

Recuperando la periferia: la rehabilitación energética de Ciudad de los Ángeles en Madrid

D. MORCILLO ÁLVAREZ (1) & C. ARJONA MARTÍN (2)
& N. MARTÍN ACOSTA (3)

(1) Arquitecto. Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid (EMVS).
(2) Arquitecta Técnica (EMVS). (3) Arquitecta.

RESUMEN: La construcción del barrio de Ciudad de los Ángeles se inicia en 1950. Situado en la periferia de Madrid, con un diseño propio del Movimiento Moderno, su construcción se basó en los bajos costes de producción, dado que se destinaba a la clase trabajadora de la industria próxima. El estado del espacio libre y de la edificación motivó que en 2006 se declarara Área de Rehabilitación Integral y desde entonces se está desarrollando la remodelación, tanto de la edificación como del espacio público, bajo los criterios del Plan Estatal de Vivienda 2005-2008. El barrio fue construido antes de la aprobación de ninguna norma en materia energética, por lo que la rehabilitación se ha centrado en la adaptación de las envolventes para conseguir una reducción de la demanda de energía. Los primeros resultados de la investigación en curso sugieren la utilidad de la inversión pública y privada, así como la validez de los sistemas constructivos empleados. La investigación teórica realizada nos aporta datos que ponen de manifiesto la importante reducción de la demanda de energía conseguida con las medidas adoptadas.

DESCRIPTORES: Rehabilitación. Eficiencia energética. Vivienda social. Área de Rehabilitación Integral. Ciudad de los Ángeles (Madrid).

1. Preámbulo

Desde finales del siglo XX y especialmente desde el inicio de este siglo, las ciudades españolas están afrontando una realidad respecto del estado del patrimonio edificado. En el caso de Madrid, la renovación de barrios emprendida en los años 1980 y di-

rigidos, en gran medida, por la Empresa Municipal de la Vivienda (EMVS) ha superado con creces los límites del centro histórico y abarca la periferia de la ciudad construida entre los años 1950-1980.

Estos polígonos de vivienda, en donde proliferan los de bloque abierto y con gran superficie

Recibido: 06.04.2015; revisado: 07.08.2015.
Correo electrónico: morcillod@emvs.es;
arjonac@emvs.es; nmadm@telefonica.net.

Los autores agradecen los valiosos comentarios de los evaluadores anónimos.

libre entre ellos, se caracterizan por haber sido construidos en un período en el que no existía apenas normativa de carácter energético para regular la construcción de viviendas, por lo que en la actualidad —con una edificación que se aproxima al 50% del total edificado en Madrid carente de alguna medida de habitabilidad, desde el punto de vista del comportamiento térmico—, la principal motivación para emprender la rehabilitación de la periferia urbana radica en la necesidad de reducir el consumo energético y mejorar las condiciones de habitabilidad de los residentes en estas zonas.

Como decimos, desde los años 1980 se emprende en la ciudad de Madrid una intensa actividad rehabilitadora en torno, fundamentalmente, a la recuperación del centro urbano², tanto de barrios completos como de edificios patrimoniales, cuyo objetivo principal es regenerar aquellas áreas más degradadas y con tendencia a la marginalidad.

A pesar de esta prioridad, en los años 1990 también se intensifica la intervención en barrios de viviendas alejados del Centro Histórico, ya que la periferia de Madrid reúne requisitos suficientes para su rehabilitación, según los elementos que bien nos señalan autores como Juan Rubio y Patricia Molina (RUBIO & MOLINA, 2010: 16-17):

- Procesos cortos de producción.
- Reducidos costes de producción.
- Inexistencia de estándares de confort, o alejados de las actuales demandas mínimas.
- Riesgo de retirada de viviendas del mercado (con el consiguiente riesgo de abandono y marginalidad).
- Inadecuación de equipamientos e infraestructuras.
- Inadecuación del diseño y mantenimiento del espacio público.

Estas características de los barrios edificados entre 1950 y 1980 están presentes, en gran medida en el caso de Ciudad de los Ángeles, tal y como veremos más adelante, y conducen a pensar en la rehabilitación como mecanismo de mejora del mismo. Sin duda, como los propios autores señalan (RUBIO & MOLINA, 2010: 18), la recuperación de estos barrios tiene importantes ventajas frente a otro tipo de iniciativas, pues además de evitar el vaciado y su degradación social y física, existen consecuen-

cias medioambientales suficientemente positivas como frenar el desarrollo de nuevos suelos y crecimientos urbanos con el consiguiente desarrollo de infraestructuras y necesidades de movilidad que ello supone, fomentando la disminución de la producción de residuos y una menor emisión de CO₂ por la reducción del consumo energético. Según los datos aportados por Luxán (DE LUXÁN & *al.*, 2009), las ventajas de rehabilitación de estos barrios alcanza también la propia construcción reduciéndose en torno al 50% el hipotético gasto que supondría la edificación nueva de un edificio de características similares.

Las ventajas de la rehabilitación de estos barrios no se han traducido en un cambio normativo hasta fechas relativamente recientes, pues pese a que los criterios energéticos se mostraban determinantes, es a partir de la aprobación del Código Técnico de la Edificación (CTE) en el año 2007 cuando se ponen en valor las soluciones constructivas encaminadas a la reducción de la demanda de energía. Tras el CTE, es con la aprobación en 2013 de la Ley de Rehabilitación, Regeneración y Renovación Urbanas —conocida como la Ley RRR— cuando se incide de manera determinante en consideraciones de rehabilitación energética y renovación de barrios como instrumentos específicos para mejorar las condiciones de confort de este tipo de barrios.

En el caso que nos ocupa, la Rehabilitación de Ciudad de los Ángeles en el distrito madrileño de Villaverde se está llevando a cabo dentro de las actuaciones previstas en el Plan Estatal de Vivienda 2005-2008 (BOE, 2005) y en el Plan de Vivienda 2005-2008 de la Comunidad de Madrid, cuyas prioridades se centran en la construcción de viviendas y donde los criterios energéticos aún no están considerados como fundamentales. Aun así, apoyándose en las escasas referencias que ambos planes hacen en materia energética, en Ciudad de los Ángeles se han considerado la mejora energética en los edificios y la accesibilidad en edificios y espacio público como elementos prioritarios en la intervención.

En el año 2005, impulsado por la Asociación de Vecinos (ASVEYCO) se declara el barrio de Ciudad de los Ángeles como Zona de Rehabilitación Integrada, con una superficie de 59,6 has, donde se localizan 7.996 viviendas distribuidas en 441 bloques y una población estimada actual de 31.465 habitantes.

² Muestra de ello es que aún en el año 2007 la inversión realizada en el interior de la Alameda Central de Madrid ascendía al 66% del total invertido por las administracio-

nes públicas (EMPRESA MUNICIPAL DE LA VIVIENDA Y SUELO DE MADRID, 2007).

Debido a la estructura de la propiedad, la forma de intervenir en la rehabilitación que establece la declaración del área es mediante inversión privada con ayuda pública. De ahí que se incorporen ayudas para fomentar la iniciativa privada pero que la administración pública se reserve la función de dirigir la rehabilitación de forma integrada. Gracias a este papel de la administración en el proceso de rehabilitación en Ciudad de los Ángeles, ha sido posible incorporar criterios de sostenibilidad y ahorro energético en la rehabilitación, desarrollando la referencia que el Plan Regional de Vivienda 2005-2008 (BOCM, 2005) hace y por el que se considera como adecuación funcional del edificio la incorporación de medidas activas o pasivas de ahorro energético.

Tras la declaración del Área de Rehabilitación, se puso en valor la adecuación del barrio en términos de accesibilidad, lo que originó la aprobación en el año 2007 de un Plan Especial para la instalación de ascensores,

cuyo propósito fue el de establecer las áreas de movimiento donde deberían ubicarse los nuevos ascensores siempre que tuvieran que ocupar la vía pública. Igualmente permitía el incremento de edificabilidad, según lo planteado por el Plan General de Madrid, y la delimitación de la titularidad del suelo libre existente.

2. Descripción del ámbito: el barrio de Ciudad de los Ángeles

El origen y las condiciones que determinaron la construcción inicial del barrio han sido importantes en la evolución del espacio urbano y arquitectónico, y son condicionantes en la declaración del área, así como en las medidas adoptadas en la rehabilitación.

