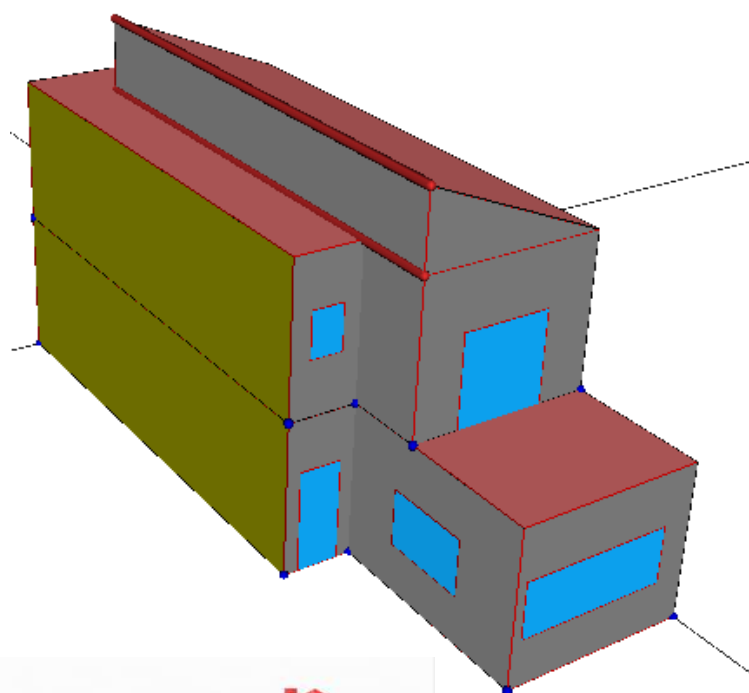


# ESTUDIO DE LA VIABILIDAD ECONOMICA EN LA INTRODUCCIÓN DE MEJORAS ENERGÉTICAS EN UN EDIFICIO DETERMINADO

*PROYECTO FINAL DE MASTER*

*Máster en Edificación. especialidad en Tecnología 2011-2012*



**Alumno: Oscar Navarro Martí**

**Tutor: Antonio García Laespada**



## INDICE

<b>1. Introducción.</b>	<b>1</b>
<b>2. Métodos de calificación energética de los edificios.</b>	<b>2</b>
<b>3. Sistema constructivo del edificio.</b>	<b>4</b>
<b>4. Propuestas técnicas de mejoras en la calificación energética.</b>	<b>11</b>
<b>5. Viabilidad de las propuestas.</b>	<b>21</b>
<b>6. Edificio uso vivienda.</b>	<b>27</b>
6.1. Descripción del edificio.	27
6.2. Calculo de la Demanda del edificio.	29
6.3. Estudio de la calificación energética inicial del edificio por el método simplificado y por el método general.	30
6.4. Rehabilitación energética.	31
6.4.1. Selección de mejoras sobre la envolvente.	31
6.4.2. Selección de las mejoras en las instalaciones.	50
6.4.3. Viabilidad de las mejoras seleccionadas.	58
6.4.4. Comparación entre la calificación del Calener VyP y CEX3 del edificio final.	61
6.5. Proyecto obra nueva.	63
6.5.1. Selección de mejoras sobre la envolvente.	64
6.5.2. Selección de las mejoras en las instalaciones.	76
6.5.3. Viabilidad de las mejoras seleccionadas.	82
6.5.4. Comparación entre la calificación del Calener VyP y CEX3 del edificio final.	84
<b>7. Edificio uso terciario.</b>	<b>86</b>
7.1. Descripción del edificio.	86
7.2. Calculo de la Demanda del edificio.	88
7.3. Estudio de la calificación energética inicial del edificio por el método simplificado y por el método general.	89
7.4. Rehabilitación energética.	90
7.4.1. Selección de mejoras sobre la envolvente.	92
7.4.2. Selección de las mejoras en las instalaciones.	98
7.4.3. Viabilidad de las mejoras seleccionadas.	102
7.4.4. Comparación entre la calificación del Calener VyP y CEX3 del edificio final.	104



7.5. Proyecto obra nueva.....	106
7.5.1. Selección de mejoras sobre la envolvente.....	106
7.5.2. Selección de las mejoras en las instalaciones.....	116
7.5.3. Viabilidad de las mejoras seleccionadas .....	126
7.5.4. Comparación entre la calificación del Calener VyP y CEX3 del edificio final ..	128
<b>8. Conclusiones.....</b>	<b>130</b>
<b>9. Bibliografía.....</b>	<b>136</b>
<b>10. Anexos.....</b>	<b>137</b>



## 1. Introducción.

En las últimas décadas hemos visto como se ha incrementado el consumo de energía en consonancia con la mejora del bienestar y de la favorable evolución de la economía, sin apenas reparar en el coste y en la aplicación de medidas para ahorrar energía.

Paralelamente, la vida en el planeta se ve amenazada por el deterioro de la capa de ozono a causa de gases, entre los que destaca el CO<sub>2</sub>, que provocan el llamado efecto invernadero. Por este motivo los países industrializados tomaron el compromiso de reducir las emisiones de los 6 gases responsables del efecto invernadero mediante la firma del protocolo de Kioto en 1997.

En este sentido, Naciones Unidas hace un llamado a revisar estas modelos insostenibles, recurriendo a modelos de consumo responsable, como tal entendemos la elección de los productos y servicios no sólo en base a su calidad y precio, sino también por su consumo energético.

Según la última directiva europea 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios y el Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, es obligatorio disponer de un certificado de eficiencia energética para los edificios, incluidos los edificios existentes, cuando se vendan o se arrienden a partir del 1 de enero de 2013. En este certificado, y mediante una etiqueta de eficiencia energética, se asignará a cada edificio una Clase Energética de eficiencia, que variará desde la clase A, para los energéticamente más eficientes, a la clase G, para los menos eficientes. Esta certificación servirá para calificar un edificio ya que el consumo de energía de cada inmueble depende de muchos factores: la zona climática donde se ubica la vivienda, la calidad constructiva, el nivel de aislamiento y el uso que damos a los equipos.

Ante este escenario, el presente proyecto consistirá en el estudio de la viabilidad de la inversión económica necesaria para realizar distintas intervenciones sobre un edificio en la zona de valencia, que puedan mejorar su eficiencia energética, reducir su consumo y mejorar su calificación energética, tratándolo primeramente como vivienda, en el ámbito de la rehabilitación energética y como proyecto de obra nueva, y posteriormente como terciario. Por lo tanto, el objetivo final no consistirá solamente en obtener el edificio más energéticamente eficiente posible, sino que consistirá en obtener el edificio más eficiente posible con las mejoras introducidas o propuestas más viables y rentables.

Como el coste de la aplicación de las mejoras y ejecución constructiva no es el mismo desde el punto de vista de una rehabilitación al de un edificio en fase de proyecto, plantearemos una doble actuación sobre el edificio en su uso de vivienda y de terciario. Los precios han sido obtenidos a partir de presupuestos facilitados por empresas instaladoras para poder ajustarse más a la realidad del mercado, incluyéndose en estos los gastos generales y beneficio industrial.

Este estudio pretende dar información y observar como repercute la aplicación de cada mejora sobre la calificación energética obtenida del edificio en el consumo y emisión de CO<sub>2</sub>. Los programas bases sobre el que se realiza este estudio son el Lider y el Calener VyP.

Los resultados de estos programas se compararán con el nuevo programa CE3X puesto a disposición por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo para la certificación de edificios existentes, CE3X, con la finalidad de observar la diferencia de demanda y emisiones de CO<sub>2</sub> entre ambos programas.

## 2. Métodos de calificación energética de los edificios.

Para la realización de la calificación energética del edificio se debe optar por uno de los dos procedimientos alternativos de comprobación siguientes:

### Opción simplificada:

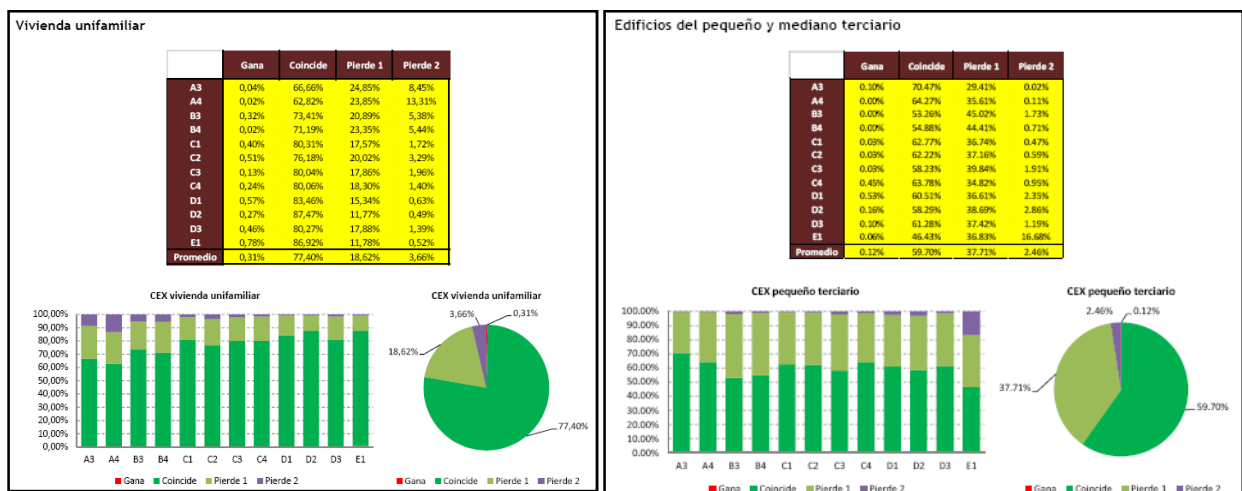
La opción simplificada consiste en la obtención de una clase de eficiencia a partir del cumplimiento por parte de los edificios afectados de unas prescripciones relativas tanto a la envolvente del edificio como a los sistemas térmicos de calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria e iluminación. El conjunto de estas prescripciones se denomina solución técnica.

Para la utilización de la opción simplificada es necesaria la proposición de soluciones específicas que tendrán la consideración de documentos reconocidos previa aprobación de los mismos por parte de la Comisión Asesora para la Certificación Energética de Edificios.

### Opción general:

La única limitación para la utilización de la opción general es la derivada del uso en el edificio de soluciones constructivas innovadoras cuyos modelos no puedan ser introducidos en el programa informático que se utilice.

En el caso de nuestro proyecto realizaremos la simulación del edificio mediante el programa LIDER, y el cálculo de la calificación energética mediante el programa CALENER VyP, y compararemos los resultados obtenidos con la opción simplificada mediante el programa CE3X, ya que la precisión en los resultados de los programas del método simplificado puede ser inferior a los obtenidos con el programa CALENER VyP como se puede ver en los test comparativos de precisión CE3X- CALENER facilitados por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo.



[http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/Documents/Test\\_comparativos\\_precision\\_CE3X\\_CALENER.pdf](http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/Documents/Test_comparativos_precision_CE3X_CALENER.pdf)

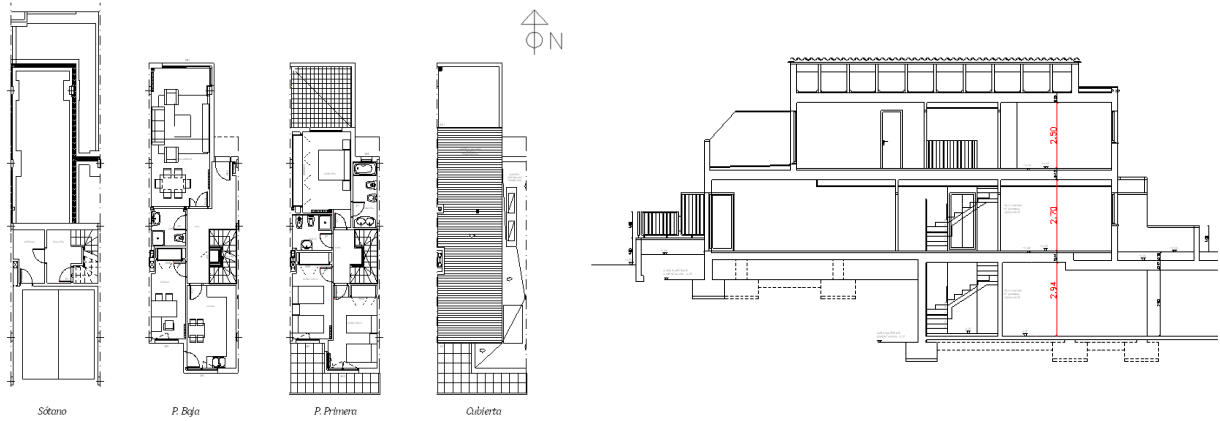


El programa LIDER es una aplicación informática empleada para comprobar que los edificios de nueva construcción, dispondrán de una envolvente de características tales que limite adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno, así como por sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, reduciendo el riesgo de aparición de humedades de condensación superficiales e intersticiales que puedan perjudicar sus características y tratando adecuadamente los puentes térmicos para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos, advirtiendo del cumplimiento o no del CTE DB HE-1 en cada elemento de los diferentes sistemas constructivos definidos.

Para el cálculo de la demanda y consumo energético de cada mejora simulada emplearemos el programa CALENER VyP (Vivienda y Pequeño edificio terciario). Mediante esta aplicación podemos calificar edificios de viviendas, y edificios del sector terciario. El CALENER nos dará información de la calificación de eficiencia energética asignada al edificio en función de las emisiones totales previsibles de kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> que el edificio va emitir durante un año. La calificación de eficiencia energética asignada al edificio será la correspondiente al índice de calificación de eficiencia energética obtenido por el mismo, dentro de una escala de siete letras, que va desde la letra A (edificio más eficiente) a la letra G (edificio menos eficiente), el cual se basa en las emisiones totales previsibles de kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.

### 3. Sistema constructivo del edificio

Consideramos que el edificio se encuentra en todos los casos, terciario y vivienda, definido por los siguientes sistemas constructivos.



Se adjuntan los planos en el punto de la Descripción del edificio correspondientes a cada uso

#### • Suelos:

El suelo de vivienda en planta baja se encuentra realizado por un forjado sanitario a excepción de la zona correspondiente al garaje, la cual se encuentra en contacto con el suelo.

El forjado de planta baja estará formado por los siguientes elementos:

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp
1	Azulejo cerámico	0,020	1,300	2300	840
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,050	1,800	2100	1000
3	FU Entrevigado de hormigón aligerado -Canto 350	0,350	1,211	1035	1000

#### • Cerramientos:

Los cerramientos en contacto con el terreno están resueltos mediante muros de hormigón armado de 20 cm de espesor.

El cerramiento de fachada está formado por los siguientes elementos:

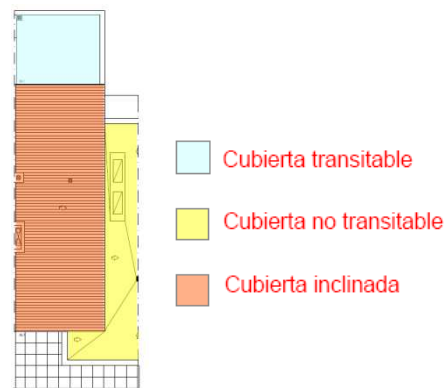
Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp
1	1/2 pie LP métrico o catalán 40 mm < G < 60 mm	0,115	0,667	1140	1000
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020	1,800	2100	1000
3	Cámara de aire sin ventilar vertical 5 cm				
4	Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	0,060	0,432	930	1000
5	Yeso, de alta dureza 900 < d < 1200	0,020	0,430	1050	1000

Las medianeras con los edificios colindantes están formadas mediante el siguiente sistema constructivo:

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp
1	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,015	0,250	825	1000
2	MW Lana mineral [0.031 W/[mK]]	0,020	0,031	40	1000
3	1/2 pie LM métrico o catalán 40 mm < G < 50 mm	0,115	0,991	2170	1000
4	MW Lana mineral [0.031 W/[mK]]	0,020	0,031	40	1000
5	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,015	0,250	825	1000

### • Cubiertas:

Existen tres tipos diferentes de cubierta en el edificio:



#### Cubierta plana transitable

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp
1	Plaqueta o baldosa cerámica	0,020	1,000	2000	800
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020	1,800	2100	1000
3	Betún fieltro o lámina	0,020	0,230	1100	1000
4	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020	1,800	2100	1000
5	Hormigón celular curado en autoclave d 500	0,100	0,140	500	1000
6	FU Entrevigado de hormigón aligerado -Canto 350	0,350	1,211	1035	1000
7	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,015	0,250	825	1000

#### Cubierta plana no transitable

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp
1	Arena y grava [1700 < d < 2200]	0,070	2,000	1450	1050
2	MW Lana mineral [0.031 W/[mK]]	0,040	0,031	40	1000
3	Betún fieltro o lámina	0,020	0,230	1100	1000
4	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020	1,800	2100	1000
5	Hormigón armado d > 2500	0,100	2,500	2600	1000
6	FU Entrevigado de hormigón aligerado -Canto 350	0,350	1,211	1035	1000
7	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,015	0,250	825	1000



Cubierta inclinada:

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp
1	Teja cerámica-porcelana	0,020	1,300	2300	840
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020	1,800	2100	1000
3	Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60 mm]	0,040	0,445	1000	1000
4	MW Lana mineral [0.031 W/[mK]]	0,040	0,031	40	1000
5	FU Entrevigado de hormigón aligerado -Canto 350	0,350	1,211	1035	1000
6	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,015	0,250	825	1000

• **Huecos:**

Los huecos se encuentran cerrados mediante carpintería de aluminio sin rotura de puente térmico y acristalamiento consiste en un doble vidrio climalit 4/6/6. Al no disponer de más información sobre estos tomaremos los datos disponibles en el Catalogo de elementos constructivos, los cuales se pueden obtener a través de la librería del LIDER.

• **Instalaciones:**

**Uso vivienda**

El edificio consta de un sistema mixto de ACS y calefacción, empleándose para el calentamiento del agua una caldera convencional de 23 kw, con un rendimiento nominal de 0,85 y utilización de gas natural como fuente de energía.

Para la demanda de ACS se considera un consumo total diario para el área habitable cubierta de 139, 20 m<sup>2</sup> de 0.90 l/m<sup>2</sup>/dia con una temperatura del agua de red de 14,6°C y una temperatura de utilización de 60°C.

Las unidades terminales de la calefacción son radiadores de aluminio con una capacidad nominal de 10 kw como suma de las capacidades nominales de todos los radiadores de planta baja, y una capacidad nominal de 9 kw para los de planta primera.

El sistema de refrigeración consiste en un equipo eléctrico de expansión directa aire-aire solo frío para cada planta con una capacidad total de refrigeración nominal de cada uno de 5,7 kw, consumo de 1,68 kw y un caudal de impulsión nominal de 1260 m<sup>3</sup>/h.

**Uso terciario**

Para uso terciario tomaremos de origen las mismas instalaciones de ACS, calefacción y refrigeración que para uso vivienda, añadiendo para este uso la instalación de iluminación.

El sistema de iluminación inicial consiste en tubos fluorescentes 15 w de potencia cada uno, con un total de 60 unidades instaladas por planta.

