

INFLUENCIA DEL DISEÑO DE FACHADAS EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA: ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR

Francisco J. Sánchez Medrano
Universidad Católica de Murcia

Resumen

En la fase de proyecto es común apelar a criterios de sostenibilidad y de búsqueda de eficiencia energética para justificar un determinado diseño y empleo de soluciones constructivas. Durante el desarrollo de la obra y luego en el período de vida útil del edificio, en escasas ocasiones se controla la efectividad real de dichas tomas de decisión, de forma que quedan más en el campo de las buenas intenciones que en las de unas prácticas consolidadas por resultados contrastados. En el caso del edificio que se presenta, mediante una campaña de pruebas y mediciones, se ha podido comprobar la efectividad real de los elementos diseñados para atenuar el consumo energético. Se trata de analizar elementos estrechamente ligados al concepto arquitectónico de su imagen exterior: el uso de doble fachada, pérgolas, marquesinas y celosías graduadas en función de las orientaciones; a los que se suman los aislamientos y filtros incorporados en los materiales escogidos.

Palabras clave: Protección solar, diseño de fachadas, eficiencia energética, sostenibilidad.

Abstract

In the phase of project is common use sustainability criteria for energy efficiency to justify a particular design and use of materials and construction solutions. During the development of the work and then the useful life of the building, rarely controls the actual effectiveness of such decision-making, so that there are more in the realm of good intentions than in the consolidated practices by proven results. In the case of the building that has been able, through a series of tests and measurements, it was possible to verify the real effectiveness of elements designed to reduce energy consumption. We analyze solutions linked to the architectural concept of the external image: the use of double facade, pergolas, awnings and blinds graded according to the guidelines; elements to which the filters and the materials chosen isolates were added.

Key words: Sun protection, facade design, energy efficiency, design, sustainability.

1. Aproximación a los criterios generales de la intervención y descripción de la edificación

Partiendo de unas necesidades definidas y un esquema básico propuesto por los técnicos del Ministerio, los condicionantes de la intervención eran múltiples: integración con el edificio existente, racionalidad en el uso de recursos, accesibilidad, empleo de criterios de sostenibilidad y eficiencia energética; además de otros que consideramos inherentes a su carácter público: solidez y representatividad.

Como reto particular de una estructura funcional dispuesta “en bandejas horizontales”, estaba la resolución de una intrincada red de circulaciones interiores y acceso a grados de privacidad o confinamiento. El proyecto, inauguró los estándares del CTE, representando, en su momento, la mayor inversión del Ministerio de Justicia en el territorio de su competencia (1). La preocupación por los requisitos de eficiencia energética se materializó en una auditoría sobre sostenibilidad y protección ambiental (2), que revisó las instalaciones de confort e hizo valorar las soluciones más idóneas de aislamiento, tanto térmico como acústico.



Figura 1. Imagen aérea de la Ciudad de la Justicia de Murcia (Paisajes Españoles)

En el desarrollo proyectual también era clave la inserción en el entorno, tanto para mantener un cierto diálogo con la fase I, como para ser conscientes que con la colmatación de la parcela se trabajaba a escala de ciudad (Fig. 1).

Se ha tratado de dar protagonismo a los sistemas y elementos prefabricados: por tecnología, por economía y por evolución de la propia industria (3).

Los terrenos, que fueron cedidos por el municipio, tienen forma poligonal irregular con una

superficie de 21.035,00 m², y los siguientes límites:

NORTE: C/ Senda Estrecha. Parcela de la Fase 1 de la Ciudad de la Justicia

SUR: Avda. Ciudad de la Justicia (de reciente apertura).

ESTE: Instituto de Enseñanza Secundaria (Ramón y Cajal)

OESTE: Ronda Sur

Con el cumplimiento del Programa de necesidades se daban curso a la concentración de todos los órganos judiciales de la demarcación:

Decanato y espacios anejos (Salón de Actos, Sala de Prensa, Aulas, Salas de reuniones, Secretaría Provincial). 28 Juzgados (aumentados hasta 37 durante la obra) y la contemplación de 8 más de reserva (1ª Instancia Instrucción, Penal, Menores, Violencia sobre la Mujer, Mercantil, Vigilancia Penitenciaria y de Guardia). Clínica Forense, Fiscalía, Registro Civil, Servicios Comunes de Procesamiento, Zona de detenidos y Archivos.

Junto con la incorporación de criterios de sostenibilidad y eficiencia, ha sido necesario trabajar con elementos versátiles y modulares, para que puedan servir a las modificaciones de función que representarán los nuevos enfoques de la reforma judicial en España.

Las circulaciones interiores determinan recorridos sin intersecciones de usuarios (funcionarios, visitantes, profesionales, detenidos). Por otro lado el número elevado de unidades administrativas implicaba una construcción que podía favorecer la pérdida de la escala humana y masificación.

Estos condicionantes se han resuelto con un diseño basado en un desarrollo en planta de "T" de brazos desiguales, con una estructura de cinco módulos, 3 volúmenes (Norte-Sur) y 2 volúmenes (Este-Oeste), unidos mediante una charnela que ejerce de acceso en Planta Baja y distribuidor en las restantes (Fig. 2). Cada módulo va contenido entre muros de hormigón armado: sirven de filtros visuales en los recorridos horizontales, establecen lugares de relación entre unidades, y son elementos de diálogo formal con la fase construida anteriormente.



Figura 2. Acceso principal al edificio (David Frutos)

Los recintos modulares tienen un doble núcleo servidor con escalera, ascensor, aseos, patio de instalaciones y gran patio de luces, que convierte en receptoras de luz natural todas las áreas de trabajo. También están dotados de equipos eléctricos y climatización que lo hace independiente en cuanto a condiciones energéticas.

La superficie construida total es de 36.220 m², con una inversión total: 33.100.000.- Euros (38.778.000.- Euros IVA incluido), incluyendo la urbanización de 16.000 m². Esto representa un Módulo de coste de 1.070.- Euros/m² (IVA incluido y urbanización), y un Módulo de coste (sin IVA) de 915.- €/m². La recepción de la obra se produjo el 28 de agosto de 2012.

