

2011

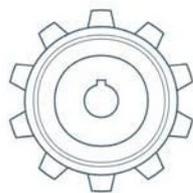


Universidad
Zaragoza

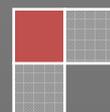
AUDITORÍA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS RESIDENCIALES

ESTUDIO PARA LA MEJORA DE LA
EFICIENCIA ENERGÉTICA EN
REHABILITACIÓN

Proyecto Final de Carrera. Convocatoria Mayo-Junio 2011.



Autora: Beatriz Jiménez Pintre
Ingeniería Técnica Industrial, Mecánica
Director: Tomás Gómez Martín



RESUMEN DEL PROYECTO

Este proyecto nace como resultado de un proyecto real, consistente en la certificación energética de un bloque de viviendas que lleva construido 30 años. Pretende llevarse a cabo una rehabilitación que no sólo mejore el aspecto del mismo, sino que también mejore su eficiencia energética. Los resultados de estas mejoras han sido plasmados mediante la certificación energética realizada con el programa normativo *CALENER Vyp*.

El objetivo principal del proyecto es visualizar de forma clara y objetiva, mediante un programa informático normativo, que la rehabilitación sugerida consigue mejorar la eficiencia energética del edificio, así como generar ahorros en el consumo de combustible de la comunidad.

Para la consecución de este objetivo principal, se desarrollan diferentes estudios de mejora en la rehabilitación energética del edificio. Así pues, en este proyecto se analizan varios puntos:

- **Cerramientos de edificio:** Se estudia cómo pueden mejorarse mediante los cálculos de transmitancia según el Código Técnico de la Edificación. Se realiza también una comparativa con los costes de llevar a cabo estas mejoras para ver qué resultado es el más adecuado.
- **Puentes térmicos:** Se visualiza y analiza el estado actual de los mismos mediante termografías y se realiza el estudio de las mejoras que supone la rehabilitación propuesta en cerramientos.
- **Integración de energía solar térmica:** Se calcula el porcentaje de cobertura solar para conseguir reducir consumos en agua caliente sanitaria. Como implementación a este apartado se realiza el proyecto de la instalación, así como el estudio económico del mismo.
- **Cálculo de la eficiencia energética del edificio y reducción de consumos:** Con las mejoras propuestas se realiza el cálculo final, en el que se compara el estado inicial y el final del edificio y se concluye con datos fiables cual es el ahorro que supone la rehabilitación.
- **Estudio de viabilidad económica:** Una vez calculados los ahorros se comparan con los costes, incluyendo el aporte de posibles subvenciones, para concluir un periodo de amortización de las propuestas.

Todos estos estudios dan como resultado que, gracias a la rehabilitación propuesta, se reduce el consumo del edificio en un 60%, dando como resultado un periodo de amortización de 11 años.

Índice

1.	Descripción Inicial.....	5
2.	Objetivos.....	9
3.	Metodología.....	10
4.	Edificio actual. Certificación.....	13
4.1.	Datos sobre el edificio.....	13
4.2.	Resultados.....	15
4.3.	Conclusiones.....	16
5.	Proyecto mejorado. Certificación.....	17
5.1.	Mejoras propuestas.....	17
5.2.	Resultados.....	17
5.3.	Conclusiones.....	19
6.	Integración de Energías Renovables. Solar térmica.....	22
6.1.	Estado Inicial.....	22
6.2.	Cálculo F-Chart.....	22
6.2.1.	Consumo estimado de ACS de la instalación.....	23
6.2.2.	Valoración de las pérdidas por la disposición de los captadores.....	24
6.2.3.	Determinación de la fracción solar por el método f-chart.....	24
6.3.	Resultados.....	26
6.4.	Proyecto de la instalación.....	26
6.4.1.	Captador Solar.....	26
6.4.2.	Disipadores estáticos.....	27
6.4.3.	Centralita de control.....	29
6.4.4.	Disposición de captadores.....	30
6.4.5.	Orientación e inclinación de los captadores, separación entre filas y obstáculos.....	30
6.4.6.	Sistema de acumulación solar e intercambio de calor.....	31
6.4.7.	Diámetro de la tubería del circuito primario de la instalación solar.....	31
6.4.8.	Circulador circuito solar.....	32
6.4.9.	Vaso de expansión.....	33
6.4.10.	Esquema de principio.....	34
7.	Mejoras adicionales sobre cerramientos.....	37

7.1.	Mejoras propuestas.....	38
7.1.1.	Cubierta	38
7.1.2.	Fachada.....	41
7.1.3.	Forjado exterior.....	44
7.2.	Resultados.....	46
7.3.	Conclusiones.....	46
8.	Mejora sobre puentes térmicos.....	48
8.1.	Estado inicial.....	48
8.2.	Cálculo de mejoras.....	52
8.3.	Resultados.....	59
8.4.	Conclusiones.....	59
9.	Análisis de viabilidad económica.....	60
9.1.	Presupuestos.....	60
9.2.	Ahorros económicos.....	60
9.3.	Periodo de amortización.....	61
9.4.	Ayudas Económicas.....	63
10.	Conclusiones finales.....	66
11.	Bibliografía.....	69
12.	Anexos.....	70

1. Descripción Inicial.

Este proyecto nace como resultado de un proyecto real, consistente en la certificación energética del edificio de la imagen 1.1, y su posterior rehabilitación.



Imagen 1.1. Edificio.

El edificio en cuestión, el Bloque 15 de Parque Hispanidad, en Zaragoza (ver imagen 1.2.), se trata de un bloque de 40 viviendas que lleva construido unos 30 años, por lo que pretende llevarse a cabo una rehabilitación que no sólo mejore el aspecto del mismo, sino que también mejore su eficiencia energética.



Imagen 1.2. Bloque 15, Parque Hispanidad.

Los datos proporcionados inicialmente para el proyecto han sido los cerramientos, así como los planos esquemáticos del edificio, tanto las plantas (ver imagen 1.3), como los alzados (ver imagen 1.4). En cuanto a sistemas, los datos proporcionados son limitados, ya que únicamente se sabe que es un sistema de calefacción central por radiadores y que la caldera es convencional a gas, con un rendimiento de 0,85.



Imagen 1.3. Planos: Plantas.

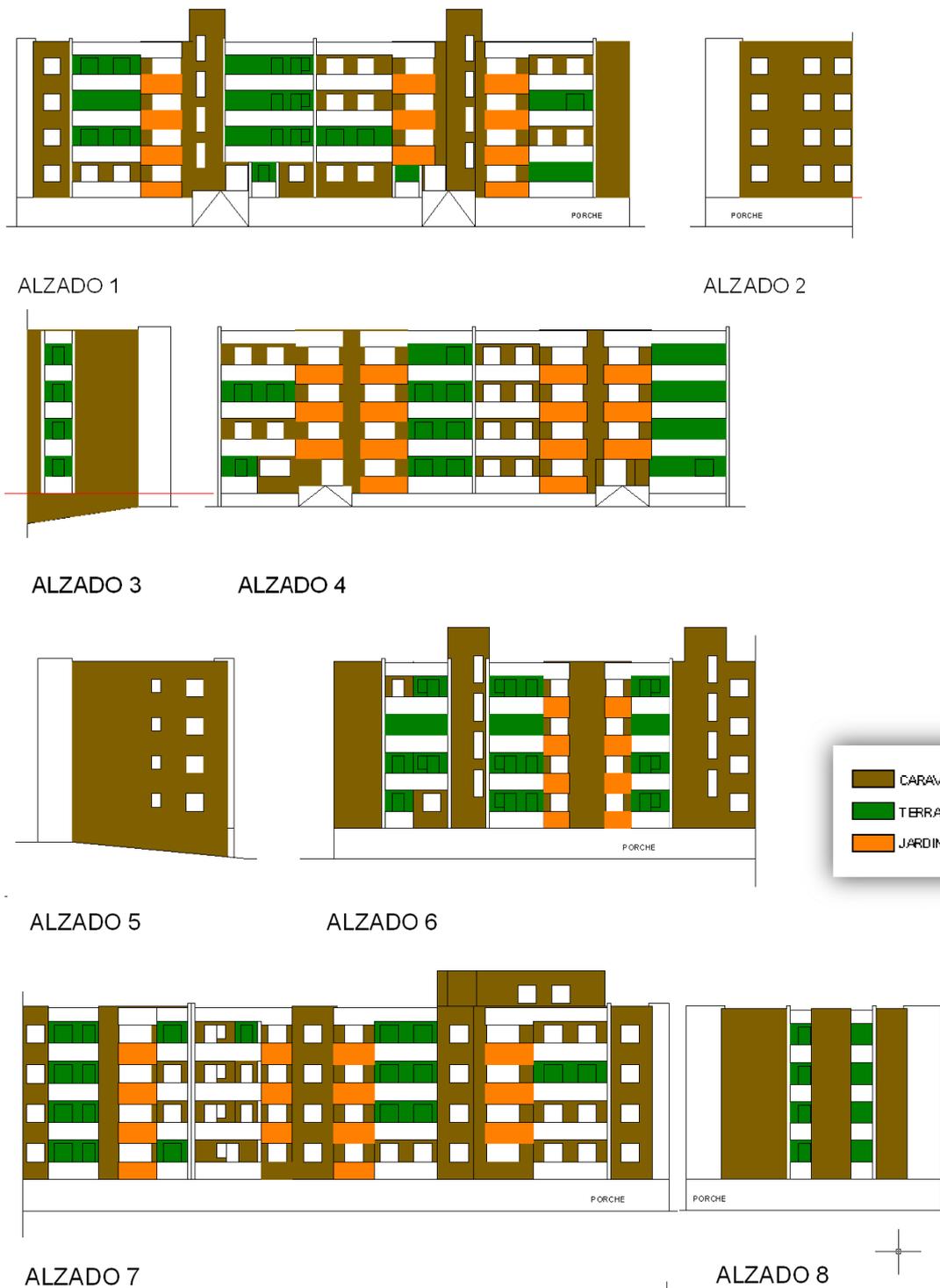


Imagen 1.4. Planos: Alzados.

Cerramientos:

La composición de cerramientos descrita en los planos se detalla a continuación:

- Fachada caravista: Ladrillo caravista 12cm
Mortero 1cm
Cámara de aire sin ventilar 4cm
LH sencillo 4cm
Yeso 1cm
- Fachada Jardinera: Bloque de hormigón 10cm
Tierra vegetal 35cm
Ladrillo caravista 12cm
Mortero 1cm
Cámara de aire sin ventilar 4cm
LH sencillo 4cm
Yeso 1cm
- Balcón: Bloque de hormigón 10cm
- Losa en contacto con el terreno: Hormigón en masa 20cm
- Cubierta: Lámina aluminio 3mm
2 telas asfálticas poliméricas (4mm cada una)
Hormigón celular 3cm
FR entrevigado de hormigón 25cm
Yeso 1cm
- Forjado a exterior: Baldosa 3cm
Mortero 7cm
FR entrevigado de hormigón 25cm
Cámara de aire ligeramente ventilada 20cm
Lámina de aluminio 5mm
- Forjado interior: Baldosa 3cm
Mortero 7cm
FR entrevigado de hormigón 25cm
- Tabiquería interior: Yeso 1cm
LH doble 9cm
Yeso 1cm
- Ventanas: Vidrio simple 6mm, carpintería de aluminio sin rotura de puente térmico en las ventanas de terraza y carpintería de madera en el resto.

2. Objetivos.

El objetivo principal del proyecto es plasmar de forma clara y objetiva, mediante un programa informático normativo, que la rehabilitación sugerida consigue mejorar la eficiencia energética del edificio, así como generar ahorros en el consumo de combustible de la comunidad y disminuir las emisiones de CO₂ asociadas.

En este proyecto en cuestión pueden diferenciarse dos partes: por un lado la reforma propuesta por el estudio de arquitectura que quiere llevar a cabo la rehabilitación, y por otro lado las mejoras adicionales para la consecución de un resultado aún más favorable en cuanto a eficiencia energética y su consecuente estudio de viabilidad económica.

El estudio de arquitectura propone como objetivo principal llegar a una calificación C con la mínima inversión posible.

Partiendo de este objetivo principal, el proyecto tiene como objetivos otros más concretos como son:

- Mejorar los cerramientos.
- Mejorar los puentes térmicos.
- Mejorar la eficiencia energética del edificio.
- Integrar energía solar térmica.
- Reducir consumos energéticos.
- Estudiar la viabilidad económica de las propuestas.

Para ello se hará un estudio sobre los cerramientos y los puentes térmicos actuales y como se podrían mejorar. Además, se hará un estudio sobre la energía solar térmica aplicable al edificio y el porcentaje de cobertura óptimo.

Con esto, se realizará un estudio de viabilidad de la inversión, calculando el TIR y el periodo de amortización.

3. Metodología.

Para llevar a cabo este proyecto se ha decidido efectuar una certificación tanto del edificio actual, como de la propuesta de edificio mejorado, utilizando los programas normativos *LIDER* y *CALENER VyP*, puesto que aún no ha salido el programa normativo específico para la certificación de edificios antiguos.

LIDER es la aplicación informática que permite cumplir con la opción general de verificación de la exigencia de Limitación de demanda energética establecida en el Documento Básico de la Habitabilidad y Energía del Código Técnico de la Edificación (CTE-HE1).

CALENER VyP permite certificar un edificio concreto, creado a partir de *LIDER*, desde el punto de vista del consumo energético, otorgando una etiqueta en función de los kg de CO₂ por m² aportado a la atmósfera por el mismo. Los valores de la etiqueta energética de un edificio oscilan entre E (peor calificación) y A (mejor calificación).

Estos programas trabajan en relación a unos valores que se otorgan en función de la comparación del edificio en cuestión con un edificio de referencia, creado por el propio programa a partir de las características del edificio del que se pretende realizar el estudio.

Así pues, para realizar la certificación, son necesarios unos datos iniciales, tanto de forma física del edificio y de composición de los cerramientos para el cálculo en *LIDER*, como los datos relativos a los sistemas de climatización y generación de agua caliente sanitaria para el cálculo en *CALENER VyP*.

En este caso concreto, el cálculo inicial del edificio en *LIDER* no será relevante, ya que se sabe que el edificio no cumple el Código Técnico de la Edificación (CTE), pues tiene una antigüedad de 30 años. Por ello, se centrará la atención en los resultados de emisiones obtenidos en *CALENER VyP*.

Como apunte, nombrar que, en caso de que la rehabilitación del edificio de estudio superase el 25% de los cerramientos o los 1000m², sí que habría que cumplir el CTE, tal y como dicta el HE-1 del CTE (ver imagen 3.1), por lo que habría que tener en cuenta los cálculos realizados con *LIDER*.

1 Generalidades

1.1. Ámbito de aplicación

1 Esta Sección es de aplicación en:

- a) edificios de nueva construcción;
- b) modificaciones, reformas o rehabilitaciones de edificios existentes con una superficie útil superior a 1000 m² donde se renueve más del 25% del total de sus cerramientos.

Imagen 3.1. DB HE 1. Limitación de la demanda Energética (CTE).

También se utilizará el programa informático *THERM* para el cálculo de los puentes térmicos.

THERM es un programa de cálculo de calor en 2 dimensiones en régimen estacionario por lo que resulta especialmente útil para los cálculos de las características térmicas de los puentes térmicos de los edificios.

Para el cálculo de los puentes térmicos se seguirá siempre la misma metodología. Primero se realizará el dibujo del cerramiento en *AUTOCAD*, para luego importarlo en el programa *THERM*. De ahí se pasará a dibujar el cerramiento en el mismo *THERM*, donde a cada parte se le otorgará su propio material, que previamente será definido en la biblioteca según los datos de conductividad que muestra *CALENER VvP* y con una emisividad de 0,9 (que es la que se considera en construcción).

Después se le asignarán las condiciones de contorno, según sea adiabático, interior o exterior. Las condiciones interior y exterior habrán sido creadas previamente, otorgando como temperatura exterior la correspondiente a Zaragoza, 6,2 °C, R_{ext} 25 W/m²K y R_{int} 7,69 W/m²K. El "U factor" correspondiente también habrá sido creado previamente como EXT e INT, en función de si es exterior o interior.

Una vez hecho esto ha de calcularse el puente térmico, obteniendo los resultados. Con estos han de realizarse las siguientes operaciones:

- $F_{rsi} = (T_{ext} - T_{si}) / (T_{ext} - T_{int}) > 0,61$
- $\Psi = L_{2D} - \sum U * L_{int}$
- $L_{2D} = U_{factor} * L$

L(m), U(W/m²K).

Donde T_{ext} será la temperatura exterior de la ciudad del cálculo, T_{int} será la temperatura interior del edificio, T_{si} la calculada en la esquina del puente térmico y L_{int} la medida del contorno interior.

Serán así el factor de temperatura (F_{rsi}) y la transmisión térmica lineal (Ψ) los valores que se modifiquen en el apartado de puentes térmicos en *CALENER VvP*.

Para visualizar de manera real los puentes térmicos del edificio actual será utilizada una cámara termográfica, con la que se podrá observar desde el exterior por qué zonas del edificio se pierde el calor interior.

Para analizar las termografías se utilizará en programa informático *LIPS 814*, asociado a la cámara en cuestión, y mediante el cual se podrán obtener los valores de temperatura concretos de cada punto en función de los parámetros de temperatura ambiente, humedad relativa y emisividad del material, así como la distancia al elemento fotografiado.

Se tomará el valor 0,9 como emisividad del material, lo cual es un valor acertado para los elementos de construcción como ladrillo u hormigón. Por ello habrá que tener en cuenta que si en la imagen aparecen otros materiales, como metales por

ejemplo, los valores de estos no serán reales y, por lo tanto, no deberán de ser analizados.

Para el cálculo de la cobertura solar térmica será utilizado el método *F-Chart*.

F-Chart consiste en una hoja Excel que consigue calcular el porcentaje de cobertura solar térmica en función del modelo de colectores solares elegidos y otros parámetros relacionados con la instalación y demanda de ACS. De este modo puede saberse también si se cumplen las condiciones exigidas por el Código Técnico de la Edificación.

Los presupuestos estarán realizados en base a los precios descompuestos según la base de datos del año 2009 del programa *PRESTO*.

4. Edificio actual. Certificación.

En este apartado se van a definir los datos del edificio actual, así como los datos que van a ser introducidos en los programas informáticos.

A lo largo del proceso de simulación energética con los programas normativos como *LIDER* y *CALENER VvP*, se plantean una serie de suposiciones y simplificaciones en la definición de las viviendas en bloque, tanto a nivel de envolvente térmica como a nivel de sistemas de climatización, que es necesario aclarar convenientemente.

Los datos requeridos por los programas *LIDER* y *CALENER* no siempre se ajustan a los datos reflejados en los correspondientes proyectos de ejecución y/o instalaciones, además de que la base de datos disponible no recoge todos datos que el sector proyecta e instala.

