

# PONENCIA 112 B1

## FACHADAS EXTERIORES DE LOS EDIFICIOS CON BALDOSAS CERÁMICAS FOTOVOLTAICAS

B. Mazzanti<sup>1</sup>, S. Fazio<sup>1,2</sup>, A. Salomoni<sup>1</sup>, S. Dei Svaldi<sup>3</sup>, C. Zevi<sup>3</sup>, G. Rotunno<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Centro Cerámico de Bologna, Bologna, Italia.  
<sup>2</sup> DICASM, Universidad de Bologna, Bologna, Italia.  
<sup>3</sup> ICIE, Bologna, Italia

**Palabras clave:** Baldosa cerámica fotovoltaica, Fachada ventilada, Energía renovable, Conservación del medio ambiente

### Resumen

El revestimiento del edificio está considerado como una forma de mediar entre el interior y el exterior. La configuración y los materiales que constituyen estos revestimientos siempre han estado relacionados con distintos aspectos como: i) clima del ambiente; ii) disponibilidad de los materiales; iii) necesidades de los habitantes; iv) estado del conocimiento de los materiales.

Ya que, obviamente, no todos los problemas relacionados con la gestión del edificio pueden ser abordados y/o resueltos a través del revestimiento del edificio, los problemas restantes deberían de ser solucionados por medio de las plantas de servicio del edificio.

Por consiguiente, es necesario disponer de un planteamiento integrado, partiendo de una visión sistémica del edificio (considerado como recubrimiento+plantas del servicio) integrado con el medio ambiente y caracterizado por condiciones climáticas bien definidas.

Esto requiere un buen rendimiento del recubrimiento que pueda realizarse de distintas formas, tanto tradicionales como avanzadas, las cuales, sin embargo, deben de estar orientadas todas a reducir el consumo energético requerido para la gestión del edificio.

El uso de baldosas que tengan una superficie funcionalizada con células fotovoltaicas nos lleva en esta dirección y representa una posible solución a considerar, sobre la base de los desarrollos interesantes que puedan obtenerse.

## 1. Introducción

### 1.1. El concepto del recubrimiento del edificio

El recubrimiento del edificio ha sido considerado, tradicionalmente, como la interfaz entre los climas interiores y exteriores. Este papel “únicamente de separación” experimentó un cambio hacia un papel menos activo, debido a que la edificación introdujo de forma paulatina la necesidad de calentar el ambiente interno y, más tarde, el acondicionamiento completo del aire. Durante muchos años, se ha pretendido que los expertos y diseñadores satisficieron todas las exigencias de los usuarios de los edificios, que viven, trabajan, y obtienen relax dentro del ambiente interior durante aproximadamente el 90% de su tiempo libre.

El señalado “nuevo”, aunque “no avanzado”, enfoque del recubrimiento del edificio permaneció invariable hasta que, debido a una serie de cambios políticos y económicos, hubo que hacer frente a unos serios problemas relacionados con los recursos energéticos, en especial los no renovables, y sobre todo el crudo y los derivados del mismo.

Hoy en día parece inevitable una revisión completa del planteamiento de diseño del edificio, teniendo en cuenta la necesidad de satisfacer las necesidades de los usuarios finales, pero consumiendo a la vez los mínimos recursos naturales no renovables: se podría decir “hacer más con menos” [1].

Por consiguiente, los edificios contemporáneos deberían tener como objetivo un alto rendimiento energético y un bajo impacto ambiental. A través del desarrollo del recubrimiento del edificio, se puede satisfacer el confort requerido y obtener un mantenimiento de bajo coste, dos cuestiones de importancia estratégica en la construcción del edificio. Este planteamiento puede aplicarse tanto en la construcción del edificio, como en su renovación, facilitando de esta forma una aportación esencial para alcanzar los objetivos del acuerdo de Kyoto.

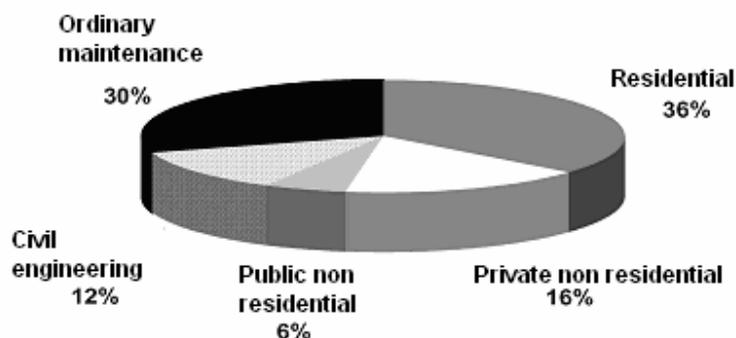
En Italia, y de forma genérica en el resto de los países europeos, donde se considera que la duración de los edificios es un parámetro importante, los mercados relacionados con la renovación trabajan con cifras muy elevadas. El patrimonio edificado busca la modernización de forma adecuada para poder “consumir menos y consumir mejor”.

Para facilitar una mejor comprensión de este panorama, facilitamos los datos relativos a la situación italiana y europea en las figuras 1 a 4.