Localizado en el sur de Madrid, en el distrito de Villaverde (ver FIG. 1), en sus orígenes estuvo vinculado con el espacio industrial del sur

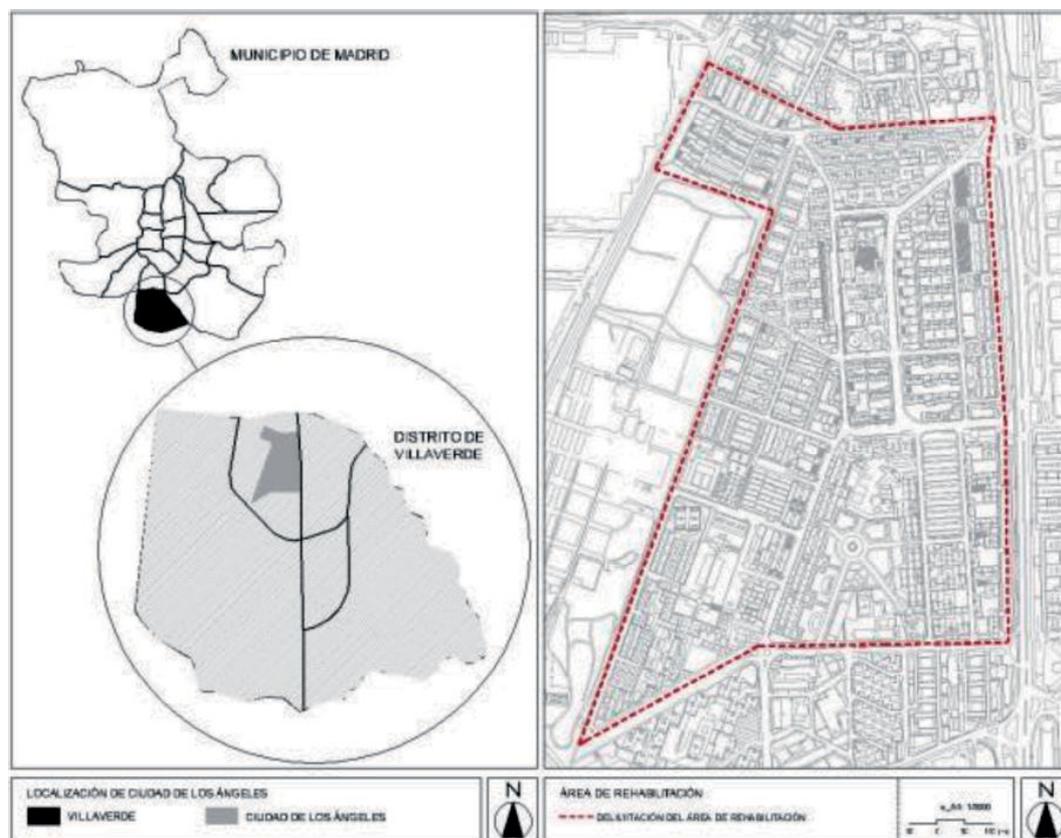


FIG. 1/ Delimitación del ámbito del Área de Rehabilitación de Ciudad de los Ángeles

Fuente: EMPRESA MUNICIPAL DE LA VIVIENDA Y SUELO DE MADRID.

de la ciudad, no solo por su ubicación sino porque diferentes industriales se encuentran entre los promotores de este barrio, con el fin de facilitar el acceso a la propiedad a los trabajadores cualificados de sus fábricas³.

De titularidad privada, pero bajo una promoción pública (ELVIRA, 2003) se diseña un barrio residencial, constituido principalmente por bloques exentos de entre 5 y 8 alturas de distintas tipologías y amplios espacios libres, dando lugar a una estructura urbana muy característica del racionalismo europeo del momento, con una disposición de edificación en orientación Norte-Sur³, con doble fachada y viviendas con una superficie útil media de 65 m².

Caracterizada por la economía de la construcción, la edificación presenta problemas estructurales y tan solo los edificios de más de cinco alturas cuentan con ascensor, lo que pone de manifiesto la necesidad de una rehabilitación en los aspectos de seguridad estructural y accesibilidad.

En lo referente a la urbanización, en la que participan arquitectos de relevancia, como Secundino Zuazo, muestra una calidad en el diseño pero no soluciona problemas de accesibilidad derivados de los condicionantes topográficos. La localización de usos responde a los planteamientos del Movimiento Moderno liberando una gran superficie libre (ver FIG. 2)

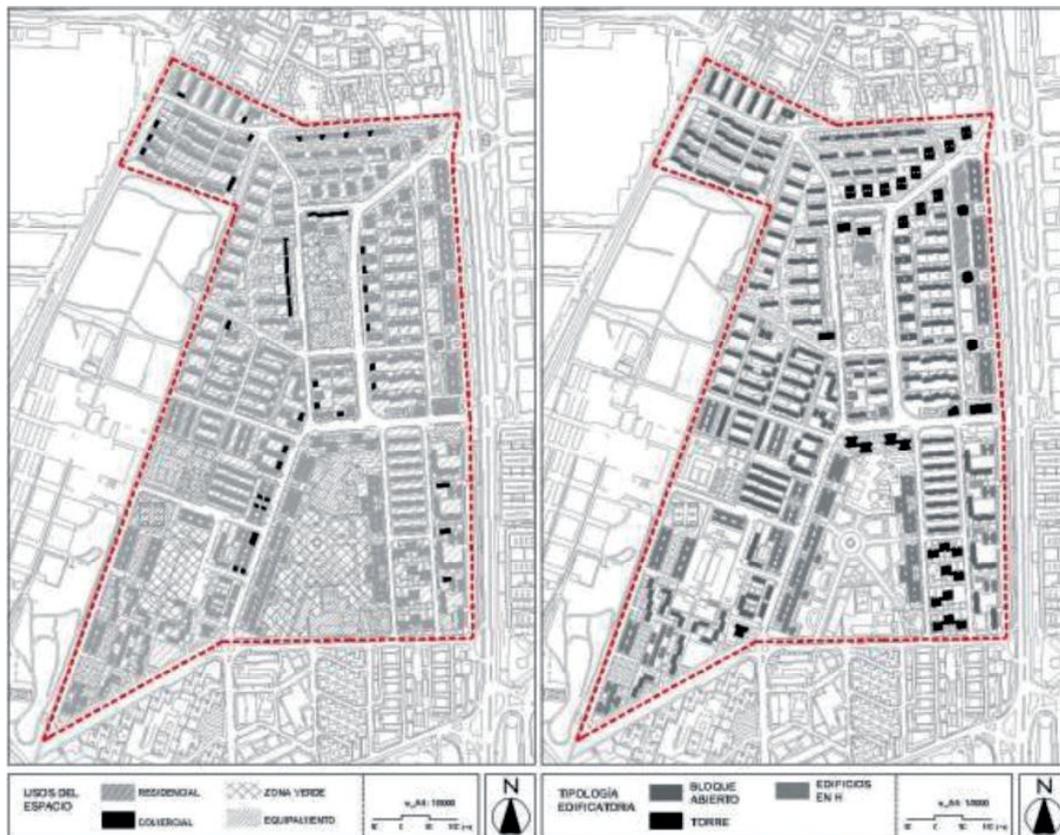


FIG. 2/ Distribución de usos y tipologías edificatorias en Ciudad de los Ángeles

Fuente: EMPRESA MUNICIPAL DE LA VIVIENDA Y SUELO DE MADRID.

³ Entre estas industrias debemos reseñar la importancia que tuvieron las iniciativas adoptadas por el industrial Eduardo Barreiros, cuyo nombre sigue vinculado con el imaginario colectivo de Ciudad de los Ángeles donde residen muchos de los antiguos trabajadores de sus fábricas. Tal es así que a la zona industrial se le sigue conociendo como «La Barreiros». Destacan entre las iniciativas para mejorar las condiciones de vida de los trabajadores, esta

decisión de promover viviendas en propiedad, pero no fueron las únicas, tal y como se puede ver en el documental sobre su vida «Barreiros, motor humano» (BESAS, 1987), en el que se recogen diferentes iniciativas de bienestar social para los empleados de sus fábricas y se cita la construcción de Ciudad de los Ángeles.

⁴ En la identificación de la orientación nos hemos ceñido a lo dispuesto en el Código Técnico de la Edificación.

cuya titularidad⁵ ha dificultado su mantenimiento, pese a que los vecinos han ocupado y mantenido el espacio libre mediante ajardinamientos diversos y recreando zonas estanciales con el escaso mobiliario existente.

Aunque no se trata en este artículo de los factores generales de la rehabilitación, no podemos ignorar algunos aspectos sociodemográficos, dada su relación con la demanda de energía (SÁNCHEZ-GUEVARA & SANZ & HERNÁNDEZ, 2014). Hay gran homogeneidad social, con niveles formativos medios y empleos cualificados. Aunque se aprecia un envejecimiento de la población —en cualquier caso la población mayor de 65 años no supera el 25% del total—, los niveles de desempleo son relativamente bajos en relación con los datos del distrito de Villaverde y las tasas de renovación son las adecuadas pese al envejecimiento de la población. Esta breve descripción nos hace pensar que los niveles de consumo de energía serán muy homogéneos en todo el ámbito y que, por tanto, los ahorros que se hayan podido producir tras la rehabilitación también deberían ser muy homogéneos.

Finalmente, debemos destacar dentro de las características sociales del barrio, la presencia de un movimiento vecinal muy fuerte y que cuenta con gran aceptación en el barrio. Se trata de un agente esencial en todo proceso de rehabilitación, pero en el caso que nos ocupa ha demostrado su capacidad de intermediación a la hora, no solo de impulsar la declaración del Área de Rehabilitación, sino de coordinar las actuaciones entre la administración y los vecinos.

Como ejemplo del papel de la Asociación de Vecinos, debemos señalar la apertura de la línea de metro en los límites del barrio, concretamente en el borde este, coincidiendo con la Avenida de Andalucía. La apertura del metro vino a solucionar una parte de los problemas de movilidad y comunicación existentes en el barrio, lo que había llevado a una cierta desconexión con el resto de la ciudad. Esto hacía correr el riesgo de un aislamiento de la población, al estilo de lo ocurrido en otros barrios de características similares.

