

# LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA EN EDIFICACIONES RESIDENCIALES DE TIERRA. OBRA NUEVA Y EDIFICIO EXISTENTE.

**Mariella Díaz Santivañez<sup>1</sup> & Mario Fernández Cadenas<sup>2</sup>**  
Socios fundadores de Arquible\*

1. Arquitecto; DEA-Doctorando en Construcción, Patología y Restauración Arquitectónica; Universidad de la Coruña. email: mds\_arq@hotmail.com
  2. Arquitecto; Master Universitario en Construcción y Tecnología Arquitectónica, Universidad Politécnica de Madrid (cursando). email: 19236fernandez@coam.es
- (\*) Arquible, Arquitectura sostenible y eficiencia energética; www.arquible.com

Tema de encuadre de la ponencia

## **El nuevo proyecto en arquitectura en tierra. Ecología y sostenibilidad.**

Palabras clave: tapial, tierra, certificación energética de edificios.

### **RESUMEN**

Las exigencias cada vez mayores de la normativa en cuanto a consumo y eficiencia energética de los edificios demandan cada vez mayores prestaciones a los mismos. Las viviendas de tierra también se ven afectadas por estas mayores exigencias.

En este trabajo se estudian dos viviendas de tierra, una nueva y otra existente, con la misma climatología y orientación, con objeto de evaluar sus características y su calificación energética, utilizando para ello las herramientas oficiales aprobadas por el Ministerio de Industria.

También se estudian posibles medidas de mejora de la eficiencia, en el caso de la vivienda existente, y se evalúa su influencia en la calificación y en el consumo.

Se comparan las prestaciones de la vivienda existente, con las medidas de eficiencia introducidas, con las prestaciones de la vivienda nueva.

Por último, se evalúa el coste y la posible amortización de las medidas de mejora introducidas en la vivienda existente con objeto de promover la eficiencia energética en este tipo de edificios.

### **PONENCIA.**

#### **1. Introducción y antecedentes**

En los últimos años la sociedad se encuentra envuelta en un importante proceso de cambio global, que supone un aumento significativo de la importancia que va adquiriendo el aspecto energético y medioambiental. La necesidad de un desarrollo tecnológico más humano, más social y más limpio se está tomando como base indispensable para encontrar soluciones alternativas a la época que vivimos y proyectarnos hacia el futuro.

La tierra es un material de construcción que ha sido utilizado por el hombre desde la antigüedad y debido a ello es posible apreciar su gran belleza plástica. En España, país mayoritariamente seco, en gran parte de los pueblos tradicionalmente las viviendas estaban construidas con tierra. Es por ello que hoy podemos apreciar en muchos pueblos de la provincia de Madrid, sobre todo en la zona sur, viviendas de tierra con magníficos ejemplos de arquitectura vernácula.

La historia de la construcción nos ha enseñado que el ser humano siempre ha tenido muy en cuenta el entorno en el que se asentaba. Sabemos que los sistemas de construcción con tierra cumplen con los principios básicos de la arquitectura sostenible, como son: construcción adaptada y respetuosa con su entorno; uso de materiales constructivos próximos a su lugar de uso; ahorro de recursos y de energía, tanto en el consumo como en la energía primaria utilizada en la construcción; tecnología asequible, económica y constructivamente, y de fácil puesta en obra.

Las edificaciones realizadas con tierra han intentado responder a estos factores como también a los factores del clima de la región, proporcionando un grado de confort que muchas veces es difícil de conseguir con algunos materiales en la actualidad.

Sin embargo algunos especialistas de construcciones con tierra afirman que, *“no se puede probar que la tierra como material de construcción tenga buenas propiedades de aislamiento térmico, ya que depende de la técnica de construcción a emplear, de la densidad del material y el contenido de humedad del mismo; además, suelos diferentes originarán materiales diferentes cuyas propiedades también lo serán<sup>1</sup>; además la tierra no tiene tan buenas propiedades de “aislamiento” como legendariamente se le vienen atribuyendo; en realidad, su capacidad de aislamiento térmico está muy por debajo de la de otros materiales utilizados en la actualidad”*.<sup>2</sup>

La profundización en el conocimiento de las propiedades aislantes de la tierra en los últimos años, junto con las normativas que constantemente se están incorporando y adoptando en el campo de la edificación, tanto en edificaciones nuevas como existentes, obligan a reflexionar, y sobre todo a tener en consideración valores que permitan conjugar la nueva arquitectura de tierra coherentemente con la ya construida.

