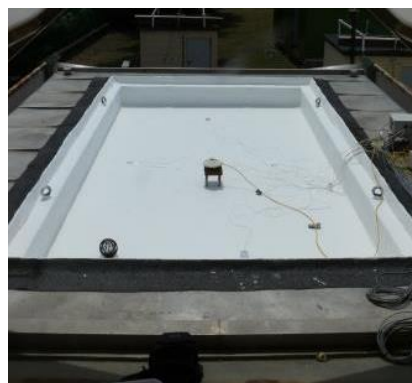
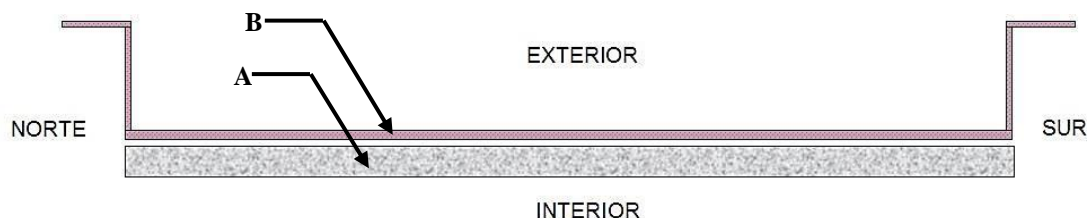


Figura 1. Cubierta base (izquierda) y Cubierta después de ser revestida (derecha)



A - Losa de hormigón armado de 10 cm de espesor
B - Tela asfáltica impermeabilizante (e≈0,5 cm)

Figura 2. – Sección constructiva de la cubierta base.



Figura 3. – La aplicación del revestimiento Sikafill 300 Thermic, se ha realizado manualmente, en varias pasadas de aplicación y secado hasta conseguir un espesor medio de 1,5 mm.

2 ENSAYO PASLINK.

El Laboratorio de Control de Calidad en la Edificación del Gobierno Vasco (LCCE) posee equipos que le permiten hacer ensayos térmicos en condiciones exteriores, de muestras de fachada o de cubiertas planas. Estos equipos se conocen como **CELDA PASLINK**.

La sección del Laboratorio que hace estos estudios es el AREA TERMICA del LCCE.

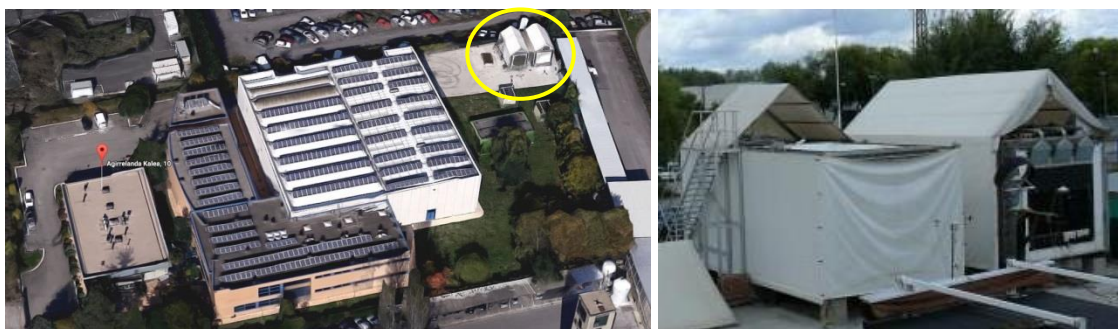


Figura 3. Ubicación de la zona Paslink en el LCCE de Vitoria-Gasteiz (izquierda) y Celda Paslink con la muestra de cubierta revestida (derecha)

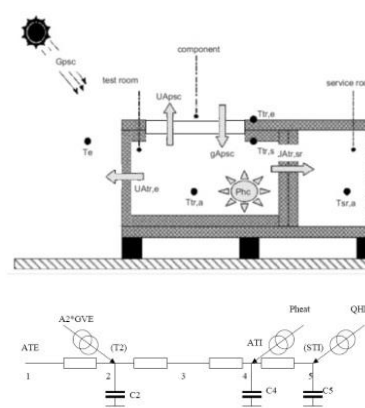
El ensayo consiste en medir con precisión, todas las variables que participan en los fenómenos de intercambio de calor en la muestra: temperatura exterior, interior, de superficies, radiación solar, meteorología, etc.