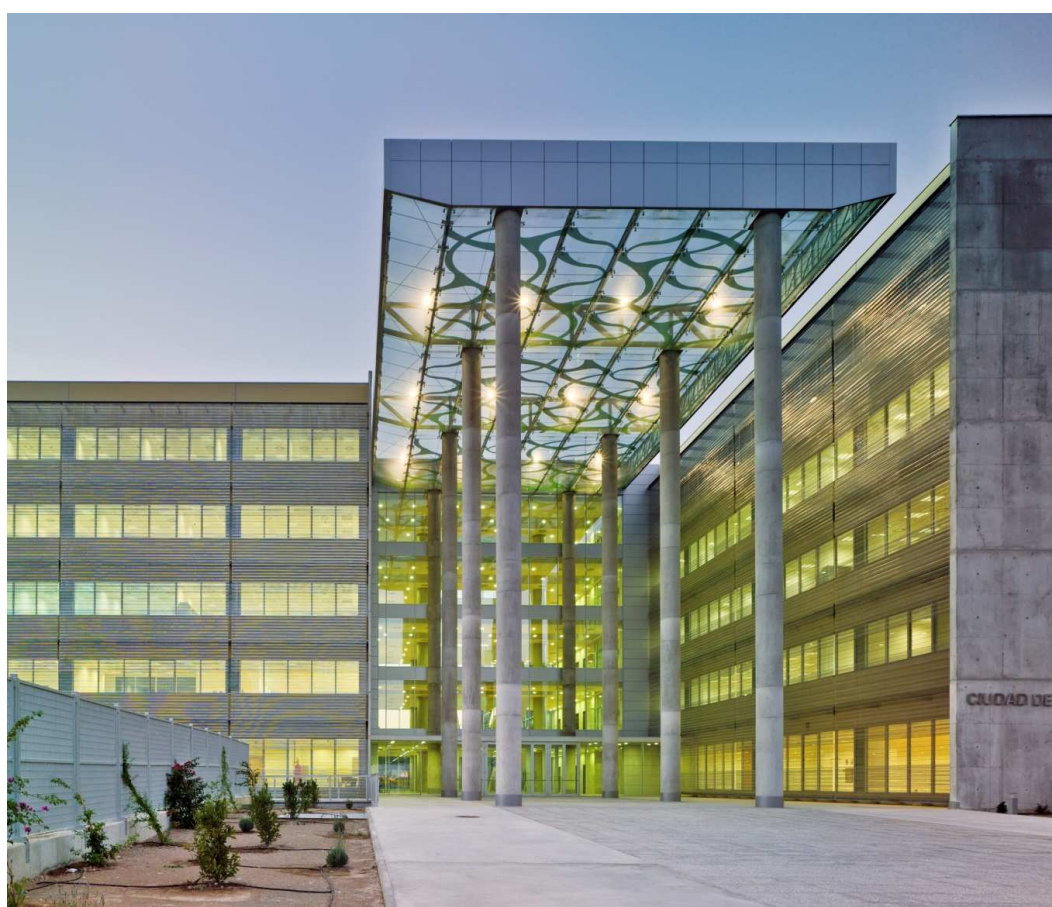


Figura 3. Fachada Sureste de la Ciudad de la Justicia de Murcia (David Frutos)

2.- Elementos de cerramiento: composición de fachadas

La imagen final del edificio, junto con el pórtico de entrada formado por una pérgola de vidrio sobre pilares de hormigón visto, está marcada por una celosía de acero inoxidable que cubre la fachada de paneles prefabricados y ventanales continuos en horizontal, actuando como medida pasiva de control del soleamiento (Fig. 3).

Los cinco módulos se engarzan a través de un volumen de vestíbulos y comunicaciones verticales, que pretende ser muy diáfano y transparente, a la vez que aporte imagen de seguridad y cobijo. Ahí el discurso proyectual se ha decantado por la colocación de muros cortina, a orientaciones Norte y Sur, protegido éste último con la pérgola que se eleva hasta la cubierta.

Las fachadas del resto de los módulos están planteadas como una doble piel, constituidas por un cierre interior multicapa: hoja exterior de panel prefabricado de hormigón armado de 12 cm de espesor, cámara de aire de 5 cm que incluye aislamiento térmico a base de paneles de lana de roca 4 cm, hoja interior de trasdosado de placas de cartón yeso; y un cierre exterior formado por mallas de acero inoxidable. Entre ambos elementos se disponen pasarelas de mantenimiento por cada nivel, que funcionan como marquesinas que también ayudan al tamizado. Hay consideraciones funcionales que justifican el uso de una piel exterior: las grandes superficies de vidrio precisarán de tareas de entretenimiento, y la facilidad de acceso redundará en una mayor efectividad y mantenimiento de la imagen del edificio; también en los niveles inferiores hubiera sido preciso disponer de elementos de seguridad adicional a los huecos (vidrios de seguridad, enrejados, reforzamiento de las medidas anti-intrusión).

Desde el punto de vista compositivo, estas fachadas responden a una alternancia de bandas horizontales: paños ciegos de paneles prefabricados de hormigón y ventanales corridos, recogiendo la opción implementada desde el movimiento moderno que libera al muro de la combinación vertical de hueco y macizo. La decantación por el aluminio, como material de referencia, se basa en múltiples factores: una imagen arquitectónica definida, resistencia, durabilidad, futura capacidad de reciclado y un bajo mantenimiento, que lo hace atractivo para que un espacio de uso público intenso mantenga en el tiempo la idea de diseño originaria. El color de las carpinterías es un anodizado Plata Mate que muestra la autenticidad metálica del material, reforzando la idea de modularidad el sistema de hoja oculta, para que no hubiera diferencia visual entre montantes.

Parámetros técnicos condicionantes han sido el cumplimiento de la normativa acústica y la limitación de la demanda energética CTE-DB-HE-1 (4). Las envolventes de este edificio se han sometido a los estudios previos que exige el Código Técnico de la Edificación (CTE). La auditoría del Ministerio de Justicia sobre sostenibilidad y eficiencia, apuntó hacia un ahorro previsto del orden del 40% en el consumo energético destinado a la climatización.