En este contexto, tanto España como otros países europeos están adaptando su legislación para cumplir con los objetivos de ahorro y eficiencia energética, compromisos adquiridos con su adhesión a protocolos internacionales, como el de Kyoto; la Directiva 20-20-20 de la Comisión Europea; y las directivas EPBD 2002/91/CE y 2010/31/UE relativas a la Eficiencia Energética de los Edificios del Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea.

En España, estas directivas se concretan en las mayores exigencias de aislamiento y ahorro energético en el Código Técnico de la Edificación, la Certificación Energética de Edificios de Nueva Construcción, el Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios (RITE) y a partir de 2013, también en la Certificación Energética de Edificios Existentes, o el proyecto de Real Decreto para el Suministro de Energía con Balance Neto, que pretende impulsar el autoconsumo de energía y una mejor gestión de la demanda. De forma complementaria a toda esta normativa, las diferentes administraciones están desarrollando toda una serie de políticas de apoyo e impulso a la eficiencia energética de los edificios.

La arquitectura tradicional de tierra de uso residencial, conocida como arquitectura popular, vernácula, u autóctona, se verá afectada, como cualquier otro tipo de edificación residencial, por la entrada en vigor del Real Decreto de Certificación Energética de Edificios Existentes en 2013, y tendrá que cumplir esta normativa.

El estudio que a continuación se describe pretende obtener la calificación energética de dos edificaciones residenciales con cerramientos de tierra. Se trata de una edificación existente y de un proyecto de obra nueva, ubicados en Madrid, utilizando como herramienta los métodos simplificados para edificios nuevos y existentes reconocidos oficialmente, CES y CE<sup>3</sup>X, respectivamente.

El fin al que se quiere llegar es obtener una valoración ambos sistemas, como resultado de sus calificaciones, evaluando qué sistema constructivo es más eficiente, tomando en

consideración los sistemas de instalaciones que proporcionan energía, en relación con su coste. Por otro lado, la necesidad o no de la rehabilitación energética del edificio existente de tierra, en relación con las condiciones de confort requeridas y con el coste asociado.

## 2. Características de las viviendas de tierra.

La parcela donde se asientan las viviendas responde a la forma de asentamiento de la zona del sur de Madrid -Perales de Tajuña-, dispuesta en ladera hacia los huertos del arroyo de la Vega, entre medianeras, ubicada en la calle Mayor Baja, vía principal del pueblo de Perales de Tajuña, con fachada principal orientada al SO y fachada posterior con orientación NE a patio interior de parcela. La parcela es la misma para ambas viviendas. Cada una de ellas tiene dos plantas, con 330m<sup>2</sup> de superficie construida y 6747m<sup>2</sup> de terreno. La superficie habitable de la vivienda existente es de 94,34m<sup>2</sup> y la proyectada de 247,93m<sup>2</sup>.



Fig. 1.- Fachada a calle Mayor Baja. Fuente: M. Díaz.



Fig. 2.- Tapias con brenca, característica del cerramiento. Fuente: M. Díaz.

La construcción existente data del año 1900. La planta baja está destinada a funciones propias de la vivienda: salón, comedor, dormitorios, cocina y baño; la planta segunda no es habitable, siendo usada como almacén para pequeños objetos.

La vivienda es de simple volumetría a dos aguas; no existe intención compositiva en las fachadas por lo que los huecos se sitúan donde las necesidades funcionales del interior lo exigen, sin tener en cuenta los módulos de tapial para la formación de huecos o la posición de las puertas.

