



# TFM

OPCIÓN INVESTIGACIÓN

2006-2011

# ESTUDIO DE COSTES EN LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN SEVILLA

alumno: ALEJIS PÉREZ FARGALLO

tutor: JOSÉ MARÍA CALAMA RODRÍGUEZ

año: 2009\_10

Palabras clave: REHABILITACIÓN ENERGÉTICA + EFICIENCIA + ENVOLVENTE + AHORRO ENERGÉTICO + COSTES + VIABILIDAD ECONÓMICA

## 1. Introducción

Para hablar de rehabilitación energética es necesario saber que se han de enlazar diferentes puntos de vista: económico, constructivo, energético y social; los cuales se encuentran íntimamente relacionados, puesto que una mejor solución constructiva implica generalmente un mayor ahorro energético y un mayor coste. Actualmente los programas de calificación y análisis energético dejan a un lado un elemento vital: el coste, el cual es capaz de justificar la necesidad de intervenir si se determina que dicha inversión pueda tener la posibilidad de amortizarse en el tiempo de vida útil de las soluciones propuestas. Si la intención de las administraciones es la de fomentar la idea de rehabilitar la epidermis de las viviendas existentes, deben ser conscientes que a la hora de incentivar no solo se debe tener en cuenta la situación social y económica del solicitante, sino otros factores relacionados con la edificación para la que se solicite la ayuda como: edad de la edificación, tipología, zona climática en la que se localice y orientación. Dependiendo de dichas características se podrá hacer un reparto más equitativo de los recursos económicos, puesto que tanto el ahorro energético, la inversión y su posible o no amortización, dependerá en gran medida de dichos datos.

## 2. Objetivos

En los proyectos de edificación, existe una fase previa al comienzo de la realización del proyecto, el cual condiciona el resto de las fases. Esta fase, recibe el nombre de estudio de viabilidad. El estudio de viabilidad, tiene la misión de que la persona inversora y el resto de participantes se anticipen a los resultados que se pretenden conseguir y así valorar los pros y contras de dicho proyecto.

La ejecución de cualquier tipo de inversión por parte de un promotor requiere para su materialización de un proyecto, ya sea arquitectónico, de negocio,... Cualquier proyecto comienza con dicho estudio, un estudio que en el sector de la construcción es llamado estudio de viabilidad, en el cual se evalúa tanto la técnica, la legalidad, los costes y otros parámetros que los redactores consideren importantes para el buen desarrollo del proyecto.

La viabilidad es fundamental para que el inversor conozca si la ejecución del proyecto que quiere realizar es posible, necesita financiación, cuál será su posible amortización, etc. Se debe tener en cuenta que todos los datos usados para tal estudio son estimativos, por lo que los resultados que se ofrezcan en este estudio, son una aproximación.



etiqueta energética para costes de rehabilitación



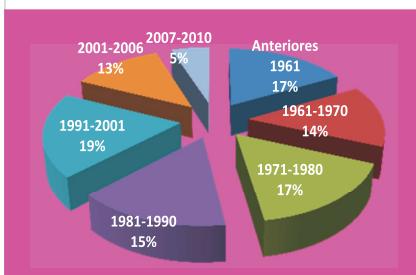
calificación-costes



aspectos a tener en cuenta a la hora de rehabilitar

Consumos de energía por usos. Vivienda media española	
Climatización (calefacción + refrigeración)	49 %
Iluminación	8 %
Cocina	10 %
Electrodomésticos	12 %
Agua caliente	20 %
Agua (Trasporte)	1 %

consumos de energía en la vivienda media española por usos.  
Margarita de Luxán y otros, Conama 10.



edad de las viviendas de la provincia de Sevilla

Orientación	Superficie total (m <sup>2</sup> )	Superficie huecos (m <sup>2</sup> )
Norte	43,21	11,99
Este	55,34	0,00
Oeste	55,34	4,2
Sur	40,21	4,95

porcentaje de huecos (puertas y ventanas) para cada una de las fachadas del modelo objeto de estudio.