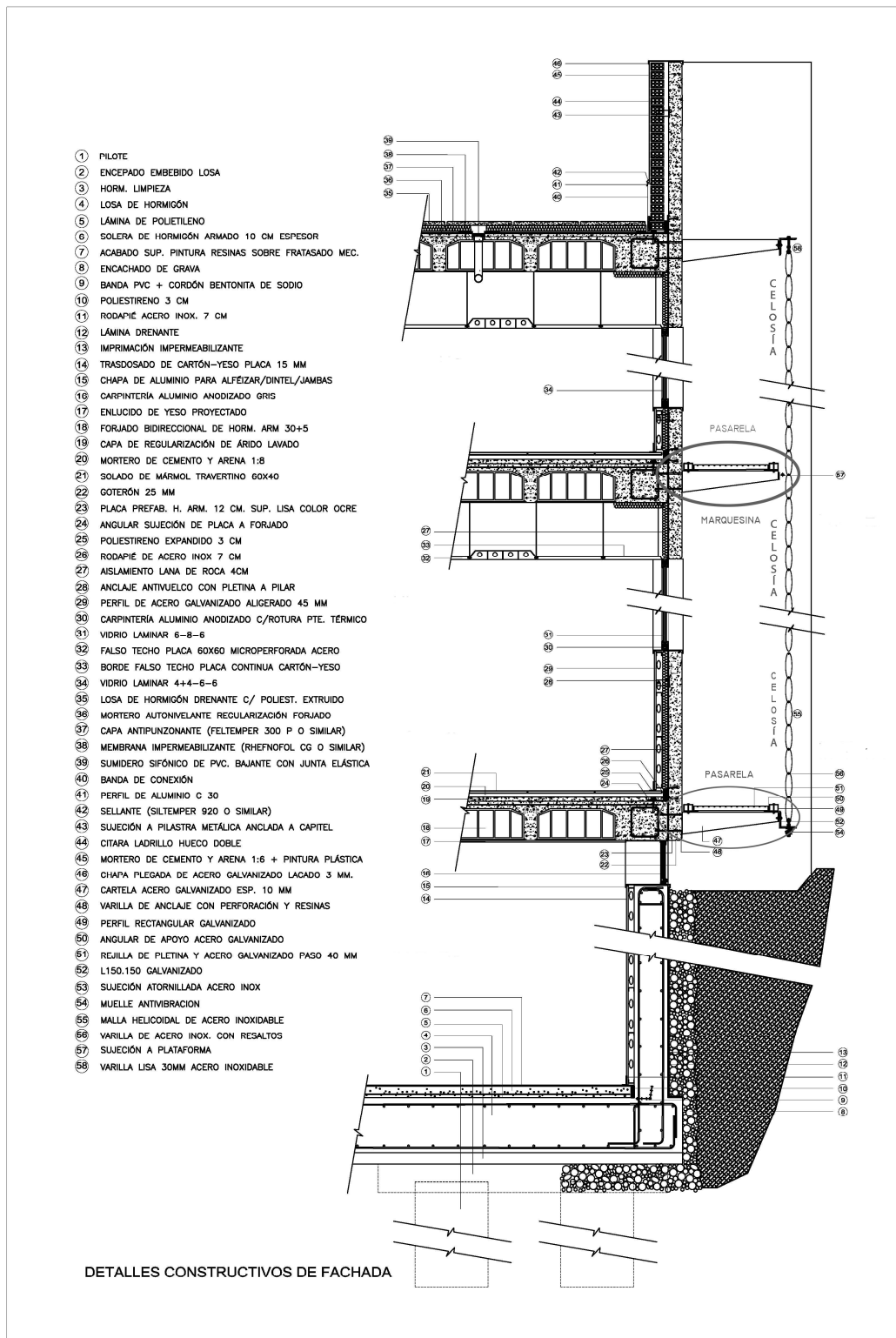


Figura 4. Detalle constructivo de fachadas tipo (Proyecto)

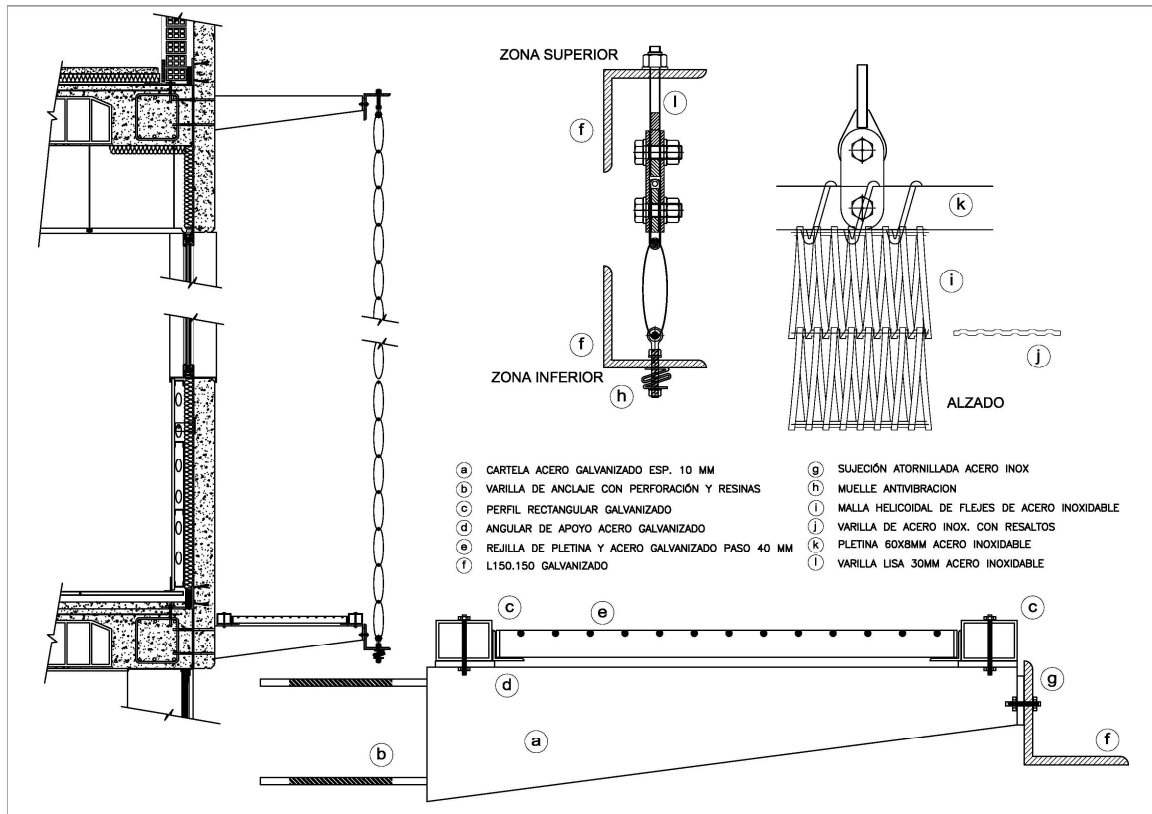


Figura 5. Detalle constructivo Malla exterior y pasarela (Proyecto)

3.- Doble piel: articulación de sistemas y materiales

Se describen a continuación los materiales y sistemas constructivos que componen cada uno de los elementos de cierre y protección de las fachadas tipo del edificio (Fig. 4 y Fig. 5):

Cierre interior:

Placas prefabricadas de hormigón armado de 12 cm de espesor y ancho estándar de 2,50 m, HA-25/B/12 y acero B 500. Colocada en horizontal según despiece de fachadas (paneles de 6,60 m y 8,40 m). Acabado exterior liso color beige, superficie interior en fratasado gris, juntas machihembradas selladas por el exterior con masilla de poliuretano.

