

Dos bloques de viviendas y locales comerciales en San Cristobal de los Ángeles, Madrid

Two dwellings in San Cristóbal de los Ángeles, Madrid

M. de Luxán^(*), G. Gómez^(**)

RESUMEN

El Concurso planteaba la actuación sobre dos bloques de viviendas contiguos, uno de ellos con graves problemas estructurales, que obligaron a su demolición, ha sido sustituido por un nuevo edificio bioclimático. El otro edificio ha sido objeto de una rehabilitación para su adecuación medioambiental y de accesibilidad. Tras el estudio previo del clima y del entorno, las decisiones sobre el diseño correspondían a estas condiciones de manera que se logra la mejor adecuación ambiental junto con otros valores técnicos, formales y sociales. En ambos bloques la mala orientación de los bloques existentes (con fachadas al Este y Oeste), ha sido corregida, plegando la piel del edificio para conseguir la captación de radiación solar hacia el interior en invierno y su protección en verano, creando una serie de "galerías de climatización", con ventanas captoras orientadas a sureste en zonas de estancia de las viviendas. Estas galerías están protegidas por elementos de sombra sobre los vidrios que eliminan el efecto invernadero en verano y quedan protegidas por persianas exteriores que también dan sombra y crean cámaras que evitan el enfriamiento por convención del aire frío exterior en invierno. Las carpinterías exteriores están realizadas con perfiles que consiguen la rotura del puente térmico y acristaladas con vidrio doble de baja emisividad. En el edificio de nueva planta, para mejorar las condiciones de verano en el interior de las viviendas y teniendo en cuenta que haría falta una refrigeración activa unos pocos días al año en los que las temperaturas máximas se elevan, se han previsto unas chimeneas de refrigeración natural. Se han realizado dos tipos de cerramiento de fachada: una, compuesta por muros de gran inercia térmica con aislamiento exterior revocado, y otra, también con el aislamiento en la capa exterior, pero con cámara ventilada acabada con paneles prefabricados. El conjunto de los edificios consigue un nivel de aislamiento y adecuación superior en un 200% al exigible por normativa. Para todas las viviendas nuevas y ya existentes, se ha conseguido accesibilidad total a las mismas, y la dotación de ascensores de bajo consumo.

129-6

Palabras clave: arquitectura bioclimática y solar pasiva, construcción sostenible, vivienda, renovación energética, rehabilitación.

SUMMARY

The Competition involved actions on two contiguous blocks of housing, one of them with serious structural problems that required its demolition and replacement with a new bioclimatic building, The other building was renovated by environmental and accessibility alterations. After the initial study of the study of the climate and environment, the design decisions matched these conditions in order to achieve a better environmental sustainability together with other technical, formal and social values. In both blocks, the bad orientation of the existing blocks (with façades to the east and west) has been corrected, folding the skin of the building to capture sunlight to the interior in winter and provide protection in the summer, creating a series of "climatisation galleries" with capture windows facing south-east in the living rooms of the houses. These galleries are protected by shading elements on the glass which prevent the greenhouse effect in summer and are protected by exterior blinds that also create shade and chambers that prevent cooling by cold air convection outside in the winter. The exterior woodwork consist of profiles that break the thermal bridge and double glazing with low emissions treatment. In the new block, to improve the summer conditions inside the houses and taking into account that active cooling is needed on a few days of the year when temperatures are high, natural cooling chimneys have been provided. There are two types of façade walls, one consisting of walls with great heat inertia and exterior rendered insulation and the other also within insulation on the exterior layer but with a ventilated chamber finished with prefabricated panels. Together, the buildings achieve a level of insulation an suitability that is about 200% of the required by standards. Total accessibility has been provided for all the new and existing houses and low consumption lifts installed.

Keywords: bioclimatic and solar passive architecture, sustainable building, housing, energy renovation, rehabilitation.

^(*)Dra. Arquitecta. Catedrática de la ETSAM, UPM, Madrid, ESPAÑA, ^(**) Arquitecta
Persona de contacto/Corresponding author: mrgluxan@telefonica.net (M. de Luxán)



Figura 1. Estado en origen.

1. INTRODUCCIÓN

Se planteaba una actuación sobre dos bloques de viviendas contiguos construidos en 1960; uno de ellos con graves problemas estructurales, que obligaron a su demolición, y que ha sido sustituido por un nuevo edificio bioclimático, el otro bloque ha sido objeto de obras de rehabilitación para su adecuación ambiental y mejora de la accesibilidad.

Esta actuación ha sido seleccionada para representar a España en la Conferencia Internacional "Sustainable Building 2005" en Tokio, por el Comité Ejecutivo Español del "Green Building Challenge España".

El Equipo que ha realizado estos proyectos y edificaciones es el formado por:

- Arquitectos: Margarita de Luxán García de Diego, Gloria Gómez Muñoz
- Aparejador: Martín Ramírez
- Arquitectos colaboradores: David Landínez, Ricardo Tendero, Guillermo Vizcaino
- Instalaciones: Manuel Macías, José Manuel Gaona, Antonio Méndez
- Estructuras: Belén Orta, Carolina Delgado, Sergio Boró
- Constructora: D.R.A.C.E: Iván Cabellos Galán, Olaya Paz y Walter Trifiletti
- Superficie
- Obra nueva: 3.370 m²
- Rehabilitación: 2.420 m²
- Coste de ejecución
- Obra nueva: 2.273.859 euros

2. CONDICIONES CLIMÁTICAS

Para una primera aproximación a las condiciones de diseño necesarias en la zona en la que se ubica la edificación fue necesario la elaboración de los diagramas psicrométricos de Olgay y Givoni para el área de San Cristóbal de los Ángeles; de ellos se desprende que durante todo el año es posible entrar en condiciones de confort mediante estrategias de acondicionamiento pasivo de la edificación.