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
New buildings	1,5	0,6	-0,9	-1,9	-2,1	-1,2
Renovation	-0,5	0,0	0,3	0,8	1,2	1,6
Investments	0,5	0,3	-0,3	-0,6	-0,5	0,2
Production value	0,4	0,2	-0,3	-0,4	-0,3	0,3

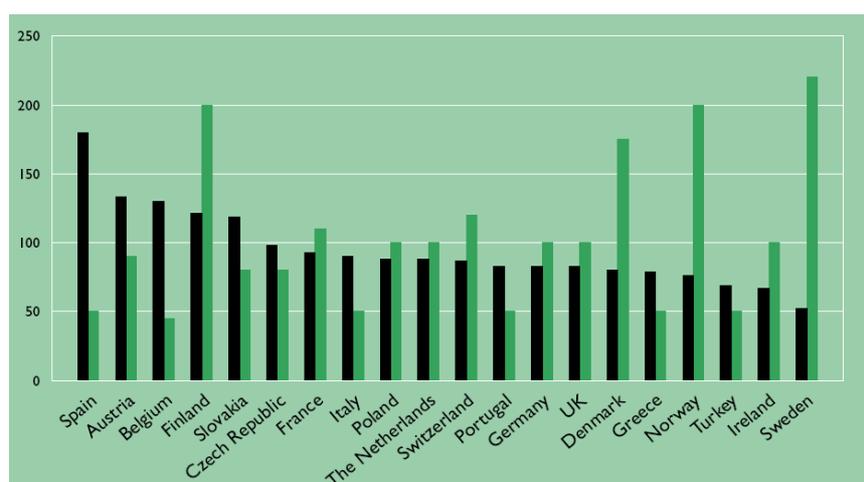
Edificios nuevos  
Renovación  
Inversión  
Valor de producción

Fig. 1: Tabla que presenta la situación de la edificación en Italia entre 2005 – 2010 expresada como una variación porcentual en comparación con al año anterior a un valor constante (Referencia: CRESME) [3]



Mantenimiento ordinario 30%  
Ingeniería civil 12%  
Pública, no residencial 6%  
Privada, no residencial 16%  
Residencial 36%

Fig. 2: Representación de la renovación en la edificación: expresada como porcentaje del año 2005 (Aproximación y elaboración realizada por CRESME)



España, Austria, Bélgica, Finlandia, Eslovaquia, República Checa, Francia, Italia, Polonia, Países Bajos, Suiza, Portugal, Alemania, Reino Unido, Dinamarca, Grecia, Noruega, Turquía, Irlanda, Suecia

Fig. 3: Datos sobre los muros de los edificios y el consumo de energía de algunos países europeos: a) Grosor del aislamiento térmico (verde); b) Pérdida de energía a través de los muros por la calefacción y el aire acondicionado (negro) (Referencia: Rockwool)

A partir de estos datos se desprende que, para realizar una intervención orientada hacia la energía, se deben de adoptar soluciones adecuadas para tener en cuenta la necesidad de reducir las pérdidas térmicas, durante el invierno, y con el calentamiento, durante el verano, y beneficiarse de las aportaciones de menor coste, especialmente a través del control y uso de la radiación solar. Se podrían obtener ventajas muy importantes a través de intervenciones en las llamadas partes no transparentes del cerramiento, como la cubierta y las paredes, que aportan hasta al 80% del total de los intercambios de calor del edificio. Es posible garantizar, en las diferentes épocas del año, el control del intercambio de calor entre el interior y el exterior por medio de recubrimientos realizados de materiales con alta capacidad aislante, para disminuir los flujos de calor o, aprovechando la inercia térmica, a través del desplazamiento de fase de la ola térmica o del desfase de la transferencia de calor. Con un diseño apropiado del recubrimiento del edificio, a través de una selección adecuada del tipo y distribución de las capas funcionales, es posible reducir de forma significativa la dispersión de calor en un 30% aproximadamente.

Por lo tanto, para una renovación energética eficiente se deberían de considerar las diferentes demandas de la sociedad. En la figura 4, se presentan los niveles de solicitudes de renovación y se señala el sector concreto en el cual hemos centrado nuestra atención.



Fig. 4: Niveles de solicitudes de renovación (Referencia: CRESME)

Mantenimiento de componentes de la vivienda

Sustitución de componentes de la vivienda

Reestructuración de la vivienda

Reestructuración de los edificios

Renovación y preservación del patrimonio público

Recalificación de zonas públicas

Recuperación y transformación de zonas descartadas

Recuperación y transformación de partes de la ciudad

Entre las soluciones para el recubrimiento del edificio, deben de mencionarse el llamado “revestimiento del edificio” [4] y la pared ventilada.

El revestimiento de pared, basado en el uso de componentes extraordinariamente aislantes, aplicado en el exterior del edificio y maximizando de esta forma su efectividad, contribuye a limitar los puentes de transferencia de calor. En este caso, el volumen del edificio no cambia de forma significativa y el revestimiento del edificio puede ser aplicado fácilmente en las construcciones modernas, con excepción de aquellas de gran valor.

Por otra parte, la fachada ventilada ofrece un gran número de ventajas en la práctica, como:

- ventilación de las superficies interiores con la consecuente eliminación de la humedad y del agua condensada de las paredes;
- reducción de la presión del viento en las capas internas y mejor control de las infiltraciones;
- alto rendimiento en la reducción de la transferencia de calor durante el verano,
- reducción de los costes de mantenimiento.

Asimismo, hay que tener en cuenta que la realización de las fachadas ventiladas conlleva costes más elevados que el “revestimiento del edificio”.

## 1.2 Concepto de fachada ventilada construida con materiales FV

Durante los últimos años, se ha producido una tendencia creciente de integrar aparatos fotovoltaicos (FV) en el edificio, conjugando el uso de una fuente renovable para producir electricidad con efectos estéticos.