La *iluminancia media horizontal* mantenida nunca ser inferior a los que prescribe la norma UNE EN 12464-1. Siendo en nuestro caso:

OFICINAS	Em(lux)
Archivo, copias, etc.	300
Escritura, escritura a máquina, lectura, tratamiento de datos	500
Dibujo técnico	750
Puestos de trabajo de CAD	500

La eficiencia energética de una instalación de iluminación de un espacio,  $VEEI_{Obj}$ , se expresará como la potencia en vatios instalada por cada metro cuadrado de superficie y por cada 100 lux a obtener mediante la siguiente expresión:

$$VEEI = \frac{P * 100}{S * Em}$$

*donde:*

$P$  es la potencia total instalada en lámparas más los equipos auxiliares [W];

$S$  es la superficie iluminada [m<sup>2</sup>];

$Em$  es la iluminancia media horizontal mantenida [lux]

Este edificio se encuentra representado dentro del grupo de Zonas de no representación o espacios en los que el criterio de diseño, la imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, queda relegado a un segundo plano frente a otros criterios como el nivel de iluminación, el confort visual, la seguridad y la eficiencia energética. Por lo que para el valor de la eficiencia energética límite  $VEEI_{Ref}$  se establece el siguiente:

Grupo	Zonas de actividad diferenciada	VEEI
zonas de no representación	administrativo en general	3,5
	andenes de estaciones de transporte	3,5
	salas de diagnóstico (4)	3,5
	pabellones de exposición o ferias	3,5
	aulas y laboratorios (2)	4,0
	habitaciones de hospital (3)	4,5
	zonas comunes (1)	4,5

Tabla 2.1 Valores límite de eficiencia energética de la instalación del DB HE3

Resumen de la instalación de iluminación del edificio:

Zona	Potencia w	Superficie iluminada m <sup>2</sup>	Potencia instalada w/m <sup>2</sup>	Iluminancia media horizontal lux	VEEI obj	VEEI ref según CTE
Planta Baja	1200,00	75,10	<b>15,98</b>	500	<b>3,20</b>	<b>3,5</b>
Planta 1ª	1200,00	64,10	<b>18,72</b>	500	<b>3,74</b>	<b>3,5</b>

**• Demanda ACS:**

Para el uso vivienda, el programa CALENER VyP, simula automáticamente el consumo de Agua Caliente Sanitaria y por tanto las emisiones de CO<sub>2</sub> que este produce, pero para el uso terciario se debe introducir la demanda en función de la tabla 3.1 del HE-4 del código técnico.

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60° C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama
Hotel ***	55	por cama
Hotel/Hostal **	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

En uso vivienda, para expresar el caudal como “consumo diario medio por metro cuadrado”, se considerará que el ratio de personas por metro cuadrado que ocupan una vivienda es independiente del tipo de vivienda e igual a 0.03 personas por metro cuadrado de superficie útil.

$$Q_{unifamiliar} = 30 \frac{l}{persona * dia} * 0.03 \frac{persona}{m^2} = 0.9 \frac{l}{m^2 * dia}$$

En uso terciario, tomamos la ocupación definida en la tabla 2.1 *Densidades de ocupación* del Seguridad en caso de Incendio 3 del Código Técnico.

Uso previsto	Zona, tipo de actividad	Ocupación (m <sup>2</sup> /persona)
Administrativo	Plantas o zonas de oficinas	10
	Vestibulos generales y zonas de uso público	2

Resultando:

$$Q_{terciario} = 3 \frac{l}{persona * dia} * 0,1 \frac{persona}{m^2} = 0,3 \frac{l}{m^2 * dia}$$

**• Ventilación:**

La ventilación necesaria para uso vivienda es diferente de la ventilación para uso terciario.

**Ventilación de edificio para uso vivienda:**

El *caudal de ventilación* mínimo para los *locales* se obtiene en la tabla 2.1 y normas de la HS3.

		Caudal de ventilación mínimo exigido $q_v$ en l/s		
		Por ocupante	Por m <sup>2</sup> útil	En función de otros parámetros
Locales	Dormitorios	5		
	Salas de estar y comedores	3		
	Aseos y cuartos de baño			15 por <i>local</i>
	Cocinas		2	50 por <i>local</i> <sup>(1)</sup>
	Trasteros y sus zonas comunes		0,7	
	Aparcamientos y garajes			120 por plaza
	Almacenes de residuos		10	

1. El número de ocupantes se considera igual:

- en cada dormitorio individual, a uno y, en cada dormitorio doble a dos.
- en cada comedor y en cada sala de estar, a la suma de los contabilizados para todos los dormitorios de la vivienda correspondiente.

2. El valor que se debe obtener es el mayor caudal de ventilación que salga del cálculo de cocinas y aseos (zonas húmedas y de extracción) y dormitorios y salas de estar (zonas secas y de entrada de aire).

El valor que se debe obtener es el mayor caudal de ventilación que salga del cálculo de cocinas y aseos (zonas húmedas y de extracción) y dormitorios y salas de estar (zonas secas y de entrada de aire). Generalmente saldrá siempre mayor el de las zonas húmedas, pero nunca se deben sumar.

	Estancia	Superf m2	Ud	Altura m	Nº pers	Caudal mínimo (m3/h)	Caudal mínimo total (m3/h)	Caudal mínimo total (m3/h)
Locales de admisión	Salón-comedor	51,29	1	2,5	7	10,8	75,60	201,6
	Despacho	10,58	1	2,5	1	18	18,00	
	Dormitorio pral	17,6	1	2,5	2	18	36,00	
	Dormitorio 1	11,73	1	2,5	2	18	36,00	
	Dormitorio 2	13,455	1	2,5	2	18	36,00	
Locales de extracción	Baño PB	4,623	1	2,5	-	54	54,00	269,21
	Baño pral	5,635	1	2,5	-	54	54,00	
	Baño 2	4,945	1	2,5	-	54	54,00	
	Cocina	14,89	1	2,5	-	7,2	107,21	

El dato se obtiene en m3/h, pero recordemos que el programa lo pide en ren/h, luego hay que realizar este cambio teniendo en cuenta el volumen del edificio y la suma de los caudales de toda la vivienda.

$$\text{Volumen vivienda} = 336,87 \text{ m}^3$$

$$\text{Renovaciones/hora} = 269,21 \text{ m}^3/\text{h} / 336,87 \text{ m}^3 = \mathbf{0,80 \text{ ren/hora}}$$

**Ventilación del edificio terciario:** al tratarse de un edificio de oficinas, el RITE especifica que el edificio se encuentra en una categoría IDA 2.

Categoría	uso
IDA 1 (aire de óptima calidad)	hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías
IDA 2 (aire de buena calidad)	Oficinas, residencias (locales comunes de hoteles y similares, residencias de ancianos y de estudiantes), salas de lectura, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y asimilables y piscinas.
IDA 3 (aire de calidad media)	Edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de hoteles y similares, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasios, locales para el deporte (salvo piscinas) y salas de ordenadores.
IDA 4 (aire de calidad baja)	No aplicable

Categorías del aire interior del RITE

El caudal mínimo de aire exterior de ventilación, necesario para alcanzar las categorías de calidad de aire interior, se calculará de acuerdo con el Método indirecto de caudal de aire exterior por persona (método más usual) donde se empleará el valor de la tabla siguiente:

Categoría	dm <sup>3</sup> /s por persona	m <sup>3</sup> /h por persona
IDA 1	20	72
IDA 2	12,5	45
IDA 3	8	28,8
IDA 4	5	18

Tabla 1.4.1.2 Caudales del aire exterior del RITE

Establecemos que el uso de ocupación de cada planta será de 6 personas. Por lo tanto se le asignará al equipo de refrigeración correspondiente en cada planta una ventilación de **270 m3/h**.

Esta ventilación obtenida se deberá indicar en cada zona del Lider mediante renovaciones/hora y en la ventilación de los equipos definidos en Calener VyP.

$$\text{Volumen por planta} = 168,43 \text{ m}^3$$

$$\text{Renovaciones/hora por planta} = 270 \text{ m}^3/\text{h} / 168,43 \text{ m}^3 = \mathbf{1,60 \text{ ren/hora}}$$

Propiedades | Iluminación

Nombre: P04\_E02

Tipo de Espacio: Acondicionado

Tipo de uso: Intensidad Media - 8h

Nº de pilares: 1

Multiplicador: 1

Altura: 3,350 m Area: 64,075 m<sup>2</sup> Volumen: 214,651 m<sup>3</sup>

Condiciones higrométricas interiores

Clase de higrometría

Ritmo de producción de humedad interior

Humedad relativa interior constante

Clase de higrometría

Clase 3

Clase 4

Clase 5

Redistribución interior de la radiación

Prefijada (60% al suelo, resto proporcional a las áreas)

Aproximada (a partir de correlaciones)

Calculada (método Backward Ray Tracing)

Número de renovaciones hora requerido: 1.6

Sistemas de climatización unizona

Propiedades Básicas

Nombre: Refrig PB

Equipo: EQ\_ED\_AireAire\_SF-PB

Zona: P03\_E01

Caudal de Ventilación: 270.0 m<sup>3</sup>/h

#### 4. Propuestas técnicas de mejoras en la calificación energética.

En este punto, analizamos los sistemas constructivos del edificio y las posibles actuaciones o mejoras que se podrían realizar para mejorar su demanda, consumo y su calificación energética.

Para mejorar la demanda energética del edificio se realizan propuestas de mejora que modifican la transmitancia térmica de los distintos sistemas constructivos. En cada mejora sobre la envolvente que se analice se obtendrá una demanda con su correspondiente calificación energética, y se analizará la viabilidad y repercusión económica de la inversión. De esta manera se pretende ir seleccionando las mejoras más rentables de cada sistema constructivo hasta englobarlas en una sola donde se obtendrá una demanda final y una nueva calificación energética en demanda.

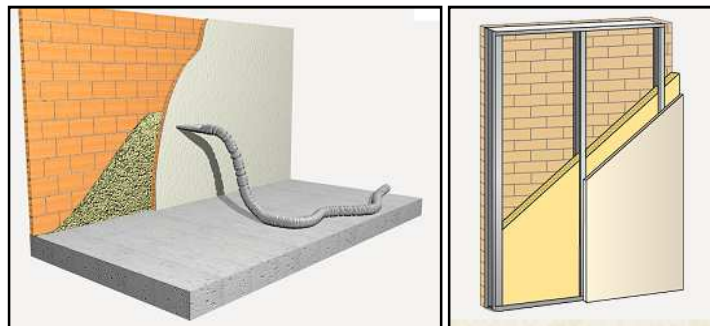
De la misma manera, se realizará el estudio sobre las instalaciones, calculando el consumo de las propuestas de mejora y analizando la viabilidad de la inversión en cada caso.

Todos los datos referentes a propiedades de materiales de construcción, cristales y marcos de ventanas, puentes térmicos y coeficientes operacionales y ocupacionales se introducirán en el programa LIDER. Mientras que los datos referentes a las características de equipos y sistemas de las instalaciones se introducirán en el programa CALENER VyP.

Los sistemas sobre los que se trabajará en LIDER para mejorar la envolvente del edificio y por consiguiente su demanda energética son los siguientes:

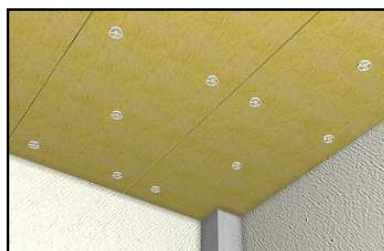
##### 1. **Cerramientos.**

La principal mejora que se le aplica a los cerramientos es la existencia de aislamiento térmico. Se estudiará la aplicación de diferentes espesores y tipologías en función del caso.



##### 2. **Suelos**

Se analizarán diferentes escenarios de colocación del aislamiento en el forjado sanitario bajo forjado de planta baja para observar las mejoras obtenidas.





### 3. Cubiertas

El análisis de las distintas tipologías de las cubiertas es el más complicado de todos ya que por norma general no se dispone de acceso a su sistema constructivo sin realizar alguna rotura. Este problema solo lo tendremos cuando planteemos las mejoras del edificio en fase de rehabilitación, ya que en edificio en proyecto plantearemos las soluciones que consideremos más oportunas.

### 4. Huecos

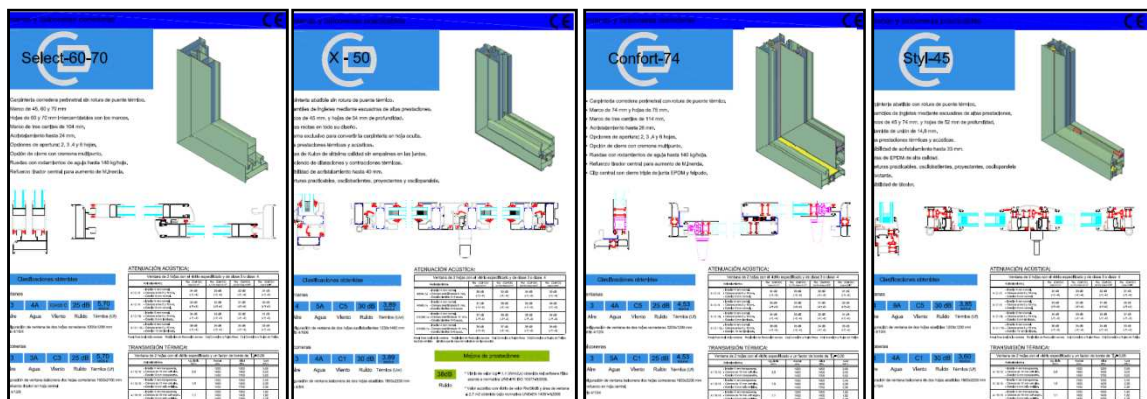
Para poder tener unos resultados coherentes en las diferentes tipologías edificatorias que se van a estudiar en este proyecto, plantearemos la colocación de carpintería de aluminio en todos los huecos y acristalamientos de doble vidrio.

En el estudio de los huecos existen dos condicionantes principales, el marco y el acristalamiento, y dentro de cada uno existe una gran variedad de posibilidades que se pueden analizar pero que simplificamos atendiendo a los siguientes criterios:

#### 4.1 Marcos

Se plantea en el presente estudio la colocación de marcos de carpintería metálica con o sin rotura de puente térmico por ser los más demandados. Para tener datos reales sobre las carpinterías del mercado seleccionamos los siguientes modelos de la marca CODEVAL. Todos los huecos disponen de persianas de plástico con aislante de acción manual.

Carpintería aluminio			
	Modelo	Perm. Ventana/ Balconera	U W/m2h
Corredera sin RPT	<b>Selec 60</b>	3 / 3	5,7
Corredera con RPT	<b>Confort 74</b>	3 / 3	4,53
Abatible sin RPT	<b>X-50</b>	4 / 3	3,89
Abatible con RPT	<b>Style 45</b>	4 / 3	3,60



**Permeabilidad:** La permeabilidad a las infiltraciones de aire es el caudal de aire en  $\text{m}^3/\text{h}$  que atraviesa una ventana por  $\text{m}^2$  de área, cuando esta se somete a una diferencia de presión de 100 Pa.

En el presente proyecto se debe introducir en los huecos el valor de la permeabilidad de las carpinterías, las cuales están limitadas por el CTE en su Documento Básico HE 1 en función de la zona climática de invierno.

El código técnico HE1 establece con valores máximos de permeabilidad  $50 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$  para las zonas climáticas A y B, y  $27 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$  para el resto de zonas climáticas. Utilizaremos estos valores en LIDER para las ventanas del edificio inicial.

En la norma UNE-EN 12207 "Ventanas y puertas. Permeabilidad al aire. Clasificación" se establece la siguiente clasificación de las ventanas en función de su permeabilidad a 100 Pa de presión diferencial:

<b>CLASIFICACION</b>	<b>Permeabilidad <math>\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)</math> para 100 Pa</b>
<b>Clase 0</b>	Permeabilidad > 50
<b>Clase 1</b>	$27 < \text{Permeabilidad} < 50$
<b>Clase 2</b>	$9 < \text{Permeabilidad} < 27$
<b>Clase 3</b>	$3 < \text{Permeabilidad} < 9$
<b>Clase 4</b>	Permeabilidad < 3

Tabla obtenida del DTIE 7.03

Según las fichas técnicas de las carpinterías consideradas, la permeabilidad de estas se encuentra entre clase 3 y 4 dependiendo de los modelos. Para trabajar siempre con el mismo valor les daremos a todas una clasificación 3 con un valor de permeabilidad de  $9 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ .

**Absortividad:** La absortividad puede variar desde un valor de 0,20 para el blanco claro hasta un valor de 0,96 para el negro medio. Establecemos el valor de 0,70 correspondiente a un verde medio en las carpinterías del proyecto en todos los cálculos que se realicen.

<b>Color</b>	<b>Claro</b>	<b>Medio</b>	<b>Oscuro</b>
Blanco	0,20	0,30	---
Amarillo	0,30	0,50	0,70
Beige	0,35	0,55	0,75
Marrón	0,50	0,75	0,92
Rojo	0,65	0,80	0,90
Verde	0,40	0,70	0,88
Azul	0,50	0,80	0,95
Gris	0,40	0,65	---
Negro	---	0,96	---

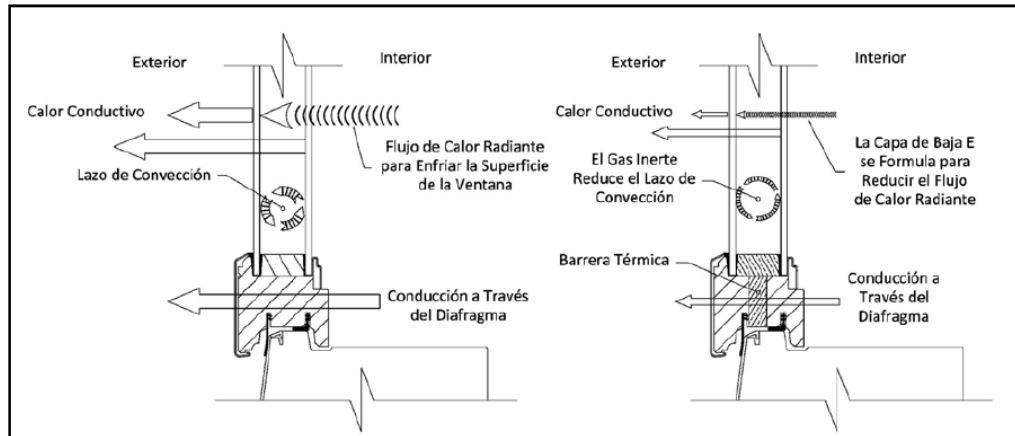
Tabla obtenida del Anexo E del CTE HE1



#### 4.2 Vidrios:

La elección de los vidrios se realizará atendiendo a estos dos factores.

**Transmisión térmica:** El coeficiente "U" expresa la transferencia de energía a través del vidrio por conducción o convección, es decir la cantidad de calor o frío que traspasa el vidrio. Cuanto más bajo sea este valor más aislamiento ofrece. La reducción del coeficiente "U", se obtiene por la incorporación de dobles acristalamientos hasta cierto nivel de anchura de cámara y muy significativamente por la integración de vidrios de baja emisividad

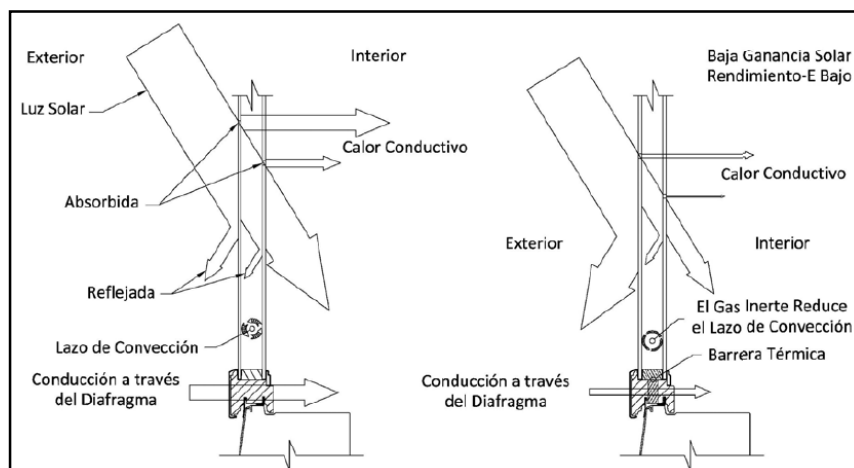


Pérdida de calor en invierno de la ventana

Al disminuir la transmitancia térmica se consigue:

- Mayor nivel de confort.
- Reducción de las condensaciones interiores.
- Reducción del coste de calefacción y refrigeración para alcanzar la misma temperatura.
- Protección del medio ambiente al reducir el consumo de energía.