Las acciones recomendables más inmediatas serían la captación solar en los meses fríos y la protección solar junto a la ventilación nocturna en verano.

El Proyecto es el resultado de la convocatoria del "Concurso Restringido Europeo de Ideas Arquitectónicas para la Renovación Energética de dos bloques de viviendas en el barrio de San Cristóbal de los Ángeles de Madrid" promovido por la Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo del Ayuntamiento de Madrid dentro de las actividades programadas en el "Proyecto Regen Link", aprobado por el 5º Programa Marco de Investigación y Desarrollo tecnológico (I+D) y patrocinado por la Dirección General T.R.E.N. de la Comisión Europea.

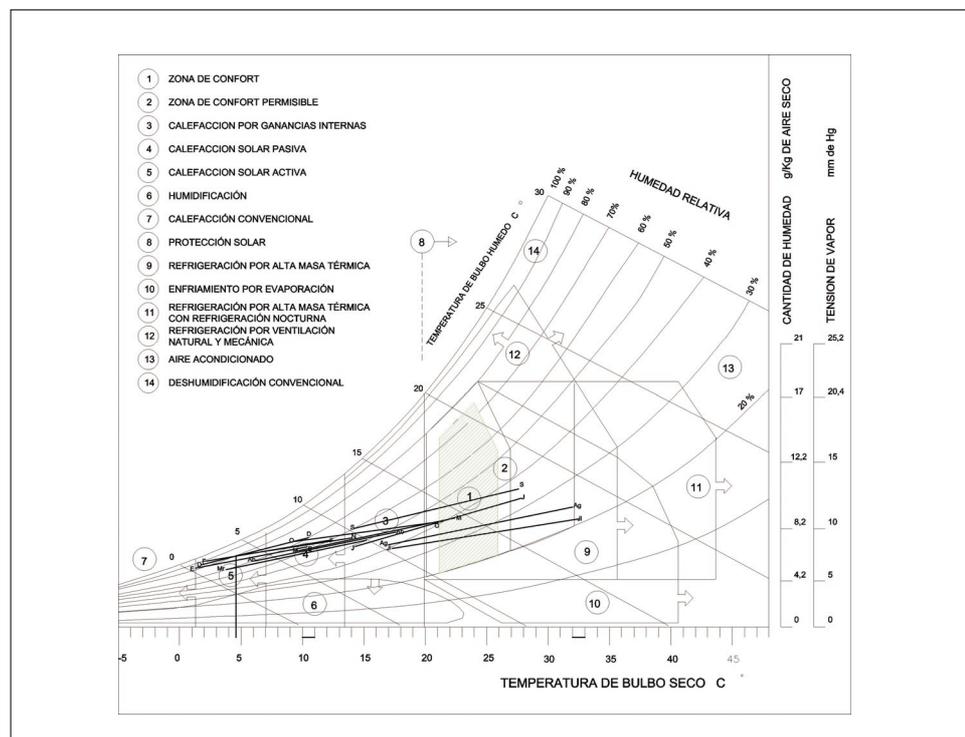


Figura 2. Climograma de Givoni.

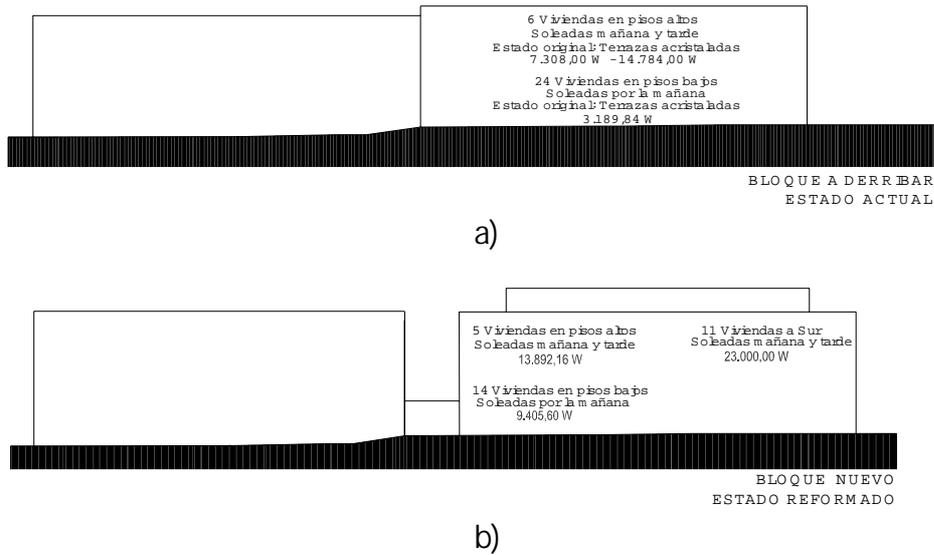


Figura 3. a) Bloque a derribar (estado actual), b) Bloque nuevo (estado reformado).