En las instalaciones Fotovoltaicas Integradas en el Edificio (FVIE), los módulos solares están ensamblados y se convierten en elementos para tejados y fachadas, combinando varias funciones, a saber: generación de electricidad, aislamiento térmico, sombra, e incluso para cumplir aspectos de diseño arquitectónico.

La primera instalación de elementos fotovoltaicos integrados en el edificio (FVIE) se realizó en 1991 en Aquisgrán, Alemania [5]. Hoy, los módulos fotovoltaicos para la integración en la edificación se fabrican como productos de construcción estándar. Desde entonces, la integración en el edificio se ha convertido en uno de los segmentos de mayor crecimiento en el mercado de la fotovoltaica [6].

Se pueden emplear varias tecnologías para la producción de electricidad mediante el uso del efecto fotovoltaico, ya que existen muchas posibles formas de integrar los aparatos FV en los elementos arquitectónicos.

La integración de materiales FVIE se realiza preferentemente en los tejados y fachadas. Centrando la atención en éste último, las fachadas ventiladas FV son construcciones de fachada doble que combinan las ventajas del enfriamiento de los módulos FV usando aire ambiente con el potencial de usar el aire caliente producido para otros servicios de calefacción y enfriamiento del edificio. El primer edificio Europeo en usar este concepto fue la Biblioteca Pública de Mataró, cerca de Barcelona (Lloret et al. 1997 y 1998) [7].

En lo referente a las tecnologías FV, los módulos de silicio multi y monocristalinos pueden ser usados por FVIE [8,9]. Además de estos, la tecnología de película delgada basada en el uso del silicio amorfo para FVIE viene respaldada por un número de características atractivas relacionadas con la tecnología en general y con las instalaciones FVIE en particular [10].

## 1.3 El nuevo concepto de la fachada ventilada FV

Los materiales de las capas exteriores usados para construir las fachadas ventiladas son de tipo muy diverso. La cerámica en particular ofrece un gran número de productos, adecuados para una variedad de necesidades, tanto de los proyectistas, como de los usuarios finales. Estos materiales se ofrecen en diferentes formatos y colores, con una alta resistencia a la helada y una larga vida útil. Gracias a los estudios del Laboratorio CECERBENCH, dentro del Centro de Cerámico Italiano, especializado en el estudio y desarrollo de cerámicas con superficies funcionales, se puede observar que es posible crear materiales cerámicos para exteriores con nuevas características: la producción de electricidad a través del efecto fotovoltaico. Para conseguir este objetivo se han estudiado diversos materiales capaces de sustituir la capa de esmalte y que proporcionen electricidad fotovoltaica, y se ha desarrollado el procedimiento para crear, preferiblemente dentro del ciclo de producción de las baldosas, el recubrimiento en forma de células solares.

Este tipo de baldosa cerámica abre, prácticamente, un nuevo campo de actividades en la industria de la construcción, introduciendo la posibilidad de realizar elementos Fotovoltaicos Integrados en la Edificación en las fachadas ventiladas, no como alternativo al recubrimiento, sino de forma sinérgica con ello, incorporando ventajas dentro de la arquitectura del edificio y en el consumo energético.

Se puede aventurar fácilmente que la posibilidad de desarrollar fachadas ventiladas construidas con materiales cerámicos FV, en orientaciones geográficas favorables, acentúa la necesidad de estudiar y desarrollar soluciones de alto rendimiento energético para las construcciones grandes y relativamente nuevas sin un interés histórico particular, como los edificios de los distritos periféricos de las ciudades europeas, construidos durante la segunda mitad del siglo XX.

## 2. Experimental

El prototipo de la baldosa cerámica fotovoltaica ha sido desarrollado durante el reciente periodo de actividades del Laboratorio CECERBENCH. El prototipo de 10x10 cm ha sido elaborado mediante una técnica de película delgada que ha permitido la creación de una capa superficial fotovoltaica que sustituya el esmalte.

Como soporte estructural, se ha utilizado el gres porcelánico en el que se han depositado las capas conductoras y fotosensibles. Las células de la unidad fotovoltaica (4 células, de formato 7x1 cm) están conectadas en serie para crear un aparato similar a un módulo FV, y la fotocorriente se lleva hacia las tomas eléctricas incorporadas en la baldosa, permitiendo una fácil conexión con las baldosas adyacentes.

Usando 9 de estas baldosas prototipo, se ha ensamblado un aparato como un módulo FV: las baldosas han sido interconectadas de forma eléctrica entre sí e insertadas en un marco de acero, cerrado dentro de una estructura de aluminio.

Se sabe que los módulos de células c-Si están compuestos de células que poseen características eléctricas similares o incluso iguales para garantizar el mejor nivel de rendimiento. Desafortunadamente, nuestras células prototipo no se encontraban en esta situación, por lo que hemos decidido usar una configuración en series/paralelo para permitir que las células funcionasen en la medida de lo posible cerca de su máxima potencia. Las baldosas han sido conectadas de manera que forman tres filas (cada una de ellas compuesta por tres baldosas) conectadas entonces en paralelo entre sí.

El módulo FV obtenido de esta forma ha sido expuesto a la luz solar, fijándolo en una pared con exposición al sur y sin sombra. Con el sistema de sujeción se ha pretendido simular una fachada ventilada y se ha dejado una distancia de aproximadamente 10 cm entre la pared y el módulo.