La estructura y el cerramiento son de tapial revestido de mortero de barro mezclado con paja, y en algunos casos enlucido o enfoscado con cemento. Lo más característico son las juntas denominadas brenca, también llamadas “pajaritas” o “maricas”, técnica muy significativa de gran perfección y extraordinaria belleza; son refuerzos curvos hechos de cal y piedras, utilizados para los muros de carga y de cerramiento, a base de módulos paralelepípedos de dimensiones aproximadas 100-150x90x60cm. Estos módulos o cajones de tierra se colocan formando aparejo, bien alternando o en estricto orden vertical para obtener mayor resistencia a compresión. Esta técnica se complementa con machones de refuerzo, que son empleados en las esquinas para reducir las grandes superficies, en el cruce de dos muros de carga y en las jambas para la formación de huecos; los dinteles están realizados con rollizos de madera.

La cubierta a dos aguas está realizada con estructura de madera, formada por pares que apoyan en la hilera y los durmientes sobre los muros de carga; los durmientes se unen mediante tirantes de madera, que evitan la transmisión de los esfuerzos horizontales al muro de carga. Sobre los pares está el entablado, correas situadas de forma perpendicular, tablazón y finalmente barro para recibir las tejas. Los pares tienen un volado creando alero.



Fig. 3.- Cerramiento interior planta alta. Fuente: M. Díaz.



Fig. 4.- Interior de parcela, exterior de la vivienda. Fuente: M. Díaz.

El interior ha sido reformado con tabiquería de ladrillo cerámico, pavimento de baldosa hidráulica y falsos techos de yeso. Todas las carpinterías son de madera con cuarterones y lisas, con huecos de ventilación y luz.

Cuenta con instalación de agua caliente sanitaria mediante un calentador eléctrico. Como único sistema de calefacción dispone de chimenea de leña. No cuenta con ningún sistema de refrigeración.

La nueva vivienda proyectada es de dos plantas, habitables todas sus estancias, la planta baja tiene 3 dormitorios, 2 baños, salón-comedor y cocina; la planta primera, 5 dormitorios, 3 baños y estar. Las paredes del cerramiento son de bloque de tierra comprimida (BTC), con aislamiento. La cubierta a dos aguas es de madera con aislamiento, según los requerimientos de CTE, contando con todas las instalaciones necesarias.



Fig. 5.- Plantas existentes y plantas proyectadas. Fuente: elaboración propia.

### 3. Proceso, metodología y resultados del trabajo

El estudio tiene un enfoque sistémico, definiendo y evaluando diversas soluciones, tanto en mejoras constructivas como en instalaciones, para mejorar la calificación de la vivienda existente.

### 3.1. Definición de parámetros estándar a considerar.

Dadas las características de cada una de las viviendas, se toman sus datos, reflejados en la tabla 1. Para la vivienda nueva se ha tenido en consideración que cumpla con los requerimientos del CTE, tanto la envolvente como las instalaciones.

Perales de Tajuña se encuentra a 595 msnm; le corresponde la zona climática D3 – IV.

	Vivienda existente	Vivienda obra nueva
Fachadas	Muro de tapial de 60cm	Muro de BTC de 30cm con aislamiento de lana mineral de 6cm
Cubierta	Madera	Termochip con aislamiento XPS de 8cm
Forjados	Madera	Madera
Carpinterías	Madera	Madera densidad media alta
Tipos de vidrio	Simple	Doble 4-12-6, bajo emisivo o de control solar según orientación
Renovaciones de aire		0.96 h <sup>-1</sup>
Calefacción	No aplicable	Caldera de biomasa de baja temperatura
ACS	Calentador eléctrico	Caldera de biomasa de baja temperatura
Contribución energética	No existe	Paneles solares
Refrigeración	No existe	No es necesaria

Tabla 1: Soluciones adoptadas en la construcción e instalaciones.

### 3.2. Modelización en programa homologado.

Se hace uso de herramientas informáticas mediante los procedimientos simplificados de Certificación Energética de Edificios; han sido redactados por MIYABI y el Centro Nacional de Energías Renovables (CENER) para el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).

CE<sup>3</sup>X es el programa simplificado para edificios existentes aprobado por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo, que en la actualidad está en proceso de reconocimiento oficial, y CES es el programa simplificado para edificios nuevos.