Dentro de la celda se genera calor mediante resistencias eléctricas, con intervalos de encendido/apagado de una o varias horas. Esto facilita la medición de la capacidad de almacenamiento de calor de la muestra.

Posteriormente todos estos datos se utilizan para obtener un modelo matemático, que permite determinar las propiedades de interés en la muestra:

- Su resistencia térmica
- Su capacidad de almacenar calor
- Cuanto calor por radiación solar es absorbido por la muestra

El ensayo requiere de una a varias semanas, con periodos en que las temperaturas evolucionan libremente (celda libre) o periodos en los que se hacen intervalos de calefacción (celda calefactada).





3 TEMPERATURAS EN LA MUESTRA EN LOS DOS CASOS DE ENSAYO.

Se han dispuesto sondas de temperatura para medir las superficies que conforman la sección de cubierta: cara interior, capa intermedia y cara exterior. Por cada superficie hay hasta cinco puntos de medida para obtener un valor medio representativo.

<p align="center">Cubierta Base</p> <p>Se ha medido la temperatura en tres superficies de la cubierta base: Sup. 1: cara interior de la cubierta Sup. 2: Capa intermedia (bajo tela asfáltica) Sup. 3: cara exterior de cubierta base</p>	<p align="center">Cubierta Revestida</p> <p>Al aplicar el revestimiento, las sondas exteriores del caso anterior (superficie 3) quedan cubiertas, así que se han añadido nuevas sondas para la cara exterior (sup. 4)</p>

La siguiente figura muestra a manera de ejemplo la evolución de la radiación solar y las temperaturas en cada una de las capas monitorizadas en la muestra de cubierta base y en la cubierta revestida, así como la temperatura exterior, para un periodo de 12 días. El periodo mostrado incluye un intervalo de días con celda calefactada (franjas sombreadas en la figura de radiación).

En ambos casos la cubierta estuvo sometida a periodos de días soleados continuos. Respecto a la temperatura exterior, estuvo en niveles comparables para ambos casos excepto algún episodio de ola de calor para la cubierta revestida.

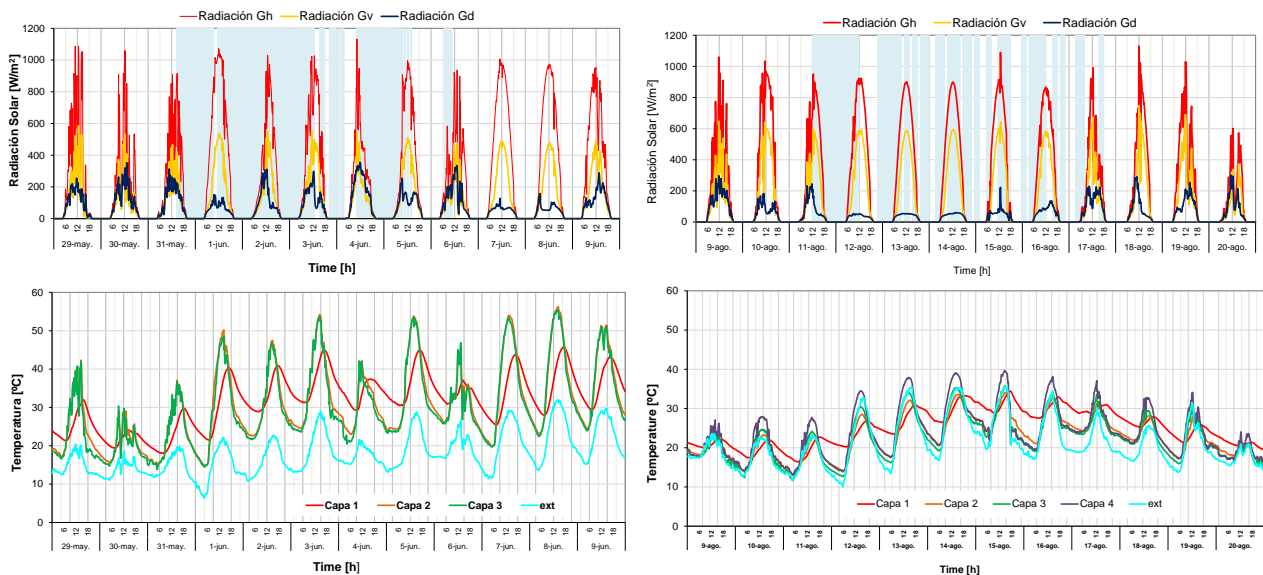


Figura 4. Periodo de 12 días de ensayo de la cubierta base (der) y de ensayo de la cubierta revestida (izq)..