Colocadas directamente en la obra desde la góndola de transporte, con sujeción a forjados a base de perfiles en "L" de acero galvanizado y pletinas antivuelco a pilares, muros y pilastras.

Aislamiento: Panel rígido de lana de roca no revestido Alpharock-E 225 de ROCKWOOL de 40 mm de espesor en medidas 1.350 mm x 600 mm y 1.350 mm x 400 mm. Características técnicas: densidad nominal 70 kg/m³. Conductividad térmica 0.034 W (m.k) Resistencia térmica 1.15 R(m²K/W). Calor específico 0.84 KJ/Kg K a 20º. Reacción al fuego Euroclase A1

Trasdosado interior de fachada, formado por una placa de cartón-yeso de 15 mm. de espesor, atornillada a una estructura de acero galvanizado de 46 mm. y dimensión total de 61 mm., fijada al suelo y techo con tornillos de acero y montantes cada 600 mm., i/ colocación de perfil metálico rectangular para recibir canal superior.

Carpintería exterior:

Ventanas: serie 65 STH de METRA con rotura de puente térmico, perfiles de aluminio anodizado con pilastra reforzada y hoja oculta fría. Hojas practicables abatibles de eje vertical.

Permeabilidad al aire: Clase 4. Estanqueidad al agua: Clase 9A. Resistencia al viento: Clase C4.

Muros Cortina: Poliedra Sky 50 de METRA, perfiles de aluminio de 50 mm x 150 mm, tapeta de aluminio anodizado y anclajes en cada forjado.

- Perfiles de aluminio extruido según Norma UNE 38.337 con aleación 6063 (Aluminio Silicio Magnesio 0,5), y tratamiento térmico T-5. Aluminio de aleación para reducir la aparición de corrosión filiforme. Fijación de los travesaños a los montantes mediante fresado de los extremos para evacuación de agua desde los travesaños hasta las cámaras de drenaje vertical.

- Anclajes de acero galvanizado con regulación tridimensional, para la fijación de la estructura de aluminio a los bordes del forjado.

- Acabado en Anodizado Plata, con espesor de capa anódica de 15 micras. Con sello de calidad EWAA-EURAS.

La carpintería responde a los ensayos de permeabilidad, estanqueidad y resistencia al viento siguientes: Permeabilidad al aire: Clase AE.

Estanqueidad al agua: Clase RE1050/250Pa/750 Pa. Resistencia al viento: 2000 Pa 3000 Pa.

-Tapetas exteriores clipadas a presores de 50 mm. de ancho, de sección rectangular interponiendo pieza de remate lateral para facilitar la salida del agua exterior.

Acristalamiento:

Ventanales de 2,60 m de altura y muros cortina

Doble vidrio, Aislagas, con cámara con hoja exterior laminado planibel de 4+4 mm, cámara de aire deshidratada de 12 mm, y hoja interior laminado 4+4 mm con butyral transparente; de cantos arenados y sellado en frío con silicona neutra.

Transmisión luminosa 75 %. Reflexión luminosa exterior 13 %. Transmisión energética directa 43 %. Absorción energética 38 %. Factor Solar 50 %.

Ventanales de 1,80 m de altura

Doble vidrio, Aislagas-Vipla, con cámara con hoja exterior laminado planibel de 6 mm, cámara de aire deshidratada de 10 mm, y hoja interior laminado 4+4 mm con butyral transparente; de cantos arenados y sellado en frío con silicona neutra.

Transmisión luminosa 76 %. Reflexión luminosa exterior 13 %. Transmisión energética directa 44 %. Absorción energética 34 %. Factor Solar 52 %.

Pasarelas de mantenimiento (marquesinas):

Rejilla metálica, con celosía de acero galvanizado, formada por pletina y redondo, cuadrícula en un solo plano de 25 x 25 mm con uniones electrosoldadas y posterior galvanizado; bastidor angular L 60.6 de acero galvanizado sobre perfil IPE-80.

Cierre exterior:

Malla de acero inoxidable, combinación de dos modelos:

- Modelo Eiffel-40 de CODINA

Espiras laminadas (de dimensiones 7 mm x 1,20 mm), a derecha e izquierda unidas entre sí por

una varilla ondulada, de diámetro 5 mm.

Paso de espiras: 40 mm. Paso de varillas: 99,50 mm. Peso 5,3 kg/m². Ancho máximo 8,00 m.
Superficie libre: aprox. 58 %.

- Modelo Eiffel-20 de CODINA

Espiras laminadas (de dimensiones 7 mm x 1,20 mm), a derecha e izquierda unidas entre sí por una varilla ondulada, de diámetro 5 mm.

Paso de espiras: 20 mm. Paso de varillas: 99,50 mm. Peso 9,0 kg/m². Ancho máximo 8,00 m.
Superficie libre: aprox. 33 %.

Sistema de sujeción y tensado:

Estructura auxiliar en perfiles laminados en caliente S275, y galvanizados, formada por angular de dimensiones 150x150, en cabeza y arranque de fachada, tornillos, tensores y cables de acero, con pasadores en el frente de pasarelas de mantenimiento.

La secuencia de colocación se recoge en las imágenes de la Fig. 6

4.- Examen real del comportamiento de los paramentos envolventes

El estudio realizado se ha basado en el registro de la radiación y la temperatura durante doce horas consecutivas (9-21 h), durante distintos días y en diferentes zonas del edificio (5).

Las mediciones se han realizado en cuatro puntos distintos de la planta tercera, dos de ellos en salas orientadas a norte y otros dos en salas orientadas a sur, buscando puntos con y sin protección solar de malla exterior para cada una de las orientaciones.

La campaña de mediciones se inició el 23 de mayo de 2012 y se concluyó el 14 de junio de 2012. En cada punto de observación se han tenido en cuenta los datos de varios días, desechando los resultados registrados de días de condiciones meteorológicas que diferían notablemente de los estándares de la época (días nublados o lluviosos). Los valores de comparación se refirieron a los proporcionados por los distintos Atlas de radiación (6) (7) (8) y series de la AEMET (9).