Se plantean por lo tanto los diferentes aspectos del proyecto de arquitectura en su relación con la definición geométrica y constructiva con el programa *LIDER*.

4.1. Datos sobre el edificio.

Como ya se ha comentado en la introducción, los datos proporcionados inicialmente para el proyecto han sido los cerramientos, así como los planos esquemáticos del edificio.

En cuanto a sistemas, los datos proporcionados son limitados, ya que únicamente se sabe que es un sistema de calefacción central por radiadores y que la caldera es convencional a gas, con un rendimiento de 0,85.

CONDICIONES DE SIMULACIÓN.

Tras el estudio de las condiciones sobre la envolvente térmica recogidas en el proyecto básico, se ha optado por las siguientes simplificaciones:

- Los vidrios que se definen como "Simples 6mm" se han definido en la aplicación *LIDER* como: "VER_M_6".
- Los vidrios que se definen como "Dobles 4+6+4" se han definido en la aplicación *LIDER* como: "Dobles en posición vertical, VER_DC_4-6-4".
- Los marcos que se definen como "Carpintería de aluminio" se definen en la aplicación *LIDER* como: "VER_Normal sin rotura de puente térmico".
- Las capas de geotextil y tela asfáltica han sido definidas en *LIDER* como bituminosos "Betún fieltro o lámina".
- Los marcos de la carpintería exterior "Carpintería de madera" se definen en *LIDER* como "VER_Madera de densidad media baja".

- Los muros del semisótano que están en contacto con un garaje contiguo se han definido como adiabáticos.
- Los puentes térmicos considerados en las viviendas han sido los que la aplicación *LIDER* proporciona por defecto para la zona climática en la que se encuentra localizado el edificio.
- Puesto que es un edificio antiguo, las renovaciones de aire serán menores que las consideradas según Código Técnico de la Edificación, ya que atenderán a la antigua normativa. Por ello se sustituirá el valor de 1 renovación hora por el de 0,5 renovaciones hora.
- Las terrazas, los zaguanes y el semisótano se han considerado en la aplicación *LIDER* como "No habitables", por tratarse de zonas no acondicionadas. El nivel de estanqueidad considerado en el proyecto ha sido "Nivel de estanqueidad 1".
- Las tres últimas plantas se han considerado plantas multiplicadas, ya que tienen la misma distribución.

La relación de cerramientos definidos en la base de datos de la aplicación *LIDER*, considerando la composición descrita anteriormente, es la detallada en el archivo .pdf adjunto al proyecto como Anexo I.

Sistemas:

Como ya se ha dicho anteriormente, el sistema de calefacción es central por radiadores. La caldera es convencional a gas, con un rendimiento de 0,85.

Puesto que se desconocen los datos detallados sobre las instalaciones, los sistemas se han definido en función de los metros cuadrados. Se ha estimado 100W de potencia por cada m². Cada espacio habitable tiene aproximadamente 100m², por lo que cada espacio estará calefactado por 10KW. La caldera se ha supuesto de una potencia de 400KW.

La demanda de ACS ha sido estimada mediante los datos proporcionados por el HE-4 del Código Técnico de la Edificación (ver Tabla 4.1.1).

Tabla 4.1.1. Cálculo de la demanda de ACS según CTE.

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	7	más de 7
Número de Personas	1,5	3	4	6	7	8	9	Nº de dormitorios

Tabla 3.1. Demanda de referencia a 60°C (1)

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60° C	
	Viviendas unifamiliares	30
Viviendas multifamiliares	22	por persona

El bloque a estudio consta de 4 pisos con 10 viviendas en cada uno. Según CTE estiman 3 habitantes por vivienda, pues cada casa consta de dos habitaciones, y un consumo de 22 litros por persona, ya que son viviendas multifamiliares. Esto hace un consumo de 66 litros de agua diarios por vivienda al día o, lo que es lo mismo, 2640 litros en todo el edificio al día.

En el proyecto de estudio inicial no existe cobertura solar por colectores.

4.2. Resultados.

El archivo correspondiente a la simulación, con las características iniciales descritas anteriormente es el denominado "1_ProyectoInicial", y el archivo a adjuntar como parte del proyecto es el "1_ProyectoInicial.pdf".

La etiqueta resultante es la que se muestra a continuación (Imagen 4.2.1. y Tabla 4.2.1.):

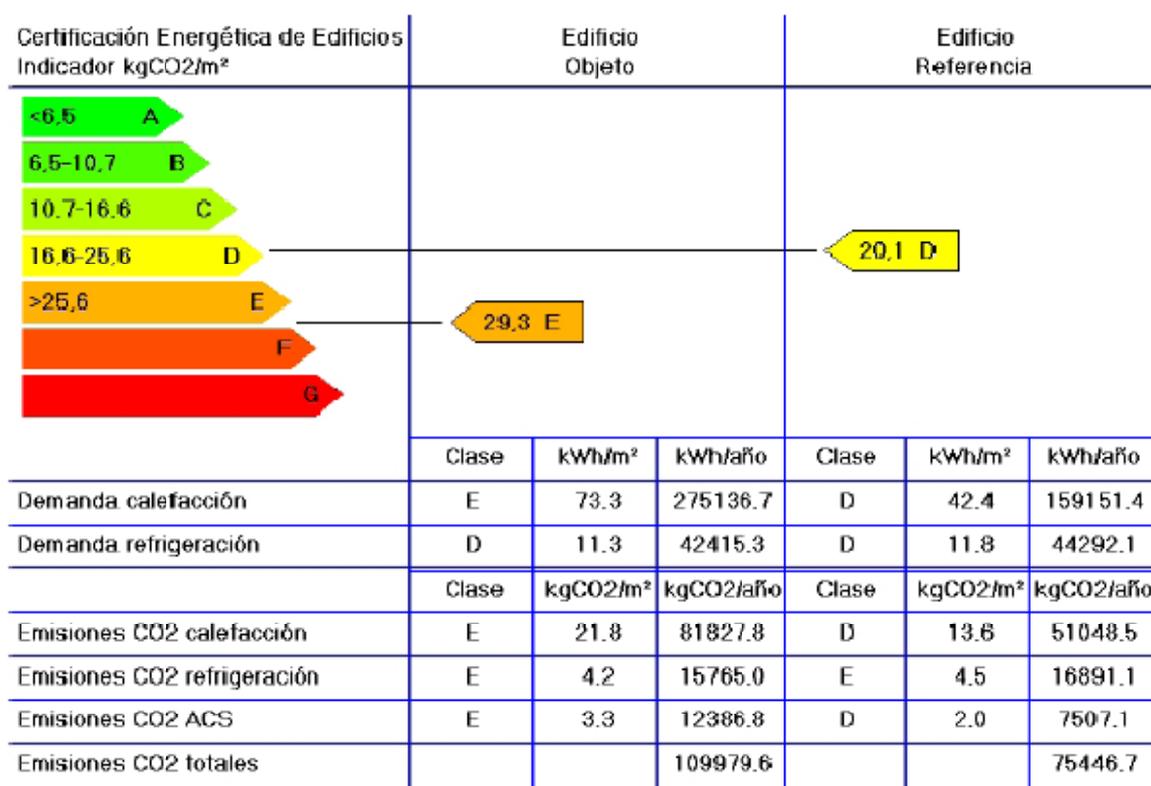


Imagen 4.2.1. Etiqueta energética.

Tabla 4.2.1. Datos etiqueta energética.

Datos para la etiqueta de eficiencia energética

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	por metro cuadrado	anual	por metro cuadrado	anual
Consumo energía final (kWh)	116,3	436567,8	72,9	273708,4
Consumo energía primaria (kWh)	130,3	489092,5	88,0	330493,2
Emisiones CO2 (kgCO2)	29,3	109979,6	20,1	75446,8

4.3. Conclusiones.

Como puede comprobarse, el edificio actual ha sido calificado con la peor etiqueta, la E. Esto es debido a que es un edificio antiguo, por lo que los cerramientos y los sistemas no son los adecuados.

Los resultados muestran la comparativa del edificio de estudio, el edificio objeto, frente a un edificio de referencia. Este edificio de referencia corresponde a un edificio de similares características que el actual, pero cumpliendo por el mínimo el Código Técnico de la Edificación.

El edificio de referencia alcanza una calificación D, por lo que puede deducirse que va a ser complicado alcanzar la calificación C sugerida como objetivo por parte del estudio de arquitectura, ya que se tendrán que superar las exigencias del CTE.

La demanda de calefacción es muy elevada, lo cual hace que las emisiones de CO₂ asociadas sean altas, y la etiqueta obtenida sea la inferior.

La demanda de refrigeración es bastante baja (similar a la del edificio de referencia). Esto es debido a que, puesto que no existen sistemas de refrigeración, el programa ha estimado un consumo para el cálculo final.

Teniendo en cuenta tanto la demanda de calefacción como la de refrigeración, así como el consumo en agua caliente sanitaria, se puede concluir que las mejoras para el ascenso en la certificación, han de estar enfocadas a la reducción del consumo de calefacción, pues corresponde, aproximadamente, al 75% de las emisiones.

5. Proyecto mejorado. Certificación.

En este apartado van a ser consideradas únicamente las mejoras propuestas por el estudio de arquitectura. Respecto a estas mejoras, no se valorará si son las más adecuadas, simplemente serán llevadas a cabo, realizando la certificación una a una.

La valoración de si las mejoras son realistas y si son lo suficientemente beneficiosas se tratará en el apartado de conclusiones. Una vez hecha la valoración objetiva, se decidirá qué se ha de llevar a cabo de entre las mejoras propuestas, y en qué medida.

Después de haber estudiado las conclusiones, se realizará la certificación con las mejoras que se consideren oportunas y, de ahí, se pasará a tratar las mejoras adicionales.

5.1. Mejoras propuestas.

Las mejoras propuestas en el proyecto de rehabilitación son las siguientes:

1. Añadir 4cms de poliuretano proyectado en el techo del local comercial.
2. Añadir (a la hipótesis 1), en la cubierta 1 capa de tela asfáltica de 0,8 cms + 1capa de geotextil + 8cms de poliestireno extruido + 5cms de áridos ligeros.
3. Añadir (a la hipótesis 2), la producción de ACS solar con una cobertura del 90% de las necesidades.
4. Añadir (a la hipótesis 3) la sustitución de los vidrios inicialmente considerados (6mm) por otros del tipo 4+6+4.
5. Semisótano inferior como trastero (sin realizar la mejora 4).
6. semisótano inferior como locales comerciales 8sin realizar la mejora 4).

5.2. Resultados.

Partiendo de los resultados del edificio actual, obtenidos en el apartado anterior, se muestran en la siguiente tabla los resultados obtenidos con cada una de las mejoras propuestas.

Tabla 5.2.1. Resultados de la Certificación Energética.

Mejoras	Edificio Objeto (kg CO ₂ /año)					Edificio de Referencia	
	Calefacción	Refrigeración	ACS	TOTAL	Calificación	kgCO ₂ /año	Calificación
Inicial	21,8	4,2	3,3	29,3	E	20,1	D
Mejora 1	20	4,3	3,3	27,6	E	20,1	D
Mejora 2	16,1	4	3,3	23,4	D	20,1	D
Mejora 3	16,1	4	0,4	20,5	D	20,1	D
Mejora 5	15,9	4	0,4	20,3	D	20,1	D
Mejora 6	15,2	4,1	0,4	19,7	D	19,1	D
Mejora 4	13,7	4,1	0,4	18,2	D	20,1	D

Mejora 1: Se plantea una mejora en el forjado exterior, añadiendo 4cms de poliuretano proyectado en el techo del local comercial.

El archivo correspondiente a la simulación es el denominado "2_ProyectoMejoraForjadoExterior", y el archivo a adjuntar como parte del proyecto es el "2_ProyectoMejoraForjadoExterior.pdf". La etiqueta resultante es la que se muestra en el Anexo II.

Mejora 2: Mejora en la cubierta, añadiendo 1 capa de tela asfáltica de 0,8 cms + 1capa de geotextil + 8cms de poliestireno extruido + 5cms de áridos ligeros para disminuir las demandas energéticas y así mejorar la calificación.

El archivo correspondiente a la simulación es el denominado "3_ProyectoMejoraCubierta", y el archivo a adjuntar como parte del proyecto es el "3_ProyectoMejoraCubierta.pdf". La etiqueta resultante es la que se muestra en el Anexo III.

Mejora 3: Se plantea también añadir una cobertura del 90% de las necesidades de agua caliente sanitaria mediante colectores solares, ya que han comprobado que de la energía total consumida para calefacción y ACS, esta última supone el 30% del total.

Junto a esto, se añadirán también dos acumuladores de 500 litros cada uno, que en *LIDER* se simplificarán como un acumulador de 1000 litros.

El archivo correspondiente a la simulación es el denominado "4_ProyectoMejoraACS", y el archivo a adjuntar como parte del proyecto es el "4_ProyectoMejoraACS.pdf". La etiqueta resultante se muestra en el Anexo IV.

Mejora 4: Se propone sustituir los vidrios inicialmente considerados simples de 6mm por otros dobles del tipo 4+6+4.

El archivo correspondiente a la simulación es el denominado "5_ProyectoMejoraVentanas", y el archivo a adjuntar como parte del proyecto es el "5_ProyectoMejoraVentanas.pdf". La etiqueta resultante puede verse en el Anexo V.

Mejora 5: Puesto que el edificio a estudio es el más desfavorable de toda la urbanización, se propone considerar, tal y como existe en la mayoría de edificios de Parque Hispanidad, un semisótano que ocupe toda la parte inferior.

En principio, se estima que ese semisótano será utilizado como trastero, por lo que se considerará no habitable.

El archivo correspondiente a la simulación es el denominado "6_ProyectoMejoraSemisotano", y el archivo a adjuntar como parte del proyecto es el "6_ProyectoMejoraSemisotano.pdf". La etiqueta resultante puede verse en el Anexo VI.

Mejora 6: En este caso se tratará el mismo semisótano como zona para locales comerciales, por lo que el forjado entre las viviendas y los citados locales será considerado adiabático en la simulación.

El archivo correspondiente a la simulación es el denominado "7_ProyectoMejoraLocalComercial", y el archivo a adjuntar como parte del proyecto es el "7_ProyectoMejoraLocalComercial.pdf". La etiqueta resultante puede verse en el Anexo VII.

5.3. Conclusiones.

Como se puede comprobar, se ha conseguido reducir las emisiones de CO₂ de 29,3 kg/m² a 18,2 kg/m² gracias a las cuatro primeras mejoras, lo cual supone una reducción de más de un 35%.

Es un buen resultado, pero también se ha de valorar cada mejora por separado para poder seguir trabajando en base a los resultados obtenidos.

Mejora 1 - Mejora 2: Ambas mejoras están enfocadas al aumento de aislamiento en cerramientos. Se ha conseguido reducir las emisiones de un 29,3 a un 27,6 gracias a colocar 4 cm de aislamiento en el forjado exterior de la primera planta, y de un 27,6 a un 23,4, haciendo que la calificación mejore hasta una D, colocando 8cm de aislamiento en cubierta. Esto hace ver que, al aumentar los aislamientos de los cerramientos, se puede conseguir una gran reducción en la demanda de calefacción y, por lo tanto, en las emisiones de CO₂.

Por ello, se puede concluir que una buena línea a seguir para conseguir mayores mejoras en cuanto a la eficiencia del edificio, será tratar todos los cerramientos, mejorando los aislamientos en la mayor medida posible. Para ello, habrá que estudiar qué espesor es el más favorable, así como si la rehabilitación de todos los cerramientos es económicamente viable. Todo esto se verá en el siguiente apartado "5. Mejoras adicionales en cerramientos".

Mejora 3: Gracias a la incorporación de energías renovables, como es la solar térmica, se ha conseguido reducir las emisiones de CO₂ de 23,4 a 20,5 kg/m². Es

adecuada esta medida en tanto a que la incorporación de colectores solares reduce la demanda de agua caliente sanitaria y, por lo tanto, reduce las emisiones asociadas a este apartado.

Es a partir de esta mejora cuando se supera el edificio de referencia. (En la Tabla 5.2.1. se marca en color verde las mejoras que consiguen superar el edificio de referencia y en color granate las que no).

El problema parte del porcentaje que ha sido considerado que será cubierto por los colectores. Un 90% de cobertura es inviable desde el punto de vista más práctico, pues, para conseguir un 90% durante todo el año, en verano se debería superar el 100% de cobertura, ya que en invierno no se alcanzaría el valor estimado. Esto desembocaría en problemas con los colectores y, por lo tanto, en un gasto en mantenimiento elevado.

Puede verse este problema en la gráfica inferior, estimada con el Método F-Chart, correspondiente a la demanda energética de ACS frente al cubrimiento con captadores si se tuviera en cuenta el 90% estimado inicialmente (Imagen 5.3.1.).

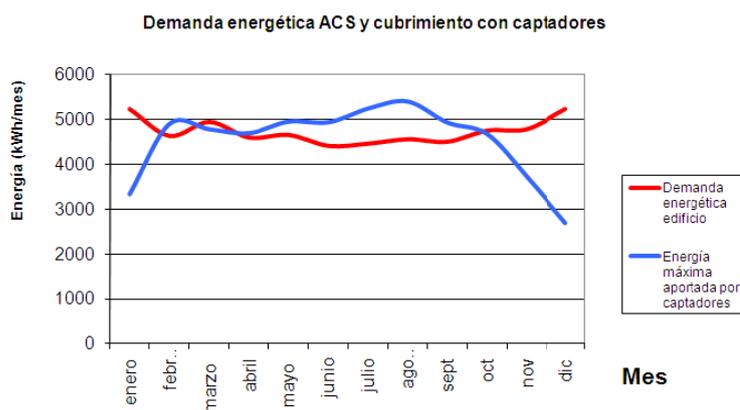


Imagen 5.3.1. Gráfico Demanda energética y Cubrimiento de captadores.

La imagen muestra que se superaría en varios meses del año el cubrimiento frente a la demanda de ACS del edificio. Este problema se solucionará en el próximo apartado, donde se verá cuál es el porcentaje de energía solar térmica que ha de considerarse.

Mejora 4: La propuesta de sustituir los vidrios simples de 6mm por otros dobles del tipo 4+6+4, ha conseguido reducir las emisiones de un 20,5 a un 18,2.

El hecho de cambiar los vidrios de las ventanas consigue reducir la demanda de calefacción, lo cual se ve reflejado en una reducción bastante alta de las emisiones y, por lo tanto, en una mejora de la etiqueta.

En este caso en concreto, la mejora no ha sido lo suficientemente positiva, pues la gran mayoría de las terrazas ya habían sido cerradas con doble vidrio por los inquilinos. Es por esto que la mejora sólo ha sido en un 10%.