**Factor solar:** este expresa la fracción de la energía de radiación solar incidente que penetra en el interior de la vivienda a través del acristalamiento. De forma práctica, es una medida de la energía que puede entrar a través de un vidrio cuando el sol incide directamente sobre él. Cuanto más bajo sea el factor solar mayor será la energía reflejada.



Espesor del vidrio: El espesor del vidrio no influye en la transmitancia térmica del conjunto. Por lo tanto, para tener una referencia, emplearemos en todos los casos un vidrio doble 4/ca/3+3 al tratarse de un buen acristalamiento y a un precio mejor que si adoptáramos soluciones con mayores espesores de vidrio.

En la siguiente tabla se puede observar que el mayor espesor de vidrio no influye en la transmitancia.

VIDRIOS		Transmitancia térmica (U) W/m <sup>2</sup> K	
Familia	Tipo	VERTICAL	HORIZONTAL
	DOBLE BAJO EMISIVO 1 4-20-551a	1,8	2,5
	DOBLE BAJO EMISIVO 1 4-20-6	1,8	2,5
	DOBLE BAJO EMISIVO 1 4-20-661a	1,8	2,5
	DOBLE BAJO EMISIVO 2 4-6-4	2,6	2,8
	DOBLE BAJO EMISIVO 2 4-6-6	2,6	2,8
	DOBLE BAJO EMISIVO 2 4-6-331	2,5	2,8
	DOBLE BAJO EMISIVO 2 4-6-441a	2,5	2,7
	DOBLE BAJO EMISIVO 2 4-6-551a	2,5	2,7
	DOBLE BAJO EMISIVO 2 4-6-661a	2,5	2,7

Tabla obtenida del DTIE 7.03

Espesor de la cámara de aire: La repercusión económica que se obtiene al aumentar la cámara de aire de un acristalamiento es mínima, sin embargo la mejora térmica es importante. Por lo tanto, siempre que el tipo de carpintería lo permita se realizará el estudio con el mayor espesor de cámara de aire posible.

La transmitancia térmica (valor U) tiene una relación inversa con el espesor de la cámara de aire. Al aumentar ésta, el valor U disminuye, esto es válido hasta un espesor de cámara de 16 mm, a partir del cual las corrientes de aire que se crean dentro de la misma aumentan la transmisión energética. Por lo tanto, en nuestro estudio siempre que la carpintería metálica lo permita consideraremos sistemas de acristalamiento con cámaras de 16 mm.

La relación entre el modelo de carpintería seleccionada y la máxima cámara que se puede emplear es la siguiente:

		Carpintería aluminio		Acristalamiento	
		Modelo	Max acrist mm	Max cámara 4/ca/3+3	Vidrio a emplear
Corredera	sin RPT	Select 60	24	14	4/14/3+3
	con RPT	Confort 74	26	16	4/16/3+3
Abatibles	sin RPT	X-50	40	30	
	con RPT	Style 45	33	23	

**Relleño de gas inerte:** Los rellenos de gas inerte realzan el funcionamiento de las ventanas de doble cristal al reducir la pérdida del calor conductivo. El gas inerte es más pesado que el aire y circula menos, de tal modo que reduce las corrientes de convección entre los cristales de la ventana. El gas inerte también es mejor aislante que el aire.

**Emisividad:** Los vidrios de baja emisividad son lunas de vidrio ordinario en las que una de sus caras ha sido tratada con precipitaciones de sales, óxidos metálicos y metales nobles, mediante tecnologías avanzadas, para conseguir un coeficiente de emisividad muy inferior al del vidrio base manteniendo una elevada transmisión luminosa. Son vidrios dirigidos a limitar las pérdidas energéticas a través de los acristalamientos, aumentando el aislamiento y facilitando las aportaciones solares, permitiendo el paso de la energía solar (luz y calor) y reflejando el infrarrojo lejano.

Los acristalamientos seleccionados según estos criterios para la elaboración del proyecto son los siguientes:

Acristalamientos			
Espesores	Tipología según capas	Factor solar	U W/m2h
4/14/3+3	Climalit simple	0,75	2,80
	Cool-lite st 108	0,09	1,70
	Planistar	0,42	1,50
	Planitherm total 13	0,65	1,60
	Planitherm total 13+ argón 100%	0,66	1,30
4/16/3+3	Climalit simple	0,77	2,70
	Cool-lite st 108	0,09	1,70
	Planistar	0,42	1,40
	Planitherm total 13	0,65	1,50
	Planitherm total 13+ argón 100%	0,66	1,30

Calener II 1.2.3  
jueves, 15 de noviembre de 2012

SAINT-GOBAIN  
GLASS

Diseño del acristalamiento

Capa	Primera capa	Segunda capa
Capa	PLANKLUX 4mm	PLANKLUX 3mm
Capa	COOLITE ST 108	
Capa	PVB (espesor 0,38 mm)	
Capa		PLANKLUX 3mm

Tamaño de fabricación  
Espesor nominal: 20,4 mm  
Peso: 25,4 kg/m<sup>2</sup>

Factores luminosos  
Transmisión: 7 %  
Reflexión exterior: 45 %  
Reflexión interior: 39 %

Factores energéticos  
Transmisión: 5 %  
Reflexión exterior: 49 %  
Reflexión interior: 35 %  
Absorben A1: 56 %  
Absorben A2: 1 %

Factor solar g: 0,19  
Coeficiente de sombra: 0,12

Transmisión térmica -> Resaca a la posición vertical  
Ug: 2,0 W/m<sup>2</sup>K

Calener II 1.2.3  
sábado, 10 de noviembre de 2012

SAINT-GOBAIN  
GLASS

Diseño del acristalamiento

Capa	Primera capa	Segunda capa
Capa	PLANKLUX 4mm	PLANKLUX 3mm
Capa	PLANITHERM TOTAL 13	
Capa	PVB (espesor 0,38 mm)	
Capa		PLANKLUX 3mm

Tamaño de fabricación  
Espesor nominal: 20,4 mm  
Peso: 25,4 kg/m<sup>2</sup>

Factores luminosos  
Transmisión: 79 %  
Reflexión exterior: 12 %  
Reflexión interior: 12 %

Factores energéticos  
Transmisión: 56 %  
Reflexión exterior: 19 %  
Reflexión interior: 15 %  
Absorben A1: 17 %  
Absorben A2: 9 %

Factor solar g: 0,64  
Coeficiente de sombra: 0,73

Transmisión térmica -> Resaca a la posición vertical  
Ug: 1,9 W/m<sup>2</sup>K

Calener II 1.2.3  
sábado, 10 de noviembre de 2012

SAINT-GOBAIN  
GLASS

Diseño del acristalamiento

Capa	Primera capa	Segunda capa
Capa	Argón 100% 10mm	
Capa	PLANKLUX 4mm	PLANKLUX 3mm
Capa	PLANITHERM ULTRA %	
Capa	PVB (espesor 0,38 mm)	
Capa		PLANKLUX 3mm

Tamaño de fabricación  
Espesor nominal: 20,4 mm  
Peso: 25,4 kg/m<sup>2</sup>

Factores luminosos  
Transmisión: 79 %  
Reflexión exterior: 12 %  
Reflexión interior: 12 %

Factores energéticos  
Transmisión: 51 %  
Reflexión exterior: 26 %  
Reflexión interior: 22 %  
Absorben A1: 15 %  
Absorben A2: 7 %

Factor solar g: 0,58  
Coeficiente de sombra: 0,66

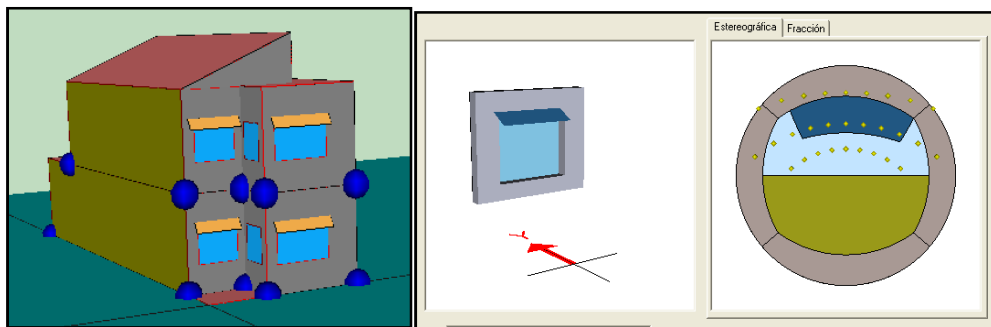
Transmisión térmica -> Resaca a la posición vertical  
Ug: 1,4 W/m<sup>2</sup>K

Datos obtenidos mediante programa informático Calener II

### 5. Protecciones solares.

Los dispositivos de protección solar son una estrategia de ahorro energético enfocada a limitar la demanda de refrigeración en condiciones climáticas de verano y parar el aumento del calor proveniente de la radiación solar, y a su vez , una forma de reducir la demanda de calefacción en condiciones de invierno. Un protector solar correctamente diseñado no debe penalizar este aporte solar.

En función de la orientación de cada hueco, la geometría de los elementos constructivos, la geografía de la localidad y de la cantidad de radiación solar directa que puede traspasar el hueco en la edificación durante el año estudiaremos la pertinencia o no de utilización de un elemento sombreador.



Puede no resultar conveniente utilizar sistemas de huecos con un factor solar más bajo (vidrios tintados o reflectantes) lo que conllevaría una pérdida de la eficiencia energética durante los meses de invierno. Esto se consigue modificando el corrector del factor solar. De esta forma el Corrector actuará solo durante los meses de verano (limitando las ganancias solares) y no en los de invierno tal como se deseaba para no perjudicar la eficiencia energética durante los meses de invierno. Sin embargo, para la estación de invierno, se pretende aplicar protecciones de persiana enrollable de plástico con relleno aislante en su interior para reducir la transmisión de calor.

Coeficiente de corrección por dispositivo de sombra estacional		
	Invierno	Verano
Corrector del Factor Solar	1.00	1.00
Corrector de Transmitancia Térmica	1.00	1.00

Para asegurarnos de la correcta utilización de los protectores solares y que los cálculos realizados sean correctos, se instalará un sistema de domótica con el que se pueda controlar la subida y bajada de las persianas motorizadas de forma centralizada y/o remota, por ejemplo mediante una programación horaria, el uso de sensores que detectan las condiciones meteorológicas, control de luz solar,..

El valor del factor solar que emplearemos para el verano, y el valor de transmisión de calor que emplearemos para el invierno, en función de la tipología de los huecos serán los siguientes:

Tipo de persiana	Tipo de acristalamiento		
	Simple	Doble	Triple
Persiana enrollable de aluminio	0.59	0.74	0.81
Persiana enrollable de madera y plástico sin relleno de aislante	0.52	0.68	0.76
Persiana enrollable de plástico con relleno de aislante	0.48	0.64	0.72
Persianas de madera de 25 a 30 mm de espesor	0.44	0.60	0.69

Fuente: Norma CEN prEN ISO 10077-1

Posición	Transmisividad	Color	Tipo de acristalamiento		
			Simple	Doble	Triple
Interior	Opaca	Blanco	0.33	0.43	0.52
		Pastel	0.45	0.55	0.63
		Oscuro	0.58	0.68	0.74
		Negro	0.70	0.80	0.85
	Medio translúcida	Blanco	0.44	0.52	0.59
		Pastel	0.56	0.64	0.70
		Oscuro	0.69	0.76	0.81
		Negro	0.75	0.83	0.87
	Muy translúcida	Blanco	0.61	0.67	0.72
		Pastel	0.67	0.73	0.78
		Oscuro	0.73	0.79	0.83
		Negro	0.79	0.85	0.89
Exterior	Opaca	Blanco	0.05	0.04	0.04
		Pastel	0.08	0.07	0.06
		Oscuro	0.12	0.09	0.08
		Negro	0.15	0.12	0.11
	Medio translúcida	Blanco	0.25	0.25	0.25
		Pastel	0.28	0.27	0.27
		Oscuro	0.31	0.30	0.30
		Negro	0.33	0.31	0.31
		Blanco	0.46	0.47	0.47
		Blanco	0.46	0.47	0.47

## 6. Instalaciones

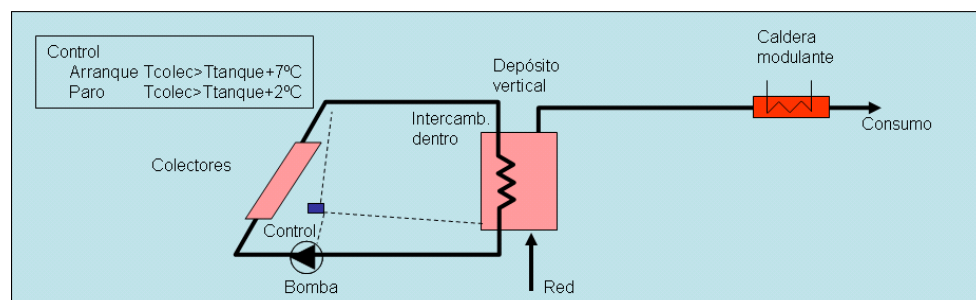
Los elementos sobre los que se trabajará en CALENER para mejorar el consumo de energía del edificio son: Demanda de ACS, Unidades terminales, Equipos y Sistemas. Sobre estos se podrán aplicar las siguientes mejoras según convenga:

- Sustitución del equipo generador de calor para ACS y calefacción.

Se propone la colocación de caldera de condensación ya que el aprovechamiento del calor latente del vapor de agua producido en la combustión de los gases de la caldera produce un aumento importante del rendimiento de esta. En los casos donde se plantee la sustitución del sistema de calefacción por radiadores con ACS por equipos eléctricos de climatización por conductos se planteará la colocación de un calentador atmosférico.

- Incorporación de un sistema de energía solar térmica.

Instalación de colectores solares encargados de captar la radiación solar y convertir la energía incidente en energía térmica con la que se pueda sustituir un porcentaje de la demanda de ACS.



- Mejora de la eficiencia o cambios en los sistemas de calefacción y/o refrigeración.  
Se propondrá la sustitución de las dos máquinas de refrigeración existentes por dos máquinas con bomba de calor, o por una única unidad.



Se propondrá la colocación de equipo de caudal de refrigerante variable con unidades terminales tipo cassette en uso terciario.

**CITY MULTI**  
Unidades interiores

Control versátil del flujo de aire.  
Funcionamiento silencioso.

**DISTRIBUCIÓN DEL AIRE SIN PLANOS**  
El modo de corriente horizontal\* reduce el ruido al girar un caudal de aire horizontalmente, de modo que no viene el aire refrigerado directamente sobre los ocupantes. De modo que se previene la sensación de incomodidad debida a una refrigeración excesiva o bien una exposición directa de los ocupantes al caudal de aire.

**DIRECCIÓN DEL CAUDAL DE AIRE**  
CAUDAL DE AIRE HORIZONTAL  
CAUDAL DE AIRE VERTICAL

MODELO	RTY4P090E	RTY4P090E	RTY4P090E	RTY4P090E	RTY4P090E
Capacidad	9.000	9.000	9.000	11.800	11.800
Capacidad	9.000	9.000	9.000	11.800	11.800
Capacidad	9.000	9.000	9.000	11.800	11.800
Capacidad	9.000	9.000	9.000	11.800	11.800
Capacidad	9.000	9.000	9.000	11.800	11.800

**NOTAS:**  
\*El modo de corriente horizontal\* reduce el ruido al girar un caudal de aire horizontalmente, de modo que no viene el aire refrigerado directamente sobre los ocupantes. De modo que se previene la sensación de incomodidad debida a una refrigeración excesiva o bien una exposición directa de los ocupantes al caudal de aire.

- Mejora de la eficiencia de la iluminación (solo terciario)  
Se estudiará la forma que afecta al edificio la sustitución de los tubos fluorescentes tradicionales por unos tubos leds.

Hoja de datos de producto **OSRAM**

**L 15 W/865**  
LUMILUX T8 | Lámparas fluorescentes 26 mm tubular, con casquillo G13

**Beneficios del producto**

- Eficiencia luminosa superior hasta en un 18 % que en las lámparas T8 BASIC convencionales
- Buena rentabilidad gracias a la alta eficiencia

**Características del producto**

- Muy buen mantenimiento de luz: >90 % a lo largo de toda la vida útil de la lámpara
- Buen grado de reproducción cromática: 98 (Ra, Ra, Ra)
- Ergonómica
- Fuente de tres bandas de calidad superior LUMILUX
- Disponible en muchos colores de luz diferentes (3.700...4.000 K) para cada aplicación y cada preferencia

Hoja de datos de producto **OSRAM**

**ST8-HB2-865**  
SubSTITUTE Basic | Lámparas LED tubulares

**Beneficios del producto**

- Formato: rígido, simple y seguro sin recambiar
- Bajo coste de mantenimiento gracias a la larga vida útil
- Luz de encendido instantáneo, por lo que resulta especialmente adecuada en combinación con la tecnología de sensores
- Máxima resistencia frente a cargas cambiantes
- Funcionamiento correcto incluso a temperaturas bajas

**Características del producto**

- LED alternativo a las lámparas fluorescentes T8 clásicas en luminarias EIC
- Iluminación uniforme
- Ángulo de haz ancho: 120°
- EIC integrado con factor de potencia elevado
- Libre de mercurio y de conformidad con RoHS
- Tipo de protección: IP20

– Incorporación de un sistema de recuperación de calor (solo terciario)

Un recuperador de calor tiene como objetivo principal la recuperación de energía transfiriendo el calor del aire extraído del interior de un local al calor impulsado del exterior.

Con la utilización de recuperadores de calor en edificios se consigue:

- Óptima renovación del aire interior
- Un ambiente limpio y confortable
- Mejor control del clima
- Mejora de la eficiencia energética
- Ahorro energético
- Contribuir en la protección del medio ambiente





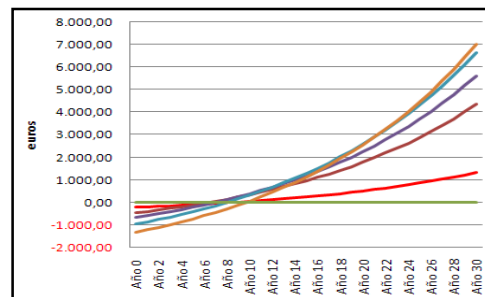
## 5. Viabilidad de las propuestas

Encontrar la solución al problema de la rentabilidad de las inversiones supone resolver mediante un análisis técnico-económico, la relación óptima entre el ahorro energético y la inversión realizada para mejorar la demanda y el consumo.

Algunos beneficios pueden ser cuantificables (ahorro de combustibles menor contaminación del medioambiente, etc.) y otros difícilmente ponderables (mejor calidad de vida, vivir en ambientes más confortables en invierno y en verano, situaciones que tienen que ver indirectamente con la mayor productividad). Se trata de determinar frente a las condiciones impuestas y conociendo su factibilidad técnica y su comportamiento térmico, la solución más rentable desde el punto de vista técnico-económico

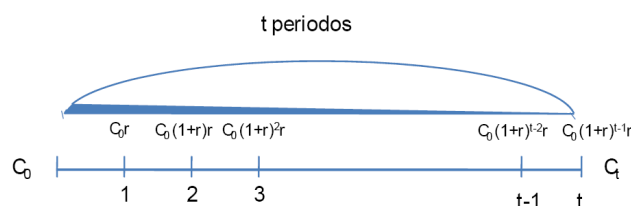
En el presente proyecto, vamos a analizar la rentabilidad de cada mejora por separado para ir descartando y seleccionando las mejoras más rentables hasta alcanzar el conjunto idóneo de mejoras sobre el que realizaremos el estudio económico de viabilidad en profundidad.