⁵ Para la redacción del Plan Especial para la instalación de ascensores, se obtuvo información de campo, fundamentalmente a través de la Asociación de Vecinos, que permitió comprobar que la propiedad del suelo libre pertenecía a las promotoras. En la urbanización de Ciudad de los Ángeles, se realizaron las cesiones de suelo para la construcción de los sistemas generales, pero el suelo interblo-



FIG. 3/ Imagen general del barrio

Fuente: EMPRESA MUNICIPAL DE LA VIVIENDA Y SUELO DE MADRID.

3. Estado previo de la edificación

El estado en el que se encuentran los edificios de Ciudad de los Ángeles está relacionado tanto con la tipología edificatoria como con los sistemas constructivos elegidos para su construcción. Subdividido el área en manzanas —delimitadas por el viario principal—, cada una de ellas tiene diferentes tipologías edificatorias, tal y como se observa en la FIG. 2. Predomina la edificación en bloque abierto, con 5 u 8 plantas, con doble fachada y orientación principal Norte-Sur. En 2007, con la aprobación del Plan Especial para la Instalación de Ascensores, se recogen hasta 39 variantes de las tres tipologías principales, constatando que aproximadamente el 50% de los edificios carecen de ascensor.

Como ya hemos dicho, la construcción de Ciudad de los Ángeles se inicia antes de 1960, y las características constructivas se ajustan a los costes de producción y a los beneficios de promoción (ELVIRA, 2003). Esto supone que no se tengan en cuenta ni las características del suelo para adecuar la cimentación, ni las condiciones climatológicas de Madrid. A pesar de la multitud de variantes en cada edificio, en la tabla de la FIG. 4, hemos sintetizado las características de los sistemas constructivos, haciendo especial mención al sistema de envolvente utilizado.

ques se mantuvo en propiedad privada. Las dificultades de gestión hicieron que los promotores escrituraran las viviendas con un porcentaje proporcional de suelo libre. Esta fórmula ha dificultado mucho las cesiones posibles, pues la negociación para las cesiones debe realizarse propietario a propietario, algo que se resolvió con la aprobación del Plan Especial para la instalación de ascensores.

FIG. 4/ Composición de las tipologías de los sistemas constructivos empleados

	Tipología	Composición
Estructura	Pórticos	Hormigón armado.
	Muros de carga	Hormigón sin armar y sin finos. Ladrillo.
	Mixta	Muros perimetrales de hormigón sin armar y sin finos. Pórticos centrales de hormigón armado.
Fachadas	Hormigón	Revestimiento exterior. Muro de hormigón en masa (e = 25cm). Sin cámara de aire original.
	Parte ciega	Cerramiento de 1 hoja: Revestimiento monocapa exterior. Hoja exterior de ladrillo cara vista. Enyesado interior.
	Ladrillo	Cerramiento de 2 hojas: Revestimiento monocapa exterior. Hoja de 1/2 pie de fábrica de ladrillo. Cámara de aire sin aislamiento. Hoja interior de ladrillo. Enyesado interior.
	Huecos	Carpinterías De varias tipologías y calidades. Predomina aluminio anodizado sin rotura de puente térmico. Vidrios Sencillos.
Cubiertas	Planas a la catalana	Tabiques palomeros (formación pendiente). Doble capa de rasillón cerámico. Baldosin catalán. * Sin aislamiento térmico.
	Inclinadas	Tabiques palomeros sobre forjado de cubierta. Placas onduladas de fibrocemento. Teja plana. * Sin aislamiento térmico.
Forjado planta baja	Forjado sanitario	Sin aislamiento térmico. Ventilación inadecuada de la cámara sanitaria.
	Solera	Hormigón armado.

Fuente: Elaboración propia. EMPRESA MUNICIPAL DE LA VIVIENDA Y SUELO DE MADRID.

La ausencia de medidas de carácter energético en el sistema constructivo ha ocasionado numerosos daños derivados de humedades y condensaciones en el interior de las viviendas. Esta falta de confort llevó a las promotoras a resolver numerosas quejas de los primeros propietarios, motivo que llevó a poner cámaras de aire sin aislamiento en los edificios ya construidos, e incluso llegó a hacerse de manera puntual en tan solo algunas viviendas de un mismo edificio.

Las fuertes diferencias de temperatura, tanto en invierno como en verano, entre el interior y

el exterior de las viviendas, no fueron adecuadamente atendidas con el sistema constructivo elegido, aunque la disposición Norte-Sur y la doble fachada han atemperado los problemas de confort existente, fundamentalmente en el verano, tal y como apunta Luxán (DE LUXÁN & *al.*, 2009) en su estudio sobre Ciudad de los Ángeles.

El diseño del espacio público ha contribuido a una mejora de las condiciones térmicas de la edificación. La disposición de los viales y la edificación dentro de cada manzana, además de favorecer la ventilación del barrio, posibilita

que los edificios arrojen sombras unos sobre otros en horas de máxima exposición solar. La existencia de una gran superficie libre, ha facilitado la plantación de arbolado caduco, algo que favorece zonas de sombra sobre edificación y espacio público. Sin embargo, los problemas de titularidad del suelo a los que nos hemos referido anteriormente, han supuesto un inadecuado mantenimiento de las zonas vegetales y la ausencia de arbolado en gran parte del barrio.

4. Pobreza energética y rehabilitación

Hoy en día los parámetros bajo los que justificar una actuación en materia de rehabilitación energética los hemos de referenciar al concepto de pobreza energética, dada la capacidad de los usuarios de las viviendas por conseguir unas condiciones de confort ajustadas a sus condiciones económicas y a sus hábitos de uso de la propia vivienda. Esta consideración comienza a tener relevancia en la normativa actual, y aunque es un concepto incorporado recientemente a los trabajos de rehabilitación, ya en el año 2000 el Parlamento Británico (UK PARLIAMENT, 2000) lo aprueba, considerándolo como la incapacidad de una persona para acceder al consumo de energía como consecuencia de su bajo salario o por la dificultad de calefactar su vivienda a un coste razonable. En el caso de nuestro país, la noción de pobreza energética debe incluir también a la dificultad de enfriamiento en períodos estivales, dadas nuestras condiciones climatológicas.

El concepto es de compleja magnitud y aún hoy en día están en elaboración diferentes metodologías para su definición concreta. Algunos estudios que se están llevando a cabo (SÁNCHEZ-GUEVARA & *al.*, 2014), nos muestran la importancia de combinar aspectos objetivos de salario y coste de energía, con aspectos subjetivos como temperatura de confort o hábitos de uso de la vivienda, lo que conlleva una difícil traslación a un marco normativo de referencia.

En la determinación de los valores subjetivos, algunos de los estudios reflejan la relación entre salario y sistemas constructivos, algo que entraría en relación con el estudio en Ciudad de los Ángeles. De hecho, en este ámbito, los rangos salariales establecidos con motivo de la declaración del Área de Rehabilitación mostraron una gran homogeneidad salarial, lo que nos sugiere que el acceso a una adecuada climatización de las viviendas está en relación

con otros parámetros, seguramente más subjetivos, como el sistema constructivo o los hábitos de uso residencial.

Aun así, quedan pendientes en Ciudad de los Ángeles, estudios más rigurosos en cuanto a la capacidad salarial, con el objetivo de contrastar los resultados teóricos obtenidos en cuanto a reducción de la demanda de energía, con la capacidad de acceso a la misma y la realidad del consumo energético que se produce en el área.

En cualquiera de los casos, para la determinación de la rehabilitación energética nos hemos centrado en la composición de los sistemas constructivos, toda vez que no parece ser determinante la capacidad salarial de los residentes del barrio. El conocimiento de los sistemas anteriormente expuestos (ver FIG. 4) nos ha permitido trazar una estrategia de rehabilitación energética, ya que el marco normativo existente en el momento de la puesta en marcha del Área de Rehabilitación, no era especialmente sensible a estas consideraciones.

La aprobación del Código Técnico de la Edificación en el año 2006 supuso un apoyo reglamentario a las medidas que pretendían ser impulsadas desde los servicios técnicos de la EMVS. Tal y como veremos más adelante, las medidas necesarias para el cumplimiento del CTE supusieron un avance importante en materia de rehabilitación energética, y que en 2013 la modificación del CTE ponen de relieve, al incorporarse en dicho reglamento técnico gran parte de las actuaciones que se han llevado a cabo en Ciudad de los Ángeles.

A partir, por tanto, de los estudios de las características de la edificación y la urbanización, y de la normativa técnica existente, se han podido evaluar las condiciones de origen de los edificios, con las que establecer pautas generales para llevar a cabo la rehabilitación en materia energética.