Viv. aislada A/CT -79 - EF
Viv. aislada A/CT -79 - EH
Viv. aislada D/CT -79 - EH
Viv. pareada A/CT -79 - EF
Viv. pareada A/CT -79 - EH
Viv. pareada D/CT -79 - EH
Viv. entre medianeras A/CT -79 - EF
Viv. entre medianeras A/CT -79 - EH
Viv. entre medianeras D/CT -79 - EH

tipos de viviendas analizadas en función de sus sistemas constructivos

En el caso de la rehabilitación energética, poseer un estudio de viabilidad, puede ayudar a decidir por ejemplo si actuamos sobre la envolvente, las instalaciones o ambas. Se puede analizar cuál de las acciones es más eficaz y sobre todo prever cuál va a ser el coste aproximado de la inversión mucho antes de que pongamos en marcha el resto del proceso.

El primer objetivo consistirá en seleccionar una serie de sistemas constructivos adecuados para la rehabilitación energética de huecos, fachadas y cubiertas. La elección de dichos sistemas se realizará a partir de la facilidad de ejecución, la rapidez y calidad de ella y los materiales empleados; de igual forma que su aplicación sea en la zona exterior o en la zona interior de la envolvente.

Con la finalidad de aplicarlos y conocer sus mejoras energéticas, se seleccionará un modelo de vivienda que se simulará en diferentes disposiciones (aislada, pareada o entre medianeras) y ejecutada con diferentes normativas y/o sistemas constructivos, pero que comparten características comunes como pueden ser: la zona climática, el uso, la orientación,... y de esta forma, encontrar diferencias y similitudes entre las rehabilitaciones de las edificaciones construidas con distintos criterios energéticos e incluso sin criterios energéticos.

El objetivo final consistirá en obtener los costes estimados de la ejecución de los diferentes sistemas constructivos aplicados a las distintas edificaciones y analizar de esta manera la mejora en eficiencia energética con el coste estimado para mejorar la envolvente de la edificación.

### 3. Metodología

Se ha realizado un análisis técnico-económico para la mejora de la envolvente en las edificaciones, analizando por un lado el ahorro energético obtenido y por otro el coste que esto supone. Para ello, se han valorado los sistemas constructivos con los cuales se construyeron los edificios modelos y sus posibilidades de rehabilitación en huecos, suelos, fachadas y cubiertas.

Para poder llevar a cabo una elección adecuada de las soluciones constructivas, en primer lugar se realizó una selección de diferentes sistemas de rehabilitación de la envolvente. En su elección ha primado, la facilidad de ejecución, durabilidad, transmitancias y tipo de aplicación (exterior e interior).

Una vez seleccionados los sistemas constructivos se procedió al cálculo de los costes que supondrían la ejecución de dichas soluciones, para ello se tuvo en cuenta que con dicho cálculo, el precio obtenido es un precio unitario funcional.

Para el predimensionado de la climatización y calefacción se ha usado el método de cálculo mensual de la norma ISO 13790:2008 basado en el balance de pérdidas y ganancias útiles para el régimen de invierno, así como para el régimen de verano.

## 4. Resultados

La comparativa de resultados a partir de un mismo modelo aplicando distintos sistemas constructivos en función de su ejecución con el CT-79 o no y de diferentes tipos de estructuras, desvela las diferencias de costes o energéticas asociadas a dichas característica, para dicha evaluación se seleccionaron las viviendas unifamiliares aisladas con actuación exterior.

Se puede ver que el porcentaje de ahorro o de reducciones de emisiones de CO<sub>2</sub> tras la intervención es muy diferente en función de las características iniciales. La diferencia entre ellos ronda casi un 10%, encontrándose la vivienda con muros de fábrica en el término medio entre la vivienda posterior al CT-79 y la vivienda anterior al CT-79 con estructura de hormigón armado.

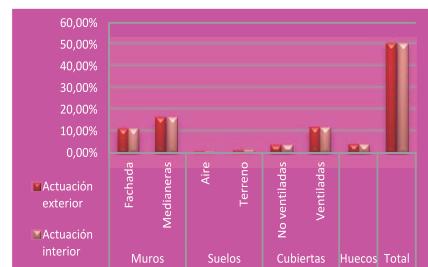
Los datos económicos obtenidos del estudio de rehabilitación de muros y suelos son prácticamente similares, con respecto a lo que se debe apuntar que para la vivienda posterior al CT-79 en un principio sólo era necesario rehabilitar energéticamente la fachada norte pero por razones de cálculo ha debido contemplarse la rehabilitación integral de las fachadas, lo que a su vez ha repercutido en un mejor comportamiento térmico y un mayor ahorro energético.