Mejoras 5 y 6: Estas mejoras parten de la idea de que el edificio de estudio es el más desfavorable de toda la urbanización y que, por lo tanto, sería aceptable el hecho de asemejarlo a otros cuyos sótanos no están abiertos, sino que son trateros o locales comerciales.

El resultado es evidente, las mejoras no son lo suficientemente buenas como para llevar a cabo esa transformación. Puesto que en este caso no se ha tenido en cuenta la mejora 4, habría que comparar los resultados con la mejora 3, viendo así que se reduce un 0,2 las emisiones en el primer caso, y un 0,8 en el segundo. La mejora que supone el segundo caso es más favorable, pero también mejorará el edificio de referencia, colocando así el resultado por debajo de éste.

Puesto que estas dos últimas mejoras no van a ser llevadas a cabo, ya que son sólo una suposición en función del resto de la urbanización, se ha decidido seguir con la certificación a partir de la mejora 4. Así pues, el edificio de estudio seguirá considerándose tal cual es, con el sótano abierto.

6. Integración de Energías Renovables. Solar térmica.

Siguiendo lo comentado en el apartado anterior, se van a integrar colectores solares térmicos en el edificio, integrando así energías renovables y mejorando la certificación. Además se hará el cálculo, tanto de los porcentajes óptimos, como de los conseguidos, mediante el método F-Chart.

6.1. Estado Inicial.

Partiendo del 90% de cobertura solar propuesta inicialmente, se ha de encontrar un porcentaje más acertado, que no perjudique ni la instalación ni el mantenimiento de la misma.

En este caso, lo más adecuado para estimar un porcentaje aproximado es acudir a los valores otorgados por el CTE en función de la zona climática en la que se sitúe la ciudad de estudio y del tipo de alimentación de la instalación (general o efecto Joule).

Zaragoza estará considerada zona climática IV, según el HE-4 del CTE. Siguiendo con el CTE, será considerado el caso general, pues el ACS parte de la caldera general, alimentada mediante gas y no calentada mediante una resistencia eléctrica, que correspondería al efecto Joule. Además, como ya se ha dicho anteriormente, la demanda total del edificio es de 2.640 litros al día, por lo que la cobertura solar mínima es del 60% para el edificio de estudio.

6.2. Cálculo F-Chart.

Gracias al método F-Chart, se puede saber cuál es el porcentaje exacto de cobertura solar térmica en función de unos parámetros básicos. Este método de cálculo de la instalación es el recomendado en el Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE para instalaciones de energía solar térmica.

F-Chart utiliza lo marcado en el HE 4 de *Código Técnico de la Edificación*. Los datos de radiación solar corresponden a los proporcionados por el Ministerio de Industria mientras que los de temperatura ambiente y de temperatura del agua de red se obtienen de las tablas publicadas por Censolar.

Los parámetros iniciales necesarios para este cálculo son los siguientes:

- Localización: Zaragoza.
- 2.640 litros de agua consumida al día.
- Tipo de Instalación: Suministro ACS.
- Caso de Instalación: Combustibles fósiles.

Partiendo de estos datos y sabiendo que la ocupación es constante, pues se trata de un bloque de viviendas, se puede pasar a la elección del modelo de captador, así como de la orientación y cantidad de los mismos.

6.2.1. Consumo estimado de ACS de la instalación.

La demanda energética en este caso ha sido calculada en función de los datos que considera el Código Técnico de la Edificación para el cálculo de ACS en vivienda, y tomando como datos los siguientes:

Vivienda tipo	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Nº viviendas		40								Total viviendas	40
Nº dorm/vivienda	1	2	3	4	5	6	7				
Nº pers/vivienda*	1,5	3	4	6	7	8	9	0	0	* Según C.T.E.	
Total pers/viv tipo	0	120	0	0	0	0	0	0	0	Total personas	120
I/día persona				22							
Total I/día				2.640							
Factor simultaneidad f:				1						Total demanda I/día	2.640

Así pues, con estos datos y una temperatura de acumulación de 60°C, la demanda energética total anual será:

Tabla 6.2.1.1. Demanda Energética anual.

Mes	Nº Días	Tª A.F.S. (°C) (IDAE)	kWh
Enero	31	5	5.221,39
Febrero	28	6	4.630,35
Marzo	31	8	4.936,59
Abril	30	10	4.593,60
Mayo	31	11	4.651,79
Junio	30	12	4.409,86
Julio	31	13	4.461,92
Agosto	31	12	4.556,85
Septiembre	30	11	4.501,73
Octubre	31	10	4.746,72
Noviembre	30	8	4.777,34
Diciembre	31	5	5.221,39
ANUAL	365	9,3	56.709,52

Teniendo en cuenta el precio actual del gas natural (0,05 €/kWh), el consumo anual será de **2.835,48 €** en concepto de agua caliente sanitaria.

6.2.2. Valoración de las pérdidas por la disposición de los captadores.

Tabla 6.2.2.1. Pérdidas obtenidas según orientación e inclinación.

Pérdidas	Orientación e inclinación (%)	Sombras (%)	Total (%)
Obtenidas	0,79	0,00	0,79
Límite C.T.E.	10,00	10,00	15,00

6.2.3. Determinación de la fracción solar por el método f-chart.

Energía solar incidente:

Tabla 6.2.3.1. Energía Solar incidente.

	H (MJ/m ² día) (IDAE)	k (p _{inclinación}) (IDAE)	p _{orientación}	p _{sombras}	E.I. mes (kWh/m ²)
Enero	6,30	1,42	0,00	0,00	77,10
Febrero	9,80	1,30	0,00	0,00	99,17
Marzo	15,20	1,16	0,00	0,00	151,95
Abril	18,30	1,03	0,00	0,00	157,20
Mayo	21,80	0,93	0,00	0,00	174,72
Junio	24,20	0,89	0,00	0,00	179,63
Julio	25,10	0,93	0,00	0,00	201,17
Agosto	23,40	1,04	0,00	0,00	209,73
Septiembre	18,30	1,21	0,00	0,00	184,67
Octubre	12,10	1,41	0,00	0,00	147,03
Noviembre	7,40	1,55	0,00	0,00	95,66
Diciembre	5,70	1,52	0,00	0,00	74,67
Anual	15,60				1.752,69

Cálculo fracción solar y energía útil:

Tabla 6.2.3.2. Energía útil.

Mes	f mes (%)	E.U. mes (kWh)
Enero	32,88	1.716,64
Febrero	49,87	2.309,19
Marzo	69,91	3.450,99
Abril	75,91	3.486,97
Mayo	82,14	3.820,89
Junio	88,08	3.884,18
Julio	95,03	4.240,09
Agosto	97,31	4.434,08
Septiembre	89,45	4.026,85
Octubre	70,03	3.324,11
Noviembre	45,50	2.173,93
Diciembre	31,94	1.667,97
Anual		38.535,88
Rendimiento anual de la instalación		45,81

Teniendo en cuenta el precio actual del gas natural (0,05 €/kWh), el ahorro anual será de **1.926,79 €** en concepto de agua caliente sanitaria.

Esta elección hace que la cobertura solar sea del 62,2%*, según lo calculado por el método F-Chart, superando así el 60% marcado por la norma.

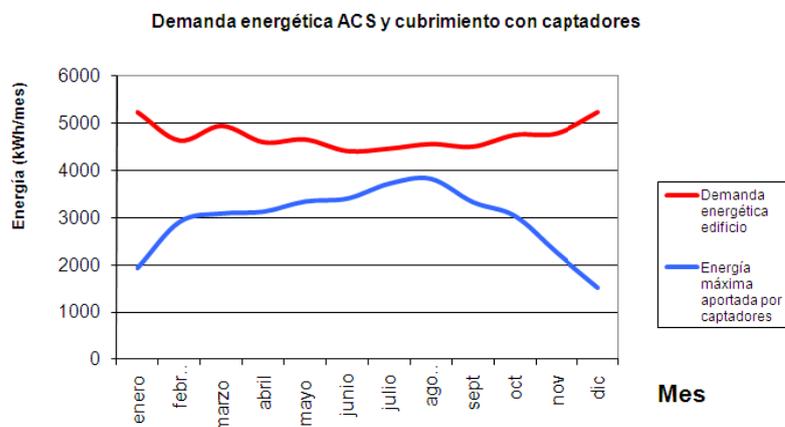


Imagen 6.3.1. Gráfico Demanda energética y Cubrimiento de captadores.

Puede apreciarse en la imagen 6.3.1. que en ningún momento del año se supera el 100% de cobertura solar ni la demanda del edificio, por lo que se consigue eliminar el problema que surgió inicialmente al considerar el 90%.

*Podría haberse aumentado ligeramente este porcentaje pero se ha dejado en 62,2% puesto que, en los meses de verano, se ha considerado que la ocupación será de un 100%, cosa que puede disminuir debido a las vacaciones. Por ello en las gráficas siguientes se ve que la energía máxima aportada por los captadores en el punto máximo, correspondiente a Agosto, no cubre toda la demanda.

6.3. Resultados.

Será entonces 62,2 el porcentaje que se tendrá en cuenta en los cálculos de aquí en adelante, por lo que a continuación se incluyen los resultados en la tabla correspondiente.

Tabla 6.3.4. Resultados de la Certificación Energética.

Mejoras	Edificio Objeto (kg CO2/año)					Edificio de Referencia	
	Calefacción	Refrigeración	ACS	TOTAL	Calificación	kgCO2/año	Calificación
Inicial	21,8	4,2	3,3	29,3	E	20,1	D
Mejora 1	20	4,3	3,3	27,6	E	20,1	D
Mejora 2	16,1	4	3,3	23,4	D	20,1	D
Mejora 3	16,1	4	0,4	20,5	D	20,1	D
Mejora 5	15,9	4	0,4	20,3	D	20,1	D
Mejora 6	15,2	4,1	0,4	19,7	D	19,1	D
Mejora 4	13,7	4,1	0,4	18,2	D	20,1	D
62,2% Solar Térmica	13,7	4,1	1,4	19,2	D	20,1	D

Puede verse que, aunque se ha reducido el porcentaje de cobertura solar, el edificio calculado sigue estando por encima del edificio de referencia.

El archivo correspondiente a esta simulación es el denominado "8_ProyectoMejoras", y el archivo a adjuntar como parte del proyecto es el "8_ProyectoMejoras.pdf". La etiqueta podrá verse en el Anexo VIII.

Será este el punto desde el que se parta para la realización de las mejoras adicionales.

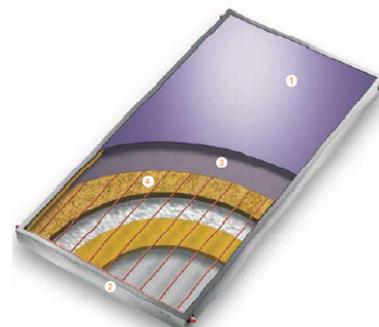
6.4. Proyecto de la instalación.

6.4.1. Captador Solar.

En este caso el modelo elegido ha sido el *OLIVA TORRAS OTS2000ST*, con una orientación al Sur y una inclinación de 45°. La elección de este modelo viene dada por la facilidad de encontrar un número par de colectores sin exceder en demasía el 60% marcado por el Código Técnico.

Además, esta marca es fabricada en España, tiene todas las certificaciones y homologaciones y el proceso de fabricación de los captadores solares seleccionados es sometido a la ISO 9001:2000 y la ISO 14001. Su principal beneficio es la buena relación calidad-precio (380 € por captador). Sus características son muy favorables, como puede verse a continuación:

- Carcasa de acero Inoxidable para intemperie.
- Vidrio solar templado de seguridad. 4 mm de espesor. Bajo contenido en hierro y alta transmisividad.
- Absorbedor de flujo paralelo fabricado en lámina de aluminio con tratamiento altamente selectivo de deposición física en fase vapor y tubos de cobre.
- Aislamiento de poliuretano recubierto por una capa de aluminio y lana mineral.
- Absorción solar 94%
- Emisión térmica 5% a 100°C
- Dimensiones: 204X104X9 cm
- Área total: 2,12 m²
- Área de apertura: 2 m²
- Área de absorbedor: 2 m²
- Peso en vacío: 38 kg
- Fluido calo portador: mezcla de agua con glicol
- Contenido de fluido: 1,4 litros
- Presión de trabajo: 6 bar
- Caudal recomendado: 80-180 l/hm².



La estructura de soporte seleccionada es de acero inoxidable, permite la regulación continua del ángulo de inclinación entre 15° y 60° y puede ser utilizada tanto en fachadas como en cubiertas o terrazas planas.



6.4.2. Disipadores estáticos.

Para evitar el calentamiento excesivo en los periodos de menos uso de agua caliente sanitaria se han dispuesto disipadores estáticos de calor en cada uno de los módulos de captadores.

Estos elementos disipan el calor en caso de sobrecalentamiento del fluido, actuando como elemento de control pasivo, ya que su funcionamiento no depende de electroválvulas, motobombas, ventiladores ni de suministro eléctrico.

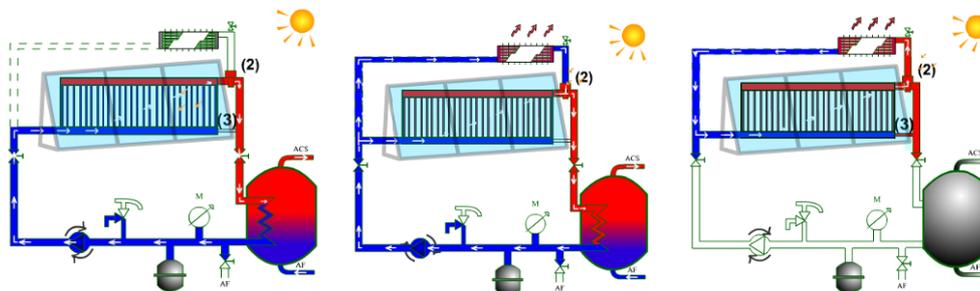


Imagen 6.4.2.1. Gráfico funcionamiento disipadores estáticos.

Los disipadores estáticos evitan problemas de:

- Corrosiones e incrustaciones en el interior de los colectores.
- Cavitación de electrobombas.
- Degradación de las superficies selectivas de los colectores.
- Degradación del fluido calorportante.
- Envejecimiento de la instalación.
- Estrés térmico de la instalación

En gran medida el mantenimiento de la instalación la efectúa la propia disipación estática.

Disipador:	SO 12044 (BT)	S1:	Sonda de la instalación
Dimensiones [mm]:	1630 x 230 x 35	P:	Purgador de gases
h [m]:	0,00	Pendiente:	1% a favor de la válvula
d [mm]:	6	S [m ²]:	8,00
ø [mm]:	28		

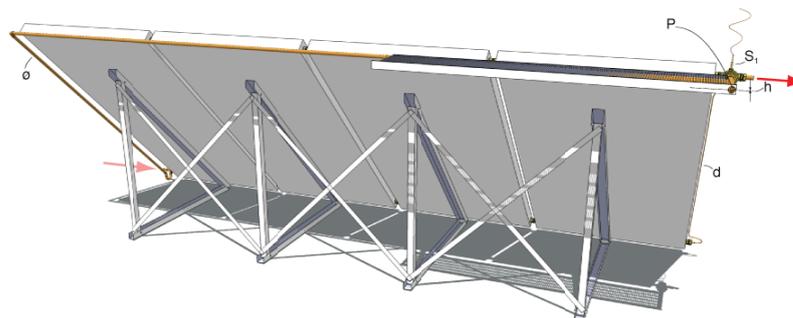


Imagen 6.4.2.2. Dibujo composición de los disipadores estáticos.

Para colector plano/parrilla 4 colectores de 2 m² el disipador llevará:

- a) Batería de intercambio SO 12044 (6T) de 1.630X230X35 mm.
- b) Válvula termostática Kô-11 preajustada a 90 °C.
- c) Junta de silicona flexible, 200 °C de 30x39,5x4 mm.
- d) Purgador manual rosca de 1/8" G.
- e) Porta-sonda S1.
- f) Tubo capilar avisador de 6 Ø x 2.300 mm.
- g) 2 Machones de 1/4"G X 1/4"SAE M-M.
- h) 1 Reducción hexagonal de 3/4"G-M x 1/4"G-H.
- i) 1 Reducción hexagonal de 3/4"G-H x 1/4"G-H.

1 Racord de 2 piezas recto figura 359 CU de 1 1/4" x 28 mm.

1 Entronque latón fig. 243 de 3/4"x22 mm para soldar.

3 Codos escuadra fig. 90 h-h CU de 28 mm para soldar.

1 T fig. 130 CU de 22x28x22 mm.

4,50 metros de tubo CU de 28x1 mm.

6.4.3. Centralita de control.

Además del control pasivo conseguido gracias a la colocación de los disipadores estáticos, todas las instalaciones llevan control y regulación electrónico. La centralita controlará:

- Temperatura del colector de salida de los paneles.
- Temperaturas de entrada y salida en el circuito de intercambio térmico con el secundario solar.
- Puesta en marcha o parada de la bomba del primario solar.
- Temperatura exterior mínima y control del riesgo de congelación del fluido en paneles.

Con estos puntos de control se podrá realizar la maniobra oportuna en cada caso. Podrán darse varios casos:

1. La temperatura exterior es inferior a la temperatura en la zona de intercambio con el circuito secundario: La centralita de control actuará haciendo que cese el intercambio de calor y evitando así el enfriamiento

del agua sanitaria acumulada. No existirá riesgo de congelación, ya que se utilizará agua con anticongelante.

2. La temperatura en captadores supera a la temperatura de consigna: Por encima de 90°C se realiza el accionamiento de los disipadores estáticos de manera automática gracias a la válvula termostática colocada en los mismos.
3. Temperatura del acumulador excesiva: La centralita de control actuará parando la bomba y haciendo que cese el intercambio de calor, evitando así el sobrecalentamiento del agua sanitaria acumulada, al superarse los 90° en captadores el circuito de solar activará de forma automática los disipadores.

6.4.4. Disposición de captadores.

El criterio que se ha tenido en cuenta a la hora de dimensionar la instalación es la demanda que marca el CTE, sin exceder el 60% mínimo en demasía. Una vez seleccionado el número de colectores se han dividido en módulos y filas iguales.

Los colectores se dispondrán en filas según la siguiente distribución:

- **2 filas de 3 módulos de 4 captadores.**

6.4.5. Orientación e inclinación de los captadores, separación entre filas y obstáculos.

La radiación solar que incide en la superficie útil del captador depende de su situación respecto del Sol, por tanto, conviene situar éste de forma que a lo largo del período de captación aproveche al máximo la radiación solar incidente.

Los captadores se orientarán hacia el Sur geográfico, ubicados sobre cubierta plana. En cuanto a la inclinación de los captadores estos se dispondrán con un ángulo de inclinación de 45° .