Como decimos, se centra la intervención en las características de los sistemas constructivos, al ser el origen de los principales problemas detectados. Bajo estas premisas, se realiza un estudio individualizado de cada edificio, lo que lleva a realizar un trabajo de campo y a visitar el 98% de los edificios del Área, con el objetivo de conocer los sistemas y variantes existentes, así como los problemas de cada uno de ellos. Este trabajo ha dado como resultado la detección de patologías comunes:

- Cimentaciones inadecuadas para las características del terreno en cuanto a resistencia y humedad.
- Mala conservación de las envolventes (fachadas, cubiertas y forjado sanitario) de las edificaciones, precisando renovación y adaptación para mejorar las condiciones de aislamiento y favorecer el ahorro y la eficiencia energética.
- Estado deficiente de las instalaciones de saneamiento, fontanería y electricidad con reparaciones puntuales —mal ejecutadas en la mayoría de los casos—, colaborando en la aparición de daños estructurales y constructivos.
- Existencia de barreras arquitectónicas en, aproximadamente, el 52% de los edificios.

Una vez conocidos los daños y patologías más habituales en el Área de Rehabilitación, se decidió la estrategia de rehabilitación, centrándose ésta en la accesibilidad y en la mejora de la eficiencia energética de las envolventes como principales objetivos de la rehabilitación en curso. Aunque corresponden a los equipos técnicos la concreción de las medidas en cada edificio, se establecieron unas pautas (ver FIG. 5) para garantizar el cumplimiento de los objetivos propuestos y como medida de coordinación de

todo el proceso rehabilitador, fueron los servicios técnicos de la EMVS los encargados de la supervisión y desarrollo de estos objetivos.

En cuanto a la urbanización, el Plan Especial para la Instalación de Ascensores delimita la titularidad del suelo del espacio libre, ordena el mismo y establece áreas de movimiento para la construcción de ascensores, condicionando con ello el paso de instalaciones y los recorridos peatonales del viario.

Los importantes problemas de mantenimiento, la insuficiencia o el mal estado de equipamientos urbanos, la escasa calidad de los espacios verdes, o el mantenimiento deficiente de las instalaciones urbanas, han obligado a una intervención más general. La existencia de una topografía complicada —que no fue adecuadamente resuelta ni en el diseño inicial ni en las modificaciones posteriores— y que ha dado lugar a importantes problemas de accesibilidad y movilidad peatonal se encuentra entre los principales objetivos para la intervención en la urbanización del Área. Junto a la accesibilidad, la mejora de las instalaciones urbanas son los principales objetivos (ver FIG. 6) que prevén una serie de actuaciones desarrolladas en los sucesivos proyectos de urbanización puestos en marcha desde 2006.

FIG. 5/ **Objetivos y criterios previstos de intervención en cada uno de los sistemas constructivos de los edificios**

Objetivos	Sistema	Actuaciones previstas
Rendimiento energético	Cubierta	Aislamiento con espesor medio de 4/6 cm. Conservación o apertura de ventilaciones.
	Fachada	Aislamiento exterior mediante sistema SATE, con espesor medio de 6 cm. Renovación de carpinterías o instalación de doble carpintería. Protección de vidrios frente a la radiación solar.
	Sótano	Aislamiento forjado sanitario. Ventilación cámara sanitaria.
	Instalaciones	Detectores de presencia en elementos comunes.
Mejora de la accesibilidad	Ascensor	Instalación nueva y sustitución del trazado de escaleras.
	Portal	Construcción de rampas.
Estabilidad estructural	Cimentación	Micropilotaje. Consolidación del terreno mediante la inyección de resinas.
Adecuación instalaciones	Adecuación normativa	Electricidad, adecuación al REBT. Sustitución de la red de agua fría e instalación de contadores individuales.
	Mejora Saneamiento	Sustitución de bajantes de fibrocemento. Renovación de red horizontal.
Estudio imagen compositiva en relación con edificios adyacentes	Fachadas	Saneado de fachadas en caso de no emplear sistema SATE. Coordinación de composición en portales de un mismo edificio. Unificación de criterios de selección de color.

Fuente: *Elaboración propia*. EMPRESA MUNICIPAL DE LA VIVIENDA Y SUELO DE MADRID.

FIG. 6/ **Objetivos y actuaciones previstas en la urbanización**

Objetivo		Actuaciones previstas
Movilidad	Tráfico	Incremento de la movilidad peatonal. Itinerarios ciclistas (carriles bici).
	Topografía	Construcción de rampas.
Accesibilidad	Viarío	Rebaje de bordillos. Plataforma única.
	Adecuación normativa	Alumbrado público.
Instalaciones urbanas	Tendidos aéreos	Supresión de los tendidos de telefonía y alumbrado público.
	Renovación de redes	Renovación puntual de red de saneamiento. Construcción o renovación de pozos de resalto de las comunidades. Instalación de riego automático en espacios verdes. Renovación puntual de red de gas.
	Nuevas instalaciones	Instalación de juegos infantiles. Instalación de áreas biosaludables. Instalación de canchas deportivas abiertas.

Fuente: *Elaboración propia*. EMPRESA MUNICIPAL DE LA VIVIENDA Y SUELO DE MADRID.

La urbanización se está ejecutando en tres fases para facilitar el estudio de cada zona y afectar lo mínimo posible a la vida de los vecinos del barrio. Para la delimitación de cada fase se han tenido en cuenta no sólo las zonas más degradadas, sino también las necesidades y demandas de los vecinos. Para canalizar estas últimas se ha recurrido a un método participativo en el que la Asociación de Vecinos ha servido de interlocutora, dada su relevancia en el movimiento social del barrio. Fruto de este proceso ha sido no solo la determinación de las principales necesidades del barrio, en cuanto a urbanización se refiere, sino también la delimitación de cada una de las fases y la resolución de los conflictos generados por el desarrollo de las obras.

En cuanto a los proyectos de urbanización, debemos destacar que las principales medidas en materia de ahorro energético se han adoptado en la renovación del alumbrado público, no solo mejorando la red general, sino también mediante el uso de lámparas adecuadas que reducen tanto el consumo eléctrico, como también la contaminación lumínica. Junto a esta medida, se ha mostrado especial interés porque el diseño y posterior ejecución de las obras de urbanización aumentaran la permeabilidad de los suelos, incrementando para ello la superficie terriza y utilizando técnicas y materiales más permeables, con el objetivo de favorecer el filtrado

de agua hacia los acuíferos naturales existentes en el ámbito.

La elección de especies y localización del arbolado han sido especialmente cuidados en los proyectos de urbanización, puesto que, tal y como ya hemos dicho, son un aspecto fundamental para reducir la incidencia de la radiación solar y facilitar con ello la refrigeración del espacio público en las estaciones cálidas, contribuyendo con ello, a una mejor climatización de las viviendas.

5. Resultados energéticos

Bajo los criterios anteriormente expuestos, desde 2008 se están llevando a cabo las obras de rehabilitación de edificios, concretamente se han iniciado obras en 110 edificios, lo que supone haber mejorado las condiciones de confort de 1.440 viviendas en el barrio, es decir, en torno al 20% de las viviendas de Ciudad de los Ángeles.

Conscientes de que es necesario evaluar la eficacia de las medidas adoptadas, se han iniciado por parte de los servicios técnicos de la EMVS, una serie de análisis de los proyectos ejecutados en relación con la inversión realizada en medidas de ahorro y eficiencia energética.

El estudio, cuyos resultados preliminares estamos presentando, forma parte de uno más amplio que pretende determinar la reducción real de la demanda de energía, si esta se hubiera producido, como consecuencia de las medidas de mejora de la envolvente llevadas a cabo.

El estudio desarrollado se compone de dos fases y de tres niveles de análisis. En primer lugar se ha procedido al análisis de los presupuestos ejecutados (o en ejecución) de los 110 edificios que se han acogido a las ayudas a la rehabilitación. Estos datos se han obtenido a partir de las certificaciones finales de obra para los 94 edificios ya rehabilitados y a partir de los presupuestos de las contratatas, recibidos por la EMVS para la gestión de las subvenciones a la rehabilitación. Con esta información es posible establecer el esfuerzo económico realizado a la hora de rehabilitar el barrio empleando unos criterios de eficiencia energética en las obras ejecutadas.

La segunda fase del estudio consiste en una pormenorización, pasando al estudio de 10 edificios concretos, seleccionados con el criterio de localización y la representatividad de la tipología edificatoria en el barrio (ya sea por su generalización o la singularidad de la misma). Los edificios seleccionados estaban en fase de rehabilitación en el momento de concluir el estudio o ya habían sido concluidas las obras.

Una vez seleccionados los edificios objeto del estudio, se ha procedido a analizar los sistemas constructivos desde dos puntos de vista. De un lado se ha realizado la certificación energética empleando para ello el método simplificado CE3X. De otro lado, se ha procedido a analizar los presupuestos de ejecución para determinar la inversión producida para la reducción de la demanda obtenida teóricamente.

Se ha recurrido a la certificación energética como método de comprobación de la reducción de demanda al haber sido señalado este método como obligatorio —junto al Informe de Evaluación del Edificio— en la legislación aprobada en materia de rehabilitación, fundamentalmente la Ley de Rehabilitación (GOBIERNO DE ESPAÑA, 2013a), a la hora de transmitir la propiedad o alquilar la vivienda.

La certificación energética, tal y como está regulada (GOBIERNO DE ESPAÑA, 2013b) no refleja completamente la reducción de la demanda de energía, pero nos da una indicación teórica del funcionamiento térmico del edificio. Según este método, se consiguen mejoras sustanciales al cambiar los sistemas de calefacción y

refrigeración, pero el peso de la envolvente es menor, hecho que influirá en la certificación de los edificios de Ciudad de los Ángeles al haber intervenido fundamentalmente sobre envolventes. Por este motivo, se está realizando un estudio más pormenorizado para ampliar el estudio de consumos reales en electricidad y gas, principales fuentes de energía para calefactar y refrigerar las viviendas.