Los parámetros eléctricos y térmicos han sido controlados durante dos semanas (del 16/07/2007 hasta el 27/07/2007), durante ocho horas al día, realizando mediciones aproximadamente cada hora.

La intensidad de la corriente y el voltaje han sido registrados con relación a una carga resistiva de 250 Ohm, conectada al módulo FV.

Las medidas realizadas han sido: temperatura de la célula, temperatura de la superficie de la baldosa (tanto de la temperatura de las baldosas “como recibidas”, como de las recubiertas por capas FV), temperatura del dorso de la baldosa, temperatura de la pared (mediante un pirómetro, modelo PhotoTemp MX, Raytek, USA equipado con un termopar tipo K), intensidad de la corriente y voltaje generado por el módulo (por medio de dos multímetros digitales modelo UT60, serie UNI-T, China). Finalmente, se ha registrado la iluminación del plano en el que ha sido montado el módulo (por medio de un luxímetro modelo ISO-TECH ILM350, Alemania), así como la temperatura y la humedad de ambiente.

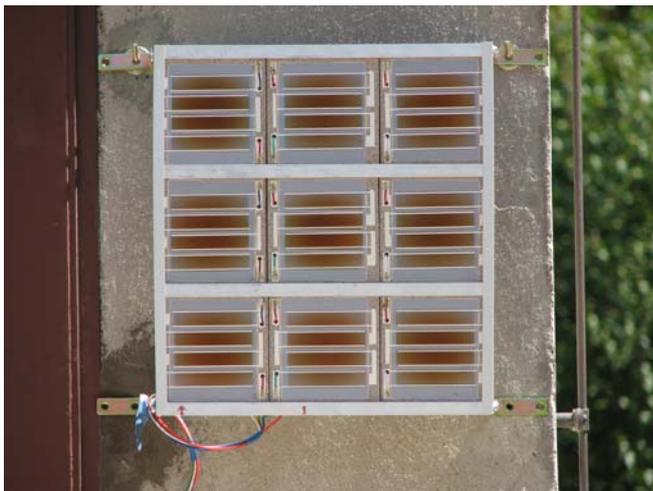


Fig. 5: Vista frontal del módulo de baldosas cerámicas FV

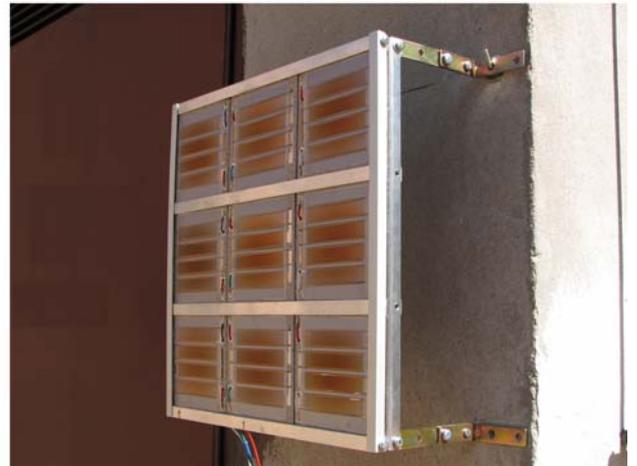


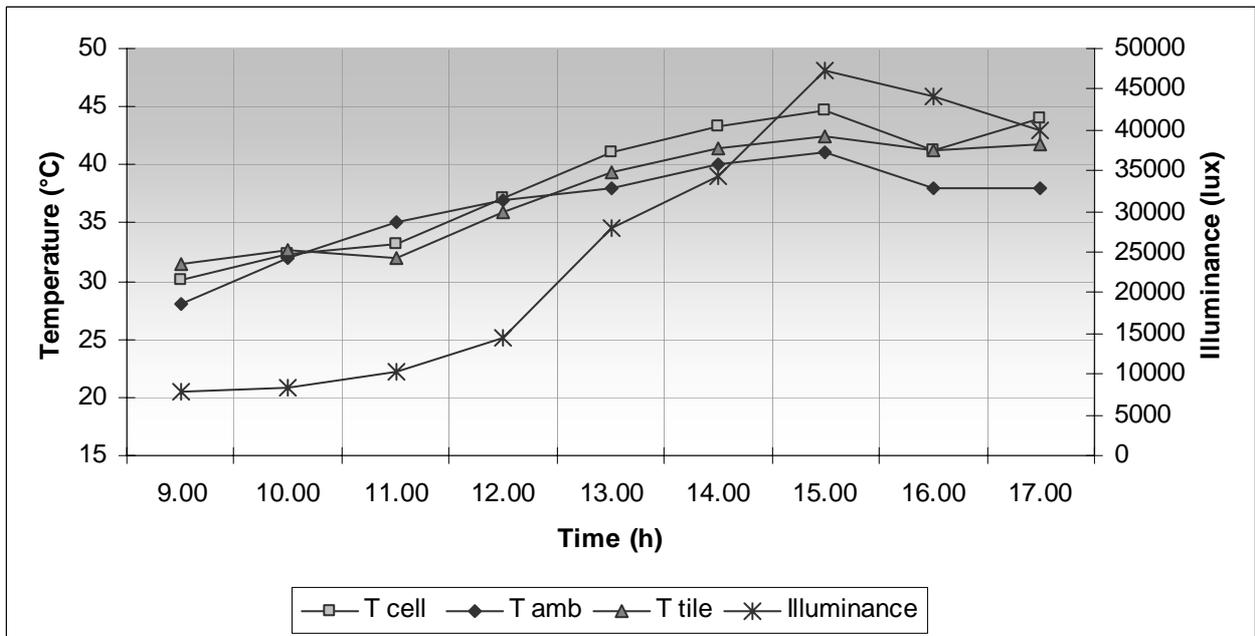
Fig. 6: Vista lateral del módulo de baldosas cerámicas FV instalado para simular una pared ventilada