La rentabilidad de la inversión realizada la vamos a analizar durante un periodo de vida útil de 30 años, considerando una vida útil para los aislamientos y carpinterías de 30 años, y de 15, 20 y 30 años para equipos de refrigeración y climatización por conductos, caldera de condensación e instalación de sistema de captación de energía solar respectivamente. Por lo tanto, se pretende analizar la rentabilidad de cada inversión de mejora durante un periodo estimado y finalmente analizar la rentabilidad de estas aplicadas a la vez sobre el edificio.



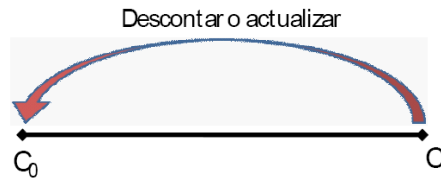
El análisis de las decisiones de inversión exige en primer lugar examinar las relaciones de equilibrio y criterios para la asignación de recursos en el tiempo. Esto implica determinar la relación entre consumo e inversión, al mismo tiempo que requiere conocer los criterios que permiten la comparación de cantidades de dinero recibidas o consumidas en momentos de distinto tiempo.

Para poder valorar el coste del ahorro actual frente al futuro es preciso establecer una tasa de intercambio entre valores actuales y futuros, el valor de esta tasa lo determinan los mercados financieros. A esta acción se le denomina capitalización. Capitalizar es obtener el equivalente futuro de una cantidad disponible en el momento actual.





La operación inversa es determinar la cantidad de dinero actual a que equivale una cantidad disponible con certeza en el futuro. a esta operación se le denomina descuento o actualización.



Por lo tanto, a los precios actuales de ahorro energético, mantenimiento y subvenciones deberemos capitalizar y descontar año a año su valor mediante la siguiente expresión:

$$A = (1+a)^t / (1+n)^t$$

donde

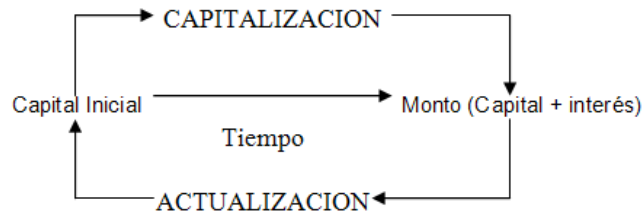
$A$  = Coste de Ahorro energético

$a$  = incremento anual de combustible

$n$  = Interés de descuento o interés entre valores actuales y futuros

$t$  = periodo de tiempo

De esta manera, una vez definidos los coeficientes de capitalización y descuento de un año dado "n" y aplicados sobre un valor, será comparable a sumar dinero disponible en el año 0.



Esta teoría de la elección entre consumo actual y futuro proporciona las bases para el análisis de la decisión de invertir en función del criterio del valor actual.

Para evaluar si una inversión es rentable, se deben evaluar todos los costes y beneficios actuales y futuros, y combinarlos en una medida individual del valor. Este objetivo se traduce en la evaluación de las inversiones en función de su rentabilidad y riesgo asociado.

Para evaluar la rentabilidad de las mejoras propuestas deberemos analizar varias variables económicas como son el tiempo de retorno del capital, la tasa de rentabilidad interna (T.I.R.) o el valor actual neto (V.A.N.).

El VAN se define como la suma algebraica de los valores capitalizados y descontados en cada periodo de tiempo menos el desembolso inicial de la inversión.

En nuestro caso será:

$$\text{VAN} = A \cdot \sum [(1+a)/(1+n)]^t - M \cdot \sum [(1+i)/(1+n)]^t - C$$

Para poder calcularlos correctamente debemos cuantificar los costes:

- El coste de la inversión, ya lo hemos obtenido en los apartados anteriores, al valor de inversión de cada mejora lo llamaremos “C”.
- El coste de mantenimiento de la instalación “M”, en las mejoras que sea necesario.
- El ahorro energético anual producido al introducir la mejora “A”, y que es el responsable de que, con el paso de los años recuperemos la inversión realizada.

A estos valores fijos y conocidos de antemano hay que añadir otros que, si bien con el paso del tiempo fluctúan, deberemos suponerlos constantes para realizar el análisis de rentabilidad. Estos son:

- El incremento del coste energético “a”.

Para poder valorar el ahorro energético debemos plantearnos primero el coste de la energía y la posible tendencia de crecimiento durante los próximos años sobre los que vamos a estudiar la amortización. Lógicamente, contra más años comprenda la viabilidad del estudio mayor incertidumbre tendremos sobre la línea de crecimiento energético.

El estudio se ha basado en la base de datos del Eurostat, que indica los precios de la energía en los últimos años.

Electricity prices for household consumers										
EUR per kWh										
Code: ten0011										
This indicator presents electricity prices charged to final consumers. Electricity prices ... <a href="#">more</a>										
<input checked="" type="checkbox"/> Flags <input type="checkbox"/> Codes <input checked="" type="checkbox"/> Labels <input type="checkbox"/> Codes &										
geo	time	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Germany		0.0720	0.0707	0.0697	0.0700	0.0700	0.0700	0.0700	0.0700	0.0700
Estonia		0.0550	0.0576	0.0620	0.0635	0.0639	0.0712	0.0695	0.0704	0.0771
Ireland		0.1055	0.1197	0.1285	0.1465	0.1559	0.1789	0.1589	0.1584	0.1845
Greece		0.0621	0.0637	0.0643	0.0661	0.0957	0.1055	0.0975	0.1025	0.1065
Spain		0.0885	0.0900	0.0940	0.1004	0.1124	0.1294	0.1417	0.1597	0.1469P
France		0.0905	0.0905	0.0905	0.0921	0.0914	0.0908	0.0940	0.0994	0.0986
Italy		0.1434	0.1440	0.1548	0.1658	:	:	:	0.1397	0.1485P

Tabla de evolución de precios de la electricidad del Eurostat

Gas prices for household consumers										
€/Gigajoule										
Code: ten0011										
This indicator presents the natural gas prices charged to final consumers. Natural gas ... <a href="#">more</a>										
<input checked="" type="checkbox"/> Flags <input type="checkbox"/> Codes <input checked="" type="checkbox"/> Labels <input type="checkbox"/> Codes &										
geo	time	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Denmark		8.4545	12.5798	13.1881	13.6439	:	12.3959	14.6034	16.4669	15.0963
Germany		9.0990	10.1600	12.2500	13.9700	13.3200	13.4800	11.5400	12.0800	13.2200
Estonia		3.9252	3.9235	3.9280	4.9902	7.3897	8.9926	7.7148	9.0700	10.9200
Ireland		7.9300	8.8000	11.0200	14.7420	13.2900	15.7600	12.0700	11.6900	14.2600
Greece		:	:	:	:	:	:	:	:	:
Spain		9.9528	10.2548	11.7500	12.2710	13.7770	14.6400	12.7863	12.6200	15.9200
France		8.6500	9.0000	10.8100	11.4200	12.2900	13.0100	12.2500	13.4300	14.7000
Italy		8.8790	8.9840	10.4300	11.7940	12.0310	14.1580	10.4490	12.2500	14.1900P

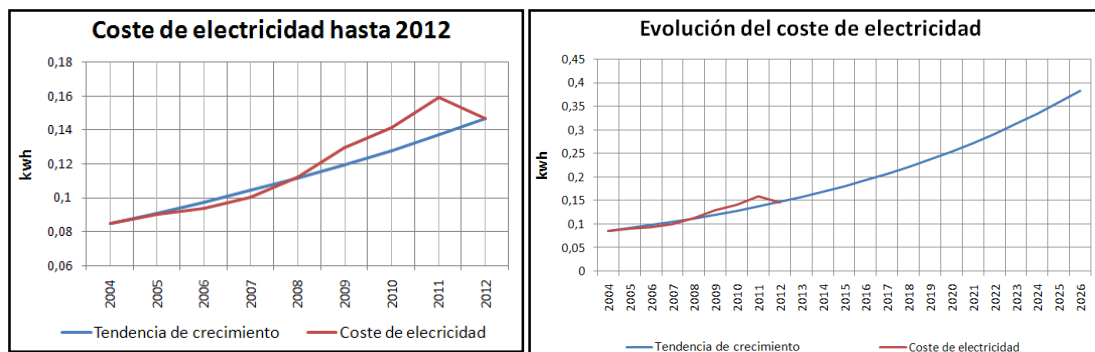
Tabla de evolución de precios del gas del Eurostat

Observamos que la subida del precio de la electricidad desde el 2004 hasta el 2012 ha sido de 0.0885 a 0,1469 €/kw, como el crecimiento en cada año es distinto calculamos un porcentaje mediante el cual aplicado a cada año nos da una tendencia de crecimiento.

Calculamos el porcentaje de crecimiento medio anual de la electricidad desde el 2004 hasta el 2012::

$$C_{2012} = C_{2004} \cdot (1 + a_{\text{elect}})^t \quad \text{con lo que} \quad a_{\text{elect}} = (C_{2012} / C_{2004})^{1/8} - 1$$
$$a_{\text{elect}}\% = (0.1469 / 0.0885)^{1/8} - 1 = 7,08 \%$$

Este porcentaje de aumento del coste de electricidad resultante será el que aplicaremos como aumento del coste anual de la electricidad.

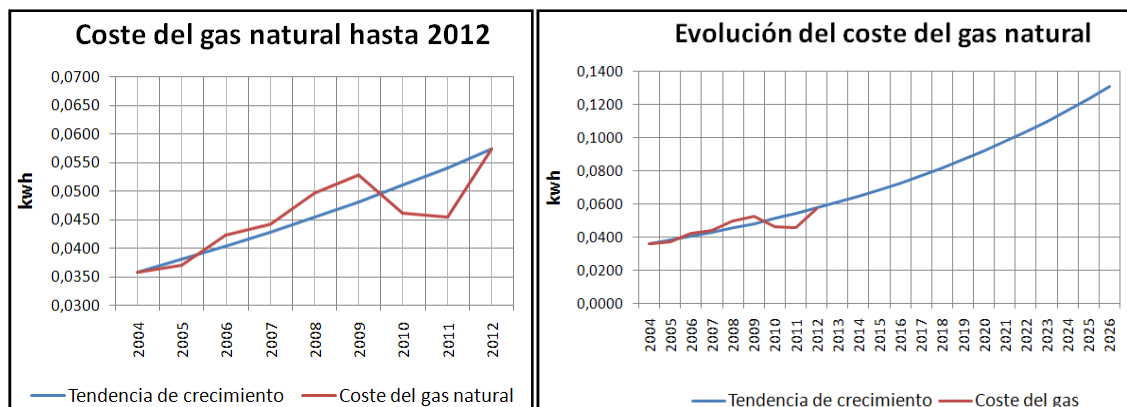


La evolución del precio del gas también es significativa, pasa de 9.9528 €/Giga julios en 2001 15.9200 €/Giga julios en 2012. Dicho en kw, pasa de 0.0358 a 0,0573 €/kwh.

Calculamos el porcentaje medio de crecimiento anual del gas:

$$C_{2012} = C_{2004} \cdot (1 + a_{\text{gas}})^t \quad \text{con lo que} \quad a_{\text{gas}} = (C_{2012} / C_{2004})^{1/8} - 1$$
$$a_{\text{gas}}\% = (15,92 / 9,9528)^{1/8} - 1 = 6,05 \%$$

Igualmente a la electricidad, el porcentaje de aumento del coste de gas resultante será el que aplicaremos como aumento del coste anual de la electricidad.



Como referencia estimativa para el coste de electricidad y gas en el momento actual tomamos los últimos precios para el 2012 definidos en la base de datos del Eurostat.

Gas prices for household consumers €/Gigajoule			Electricity prices for household consumers EUR per kWh		
Code: ten0011			Code: ten0011		
This indicator presents the natural gas prices charged to final consumers. Natural gas ... <a href="#">more</a>			This indicator presents electricity prices charged to final consumers. Electricity prices ... <a href="#">more</a>		
<input checked="" type="checkbox"/> Flags <input type="checkbox"/> Codes <input checked="" type="checkbox"/> Labels <input type="checkbox"/> Codes & Labels			<input checked="" type="checkbox"/> Flags <input type="checkbox"/> Codes <input checked="" type="checkbox"/> Labels <input type="checkbox"/> Codes & Labels		
geo	time	2012	geo	time	2012
Spain		15.9200	Spain		0.1469P

Tabla de evolución de precios de la electricidad del Eurostat

En nuestro estudio sobre diferencia de consumo entre el edificio inicial y el mejorado, los términos fijos contemplados en las facturas no supondrán ningún coste añadido sobre el consumo que debamos tener en cuenta.

- Periodo de años, “t” (en función de la vida útil)
- El incremento del coste del mantenimiento, valorado por el índice de inflación anual “i”  
El actual índice de inflación en España según el Banco Central Europeo se encuentra en un 3 %



[http://epp.eurostat.ec.europa.eu/inflation\\_dashboard](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/inflation_dashboard)

El interés tasa de descuento “n”: Tipo de interés del Bono a 10 años del mercado secundario de valores (público y privado) facilitado diariamente por el Banco de España.

Tasa de descuento aplicable para calcular el VAN en el momento de la redacción del estudio: **5, 03%**

1 TIPOS DE INTERÉS (datos diarios)		1.3 Del mercado secundario de valores (público y privado)																							
Los datos mensuales corresponden al último día del mes																		Porcentajes							
Letras del Tesoro																		Bonos y obligaciones del Estado		Mercado de renta fija (AIAF)					
1 a 3 meses	6 meses	6 a 12 meses	12 meses	más de 12 meses	1 a 2 años	más de 2 años	3 años	más de 4 años	5 años	10 años	15 años	3 meses	6 meses	12 meses	18 meses										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16										
12 Ene	1.10	1.43	1.63	1.73	1.91	2.35	3.81	2.88	4.79	3.52	4.99	5.62	1.73	2.02	2.28	2.51									
Feb	0.34	0.55	1.00	1.13	1.46	1.72	4.29	2.67	4.54	3.54	4.97	5.53	1.70	1.99	2.24	2.47									
Mar	0.36	0.55	1.21	1.70	2.03	1.99	3.77	2.92	5.07	4.18	5.41	5.90	1.49	1.79	2.04	2.27									
Abr	0.47	1.09	1.98	2.55	3.05	3.19	4.96	3.75	5.80	4.84	5.74	6.21	1.42	1.71	1.94	2.16									
May	0.79	2.14	3.33	3.88	4.05	4.47	5.71	5.44	6.36	6.03	6.55	6.86	1.38	1.65	1.85	2.08									
Jun	1.91	2.78	4.42	4.25	4.25	4.43	5.48	5.33	6.84	5.79	6.50	6.89	1.47	1.76	1.96	2.30									
Jul	1.08	3.42	3.30	3.68	3.50	4.37	5.87	5.46	6.43	6.19	6.31	7.14	1.25	1.56	1.74	2.11									
Ago	0.91	2.00	2.08	2.91	3.33	3.33	6.32	4.81	6.35	5.67	6.57	7.07	1.13	1.42	1.66	1.98									
Sep	1.88	1.65	2.45	2.32	3.00	2.99	4.34	4.07	5.54	4.98	5.97	6.47	1.19	1.44	1.65	1.97									
Oct	1.28	2.03	2.35	2.49	2.52	2.92	4.43	3.73	5.32	4.34	5.52	6.16	1.25	1.48	1.68	2.00									
Nov	0.52	1.19	1.96	2.28	2.37	2.83	4.11	3.44	5.25	4.47	5.34	5.93	1.24	1.44	1.63	1.95									
Dic	1.16	1.58	1.91	2.10	2.37	3.15	4.97	3.16	4.97	4.04	5.26	5.63	3.12	3.17	3.55	3.80									
12 Dic	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-									
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-									
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-									
4	0.95	-	1.89	2.20	-	2.70	4.39	3.31	5.23	4.28	5.23	5.99	1.24	1.44	1.63	1.95									
5	1.17	-	1.94	2.27	-	2.59	4.16	3.42	4.85	4.25	5.24	-	1.24	1.44	1.63	1.95									
6	1.11	-	2.73	-	-	2.94	4.56	3.45	5.22	4.34	5.32	5.74	1.24	1.44	1.63	1.95									
7	-	-	1.68	2.30	-	-	3.88	3.58	5.22	4.60	5.43	-	1.24	1.43	1.63	1.95									
8	-	-	2.29	2.43	-	-	2.97	4.86	3.63	5.32	4.39	5.49	-	1.24	1.43	1.62	1.94								
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-									
10	1.24	-	1.89	2.40	-	-	3.11	4.39	3.70	5.22	4.46	5.80	5.90	1.24	1.42	1.61	1.93								
11	1.02	-	2.20	2.57	-	-	2.87	4.41	3.63	5.28	4.53	5.90	5.83	1.23	1.41	1.62	1.92								
12	1.06	1.72	2.12	2.41	-	-	2.67	2.60	3.90	3.45	4.60	4.44	5.36	-	1.24	1.41	1.60	1.92							
13	1.28	1.71	2.27	2.54	-	-	2.70	2.93	4.22	3.41	5.09	4.25	5.37	5.71	1.24	1.41	1.60	1.92							
14	-	-	1.96	2.34	-	-	2.78	4.43	3.48	5.39	4.22	5.36	5.69	1.24	1.41	1.60	1.92								
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
17	-	-	2.12	2.20	-	-	2.63	2.68	5.15	-	5.15	4.29	5.41	-	1.24	1.41	1.60	1.92							
18	1.27	1.69	2.21	2.20	-	-	2.77	3.21	4.83	4.12	5.33	5.70	1.24	1.41	1.60	1.92									
19	1.03	-	2.03	2.15	-	-	2.56	4.52	3.37	5.10	4.07	5.25	5.68	1.24	1.41	1.60	1.92								
20	1.18	1.57	2.10	2.15	-	-	2.73	4.10	3.33	4.59	4.12	5.30	-	1.24	1.41	1.60	1.92								
21	1.17	-	1.91	2.11	-	-	2.39	2.68	4.06	3.26	4.72	4.01	5.25	5.63	1.24	1.41	1.60	1.92							
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
24	1.10	-	-	-	-	-	-	-	5.09	-	5.09	4.02	5.26	-	1.24	1.41	1.60	1.92							
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
27	1.15	1.58	-	1.72	2.46	-	2.44	4.16	3.51	5.02	4.04	5.26	5.63	1.24	1.41	1.60	1.92								
28	1.15	-	-	2.10	2.43	-	2.90	3.97	3.16	4.70	-	5.26	5.63	1.24	1.41	1.60	1.92								
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
31	-	-	-	-	2.37	3.15	4.97	-	4.97	-	-	-	-	3.12	3.17	3.55	3.80								
13 Ene	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
2	0.85	-	-	-	-	-	2.36	4.26	3.01	5.15	3.88	5.33	5.68	1.24	1.41	1.60	1.92								

<http://www.bde.es/webbde/es/estadis/infoest/tipos/tipos.html>

Este criterio seleccionado para el estudio de la viabilidad de las inversiones facilita la toma de decisiones de cada inversión al poder seleccionar las mejoras que incrementan el valor total del inversor, es decir, aquellos cuyo VAN sea positivo, y rechazar aquellos con VAN negativo

VAN>0 Se acepta el proyecto

VAN=0 Se rechaza el proyecto

VAN<0 Se rechaza el proyecto

La tasa interna de retorno T.I.R. es aquel interés que hace nulo el V.A.N. Es decir, es un interés bancario que hace rentabilizar la inversión al cabo de “n” años, al mismo beneficio por intereses que la mejora por aporte de energía.