### 3.3. Obtención de la calificación energética y análisis de los resultados.

Con las soluciones indicadas en la tabla 1, se ha realizado la simulación de las viviendas en los correspondientes programas CE<sup>3</sup>X y CES, obteniéndose la calificación energética de los edificios objeto indicada en la figura 6; los resultados finales obtenidos para dar la calificación dependen del indicador de kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.

La vivienda existente, al contar solo con instalación de ACS a través de un calentador eléctrico y no tener aislamiento, ha obtenido una calificación G, mientras que la vivienda nueva alcanza fácilmente la calificación A, ya que se instala una caldera de combustión de alta eficiencia de biomasa. Su consumo es bajo (57,1 kWh/m<sup>2</sup>), sin llegar a ser de tipo casa pasiva o passivhaus, mientras que las emisiones de CO<sub>2</sub> son nulas debido a la consideración que la normativa hace de la biomasa como combustible que absorbe la misma cantidad de CO<sub>2</sub> que emite en su combustión.

Es detectable que la vivienda nueva tiene una mayor demanda de refrigeración, con respecto a la vivienda existente, debido a que los muros del cerramiento de esta última tienen mayor inercia térmica, y por la baja estanqueidad de las carpinterías.

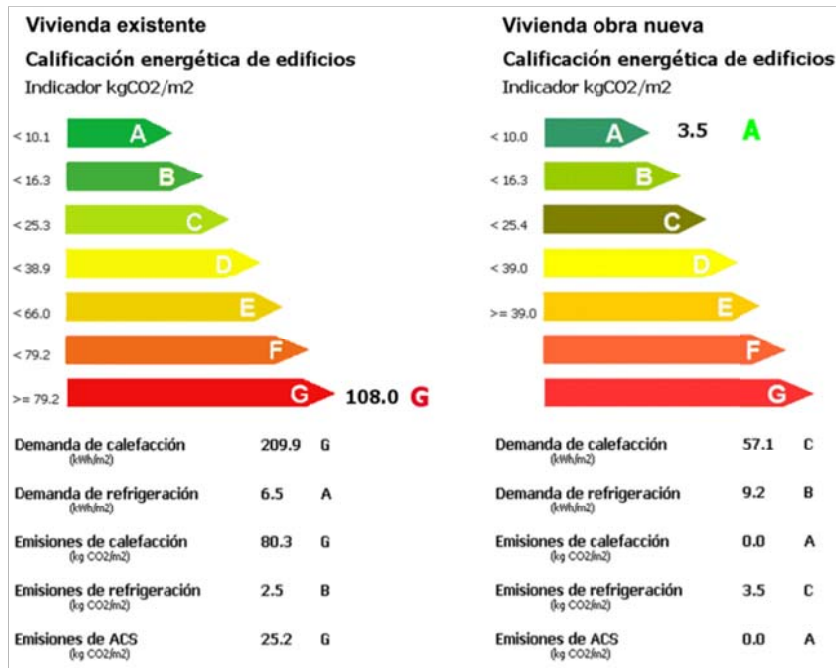


Fig. 6.- Obtención del etiquetado como resultado de la calificación energética.  
Fuente: elaboración propia, programas CE<sup>3</sup>X y CES.

### 3.4. Mejora de los parámetros iniciales considerados.

Dada la baja calificación de la vivienda existente, se proponen algunas mejoras con el objeto de elevar su calificación energética. Al no existir calefacción en ésta, cualquier intervención tendrá como característica principal la mejora de confort de la vivienda, aunque la inversión económica que se pueda realizar en las mejoras no se pueda amortizar en el futuro.

Parámetros		Características técnicas
Fachada	Muro de adobe o tapial	$\Lambda = 1,1 \text{ W/mK}$
	Bloque de tierra compactada	$\Lambda = 1,1 \text{ W/mK}$
	Doble placa de yeso laminado e=3 cm	$\Lambda = 0,25 \text{ W/mK}$
Material de aislamiento	Lana mineral	$\Lambda = 0,0405 \text{ W/mK}$
	Poliestireno extruido	$\Lambda = 0,025 \text{ W/mK}$
Calefacción (caldera)	Termo eléctrico	1,2 kW; rendimiento nominal = 100%
	Caldera de biomasa	30 kW; rendimiento estacional 75%
	Caldera de biomasa	20 kW; rendimiento estacional 72,4%
	Depósito de acumulación	100l
Energía solar	Paneles solares	Aportación 80% ACS
Carpintería	Madera	$U = 2,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ ; absorptividad 0,3
Vidrios	simple	$U = 5,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ ; factor solar 0,82
	4-12-6 bajo emisivo	$U = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ; factor solar 0,70
	4-12-6 control solar	$U = 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ ; factor solar 0,42

Tabla 2.- Características técnicas de materiales e instalaciones empleados.