Se recomienda que la distancia de los captadores con objetos cercanos sea tal que permita garantizar un máximo de 4 horas de sol entorno al mediodía del solsticio de invierno.

Por este motivo se mantendrán las distancias siguiendo las especificaciones siguientes:

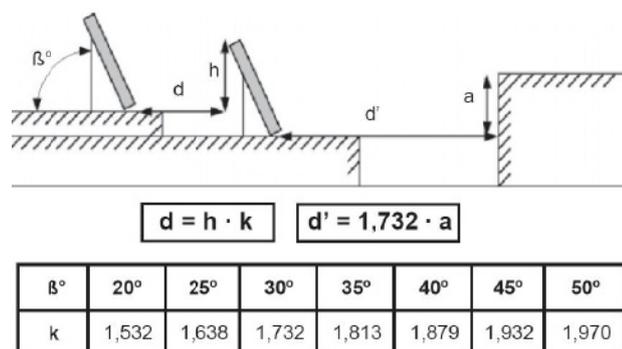


Imagen 6.4.5.1. Esquema de separación entre filas y obstáculos.

6.4.6. Sistema de acumulación solar e intercambio de calor.

Según el Código Técnico de la Edificación la condición de acumulación ha de ser: $50 < V/S_c < 180$.

Teniendo en cuenta por tanto una relación de 50 l/m² de captador el volumen de acumulación deberá ser 1700 litros.

Debido a la inexistencia de acumuladores de 1700 litros, en este caso se colocarán 2 interacumuladores de 1000 litros. Estos interacumuladores serán vitrificados y con protección contra la corrosión.

Existirán dos circuitos; el primario, correspondiente a la parte de solar, y el secundario, correspondiente a la parte del agua caliente sanitaria.

El intercambio de calor entre ambos circuitos se realizará mediante un intercambiador de placas con una superficie útil mínima de 7,2 m² (relación entre superficie útil de intercambio y superficie total de captación, según el CTE $\geq 0,15$).

6.4.7. Diámetro de la tubería del circuito primario de la instalación solar.

El cálculo del diámetro del circuito solar se realiza aplicando el ábaco de pérdida de carga correspondiente para tubos de cobre.

El caudal se calcula en función del caudal del fluido caloportador (según características de los captadores).

Las longitudes de los tramos corresponden a las distancias entre captadores y sala de calderas. Para realizar el cálculo de la pérdida de carga se considerará solo el circuito más desfavorable, ya que están en paralelo.

Tabla 6.4.7.1. Pérdidas en circuito.

Tramo	Caudal (l/h)	DN (mm)	Di (mm)	espesor aislamiento (mm)	v (m/s)	p.d.c. (mm.c.a./m)	L (m)	Ltotal (m)	p.d.c. (mm.c.a.)	Más desfavorable
A-A	2.160,00	28,00	26,00	30	1,13	63,92	40,00	40,00	2.557	X
A-B	1.080,00	22,00	20,00	30	0,96	66,07	100,00	100,00	6.607	X
A-C	1.080,00	22,00	20,00	30	0,96	66,07	100,00	100,00	6.607	
B-D1	360,00	18,00	16,00	30	0,50	27,89	4,00	2,00	56	X
B-D2	360,00	18,00	16,00	30	0,50	27,89	4,00	2,00	56	
B-D3	360,00	18,00	16,00	30	0,50	27,89	4,00	2,00	56	
C-E1	360,00	18,00	16,00	30	0,50	27,89	4,00	2,00	56	
C-E2	360,00	18,00	16,00	30	0,50	27,89	4,00	2,00	56	
C-E3	360,00	18,00	16,00	30	0,50	27,89	4,00	2,00	56	
Pérdidas de carga en el circuito más desfavorable (mm.c.a.)									9.220	

6.4.8. Circulador circuito solar.

Se indican a continuación los datos de caudal y pérdida de carga del circuito, así como las características principales del circulador, calculadas a partir de los siguientes datos:

Pérdidas recorrido de tuberías más desfavorable		9,22	m.c.a.
Pérdidas intercambiador de calor		1,5	m.c.a.
Pérdidas captadores	Pdc/Ud	30	mm.c.a.
	Número	24	ud.
	Total captadores	0,72	m.c.a.
Pérdida de carga total		11,44 m.c.a.	
Caudal de la bomba		2.160 l/h	

La bomba seleccionada en este caso es la Grundfos UPS 40-180, cuya curva de características es la siguiente:

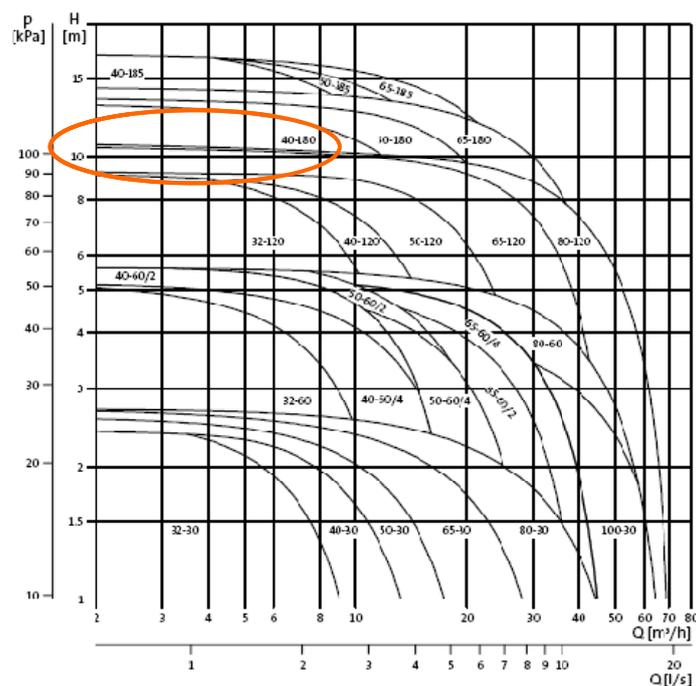


Imagen 6.4.8.1. Gráfico bomba UPS 40-180.

Existirá también una bomba de recirculación entre interacumuladores modelo UPS 25-60 y una bomba para específica para el llenado de la instalación.

6.4.9. Vaso de expansión.

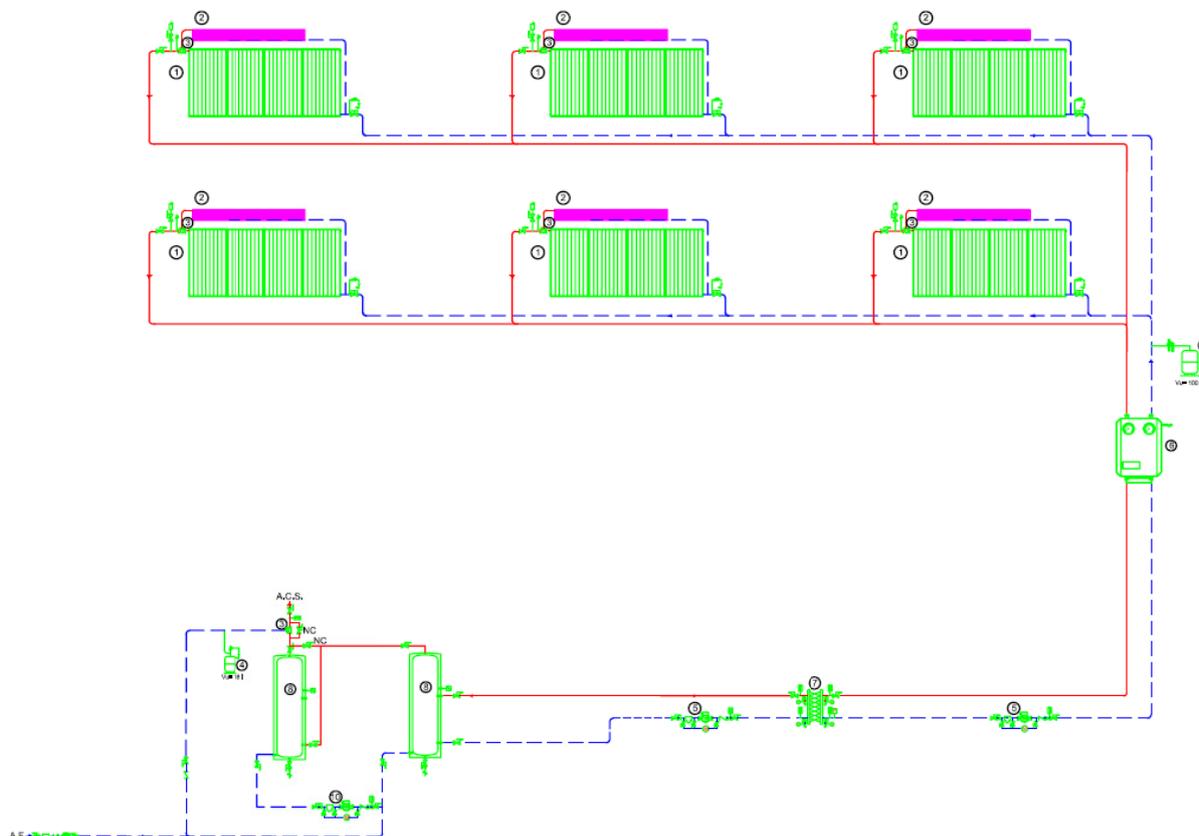
El vaso de expansión del circuito solar se selecciona en base a los datos del volumen de líquido solar contenido en la instalación, la presión de llenado, la presión máxima y las características del líquido solar.

Tabla 6.4.9.1. Datos del vaso de expansión.

DATOS VASO EXPANSIÓN	
Volumen instalación (litros)	120,48
Presión de llenado (kg/cm ²)	1,7
Presión máxima (kg/cm ²)	10
Vaso expansión (litros)	100

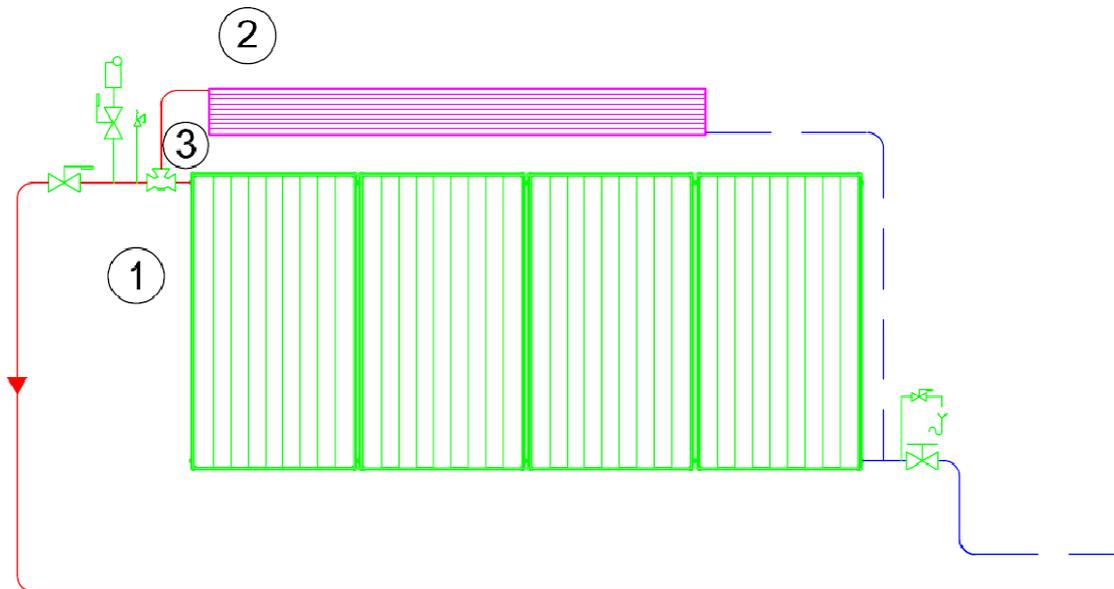
Existirá también un segundo vaso de expansión de 18 litros para los acumuladores del circuito secundario.

6.4.10. Esquema de principio.

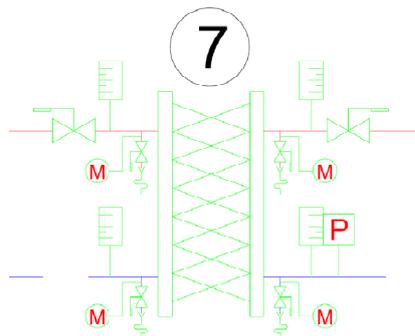


10	Bomba de recirculación UPS 25-60	1
9	Vaso de expansión secundario 18 l	1
8	Interacumulador 1000 litros	2
7	Intercambiador de Placas	1
6	Central de control	1
5	Bomba UPS 40-180	2
4	Vaso de Expansión primario 100 litros	1
3	Válvula mezcladora termostática	6
2	Disipador Estático	6
1	Captador Solar Térmico Parrilla	24
Nº	ELEMENTO	CANTIDAD

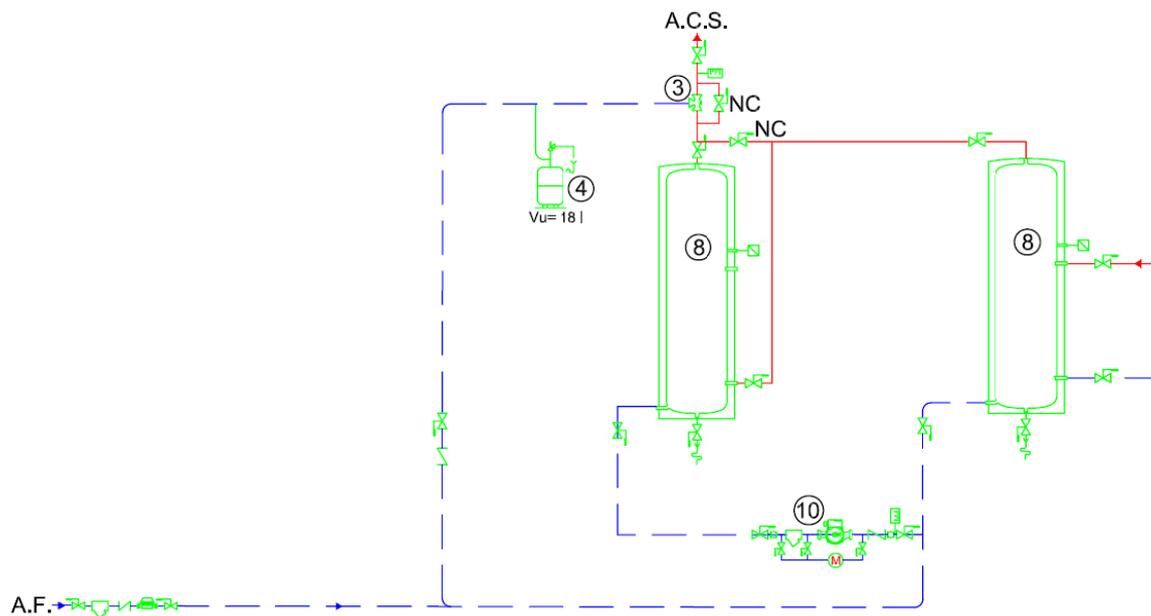
Detalle módulo de captadores:



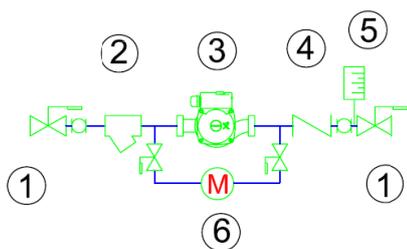
Detalle intercambiador de placas:



Detalle circuito secundario:



Detalle grupo de bombeo circuito:



- ① Llave
- ② Filtro
- ③ Bomba UPS40-180
- ④ Válvula antirretorno
- ⑤ Termómetro
- ⑥ Puente manométrico

7. Mejoras adicionales sobre cerramientos.

En este punto se van a plantear mejoras adicionales tanto en cubierta como en el forjado en contacto con el exterior, así como la fachada de ladrillo caravista. Se estudiarán diferentes espesores de aislante, para comprobar cuál es el espesor óptimo del mismo.

Este apartado se llevará a cabo teniendo en cuenta el CTE, por lo que a continuación se copian las fórmulas extraídas del mismo para la comprensión de los cálculos que se van a ser realizados más adelante.

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (E.1)$$

siendo R_T la resistencia térmica total del componente constructivo [$m^2 K/W$].

$$R_t = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \quad (E.2)$$

Siendo:

R_1, R_2, \dots, R_n las resistencias térmicas de cada capa definidas según la expresión (E.3) [$m^2 K/W$];

R^{si} y R^{se} las resistencias térmicas superficiales correspondientes al aire interior y exterior respectivamente, tomadas de la tabla E.1 de acuerdo a la posición del cerramiento, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio [$m^2 K/W$].

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad (E.3)$$

Siendo:

e el espesor de la capa [m].

En caso de una capa de espesor variable se considerará el espesor medio.

λ la conductividad térmica de diseño del material que compone la capa, calculada a partir de valores térmicos declarados según la norma UNE EN ISO 10 456:2001 o tomada de Documentos Reconocidos, [$W/m K$].

Imagen 7.1. DB HE 1. E.1.1. Cerramientos en contacto con el aire exterior.

Serán necesarios también una serie de datos iniciales, también extraídos del CTE, y que se muestran en las dos tablas siguientes.

Tabla E.1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en $m^2 K/W$

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	R _{se}	R _{si}
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal	0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente	0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente	0,04	0,17

Imagen 7.2. DB HE 1. Tabla E1. Resistencias térmicas superficiales.

Tabla 2.1 Transmitancia térmica máxima de cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica U en W/m²K

Cerramientos y particiones interiores	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Muros de fachada, particiones interiores en contacto con espacios no habitables, primer metro del perímetro de suelos apoyados sobre el terreno ⁽¹⁾ y primer metro de muros en contacto con el terreno	1,22	1,07	0,95	0,86	0,74
Suelos ⁽²⁾	0,69	0,68	0,65	0,64	0,62
Cubiertas ⁽³⁾	0,65	0,59	0,53	0,49	0,46
Vidrios y marcos	5,70	5,70	4,40	3,50	3,10
Medianerías	1,22	1,07	1,00	1,00	1,00

⁽¹⁾ Se incluyen las losas o soleras enterradas a una profundidad no mayor de 0,5 m

⁽²⁾ Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de cámaras sanitarias, se consideran como suelos

⁽³⁾ Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de desvanes no habitables, se consideran como cubiertas

Imagen 7.3. DB HE 1. Tabla 2.1 Transmitancia térmica máxima de cerramientos según CTE.

7.1. Mejoras propuestas.

Partiendo del CTE, se ha llevado a cabo un estudio para el cálculo del óptimo espesor de aislante. En función de los resultados, se planteará la mejora. El criterio seguido ha sido la elección del espesor a partir del resultado obtenido en la transmitancia en función de la variación del precio de cada cerramiento.