Temperatura máxima en la superficie exterior de la muestra sin revestimiento = 55 °C
Temperatura máxima en la superficie exterior de la muestra con revestimiento = 40°C

Se ha comprobado que la temperatura máxima en la superficie exterior de cubierta se reduce sensiblemente con la aplicación del revestimiento Sikafill 300 Thermic, independientemente de que la celda este calefactada y a pesar de la presencia de olas de calor en el ensayo de cubierta revestida.

Igualmente los valores de mínimas nocturnas en la cubierta son más cercanos a los de la temperatura exterior para la cubierta revestida, cuando la celda no está calefactada.

Como ejemplo de comparativa más detallada, se toma el día 20 de junio para la cubierta base y el día 28 de julio para la cubierta revestida. Se trata de dos días con igual nivel de radiación solar y de máximas de temperatura exterior, aunque la madrugada de junio algo más fresca. En ambos casos la celda no estaba calefactada. En la siguiente figura se ilustra la temperatura alcanzada en el exterior de la cubierta, con y sin revestimiento Sikafill 300 – Thermic.

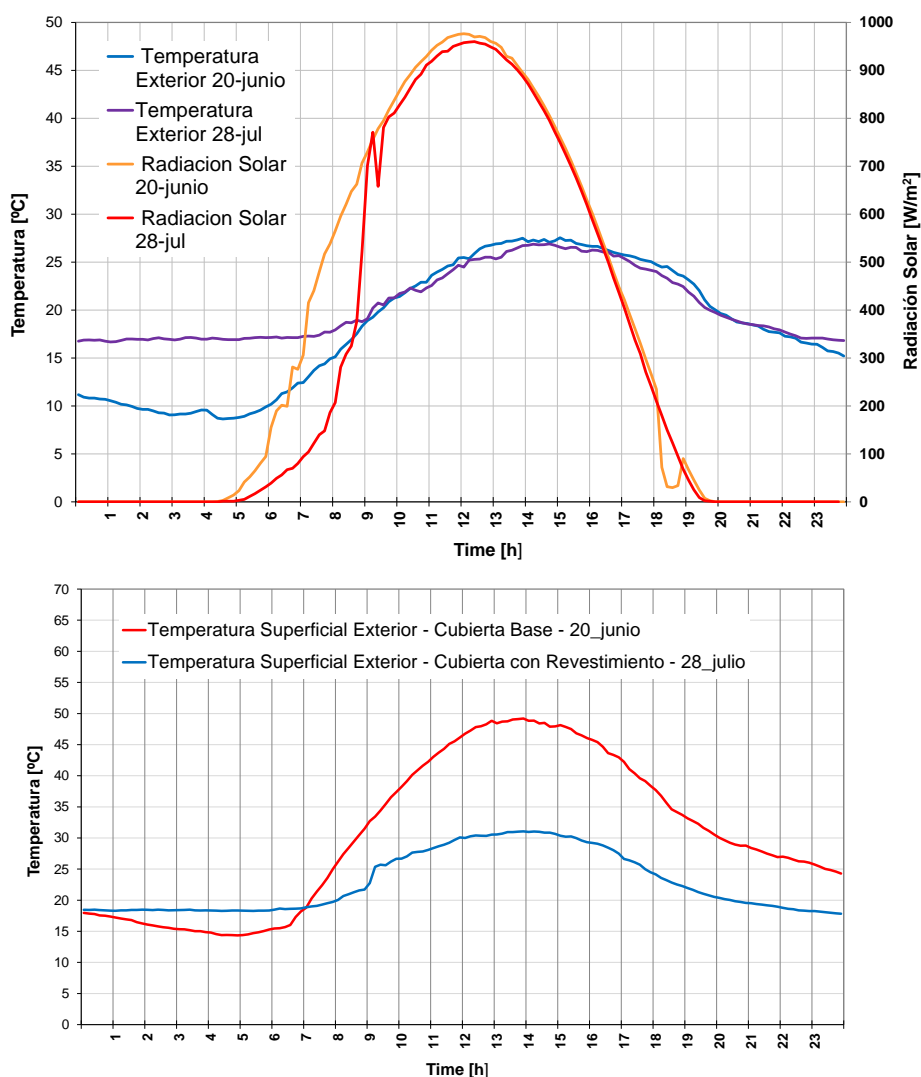


Figura 5. Comparativa de evolución de temperatura exterior de cubierta en la muestra sin y con revestimiento, en días con intensidad de radiación y máximas de temperatura exterior similares.



4 RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS DOS ENSAYOS.

Propiedad	MUESTRA		Descripción
	Cubierta base	Cubierta base + Revestimiento elástico Sikafill®- 300 Thermic	
Resistencia térmica R [m ² K/W]	0,135 ± 0,013	0,115 ± 0,013	<ul style="list-style-type: none"> - Representa la resistencia al flujo de calor de la muestra por conducción entre la cara interior y la exterior de la muestra. - La resistencia térmica de la cubierta apenas varía con la aplicación del revestimiento elástico. - Es normal que una capa de apenas 1,5 mm no tenga un efecto importante en la transmisión de calor por conducción.