6. Inversión energética

Una vez enunciadas las principales medidas adoptadas para la mejora de la envolvente (ver FIG. 5) nos interesa conocer la repercusión que estas medidas están teniendo sobre los presupuestos y conocer de esta manera el esfuerzo económico realizado para la rehabilitación del edificio. Los estudios realizados hasta el momento, nos arrojan la idea de que más del 30% (ver FIG. 7) del presupuesto de rehabilitación se ha destinado a adoptar algún tipo de medida para la mejora del rendimiento energético de los edificios, siendo las partidas que mayor peso tienen en el presupuesto de rehabilitación.

Para comprobar el ahorro energético que se está produciendo en las viviendas, se está llevando a cabo la toma de datos reales de consumo. Los datos preliminares obtenidos a lo largo del año 2014, considerando un año completo de consumo, están arrojando una reducción entre el 20% y el 25% de la demanda energética en las viviendas, y por consiguiente en los edificios rehabilitados. Estos datos han sido elaborados a partir de las facturas de consumos eléctricos y de calefacción de cuatro edificios y aunque se limitan aún a un número poco significativo de viviendas, el estudio está en desarrollo y se espera que los resultados corroboren los datos iniciales. Actualmente, se está desarrollando un estudio más detallado que afecta a más de 400 viviendas y cuyos datos esperan arrojar las mismas conclusiones.

7. Evaluación energética

A partir de los demostradores de consumo, se están llevando a cabo nuevos estudios con la finalidad de comprobar la eficacia real de las medidas que se han ido detallando más arriba. Para ello, la EMVS ha puesto en marcha estudios que tienen como finalidad:

- Evaluar las actuaciones de rehabilitación con criterios energéticos y la reducción de la demanda conseguida.

FIG. 7/ Distribución de la inversión y su repercusión sobre el presupuesto total entre los años 2008 y 2015

	Ahorro energético	Cimentación / estructura	Accesibilidad		Instalaciones	Total ⁴
			Zonas comunes	Ascensor		
Presupuesto (€)	15.482.665,28	2.419.355,21	2.752.306,32	5.750.215,60	4.557.255,41	50.563.596,84
Repercusión ² (€/viv)	10.751,85	1.680,11	1.911,32	3.993,21	3.164,76	35.113,61
Tipo/inversión (%)	30,62	4,78	5,44	11,37	9,01	100,00

¹ En esta tabla se recoge el presupuesto total en rehabilitación, no sólo el presupuesto protegido para el cálculo de las subvenciones para la rehabilitación. Esto se debe a que la instalación de ascensores se ha realizado, en la mayoría de los casos, a cargo de un programa de ayudas para la instalación de ascensores facilitado hasta 2012 por la Comunidad de Madrid.

² La repercusión se ha calculado en función de las viviendas rehabilitadas con subvención, que ascienden a 1.440 de las 1.536 calificadas inicialmente, ya que son estas viviendas las que han realizado las aportaciones económicas y los presupuestos se han ajustado en función del número de viviendas solicitantes de ayudas. Por otro lado, si bien es cierto que los locales comerciales también intervienen en la rehabilitación, no han sido considerados en este cálculo, al ser su aportación menor a la de las viviendas, tanto por porcentaje de participación en la finca como por no disfrutar del ascensor instalado.

Fuente: Elaboración propia. EMPRESA MUNICIPAL DE LA VIVIENDA Y SUELO DE MADRID.

- Estudiar el impacto medioambiental de la mejora de la envolvente.
- Valorar la inversión de las actuaciones necesarias (parámetros económicos y normativos) y su repercusión en una rehabilitación integral a través de los presupuestos real y definitivamente ejecutados.

En la siguiente tabla (ver FIG. 8), se han recogido las características de cada bloque y cada tipología en relación a la distribución de viviendas y superficies, así como a la orientación y las barreras arquitectónicas, con la pretensión de hacernos una idea de las características de cada edificio estudiado.

Destaca que se trata de edificios con pocas viviendas por planta con lo que las pérdidas energéticas en los espacios comunes pueden

ser fácilmente controlables al no haber mucha superficie, aunque eso no impide que hayan sido utilizados como elementos para el enfriamiento del edificio, generando corrientes de aire en la caja de escaleras, especialmente en aquellas en las que se ha instalado ascensor. El hecho de que se trate de viviendas con una superficie útil media de 65 m² facilita también la eficacia de las medidas energéticas al tener demandas potenciales menores y de más fácil distribución en las estancias de la vivienda. La doble orientación de las fachadas principales también es determinante a la hora de aplicar medidas constructivas de ahorro energético, puesto que es posible aprovechar ambas circunstancias para facilitar climatización en función de la estación del año, tal y como nos sugiere Luxán en los estudios a los que hemos hecho referencia.

FIG. 8/ Características sobre los edificios analizados en función de las tipologías edificatorias

Tipología	Eo1	Eo2	Eo3	Eo4	Eo5	Eo6	Eo7	Eo8	Eo9	Eo10
	H1	A1	U3	A1	C	R	D	V	S	E1
Orientación	N-S	N-S	E-O	N-S	N-S	N-S	N-S	N-S	E-O	N-S-E-O
Número de viviendas/planta	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4
Número de plantas	5	5	5	5	5	5	8	8	8	11
Número total de viviendas	10	10	10	10	10	30	10	16	16	44
Superficie útil vivienda (m2)	47,80	63,90	67,58	63,90	76,40	59,43	72,70	59,14	68,00	75,00
Ascensor origen	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI
Instalan ascensor	SI	SI	SI	NO	SI	SI	NO	NO	NO	NO
Datos generales de cada tipología										
Número de bloques/tipología	12	48	40	48	30	8	7	21	16	2
Número de viviendas/tipología	220	480	400	480	300	240	112	336	224	88

Fuente: Elaboración propia. EMPRESA MUNICIPAL DE LA VIVIENDA Y SUELO DE MADRID.

Dado que se trata de composiciones tipo, debemos llamar la atención sobre el hecho de que cada edificio tiene unas particularidades específicas. A continuación detallamos las consideraciones generales que se han tenido en cuenta para la elaboración de las tablas resumen ya referenciadas, así como la tabla comparativa de las medidas adoptadas a partir de las condiciones de origen (ver FIG. 9).

Cabe decir que los datos relativos a la cimentación, sólo sirven de referencia por ser necesarios debido a las exigencias de los programas de evaluación energética utilizados, pero no aportan datos relevantes que ofrezcan variaciones al estudio de eficiencia, no así los de la envolvente que son realmente sobre lo que se centra el estudio.

Como no puede ser de otra manera, las soluciones adoptadas en la rehabilitación de los edificios tienen en cuenta el estado original del mismo, pues se trata de dar solución a las deficiencias concretas detectadas, tal y como podemos comprobar en la tabla anterior (ver FIG. 9). Sin embargo, las soluciones ejecutadas siguen una serie de pautas que nos dejan al descubierto la limitación tecnológica a la que nos hemos enfrentado, condicionada sustancialmente por el precio y la capacidad económica de los propietarios. Conscientes de esas limitaciones, desde la administración se han incrementado las ayudas para financiar medidas de ahorro energético (BOCM, 2005), lo que ha permitido incrementar la inversión en ahorro energético y por tanto, el peso de estas medidas en los presupuestos de rehabilitación.

Además de este esfuerzo presupuestario, el Área de rehabilitación de Ciudad de los Ángeles ha sido utilizada en varias investigaciones, tanto nacionales como europeas, lo que ha permitido tener un mayor conocimiento de las medidas energéticas que se han tomado y ensayar soluciones constructivas con mayor peso tecnológico que las empleadas habitualmente.

Fruto de estos proyectos es la investigación acerca de las transmitancias térmicas en fachadas realizada al amparo del proyecto SHE-RIFF⁶ por el equipo de investigación ABIO de la Universidad Politécnica. Parte de los resultados de esta investigación (CUERDA & *al.*, 2014) nos indican algunas mejoras necesarias

⁶ Se trata de un proyecto de investigación de ámbito nacional, cuyo acrónimo corresponde a Sistema Híbrido y Económico de Rehabilitación Integrada y Flexible de Fachadas. Impulsado por el Ministerio de Economía y Com-

en las tipologías de fachadas existentes en Ciudad de los Ángeles para la mejora del comportamiento térmico de las mismas, a partir del cumplimiento de las normas actualmente existentes en esta materia.

Esta investigación ha centrado su estudio en cinco tipologías de envolventes existentes en Ciudad de los Ángeles y en su análisis realiza una valoración de los sistemas constructivos, tanto de la parte ciega como de huecos de fachada. Sitúa una perspectiva de cumplimiento de la normativa que en materia de construcción ha habido desde el año 1979 en relación a la transmitancia térmica.