1



2



3



4



5



6



7



8



9



10



11



12

Figura 6. Proceso de colocación de estructura auxiliar, pasarelas y malla de acero inoxidable (Sánchez Medrano)

Así las conclusiones del ensayo sobre las fachadas fueron (Fig. 7):

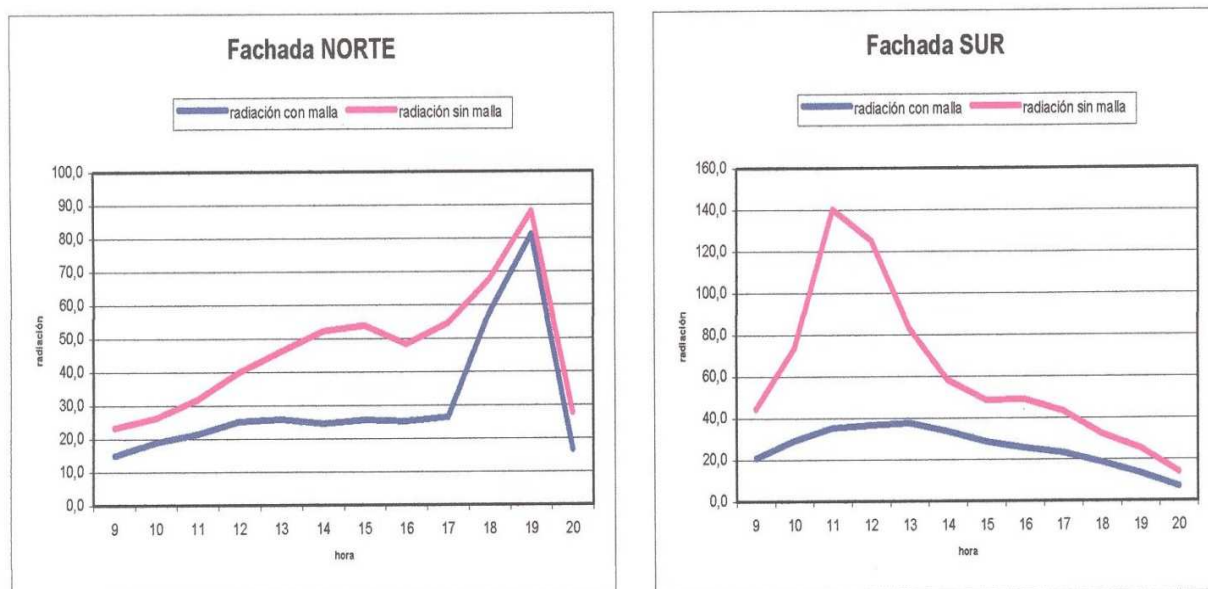


Gráfico 1: Radiación media por hora en fachada norte.

Gráfico 2: Radiación media por hora en fachada sur.

Figura 7. Medición de la radiación solar por fachadas, con y sin Malla de protección (ACE Edificación)

Fachadas Norte: con malla 363 Wh/m² (intervalo 9-21 h), sin malla 560 Wh/m² (intervalo 9-21 h), disminución del 35,1 % de radiación.

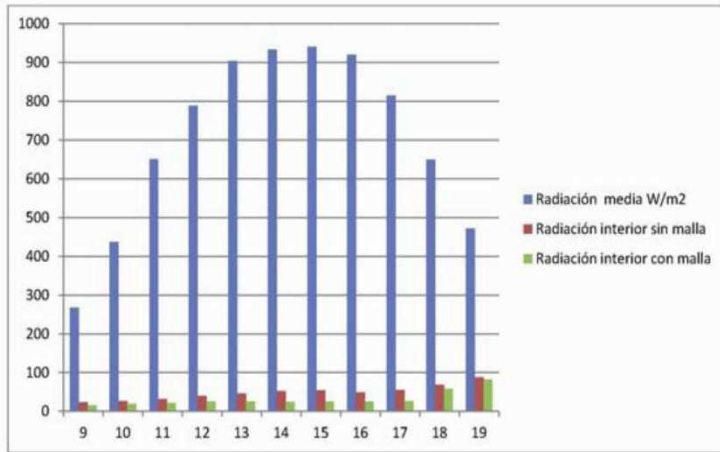
Fachadas Sur: con malla 310 Wh/m² (intervalo 9-21 h), sin malla 737 Wh/m² (intervalo 9-21 h), disminución del 58,0 % de radiación.

Si consideramos el intervalo habitual máximo de trabajo y uso del edificio, de 9 a 18 horas, en las fachadas Norte llega la disminución de radiación al 40,16 %, y en las fachadas Sur hasta el 58,52 % (Figs. 8 y 9).

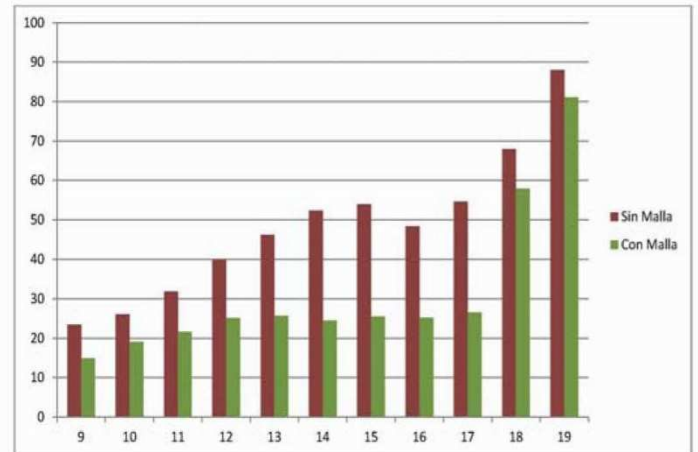
Como se ha especificado en el capítulo anterior se han dispuesto mallas con distinta concentración de material, permitiendo mayor o menor paso de la luz. Esto se consigue abriendo o cerrando el paso de espiral del fleje de acero. De esta forma se puede discriminar según orientaciones más o menos expuestas, y procurar una franja más permeable a la vista a la altura de los puestos de trabajo. Esta disposición de espirales en la malla consigue rebajas diferentes de aporte de radiación a las fachadas, de forma que la medida en orientaciones opuestas es muy similar: en torno a los 310-360 Wh/m², lo que redundará en un mejor funcionamiento de las instalaciones de clima y ventilación, y una más fácil regulación de los

parámetros de confort interior.