Habrá que tener en cuenta que en este punto de selección del espesor óptimo no se van a considerar las mejoras en emisiones y reducción de consumo, sino únicamente en transmitancia. Es por esto que, después de la selección en este apartado, se hará un estudio de la viabilidad final de las mejoras de cerramientos según los cálculos realizados mediante Calener Vyp.

7.1.1. Cubierta

Para el cálculo del espesor óptimo se han tenido dos puntos en cuenta:

- Transmitancia de la cubierta en función del espesor de aislante.
- Precio de la cubierta en función del espesor de aislante.

En ambos casos se tendrá un valor fijo, correspondiente a los elementos que no van a cambiar, como son los áridos ligeros, capa de geotextil, capa de tela asfáltica, lámina de aluminio, hormigón celular y el forjado de hormigón.

Por otro lado estarán los valores del aislante, que variarán en función del espesor.

Estudio de transmitancia:

A continuación se muestra una tabla con los datos iniciales de cubierta, sin tener en cuenta el aislante. Con esto, y según las fórmulas E.1., E.2. y E.3 de la imagen 7.1 y los datos de la tabla E1 de la imagen 7.2., se ha calculado tanto la resistencia como la transmitancia iniciales de la cubierta del proyecto mejorado, así como la transmitancia final en función del espesor del aislante.

Tabla 7.1.1. Tabla A. Datos de la cubierta.

DATOS CUBIERTA				
	Espesor (m)	Conductividad	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
Áridos ligeros	0,05	2	0,025	
Capa de geotextil	0,004	0,23	0,017391304	
Capa de tela asfáltica	0,008	0,23	0,034782609	
Lámina aluminio 3mm	0,003	230	1,30435E-05	
Tela asfáltica polimérica	0,004	0,23	0,017391304	
Tela asfáltica polimérica	0,004	0,23	0,017391304	
Hormigón celular	0,03	0,14	0,214285714	
FR entrevigado de hormigón	0,25	1,91	0,130890052	
		R_{si}	0,1	
		R_{se}	0,04	
		TOTAL	0,597145332	1,6746

En la siguiente tabla pueden verse los resultados finales. En gris claro se muestran los que no cumplen el CTE.

Tabla 7.1.2. Tabla B. Resultados según aislamiento en cubierta.

AISLAMIENTO CUBIERTA PoliestirenoExpandido				
Espesor (cm)	Conductividad	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)	
2	0,038	0,526315789	0,890106459	
4	0,038	1,052631579	0,60614256	
6	0,038	1,578947368	0,459539247	
8	0,038	2,105263158	0,370040282	
10	0,038	2,631578947	0,30971985	
12	0,038	3,157894737	0,266308743	
14	0,038	3,684210526	0,233570867	
16	0,038	4,210526316	0,208000894	
18	0,038	4,736842105	0,187477007	
20	0,038	5,263157895	0,170639634	

Estudio económico:

El estudio económico se ha realizado teniendo en cuenta el precio no variable, mostrado en negrita en la tabla de evolución del coste, más la variación en función del espesor de aislante. Los resultados han sido los siguientes:

Tabla 7.1.3. Evolución del coste según aislamiento en cubierta.

AISLAMIENTO CUBIERTA PoliestirenoExpandido		
Espesor (cm)	€/2 cm ²	€
		40.666,75
2	1574,5	42.241,25
4	3149	43.815,75
6	4723,5	45.390,25
8	6298	46.964,75
10	7872,5	48.539,25
12	9447	50.113,75
14	11021,5	51.688,25
16	12596	53.262,75
18	14170,5	54.837,25
20	15745	56.411,75

En la gráfica que se muestra a continuación, puede apreciarse que al principio la mejora de la transmitancia en función del espesor aumenta considerablemente, pero no es proporcional conforme se va aumentando el aislamiento. El coste sin embargo aumenta de forma lineal partir del precio base.

Para seleccionar el espesor óptimo se seleccionará el punto de corte entre ambas gráficas.

Aislamiento CUBIERTA

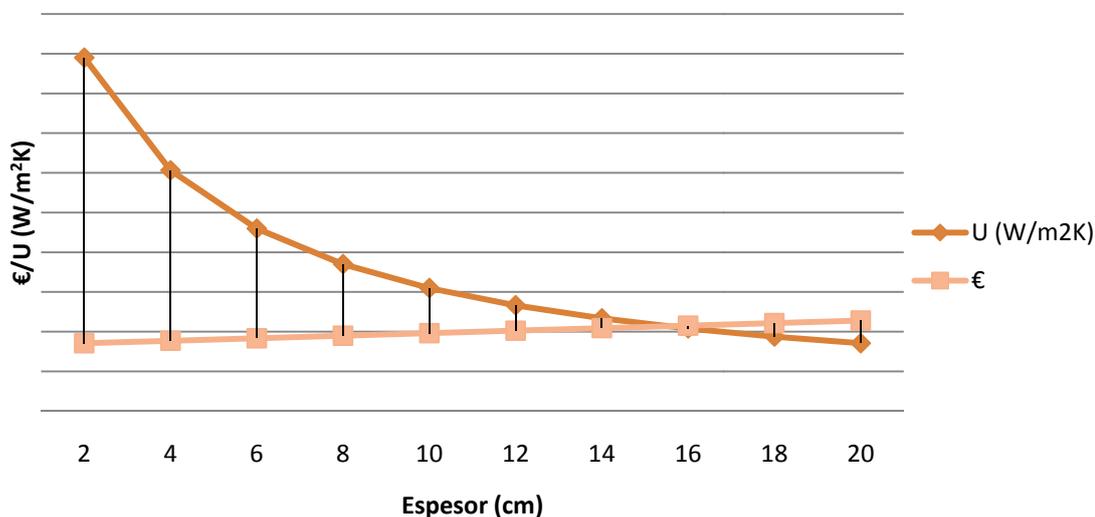


Imagen 7.1.1. Gráfica. Resultados según aislamiento en cubierta.

En este caso se escogerán 16 cm de aislamiento.

7.1.2. Fachada.

En este caso el procedimiento de cálculo ha sido el mismo que en cubierta.

Estudio de transmitancia:

Se ha decidido proponer la mejora únicamente en la fachada de ladrillo caravista, ya que las fachadas con jardinera cuentan con un buen aislamiento, debido al gran espesor relleno con tierra y plantas.

Se plantea la idea de utilizar un aislamiento externo, como por ejemplo el denominado *COTETERM*. El Sistema *COTETERM* es un método muy utilizado en rehabilitaciones consistente en aislar la fachada por el exterior, minimizando así las pérdidas de energía de la vivienda. Dicho producto mejora los puentes térmicos de la fachada (este punto se tratará en el apartado 8). El esquema de colocación puede verse en la siguiente imagen.

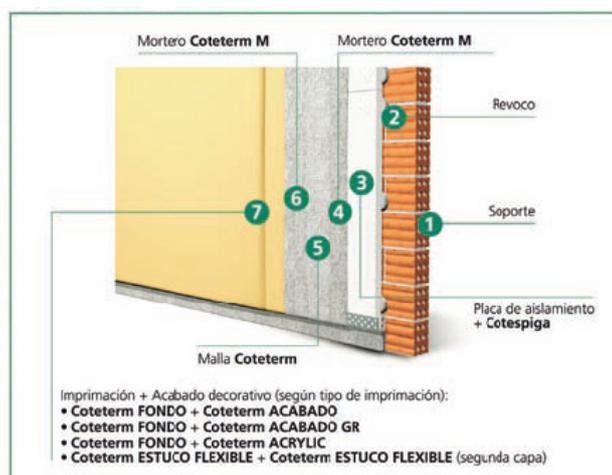


Imagen 7.1.2. Esquema de colocación del COTETERM.

Las capas de este método de aislamiento exterior han sido simplificadas en *LIDER*, quedando como cerramiento final el siguiente:

Nombre	U (W/m ² K)	Material
Fachada Caravista	0,33	Acrílicos Mortero de cemento o cal para albañilería y para EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]] Mortero de cemento o cal para albañilería y para 1/2 pie LP métrico c catalán 80 mm< G < 100 mm
Fachada Caravista	0,33	Mortero de cemento o cal para albañilería y para Cámara de aire sin ventilar 4cm Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60 Yeso, dureza media 600 < d < 900

A continuación se muestra una tabla con los datos iniciales de la fachada a estudio, seguida de una tabla con los datos del *COTETERM*, sin tener en cuenta el aislante.

Para los cálculos han sido utilizadas las fórmulas E.1., E.2. y E.3 de la imagen 7.1 y los datos de la tabla E1 de la imagen 7.2. Se ha calculado tanto la resistencia como la transmitancia iniciales de la fachada del proyecto, así como la transmitancia final en función del espesor del aislante.

Tabla 7.1.3. Tabla C. Datos iniciales de la fachada.

DATOS FACHADA				
	Espesor (m)	Conductividad	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
Ladrillo caravista 12cm	0,12	0,512	0,234375	
Mortero	0,01	0,55	0,018181818	
Cámara de aire sin ventilar 4cm			0,18	
LH sencillo 4cm	0,04	0,445	0,08988764	
Yeso	0,01	0,3	0,033333333	
		R_{si}	0,13	
		R_{se}	0,04	
		TOTAL	0,72578	1,3778

Tabla 7.1.4. Tabla D. Datos del *COTETERM*.

DATOS COTETERM				
	Espesor (m)	Conductividad	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
Acrílicos	0,02	0,2	0,1	
Mortero	0,01	0,55	0,01818	
Mortero	0,01	0,55	0,01818	
		TOTAL	0,13636	7,3333

En la siguiente tabla pueden verse los resultados finales, siguiendo el mismo criterio que en la tabla de cubierta.

Tabla 7.1.5. Tabla E. Resultados según aislamiento en fachada.

AISLAMIENTO FACHADA Coteterm				
Espesor EPS (cm)	Conductividad EPS	R _{eps}	R _{coteterm}	U _{coteterm}
2	0,038	0,526315789	0,136363636	0,72022385
4	0,038	1,052631579	0,136363636	0,52225512
6	0,038	1,578947368	0,136363636	0,40965327
8	0,038	2,105263158	0,136363636	0,33699483
10	0,038	2,631578947	0,136363636	0,28622783
12	0,038	3,157894737	0,136363636	0,24875398
14	0,038	3,684210526	0,136363636	0,21995657
16	0,038	4,210526316	0,136363636	0,19713493
18	0,038	4,736842105	0,136363636	0,17860385
20	0,038	5,263157895	0,136363636	0,16325733

Estudio económico:

El estudio económico se ha realizado teniendo en cuenta el precio no variable, mostrado en negrita en la tabla de evolución del coste, más la variación en función del espesor de aislante. Los resultados han sido los siguientes:

Tabla 7.1.3. Evolución del coste según aislamiento en fachada.

AISLAMIENTO FACHADA Coteterm		
Espesor (cm)	€/2 cm ²	€
		50.702,46
2	3.008,97	53.711,43
4	6.017,94	56.720,40
6	9.026,91	59.729,37
8	12.035,88	62.738,34
10	15.044,85	65.747,31
12	18.053,82	68.756,28
14	21.062,79	71.765,25
16	24.071,76	74.774,22
18	27.080,73	77.783,19
20	30.089,70	80.792,16

En este caso, serán 14 cm de aislamiento los que proporcionen la mejora más adecuada.

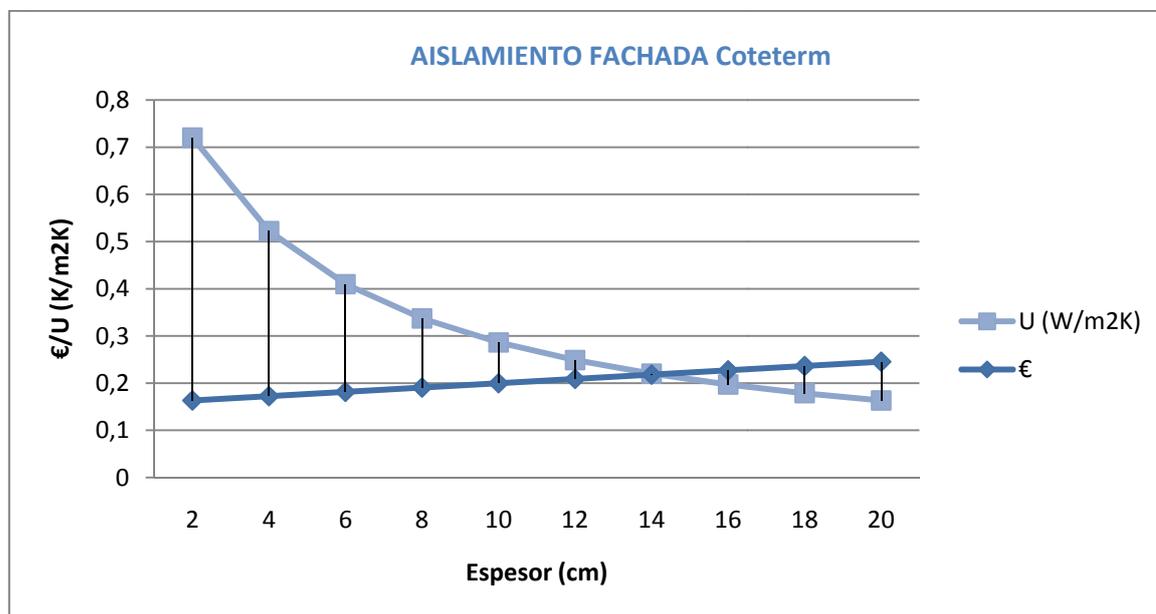


Imagen 7.1.3. Gráfica. Resultados según aislamiento en fachada.

Esta mejora aumenta considerablemente el coste inicial, debido al alquiler de grúa para la realización de los trabajos en fachada. Por lo que esta mejora es prácticamente inviable económicamente si no se dispone de una subvención para ello.

Si finalmente se decide realizar esta mejora, habrá que tener en cuenta que será de obligado cumplimiento el Código Técnico de la Edificación, puesto que será llevada a cabo una rehabilitación de un edificio existente con una superficie útil superior a 1000 m² donde se renovará más del 25% del total de sus cerramientos (ver imagen 3.1.). Por lo tanto, si se lleva a cabo la rehabilitación de las fachadas, se deberá tener en cuenta los resultados obtenidos en *LIDER*, donde se dirá si se cumple el CTE.

7.1.3. Forjado exterior.

En este caso se planteaba como mejora inicial proyectar 4cm de poliuretano. Por ello, se va a seguir con esta idea, y simplemente se va a proponer que espesor de aislante sería el óptimo siguiendo el mismo criterio de cálculo que en los casos anteriores.

Estudio de transmitancia:

A continuación se muestra una tabla con los datos iniciales del forjado, sin tener en cuenta el aislante. Con esto, y según las fórmulas E.1., E.2. y E.3 de la imagen 7.1 y los datos de la tabla E1 de la imagen 7.2., se ha calculado tanto la resistencia como la transmitancia iniciales, así como la transmitancia final en función del espesor del aislante.

Tabla 7.1.6. Tabla F. Datos iniciales del forjado exterior.

DATOS FORJADO EXTERIOR				
	Espesor (m)	Conductividad	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
Baldosa cerámica	0,03	1	0,03	
Mortero	0,07	0,55	0,127272727	
FR entrevigado de hormigón	0,25	1,901	0,131509732	
Cámara aire ligeramente ventilada			0,09	
Cámara aire ligeramente ventilada			0,09	
Aluminio	0,005	230	2,17391E-05	
		R _{si}	0,17	
		R _{se}	0,04	
		TOTAL	0,6788	1,47317

En la siguiente tabla pueden verse los resultados finales, siguiendo el mismo criterio que en la tabla de cubierta.

Tabla 7.1.7. Tabla G. Resultados según aislamiento en forjado exterior.

AISLAMIENTO FORJADO EXTERIOR Poliuretano proyectado			
Espesor (cm)	Landa	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
2	0,04	0,5	0,848317305
4	0,04	1	0,59566208
6	0,04	1,5	0,458967355
8	0,04	2	0,373300893
10	0,04	2,5	0,314583704
12	0,04	3	0,27182746
14	0,04	3,5	0,239302909
16	0,04	4	0,213729824
18	0,04	4,5	0,193094769
20	0,04	5	0,176093411

Estudio económico:

El estudio económico ha obtenido como resultados los siguientes precios:

Tabla 7.1.3. Evolución del coste según aislamiento en fachada.

AISLAMIENTO FORJADO EXTERIOR		
Espesor (cm)	€/2 cm ²	€
		4.139,32
2	940,63	5.079,95
4	1.881,26	6.020,58
6	2.821,89	6.961,21
8	3.762,52	7.901,84
10	4.703,15	8.842,47
12	5.643,78	9.783,10
14	6.584,41	10.723,73
16	7.525,04	11.664,36
18	8.465,67	12.604,99
20	9.406,30	13.545,62

Aislamiento FORJADO EXTERIOR

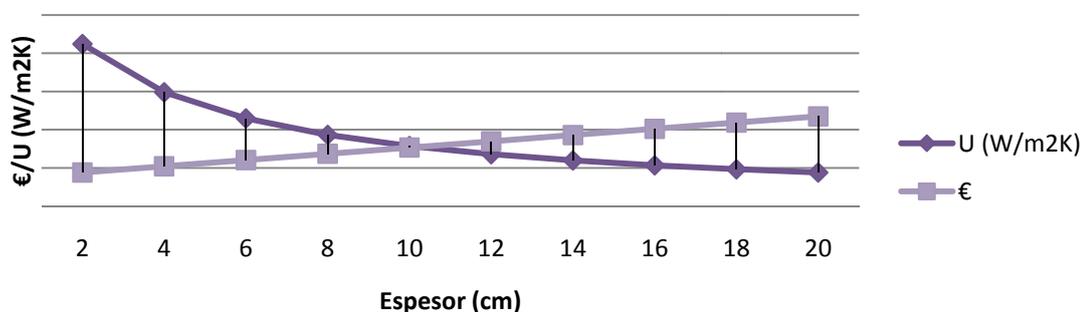


Imagen 7.1.4. Gráfica. Resultados según aislamiento en forjado exterior.

En este caso, la elección ha sido 10 cm de aislamiento.

7.2. Resultados.

Los resultados obtenidos con estas mejoras se han introducido dentro de la tabla de resultados:

Tabla 7.2.1. Resultados de la Certificación Energética.