Las diversas estrategias incluyen tanto elementos activos como pasivos para poder reducir las emisiones y el consumo energético. Las mejoras se introducen tanto en la envolvente como en las instalaciones.

En la envolvente térmica

- Adición de aislamiento térmico:
  - En muros de cerramiento, trasdosado por el interior.
  - En suelo y forjado.



- Sustitución o mejora de huecos:
  - Sustitución de carpinterías, con marcos de mayor estanqueidad.
  - Incorporación de doble vidrio 6+12+4.

En las instalaciones:

- Mejora de la eficiencia / incorporación de sistema de ACS y calefacción:
  - Sustitución del equipo generador de ACS por caldera de alta eficiencia de biomasa para calefacción y ACS.

En la tabla 3 se detallan las características térmicas de los materiales empleados, mientras que en la figura 7 se ilustra el cálculo de la transmitancia de los muros de cerramiento, tanto en la vivienda nueva como en la existente.

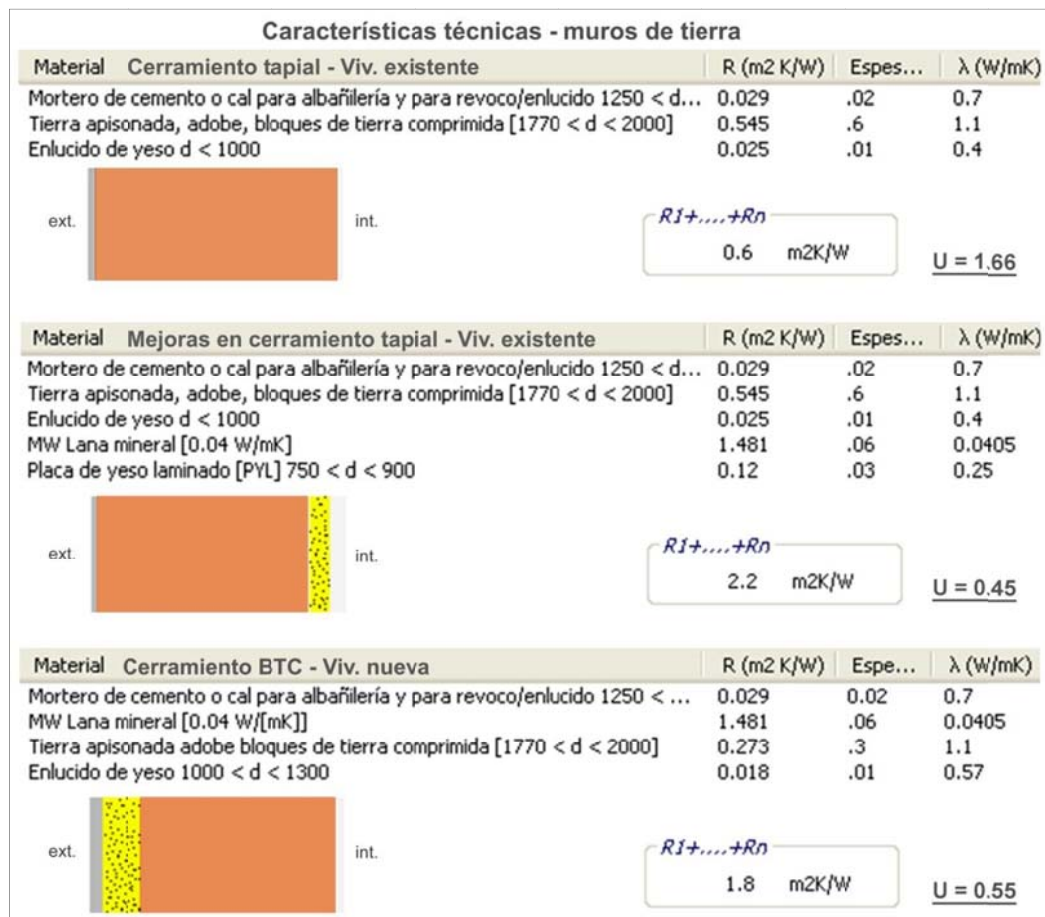


Fig. 7.- Comparativa de los valores que se obtienen con los programas CE<sup>3</sup>X y CES para el cálculo de la transmitancia en muros de tierra. Fuente: librería de materiales, programas CE<sup>3</sup>X y CES.

### 3.5. Variación de la calificación energética en función de las mejoras introducidas.

La primera actuación es la instalación de una caldera de combustión de alta eficiencia con combustible de biomasa para la instalación de calefacción y ACS; esto es viable ya que la parcela cuenta con espacio suficiente para prever el almacenamiento de los pellet de combustible biomásico que se necesitan para la caldera.

La incorporación de la caldera de biomasa permite obtener directamente una calificación A; la calificación obtenida es independiente de la demanda energética de calefacción y refrigeración de la vivienda, dado que el indicador del consumo anual de energía primaria no ha sido considerado al otorgar la calificación de la vivienda. La demanda de calefacción es demasiado alta, por lo que se considera necesario introducir otras medidas.