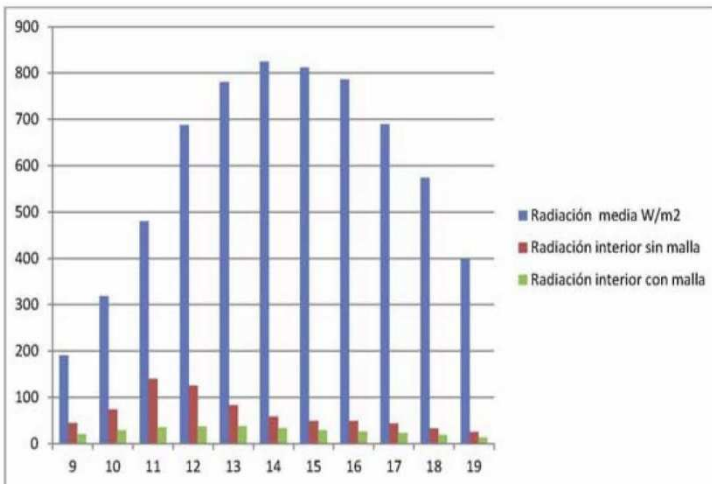
Respecto de la temperatura, aunque es un dato con más parámetros de variabilidad, se obtuvo en las fachadas Sur un descenso de 3 a 4º C desde las 12 h hasta las 19 h en comparación con la



Fachada NO



registrada en el exterior.



Fachada SE

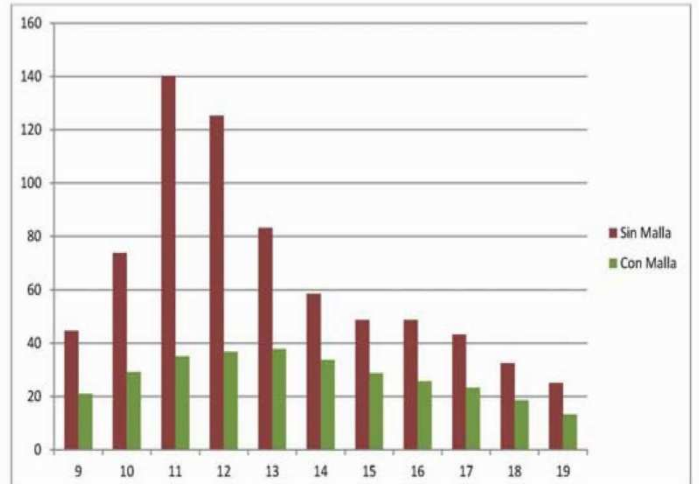


Figura 8 y 9. Disminución de la de la radiación solar por fachadas, con y sin Malla de protección, en el intervalo horario de trabajo habitual 9 h – 18 h (Sánchez Medrano)

5.- Ahorro energético y contribución a la sostenibilidad

Las mediciones proporcionan unos resultados de disminución significativa de la radiación solar en la superficie de la piel interior del edificio, gracias a la disposición de la malla. Para una valoración más precisa del concepto expresado procederemos a calcular los efectos de ahorro

energético en términos económicos, y así analizar qué relación tienen respecto de los costes de las soluciones constructivas empleadas, y respecto de la inversión general en el edificio, para poder definir el sistema como realmente “sostenible” (10).

En el inmueble hay 10.636,00 m² de fachadas exteriores (de ellas 2.594,00 de testeros), y 3.712,00 m² en patios. De ahí el cerramiento acristalado es de 6.096,40 m², distribuidos en: 5.127,86 m² de ventanales de fachada y patios, y 968,54 m² de muros cortina. El cierre exterior de malla representa 6.443,09 m² sobre 7.292,00 m²

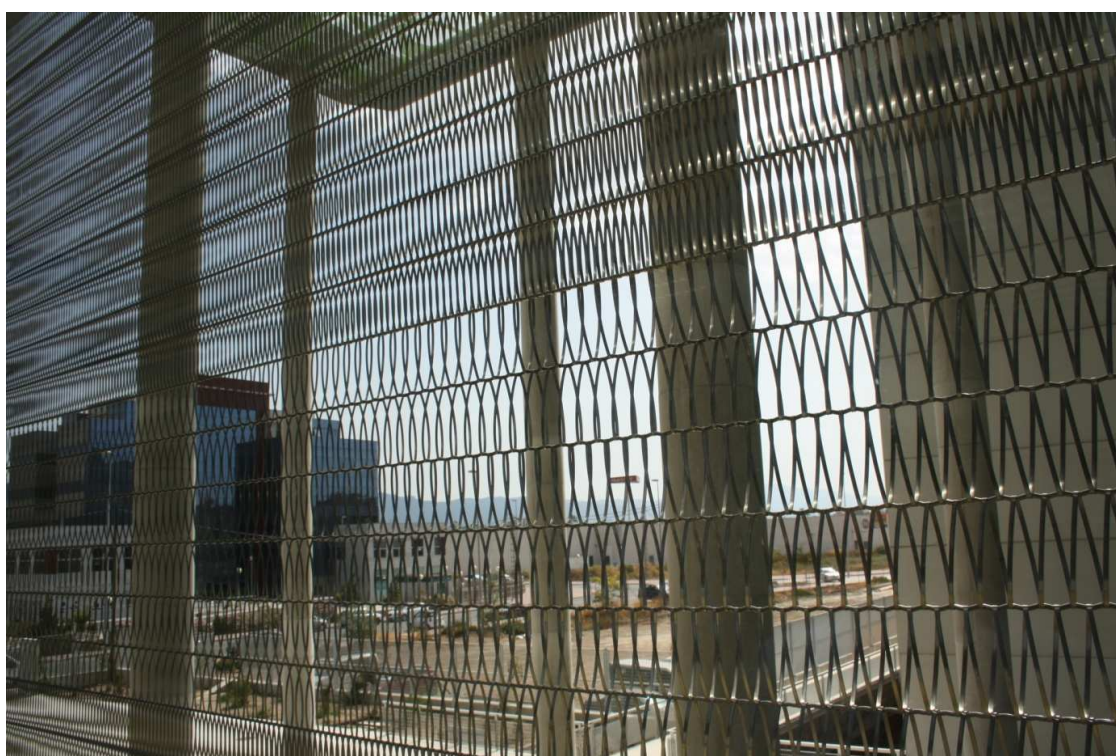


Figura 10. La Malla de acero exterior combina dos pasos de espiral que facilitan la visión del entorno desde el puesto de trabajo (Sánchez Medrano)

de frentes con fachada prefabricada (Fig. 10).