Mejoras	Edificio Objeto (kg CO ₂ /año)					Edificio de Referencia	
	Calefacción	Refrigeración	ACS	TOTAL	Calificación	kgCO ₂ /año	Calificación
Inicial	21,8	4,2	3,3	29,3	E	20,1	D
Mejora 1	20	4,3	3,3	27,6	E	20,1	D
Mejora 2	16,1	4	3,3	23,4	D	20,1	D
Mejora 3	16,1	4	0,4	20,5	D	20,1	D
Mejora 5	15,9	4	0,4	20,3	D	20,1	D
Mejora 6	15,2	4,1	0,4	19,7	D	19,1	D
Mejora 4	13,7	4,1	0,4	18,2	D	20,1	D
62,2% Solar Térmica	13,7	4,1	1,4	19,2	D	20,1	D
Mejoras Adicionales	6,9	4,4	1,4	12,7	C	20,1	D

El archivo correspondiente a la simulación es el denominado "9_ProyectoMejorasAdicionales", y el archivo a adjuntar como parte del proyecto es el "9_ProyectoMejorasAdicionales.pdf". La certificación puede verse en el Anexo IX.

7.3. Conclusiones.

Gracias a estas mejoras se ha conseguido alcanzar la etiqueta C. El problema derivado de estas mejoras es que, como había sido comentado ya en el apartado 3. *Metodología*, el hecho de realizar rehabilitación en una superficie superior al 25% hace que sea de obligado cumplimiento el Código Técnico.

Por este motivo ha pasado a realizarse la certificación con *LIDER*, para ver que elementos deberían ser cambiados para el total cumplimiento del DB HE. Los resultados han sido los siguientes:

"REQUERIMIENTOS MÍNIMOS"

- "P02_E26_PI001": U = 1.69W/m2K Ulimite = 0.49W/m2K
- "P02_E26_PI002": U = 1.41W/m2K Ulimite = 0.49W/m2K
- "P02_E27_PI001": U = 1.69W/m2K Ulimite = 0.49W/m2K
- "P02_E27_PI002": U = 1.82W/m2K Ulimite = 0.49W/m2K
- "P02_E27_PI003": U = 1.31W/m2K Ulimite = 0.49W/m2K
- "P02_E27_PI004": U = 1.30W/m2K Ulimite = 0.49W/m2K

- "P02_E29_PI001": $U = 1.31\text{W/m}^2\text{K}$ $U_{\text{limite}} = 0.49\text{W/m}^2\text{K}$
- "P02_E30_PI001": $U = 1.33\text{W/m}^2\text{K}$ $U_{\text{limite}} = 0.49\text{W/m}^2\text{K}$
- "P02_E33_PI001": $U = 1.52\text{W/m}^2\text{K}$ $U_{\text{limite}} = 0.49\text{W/m}^2\text{K}$

"CONDENSACIONES SUPERFICIALES"

- "P02_E33_PE001": $f_{\text{Rsi}} = 0.24$ $f_{\text{Rsi_minimo}} = 0.61$

Las condensaciones superficiales se solventarán con el cambio de valores según la mejora de los puentes térmicos, pues f_{Rsi} es un dato que será modificado. No obstante, las particiones interiores deberán sufrir alguna modificación para verificar los requerimientos mínimos, pues sino no será cumplido el CTE.

El principal problema que acarrea este apartado es el coste de la realización de estas mejoras, y que la inversión económica que se ha de realizar es muy elevada. Este apartado se estudiará a fondo, incluyendo posibles subvenciones, para concluir con certeza si es factible la consecución de estas mejoras, pues supone un gran desembolso de dinero la rehabilitación de tantos m^2 de cerramiento.

8. Mejora sobre puentes térmicos.

En este apartado van a estudiarse los puentes térmicos del edificio. Para ello, se realizarán termografías y se analizará el estado inicial, así como los datos utilizados por defecto para la simulación de edificio inicial.

Después, se calcularán los nuevos puentes térmicos, renovados gracias a las mejoras introducidas en los apartados anteriores. Estos cálculos se realizarán con el programa informático *THERM*, el cual calcula los datos del puente térmico a estudio en función del cerramiento que se cree.

8.1. Estado inicial.

Tal y como se comentaba en el apartado "4.1. Datos sobre el edificio", los puentes térmicos considerados para la simulación inicial de las viviendas han sido los que la aplicación *LIDER* proporciona por defecto para la zona climática en la que se encuentra localizado el edificio.

Por lo tanto, han sido utilizados para el estudio los datos mostrados a continuación:

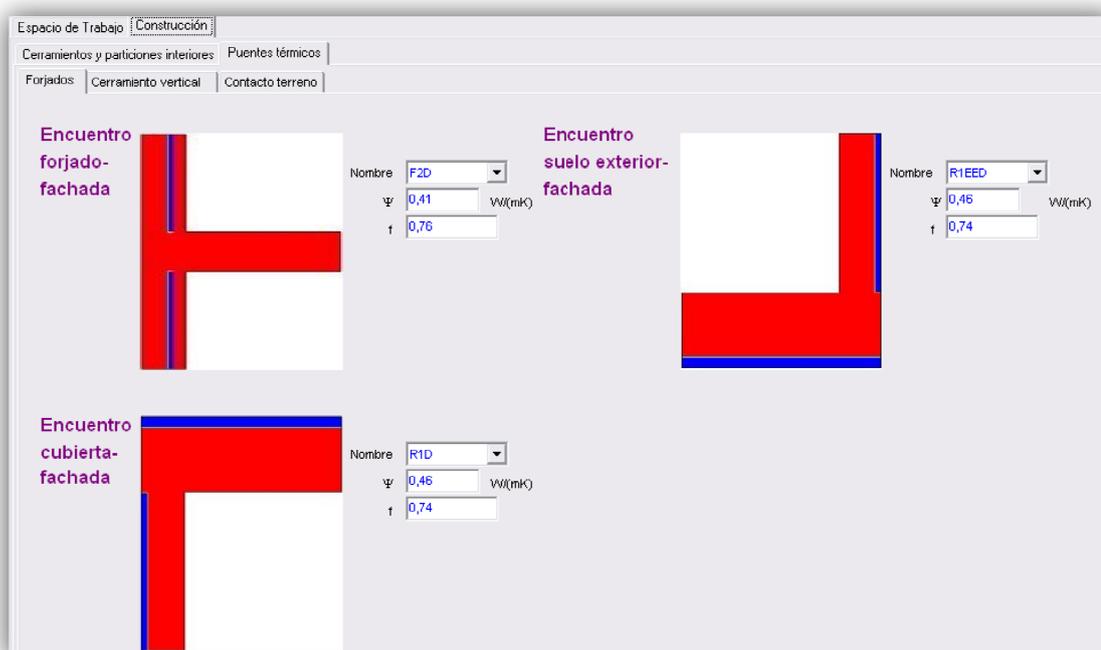


Imagen 8.1.1. Puentes térmicos en forjados.

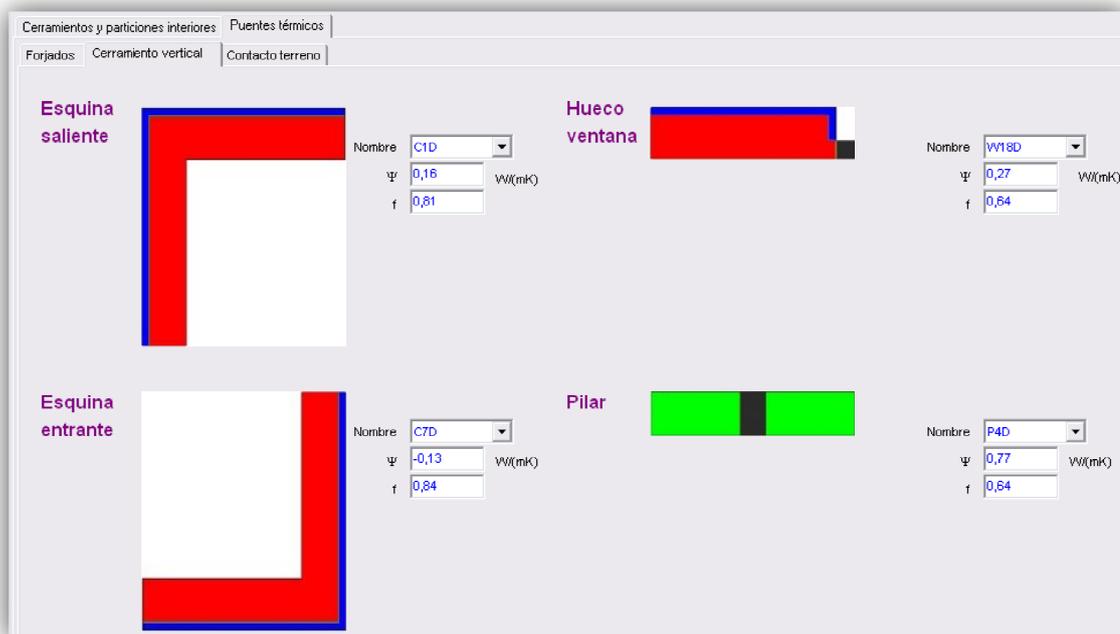


Imagen 8.1.2. Puentes térmicos en cerramientos verticales.



Imagen 8.1.3. Puentes térmicos en contacto con el terreno.

Se han realizado y analizado algunas termografías del edificio para comprobar si es real la pérdida de calor por los puentes térmicos. Todas las termografías tomadas tienen como parámetros de imagen los correspondientes al momento de la toma de datos: una temperatura ambiente de 5°C, una humedad relativa del 45% y una emisividad de 0,9. Las distancias al elemento fotografiado han sido definidas en el momento de la toma de imágenes, según la estimación de la cámara.

Las termografías se han realizado en función de los diferentes puentes térmicos que pueden encontrarse. Pueden verse a continuación las imágenes reales junto a sus termografías y las correspondientes gráficas de temperatura.

Encuentro suelo exterior-fachada: Las siguientes imágenes corresponden a dos termografías donde se aprecia claramente la pérdida de calor en el encuentro del forjado exterior con la fachada.

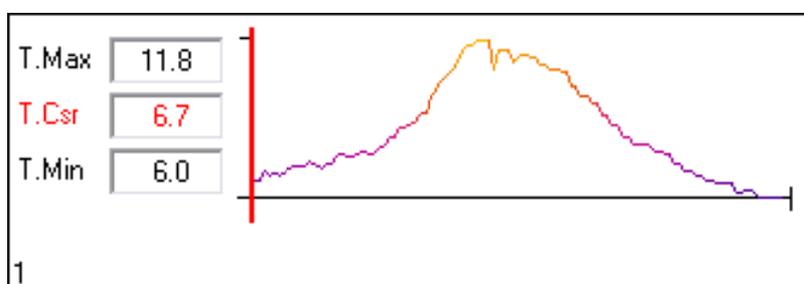
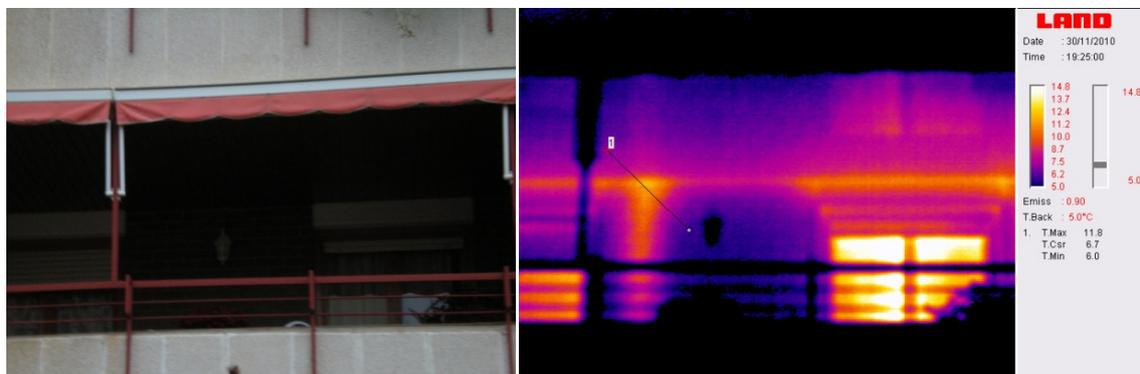
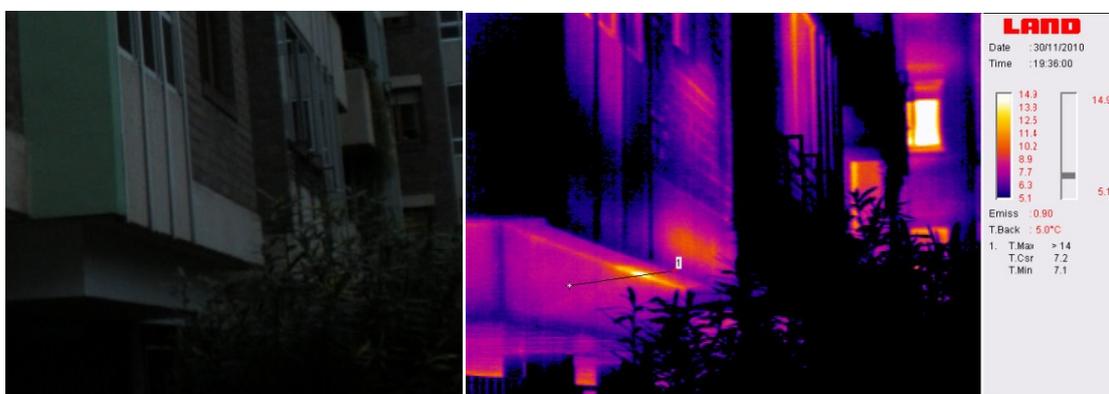


Imagen 8.1.4. Termofotografía de puentes térmicos encuentro suelo exterior-fachada.*

*En esta imagen no he de tenerse en cuenta el reflejo del calor perdido por la ventana en el forjado exterior, ya que podría llevar a engaños.

En esta primera imagen se puede apreciar la pérdida de calor que se genera en toda la línea de unión entre la fachada con el forjado exterior. En el punto de unión de la fachada con el forjado exterior y la tabiquería interior es en el que mayor pérdida de calor se produce, llegando a una temperatura de casi 12°C frente a los 6°C que se observa en el resto de fachada.

Se puede apreciar que la pérdida es casi similar a la que se obtiene en la ventana, de vidrio simple, donde se ve la temperatura máxima de la imagen (14,8°C).



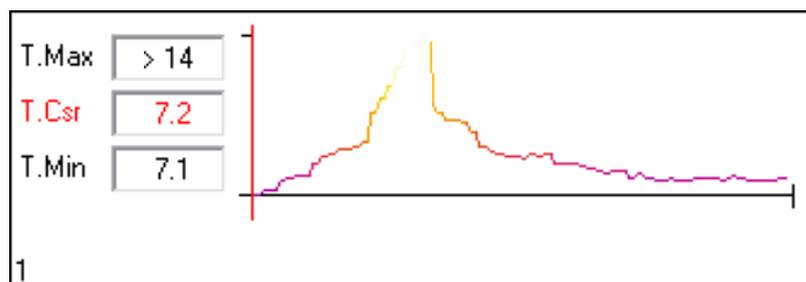


Imagen 8.1.5. Termofotografía de puentes térmicos encuentro suelo exterior-fachada.

En esta segunda imagen relativa a la unión del forjado exterior con la fachada es mucho más evidente la pérdida de calor, pues existe un punto que alcanza una temperatura superior a los 14°C.

Encuentro forjado-fachada: Las siguientes imágenes corresponden la pérdida de calor en el encuentro del forjado con la fachada, así como el encuentro de la tabiquería interior con la fachada.

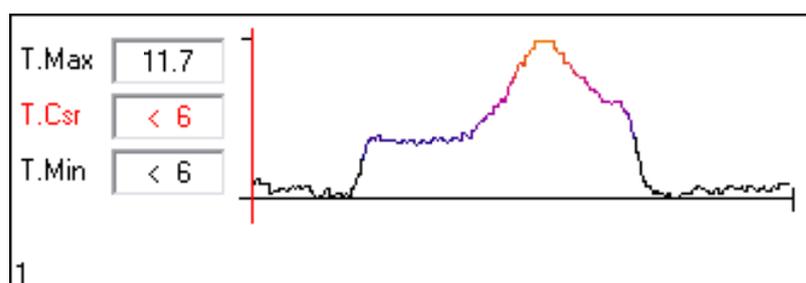


Imagen 8.1.6. Termofotografía de puentes térmicos de forjado-fachada.

Esquina y encuentro forjado-fachada: En la imagen 8.1.7. se ha analizado tanto el encuentro de forjado y fachada (gráfica 1) como la esquina (gráfica 2).

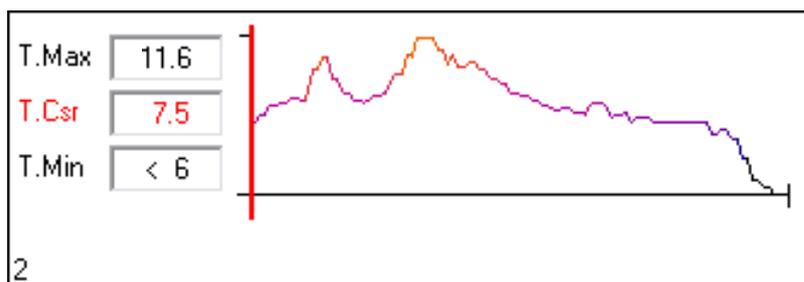
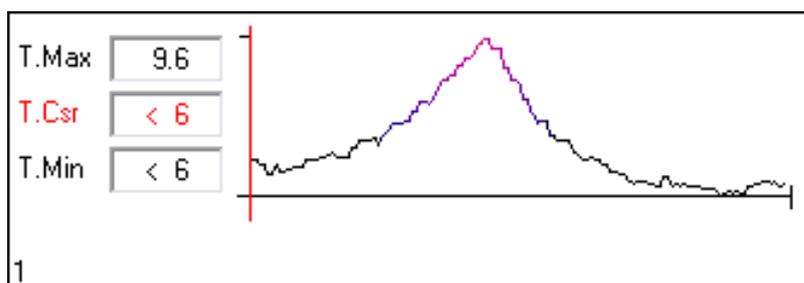
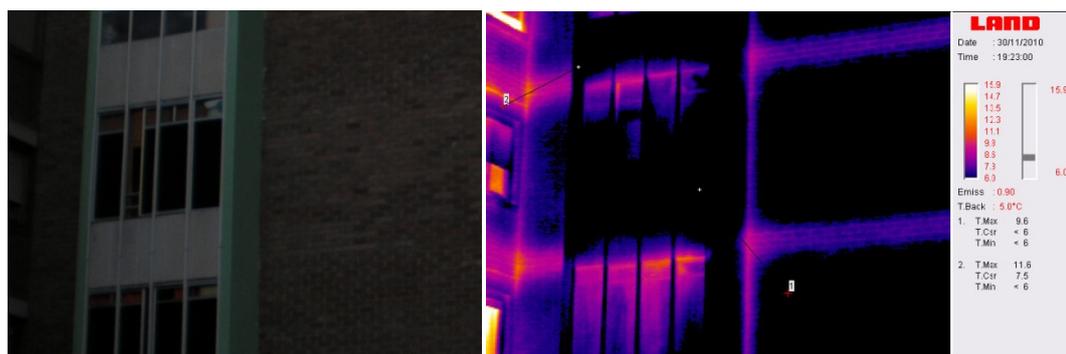


Imagen 8.1.7. Termofotografía de puentes térmicos esquina y encuentro forjado-fachada.