	Con los parámetros iniciales		Con incorporación de caldera de biomasa (calefacción y ACS)		Con incorporación de caldera de biomasa (calefacción y ACS) + aislamiento		Con incorporación de caldera de biomasa (calefacción y ACS) + aislamiento + carpinterías nuevas	
	Total	Calif.	Total	Caliificac.	Total	Caliificac.	Total	Caliificac.
Demanda de calefacción (kWh/m <sup>2</sup> )	<b>209.9</b>	G	<b>209.9</b>	G	<b>135.7</b>	E	<b>114.9</b>	E
Demanda de refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> )	<b>6.5</b>	A	<b>6.5</b>	A	<b>5.7</b>	A	<b>12.8</b>	C
Emisiones de calefacción (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	<b>80.3</b>	G	<b>0.0</b>	A	<b>0.0</b>	A	<b>0.0</b>	A
Emisiones de refrigeración (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	<b>2.5</b>	B	<b>2.5</b>	B	<b>2.2</b>	B	<b>4.9</b>	D
Emisiones de ACS	<b>25</b>	G	<b>0.0</b>	A	<b>0.0</b>	A	<b>0.0</b>	A
Total (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	108.0		2.5		2.2		4.9	
<b>Calificación Final</b>	<b>G</b>		<b>A</b>		<b>A</b>		<b>A</b>	

Tabla 3.- Incorporaciones en la vivienda existente para mejorar la eficiencia energética.

Con la incorporación de un trasdosado con aislamiento a los muros de cerramiento y al forjado, y el aislamiento de la solera, comienza a disminuir la demanda de calefacción. Este trasdosado se plantea hacia el interior, con aislante de 6cm más placa yeso laminado; el aislamiento de forjado es de 6cm, por la cara superior; y el aislamiento de solera de 6cm; de esta forma se eliminan los puentes térmicos en la solera (envolvente de aislamiento continua en el encuentro con el suelo). Podemos darnos cuenta que la calificación siempre será la misma A, pero la demanda de calefacción baja significativamente (35%) y la demanda de refrigeración también se reduce (12%) respecto a la existente.

