

Ponencia nº 45-B2

DESARROLLO DE REVESTIMIENTOS EXTERIORES FOTOTERMICOS DE BAJO COSTE

Orozco-Messana, J.⁽¹⁾; Ferrer, C.⁽¹⁾; Salas, F.⁽¹⁾; Riera, E.⁽²⁾

(1) Universidad Politécnica de Valencia; Instituto de Tecnología de Materiales
Camino de Vera s/n, Valencia (España); jaormes@cst.upv.es

(2) Tejas Borja S.A.; Carretera de Liria a Pedralba km.3, 46160 Liria, Valencia (España)

Palabras clave: Fototérmica, Revestimiento exterior, construcción, ahorro energético

RESUMEN:

Como principio de diseño los edificios y espacios exteriores anexos deben concebirse de tal forma que se reduzca al mínimo posible la cantidad de energía consumida en la iluminación, en la obtención de calor para calefacción y agua caliente, en la refrigeración y ventilación y en el aprovechamiento de energía solar. El resto de necesidades se cubrirá mediante soluciones que, según los criterios dictados por un balance energético general, estén de acuerdo con el nivel más avanzado de la técnica en cuanto al uso de energías de bajo impacto medioambiental. En este sentido el nuevo Código Técnico de la Edificación obliga a la implantación de soluciones solares fototérmicas.

Sin embargo con la nueva normativa se ha planteado un problema: vemos estas instalaciones en los tejados o azoteas de los edificios y, aparte del atractivo de la novedad, casi siempre se muestran como un exabrupto, como algo ajeno al edificio, y es de temer que se constituyan en un elemento destructor del perfil y del paisaje urbano; al igual que lo han sido y son, las instalaciones incontroladas de antenas de TV, ya sean las tradicionales de mástil o las más modernas parabólicas.

Para evitar esto se han desarrollado paneles solares que se convierten en un elemento más de la composición y construcción de los edificios, como parte integrante de ellos, al igual que los cerramientos, ventanas, muros, cubiertas, etc. Se trata de nuevas tejas polifuncionales integradas en el diseño del tejado.

Por otra parte, la durabilidad de los captadores solares es un factor decisivo en la selección del mismo, máxime si se pretende que éstos duren, como mínimo, 20 años. Hoy en día, se dispone de información y experiencia suficientes sobre el tema y existen en el mercado captadores plenamente fiables.

Se ha desarrollado un captador nuevo mixto entre la teja y el circuito hidráulico. El funcionamiento de un captador plano es conceptualmente simple. La mayor parte de la radiación incidente sobre el captador es absorbida por una superficie que es negra a la radiación solar (es decir absorbe prácticamente toda la radiación y refleja muy poca). Parte de la energía absorbida es transferida a un fluido circulante, mientras que el resto se pierde por transmisión de calor al ambiente.

INTRODUCCION

Las soluciones disponibles en la actualidad para acometer la instalación normativa de un aprovechamiento solar en aplicaciones térmicas, dista mucho de satisfacer los planteamientos arquitectónicos y funcionales que serían deseables.

En efecto, las soluciones más explotadas industrialmente carecen de un grado suficiente de integración arquitectónica, duplican los encapsulamientos de los elementos funcionales creando dobles revestimientos e introducen costes elevados que limitan el avance de las soluciones energéticas de futuro.

Partiendo de la información de mercado mostrada en la tabla I, se desarrolla en el presente trabajo una contribución original de bajo coste hacia la integración de una funcionalidad nata en el propio revestimiento de tejado que permita, a través de los materiales y su polivalencia tanto la integración funcional como la estética a un coste mucho menor del actual de mercado.