Puede apreciarse que por la esquina existe una gran pérdida de calor, mayor aún que la analizada en el encuentro de la fachada con el forjado. Por ello, las mejoras enfocadas a estos puntos serán muy positivas a la hora de avanzar en la certificación energética del edificio.

Una vez confirmada la pérdida de calor que se produce por los encuentros de cerramientos, se va a proceder al cálculo de los nuevos valores correspondientes a los puentes térmicos después de realizar las mejoras propuestas a lo largo del proyecto.

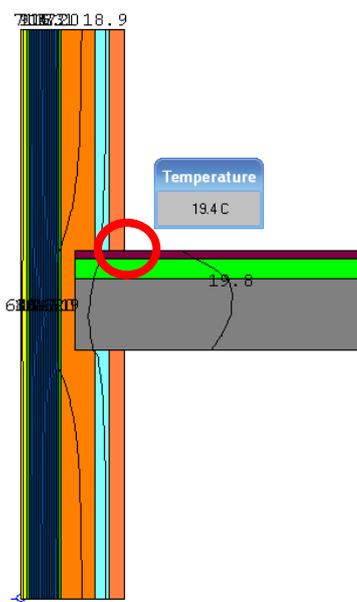
8.2. Cálculo de mejoras.

Los puentes térmicos mejorados serán únicamente los correspondientes a forjados y a cerramientos verticales, ya que en contacto con el terreno, así como en el hueco de ventana, no va a ser realizado ningún cambio.

Siguiendo los pasos detallados en el apartado 3 .*Metodología* se pasará a hacer los cálculos correspondientes en función de los resultados obtenidos.

Forjados:

Forjado-fachada: Los resultados obtenidos se muestran en las siguientes imágenes. Con los datos y las fórmulas citadas se han realizado los cálculos correspondientes.



La temperatura de la imagen corresponde a la temperatura en la esquina interior (T_{si}).

$$F_{rsi} = (T_{ext} - T_{si}) / (T_{ext} - T_{int}) > 0,61$$

Tabla 8.2.1. Tabla cálculo F_{rsi} .

T_{ext} (°C)	T_{int} (°C)	T_{si} (°C)	F_{rsi} (>0,61)
6,2	20	19,4	0,9565

Imagen 8.2.1. Puente térmico forjado-fachada.

Para el cálculo de la transmisión térmica lineal (Ψ) se utilizarán los valores obtenidos como resultado en *THERM* y los valores del cerramiento de fachada.

	U-factor W/m2-K	delta T C	Length mm	Rotation	
INT	0.1657	13.8	3308.11	N/A	Total Length
EXT	0.2741	13.8	2000	N/A	Total Length

Imagen 8.2.2. Resultados del cálculo del encuentro forjado-fachada.

$\Psi = L_{2D} - U_{fachada} * L_{int}$, donde L_{int} es la longitud de fachada interior.

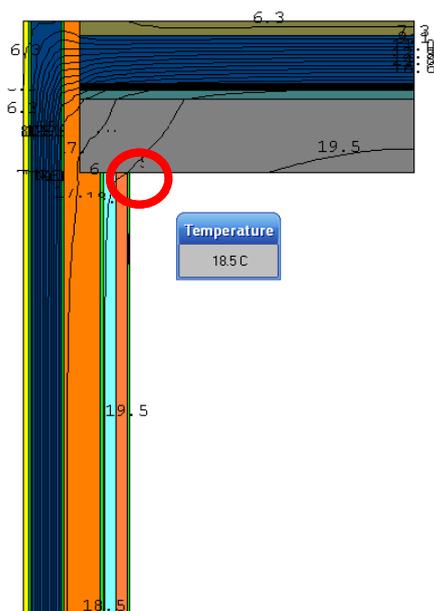
$L_{2D} = Ufactor * L$, siendo L la longitud total en metros.

$L_{2D} = 0,1657 * 3,30811 = 0,2741 * 2 = 0,548$.

Tabla 8.2.2. Tabla cálculo de Ψ .

Resultados THERM		Fachada		Ψ (W/mK)
U factor (W/m ² K)	L (m)	L _{int} (m)	U (W/m ² K)	
0,1657	3,30811	1,65000	0,28622783	0,07587791

Fachada-Cubierta: Los resultados obtenidos se muestran en las siguientes imágenes.



La temperatura de la imagen corresponde a la temperatura en la esquina interior (T_{si}).

$$F_{rsi} = (T_{ext} - T_{si}) / (T_{ext} - T_{int}) > 0,61$$

Tabla 8.2.3. Tabla cálculo F_{rsi} .

T_{ext} (°C)	T_{int} (°C)	T_{si} (°C)	F_{rsi} (>0,61)
6,2	20	18,5	0,89130435

Imagen 8.2.3. Puente térmico fachada-cubierta.

Para el cálculo de la transmisión térmica lineal (Ψ) se utilizarán los valores obtenidos como resultado en *THERM* y los valores de los cerramientos de cubierta y fachada.

	U-factor W/m ² K	delta T C	Length mm	Rotation	
INT	0.3193	13.8	2440.38	N/A	Total Length
EXT	0.2354	13.8	3310.03	N/A	Total Length

Imagen 8.2.4. Resultados del cálculo del encuentro fachada-cubierta.

$$\Psi = L_{2D} - \sum U * L_{int}$$

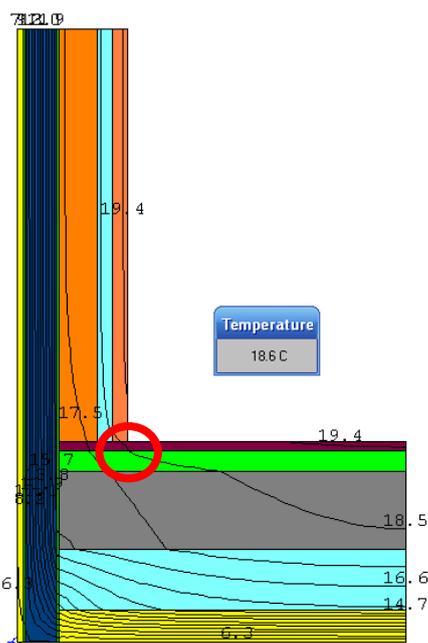
$L_{2D} = U_{factor} * L$, siendo L la longitud total en metros.

$$L_{2D} = 0,3193 * 2,44038 = 0,2354 * 3,31003 = 0,7792.$$

Tabla 8.2.4. Tabla cálculo de Ψ .

Resultados THERM		Cubierta		Fachada		Ψ (W/mK)
U factor (W/m ² K)	L (m)	L _{int} (m)	U (W/m ² K)	L _{int} (m)	U (W/m ² K)	
0,3193	2,44038	0,95348	0,208	1,4369	0,28622783	0,15364373

Suelo Exterior-Fachada: Los resultados obtenidos se muestran en las siguientes imágenes.



La temperatura de la imagen corresponde a la temperatura en la esquina interior (T_{si}).

$$F_{rsi} = (T_{ext} - T_{si}) / (T_{ext} - T_{int}) > 0,61$$

Tabla 8.2.5. Tabla cálculo F_{rsi} .

T_{ext} (°C)	T_{int} (°C)	T_{si} (°C)	F_{rsi} (>0,61)
6,2	20	18,6	0,89855

Imagen 8.2.5. Puente térmico suelo exterior-fachada.

Para el cálculo de la transmisión térmica lineal (Ψ) se utilizarán los valores obtenidos como resultado en *THERM* y los valores de los cerramientos forjado exterior y fachada.

	U-factor W/m ² K	delta T C	Length mm	Rotation	
INT	0.3301	13.8	2245	N/A	Total Length
EXT	0.2273	13.8	3260	N/A	Total Length

Imagen 8.2.6. Resultados del cálculo del encuentro forjado exterior-fachada.

$$\Psi = L_{2D} - \sum U * L_{int}$$

$L_{2D} = U_{factor} * L$, siendo L la longitud total en metros.

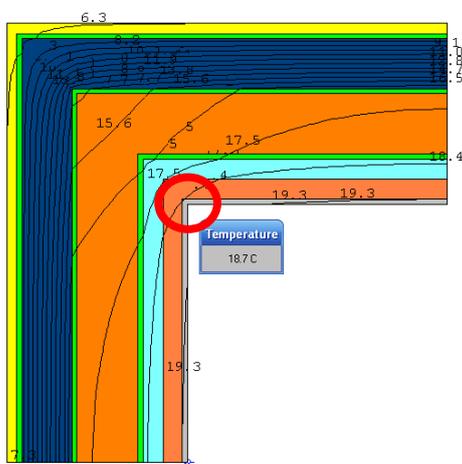
$$L_{2D} = 0,3301 * 2,245 = 0,2273 * 3,260 = 0,741.$$

Tabla 8.2.6. Tabla cálculo de Ψ .

Resultados THERM		Forjado Exterior		Fachada		Ψ (W/mK)
U factor (W/m ² K)	L (m)	L _{int} (m)	U (W/m ² K)	L _{int} (m)	U (W/m ² K)	
0,3301	2,245	0,9000	0,31458	1,34500	0,28622783	0,07297274

Cerramientos Verticales:

Esquina Saliente: Los resultados obtenidos se muestran en las siguientes imágenes.



La temperatura de la imagen corresponde a la temperatura en la esquina interior (T_{si}).

$$F_{rsi} = (T_{ext} - T_{si}) / (T_{ext} - T_{int}) > 0,61$$

Tabla 8.2.7. Tabla cálculo F_{rsi} .

T_{ext} (°C)	T_{int} (°C)	T_{si} (°C)	F_{rsi} (>0,61)
6,2	20	18,7	0,9057971

Imagen 8.2.7. Puente térmico esquina de fachada.

Para el cálculo de la transmisión térmica lineal (Ψ) se utilizarán los valores obtenidos como resultado en *THERM* y los valores de la fachada.

	U-factor W/m ² -K	delta T C	Length mm	Rotation	
EXT	0.2152	13.8	1750	N/A	Total Length
INT	0.3657	13.8	1030	N/A	Total Length

Imagen 8.2.8. Resultados del cálculo de la esquina.

$\Psi = L_{2D} - U_{fachada} * L_{int}$, siendo L_{int} en este caso la longitud interior total.

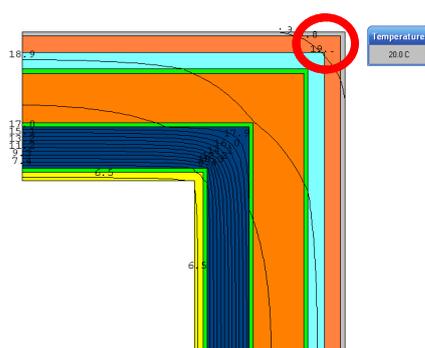
$L_{2D} = Ufactor * L$, siendo L la longitud total en metros.

$$L_{2D} = 0,2152 * 1,75 = 0,3657 * 1,03 = 0,3766.$$

Tabla 8.2.8. Tabla cálculo de Ψ .

Resultados THERM		Fachada		Ψ (W/mK)
U factor (W/m ² K)	L (m)	L _{int} (m)	U (W/m ² K)	
0,3657	1,03000	1,03000	0,28622783	0,08185634

Esquina Entrante: Los resultados obtenidos se muestran en las siguientes imágenes.



La temperatura de la imagen corresponde a la temperatura en la esquina interior (T_{si}).

$$F_{rsi} = (T_{ext} - T_{si}) / (T_{ext} - T_{int}) > 0,61$$

Tabla 8.2.9. Tabla cálculo F_{rsi} .

T_{ext} (°C)	T_{int} (°C)	T_{si} (°C)	F_{rsi} (>0,61)
6,2	20	20	1

Imagen 8.2.9. Puente térmico esquina entrante de fachada.

Para el cálculo de la transmisión térmica lineal (Ψ) se utilizarán los valores obtenidos como resultado en *THERM* y los valores de la fachada.

	U-factor W/m ² K	delta T C	Length mm	Rotation	
INT	0.1681	13.8	1550	N/A	Total Length
EXT	0.3138	13.8	830.004	N/A	Total Length

Imagen 8.2.10. Resultados del cálculo de la esquina entrante.

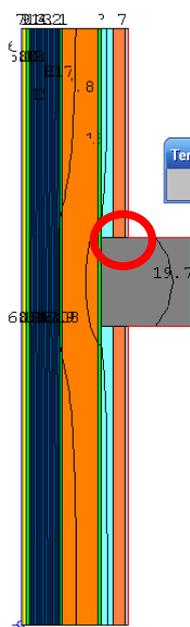
$\Psi = L_{2D} - U_{fachada} * L_{int}$, siendo L_{int} en este caso la longitud interior total.
 $L_{2D} = Ufactor * L$, siendo L la longitud total en metros.
 $L_{2D} = 0,1681 * 1,55 = 0,3138 * 0,83 = 0,2605$.

Tabla 8.2.10. Tabla cálculo de Ψ .

Resultados THERM		Fachada		Ψ (W/mK)
U factor (W/m ² K)	L (m)	L _{int} (m)	U (W/m ² K)	
0,1681	1,55	1,55	0,28622783	-0,1831

Pilar: El pilar se ha supuesto de 30x30, ya que en proyecto no se detallaron las medidas de los mismos.

Los resultados obtenidos se muestran en las siguientes imágenes.



La temperatura de la imagen corresponde a la temperatura en la esquina interior (T_{si}).

$$F_{rsi} = (T_{ext} - T_{si}) / (T_{ext} - T_{int}) > 0,61$$

Tabla 8.2.11. Tabla cálculo F_{rsi} .

T_{ext} (°C)	T_{int} (°C)	T_{si} (°C)	F_{rsi} (>0,61)
6,2	20	19,5	0,96376812

Imagen 8.2.11. Puente térmico del pilar.

Para el cálculo de la transmisión térmica lineal (Ψ) se utilizarán los valores obtenidos como resultado en *THERM* y los valores de la fachada.

	U-factor W/m ² K	delta T C	Length mm	Rotation	
INT	0.2259	13.8	2420	N/A	Total Length
EXT	0.2733	13.8	2000	N/A	Total Length

Imagen 8.2.12. Resultados del cálculo del pilar.

$\Psi = L_{2D} - U_{fachada} * L_{int}$, siendo L_{int} la longitud interior de la fachada más el pilar.
 $L_{2D} = Ufactor * L$, siendo L la longitud total en metros.
 $L_{2D} = 0,2259 * 2,42 = 0,2733 * 2 = 0,5466$.

Tabla 8.2.12. Tabla cálculo de Ψ .

Resultados THERM		Fachada		Ψ (W/mK)
U factor (W/m ² K)	L (m)	L (m)	U (W/m ² K)	
0,2259	2,42000	2	0,28622783	-0,02578

8.3. Resultados.

Los resultados obtenidos con estas mejoras se han introducido dentro de la tabla de resultados:

Tabla 8.3.1. Tabla de resultados.

Mejoras	Edificio Objeto (kg CO ₂ /año)					Edificio de Referencia	
	Calefacción	Refrigeración	ACS	TOTAL	Calificación	kgCO ₂ /año	Calificación
Inicial	21,8	4,2	3,3	29,3	E	20,1	D
Mejora 1	20	4,3	3,3	27,6	E	20,1	D
Mejora 2	16,1	4	3,3	23,4	D	20,1	D
Mejora 3	16,1	4	0,4	20,5	D	20,1	D
Mejora 5	15,9	4	0,4	20,3	D	20,1	D
Mejora 6	15,2	4,1	0,4	19,7	D	19,1	D
Mejora 4	13,7	4,1	0,4	18,2	D	20,1	D
62,2% Solar Térmica	13,7	4,1	1,4	19,2	D	20,1	D
Mejoras Adicionales	6,9	4,4	1,4	12,7	C	20,1	D
Puentes Térmicos	6,3	4,3	1,4	12	C	20,1	D

El archivo correspondiente a la simulación es el denominado "10_ProyectoMejoraPuentesTermicos", y el archivo a adjuntar como parte del proyecto es el "10_ProyectoMejoraPuentesTermicos.pdf". La certificación puede verse en el Anexo X.

8.4. Conclusiones.

Como se puede ver en la tabla de resultados, la mejora de los puentes térmicos conseguida es considerable. Hay que tener en cuenta que, conforme se va avanzando en la certificación, las mejoras no son tan notables, y es por ello que únicamente se reducen las emisiones 0,7 kg de CO₂. No obstante, esto supone una reducción 2,7 kWh/m² de consumo o, dicho en datos anuales, 10.168,6 kWh, una cantidad nada despreciable.

También habrá que tener en cuenta que, la mejora de los puentes térmicos viene asociada a la mejora de los cerramientos, lo cual hace que estas reducciones de consumos se deban sumar a las obtenidas en el apartado anterior.

9. Análisis de viabilidad económica.

En este apartado se va a hacer un estudio económico en función del coste de las mejoras introducidas y el beneficio obtenido en función del consumo.

9.1. Presupuestos.

Los presupuestos detallados se incluyen anexos al proyecto, como *Anexo XI*. El precio final de todas las mejoras se detallan a continuación:

- Solar térmica: 52.031,81 €
- Acristalamiento: 16.315,2 €
- Cubierta: 53.262,75 €
- Fachada: 71.765,25 €
- Forjado exterior: 8.842,47 €

Siendo así el **presupuesto final** de **202.218,46 €**, sin incluir el IVA.

9.2. Ahorros económicos.

En la siguiente tabla se muestran los ahorros, tanto energéticos como económicos, que se consiguen en un año.

Los datos de ahorros en kWh según calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria han sido sacados de los cálculos realizados mediante *Calener VyP*. Los precios del combustible considerados son los precios medios a los que se paga el combustible (gas natural) a comienzos de 2011.

Tabla 9.2.1. Tabla de ahorros energéticos y económicos.

	Energía (año)			TOTAL kWh
	kWh calefacción	kWh Refrigeración	kWh ACS	
Edificio Inicial	275.136,70	42.415,30	119.015,80	
Edificio Mejorado	79.200,30	43.166,10	31.945,50	
AHORRO kWh	195.936,40		87.070,30	282.255,9
	Combustible Gas		Combustible Gas	
Precio (€/kWh)	0,05		0,05	TOTAL €
AHORRO €	9.796,82		4.353,52	14.150,34

Como se puede ver, existiría un **ahorro anual** de **14.150,34 €**. En este caso la variación en refrigeración no se ha tenido en cuenta ya que este edificio no consta de máquinas de frío.