Transmitancia térmica U [W/m ² K]*	3,63	3,92	<ul style="list-style-type: none"> - Representa el concepto inverso a la propiedad anterior - Suele ser el valor de referencia para clasificar térmicamente a los elementos constructivos. Recuérdese que la muestra ensayada no incluye ninguna capa de aislamiento térmico. - Como en la propiedad anterior apenas si hay una leve variación de esta propiedad.
Capacidad térmica C [kJ/m ² K]	278 ± 40	278 ± 40	<ul style="list-style-type: none"> - El revestimiento elástico no constituye una adición de masa significativa como para alterar en valor la capacidad de la muestra de almacenar calor.
Apertura solar A _{GH} [-]	0,91 ± 0,08	0,09 ± 0,03	<ul style="list-style-type: none"> - Es el mayor y principal efecto del revestimiento. - Para la cubierta base, de cada unidad de energía por radiación solar que incidía, el 91% era absorbida y efectivamente transmitida al ambiente interior (superficie negra y rugosa). - En la cubierta revestida solo se absorbe el 9% (superficie blanca, uniforme y reflectiva)



5 ESTIMACION DEL EFECTO DEL REVESTIMIENTO EN TRES ZONAS CLIMATICAS.

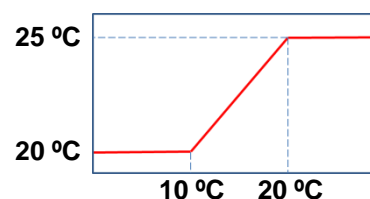
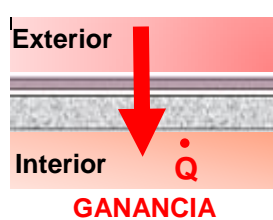
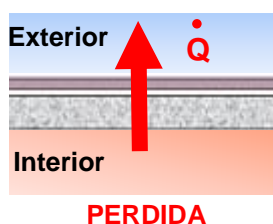
Como se ha mencionado, el ensayo Paslink permite obtener un modelo matemático para caracterizar la muestra.

Con este modelo no solo se determinan las propiedades térmicas de interés resultantes del ensayo, sino que también es posible hacer estimaciones del comportamiento de la muestra en otras condiciones interiores y exteriores.

Por tanto, es posible usar el modelo obtenido para la cubierta base y el obtenido para la cubierta con revestimiento, para estimar sus respectivos comportamientos energéticos en Madrid (zona climática D3), Burgos (zona climática E1) y Almería (zona climática A4).