La amortización de la inversión o recuperación del capital invertido se deberá realizar sobre el valor capitalizado del ahorro energético obtenido, ya que se pretende recuperar una inversión del presente en un futuro donde el coste del ahorro energético ha aumentado exponencialmente. Sin embargo, el cálculo del VAN se debe realizar sobre el valor actualizado o descontado del dinero, ya que determina el beneficio económico futuro traído a valores del presente. Por lo tanto, la amortización o recuperación del capital invertido en unos años no implica un valor del VAN positivo a partir de ese momento, ya que el valor del VAN en ese año vendrá dado por la suma actualizada de los flujos o diferencia entre las entradas y salidas de tesorería que dicho activo ocasionará, y hasta ese momento el flujo de caja aún es negativo.

La selección de las mejoras tras la obtención del VAN y TIR se realizará atendiendo a la que obtenga un mayor VAN, siempre que este sea positivo. La selección de las mejoras en función del VAN es arriesgada ya que se ha de ser consciente que esta decisión es más sensible a variaciones debido a posibles cambios futuros en la tasa de descuento y en los cambios de tipos de intereses del mercado, pero es el valor que nos define el beneficio de la inversión. Si lo que nos interesase fuera la inversión que antes se amortiza o recuperamos el capital invertido optaríamos por seleccionar las mejoras mediante el TIR.

## 6. Edificio uso vivienda.

### 6.1 Descripción del edificio

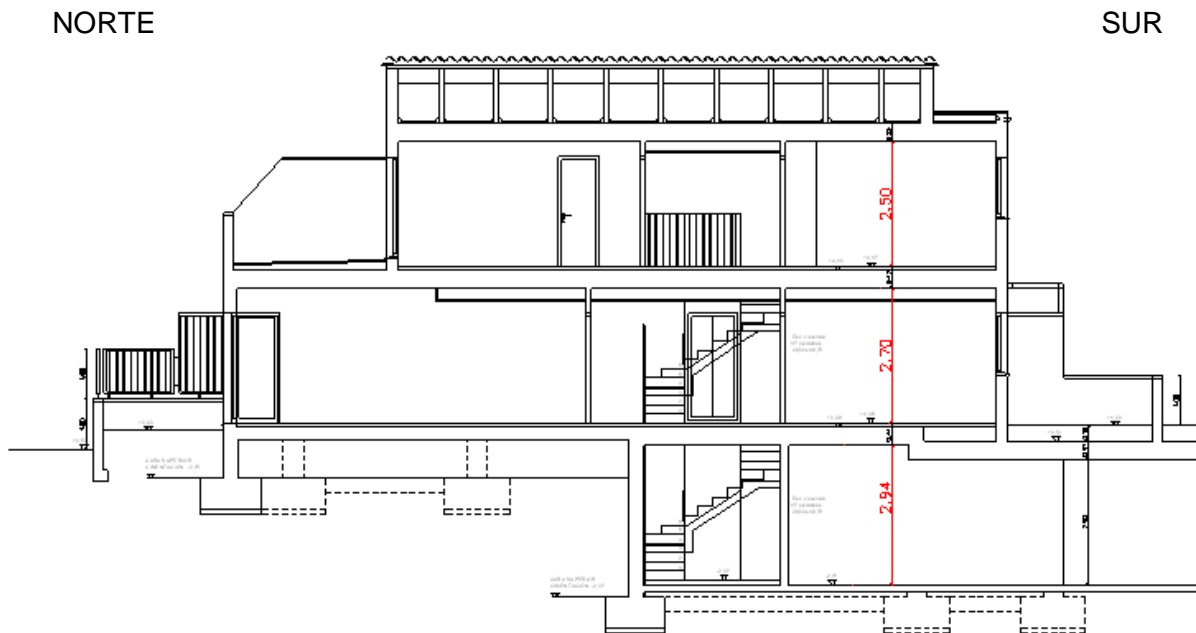
Para la redacción del presente estudio se ha seleccionado un edificio con fachada principal recayente al norte y la fachada posterior al sur. El edificio se encuentra adosado a otros edificios de las mismas características por lo que sus fachadas este y oeste se encuentran formando medianera.

El edificio consta de sótano, planta baja, planta primera con terraza transitable y cubierta formada por una cubierta inclinada y otra plana no transitable.

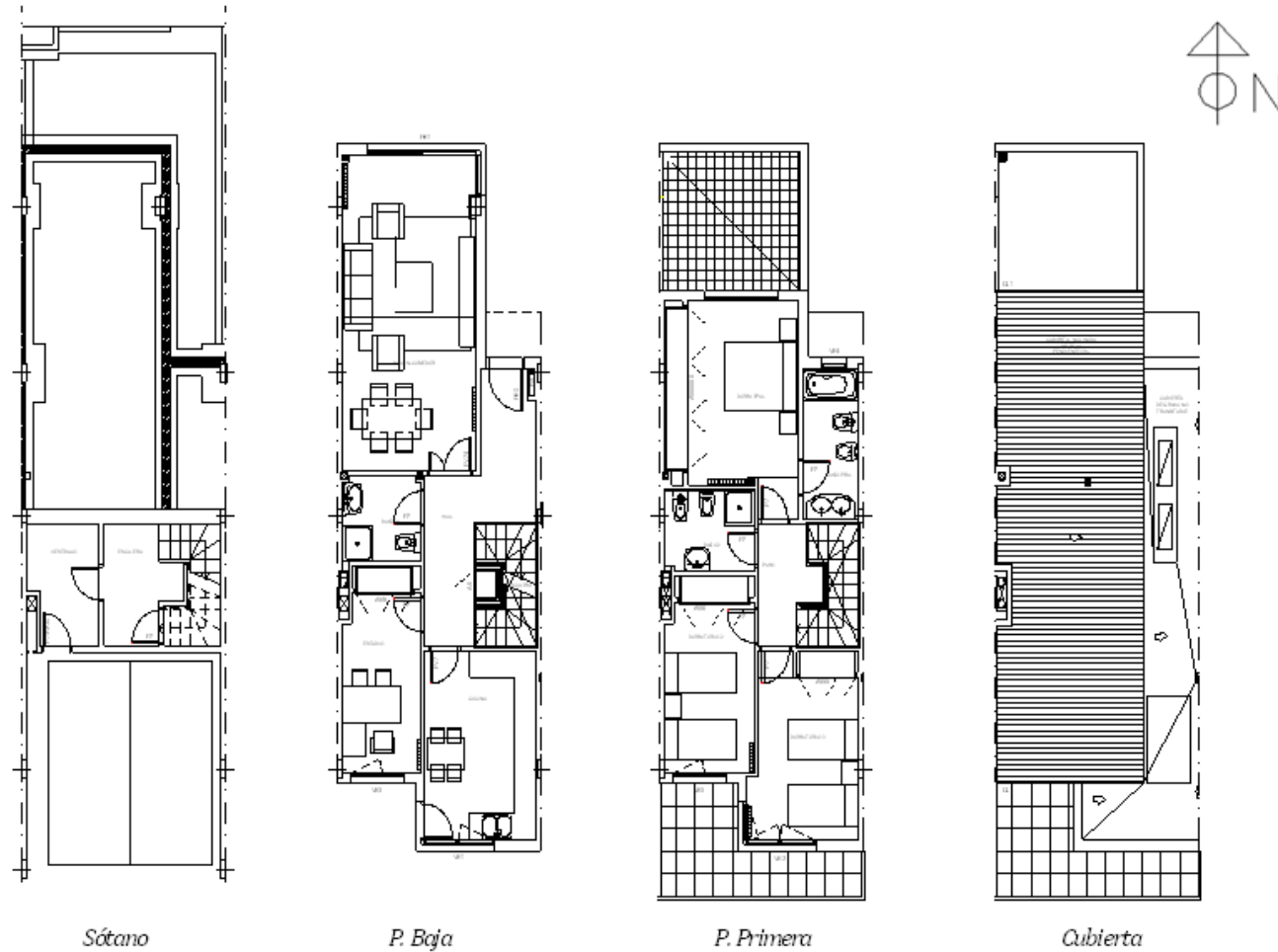
La superficie de cada planta es la siguiente:

	SUP. UTIL (m <sup>2</sup> )		
	Sótano	PB	P1
Vivienda	25	75,10	64,10

Se adjuntan los planos de sección y distribución del edificio correspondiente al uso vivienda:



Plano de Sección

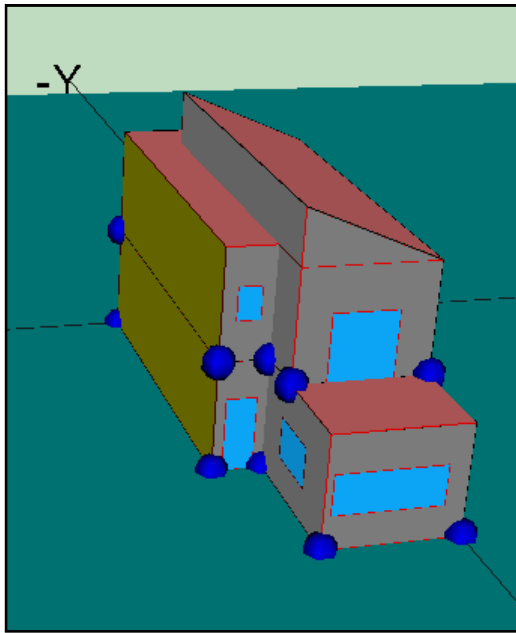


*Planos de distribución en uso vivienda*

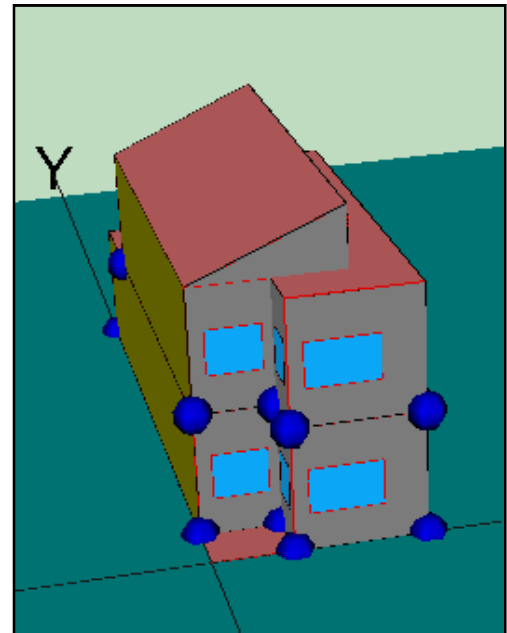
## 6.2 Cálculo de la Demanda del edificio.

La simulación para el cálculo de la demanda del edificio y la comprobación del cumplimiento de su envolvente respecto de la HE1 se realiza mediante la aplicación LIDER.

Para ello, se realiza el levantamiento del edificio con este programa definiendo sus espacios y sistemas constructivos.



Fachada Principal (Norte)



Fachada Posterior (Sur)

Una vez simulado el edificio en LIDER, insertamos la simulación en la aplicación CALENER VyP con las instalaciones definidas para el edificio. El programa calcula la demanda resultante obteniendo el siguiente resultado:

	Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Demanda calefacción	E	53,5	7498,0
Demanda refrigeración	B	10,4	1457,6

Este valor de la demanda será la base sobre la que compararemos el coste energético de todas las mejoras que se realicen sobre la envolvente. Para cada mejora se obtendrán distintos valores de demanda y sobre estos valores se calculará el coste energético de cada una de ellas.

Los valores obtenidos para las demandas son meramente orientativos, ya que estos valores no significan el consumo real del edificio, sin embargo los emplearemos para poder determinar un hipotético ahorro energético de cada mejora y así valorar la idoneidad o no de cada una.

Para poder aproximar la demanda obtenida al consumo producido dividiremos la demanda de la calefacción por un rendimiento medio estacional de la caldera de 0,8, y la demanda de refrigeración la dividiremos por un rendimiento eléctrico de 2,5.



### 6.3. Estudio de la calificación energética inicial del edificio por el método simplificado y por el método general.

Se realiza la calificación energética del edificio con los sistemas constructivos definidos en el apartado anterior mediante los dos métodos para poder observar y analizar la diferencia existente entre ellos.

#### Calificación obtenida por el método general mediante el programa CALENER.

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	Edificio Objeto		
<5.4 A			
5.4-10.3 B			
10.3-17.3 C			
17.3-27.8 D	21.6 D		
>27.8 E			
	Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Demanda calefacción	E	53.5	7498.0
Demanda refrigeración	B	10.4	1457.6
	Clase	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año
Emisiones CO <sub>2</sub> calefacción	D	14.4	2018.2
Emisiones CO <sub>2</sub> refrigeración	C	3.1	434.5
Emisiones CO <sub>2</sub> ACS	E	4.1	574.6
Emisiones CO <sub>2</sub> totales			3027.2

#### Calificación obtenida por el método simplificado mediante el programa CE3X

Calificación energética de edificios Indicador kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>		Edificio objeto	
< 5.4	A		
< 10.3	B	Demanda de calefacción (kWh/m <sup>2</sup> )	68.5 E
< 17.4	C	Demanda de refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> )	9.9 B
< 27.9	D	Emisiones de calefacción (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	22.9 E
< 52.2	E	Emisiones de refrigeración (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	3.3 C
< 61.1	F	Emisiones de ACS (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	5.7 E
>= 61.1	G		

En este caso, la calificación energética obtenida por el método simplificado es inferior a la realizada por el método general

## 6.4 Rehabilitación energética

### 6.4.1 Selección de mejoras sobre la envolvente.

Se realizarán una simulación del edificio para cada mejora propuesta con la que se obtendrán unas demandas para cada caso. Estos datos de demanda obtenidos se compararán con los datos de demanda del edificio inicial para observar si estas mejoras producen un ahorro energético y determinar la rentabilidad de la inversión, seleccionando las mejoras más eficientes de cada tipología constructiva.

El cálculo de la demanda se realizará modificando, sobre el edificio inicial, solamente la característica de la envolvente definida en la mejora y manteniendo invariable el resto de tipologías constructivas.

Para poder tener una estimación del consumo respecto a la demanda obtenida dividiremos el valor de la demanda de la calefacción por un rendimiento medio estacional de la caldera de 0,8, y la demanda de refrigeración la dividiremos por un rendimiento eléctrico de 2,5.

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año
		kwh/m2	kwh/año	Calif.			
Edificio inicial	Cal	53,50	7.498,00	E	g.n.	0,85	8.821,18
	Refr	10,40	1.457,60	B	e	2,50	583,04

Los valores obtenidos serán meramente orientativos, ya que estos valores no significan el consumo real del edificio, sino un consumo aproximado, pero emplearemos estos valores para poder determinar y comparar las mejoras definidas para cada sistema constructivo y seleccionar la más eficiente.

### Demanda edificio con mejoras 1 (Aislamientos en fachada)

**Mejora 1.1:** Inyección de aislamiento de poliuretano de 0.032 W/m°C en el interior de la cámara de aire de 5 cm.

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp
1	1/2 pie LP métrico o catalán 40 mm < G < 60 mm	0,115	0,667	1140	1000
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020	1,800	2100	1000
3	PUR Proyección con CO2 celda cerrada [ 0.032	0,050	0,032	50	1000
4	Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	0,060	0,432	930	1000
5	Yeso, de alta dureza 900 < d < 1200	0,020	0,430	1050	1000

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año
		kwh/m2	kwh/año	Calif			
M1.1	Cal	38,3	5367,7	D	g.n.	0,85	6.314,94
	Refr	10,1	1415,5	B	e	2,50	566,20

**Mejora 1.2:** Trasdosado de la tabiquería interior del cerramiento mediante tabiquería autoportante de cartón-yeso de 15 mm con aislamiento de lana de roca de 0.032 W/m°C de 5cm por el interior.

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp
1	1/2 pie LP métrico o catalán 40 mm < G < 60 mm	0,115	0,667	1140	1000
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020	1,800	2100	1000
3	Cámara de aire sin ventilar vertical 5 cm				
4	Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	0,060	0,432	930	1000
5	Yeso, de alta dureza 900 < d < 1200	0,020	0,430	1050	1000
6	MW Lana mineral [0.031 W/[mK]]	0,050	0,031	40	1000
7	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,015	0,250	825	1000



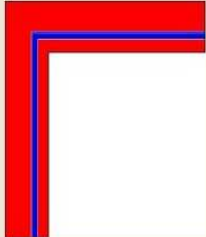
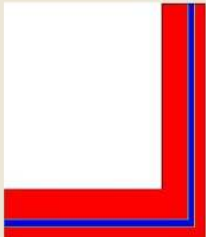
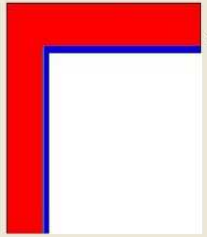
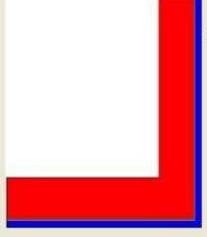
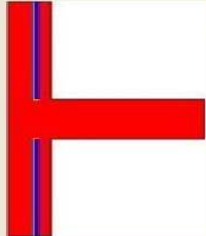
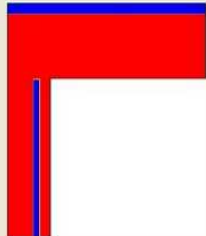
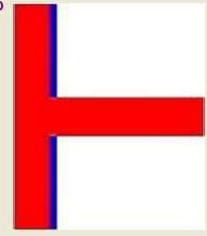
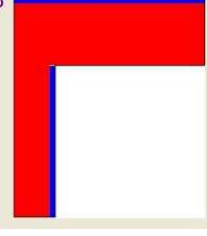
		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año
		kwh/m2	kwh/año	Calif.			
M1.2	Cal	36,4	5101,5	D	g.n.	0,85	6.001,76
	Refr	10,2	1429,5	B	e	2,50	571,80

Resumen del ahorro en el consumo energético respecto del edificio inicial tras la aplicación de cada mejora:

	Consumo edificio inicial kwh		Consumo aproximado mejoras kwh		Ahorro consumo kwh		Coste energía €		Ahorro mejora €/año	
	Cal	Refr	Cal	Refr	Cal	Refr	Gas natural	Electr	Cal	Refr
M1.1	8.821,18	583,04	6314,94	566,20	2506,24	16,84	0,057	0,1489	142,86	2,51
M1.2			6001,76	571,80	2819,41	11,24			160,71	1,67

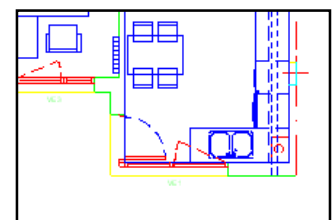
Desde el punto de vista del consumo energético, como se puede observar se aprecia una mejor demanda en la solución del trasdosado que en la otra, esta diferencia se debe principalmente a la distinta solución adoptada en el puente térmico en cada caso.