### 3. Resultados y Discusión

#### 3.1 Control del módulo FV

##### *Medidas preliminares de la temperatura superficial*

Para conocer mejor los niveles de iluminación y la distribución térmica asociada, a lo largo del módulo FV, se han llevado a cabo mediciones de temperatura de las diferentes superficies y en la figura 7 se presentan los resultados típicos obtenidos.



Temperatura  
Tiempo  
Iluminancia

T célula      T amb      T baldosa      Iluminancia

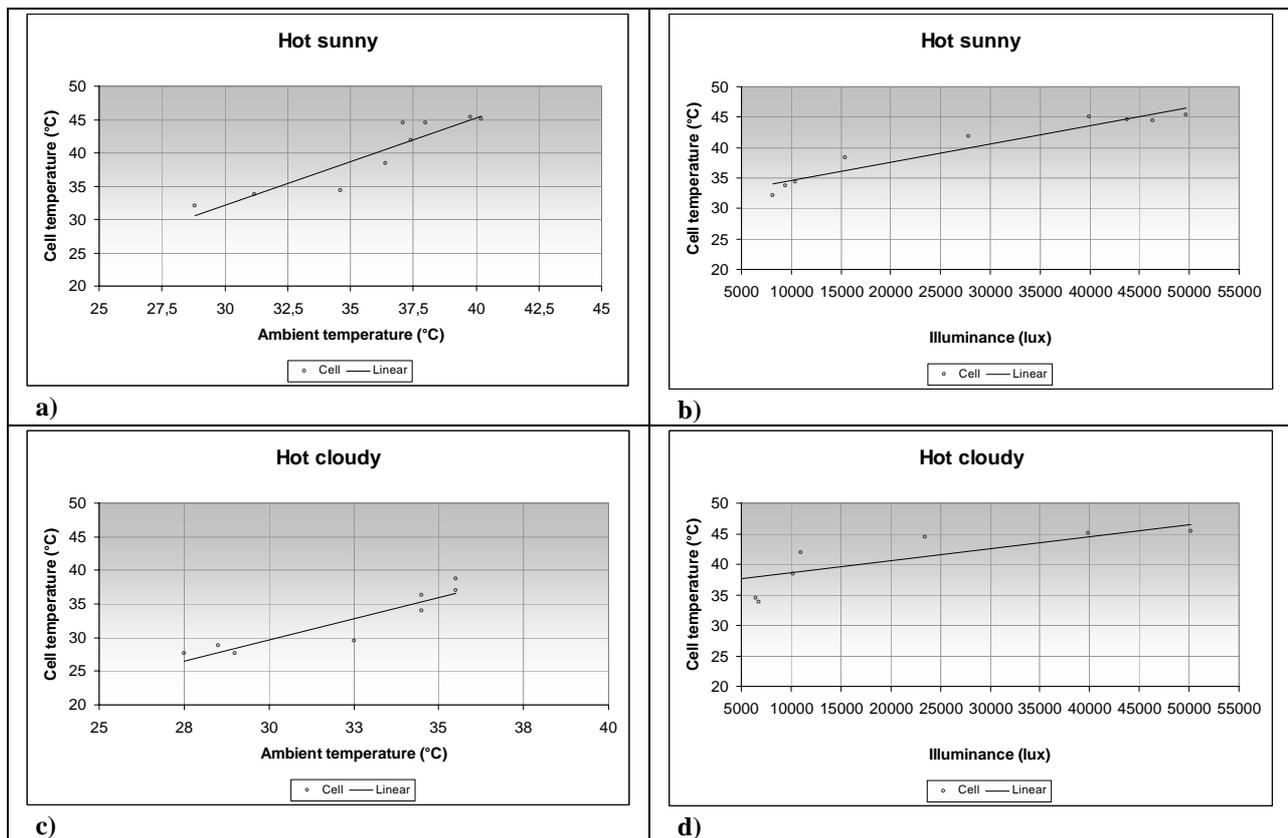
Fig. 7: Interdependencia de los niveles de iluminación y temperatura de la superficie del módulo FV con el tiempo.

Se puede apreciar la interrelación esperada entre la intensidad de la iluminación solar y todas las temperaturas medidas como la de ambiente, la de la superficie de la baldosa “como recibida” y la de la superficie de la baldosa cubierta por las células FV.

Si se lleva a cabo un análisis más detallado usando la comparación de la temperatura de las células FV, la temperatura ambiente y el nivel de iluminación solar, se puede observar que estos parámetros están correlacionados, en una primera aproximación, de forma lineal; aquí presentamos las medidas realizadas durante un día típicamente “caluroso y soleado” y durante un día “caluroso y nublado” (ver figura 8).

Es importante evaluar cuidadosamente estos resultados ya que la energía solar recibida incrementa todos los niveles de temperatura pero, debido a su influencia acentuada en la temperatura de las células FV, podría modificar el rendimiento de las células FV. Se puede predecir una influencia significativa de la temperatura del módulo en el rendimiento de las células FV, y por consecuencia, en toda la fachada ventilada FV, por lo que se realizaron de forma repetida mediciones detalladas de temperatura de las varias superficies de baldosas.