TABLA I – COMPARATIVA DE CAPTADORES SOLARES TERMICOS COMERCIALES

	Weisshaupt	Isofotón	Solex
Area útil (m ²)	2'58	2'20	0'37
Material	Vidrio-Cu	Vidrio-Cu	PC-Cu
Capacidad fluido (l)	2'3	200	0'42
Flujo (l/h)	5	6	3
Peso cargado (Kg)	7'1	232	3'6
Presión máxima (bar)	6	8	3
Pérdida carga (mbar)	46	52	164
Rendimiento máx. (w/m ²)	698	650	430
Precio (€/m ²)	236'4	387'2	520'3

DISEÑO CONCEPTUAL

Cualquier aprovechamiento solar térmico transfiere la energía solar a un circuito térmico convencional a través de los captadores solares. Las partes esenciales de cualquier captador solar térmico son (ver figura 1):

- Placa absorbente: capta la radiación solar y la absorbe en forma de calor, para simultáneamente transmitirla a un fluido caloportador. Se construye en cobre recubierto. Para conseguir aumentar el efecto de absorción para la radiación solar se requiere maximizar la absorbancia. Esto se consigue con el recubrimiento.
- Superficie transparente. Se coloca sobre la placa absorbente a fin de crear el efecto invernadero al tiempo que la protege de los agentes atmosféricos. Deja pasar la radiación solar, pero es opaca para las radiaciones emitidas por la placa absorbente. Se suele utilizar cristal templado de transmitancia máxima ya que es económico, resistente y duradero.
- Intercambiador: circuito hidráulico que garantiza una velocidad de circulación adecuada al fluido térmico para extraer el calor que acumule la placa absorbente. Debe maximizar la superficie de intercambio al tiempo que minimiza la pérdida de carga en el circuito hidráulico.
- Encapsulamiento: Contenedor del conjunto anterior con funciones de soporte mecánico y aislamiento térmico.

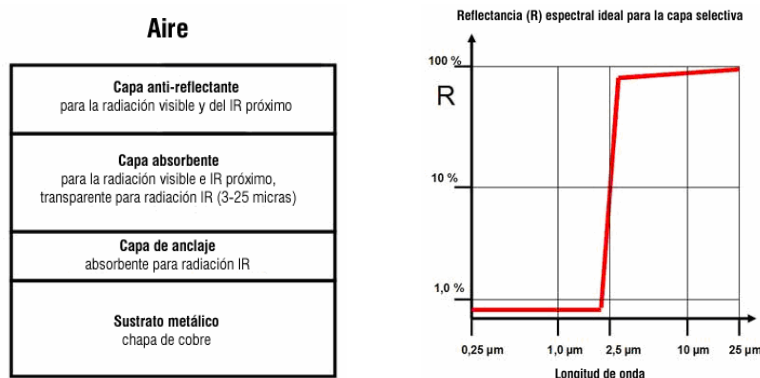


Fig.1 Especificaciones de diseño.

Por restricciones normativas [1] los materiales en contacto con el fluido hidráulico solo pueden ser cobre o acero inoxidable. Esto acota el campo del desarrollo del intercambiador y hay que tenerlo bien presente. El resto debe centrarse en aportar funcionalidad a la propia naturaleza del cerramiento

cerámico cuya principal virtud es ser aislante y estar perfectamente desarrollado en las soluciones constructivas para tejados.

DISEÑO DE LOS COLECTORES

En una primera fase se dispuso un montaje piloto sencillo para testear la efectividad del intercambio térmico tanto de materiales como de geometrías. En la figura 2 se muestra el sistema.



Fig.2 Sistema piloto.

Este montaje permitió alcanzar las conclusiones siguientes:

- La geometría de concentración de una teja tradicional tenía una efectividad térmica en el rendimiento inferior al 5%.
- El efecto invernadero de cualquier material con transmitancia superior al 90% en ángulos de incidencia superiores a 40° permitía alcanzar un rendimiento térmico equivalente a los intercambiadores industriales. La región crítica de funcionamiento se muestra en la figura 3. Adicionalmente esta eficiencia debe mantenerse en el tiempo con abrasión y envejecimiento lo cual limita los materiales al vidrio de condiciones adecuadas.