También aparece como una estrategia importante conseguir que la edificación tenga una masa térmica apreciable. En unas viviendas de dimensiones reducidas, la inercia térmica en los cerramientos es difícil de implementar ya que el aumento de grosor en los muros implica la reducción de la superficie útil. Por esta razón se ha optado por aumentar el canto de los forjados a los que se suma la capa de mortero que forma parte del sistema de calefacción por suelo radiante, lo que no supone un incremento de la superficie construida y sí de la masa térmica.

2.1. Condiciones de soleamiento derivadas del entorno

Las fachadas con más superficie son la este y oeste; al ser la orientación sur es la más favorable para el aprovechamiento solar pasivo, y disponer de apenas 12 m de longitud en esa orientación, se vio la necesidad de estudiar opciones más complejas para la captación solar. Por otra parte, las obstrucciones solares provocadas por las edificaciones próximas afectan fundamentalmente a la fachada oeste, sobre todo en los pisos bajos.

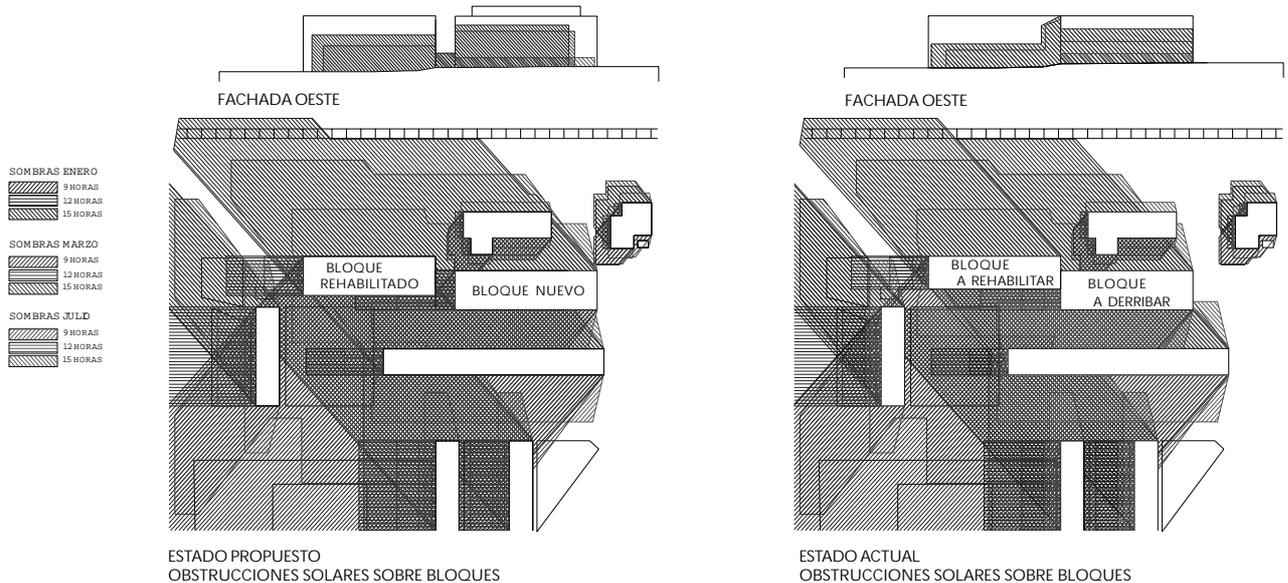


Figura 4. Estudios de soleamiento.

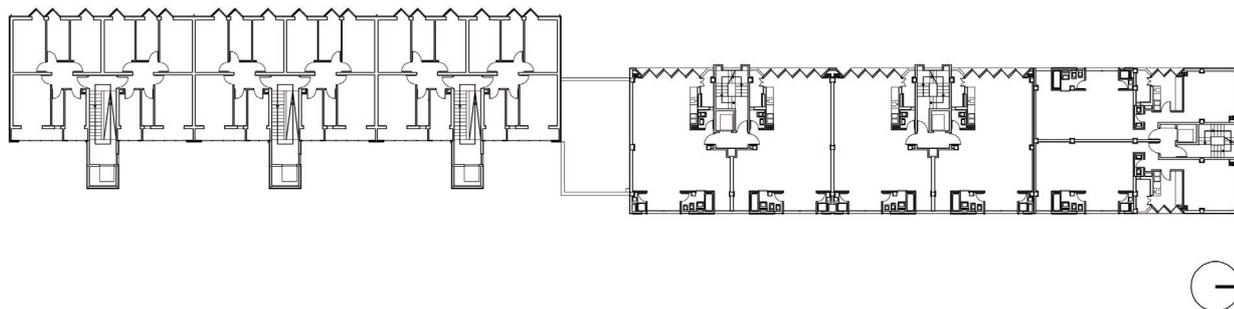


Figura 5. Planta general del conjunto.