Debido a que el módulo prototipo FV no fue incorporado dentro de la fachada ventilada completa, los datos obtenidos no ofrecían la fiabilidad necesaria para extraer unas conclusiones sólidas. Aún así, las mediciones realizadas hasta el momento indican que las baldosas mantienen un comportamiento térmico bastante homogéneo: la diferencia promedio medida entre la superficie de la baldosa no revestida y la superficie de la baldosa revestida de una célula FV es de aproximadamente 0.5 °C, mientras que la máxima diferencia registrada es de +3.7 °C (“día caluroso y soleado”, 15:00 h,  $T_{amb} = 39$  °C). Hablando de forma cualitativa, esta reducida diferencia de temperaturas concuerda con los datos correspondientes de la bibliografía especializada, que indican que las células finas a-Si son menos sensibles al sobrecalentamiento que las células solares c-Si [12], y esto es así también cuando las células FV están sobre un soporte cerámico en vez de un soporte de vidrio.



Texto figuras:

- a) Caluroso y soleado; Temperatura de la célula; Temperatura ambiente
- b) Caluroso y soleado; Temperatura de la célula; Iluminancia
- c) Caluroso y nublado; Temperatura de la célula; Temperatura ambiente
- d) Caluroso y nublado; Temperatura de la célula; Iluminancia

célula          linear

Fig. 8: Relación de la temperatura de la célula FV: a) y c) con la temperatura ambiente en un día caluroso y soleado y en un día caluroso y nublado, respectivamente; b) y d) con la iluminación solar en un día caluroso y soleado y en un día caluroso y nublado.

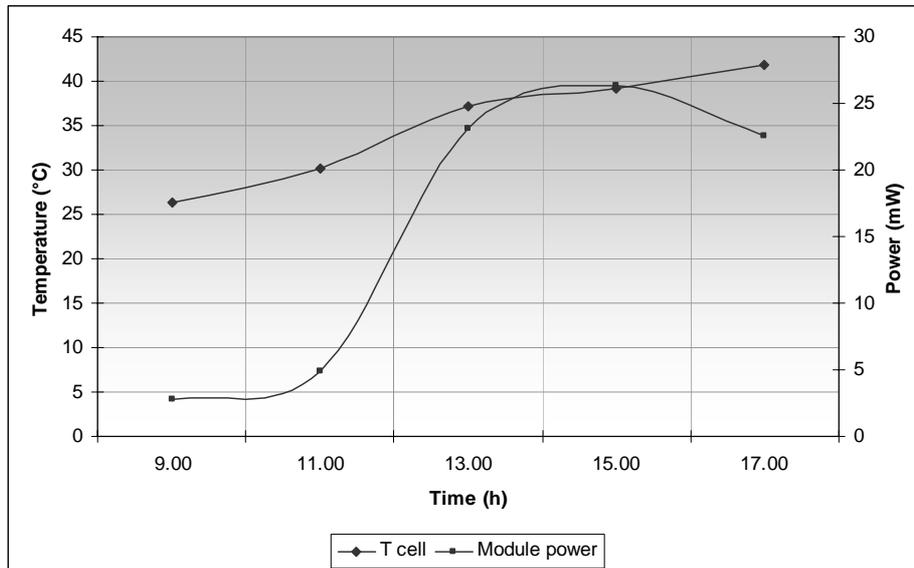
#### - Mediciones eléctricas preliminares

Para obtener una información inicial regular del comportamiento eléctrico del prototipo de baldosa FV, se han realizado una serie de mediciones eléctricas a lo largo del verano pasado, aunque el montaje de la muestra y las mediciones no cumplieron con la ortodoxia experimental prevista. Aún así, se han formulado varios comentarios cualitativos y explicaciones con la esperanza de que podrían aplicarse durante las mediciones más sofisticadas en curso y futuras.

Durante esta fase del presente trabajo y sin un orden rígido de importancia específica, se pueden destacar los siguientes aspectos.

- a. Los parámetros eléctricos del prototipo FV presentaban un deterioro durante el período muy al inicio de las mediciones. A medida que las mediciones se desarrollaban, los parámetros eléctricos tendían a estabilizarse dentro de los límites de las condiciones del ensayo y no se constató inactividad alguna en la baldosa FV. Esto puede tener relación con el fenómeno intrínseco de las pérdidas de rendimiento de la célula de silicio amorfo durante la exposición a la luz solar, efecto Staebler Wronsky [13].
- b. Además de la distribución de la radiación espectral, el nivel de temperatura tiene una influencia crucial en el rendimiento del módulo FV a-Si. La información del entorno y las condiciones ambientales del aparato FV, por ejemplo como la temperatura ambiente, son decisivos para su evaluación [14]. Cabe esperar que una baldosa FV montada en una fachada ventilada y, por tanto, mantenida en unas condiciones estabilizadas adecuadas, tendrá un funcionamiento más ventajoso.
- c. La cuestión anterior adquiere una importancia más profunda si examinamos las curvas de la figura 9: se puede apreciar que la curva de la electricidad generada se incrementa rápidamente a medida que la temperatura de la célula supera los 35° C, como en el caso actual. Aunque aquí se debe tener en cuenta el ángulo ventajoso de insolación, cabe esperar que a través de un diseño apropiado de la fachada ventilada, se pueden obtener parámetros térmicos que permitan que una baldosa FV esté en unas condiciones próximas a la temperatura óptima. Además,

teniendo en cuenta que en la bibliografía especializada se señala que la curva de la potencia eléctrica suministrada por los módulos a-Si empieza a incrementarse incluso a temperaturas más bajas, nuestros resultados permiten deducir que el aumento de la potencia eléctrica suministrada se debe probablemente al cambio de las condiciones de iluminación: esto queda confirmado por la observación de que, en un día “caluroso y soleado” este fenómeno se observa siempre a partir de las 11 a.m.