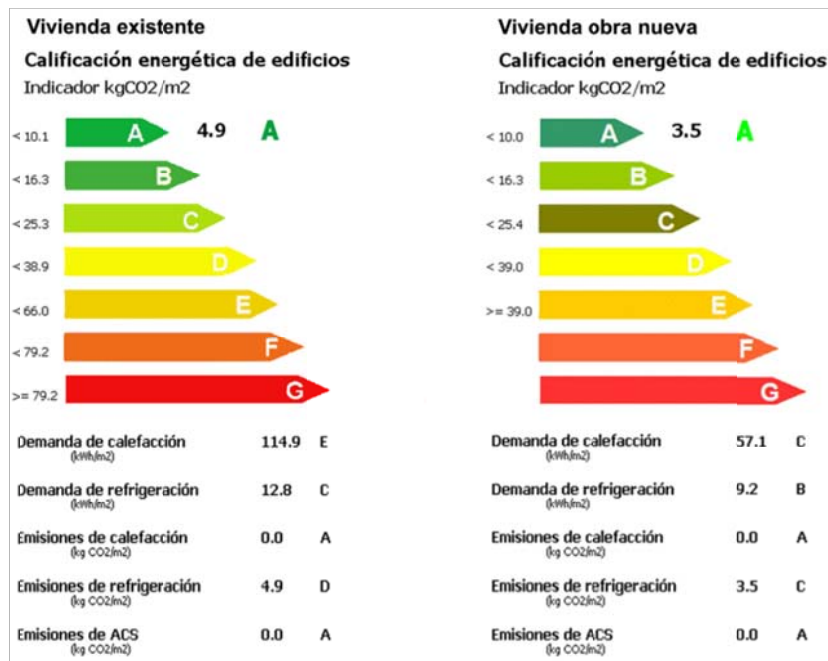


Fig. 8.- Obtención del nuevo etiquetado con las mejoras realizadas.

Fuente: elaboración propia, programas CE<sup>3</sup>X y CES.

El siguiente paso es la mejora de los huecos, con la introducción de carpinterías de menor transmitancia U que las anteriores y vidrio doble bajo emisivo en fachada norte y de control solar en fachada sur; se obtiene que sigue en baja la demanda de calefacción (15% sobre la demanda anterior), por lo contrario, la demanda de refrigeración sube de forma importante (125%) por el efecto negativo de la estanqueidad de las carpinterías nuevas y la menor



ventilación en verano; aun así, en conjunto el consumo baja, dado que el valor significativo en este caso es la calefacción.

La tabla 3 muestra los resultados obtenidos de las simulaciones realizadas con el programa CE<sup>3</sup>X con cada una de las mejoras aplicadas a la vivienda existente para aumentar su eficiencia energética.

Con las medidas de rehabilitación planteadas con un cierto grado de sencillez no conseguimos llegar en ningún caso a las prestaciones de la vivienda nueva: 114.9 kWh/m<sup>2</sup> frente a 57.1 kWh/m<sup>2</sup>. La figura 8 ilustra la calificación y los parámetros de consumo obtenidos para la vivienda nueva y la vivienda existente, con las mejoras consideradas.

### 3.6. Repercusión económica de las diferentes opciones.

Como última parte del estudio, se ha evaluado la repercusión económica de cada una de las mejoras introducidas en la vivienda existente, con objeto de valorar su posible amortización. Para ello se han tomado como referencia la base de precios Centro 2011. En la tabla 4 se indican los valores obtenidos para cada una de las medidas.

Indicar en primer lugar que la incorporación de un sistema de calefacción se realiza para adecuar la habitabilidad y las condiciones de confort de la vivienda existente a los requerimientos actuales; no es posible considerar su amortización, dado que en un principio la vivienda no tenía sistema de calefacción.

La incorporación de aislamiento a la vivienda y la mejora de los huecos producen un significativo ahorro de consumo, de 662,48 €/año en el primer caso y de 780,40 €/año en el segundo, pero con un coste importante. En este caso sí es posible considerar su periodo de amortización respecto a la situación anterior, en que sólo se incorporaba el sistema de calefacción. Se ha estimado un precio de biomasa de 0,08€/kWh y una subida estimada de precio de combustible de 5% anual, obteniendo que el plazo de amortización es de 20 años, si solo consideramos el aislamiento de las fachadas y de 21 años y 8 meses si consideramos además el cambio de carpinterías. Estos tiempos, aunque puedan parecer excesivos, no lo son tanto si se considera la totalidad de la vida útil de la vivienda y las condiciones de confort de sus ocupantes, aunque difícilmente puede ser considerado un argumento para promover la eficiencia energética en este tipo de edificios.

	demanda energía	consumo €/año	coste	amortización
vivienda existente	19.802 kWh/año	-	-	-
con caldera de biomasa	19.802 kWh/año	1.584 €/año	7.947 €	-
con aislamiento térmico	11.521 kWh/año	922 €/año	20.039 €	240 meses
con aislamiento térmico+mejora de huecos	9.755 kWh/año	780 €/año	10.200 €	260 meses

Tabla 4.- Resumen de consumo, costes y plazo de amortización.