Puente térmico en proyectado		Puente térmico en trasdosado	
<p>Encuentro suelo exterior-fachada</p> <p>Nombre: R2EEB  <math>\Psi</math>: 0,38                      f: 0,69                      WW(m)</p>	<p>Encuentro suelo exterior-fachada</p> <p>Nombre: R1EEB  <math>\Psi</math>: 0,43                      f: 0,71                      WW(m)</p>		
<p>Hueco ventana</p> <p>Nombre: W14B  <math>\Psi</math>: 0,42                      f: 0,57                      WW(mk)</p>	<p>Hueco ventana</p> <p>Nombre: W15B  <math>\Psi</math>: 0,02                      f: 0,76                      WW(mk)</p>		

<p><b>Pilar</b></p>  <p>Nombre: P7B</p> <p><math>\Psi</math>: 0,09 W/(mK)</p> <p>f: 0,85</p>	<p><b>Pilar</b></p>  <p>Nombre: P6B</p> <p><math>\Psi</math>: 0,05 W/(mK)</p> <p>f: 0,77</p>
<p><b>Esquina saliente</b></p>  <p>Nombre: C2B</p> <p><math>\Psi</math>: 0,08 W/(mK)</p> <p>f: 0,81</p> <p><b>Esquina entrante</b></p>  <p>Nombre: C6B</p> <p><math>\Psi</math>: -0,15 W/(mK)</p> <p>f: 0,89</p>	<p><b>Esquina saliente</b></p>  <p>Nombre: C3B</p> <p><math>\Psi</math>: 0,02 W/(mK)</p> <p>f: 0,63</p> <p><b>Esquina entrante</b></p>  <p>Nombre: C7B</p> <p><math>\Psi</math>: -0,13 W/(mK)</p> <p>f: 0,80</p>
<p><b>Encuentro forjado-fachada</b></p>  <p>Nombre: F2B</p> <p><math>\Psi</math>: 0,42 W/(mK)</p> <p>f: 0,72</p> <p><b>Encuentro cubierta-fachada</b></p>  <p>Nombre: R2B</p> <p><math>\Psi</math>: 0,38 W/(mK)</p> <p>f: 0,69</p>	<p><b>Encuentro forjado-fachada</b></p>  <p>Nombre: F3B</p> <p><math>\Psi</math>: 0,35 W/(mK)</p> <p>f: 0,65</p> <p><b>Encuentro cubierta-fachada</b></p>  <p>Nombre: R3B</p> <p><math>\Psi</math>: 0,34 W/(mK)</p> <p>f: 0,61</p>

Desde el punto de vista arquitectónico, el trasdosado de cartón-yeso ocupará un espacio extra en el interior de 7cm mientras que el proyectado de poliuretano al inyectarse en el interior de la cámara de aire no ocupa ningún espacio.

Constructivamente, es un problema importante a la hora de la colocación del trasdosado la existencia de radiadores ya que se deberán desmontar y preparar las tuberías para la nueva situación del radiador debido al retranqueo de 7 cm del tabique. Incluso tenemos el problema de la cocina alicatada y del retranqueo de elemento fijos como el fregadero y la bancada.

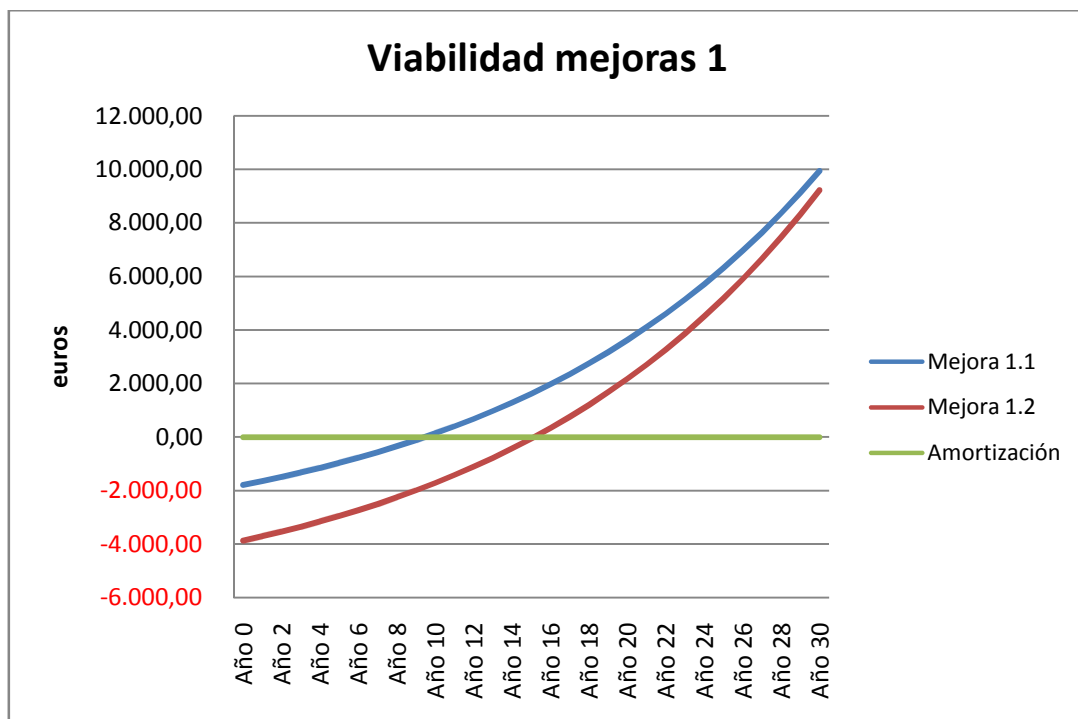


El coste de inversión para cada caso es el siguiente:

Mejora	Descripción	Medición	€/ud	Importe
M1.1	m2. Inyección de espuma de poliuretano 0,032 w/m2 <sup>0</sup> k en tabiquería de fachada con un espesor medio de 5 cm. Incluido la posterior tapado de huecos y pintado de paredes. Incluso limpieza y retirada de material.	130,00	13,75	1.786,99 €
M1.2	m2 Trasdosado autoportante de cartón yeso de perfiles de 46 mm con aislamiento de lana de roca 0,032 w/m2 <sup>0</sup> k de 5 cm de espesor. Incluido colocación rodapiés y pintado de paredes. Incluso limpieza y retirada de material.	130,00	29,70	3.861,30 €

Desglose de precios en anexo IV

Estudio de la viabilidad de cada opción:



	VAN	TIR	Amortización
<b>Mejora 1.1</b>	3.054,03	13,03%	Año 10
<b>Mejora 1.2</b>	1.540,37	7,34%	Año 16

Seleccionamos la mejora 1.1 al tener tanto el VAN como el TIR más alto que la mejora 1.2.

### Demanda edificio con mejoras 2 (Aislamientos en forjado planta baja)

**Mejora 2.1:** Colocación de 4 cm de aislamiento de lana de roca de 0.032 W/m°C bajo el forjado de planta baja.

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año
		kwh/m2	kwh/año	Calif.			
M2.1	Cal	46	6446,9	D	g.n.	0,85	7.584,59
	Refr	11	1541,6	B	e	2,50	616,64

**Mejora 2.2:** Colocación de 8 cm de aislamiento de lana de roca de 0.032 W/m°C bajo el forjado de planta baja.

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año.
		kwh/m2	kwh/año	Calif.			
M2.2	Cal	44,3	6208,6	D	g.n.	0,85	7.304,24
	Refr	11,2	1569,7	B	e	2,50	627,88

**Mejora 2.3:** Colocación de 12 cm de aislamiento de lana de roca de 0.032 W/m°C bajo el forjado de planta baja.

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año.
		kwh/m2	kwh/año	Calif.			
M2.3	Cal	43,5	6096,5	D	g.n.	0,85	7.172,35
	Refr	11,2	1569,7	B	e	2,50	627,88

Resumen del ahorro en el consumo energético respecto del edificio inicial tras la aplicación de cada mejora:

	Consumo edificio inicial kwh		Consumo aproximado kwh		Ahorro consumo kwh		Coste energía €		Ahorro mejora €/año	
	Cal	Refr	Cal	Refr	Cal	Refr	Gas natural	Electricidad	Cal	Refr
M2.1	8.821,18	583,04	7584,59	616,64	1236,59	-33,60	0,057	0,1489	70,49	-5,00
M2.2			7304,24	627,88	1516,94	-44,84			86,47	-6,68
M2.3			7172,35	627,88	1648,82	-44,84			93,98	-6,68

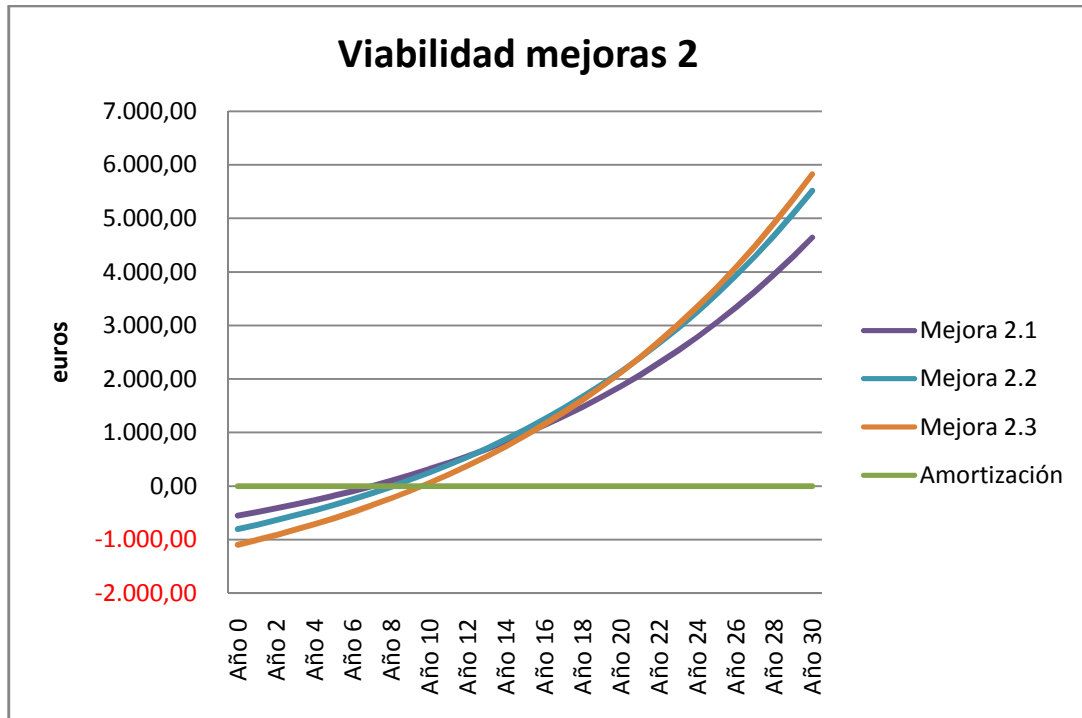
El coste de inversión para cada caso es el siguiente:

Mejora	Descripción	Medición	€/ud	Importe
M2.1	m2.Aislamiento térmico en suelos bajo forjando planta baja, con lana mineral de 40mm de espesor, sin revestimiento, de conductividad térmica de 0.032 W/mK. Incluso limpieza y retirada de material.	80,00	6.85	548,00 €
M2.2	m2.Aislamiento térmico en suelos bajo forjando planta baja, con lana mineral de 80mm de espesor, sin revestimiento, de conductividad térmica de 0.032 W/mK. Incluso limpieza y retirada de material.	80,00	10,00	800,00 €

<b>M2.3</b>	m2.Aislamiento térmico en suelos bajo forjando planta baja, con lana mineral de 120mm de espesor, sin revestimiento, de conductividad térmica de 0.032 W/mK. Incluso limpieza y retirada de material.	80,00	13,68	<b>1094,40 €</b>
-------------	---	-------	-------	------------------

*Desglose de precios en anexo IV*

Estudio de la viabilidad de cada opción:



*Ver cálculos de viabilidad en anexo II*

	<b>VAN</b>	<b>TIR</b>	<b>Amortización</b>
<b>Mejora 2.1</b>	1.601,50	17,41%	Año 7
<b>Mejora 2.2</b>	1.815,84	15,15%	Año 9
<b>Mejora 2.3</b>	1.771,27	12,73%	Año 10

La colocación de mayores espesores de aislamiento produce una mejora energética pero entre la opción de 8 y 12 cm de aislamiento observamos que a los 30 años no se produce una gran diferencia de ahorro entre ambas.

Seleccionamos la mejora 2.2.

**Demanda edificio con mejoras 3 (Huecos):** El resultado de las demandas en función de su correspondiente mejora es la siguiente:

	Carpintería		Acristalamiento				Mejora	Demanda kwh/m2		Demanda kwh/año		Consumo aprox. kwh/año	
	Modelo	U W/m2h	Vidrio	Tipología según capas	Factor solar	U W/m2h		Calef	Refrig	Calef	Refrig	Calef	Refrig
Correderas	Selec 60 (sin RPT)	5,7	4/14/3+3	Planilux sin capas	0,75	2,80	<b>M3.1</b>	52	10,5	7287,8	1471,6	8573,9	588,6
				Cool-lite st 108	0,09	1,70	<b>M3.2</b>	65	5,2	9109,7	728,8	10717,3	291,5
				Planistar	0,42	1,50	<b>M3.3</b>	56,1	7,8	7862,4	1093,2	9249,9	437,3
				Planitherm total 13	0,65	1,60	<b>M3.4</b>	50	10,2	7007,5	1429,5	8244,1	571,8
				Planitherm total 13+ argón 100%	0,66	1,30	<b>M3.5</b>	49	10,3	6867,3	1443,5	8079,2	577,4
	Confort 74 (con RPT)	4,53	4/16/3+3	Planilux sin capas	0,77	2,70	<b>M3.6</b>	49,9	10,8	6993,5	1513,6	8227,6	605,4
				Cool-lite st 108	0,09	1,70	<b>M3.7</b>	64,2	5,2	8997,6	728,8	10585,4	291,5
				Planistar	0,42	1,40	<b>M3.8</b>	54,9	7,9	7694,2	1107,2	9052,0	442,9
				Planitherm total 13	0,65	1,50	<b>M3.9</b>	49	10,2	6867,3	1429,5	8079,2	571,8
				Planitherm total 13+ argón 100%	0,66	1,30	<b>M3.10</b>	48,2	10,4	6755,2	1457,6	7947,3	583,0
Abatibles	X-50 (sin RPT)	3,89	4/16/3+3	Planilux sin capas	0,77	2,70	<b>M3.11</b>	49,4	10,8	6923,4	1513,6	8145,2	605,4
				Cool-lite st 108	0,09	1,70	<b>M3.12</b>	63,7	5,2	8927,6	728,8	10503,1	291,5
				Planistar	0,42	1,40	<b>M3.13</b>	54,4	7,9	7624,2	1107,2	8969,6	442,9
				Planitherm total 13	0,65	1,50	<b>M3.14</b>	48,5	10,3	6797,3	1443,5	7996,8	577,4
				Planitherm total 13+ argón 100%	0,66	1,30	<b>M3.15</b>	47,7	10,4	6685,2	1457,6	7864,9	583,0
	Style 45 (con RPT)	3,60	4/16/3+3	Planilux sin capas	0,77	2,70	<b>M3.16</b>	49,2	10,9	6895,4	1527,6	8112,2	611,0
				Cool-lite st 108	0,09	1,70	<b>M3.17</b>	63,5	5,2	8899,5	728,8	10470,0	291,5
				Planistar	0,42	1,40	<b>M3.18</b>	54,1	7,9	7582,1	1107,2	8920,1	442,9
				Planitherm total 13	0,65	1,50	<b>M3.19</b>	48,3	10,3	6769,2	1443,5	7963,8	577,4
				Planitherm total 13+ argón 100%	0,66	1,30	<b>M3.20</b>	47,4	10,4	6643,1	1457,6	7815,4	583,0

Tabla de demanda energética de cada mejora





Mejora	HUECOS						CARPINTERIA						VIDRIO		TOTAL HUECO €					
							€/ud			Total €			TOTAL CARPINTERIA €	VIDRIO €/m2		TOTAL VIDRIO €				
	ud 100x100	m2 100 x 100	ud 200x100	m2 200 x 100	ud 200x200	m2 200 x 200	100 x 100	200 x 100	200 x 200	100 x 100	200 x 100	200 x 200								
M3.1	6	6,00	3	6,00	1	4,00							3341	55	880	4221,00				
M3.2																		92	1472	4813,00
M3.3							310	355	416	1860	1065	416		85	1360	4701,00				
M3.4														71	1136	4477,00				
M3.5														83	1328	4669,00				
M3.6													57	912	5092,00					
M3.7													94	1504	5684,00					
M3.8							380	440	580	2280	1320	580	87	1392	5572,00					
M3.9													73	1168	5348,00					
M3.10													85	1360	5540,00					
M3.11													57	912	4732,00					
M3.12													94	1504	5324,00					
M3.13							340	390	610	2040	1170	610	87	1392	5212,00					
M3.14													73	1168	4988,00					
M3.15													85	1360	5180,00					
M3.16													57	912	5248,00					
M3.17													94	1504	5840,00					
M3.18							376	450	730	2256	1350	730	87	1392	5728,00					
M3.19													73	1168	5504,00					
M3.20													85	1360	5696,00					

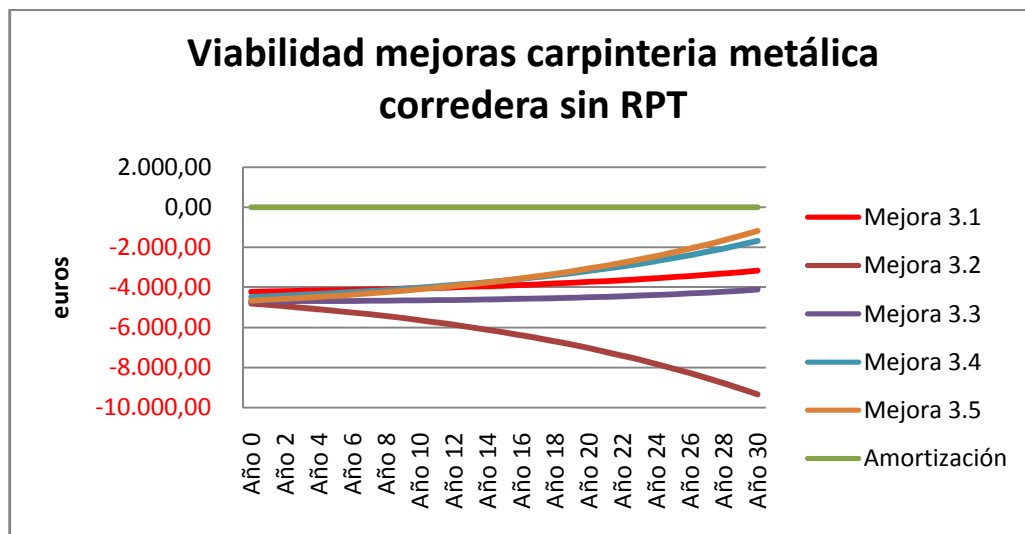
Tabla del coste de cada mejora en hueco

Comparamos los costes de las demandas y las carpinterías con acristalamientos de las soluciones seleccionadas:

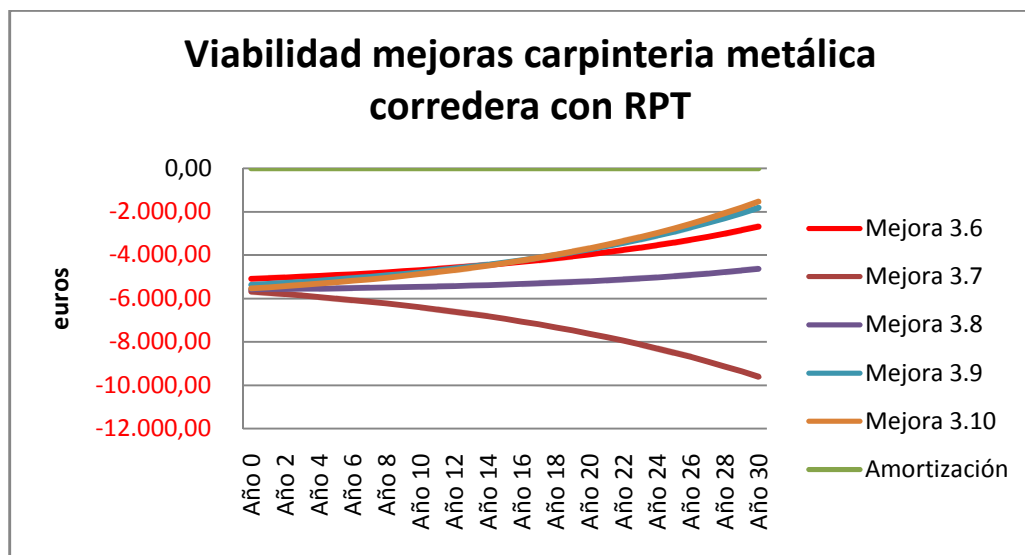
	Consumo edificio inicial kwh		Consumo aproximado mejoras kwh		Ahorro consumo mejoras kwh		Coste energía		Ahorro mejora €/año	
	Cal	Refr	Cal	Refr	Cal	Refr	Gas natural	Electricidad	Cal	Refr
<b>Mejora 3.1</b>	8.821,18	583,04	8573,88	588,64	247,29	-5,60	0,057	0,1489	14,10	-0,83
<b>Mejora 3.2</b>			10717,29	291,52	-1896,12	291,52			-108,08	43,41
<b>Mejora 3.3</b>			9249,88	437,28	-428,71	145,76			-24,44	21,70
<b>Mejora 3.4</b>			8244,12	571,80	577,06	11,24			32,89	1,67
<b>Mejora 3.5</b>			8079,18	577,40	742,00	5,64			42,29	0,84
<b>Mejora 3.6</b>			8227,65	605,44	593,53	-22,40			33,83	-3,34
<b>Mejora 3.7</b>			10585,41	291,52	-1764,24	291,52			-100,56	43,41
<b>Mejora 3.8</b>			9052,00	442,88	-230,82	140,16			-13,16	20,87
<b>Mejora 3.9</b>			8079,18	571,80	742,00	11,24			42,29	1,67
<b>Mejora 3.10</b>			7947,29	583,04	873,88	0,00			49,81	0,00
<b>Mejora 3.11</b>			8145,18	605,44	676,00	-22,40			38,53	-3,34
<b>Mejora 3.12</b>			10503,06	291,52	-1681,88	291,52			-95,87	43,41
<b>Mejora 3.13</b>			8969,65	442,88	-148,47	140,16			-8,46	20,87
<b>Mejora 3.14</b>			7996,82	577,40	824,35	5,64			46,99	0,84
<b>Mejora 3.15</b>			7864,94	583,04	956,24	0,00			54,51	0,00
<b>Mejora 3.16</b>			8112,24	611,04	708,94	-28,00			40,41	-4,17
<b>Mejora 3.17</b>			10470,00	291,52	-1648,82	291,52			-93,98	43,41
<b>Mejora 3.18</b>			8920,12	442,88	-98,94	140,16			-5,64	20,87
<b>Mejora 3.19</b>			7963,76	577,40	857,41	5,64			48,87	0,84
<b>Mejora 3.20</b>			7815,41	583,04	1005,76	0,00			57,33	0,00

*Tabla ahorro energético*

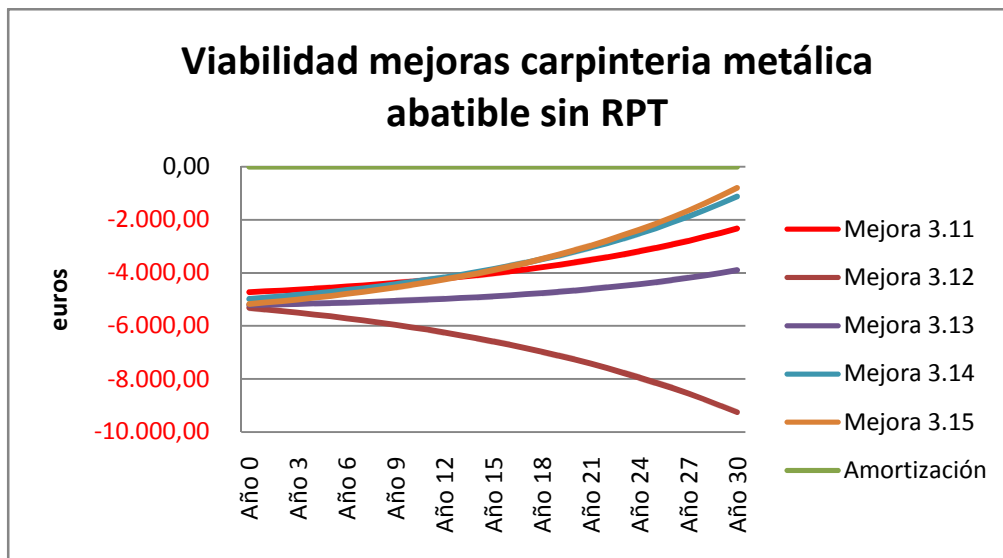
Estudio de la viabilidad de cada opción:



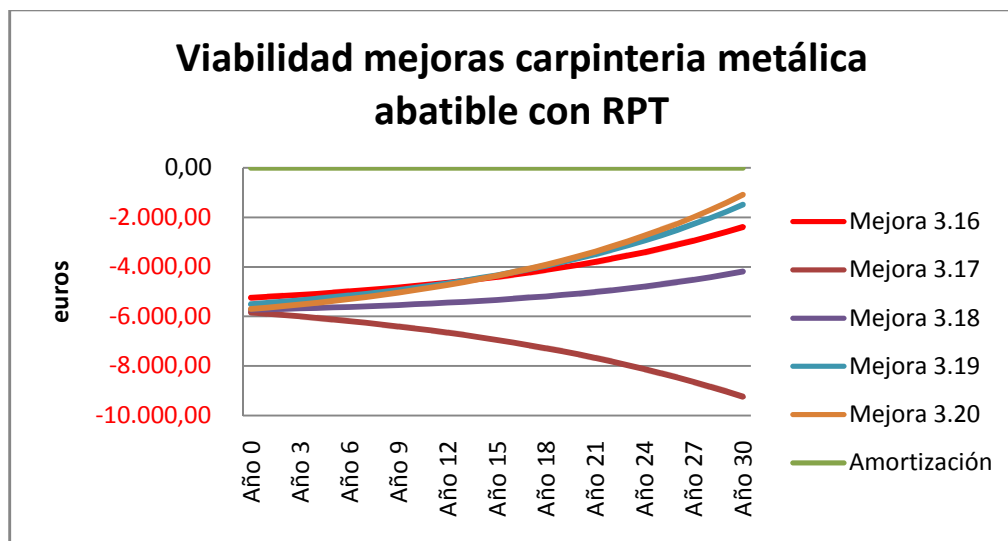
	VAN	TIR	Amortización
<b>Mejora 3.1</b>	-3.784,52	No procede	No se amortiza
<b>Mejora 3.2</b>	-6.738,53	No procede	No se amortiza
<b>Mejora 3.3</b>	-4.484,81	No procede	No se amortiza
<b>Mejora 3.4</b>	-3.320,61	No procede	No se amortiza
<b>Mejora 3.5</b>	-3.232,22	No procede	No se amortiza



	VAN	TIR	Amortización
<b>Mejora 3.6</b>	-4.096,45	No procede	No se amortiza
<b>Mejora 3.7</b>	-7.359,76	No procede	No se amortiza
<b>Mejora 3.8</b>	-5.209,03	No procede	No se amortiza
<b>Mejora 3.9</b>	-3.909,41	No procede	No se amortiza
<b>Mejora 3.10</b>	-3.885,66	No procede	No se amortiza



	VAN	TIR	Amortización
Mejora 3.11	-3.736,45	No procede	No se amortiza
Mejora 3.12	-6.999,76	No procede	No se amortiza
Mejora 3.13	-4.692,93	No procede	No se amortiza
Mejora 3.14	-3.395,12	No procede	No se amortiza
Mejora 3.15	-3.369,56	-0,83%	No se amortiza



	VAN	TIR	Amortización
Mejora 3.16	-4.065,72	No procede	No se amortiza
Mejora 3.17	-7.297,22	No procede	No se amortiza
Mejora 3.18	-5.115,27	No procede	No se amortiza
Mejora 3.19	-3.848,68	No procede	No se amortiza
Mejora 3.20	-3.791,90	No procede	No se amortiza

Tras el análisis de estos resultados podemos realizar las siguientes observaciones:

1. Los acristalamientos con factor solar más bajo necesitan una demanda de energía de calefacción mucho mayor ya que éstos evitan que la radiación solar incidente penetre en el interior de la vivienda. En todos los casos propuestos, los acristalamientos con menor factor solar tienen unos valores de demanda muy superior al resto y económicamente son los más caros, por lo que desechamos su utilización.
2. La mejor rentabilidad la obtenemos siempre colocando los acristalamientos climalit planitherm con argón 100% independientemente del tipo de carpintería que se coloque, aunque no se consigue amortizar ninguna mejora.
3. Dado que el coste de la sustitución de las carpinterías es alto, planteamos la mejora M3.21 consistente en la instalación sobre la carpintería existente de al menos un acristalamiento climalit planitherm 4/10/4.con argón 100%.

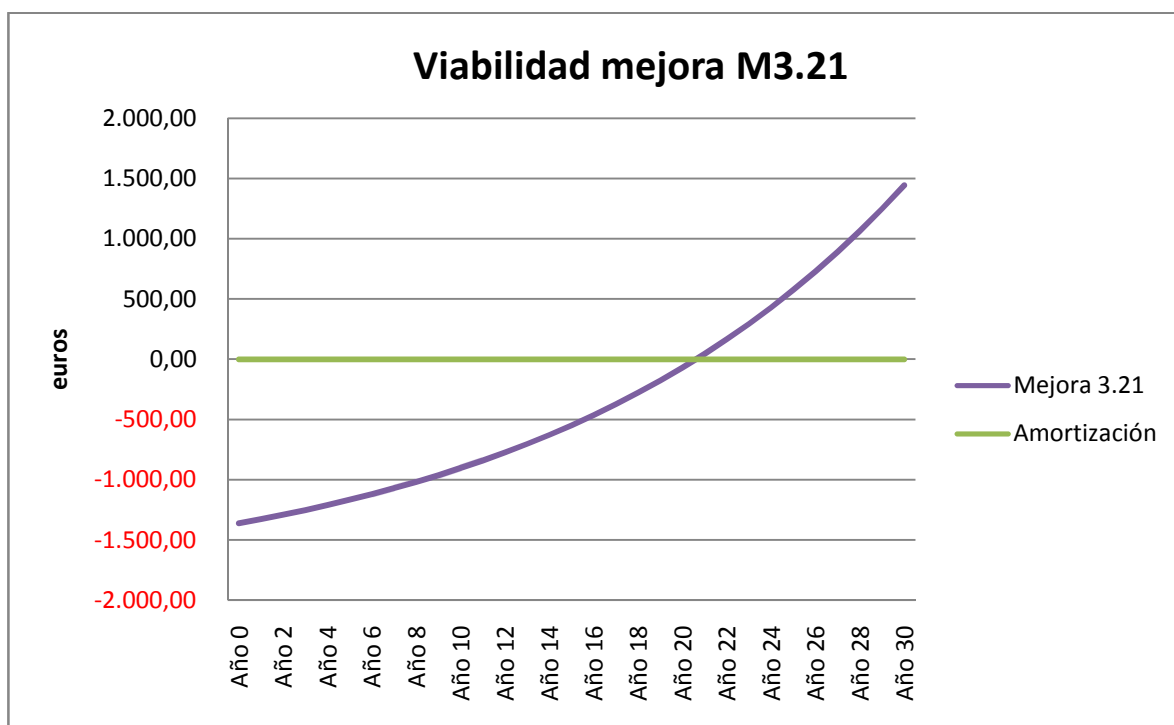
Mejora	Acristalamiento				Carpintería
	Vidrios	Tipología según capas	Factor solar	U W/m2h	
<b>M3.21</b>	4/10/4	Planitherm total 13 + argón 100%	0,66	1,6	No se sustituyen

Calculamos los siguientes resultados para cada carpintería:

Mejora	Demanda kwh/m2		Demanda kwh/año		Consumo aprox. kwh/año		Importe Acristalamiento €
	Calef	Refrig	Calef	Refrig	Calef	Refrig	
<b>M3.21</b>	50	10,2	7007,5	1429,5	8244,1	571,8	1.360,00 €

Mejora	Consumo edificio inicial kwh		Consumo aproximado kwh		Ahorro consumo mejoras kwh		Coste energía €		Ahorro mejora €/año		Importe Acristalam €
	Cal	Refr	Cal	Refr	Cal	Refr	Gas	Electr	Cal	Refr	
<b>Mejora 3.21</b>	8.821,18	583,04	8244,12	571,80	577,06	11,24	0.057	0.1489	32,89	1,67	1.360,00 €

*Tabla de demanda nuevas mejoras*



Ver cálculos de viabilidad en anexo II

	VAN	TIR	Amortización
<b>M3.21</b>	<b>-203,61</b>	4,01%	Año 21

Mediante la sustitución solamente del acristalamiento se produce un ahorro energético, pero ni siquiera esta opción alcanza a ser rentable.

No proponemos ninguna mejora de huecos.

### Demanda edificio con mejoras 4 (Cubiertas)

**Mejora 4.1:** Colocación de 4 cm de aislamiento de lana de roca de 0.032 W/m°C en el falso techo bajo el forjado cubierta.

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año.
		kwh/m2	kwh/año	Calif.			
<b>M4.1</b>	Cal	52	7287,8	D	g.n.	0,85	8.573,88
	Refr	10,4	1457,6	B	e	2,50	583,04

**Mejora 4.2:** Colocación de 8 cm de aislamiento de lana de roca de 0.032 W/m°C en el falso techo bajo el forjado cubierta.

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año.
		kwh/m2	kwh/año	Calif.			
<b>M4.2</b>	Cal	50,4	7063,6	D	g.n.	0,85	8.310,12
	Refr	10,4	1457,6	B	e	2,50	583,04

**Mejora 4.3:** Colocación de 12 cm de aislamiento de lana de roca de 0.032 W/m°C en el falso techo bajo el forjado cubierta.

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año
		kwh/m2	kwh/año	Calif.			
<b>M4.3</b>	Cal	49,9	6993,5	D	g.n.	0,85	8.227,65
	Refr	10,3	1443,5	B	e	2,50	577,40

Resumen del ahorro en el consumo energético respecto del edificio inicial tras la aplicación de cada mejora:

	Consumo edificio inicial kwh		Consumo aproximado kwh		Ahorro consumo kwh		Coste energía €		Ahorro mejora €/año	
	Cal	Refr	Cal	Refr	Cal	Refr	Gas natural	Electricidad	Cal	Refr
<b>M4.1</b>			8573,88	583,04	247,29	0,00	0,057	0,1489	14,10	0,00
<b>M4.2</b>	8.821,18	583,04	8310,12	583,04	511,06	0,00			29,13	0,00
<b>M4.3</b>			8227,65	577,40	593,53	5,64			33,83	0,84

La mejora que se produce es inapreciable respecto al edificio original para el sobrecoste que supondría la demolición del falso techo y su posterior colocación con aislamiento, incluso se produce un aumento en la demanda de refrigeración. Por lo tanto, se da por válida la solución existente a pesar de no cumplir la CTE en la cubierta plana transitable de P1 y se desecha la mejora sobre la envolvente en la cubierta.



### **Demanda edificio con mejoras 5 (Protecciones Solares)**

**Mejora 5.1:** Sistema de control de persianas motorizadas en verano en ventanas fachada sur, y en invierno en todas las ventanas mediante sistema de control domótico.

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año
		kwh/m2	kwh/año	Calif.			
<b>M5.1</b>	Cal	51,9	7273,8	E	g.n.	0,85	8.557,41
	Refr	8,4	1177,3	B	e	2,50	470,92

**Mejora 5.2:** Colocación voladizos en ventanas orientadas al sur.

Se coloca un toldo o protección de 40 cm con una inclinación de 30 ° para evitar la radiación de solar del verano dejar pasar la del invierno.

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año.
		kwh/m2	kwh/año	Calif.			
<b>M5.2</b>	Cal	55,0	7708,2	E	g.n.	0,85	9.068,47
	Refr	9,2	1289,4	B	e	2,50	515,76

Resumen del ahorro en el consumo energético respecto del edificio inicial tras la aplicación de cada mejora:

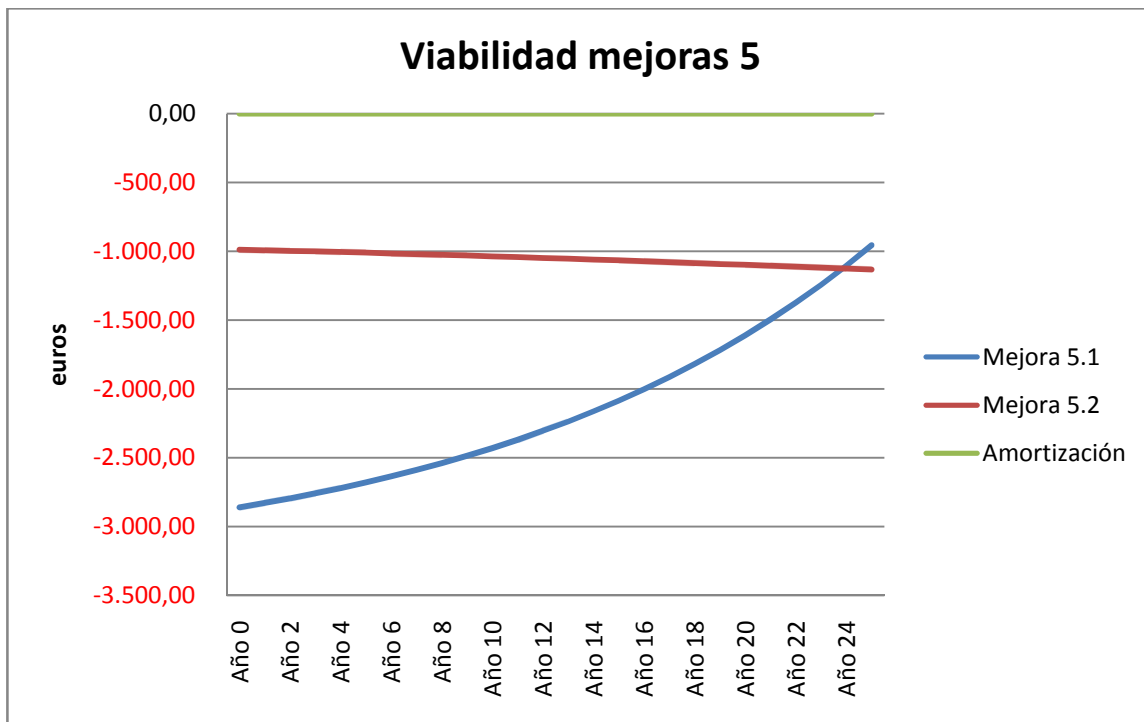
	Consumo edificio inicial kwh		Consumo aproximado mejoras kwh		Ahorro consumo kwh		Coste energía €		Ahorro mejora €/año	
	Cal	Refr	Cal	Refr	Cal	Refr	Gas natural	Electricidad	Cal	Refr
<b>M5.1</b>	8.821,18	583,04	8557,41	470,92	263,76	112,12	0,057	0,1489	15,03	16,69
<b>M5.2</b>			9068,47	515,76	-247,29	67,28			-14,10	10,02

El coste de inversión para cada caso es el siguiente:

	Descripción	Medición	€/ud	Importe
<b>M5.1</b>	ud Colocación de motor en persianas enrollables con sistema de control domótico.	10,00	286,00	<b>2.860,00 €</b>
<b>M5.2</b>	ml. Suministro y montaje de voladizo de chapa de acero galvanizado, de 0,6 mm de espesor, con una pendiente mayor del 10%. fijada mecánicamente a la fachada. Incluso p/p de cortes, solapes, tornillos y elementos de fijación, accesorios, juntas, remates perimetrales y otras piezas de remate para la resolución de puntos singulares.	6,80	120,15	<b>817,00 €</b>

*Desglose de precios en anexo IV*

Estudio de la viabilidad de cada opción:



Ver cálculos de viabilidad en anexo II

	VAN	TIR	Amortización
Mejora 5.1	-1.949,03		No se amortiza
Mejora 5.2	-1.064,91		No se amortiza

Ninguna de las dos opciones es rentable.