Con respecto a la similitud económica en las actuaciones en suelos de la vivienda A.CT-79-EH y D.CT-79-EH se tendrá que apuntar que es fundamentalmente propiciada por su analogía constructiva, puesto que no se ha contemplado ningún tipo de aislamiento en suelos en la vivienda con características definidas a partir del CT-79.

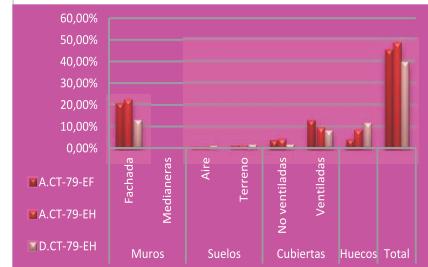
En la rehabilitación energética de cubiertas se producen diferencias pero no lo suficientemente sustanciales como para que resulten relevantes. Las diferencias de costes entre los modelos de estudio, oscilan de un 3 a un 9%, sin embargo, en la rehabilitación de huecos se produce una diferencia sustancial. Esta diferencia es debida a un mejor comportamiento térmico de las carpinterías de madera que se han considerado en la vivienda con estructura de fábrica, en la cual sólo sería necesaria la sustitución de las carpinterías de la fachada norte por no cumplir las limitaciones exigidas en la actual normativa.

Si se analizan los costes y su retorno de forma global, se puede observar que los costes son sensiblemente parecidos mientras que los retornos de la inversión son muy distintos. La diferencia se encuentra fundamentalmente en el ahorro energético que se supone tras la intervención en la vivienda ejecutada con criterios del CT-79, lo que provoca que para las viviendas anteriores al CT-79 la amortización se reduzca en torno a un 45% con respecto a la vivienda que tenía mejor comportamiento inicial.

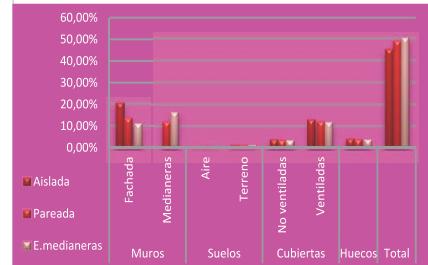
Se ha observado que aun siendo las inversiones muy similares, el porcentaje de reducción de pérdidas de los elementos rehabilitados en los modelos tienen diferencias sustanciales.



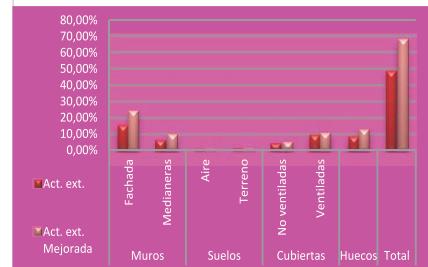
porcentaje de reducción de pérdidas por elemento respecto del total de una vivienda entre medianeras anterior al CT-79 con estructura de fábrica en función del tipo de actuación



porcentaje de reducción de pérdidas por elemento respecto del total de viviendas unifamiliares aisladas en función de su sistema de construcción o normativa energética



porcentaje de reducción de pérdidas por elemento respecto del total de viviendas según sus condiciones de contorno (aisladas, pareadas, entre medianeras) para una viv. anterior al CT-79 con est. de fábrica.



porcentaje de reducción de pérdidas por elemento respecto del total en función del grado de rehabilitación (básico o mejorado) para una viv. pareada anterior al CT-79 con est. de hormigón

### Costes de rehabilitación para vivienda unifamiliar aislada [Zona B4].

A.CT-79-EF	Actuación EXT	133,78 €/m <sup>2</sup>
	Actuación INT	103,98 €/m <sup>2</sup>
A.CT-79-EH	Actuación EXT	149,95 €/m <sup>2</sup>
	Actuación INT	116,60 €/m <sup>2</sup>
D.CT-79-EH	Actuación EXT	148,58 €/m <sup>2</sup>
	Actuación INT	111,30 €/m <sup>2</sup>

Son muchos y muy variados los factores a tener en cuenta a la hora de acometer la rehabilitación energética de una vivienda, por lo que no es posible determinar una fórmula única a la hora de intervenir, pero sí crear algunos criterios generales.