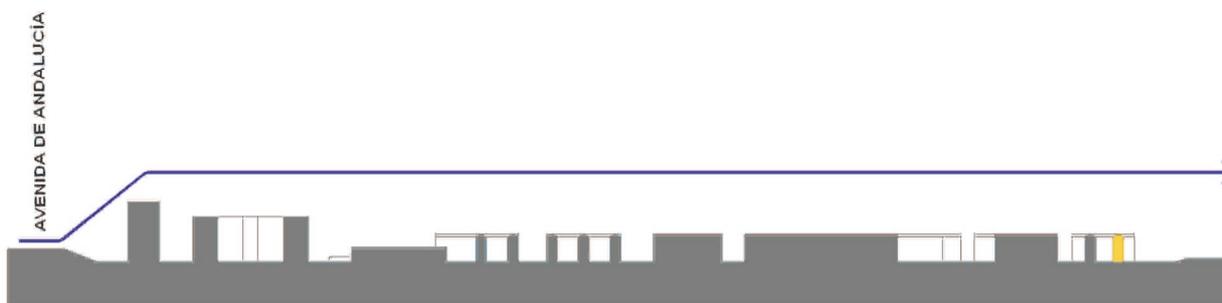


Figura 6. Esquema de ventilación.

A la hora de implementar los edificios con elementos de captación y regulación de energía solar había que tener en cuenta esta circunstancia, y por este motivo, las estrategias de captación se sitúan en las fachadas sur y este, las únicas que no tienen obstrucciones solares.

2.2. Ventilación

El barrio se encuentra rehundido entre dos vías de circulación más altas que la base de la urbanización; esto hace que el viento dominante del SW, se eleve al encontrarse con la avenida de Andalucía.

Se han diseñado soluciones en las viviendas, que posibilitan condiciones de ventilación cruzada entre fachadas soleadas y no soleadas, cuando las temperaturas exteriores permitan abrir las ventanas.

3. CAPTACIÓN SOLAR

Como se indicaba, la orientación de los bloques existentes no es la óptima para la captación solar. Esta situación se ha corregido, plegando la piel del edificio para conseguir la captación de radiación solar hacia el interior en invierno y su protección en verano,

creando una serie de “galerías de climatización”, con ventanas captoras orientadas al sureste en zonas de estancia de las viviendas.

3.1. Edificio de nueva planta. Ventanas captoras al sur

En la fachada sur, la captación se consigue a través de ventanas que reciben el soleamiento en invierno, con protecciones fijas diseñadas para evitar el sobrecalentamiento, los puentes térmicos y la acumulación del aire caliente ascendente en verano.

3.2. Galerías de climatización natural

En la fachada este de este edificio se sitúan unas galerías de climatización natural, que por su forma de diente de sierra, consiguen que los vidrios captadores en invierno, estén en sombra durante los meses de verano, de manera que se evita el efecto invernadero. Aun así, las persianas exteriores paralelas a fachada dan sombra, y, en invierno, crean cámaras que evitan el enfriamiento por convección del aire frío exterior.

El estudio de funcionamiento de las galerías de climatización natural ha sido objeto de un Trabajo de Investigación Tutelada. Este



Figura 7. Fachada sur.

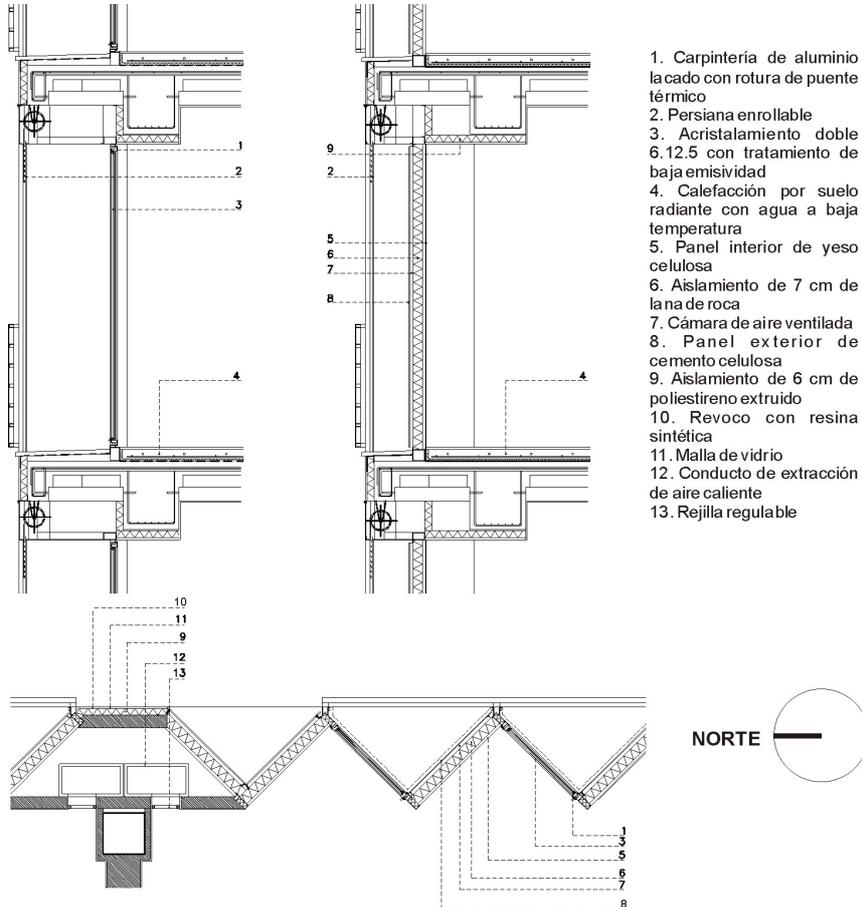


Figura 8. Detalle de galería de climatización natural.

trabajo consta de tres partes: análisis de las condiciones específicas de soleamiento de un elemento de captación en función de su orientación este y sureste, cálculo del balance energético a través de la galería en función de distintas opciones de carpinterías y acristalamiento, y, por último, un estudio de la evaluación de las temperaturas en el interior de las viviendas.