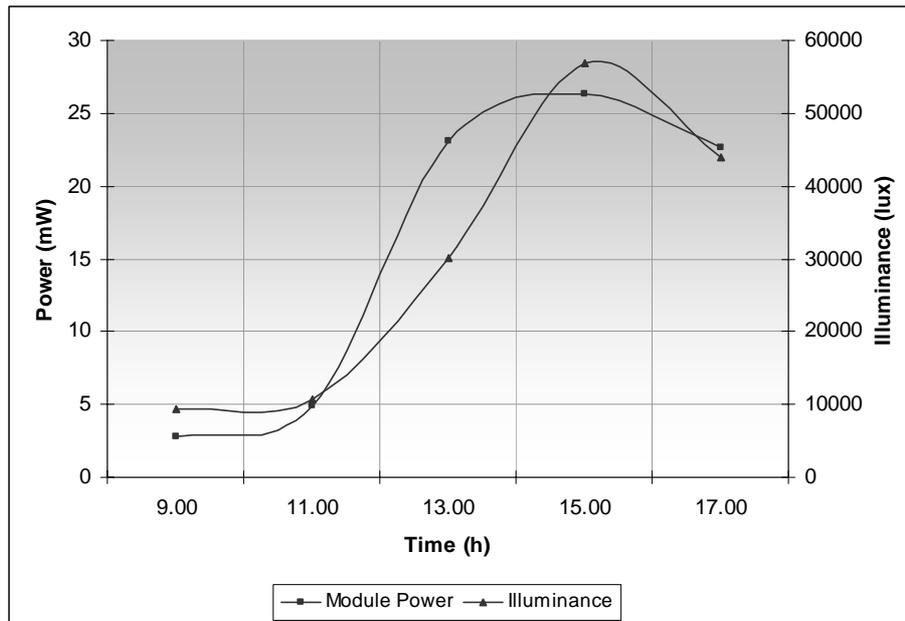


Texto figura:  
 Temperatura  
 Tiempo  
 Potencia

T célula          Potencia del módulo

Fig. 9: Suministro de la corriente en función de la temperatura de la baldosa FV (“día caluroso y soleado”)

- d. Al comparar las curvas de potencia e iluminación del módulo FV frente al tiempo, se observa que ambas curvas se caracterizan por unos máximos. Comparándolas se observa que hay un desplazamiento entre ambas (véase la figura 10). Aunque los efectos de la variación espectral ya han sido resueltos por los aparatos c-Si, la respuesta obtenida aquí es más pronunciada, como consecuencia del comportamiento intrínseco de a-Si [15]. Asimismo, se deberían de tener en cuenta aquí también la influencia de otros parámetros como la temperatura, ángulo de insolación, etc.



Texto figura:  
 Potencia  
 Tiempo  
 Iluminancia

Potencia del módulo

Iluminancia

Fig. 10: Suministro de la corriente en función de la iluminancia de la baldosa FV (“día caluroso y soleado”)

- e. Por otra parte, se ha seguido el muy conocido efecto de la inclinación vertical sobre el rendimiento del aparato FV a lo largo de esta serie de experimentos. Se ha verificado que el suministro de la corriente del prototipo FV a-Si es ligeramente más vulnerable que los aparatos tradicionales c-Si. Si se monta a un ángulo de 90° pierde aproximadamente un 40% de la energía que es capaz de producir con una inclinación preferente del 45° (el aparato c-Si permanece al 65% si se compara con el rendimiento al ángulo de 30°). Al mejorar el rendimiento del aparato, se puede esperar que las pérdidas debidas a la colocación en vertical sean inferiores a aquellas del c-Si, debido a que el a-Si tiene una sensibilidad mayor para difundir la radiación solar.
- f. Este trabajo experimental se ha realizado en una baldosa cerámica prototipo FV y las mediciones no fueron realizadas bajo unas condiciones estrictamente definidas, razón por la cual se han obtenido datos semicuantitativos y no definitivos. De todas formas, cabe suponer que con unas mayores dimensiones en las fachadas, junto con el hecho que, a igualdad de la potencia instalada, las películas delgadas de a-Si presentarán un mejor rendimiento energético anual que las de c-Si [16], y permitirán aprovechar las ventajas del uso de las baldosas cerámicas FV.

### 3.2 Trabajo en curso sobre el balance energético del edificio e introducción de las baldosas FV para fachadas

El trabajo experimental y los cálculos asociados de interés práctico serán obtenidos a lo largo del presente estudio mediante la realización de las siguientes actividades:

- Balance energético de un edificio típico construido después de 1970.
- Análisis del balance energético del edificio indicado previamente con una fachada ventilada diseñada a la medida y ensamblada con baldosas cerámicas FV,
- Se están realizando las líneas de estudio anteriores, a través de temas específicos que tratan del:
  - --- Consumo de energía primaria
  - --- Consumo de electricidad
  - --- Emisión de dióxido de carbono, estudio de un caso concreto.