Los costes se han tomado de la certificación final de liquidación de las obras: se cuenta con la medición real de las partidas que intervienen y se han contrastado los precios con los comparativos de obra y empresas suministradoras, de forma que podemos afirmar que se trata de valores ciertos de mercado.

El cierre exterior se certifica mediante dos unidades: Malla de acero inoxidable y Estructura auxiliar de acero galvanizado. La primera tiene una medición total de 6.443,09.- m² y un coste en ejecución material de 927.418,37.- €, que con los porcentajes de gastos generales (13 %),

beneficio industrial (6 %), y baja (32,03 %), queda en 750.135,86.- € antes de los impuestos indirectos (IVA). La segunda unidad, en acero para cierre de fachada, tiene una medición de 27.551,20 kg y un coste de ejecución material de 71.908,63.- €, que con la aplicación de porcentajes queda en 58.162,79.- € antes de IVA.

El importe total del sistema constructivo es de 808.298,65.- €. Esto representa 125,45 €/ m2 sobre fachada y 22,32 €/ m2 de edificio, es decir el 2,44 % del coste total.

Con estos datos se pasa a evaluar el ahorro en el consumo energético derivado de la menor radiación soportada por las fachadas, gracias a la doble piel, que directamente se considerará como menor gasto ocasionado a los equipos de climatización para compensar el aporte solar exterior. Se procederá a medir de dos formas independientes: a) considerando la disminución general de radiación respecto de la malla, como si fuera el único elemento constructivo de protección en solitario; b) considerando la disminución efectiva medida en el interior del edificio, en la que interviene la malla y el factor solar de protección incorporado al vidrio. Así se obtendrá un doble valor de rebaja en la factura de energía eléctrica, y un rango de amortización del sistema constructivo.

El régimen de operación es de 240 días al año. A los valores conseguidos de medición debemos aplicar unos factores numéricos de corrección. Primeramente las observaciones fueron hechas entre mayo y junio, que son meses donde la radiación está cerca de los máximos del año, mientras que la radiación media anual es de 4565,4 Wh/m2 día. El promedio de datos observados, considerando su proporción respecto a valores generales, conlleva aplicar el factor 0,6504153278 (que aplicaremos tanto para regularizar la medida de porcentaje de ahorro, como para ponderar a todo el año la extracción de mediciones). En segundo término las medidas de radiación se efectúan sobre un plano horizontal, y, en este estudio, nos interesa relacionarlo a los planos de fachadas. La corrección en este sentido, en la latitud de Murcia, proporciona un factor correctivo de 1,17608438.

A) Ahorro anual debido a la malla como único elemento de protección:

Fachadas Norte (NO-NE)

$$4,5654 \text{ kWh/m}^2 \times 0,351 \times 240 \times 1.554,20 \text{ m}^2 \times 0,6504153278 \times 1,17608438 = 457.188,50 \text{ kW}$$

Fachadas Sur (SO-SE)

$$4,5654 \text{ kWh/m}^2 \times 0,580 \times 240 \times 1.517,30 \text{ m}^2 \times 0,6504153278 \times 1,17608438 = 737.596,38 \text{ kW}$$

B) Ahorro anual de la malla, considerando que existe un sistema de control solar en los vidrios de fachada. (En este caso sí se considera la influencia de la malla sobre las placas prefabricadas, que contribuirían en un 10 % del aporte de energía al interior de las estancias):

Fachadas Norte (NO-NE)

Ahorro medido en el interior: 560-363 Wh/ m2 = 197

$0,197 \text{ kWh/m}^2 \times 240 \times 1.554,20 \text{ m}^2 \times 0,6504153278 \times 1,17608438 = 56.210,00 \text{ kW}$

$(3466 -1554,2) \text{ m}^2 \times 4,5654 \text{ kWh/m}^2 \times 0,351 \times 0,1 \times 240 \times 0,6504153278 \times 1,17608438 =$
 $56.243,05 \text{ kW}$

Fachadas Sur (SO-SE)

Ahorro medido en el interior: 737-310 Wh/ m2 = 427

$0,427 \text{ kWh/m}^2 \times 240 \times 1.517,30 \times 0,6504153278 \times 1,17608438 = 118.943,26 \text{ kW}$

$(2977 -1517,3) \text{ m}^2 \times 4,5654 \text{ kWh/m}^2 \times 0,580 \times 0,1 \times 240 \times 0,6504153278 \times 1,17608438 =$
 $70.959,56 \text{ kW}$

Cuadro Resumen:

A) Cierre Exterior como elemento único

Ahorro Anual:	Fachadas Norte.....457.188,50 kW
	Fachadas Sur.....737.596,38 kW
	Total.....1.194.784,88 kW

B) Cierre Exterior + Control solar vidrios

Ahorro Anual:	Fachadas Norte.....112.453,05 kW
	Fachadas Sur.....189.902,82 kW
	Total.....302.355,87 kW

En la actualidad el coste de tarifa de consumo de energía eléctrica, descartando la influencia del coste fijo, sobrepasa los 0,15 €/kW, siendo conscientes de que estamos pendientes de subidas por “déficit tarifario”. Además previsiblemente seguirán aumentando los costes que intervienen en la producción de energía, y de forma subsiguiente en la confección de dicha tarifa.

En estas circunstancias económicas en el caso A) el ahorro de la factura de consumo eléctrico sería de 179.217,73.- € al año, y el coste del cierre exterior se amortizaría en tan sólo **4,51** años.

En el caso B) el ahorro en costes energéticos será de 45.353,38.- € al año, y el sistema constructivo de piel exterior, la malla y su estructura, se amortizaría en 17,82 años.

Si en este supuesto, que es el aproximado a la realidad del edificio, se considera un incremento anual en la tarifa eléctrica de un 3 %, llegamos a que la amortización del cierre externo se produce a los **14,49** años.

Además de comprobar científicamente la magnitud del ahorro, se constata el reencuentro con una de las claves del diseño: protagonismo de la sostenibilidad.

6.- Conclusiones

Se trata de un edificio que con una gran superficie de cerramientos exteriores se ha optado por un diseño de doble piel (Fig. 11), con una hoja interior multicapa y una exterior de malla de acero inoxidable de trama en espiral.