De este trabajo se concluye que:

§ Los elementos orientados a sureste tienen mayores ganancias por incidencia de la radiación solar durante los meses de invierno que los vidrios orientados a este. Durante el verano, los acristalamientos orientados a este se encuentran más expuestos a la radiación solar que los orientados a sureste. La disposición en diente de sierra de la galería favorece el sombreado de los huecos durante esos meses estivales.

§ De todas las opciones en la elección de tipo de carpintería y vidrio, la más recomendable al comparar los balances de las diferentes opciones es la combinación de un vidrio 6.6.6. La inclusión de un tratamiento de baja emisividad en el acristalamiento no es una opción razonable, ya que en el período invernal se reducen las ganancias además de las pérdidas, y durante las épocas en las que es necesaria la protección solar, la propia disposición de los elementos en diente de sierra evita que penetre el sol al interior la mayor parte de las horas del día, por lo que la inversión requerida no estaría justificada. Por otro lado, para la elección del tipo de carpintería se ha tenido en cuenta que

una con rotura de puente térmico es un 20% más cara que una de aluminio sencilla, aunque el coeficiente de transmisión de calor es un 50% inferior. Sin embargo, dadas las características y las condiciones del diseño la opción más adecuada es la carpintería de aluminio.

§ En la ejecución del proyecto se incluyeron acristalamientos con tratamiento de baja emisividad y carpinterías de aluminio con rotura de puente térmico por las exigencias derivadas del proyecto europeo "Regen Link".

§ Por último, tras simular la evaluación de las temperaturas en el interior de las viviendas, hay que señalar que la concentración de masa térmica útil en el forjado permite obtener un local con suficiente inercia térmica para que las temperaturas interiores no tengan oscilaciones térmicas importantes a lo largo del día. Las temperaturas interiores resultantes son muy estables en la mayoría de los meses, aunque no se encuentran dentro de la zona de confort. Hay que señalar que para la primera simulación no se utilizó ninguna estrategia de acondicionamiento pasivo ni activo. La estabilidad térmica por la disposición de los elementos constructivos implica que cualquier estrategia que mejore la temperatura interior, tanto en invierno como en verano, tiene una gran incidencia a lo largo de todo el día. En una segunda simulación, teniendo en cuenta las estrategias activas y una aportación energética durante unas tres horas en las noches de invierno, las temperaturas interiores estarían dentro de la zona de confort.

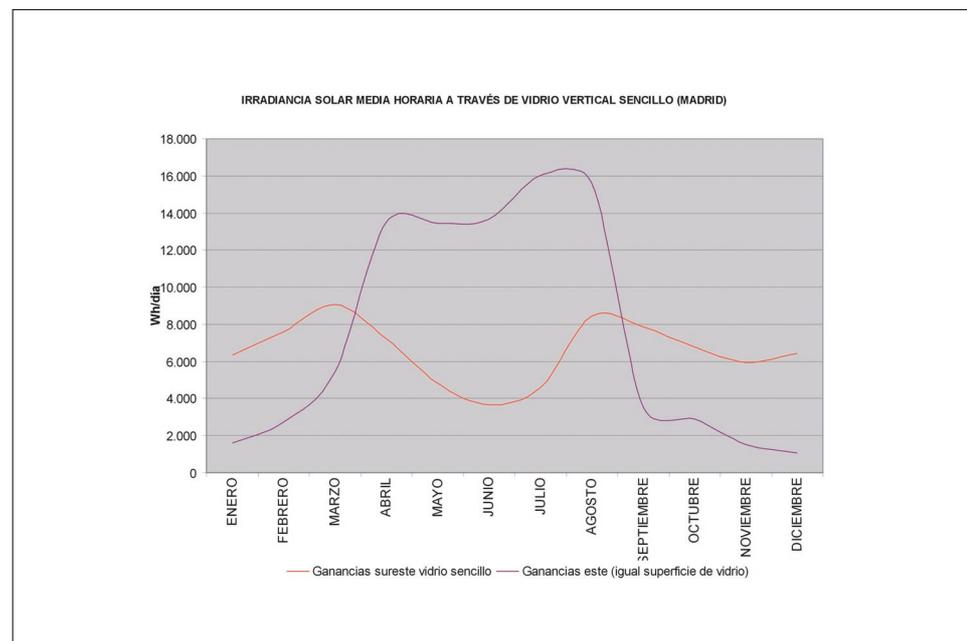
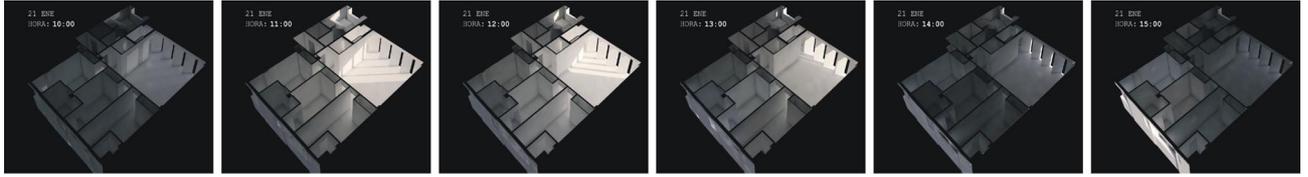
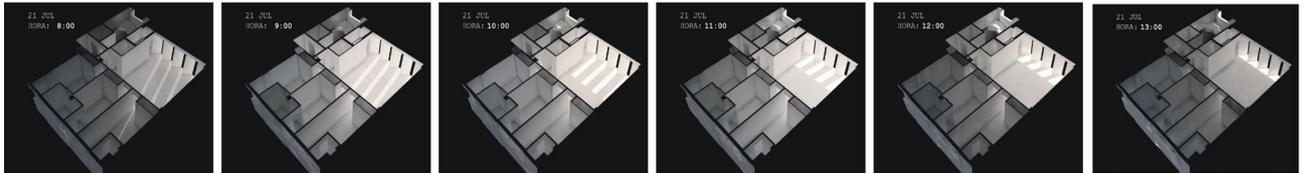