Para el estricto cumplimiento de los requisitos existentes en la norma actualmente vigente —esto es, el Código Técnico de la Edificación 2013— las fachadas deberían mejorarse con la incorporación de los siguientes elementos:

- Parte ciega: aislamiento de espesor de 5 cm (cumplimiento del CTE 2013). Aislamiento de espesor de 6 cm (cumplimiento CTE 2013 más una mejora del 25% en la transmitancia).
- Huecos: nueva ventana, sin eliminar la original (cumplimiento del CTE 2013).

Observando las medidas implementadas en Ciudad de los Ángeles, podemos comprobar de manera teórica que éstas serían suficientes para cumplir con los requisitos del CTE 2013 en cuanto a transmitancia térmica de los sistemas constructivos de envolventes, y que además, en la mayoría de los casos, se mejorarían un 25% las condiciones actualmente exigidas por la normativa.

Es indudable que este trabajo, realizado de manera teórica a partir del conocimiento de los sistemas constructivos, nos pone en el camino de la necesidad de renovar las envolventes de los edificios como una de las principales medidas para la reducción de la demanda de energía, hecho que en Ciudad de los Ángeles se ha realizado en la totalidad de los edificios rehabilitados.

En cuanto al aislamiento de la envolvente, el espesor del material aislante es el que se ha ido variando por capacidad económica de los residentes, pero también como mejora de los requisitos de transmitancia exigidos por el CTE de

petitividad. En él participa la EMVS como demostrador del sistema a desarrollar en el proyecto con un edificio del barrio de Ciudad de Los Ángeles construido en la década de 1960.

FIG. 9/ Medidas de eficiencia energética adoptadas según la tipología del edificio

	En origen	Rehabilitación
Tipología H1	La Canción del Olvido, 47 (E01)	
Estructura cimentación	Estructura porticada de hormigón armado. Zapatas aisladas.	—
Planta baja	Solera.	Sin cambios
Fachada, huecos, vidrio	Fachada de 1/2 pie de ladrillo, enfoscado y pintado al exterior, cámara de aire, tabicón interior.	Aislamiento mediante SATE de $e = 8$ cm de poliestireno expandido $d = 20$ kg/m ³ . Hueco: doble carpintería, doble vidrio bajo emisivo.
Cubierta	Cubierta ventilada a la catalana, no transitable.	
Tipología A1	La del Manojó de Rosas, 15 y 17 (E04 / E02)	
Estructura cimentación	Muros de carga de hormigón en masa. Zapatas corridas.	—
Planta baja	Solera en planta baja.	Sin cambios.
Fachada, huecos, vidrio	Fachadas de 1 hoja de hormigón en masa, espesor 25 cm, enfoscado y pintado exterior. Carpinterías y vidrios de varias calidades.	(MR15) Aislamiento a base de planchas de lana de roca, $e = 15$ cm, monocapa revestimiento exterior. (MR17) Aislamiento mediante SATE de $e = 6$ cm de poliestireno expandido $d = 20$ kg/m ³ . Doble carpintería, acristalamiento doble. Protecciones solares en huecos de fachada sur.
Cubierta	Cubierta ventilada a la catalana, transitable.	(MR15 y 17) Cubierta invertida acabada en losa filtrón sobre la original.
Tipología U3	El Huésped del Sevillano, 6 (E03)	
Estructura cimentación	Estructura porticada de hormigón armado. Zapatas aisladas.	—
Planta baja	Forjado sanitario.	Aislamiento de forjado sanitario $e = 4$ cm.
Fachada, huecos, vidrio	Fachada de 1/2 pie de ladrillo, enfoscado y pintado al exterior, cámara de aire, tabicón interior. Carpinterías y vidrios de varias calidades.	Aislamiento mediante SATE de $e = 4$ cm de poliestireno expandido $d = 15$ kg/m ³ y 0,03 W/mk. Hueco: doble carpintería, doble vidrio bajo emisivo. Protecciones solares en huecos de fachadas este y sur.
Cubierta	Cubierta ventilada a la catalana, transitable.	Cubierta invertida acabada en losa filtrón sobre la original.
Tipología C	La Canción del Olvido, 24 (E05)	
Estructura cimentación	Estructura porticada de hormigón armado. Zapatas aisladas.	—
Planta baja	Forjado sanitario.	Aislamiento de forjado sanitario $e = 4$ cm.
Fachada, huecos, vidrio	Fachada de 1/2 pie de ladrillo, enfoscado y pintado al exterior, cámara de aire, tabicón interior. Carpinterías y vidrios de varias calidades.	Aislamiento mediante SATE de $e = 6$ cm de poliestireno expandido $d = 20$ kg/m ³ . Hueco: doble carpintería, doble vidrio bajo emisivo.
Cubierta	Cubierta ventilada a la catalana, transitable.	Cubierta invertida acabada en losa filtrón sobre la original.

FIG. 9/ Medidas de eficiencia energética adoptadas según la tipología del edificio

	En origen	Rehabilitación
Tipología R	La Alegría de la Huerta 5-7 (E06)	
Estructura cimentación	Muros de carga de ladrillo de 1 pie de espesor, paralelos a fachada principal. Zanjas corridas.	—
Planta baja	Forjado sanitario.	Proyección poliuretano sobre techos.
Fachada, huecos, vidrio	Ladrillo visto de una hoja. Carpinterías y vidrios de varias calidades.	Aislamiento mediante SATE 6 cm, $d = 15 \text{ kg/m}^3$. Hueco: doble carpintería, acristalamiento doble, vidrio bajo emisivo. Protecciones solares en huecos de fachada sur.
Cubierta	Inclinada ventilada. Cubrición placas fibrocemento.	Cubierta inclinada con panel sándwich sobre la original.
Tipología D	La Corte del Faraón, 27 (E07)	
Estructura cimentación	Estructura porticada de hormigón armado Zapatas aisladas.	—
Planta baja	Forjado sanitario, sin aislamiento y ventilación de cámara sanitaria.	Proyección de poliuretano sobre techos.
Fachada, huecos, vidrio	Fachada de $\frac{1}{2}$ pie de ladrillo, enfoscado y pintado al exterior, cámara de aire, tabicón interior. Carpinterías y vidrios de varias calidades.	Aislamiento mediante SATE de $e = 6 \text{ cm}$ de poliestireno expandido $d = 20 \text{ kg/m}^3$. Doble carpintería, acristalamiento doble. Protecciones solares en huecos de fachada sur.
Cubierta	Cubierta ventilada a la catalana, transitable.	Cubierta invertida acabada en losa filtrón sobre la original.
Tipologías V	Pan y Toros, 26 (E08)	
Estructura cimentación	Pórticos de hormigón en masa y muros de carga en fachada en hormigón en masa. Zapatas corridas.	—
Planta baja	Solera.	Sin cambios
Fachada, huecos, vidrio	Fachadas de 1 hoja de hormigón en masa, espesor 25 cm, enfoscado y pintado exterior. Carpinterías y vidrios de varias calidades.	Aislamiento mediante SATE de $e = 6 \text{ cm}$ de poliestireno expandido $d = 20 \text{ kg/m}^3$. Doble carpintería, acristalamiento doble. Protecciones solares en huecos de fachada sur.
Cubierta	Cubierta ventilada a la catalana, no transitable.	Demolición de cubierta catalana hasta llegar a forjado de cubierta y nueva cubierta invertida transitable con acabado en losa filtrón.
Tipologías S	La Dolorosa, 1 (E09)	
Estructura cimentación	Estructura porticada de hormigón armado. Zapatas corridas.	—
Planta baja	Forjado sanitario.	Proyección de poliuretano sobre techos.
Fachada, huecos, vidrio	Fachada de $\frac{1}{2}$ pie de ladrillo, enfoscado y pintado al exterior, cámara de aire, tabicón interior. Carpinterías y vidrios de varias calidades.	Aislamiento mediante SATE de $e = 6 \text{ cm}$ de poliestireno expandido $d = 20 \text{ kg/m}^3$. Doble carpintería, acristalamiento doble.
Cubierta	Cubierta ventilada a la catalana, no transitable.	Cubierta invertida acabada en losa filtrón sobre la original.

FIG. 9/ Medidas de eficiencia energética adoptadas según la tipología del edificio

	En origen	Rehabilitación
Tipología E1	La Chulapona, 3 (E10)	
Estructura cimentación	Estructura porticado de hormigón armado. Cimentación aislada.	—
Planta baja	Solera.	Proyección poliuretano sobre techos.
Fachada, huecos, vidrio	Fachada de 1/2 pie de ladrillo, enfoscado y pintado al exterior, cámara de aire, tabicón interior. Carpinterías y vidrios de varias calidades.	Aislamiento mediante SATE de $e = 6$ cm de poliestireno expandido $d = 20$ kg/m ³ . Doble carpintería, acristalamiento doble. Protecciones solares en huecos de fachada este y sur.
Cubierta	Cubierta a la catalana, transitable, con impermeabilización posterior.	Cubierta invertida acabada en losa filtrón sobre la original, hormigón aislante $e = 10$ cm.

Fuente: Elaboración propia. EMPRESA MUNICIPAL DE LA VIVIENDA Y SUELO DE MADRID.

2006. De hecho, inicialmente se fue instalando aislamientos con espesores de 4 cm y actualmente se ha llegado a espesores de 6 cm. Es curioso señalar que ningún equipo técnico haya optado por variar la densidad del aislamiento, pese a que las casas comerciales sí lo contemplan en su catálogo de productos y es una práctica habitual en otras regiones europeas.