## 4. Conclusiones

Como primera conclusión, observamos que en la arquitectura residencial de tierra tradicional es insuficiente el acondicionamiento pasivo para llegar a cumplir con los estándares impuestos por las últimas normativas, cada vez más exigentes en cuanto a confort y eficiencia energética.

En los cerramientos de tierra es necesario adicionar o contar con una nueva hoja de aislamiento, lo que ayudará a que se puedan alcanzar los niveles de transmitancia térmica requeridos.

Aun así, observamos que con medidas de eficiencia sencillas no se llega a conseguir en ningún caso las mismas prestaciones que tendría una vivienda nueva.

Por último, el ahorro producido por las medidas de mejora incorporadas difícilmente compensa su coste, por lo que no se puede utilizar como fundamento para promover la eficiencia energética entre los propietarios de este tipo de edificación.

## Citas y notas

1. Luis Maldonado Ramos, es uno de los investigadores mas reconocidos de España en el tema de construcciones con tierra, esta afirmación esta basado en la investigación "Rendimiento y coste energético en la construcción de cerramientos de fábrica de adobe y bloque de tierra comprimida" llevado a cabo en 1991 en el Instituto Eduardo Torroja
2. Gernot Minke. Universidad de Kasel. (Alemania), Desde el Instituto de Investigación de Construcciones Experimentales a profundizado en el estudio de los sistemas con tierra, dirigiendo uno de los grupos de investigación sobre el tema mas respetados de Europa.

## Bibliografía

AICIA (2011) "Escala de calificación energética para edificios existentes" Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA), Ministerio de Industria, Turismo y Comercio; Madrid, España.

BESTRATEN, S. HORMIAS, E., & ALTEMIR, A. (2011). "Construcción con tierra en el siglo XXI". Informes de la construcción. Vol.63. Julio-septiembre 2011.

IDAE (2012) "Manual de fundamentos técnicos de calificación energética de edificios existentes CE3X" ; Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).

FONT, F. HIDALGO, P: (1991). El Tapial. Una técnica de construcción milenaria. Colegio Oficial de Aparejadores de Castellón. (España).

GARCÍA CASALS, Xavier (2003), "Análisis técnico – económico de sostenibilidad (Embodied Energy) del BTC como solución bioconstructiva en la Comunidad de Madrid", por Instituto de Investigación Tecnológica - Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universidad Pontificia Comillas. España.

HEATHCOTE, K. (2011). "El comportamiento térmico de los edificios de tierra". Informes de la construcción. Vol.63. Julio-septiembre 2011.

MALDONADO RAMOS, Luis. (1999) "Arquitectura construida con tierra en la Comunidad de Madrid". Madrid. Ed. Fundación Diego de Sagredo.

MALDONADO RAMOS, Luis; CASTILLA PASCUAL, Francisco; VELA COSSÍO, Fernando. (2001) "Rendimiento y coste energético en la construcción de cerramientos de fábrica de adobe y bloque de tierra comprimida". Informes de la Construcción, vol.53. Mayo-junio 2001.

ROHMER, Erhard. (1987) "Las construcciones en tierra: Adobes y tapiales en la comunidad de Madrid". Ponencia recogida en las actas del Ier encuentro de trabajo Navapalos 86. Publicado por el servicio de agricultura de la Diputación Provincial de Soria.

RUA, M. J.; LÓPEZ-MESA, B. (2012), "Certificación energética de edificios en España y sus implicaciones económicas"; Informes de la construcción. (en línea) doi: 10.3989/ic.11.028.

Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Construcción y vías rurales (2009); Evaluación de los costes constructivos y consumos energéticos de la calificación energética de viviendas. Precost&E.Fase 1.