Figura 9. Gráfico de soleamiento este-sureste.



SOLEAMIENTO EN ENERO A TRAVÉS DE GALERÍA DE CLIMATIZACIÓN NATURAL



SOLEAMIENTO EN JULIO A TRAVÉS DE GALERÍA DE CLIMATIZACIÓN NATURAL

Figura 10. Sucesión de esquemas de soleamiento.



Figura 11. Galería de climatización natural.



Figura 12. Miradores del bloque rehabilitado.

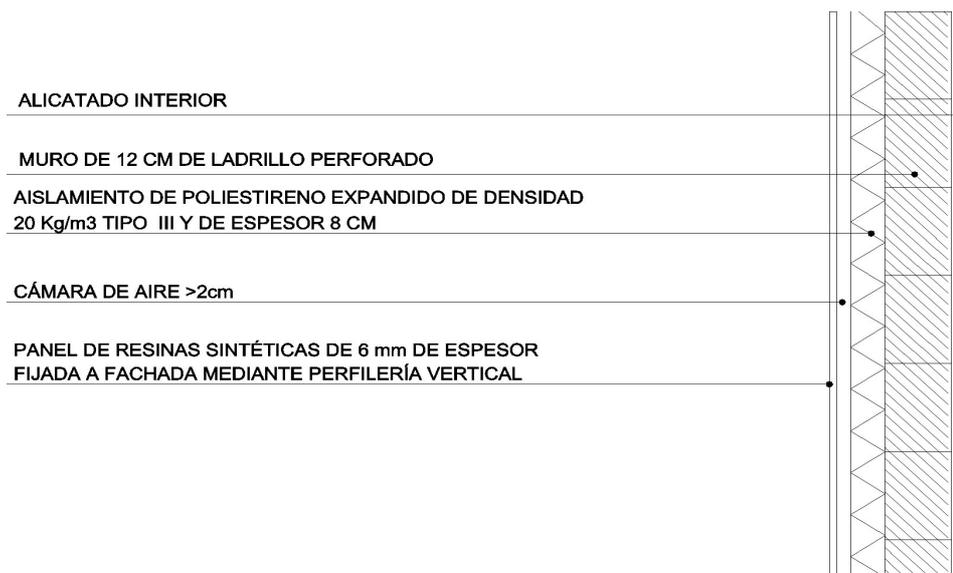
3.3. Edificio rehabilitado. Miradores captadores

En el edificio rehabilitado, para conseguir una mayor radiación solar, se adosan unos miradores, con forma prismática triangular a los huecos de ventana existentes en la fachada este, en los que el lado orientado a sureste es acristalado, y el lado a noreste es un panel ligero aislante. En la zona opaca al

interior se ha colocado un espejo, que refleja la luz que proviene de la orientación sur y la introduce dentro de la vivienda.

4. CERRAMIENTOS

Tanto en el edificio de nueva planta, como en el rehabilitado se han realizado dos sistemas constructivos de fachada: una,



FACHADA VENTILADA



FACHADA CON AISLAMIENTO EXTERIOR

Figura 13. Cerramiento tipo A (arriba). Cerramiento tipo B (abajo).

compuesta por muros de gran inercia térmica con aislamiento exterior revocado, y otra, también con el aislamiento en la capa exterior, pero con cámara ventilada acabada con paneles prefabricados con resinas y fibras de celulosa. El conjunto de los edificios consigue un nivel de aislamiento y adecuación superior en un 200% al exigible por la normativa española vigente en el momento de su construcción.

En el edificio nuevo, las bandas de aseos se sitúan en fachada, todas con iluminación y ventilación natural, y actúan como espacios tapón a las áreas de estancias. El cerramiento A, correspondiente a estos espacios, es una fachada ventilada compuesta por un

alicatado cerámico, enfoscado de cemento, cerramiento de 12 cm de ladrillo perforado, aislamiento de poliestireno expandido tipo III en planchas de 8 cm de espesor machihembradas, cámara de aire ventilada de 2 cm y panel fenólico exterior. La transmitancia de este cerramiento es de $U_A = 0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$

En el resto de la fachada se busca un muro con un aislamiento lo más externo posible, pero que permita el recibido de elementos: como rejillas y lámparas, y que, por otro lado, cuente con suficiente inercia térmica hacia el interior. La composición de este cerramiento B, es yeso y pintura, bloque de termoarcilla de 19 cm, aislamiento de



Figura 14. Fachada este, bloque rehabilitado.