## 4. Conclusiones

Se ha utilizado una baldosa de gres porcelánico de origen italiano “como recibida” como soporte para el aparato fotovoltaico. En vez de una capa de esmalte, las células delgadas FV y las conexiones eléctricas asociadas se han depositado con el uso de técnicas cerámicas tradicionales y avanzadas.

Se han realizado varias mediciones previas con el prototipo de baldosa FV montado dentro una estructura de tipo “fachada ventilada” y en particular: se han llevado a cabo las mediciones de temperatura de diferentes superficies, niveles de iluminación y mediciones de voltaje-corriente, a lo largo de un mes de verano.

Durante los días en los que se realizaron las mediciones iniciales, se observó un deterioro evidente del rendimiento de las baldosas FV, estando esto en completa concordancia con los datos teóricos relacionados con las células de silicio amorfo; no obstante, al poco tiempo, sus características se mantuvieron bastante estables. Las mediciones de las superficies de baldosas “como recibidas” y aquellas revestidas de células FV presentaban diferencias reducidas, no superiores a 0.5 °C, que pueden atribuirse a la naturaleza misma del soporte, es decir, de un soporte cerámico y no de vidrio como se suele utilizar habitualmente, y a la falta de todos los parámetros termodinámicos de una fachada ventilada de tamaño real. Se puede observar que la temperatura de la baldosa, vinculada lógicamente al nivel de iluminación, influye en el rendimiento de la baldosa FV; y en el prototipo de baldosa FV actual, el suministro de potencia eléctrica se incrementa con rapidez cuando la temperatura de la célula supera los 35 °C

Ya que el presente trabajo trataba de una baldosa cerámica FV prototipo y las medidas no se han llevado a cabo en unas condiciones estrictamente definidas, se han obtenido datos semicuantitativos y no definitivos. No obstante, se ha obtenido información útil sobre este asunto que permite planificar actividades futuras para desarrollar el planteamiento para la elaboración de fachadas ventiladas con baldosas FV.

## Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado como parte de las actividades del Laboratorio CECERBENCH, perteneciente a la Red de Alta Tecnología de la Emilia-Romagna, con la ayuda económica de las autoridades regionales de la Emilia-Romagna dentro del marco del programa PRRIITT Medida 3.4 Acción A – Laboratorio de Investigación y Transferencia de Tecnología.

Los autores desean agradecer sinceramente al Prof. Ivan Stamenkovic su ayuda en la preparación y discusión de la ponencia.

## Bibliografía

1. Libro Verde sobre la eficiencia energética, Comisión Europea (2005).
2. Decreto 2006/32//CE del Parlamento y Consejo Europeo de fecha abril 5, 2006, sobre el uso eficiente de la energía y los servicios energéticos
3. Mercado italiano de renovación de la edificación, CRESME, septiembre de 2006.
4. "External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS)". Riferimento: Guideline for european technical approval of external thermal insulation composite systems with rendering, ETAG 004, EOTA.
5. Benemann et al., Adv. Sol. Energy 13 (1999) 317.
6. Building-integrated PV modules. Joachim Benemann, Oussama Chehab, Eric Schaar-Gabr. Solar Energy Materials & Solar Cells 67 (2001) 345-354.
7. “Thermal Modeling for Building Integrating Ventilated PV Façade”; Li Mei, David Infield, Ursula Eicker, Volker Fux [Matarò (España). Photovoltaic. Energie. Cités 2000]
8. “Grid-connected building-integrated photovoltaics: a Hong Kong case study”; H. Yang , G. Zheng , C. Lou , D. An, J. Burnett. Solar Energy, 76 (2004) 55–59.
9. “Monitoring results of two examples of building integrated PV (FVIE) systems in the UK”; S.A. Omer, R. Wilson, S.B. Riffat. Renewable Energy 28 (2003) 1387–1399.
10. PV FOR BUILDINGS, Noviembre/Diciembre 2004 reFOCUS. H. Maurus, M. Schmid, B. Blersch, P. Lechner, y H. Schade, RWE SCHOTT Solar GmbH, Germany report.
11. “Investigation of temperature effect on PV module efficiency under outdoor testing condition”; Kritwiput P. Nipon Ketjoy, W. Rakwichian.
12. D.L. Staebler y C.R. Wronski, J. Appl. Phys. Lett. 31(4) (1977) 292-294.
13. “ Outdoor performance of triple stacked a-Si photovoltaic module in various geographical locations and climates”; K.Fukae, Chin Chou Lim, M. Tamechika, N.Takehara, K. Saito, I. Kajita, y E.Kondo

14. "Impact of spectral irradiance distribution and temperature on the outdoor performance of amorphous Si photovoltaic modules"; T. Minemoto, S. Nagae, H. Takakura, *Solar Energy Materials & Solar Cells* 91 (2007) 919–923
15. "Performance of thin film PV modules"; R. P. Kenny, A. Ioannides, H. Muñllejans, W. Zaaiman, E. D. Dunlop, *Thin Solid Films* 511 – 512 (2006) 663 – 672
16. "Qualità e resa energetica di moduli ed impianti PV TISO - periodo VI: 2000-2002", N. Cereghetti, D. Chianese, S. Rezzonico, A. Realini, E. Burà, G. Friesen, SUPSI, DCT, LEEE-TISO – SFOE –