La propiedad de interés es la cantidad de calor que cruza la cubierta si se definen condiciones interiores de confort térmico y exteriores de año meteorológico tipo de cada ciudad. *Como las condiciones interiores son las de confort, este flujo de calor determina el consumo de climatización.*

La cantidad de calor que pierde el interior se denomina pérdida, mientras que la cantidad de calor que ingresa al interior se denomina ganancia.



- Para estimar el comportamiento de la muestra en otras climatologías se definen condiciones exteriores (año tipo meteorológico del lugar) e interiores (temperatura interior).
- La temperatura interior se define en valores de zona de confort y en función de la temperatura exterior, como se indica en la gráfica (EN 15026).
- El modelo (obtenido del ensayo Paslink) predice las temperaturas superficiales en ambas caras de la cubierta.
- La diferencia entre temperaturas define el sentido del flujo de calor
- Si el flujo va hacia el exterior se denomina "pérdida", y si es hacia el interior "ganancia"
- En un mismo mes puede tenerse ambas situaciones, pero normalmente en invierno el flujo es mayoritariamente de pérdidas y en verano de ganancias.
- También es posible un flujo casi nulo cuando la diferencia de temperaturas entre interior y exterior no es significativa

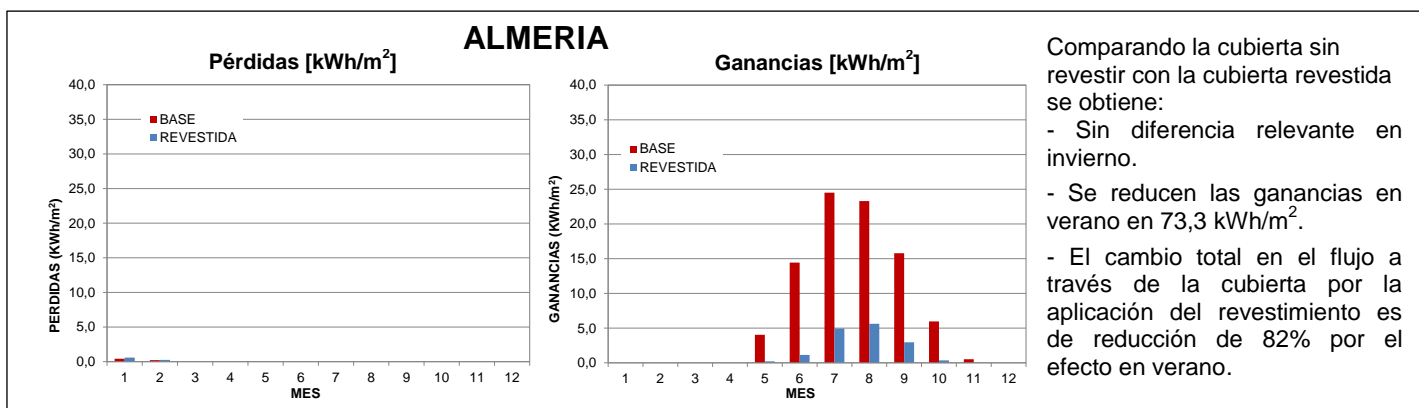
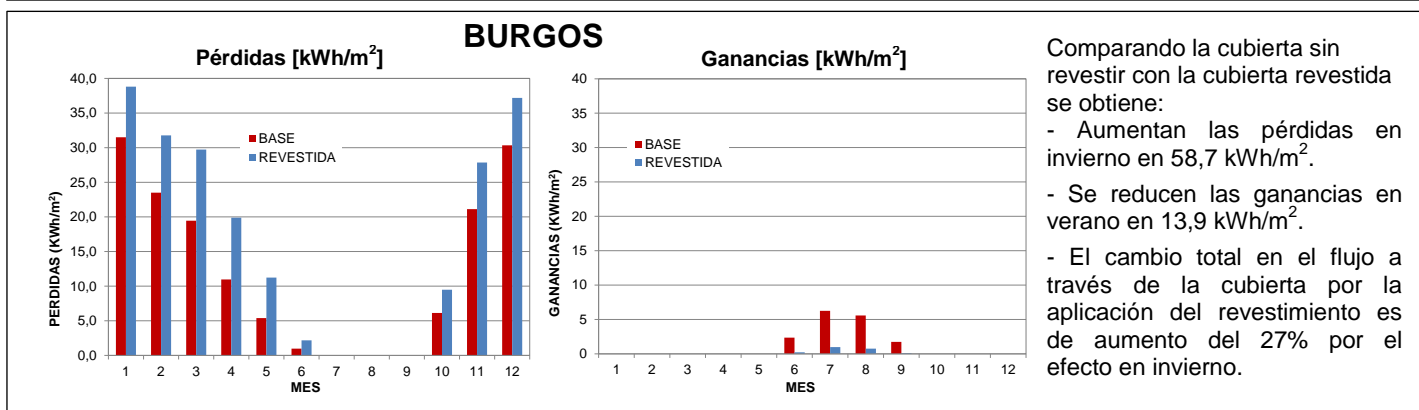
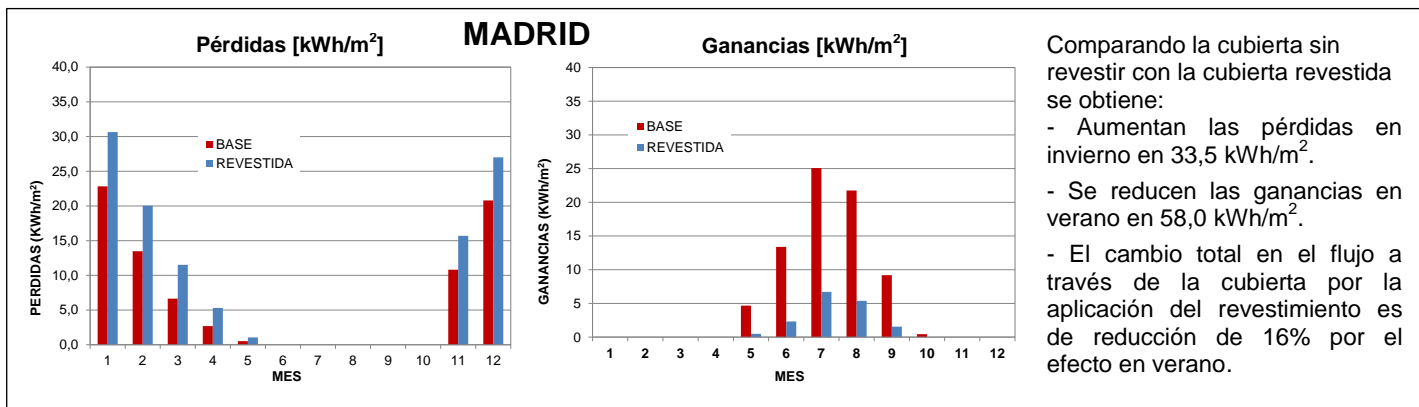
Definición de la temperatura interior:

- Si $T_{ext} < 10^{\circ}\text{C}$, entonces $T_{interior} = 20^{\circ}\text{C}$.
- Si $10^{\circ}\text{C} < T_{ext} < 20^{\circ}\text{C}$, entonces $T_{interior}$ estará en un valor lineal entre 20°C y 25°C .
- Si $T_{ext} > 20^{\circ}\text{C}$, entonces $T_{interior} = 25^{\circ}\text{C}$

Los resultados obtenidos se muestran en las siguientes gráficas. Las barras rojas corresponden al comportamiento estimado de la cubierta base, mientras las barras azules corresponden a la misma cubierta revestida superficialmente con Sikafill 300 Thermic. Recuérdese que se trata de una muestra sin capa de aislamiento.



Una gráfica muestra las pérdidas (meses de invierno) y otra las ganancias (meses de veranos) a través de ambos tipos de cubierta para cada una de las tres ciudades consideradas. El valor corresponde a energía neta transferida en cada mes.



Resumen del cambio neto en la energía que cruza la muestra en forma de flujo de calor
- Total anual -

CIUDAD (CLIMA)	CAMBIO	DESCRIPCION
MADRID (D3)	-16%	Reducción por efecto en verano
BURGOS (E1)	+27%	Aumento por efecto en invierno
ALMERIA (A4)	-82%	Reducción por efecto en verano