En lo que respecta a los huecos de fachada se ha optado de manera general, por la instalación de dobles carpinterías, manteniendo las existentes en el interior de las viviendas. Esta solución tiene la cualidad de evitar obras en los interiores de las viviendas, reduciendo costes de rehabilitación y molestias a los propietarios, aspectos muy importantes en todo proceso rehabilitador.

Junto a estas medidas, que como hemos visto, serían suficientes para el cumplimiento de la normativa en cuanto a transmitancias térmicas, se han adoptado otras que reducen el calentamiento de las partes ciegas y de los huecos. Así, se han colocado parasoles en las fachadas orientadas a sur, pero de manera indirecta, los oculta-vistas colocados como tenderos y para alojar los compresores de aire acondicionado, están contribuyendo a reducir el calentamiento de las fachadas al arrojar sombras sobre las mismas.

La comprobación teórica en cuanto a la demanda de energía se ha realizado mediante las certificaciones energéticas hechas a los diez edificios objeto de nuestro estudio. Los indicadores de referencia utilizados han sido:

— Emisiones globales (kg CO₂/m² año) y clasificación energética.

— Energía primaria (kWh/m² año) demandada.
— Demanda de calefacción/refrigeración y agua caliente sanitaria (ACS).

Con ello, conseguimos tener conocimiento de manera teórica sobre la demanda de energía necesaria para lograr las condiciones de confort en los edificios, pero al realizarla también sobre edificios que ya han llevado a cabo la actuación de rehabilitación, es fácilmente verificable la reducción de la demanda una vez ejecutadas las medidas planteadas y que de manera teórica parecen suficientes para la reducción significativa de la demanda de energía, tal y como hemos visto más arriba.

En ninguno de los casos estudiados se ha procedido a la sustitución de instalaciones de climatización, lo cual habría influido en la certificación, por lo que se ha realizado una simulación estimando que las instalaciones existentes —en su mayoría calderas individuales de gas natural—, se han sustituido por calderas eficientes. La intención de esta simulación es mostrar la potencial reducción de demanda que podría obtenerse si se interviniera tanto con medidas pasivas (mejora de la envolvente) como con medidas activas (mejora de las instalaciones de la vivienda).

De las certificaciones realizadas se obtienen los valores de emisiones globales previas y posteriores a la rehabilitación, contemplando tres supuestos en cuanto a las medidas de mejora —envolvente, instalaciones y ambas—, consiguiendo para cada supuesto el porcentaje de ahorro correspondiente (ver FIG. 10):

FIG. 10/ Resultados obtenidos con el programa CE3X de certificación energética de los inmuebles

Dirección	Edificio		Calificación energética (kg CO ₂ /m ² año)		Medidas de mejora	Indicadores globales				
	Número de viviendas	Superficie útil	Actual	Mejora		Mejora de emisiones globales (kg CO ₂ /m ² año)		Energía primaria (kWh/m ² año)		% ahorro
						Antes	Después	Antes	Después	
CO40	10	580,15	68,97 F	36,12 E	envolvente	68,97	36,12	309,65	163,71	47,13
				42,69 E	instalaciones	68,97	42,69	309,65	186,91	39,64
				15,66 C	env + inst	68,97	15,66	309,65	79,28	74,40
MR17	10	638,98	47,47 E	20,25 D	envolvente	47,47	20,25	231,81	97,85	57,79
				35,58 E	instalaciones	47,47	35,58	231,81	172,96	25,39
				15,49 C	env + inst	47,47	15,49	231,81	74,27	67,96
HS 6	10	675,80	55,41 E	29,14 E	envolvente	55,41	29,14	265,99	138,06	48,10
				42,70 E	instalaciones	55,41	42,70	265,99	203,11	23,64
				20,97 D	env + inst	55,41	29,97	265,99	97,60	63,31
MR 15	10	638,98	55,50 E	22,04 D	envolvente	55,50	22,04	235,46	95,17	59,58
				54,60 E	instalaciones	55,50	54,60	235,46	234,43	0,44
				20,90 D	env + inst	55,50	20,90	235,46	93,11	60,46
CO 24	10	760,00	59,76 F	27,52 E	envolvente	59,76	27,52	291,42	133,30	54,26
				44,91 E	instalaciones	59,76	44,91	291,42	217,94	25,21
				20,94 D	env + inst	59,76	20,94	291,42	100,74	65,43
AH 5-7	30	1.783,00	64,53 F	20,70 D	envolvente	64,53	20,70	313,40	97,82	68,79
				44,05 E	instalaciones	64,53	44,05	313,40	212,01	32,35
				15,16 C	env + inst	64,53	15,16	313,40	70,40	77,54
CF 27	16	1.163,20	60,48 F	19,30 D	envolvente	60,48	19,30	294,51	92,46	68,61
				45,58 E	instalaciones	60,48	45,58	294,51	220,75	25,04
				14,98 C	env + inst	60,48	14,98	294,51	71,10	75,86
PT 26	16	946,24	73,38 G	27,49 E	envolvente	78,38	27,49	382,69	132,84	65,29
				56,74 E	instalaciones	78,38	56,74	382,69	275,55	28,00
				18,98 D	env + inst	78,38	18,98	382,69	90,70	76,30
DO 1	14	952,00	66,02 F	22,80 D	envolvente	66,02	22,80	317,53	107,49	66,15
				50,91 E	instalaciones	66,02	50,91	317,53	242,74	23,55
				18,21 D	env + inst	66,02	18,21	317,53	84,76	73,31
CH 3	44	3.300,00	57,33 E	20,57 D	envolvente	57,33	20,57	278,17	98,20	64,70
				43,50 E	instalaciones	57,33	43,50	278,17	209,70	24,61
				16,07 C	env + inst	57,33	16,07	278,17	75,94	72,70

Fuente: EMPRESA MUNICIPAL DE LA VIVIENDA Y SUELO DE MADRID. DEPARTAMENTO DE INNOVACIÓN.

Podemos concluir entonces que en los edificios de 5 alturas, las emisiones globales (kg CO₂/m² año) oscilan en una horquilla entre 68,97 (letra F) y 47,47 (letra E) obteniendo en la mayoría de los casos analizados una calificación con la letra E, siendo la media de emisiones del orden de 57 kg CO₂/m² año. Por consiguiente, una vez ejecutadas las obras de rehabilitación anteriormente descritas, podemos concluir que la reducción del consumo de energía primaria (kWh/m² año) oscila entre el 47% y el 58%, aunque ello no suponga un cambio significativo en la clasificación obtenida.

Exceptuando las edificaciones que tienen una hoja de hormigón sin aislamiento —que obtiene una calificación G al ser el tipo de fachada más desfavorable— los resultados indican que según las tipologías de los bloques y las envolventes analizadas, la mayoría de las edificaciones se encuentran en la franja de la E y la F, es decir, edificios altamente ineficientes y con pérdidas energéticas producidas en las partes ciegas y huecos de fachada.

Es relevante la influencia del sistema constructivo elegido, pues aquellos edificios donde se ha utilizado poliestireno de 6 cm y densidad de 20 kg/m³ tienen niveles de ahorro de la demanda muy superiores a sistemas de aislamiento que han utilizado menores espesores o menores densidades. Sin embargo, el uso de lana de roca como material aislante no parece influir de manera determinante en la certificación de eficiencia energética a tenor de los datos obtenidos, aunque a este respecto los estudios son aún insuficientes⁷.

8. Evaluación de la inversión

Una vez realizada la certificación de los edificios estudiados, se ha procedido a la comparación de estos elementos con la inversión producida en materia de eficiencia energética en los diez edificios analizados (ver FIG. 11), incluidos dentro de los resultados generales avanzados más arriba para todo el área. En este sentido cabe decir que la repercusión por m² de la actuación en eficiencia energética para lograr una reducción en la demanda de energía superior al 60% es del orden de 150-200 €/m², lo que supone una media de 9.000 €/vivienda, disminuyendo este valor a los 100

€/m² en edificios de mayor altura y mayor número de viviendas.

9. Avance de conclusiones

Los estudios desarrollados hasta el momento arrojan una serie de datos que parecen corroborar la eficacia de las medidas previstas para mejorar la habitabilidad de las viviendas acogidas a las ayudas a la rehabilitación del Área de Ciudad de los Ángeles. La existencia de un Ente Gestor con capacidad para determinar y supervisar requisitos técnicos que debían desarrollarse en los proyectos de rehabilitación se ha mostrado un factor decisivo, estableciendo los criterios generales de la intervención, sin responder a intereses particulares y buscando siempre la confianza y complicidad necesaria con las comunidades de vecinos para emprenderlas.

A partir de aquí, el trabajo de los equipos técnicos ha consistido en buscar soluciones concretas, dentro del margen presupuestario que establecía la capacidad económica de las comunidades en conjunción con las ayudas previstas por las administraciones públicas. Indudablemente, la repercusión por vivienda se reduce por la aportación de fondos públicos, algo que ha determinado el desarrollo del Área y la eficacia de las medidas adoptadas. De esta manera cabe señalar la baja repercusión que ha tenido sobre los propietarios con los beneficios energéticos que se han obtenido de manera teórica en las certificaciones energéticas realizadas. Como aspecto también a destacar está la escasa innovación tecnológica que se ha podido realizar, encontrándonos un abanico de soluciones muy homogéneas y con escasas modificaciones. Sin duda, el coste superior de otro tipo de soluciones es determinante en este aspecto, aunque también ha influido la sencillez y rapidez de ejecución de los sistemas constructivos empleados.