1. Las intervenciones exteriores pueden dar mejores resultados para la reparación de los puentes térmicos, deberán ser usadas en el caso de actuar sobre edificaciones protegidas y pueden ser usadas con finalidades estéticas o de mantenimiento.
2. Las intervenciones interiores son más económicas que las exteriores por lo que poseen un Pay-back inferior a las intervenciones exteriores.
3. No existen diferencias sustanciales en los modelos de estudio en el ahorro energético o en las reducciones de CO<sub>2</sub> entre ambas intervenciones.
4. Se actuará principalmente en muros, cubiertas y huecos, en el caso de viviendas con carpinterías de madera se pueden reducir a muros y cubiertas.
5. Dentro de los muros ha de estudiarse detenidamente las características de las medianerías.
6. Las cubiertas que nos pueden ofrecer una mayor reducción de pérdidas son aquellas que se encuentren en contacto con espacios ventilados o ligeramente ventilados.
7. Se priorizará el orden de rehabilitación según el porcentaje de reducción de pérdidas que nos ofrezcan los elementos de la envolvente de mayor a menor.
8. Las inversiones económicas para mejoras del comportamiento térmico en suelos resulta prácticamente innecesaria.

### Costes de rehabilitación para vivienda unifamiliar pareada [Zona B4].

A.CT-79-EF	Actuación EXT	130,88 €/m <sup>2</sup>
	Actuación INT	105,05 €/m <sup>2</sup>
A.CT-79-EH	Actuación EXT	145,98 €/m <sup>2</sup>
	Actuación INT	116,60 €/m <sup>2</sup>
D.CT-79-EH	Actuación EXT	129,26 €/m <sup>2</sup>
	Actuación INT	100,60 €/m <sup>2</sup>

El ahorro energético para rehabilitaciones energéticas idénticas depende de la época de construcción de las viviendas, la superficie de envolvente térmica en contacto con el exterior, a una mayor cantidad se producen menores ahorros energéticos tras las intervenciones, siendo el mayor ahorro para viviendas entre medianeras.

En las imágenes se muestran unos ratios económicos por metro cuadrado de superficie útil para la rehabilitación de viviendas en función del tipo de actuación, tipología y tipo de ejecución.

Es imprescindible decir que para casos reales se tendrá que analizar de forma detenida la envolvente térmica del edificio a rehabilitar.

## 5. Bibliografía

Aguer, Mario Jutglar, Luis Miranda, Ángel L, 2006. El ahorro energético: estudios de viabilidad económica, Madrid, Ed. Díaz de Santos..

Coscollano Rodriguez, José. 2001. Ahorro energético en la construcción y rehabilitación de edificios. Madrid: Paraninfo.

Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. Guía de Rehabilitación Energética de Edificios de Viviendas.

Margarita de Luxán, García de Diego, Mar Barbero Barrera, Raquel Díez Abarca, Gloria Gómez Muñoz, Emilia Román López. 2010. Metodología de Evaluación para el Programa de Ayudas a las Actuaciones de Rehabilitación para la Mejora de la sostenibilidad y la Eficiencia de las Edificaciones. Sustainable Building Conference.

### Costes de rehabilitación para vivienda unifamiliar entre medianeras [Zona B4].

A.CT-79-EF	Actuación EXT	129,73 €/m <sup>2</sup>
	Actuación INT	102,96 €/m <sup>2</sup>
A.CT-79-EH	Actuación EXT	144,41 €/m <sup>2</sup>
	Actuación INT	116,60 €/m <sup>2</sup>
D.CT-79-EH	Actuación EXT	130,54 €/m <sup>2</sup>
	Actuación INT	96,38 €/m <sup>2</sup>