9.3. Periodo de amortización.

El periodo de amortización se ha calculado teniendo en cuenta el presupuesto total, sin incluir el IVA, y suponiendo que el pago de la instalación se hará con un préstamo a 10 años con un interés del 3% (este valor del interés podría ser el 0% ya que el IDAE realiza préstamos para proyectos de este tipo a 0% de interés, pero se ha considerado el caso más desfavorable).

Se considera una subvención del 20%, ya que para este tipo de proyectos siempre se otorgan subvenciones de, al menos, este importe. Para más información sobre las subvenciones puede consultarse el siguiente apartado.

La subida del IPC general se considera de un 3% anual, mientras que la subida del IPC energético, el que afecta al combustible, se sitúa en un 5% anual (basando este dato en la subida de IPC energético del año 2011, que fue un 5,2%).

También se ha tenido en cuenta el desembolso a realizar en cuestión de mantenimiento de la instalación solar térmica, considerado de unos 1.000 € anuales.

Con estos datos, el estudio de la amortización de la inversión queda como sigue.

Tabla 9.3.1. Tabla de periodo de amortización.

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	AÑO 11
INVERSIÓN 100%	202.218,46										
SUBVENCIÓN 20%	40.443,69										
COSTES	PAGO EN 10 AÑOS + INTERÉS DEL 3%										
Pago anual	16.177,48	16.662,80	17.162,69	17.677,57	18.207,89	18.754,13	19.316,75	19.896,26	20.493,14	21.107,94	
	COSTE MANTENIMIENTO + SUBIDA DEL 3% DEL IPC										
Mantenimiento	1.000,00	1.030,00	1.060,90	1.092,73	1.125,51	1.159,27	1.194,05	1.229,87	1.266,77	1.304,77	1.343,92
COSTE TOTAL	17.177,48	17.692,80	18.223,59	18.770,29	19.333,40	19.913,40	20.510,81	21.126,13	21.759,91	22.412,71	1.343,92
	AHORRO + SUBIDA DEL 5% DEL IPC ENERGÉTICO										
AHORRO €	14.150,34	14.857,85	15.600,74	16.380,78	17.199,82	18.059,81	18.962,80	19.910,94	20.906,49	21.951,81	23.049,40
AMORTIZACIÓN	-3.027,14	-2.834,95	-2.622,84	-2.389,51	-2.133,58	-1.853,59	-1.548,00	-1.215,19	-853,42	-460,90	21.705,49
ACUMULADO	-3.027,14	-5.862,09	-8.484,93	-10.874,44	-13.008,02	-14.861,62	-16.409,62	-17.624,81	-18.478,23	-18.939,13	2.766,36

El cálculo del TIR, realizado en función de los años de vida de las reformas realizadas que serán, como mínimo, de 20 años, queda como sigue.

TIR (a 20 años) 27%

Puesto que el TIR es mayor al interés de los préstamos, se recomienda la inversión. Sin la subvención el periodo de amortización sería de 13 años, y el TIR de 15%, tal y como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 9.3.2. Tabla de periodo de amortización sin subvención.

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8
INVERSIÓN INICIAL	202.218,46							
Pago anual	20.221,85	20.828,50	21.453,36	22.096,96	22.759,87	23.442,66	24.145,94	24.870,32
Mantenimiento	1.000,00	1.030,00	1.060,90	1.092,73	1.125,51	1.159,27	1.194,05	1.229,87
COSTE TOTAL	21.221,85	21.858,50	22.514,26	23.189,68	23.885,37	24.601,94	25.339,99	26.100,19
AHORRO €	14.150,34	14.857,85	15.600,74	16.380,78	17.199,82	18.059,81	18.962,80	19.910,94
AMORTIZACIÓN ACUMULADO	-7.071,51	-7.000,65	-6.913,51	-6.808,90	-6.685,55	-6.542,12	-6.377,19	-6.189,25
	-7.071,51	-14.072,16	-20.985,67	-27.794,58	-34.480,13	-41.022,25	-47.399,45	-53.588,70

	AÑO 9	AÑO 10	AÑO 11	AÑO 12	AÑO 13	AÑO 14
Pago anual	25.616,43	26.384,92				
Mantenimiento	1.266,77	1.304,77	1.343,92	1.384,23	1.425,76	1.497,05
COSTE TOTAL	26.883,20	27.689,70	1.343,92	1.384,23	1.425,76	1.497,05
AHORRO €	20.906,49	21.951,81	23.049,40	24.201,87	25.411,97	26.682,57
AMORTIZACIÓN ACUMULADO	-5.976,71	-5.737,88	21.705,49	22.817,64	23.986,21	25.185,52
	-59.565,41	-65.303,29	-43.597,80	-20.780,16	3.206,05	28.391,57

TIR (a 20 años) 15%

9.4. Ayudas Económicas.

A continuación van a nombrarse diferentes subvenciones que han estado vigentes en 2010, y está previsto que lo estén en 2011, las cuales podrán ser solicitadas para reducir el importe de la rehabilitación y la instalación solar.

1. Programa de ayudas del IDAE a proyectos estratégicos de inversión en ahorro y eficiencia energética:

El Programa se enmarca en las actuaciones directas de IDAE del Plan de Acción 2008-2012 de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España (2004-2012) y persigue complementar y reforzar los esfuerzos que se están llevando a cabo por parte de las diferentes administraciones para incentivar a las empresas a realizar proyectos plurianuales de inversión en tecnologías de ahorro y eficiencia energética.

Se trata de cubrir determinada tipología de proyectos que no cuentan con el suficiente apoyo con los mecanismos actuales existentes, con una visión de apoyo continuo (plurianual), abierto (beneficiarios directos e indirectos) y diverso (sectores industrial y terciario).

A continuación se muestra lo correspondiente al sector de rehabilitación de envolvente en la edificación:

- Promoción de inversiones en la rehabilitación de la envolvente térmica de edificios existentes: Inversiones en la envolvente térmica de los edificios destinadas a reducir la demanda energética de calefacción y refrigeración.

2. Plan energético de Aragón 2005-2012:

El Gobierno de Aragón aprobó el Plan Energético de Aragón 2005-2012 el día 26 de julio de 2005. Dicho Plan contiene las principales estrategias de la política energética de la Comunidad Autónoma de Aragón en ese horizonte temporal, y se estructura en cuatro ejes fundamentales: el incremento del parque de generación eléctrica, el desarrollo de las infraestructuras energéticas, la promoción de las energías renovables y el ahorro y uso eficiente de la energía.

Medida 1: Rehabilitación energética de la envolvente térmica de los edificios existentes.

- Beneficiarios: personas físicas o jurídicas de naturaleza pública o privada (propietarios o titulares de edificios, promotores públicos o privados, comunidades o mancomunidades de vecinos, empresas municipales de la vivienda, empresas de servicios energéticos etc.)
- Cuantía de la subvención: con carácter general la cuantía máxima de la ayuda será del 22% del coste elegible del proyecto con un máximo de 10.000 € para cada vivienda unifamiliar, 300.000 € por cada edificio de viviendas en bloque

y de 300.000 € para edificios de otros usos, no vivienda. En caso de edificios con clasificación energética B la ayuda será del 27% y si es A del 35%. En caso de requerir una auditoría energética, se subvencionará el 75% de su coste.

Medida 2: Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones térmicas de los edificios existente (para la instalación solar térmica).

- Beneficiarios: personas físicas o jurídicas de naturaleza pública o privada (propietarios o titulares de edificios, promotores públicos o privados, comunidades o mancomunidades de vecinos, empresas municipales de la vivienda, empresas de servicios energéticos etc.)
- Cuantía de la subvención: con carácter general la cuantía máxima de la ayuda será del 22 % del coste elegible, como máximo se puede llegar al 30%.

3. Plan Aragón vivienda y rehabilitación 2009-2012:

El Plan aragonés para facilitar el acceso a la vivienda y fomentar la rehabilitación 2009-2012, aprobado por el Decreto 60/2009, de 14 de abril, contempla un conjunto de medidas que tienen por objeto impulsar la oferta de vivienda protegida de nueva construcción, la construcción de vivienda protegida con destino a su arrendamiento, así como la rehabilitación de viviendas y barrios degradados, conjuntos históricos, centros urbanos y municipios rurales.

Todas estas medidas que el Plan regula inciden de forma especial en la mejora de la eficiencia energética que el vigente Plan de Vivienda fomenta mediante ayudas en la promoción y renovación de viviendas, que se concretan en la concesión de subvenciones a los promotores de viviendas calificadas cuyos proyectos obtengan la calificación energética de la clase A, B o C, conforme a lo establecido en el Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción, así como a las promociones de viviendas de nueva construcción en Áreas de Rehabilitación Integral (ARI) y Áreas de Renovación Urbana (ARU).

La subvención máxima por vivienda será la siguiente:

- 1.240 €: General.
- 3.100 €: Ingresos inferiores a 3,5 SMI.
- 3.410 €: Si además tienen más de 65 años.
- 3.720 €: Para arrendadores sujetos a prórroga forzosa.

4. Programa Solcasa:

En el marco del Plan de Energías Renovables en España 2005-2010, el 19 de mayo de 2010 fue publicada en el Boletín Oficial del Estado la Resolución de la

Presidencia del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, por la que se establece la convocatoria y bases correspondientes para la habilitación de empresas en el Programa SOLCASA, de energía solar térmica en edificios.

Para la financiación de los proyectos presentados por las empresas habilitadas que cumplan con los requisitos del Programa, el IDAE ha dispuesto un presupuesto específico por importe de 5.000.000 euros.

Esta subvención sólo puede realizarse por empresas adheridas al programa para instalaciones en edificios residenciales, por lo que el único requisito para la subvención será que la instalación solar la realice una empresa incluida dentro del programa *Solcasa*.

5. Orden de 5 de Noviembre de 2009 (IDAE-DGA):

Las instalaciones de energía solar térmica están subvencionadas hasta importes máximos respecto al total (equipos e instalación) del 80% para pequeñas empresas, 70 % para medianas y 60% para grandes empresas.

6. Orden de 6 de Noviembre de 2009 (DGA):

Las instalaciones de energía solar térmica se inscriben en el epígrafe "1.- Ahorro y diversificación energética, uso racional de la energía y aprovechamiento de los recursos autóctonos y renovables", dentro del capítulo "1.1.- Energía solar".

Las ayudas máximas son del 30% respecto al coste elegible, que se calculará a partir de un coste de referencia y de los ahorros obtenidos.

7. Línea ICO de Economía Sostenible:

Las comunidades de vecinos pueden beneficiarse de esta línea de Instituto de Crédito Oficial cuando se trate de rehabilitaciones sostenibles, como el caso de la sustitución de calderas por otras de alta eficiencia.

La información está disponible en la página web del ICO (www.ico.es), siendo los puntos fundamentales los siguientes:

- Importe máximo: 2 millones de euros, financiable hasta el 100% del importe.
- Tramitación a través de las entidades bancarias.

10. Conclusiones finales.

Después de finalizar el proyecto, una vez expuestas las conclusiones parciales de cada apartado, se incurre en otras más generales, teniendo en cuenta el proyecto en su conjunto.

Como conclusión referente a los resultados obtenidos, pueden estimarse las disminuciones de consumo y emisiones de CO₂ asociadas a las mejoras propuestas.

Se parte de un edificio inicial cuyo consumo de energía final por metro cuadrado es 116,3 KWh/m², lo que hace un total al año de 436,5678 MWh. El edificio, después de haber incluido todas las mejoras, consume 41,1 KWh/m² en energía final, lo que supone 154,3119 MWh/año. Sabiendo que el bloque a estudio consta de 4 pisos con 10 viviendas en cada uno, se puede decir que se ha pasado de un consumo de 10.914,2 KWh anuales por vivienda a 3.857,8 KWh/año, casi **un tercio de su consumo inicial**.

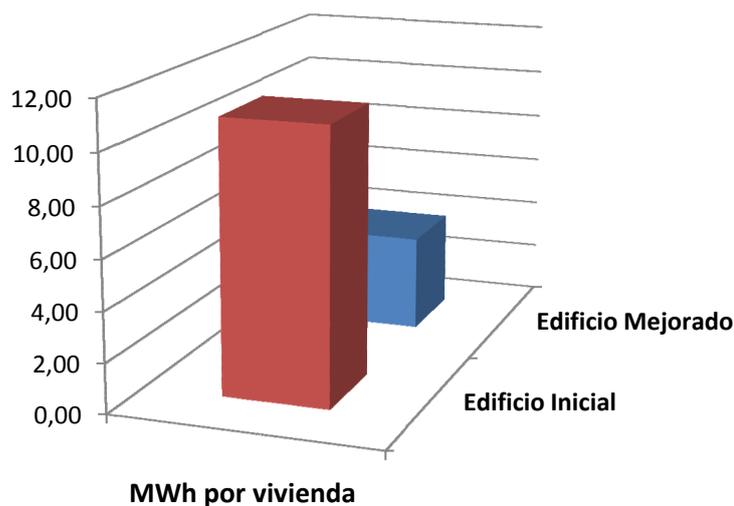


Imagen 10.1. Comparativa del consumo de energía final por vivienda al año.

La suma de las acciones propuestas supone una **disminución del la energía final consumida en el edificio de un 64,65%**, es decir, se dejarían de consumir 282,2559 MWh anuales, lo que supone **24,27 toneladas equivalentes de petróleo** (1tep=11.630 KWh). Esto equivaldría a 30.337,5 litros de combustible, o sea, un recorrido anual de 4.596,6 km (fuente Generalitat de Catalunya y empresa de transporte público: consumo de un vehículo medio 6,6 litros a los 100, 1,25 litros de combustible corresponde a 0,001 tep).



Ahorro energético anual



Zaragoza-Moscú ida y vuelta

Imagen 10.2. Comparativa de energía consumida.

Si se tiene en cuenta que el consumo medio anual de una vivienda de nueva construcción según CTE es de 4.000 KWh al año (datos del IDAE), podría decirse que se está ahorrando **lo que consume un hogar medio en España durante 70 años y medio** o lo que consumen 70 hogares medios en un año.

Esto, traducido a energía primaria, supondría pasar de un consumo de 489,0925 MWh anuales a 197,9835 MWh/año, lo que haría una reducción de un 59,52%.

En cuanto a las **emisiones de gases de efecto invernadero** se produce un **ahorro del 59%** como consecuencia del descenso de emisiones anuales de CO₂ equivalente de 109,9796 Tn a 45,0428 Tn, el equivalente al almacenado en 202,16 m³ de madera de pino insigne o unos **137 árboles de tamaño medio** de esta especie (considerando un diámetro medio de 25 cm y una altura de 30 m para un ejemplar de 25 o 30 años con un contenido de CO₂ de 215kg/m³).



Ahorro en emisiones de CO₂ anual



CO₂ que absorben 137 árboles por año.

Imagen 10.3. Comparativa de emisiones de CO₂.

Resumiendo, y ya como conclusión final, resaltar que se produce una reducción, tanto de consumo como de emisiones, que ronda el 60%, lo cual es un dato muy favorable para la proposición de llevar a cabo estas mejoras, más allá de la importancia de la etiqueta energética conseguida.

Tabla 10.1. Resumen de ahorros.

	Energía Final (año)			Energía Primaria (año)			Emisiones CO ₂ (año)		
	kWh/m ²	MWh	MWh por vivienda	kWh/m ²	MWh	MWh por vivienda	Kg CO ₂ /m ²	Tn CO ₂	Tn CO ₂ por vivienda
Edificio Inicial	116,30	436,57	10,91	130,30	489,09	12,23	29,30	109,98	2,75
Edificio Mejorado	41,10	154,31	3,86	52,70	197,98	4,95	12,00	45,04	1,13
AHORRO	75,20	282,26	7,06	77,60	291,11	7,28	17,30	64,94	1,62
% Ahorro	64,65%			59,52%			59,04%		

Respecto a la viabilidad económica ya se ha visto que el periodo de amortización es de 11 años, pero hay que tener en cuenta la vida media del edificio y cuanto se puede llegar a ganar con las mejoras.

Los usuarios pasamos una media de 50 años en un mismo edificio y, teniendo en cuenta que este bloque tiene 30 años de antigüedad, aún quedan 20 años para amortizar la reforma. Durante estos 20 años, los 11 primeros corresponderán al periodo de amortización (si es concedida la subvención), pero los restantes serán años de ganancia económica. Si se realiza el cálculo, puede verse que en el año 20 se habrán **ganado** unos **255.000 €**.

11. Bibliografía.

[1] *Manual práctico de certificación energética de edificios*. Ignacio Zabalza, Sergio Díaz y Alfonso Aranda. Prensas Universitarias de Zaragoza. Año 2008.

[2] *Curso de formador de formadores en certificación energética de edificios*, Centro Politécnico Superior, año 2010. Organizado por IDAE, con la colaboración de C.I.R.C.E. y Grupo de Energía y Edificación (GEE).

[3] *Manual para el uso de THERM para el cálculo de puentes térmicos en edificios*. Josep Sole. URSA Ibérica aislantes S.A.

[4] *Código Técnico de la Edificación*, "DB HE: Ahorro de Energía".

<http://www.codigotecnico.org/web/recursos/documentos/dbhe/>

[5] *Código Técnico de la Edificación*, "Catálogo de elementos constructivos, apartado 4.6. Puentes térmicos". Instituto Eduardo Torroja de ciencias de la construcción con la colaboración de CEPCO y AICIA. Año 2008.

[6] *Factores de conversión de energía primaria y emisiones de CO₂ año 2009*. Publicado por el IDAE en el año 2010.

12. Anexos.

Anexos Impresos: Incluidos a continuación, dentro de este proyecto.

- **Anexo I:** Relación de cerramientos definidos en la base de datos de la aplicación *LIDER*, considerando la composición descrita en la introducción.
- **Anexo II:** Etiqueta resultante de la certificación energética de la mejora del forjado exterior.
- **Anexo III:** Etiqueta resultante de la certificación energética de la mejora del cerramiento de cubierta.
- **Anexo IV:** Etiqueta resultante de la certificación energética de la instalación de cobertura solar térmica.
- **Anexo V:** Etiqueta resultante de la certificación energética de la mejora de las ventanas.
- **Anexo VI:** Etiqueta resultante de la certificación energética después del cambio del semisótano a zona de trasteros.
- **Anexo VII:** Etiqueta resultante de la certificación energética después del cambio del semisótano a zona de locales comerciales.
- **Anexo VIII:** Etiqueta resultante de la certificación energética de recalcular la cobertura solar térmica..
- **Anexo IX:** Etiqueta resultante de la certificación energética después de las mejoras adicionales en los cerramientos.
- **Anexo X:** Etiqueta resultante de la certificación energética después del cálculo de los puentes térmicos.
- **Anexo XI:** Presupuestos.