Figura 15. Alero con bovedillas de EPS. (bloque nuevo).

poliestireno expandido tipo III en planchas de 8 cm de espesor machihembradas, malla tipo Mallatex y revoco de resina sintética de color claro tipo Walldur. La transmitancia de este tipo de muro es de $U_g=0,36 \text{ W/m}^2\text{K}$

En el edificio existente se ha procedido a recubrir las fachadas de ladrillo visto con un sistema de aislamiento exterior en las fachadas este y oeste. Las fachadas norte y sur se han complementado con un sistema de fachada ventilada. También se han sustituido los diferentes tipos de carpinterías de las galerías situadas hacia el oeste, unificando la fachada, con un módulo de carpintería de aluminio con rotura de puente térmico y doble acristalamiento 6.12.5 con tratamiento de baja emisividad, como exigencia del Regen Link.

5. FORJADOS

Después de un estudio pormenorizado de los diferentes tipos de forjados en función de su comportamiento térmico se tomaron decisiones para la redacción del proyecto de obra nueva, como utilizar forjados con bovedillas de poliestireno sobre espacios no climatizados, y forjados con bovedillas cerámicas o de hormigón, de apreciable desfase y capacidad térmica en interiores, entre viviendas, para acumulación de energía solar en los suelos en invierno y enfriamiento nocturno en verano.

6. ACCESIBILIDAD

El edificio de nueva planta se ha dotado con ascensores de bajo consumo, con accesibilidad total desde la calle.



Figura 16. Ascensores bloque rehabilitado.

En el bloque rehabilitado, se han incluido tres ascensores de bajo consumo, uno por cada obra portal y se ha procedido al derribo y reconstrucción de las escaleras de acceso a las viviendas para lograr la accesibilidad total desde la calle.

7. INSTALACIONES ESPECÍFICAS

La climatización de las viviendas, tanto en invierno como en verano se logra en un 80% por medios pasivos, es decir: la forma, la distribución, la posición de las ventanas, los materiales y aislamientos, están dispuestos de modo que el total del edificio actúa como un acumulador de radiación solar

captada en el interior en épocas frías, y queda protegido del sobrecalentamiento en los meses calientes. Los materiales también están elegidos para aprovechar los cambios de temperatura noche-día y conseguir temperaturas constantes mejoradas en el interior.

En la construcción del bloque de nueva planta se han incorporado las siguientes medidas relacionadas con las instalaciones:

§ Las instalaciones específicas se realizan con materiales en cuyo ciclo de vida se cuidan las condiciones mediambientales: red de saneamiento de polipropileno, red de fontanería interior en las viviendas de polibutileno.

§ Griferías de bajo consumo en las viviendas.

§ Calefacción por suelo radiante de agua a baja temperatura, con termostato ambiente en cada vivienda.

§ El agua caliente sanitaria se logra en un 70% con captadores solares, con un sistema de agua caliente solar centralizado, con colectores de circuito cerrado, 2 depósitos de 2.000 litros e intercambiador con 4 electrobombas.

§ La calefacción y el calentamiento complementarios, se realizan con instalaciones comunes de alto rendimiento, monitorizadas para consumir el mínimo gas natural, que como combustible común es el que produce menos contaminación ambiental, con un sistema de telegestión para el control de calefacción y agua caliente solar en sala de calderas con un contador de calorías para calefacción y otro de caudal para agua caliente para cada vivienda, con contadores individuales en cada planta de acceso.

8. CHIMENEAS DE REFRIGERACIÓN SOLAR PASIVA

Como muestran los diagramas bioclimáticos para la zona, si la vivienda está protegida convenientemente de la radiación solar, tiene una adecuada orientación y masa térmica suficiente, no requiere sistemas activos de refrigeración. Con estos criterios se ha diseñado el edificio de nueva planta, de manera que los cerramientos tienen la masa térmica en el interior y los huecos de fachada están convenientemente protegidos.

Para mejorar las condiciones de verano en el interior de las viviendas, y teniendo en cuenta que haría falta una refrigeración activa unos pocos días al año en los que las temperaturas máximas se disparan, se han previsto unas chimeneas de refrigeración natural.

Estas chimeneas funcionan extrayendo aire frío de la cámara de aire de 1 m de altura situada bajo el forjado de planta semisótano, gracias al calentamiento de la cabeza de la chimenea en la cubierta. Este calentamiento provoca la extracción del aire caliente de las habitaciones a través de unas rejillas situadas en la parte alta de las habitaciones. Gracias a esta extracción, el aire caliente se sustituye por aire frío de la cámara, que llega a las estancias vivideras a través de un conducto vertical, con una salida en la parte baja de la habitación.

El adecuado diseño del remate de las chimeneas impide que el sistema funcione en invierno, y sólo se produce la ventilación en las épocas calurosas del año.