En relación con los datos de demanda y emisiones obtenidos en la certificación energética realizada, debemos señalar que aunque no se obtienen modificaciones significativas en la calificación de los edificios —se logra mejorar una letra—, sí se obtienen mejoras relevantes en la demanda de energía primaria. Esto se debe a las propias características de la certificación, puesto que en el caso del Área de Ciu-

⁷ Este edificio es un demostrador del proyecto Retrokit y está siendo sometido a una monitorización constante desde un ciclo climático completo anterior a la rehabilitación,

por lo que los resultados más certeros podrán obtenerse cuando se complete un ciclo climático completo tras la finalización de la obra.

FIG. 11/ Indicadores energéticos y de inversión

Edificio			Calificación energética (kg CO ₂ /m ² año)		Medidas de mejora	coste inversión (€)		repercusión	
Dirección	Número de viviendas	Superficie útil (m ²)	Actual	Mejora		Ejecución material	Total	€/m ² útil	€/vivienda
CO40	10	580,15	68,97 F	36,12 E	envolvente	78.167,34	89.110,77	153,60	7.816,73
				42,69 E	instalaciones	180.000,00	180.578,31	311,26	18.000,00
				15,66 C	env + inst	258.167,34	269.689,08	464,86	25.816,73
MR17	10	638,98	47,47 E	20,25 D	envolvente	102.703,41	117.081,88	183,23	10.270,34
				35,58 E	instalaciones	41.308,00	41.886,31	65,55	4.130,80
				15,49 C	env + inst	144.011,41	158.968,19	248,78	14.401,14
HS 6	10	675,80	55,41 E	29,14 E	envolvente	124.667,26	142.120,67	210,30	12.466,73
				42,70 E	instalaciones	52.000,00	52.578,31	77,80	5.200,00
				20,97 D	env + inst	176.667,26	194.698,98	288,10	17.666,73
MR 15	10	638,98	55,50 E	22,04 D	envolvente	117.383,76	133.817,49	209,42	11.738,38
				54,60 E	instalaciones	41.308,00	41.886,31	61,98	4.130,80
				20,90 D	env + inst	158.691,76	175.703,80	259,99	15.869,18
CO 24	10	760,00	59,76 F	27,52 E	envolvente	105.127,78	119.845,67	157,69	10.512,78
				44,91 E	instalaciones	41.308,00	41.886,31	55,11	4.130,80
				20,94 D	env + inst	146.435,78	161.731,98	212,81	14.643,58
AH 5-7	30	1.783,00	64,53 F	20,70 D	envolvente	12.820,64	421.782,78	236,56	427,35
				44,05 E	instalaciones	38.850,00	38.850,00	21,79	1.295,00
				15,16 C	env + inst	51.670,64	460.632,78	258,35	1.722,35
CF 27	16	1.163,20	60,48 F	19,30 D	envolvente	172.742,28	196.926,20	169,30	10.196,39
				45,58 E	instalaciones	66.092,80	66.671,11	57,32	4.130,80
				14,98 C	env + inst	238.835,08	263.597,31	226,61	14.927,19
PT 26	16	946,24	73,38 G	27,49 E	envolvente	257.574,32	293.634,72	310,32	16.098,40
				56,74 E	instalaciones	66.092,80	66.671,11	70,46	4.130,80
				18,98 D	env + inst	323.667,12	360.305,83	380,78	20.229,20
DO 1	14	952,00	66,02 F	22,80 D	envolvente	132.958,53	151.572,72	159,22	9.497,04
				50,91 E	instalaciones	57.831,20	58.409,51	61,35	4.130,80
				18,21 D	env + inst	190.789,73	209.982,24	220,57	13.627,84
CH 3	44	3.300,00	57,33 E	20,57 D	envolvente	309.176,20	352.460,87	106,81	7.026,73
				43,50 E	instalaciones	181.755,20	182.333,51	55,25	4.130,80
				16,07 C	env + inst	490.931,40	534.794,38	162,06	11.157,53

Fuente: EMPRESA MUNICIPAL DE LA VIVIENDA Y SUELO DE MADRID. DEPARTAMENTO DE INNOVACIÓN.

dad de los Ángeles no ha sido posible, o por presupuesto o por condiciones normativas, proceder a un cambio de las instalaciones individuales de cada vivienda o a la instalación de sistemas centralizados de producción de frío-calor que optimizaran el consumo de energía.

Debemos añadir que además de los datos cuantitativos no debemos obviar los cualitativos, y si bien es cierto que el ahorro en la demanda de energía no tiene su reflejo directo en la factura energética por el encarecimiento creciente de la energía, las encuestas de satisfacción realizadas a las comunidades de propietarios de edificios ya rehabilitados han tenido una respuesta mayoritaria respecto al aumento del confort y de la calidad de vida tanto en la vivienda como en las calles y plazas de Ciudad de los Ángeles.

Las actuaciones llevadas a cabo en urbanización no han incidido directamente sobre cuestiones energéticas —salvo el cambio de luminarias para adaptarlas a la normativa municipal—, pero su influencia parece importante desde otros planos de la rehabilitación. En primer lugar, la urbanización está consiguiendo la uniformidad de la imagen del barrio, muy fragmentada previamente a la declaración del Área de Rehabilitación, debido a las intervenciones puntuales no coordinadas y de distinta efectividad. Las zonas de mayor degradación urbana se correspondían, en términos generales, con las zonas de mayor degradación de la edificación, invirtiéndose esta situación al combinarse la renovación urbana con un número importante de edificios rehabilitados.

10. Bibliografía

- AYUNTAMIENTO DE MADRID (1997): *Plan General de Ordenación Urbana de Madrid*. Madrid: Ayuntamiento de Madrid.
- BESAS, M. (dir.) (1987): *Barreiros, motor humano* (película).
- BOAM (2005): «Acta de sesión del Pleno Ordinario del Ayuntamiento de Madrid de 28 de abril de 2006». *Boletín del Ayuntamiento de Madrid*, de 16 de junio, 2338.
- BOCM (2005): «Decreto 12/2005, de 27 de enero, por el que se regulan las ayudas económicas a la vivienda en la Comunidad de Madrid (Plan de vivienda 2005-2009)». *Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid*, de 14 de febrero (37), 13-17.
- BOCM (2005): «Orden 2934/2005, de 6 de septiembre, de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio». *Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid*, de 5 de octubre. Madrid.



FIG. 12/ Supresión de barreras arquitectónicas en las obras de urbanización

Fuente: EMPRESA MUNICIPAL DE LA VIVIENDA Y SUELO DE MADRID.



FIG. 13/ Rehabilitación (vista parcial) de edificio en Ciudad de los Ángeles

Fuente: EMPRESA MUNICIPAL DE LA VIVIENDA Y SUELO DE MADRID.

- BOE (2005): «Real Decreto 801/2005, de 1 de julio, por el que se aprueba el Plan Estatal 2005-2008, para favorecer el acceso de los ciudadanos a la vivienda». *Boletín Oficial del Estado* (166), 24941-24968.
- CUERDA, E. & M. PÉREZ & J. NEILA (2014): «Facade typologies as a tool for selecting refurbishment measures for the Spanish residential building stock». En *Energy and Buildings*, 76, 119-129.
- DE LUXÁN, M. & M. VÁZQUEZ ESPI & G. GÓMEZ & M. M. BARBERO & E. ROMÁN (2009): *Actuaciones con criterios de sostenibilidad en la rehabilitación de viviendas en el centro de Madrid*. Madrid: Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid.
- ELVIRA, J. (2003): «Secundino Zuazo y la Ciudad de los Ángeles». En SAMBRICIO, C. (ed.), *Un siglo de vivienda social (1903/2003)*, tomo II (2 vols.), pp. 92-93. Madrid: Editorial Nerea.

- EMPRESA MUNICIPAL DE LA VIVIENDA Y SUELO DE MADRID (2007): *Memoria de Gestión 2007*. Madrid: Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid.
- GOBIERNO DE ESPAÑA (2013a): «Ley 8/2013, de 26 de junio, de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas». *Boletín Oficial del Estado*, de 27 de junio, 153.
- (2013b): «Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios». *Boletín Oficial del Estado*, de 13 de abril, 89.
- RUBIO DEL VAL, J. & P. MOLINA COSTA (2010): «Estrategias, retos y oportunidades en la rehabilitación de los polígonos de vivienda construidos en España entre 1940 y 1980». En *Ciudades*, 13, 15-37. Valladolid: Instituto Universitario de Urbanística de la Universidad de Valladolid.
- SÁNCHEZ-GUEVARA, C. & A. SANZ FERNÁNDEZ & A. HERNÁNDEZ AJA (2014): «Income, energy expenditure and housing in Madrid: retrofitting policy implications». En *Building Research & Information*.
- UK PARLIAMENT (2000): *Warm homes and energy conservation act.*, 23-25.