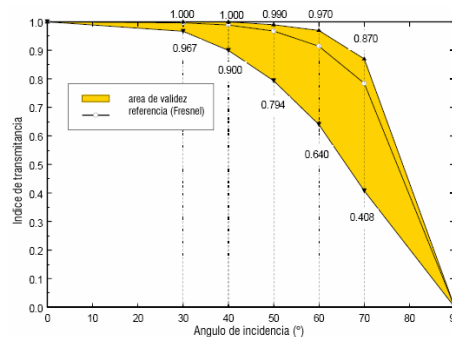


Fig.3 Transmítancia del vidrio seleccionado con el ángulo de incidencia solar.

- Los acabados absorbentes ofrecen un salto superior al 20% en la capacidad de absorción de energía térmica por parte del fluido. Estos acabados son siempre de gamas oscuras o negras. Para la tipología de construcción óptima del intercambiador y conseguir una mínima pérdida térmica en la placa absorbedora junto a una estabilidad en el tiempo de estas propiedades, se optimizó un tratamiento electrolítico a base de Co sobre la placa de Zn. Los resultados de absorción para este material comparados con otras soluciones se muestran a continuación.

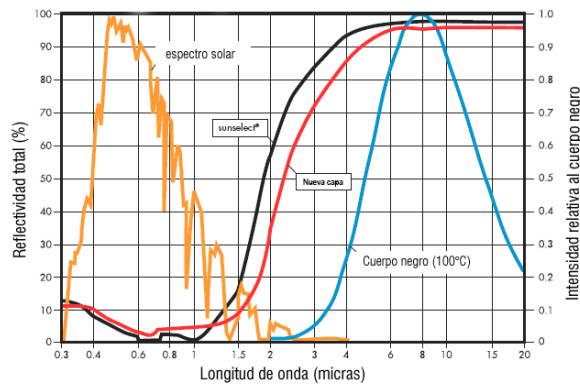


Fig.4 Reflectividad espectral de la nueva capa electrodepositada en cobre.

- Por último, se comprobó que la capacidad aislante de las tejas era igual o superior a los materiales utilizados en los captadores solares comerciales, lo cual ofrecía de forma adicional una oportunidad magnífica de cara a la integración arquitectónica. Al efecto se diseñó la teja de la figura siguiente.



Fig.5 Teja encapsulante diseñada.

PROTOTIPO INDUSTRIAL

Tras el diseño teórico y la selección de materiales se ha verificado en el prototipo de laboratorio que la selección y ensamblaje de materiales óptima consiste en ofrecer la superficie plana de máxima absorptividad orientada al sur con 45° sobre la horizontal. Esta superficie debe ser cubierta por el cristal de máxima seleccionando creando una cámara sin contacto ni ventilación. Los materiales para este montaje preseleccionados han sido testados y verificado su óptimo comportamiento en el prototipo de laboratorio.

De esta forma se consigue la máxima eficiencia en la captura de la radiación solar. El resto es evacuar esa energía térmica a través de un circuito intercambiador de agua con la máxima eficiencia y flujos de diseño máximos de $20 \text{ l/m}^2\text{h}$ para no superar el régimen laminar en la circulación del fluido que empeoraría el intercambio térmico.

Adicionalmente, es conveniente que la pérdida de carga del intercambiador sea lo más pequeña posible para evitar un consumo excesivo en la bomba de recirculación. Como debemos conseguir un área máxima de contacto con la superficie caliente, es conveniente diseñar secciones rectangulares de los conductos con el lado más largo en contacto con la superficie caliente. Estos conductos estarán unidos entre si mediante colectores amplios para minimizar las curvas y otras pérdidas de carga.

Estas circunstancias se resuelven de forma óptima planteando un colector plano formado por láminas a modo de emparedado. En efecto. La chapa plana viene de suministro y tan solo cortando la misma y pegando las láminas se puede configurar un colector que cumpla todas las restricciones. En la figura siguiente se presentan algunos colectores preparados para su montaje.



Fig.6 Colectores ya ensamblados.