La investigación sobre las chimeneas de ventilación parte de las diseñadas y construidas anteriormente para un bloque en San Pedro de Alcántara, realizado por este mismo equipo universitario de la UPM. Se buscan los mejores rendimientos y la posibilidad de industrializar las soluciones, para encontrar los remates más adecuados en cada caso, valorando el diseño y el costo. Para poder monitorizar su funcionamiento se proponen soluciones sucesivas, ajustando tanto composición como dimensiones.

Aunque en el caso de San Cristóbal, la orientación de los conductos norte-sur permite que los remates extractores estén correctamente orientados, se estudió un remate orientable para cualquier dirección del conducto. Por otra parte, el diseño se ha desarrollado para industrializarlo en colaboración con empresas fabricantes, que podrían elaborarlas y comercializarlas, consiguiendo unos costos asequibles.

Finalmente en esta obra, la construcción de los conductos de la chimenea se ha realizado con piezas prefabricadas de hormigón tipo Shunt, en posición normal o invertida según sea salida o entrada de aire. Para la cabeza superior de succión, se han utilizado los materiales constructivos que se estaban usando habitualmente en el resto de la obra: ladrillos, aislantes, vidrios...

Básicamente el funcionamiento del sistema es el siguiente:

Temporada de verano

1) Efecto de la radiación solar sobre el acabado de la chimenea (durante el día): Para conseguir el movimiento de aire a través de la chimenea durante el día, se realiza un diseño al final de la misma, que absorbe la radiación solar incidente, calentando el aire de su interior por encima de la temperatura



Figura 17. Cabeza de chimenea.

exterior. Al disminuir su densidad asciende y produce un tiro natural que arrastra el aire a lo largo de toda la chimenea. De esta forma, las salas de estar se “refrigeran” con el aire procedente de la cámara a menor temperatura.

2) Efecto por diferencia de temperatura (durante la noche): por la noche, cuando ya no existe radiación solar, la temperatura exterior comienza a bajar y en algún momento la temperatura interior, debido a las ganancias (inercia de los cerramientos y ocupación), es mayor. En este caso y por la diferencia de temperaturas, también se favorece el movimiento de aire procedente de la cámara a través de la chimenea, hasta que la temperatura de la sala de estar está por debajo de la temperatura exterior, momento en el cual este efecto se detiene. Este proceso se repetirá en varias ocasiones a lo largo de la noche debido a que la temperatura ambiente sigue bajando.

Llegado de nuevo el día, se repite el primer efecto.

Temporada de invierno

En esta temporada la diferencia de temperatura es importante, porque en el interior el aire es mucho más caliente que en el exterior, a causa de la calefacción y por tanto habrá que cuidar de mantener cerrada la

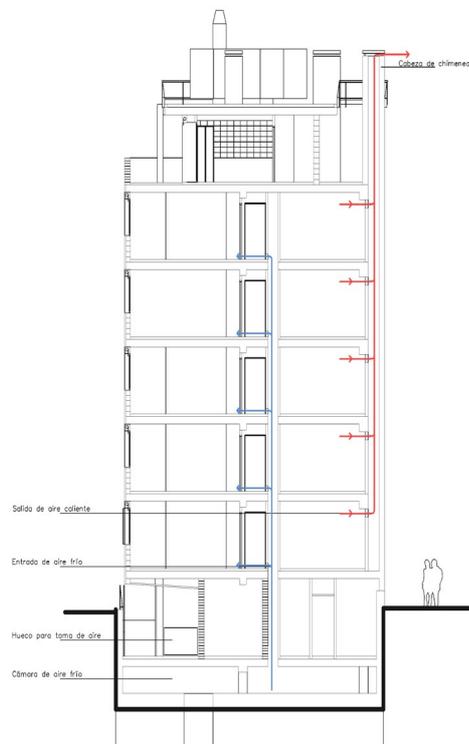


Figura 18. Sección por chimenea.

rejilla superior de la sala de estar para evitar que el aire caliente suba por la chimenea, provocando una corriente de aire y el enfriamiento de la sala, aunque el diseño del remate superior evite el calentamiento del aire en el conducto.



- BANDA DE CAPTACIÓN
 - BANDA DE COCINA
 - BANDA DE ESTANCIAS
 - BANDA DE DORMITORIOS
 - BANDA DE SERVICIOS
 - ESPACIO AISLANTE
- POSIBLES VARIACIONES DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTAS



Figura 19. Posibilidades de distribución de las viviendas.

9. PARTICIPACIÓN SOCIAL Y ADAPTABILIDAD

En el nuevo bloque de sustitución se ha propuesto una planta que ha permitido a cada vecino elegir distribuciones diversas: estar-comedor-cocina en un solo espacio, distintas dimensiones para estancias y cocinas, o elegir entre 1, 2 o 3 dormitorios, y con diferentes dimensiones y formas; esto se consigue llevando el baño, la ducha y las instalaciones conjuntas de cocina, tendedero y aseo, a las fachadas, con lo que además de

actuar como “espacios tapón” aislantes, son todos exteriores y con iluminación natural, y dejan el área de la vivienda dedicada a estancias libre de elementos estructurales o conductos de instalaciones que impidan una ordenación libre y apropiada para cada tipo de agrupación o familia que habite cada vivienda.

En la actualidad, varias viviendas habitadas de ambos bloques están siendo monitorizadas por el CIEMAT, para evaluar la eficacia de las soluciones propuestas y las condiciones de confort conseguidas.



Figura 20. Comparativa antes-después.