Esta solución sirve de protección frente accesos no controlados, apoyo de los sistemas de mantenimiento, de limpieza (pasarelas), y tiene un marcado carácter de filtro a las radiaciones solares, de valores muy elevados en Murcia, donde se ubica el edificio. Sobre el papel los programas de análisis energético aventuraban un ahorro previsto del orden del 40 % en las necesidades de climatización (refrigeración), debido a los sistemas proyectados.

Una vez concluida la obra se ha realizado una campaña de mediciones, en diversos puntos de los cerramientos, con o sin la malla protectora; obteniendo que en las Fachadas Norte se llega, en el intervalo 9-18 h, a una disminución del 40,16 % de radiación. Llegando en las Fachadas Sur, en el mismo intervalo, a una disminución del 58,52 % de la radiación solar.

Si sólo se considera el aporte de esta solución como sistema constructivo pasivo de ahorro el período de amortización, basado en la disminución del consumo eléctrico, es de 4,51 años. Si evaluamos el conjunto del diseño de fachada, incluyendo los sistemas de control solar de los vidrios, la amortización de la malla externa se produciría entorno a los 14,5 años (en un supuesto de incremento del 3 % anual de los costes de energía).

El coste de la malla exterior, y su estructura auxiliar, representa un 2,44 % del valor de la obra, y se trata de un elemento que ayuda a configurar una imagen unitaria del edificio, a la par de servir eficazmente a la rebaja de costes de funcionamiento del mismo.

La capacidad de actuar con el diseño (11), en beneficio de una mayor eficiencia real es, para el campo de la arquitectura, uno de los mayores retos de responsabilidad social de este momento.

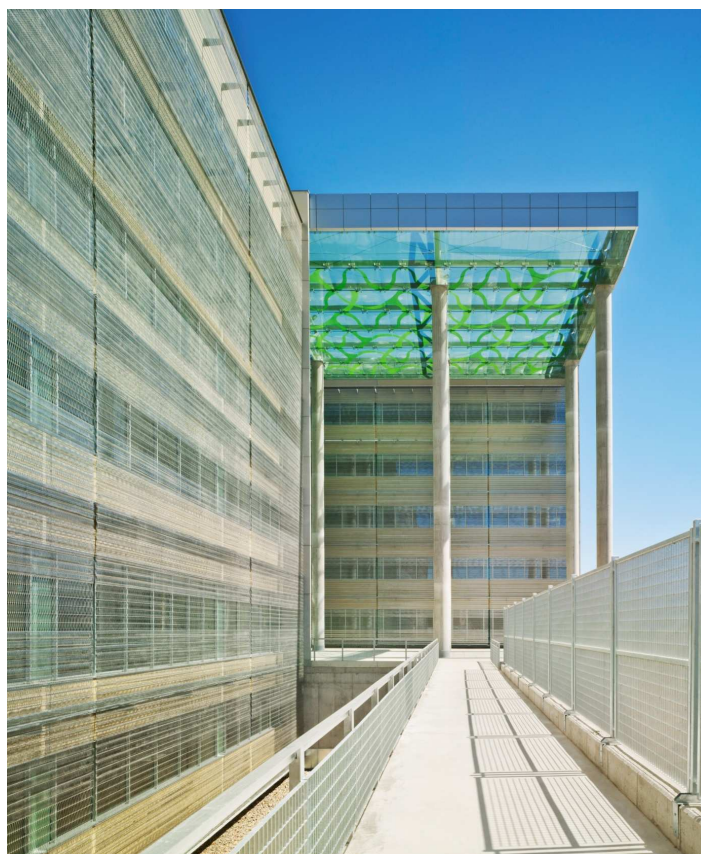


Figura 11. Alzado principal, orientación Sureste (David Frutos)

Bibliografía

- (1) A3A S.L.P.: *Proyecto Básico y de Ejecución Ciudad de la Justicia de Murcia, 2ª fase*. Ministerio de Justicia. Subdirección de Obras y Patrimonio
- (2) AA VV: *Informe final sobre el comportamiento medioambiental del proyecto de ejecución "Palacio de Justicia de Murcia"* Madrid, 16 de febrero de 2009
- (3) Wadel, G., Avellaneda, J., Cuchi, B. (2010): La sostenibilidad en la arquitectura industrializada: cerrando el ciclo de los materiales, *Informes de la Construcción*, 62(517), 37-51, doi: 10.3989/ic.09.067.
- (4) O. Irulegi, A. Serra, R. Hernández, A. Ruiz-Pardo, L. Torres (2012): Fachadas ventiladas activas para reducir la demanda de calefacción en los edificios de oficinas. El caso de España, *Informes de la Construcción*, 64(528), 575-585, doi: 10.3989/ic.11.099.
- (5) Ace edificación S.L. (Alegría Pellicer J. M., Director): *Informe sobre la influencia de la protección solar en la fachada del edificio de la segunda fase de la Ciudad de la Justicia de*

Murcia. Murcia, 29 octubre 2012. Para la lectura, tanto de la radiación, como de la temperatura, se ha empleado el equipo MacSolar SLM 018 c-2, que registra los valores solicitados cada 10 segundos

(6) Delgado Marín, J.P. (Coord); Vera García, F; García Cascales, J.R.; Hernández Guillén, Z.: *Atlas de Irradiación Solar y Temperatura Ambiente de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia*. Agencia de Gestión de la Energía de la Región de Murcia- UPCT. 2008

(7) Sancho Ávila, J.M., Riesco Martón, J., Sánchez de Cos Escuin, Mª C., Montero Cadalso, J., López Bartolomé, M.: *Atlas de radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT*. AEMET. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid. 2012

(8) Suri, M; Cebecauer, T; Huld, T; Dunlop, E.D.: *Global irradiation and solar electricity potential*. PVGIS-European Communities. 2001-2008

(9) Agencia Estatal de Meteorología: Atlas Climático Ibérico: *Temperatura del aire y precipitación (1971-2000)*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid 2011.

(10) R. Tendero, M. Garcia de Viedma (2011): Edificación para un desarrollo sostenible: una actividad modal, *Informes de la Construcción*, 63(521), 75-87, doi: 10.3989/ic.09.034

(11) M. J. Rua, B. Lopez-Mesa (2012): Certificación energética de edificios en España y sus implicaciones económicas, *Informes de la Construcción*, 64(527), 307-318, doi: 10.3989/ic.11.028

Correspondencia (Para más información contacte con):

Nombre y Apellido: Francisco J. Sánchez Medrano

Teléfono: +34 649 09 07 65

E-mail: a3a@a3asl.net