RESULTADOS

Los captadores pre-industriales diseñados y ensamblados se montaron sobre un tejado experimental que se muestra en la figura siguiente. Este montaje integraba en la parte inferior del tejado los colectores y elementos de circuito necesarios para el funcionamiento en circuito cerrado. A través de un intercambiador y de una bomba de inmersión se evaluaba la evolución térmica del agua que simulaba el circuito de consumo.



Fig.7 Prototipo completo en ensayo.

Con los datos de temperatura (fig.8) y con la información de irradiancia solar obtenida con un pirómetro comercial se obtuvo un aprovechamiento térmico medio global del montaje de 712 w/m^2 en una semana soleada completa. Debidamente recopilados y evaluados los datos de temperatura y caudal, y tras repetir la prueba 5 veces en periodos de 48 horas, se ha obtenido una eficiencia para el colector del 61% para la superficie en bruto. Este valor es equivalente al de los colectores planos más eficaces en el mercado.

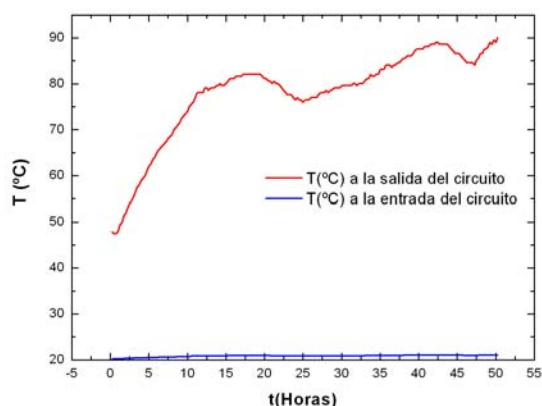


Fig.8 Curva media de respuesta térmica del colector.

CONCLUSIONES

Los cerramientos desarrollados para la captación solar térmica permiten un aprovechamiento solar igual o superior a las soluciones de mercado pero consiguiendo una excelente integración arquitectónica del producto y minimizando las pérdidas hidráulicas del circuito de agua caliente. Paralelamente, se está trabajando en el rediseño industrial del intercambiador de calor para poder conseguir un coste del producto que reduzca de forma significativa las soluciones de mercado para captadores solares térmicos.

Tras comprobar mediante una búsqueda bibliográfica de patentes la originalidad de la solución aquí propuesta, se ha presentado una solicitud de patente para el diseño de captador.

Adicionalmente, se está desarrollando una alternativa prefabricada que incluya todo el montaje en elementos completos que se coloquen en obra mediante grúa sobre pilares para realizar el cerramiento.

REFERENCIAS

- [1] Ministerio de Fomento; Código técnico de la edificación. Documento básico HE, ahorro de energía (2003).
- [2] Bartusch, R.; Krahl, W.; Entwicklung eines Keramik-Dachsystems mit integrierter Solarenergiegewinnung. ZI, Ziegelindustrie International/Brick and Tile Industry International June, 2004, pp 44-59.
- [3] Khedari, J.; Mansirisub, W.; Chaima, S.; Pratinthong, N.; Hirunlabh, J.; Field measurements of performance of solar roof collectors. Energy and Buildings (2000), pp 171–178.
- [4] Bilgen, E.; Takahashi, H.; Exergy analysis and experimental study of heat pump systems. Exergy, An International Journal 2 (2002) (4), pp. 259–265.
- [5] Levinson, R.; Berdahl, P.; Akbari, H.; Miller, W.; Joedicke, I.; Reilly, J.; Suzuki, Y.; Vondran, M.; Methods of creating solar-reflective nonwhite surfaces and their application to residential roofing materials. Solar energy materials and solar cells 91 (4, 2007), pp. 304-314.
- [6] Holck, O.; Rosenfeld, J.L.J.; Estimation of exposure to sunlight of the liner under a tiled roof. Solar energy 78 (2, 2005), pp. 199-209.
- [7] Orozco-Messana, J.; Informe de progreso sobre el convenio ITM0712. UPV (2006).