La mejora 5.1 representa una buena mejora energética aunque no se alcanza ni siquiera a amortizar la inversión inicial. Atendiendo a los resultados, entendemos que el sistema de domótica mejora el confort y la comodidad del usuario, suponiendo una inversión que ahorra consumo de energía pero no lo suficiente como para ser rentable su instalación. Por lo tanto, se desecha su uso dentro del presente estudio

Otra opción sería la aplicación de persianas sin el sistema de domótica pero el porcentaje sobre el factor solar y la transmitancia térmica sería aleatorio, y según el CTE DE HE1 punto E.2 Factor solar modificado de huecos y lucernarios, en caso de que no se justifique adecuadamente el valor de Fs se debe considerar igual a la unidad, por lo que no vamos a contemplar esta opción.

### Unificación de mejoras óptimas sobre la envolvente

Tras el análisis de las mejoras por separado se realiza un estudio del resultado que obtendríamos al unificar las mejores opciones de cada sistema. Para poder comprobar el efecto que causa cada mejora sobre el conjunto iremos añadiéndolas una a una, en base al valor del VAN obtenido, y analizaremos los resultados, desechando la mejora que sobre el conjunto haga perder rentabilidad a la inversión.

La selección de mejoras obtenidas sobre la envolvente en este uso son las siguientes:

- **Mejora 1.1:** Proyección de aislamiento de poliuretano proyectado de 0.032 W/m<sup>2</sup>C en el interior de la cámara de aire de 5 cm.
- **Mejora 2.2:** Colocación de 8 cm de aislamiento de lana de roca de 0.032 W/m<sup>2</sup>C bajo todo el forjado de planta baja.
- **Huecos:** Ninguna mejora es rentable.
- **Cubiertas:** Ninguna mejora es rentable.
- **Protecciones solares:** Ninguna mejora es rentable.

	VAN	TIR	Amortización
<b>M 1.1</b>	3.054,03	13,03%	Año 10
<b>M 2.2</b>	1.815,84	15,15%	Año 9

#### Edificio inicial

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año.
		kwh/m2	kwh/año	Calif.			
<b>Edificio inicial</b>	Cal	53,50	7.498,00	E	g.n.	0,85	8.821,18
	Refr	10,40	1.457,60	B	e	2,50	583,04

#### Mejora 1.1(Fachada)

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año
		kwh/m2	kwh/año	Calif.			
<b>M1.1</b>	Cal	38,3	5367,7	D	g.n.	0,85	6.314,94
	Refr	10,1	1415,5	B	e	2,50	566,20

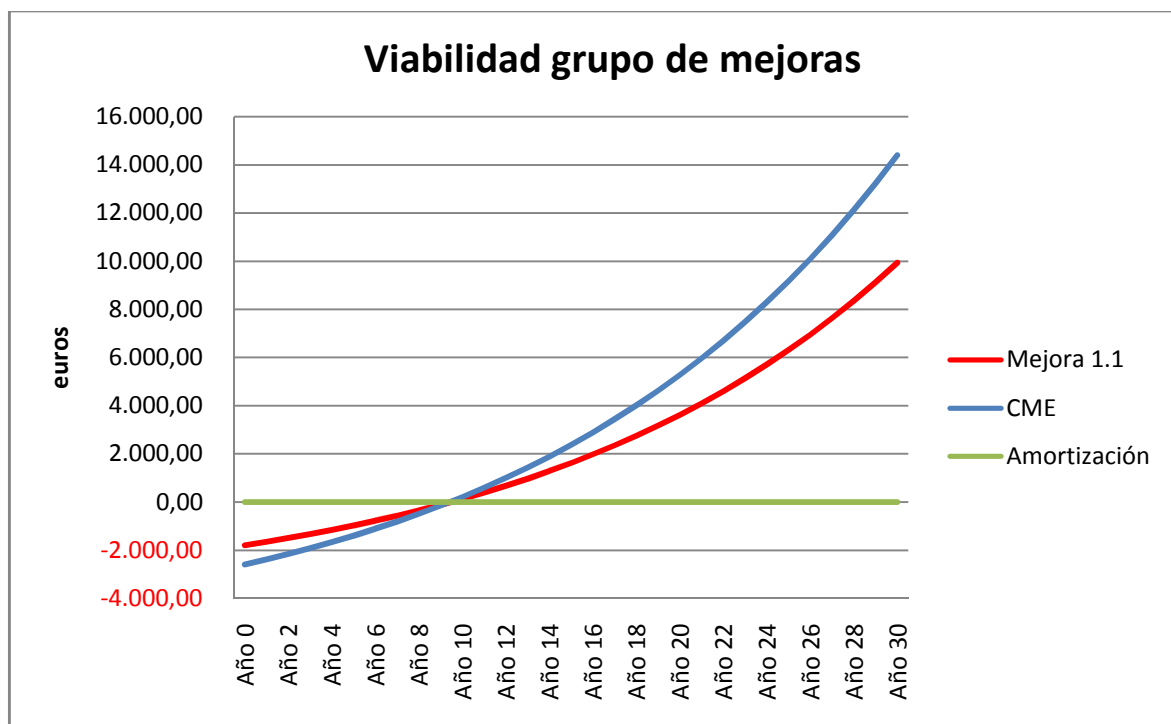
#### CME= Mejora 1.1 (Fachada)+Mejora 2.2(Suelo)

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año.
		kwh/m2	kwh/año	Calif.			
<b>CME</b>	Cal	30,4	4260,6	C	g.n.	0,85	5.012,47
	Refr	11	1541,6	B	e	2,50	616,64

Resumen del ahorro en el consumo energético respecto del edificio inicial tras la aplicación de cada mejora:

	Consumo edificio inicial kwh		Consumo aproximado kwh		Ahorro consumo kwh		Coste energía €		Ahorro mejora €/año		Importe de ejecución
	Cal	Refr	Cal	Refr	Cal	Refr	Gas nat	Electr	Cal	Refr	
<b>M1.1</b>	8.821,18	583,04	6314,94	566,20	2506,24	16,84	0,057	0.1489	142,86	2,51	<b>1.786,99 €</b>
<b>CME</b>			5012,47	616,64	3808,71	-33,60			217,10	-5,00	

Estudiamos la viabilidad del conjunto de mejoras:



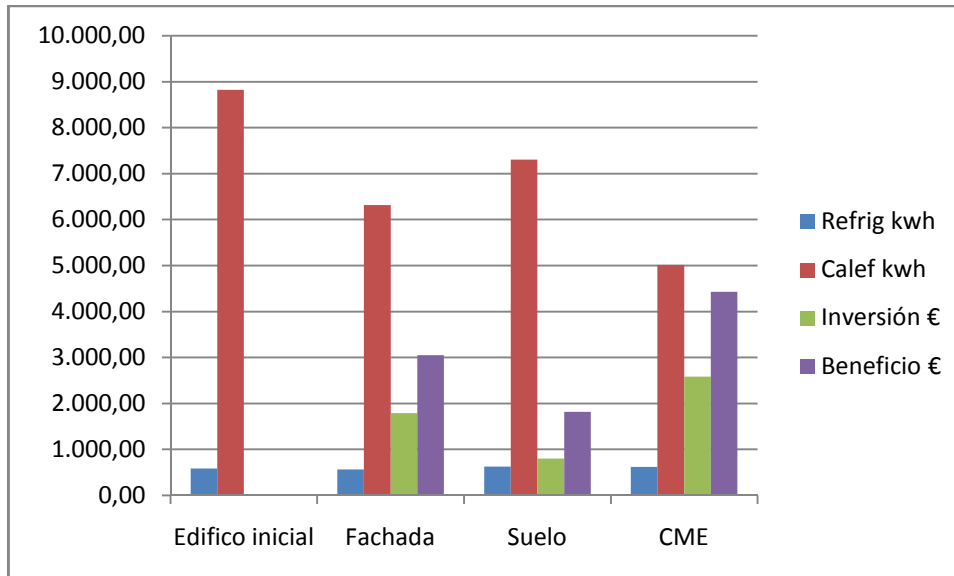
Ver cálculos de viabilidad en anexo II

	VAN	TIR	Amortización
<b>Mejora 1.1</b>	3.054,03	13,03%	Año 10
<b>CME</b>	4.431,86	13,07%	Año 10

Se puede observar cómo tras la aplicación de la mejora 1.1 sobre el edificio inicial se produce un ahorro energético que amortiza la inversión en 10 años.

Si sobre esta mejora le aplicamos la mejora 2.2 (aislamiento 8 cm suelo forjado PB) obtenemos la mejora CME, que requeriría una pequeña inversión, pero aumentaría la rentabilidad a 30 años y mantendría el mismo TIR.

En este gráfico se puede observar como las mejoras en fachada y suelo reducen considerablemente el consumo de calefacción, manteniendo con pequeñas variaciones el consumo de refrigeración. El beneficio o VAN obtenido es independiente del coste de inversión, pudiendo realizar acciones que supongan una escasa inversión con unos altos beneficios, y viceversa.



### 6.4.2 Selección de mejoras en las instalaciones.

Al igual que se ha realizado en los puntos anteriores, en este apartado realizaremos un estudio de mejoras sobre las instalaciones del edificio inicial para mejorar el consumo. Estos datos de consumo obtenidos se compararán con los datos del edificio inicial para analizar si estas mejoras producen un ahorro energético, seleccionando las mejoras más eficientes de cada tipología constructiva, y, determinar la rentabilidad de la inversión.

		Emisiones			Consumo		
		kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año	Calif.	kwh/m <sup>2</sup>	kwh/año	energía
Edificio inicial	Cal	14,4	2018,2	D	70,4	9866,8	g.n.
	Refr	3,1	434,5	C	4,8	665,7	e
	ACS	4,1	574,6	E	20,3	2844,3	g.n.

**Mejora en instalaciones 1 (MI.1):** Sustitución de la caldera convencional existente de 23 kw de potencia nominal, por una caldera de condensación de la misma potencia, con un rendimiento nominal de 0.95, alimentada mediante gas natural. Se estima una vida útil de 20 años.

		Emisiones			Consumo		
		kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año	Calif.	kwh/m <sup>2</sup>	kwh/año	energía
MI 1	Cal	11,7	1639,8	D	57,3	8025,9	g.n.
	Refr	3,1	434,5	C	4,8	665,7	e
	ACS	3,7	518,6	E	18,2	2544,9	g.n.

**Mejora en instalaciones 2 (MI.2):** Colocación de sistema de captación de energía solar térmica mediante captador solar en cubierta con una contribución del 81 %. Se adjunta el cálculo de los captadores solares en anexo III. Se estima una vida útil de 30 años.

		Emisiones			Consumo		
		kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año	Calif.	kwh/m <sup>2</sup>	kwh/año	energía
MI 2	Cal	14,4	2018,2	D	70,4	9867,9	g.n.
	Refr	3,1	434,5	C	4,8	665,7	e
	ACS	0,8	112,1	A	3,9	540,4	g.n.

**Mejora en instalaciones 3 (MI.3):** Sustitución de los 2 equipos de refrigeración existentes por un único equipo con unos datos en refrigeración de potencia nominal de 9,4 kw, consumo de 3,04 kw, y con un caudal de impulsión nominal de 2040 m<sup>3</sup>/h.. Se estima una vida útil de 15 años.

El Calener VyP no calcula los sistemas mixtos de calefacción y ACS con sistemas de refrigeración por conductos. Para poder obtener el valor de las emisiones y consumo, debemos analizar los dos sistemas por separado, y posteriormente unir los resultados obtenidos para conseguir la calificación real.

Resultados MI3 del sistema mixto:

		Emisiones			Consumo		
		kgCO2/m2	kgCO2/año	Calif.	kwh/m2	kwh/año	energía
<b>MI 3A</b>	Cal	14,4	2018,2	D	70,4	9862	g.n.
	Refr	4,0	560,6		6,1	856,9	e
	ACS	4,1	574,6	E	20,3	2844,3	g.n.

Resultados MI3 del sistema de refrigeración:

		Emisiones			Consumo		
		kgCO2/m2	kgCO2/año	Calif.	kwh/m2	kwh/año	energía
<b>MI 3B</b>	Cal	0,0	0		0	0	g.n.
	Refr	3,2	448,5	C	4,9	687,3	e
	ACS	4,1	574,6	E	20,3	2844,3	g.n.

Unificación de resultados:

		Emisiones			Consumo		
		kgCO2/m2	kgCO2/año	Calif.	kwh/m2	kwh/año	energía
<b>MI 3</b>	Cal	14,4	2018,2	D	70,4	9862	g.n.
	Refr	3,2	448,5	C	4,9	687,3	e
	ACS	4,1	574,6	E	20,3	2844,3	g.n.

Resumen del ahorro en el consumo energético respecto del edificio inicial tras la aplicación de cada mejora:

	Consumo edificio inicial kwh			Consumo a mejoras kwh			Ahorro consumo kwh	
	Cal	Refr	ACS	Cal	Refr	ACS	Gas	Electricidad
<b>MI.1</b>				8029,80	665,70	2544,90	2136,40	0,00
<b>MI.2</b>	9.866,80	665,70	2.844,30	9867,90	665,70	540,40	2302,80	0,00
<b>MI.3</b>				9862,00	687,30	2844,30	4,80	-687,30

El coste de inversión para cada caso es el siguiente:

		Importe propuesta €
<b>MI.1</b>	u. Instalación de caldera de condensación de 23 kw	1.800,00
<b>MI.2</b>	u. Instalación de sistema de captación solar para ACS	2.550,00
<b>MI.3</b>	u. Instalación de único equipo climatización por conductos con BDC	3.069,00

*Desglose de precios en anexo IV*



Estudio de la viabilidad de cada opción:

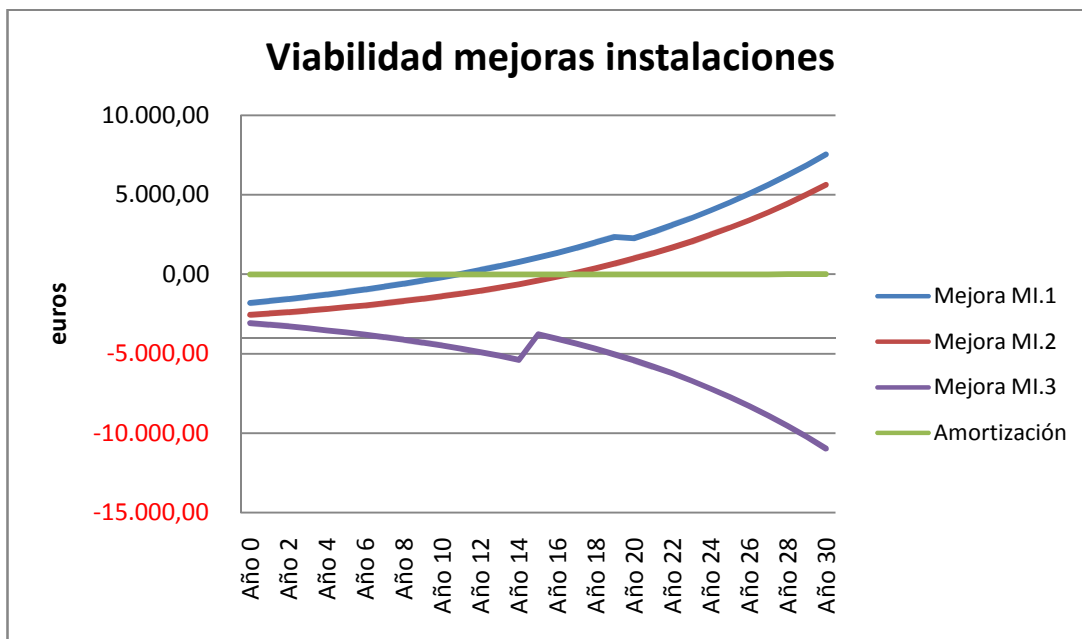
	Ahorro consumo kwh		Coste energía €		Ahorro mejora €/año	
	Gas	Electricidad	Gas	Electricidad	Gas	Electricidad
<b>MI.1</b>	2136,40	0,00	0,057	0,1489	121,77	0,00
<b>MI.2</b>	2302,80	0,00			103,98	0,00
<b>MI.3</b>	0,00	-906,50			0,27	-102,34

Consideramos como el importe inicial de cada propuesta al coste integro de la ejecución de la mejora, pero cuando se termine la vida útil de una instalación y deba de ser sustituida, dentro de los 30 años que se establece nuestro estudio, se contabilizará la diferencia de coste entre la instalación definida en proyecto y la propuesta, con su respectivo aumento inflacionario.

En caso de que una mejora deba ser sustituida y su nueva vida útil sobrepase nuestro plazo de 30 años, se pondrá la parte proporcional del valor de la diferencia entra las instalaciones hasta los 30 años.

Estimamos la sustitución de los siguientes equipos:

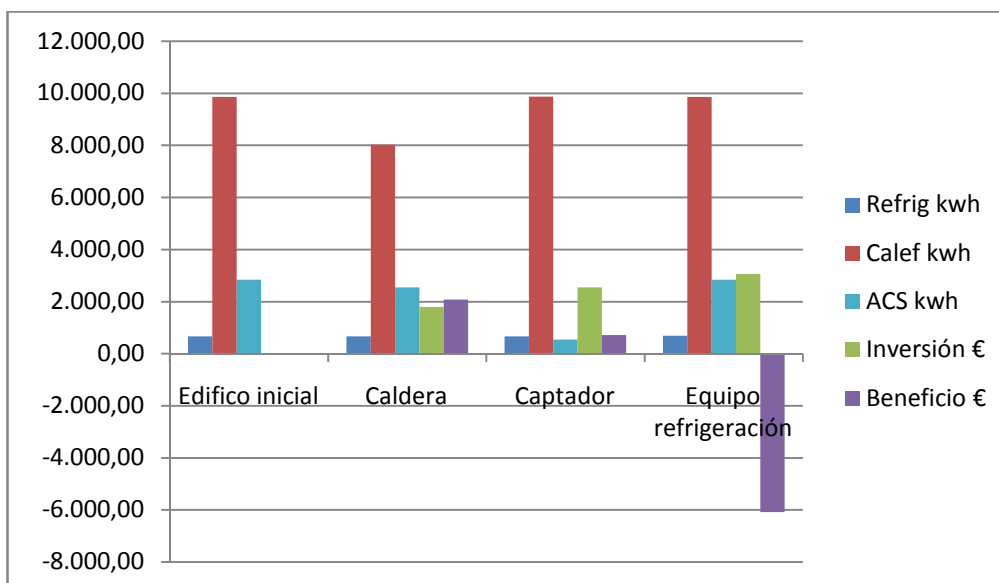
	Equipo original	Equipo mejora	Ahorro en sustitución respecto original	Año sustitución	Ahorro proporcional según vida útil hasta los 30 años	Ahorro valor capitalizado en su año de sustitución
<b>MI.1</b>	Caldera convencional 1.300 €	Caldera condensación 1.800 €	-500,00 €	Año 20	-250,00 €	-451,53 €
<b>MI.2</b>		Sistema captación solar	0,00 €	Año 30	0,00 €	0,00 €
<b>MI.3</b>	2 equipos refrigeración 4.276,00 €	1 equipo refrigeración 3.069,00 €	1.207,00 €	Año 15	1.207,00 €	1.880,47 €



Ver cálculos de viabilidad en anexo II

	VAN	TIR	Amortización
<b>MI.1</b>	2.075,13	10,94%	Año 11
<b>MI.2</b>	717,96	6,63%	Año 17
<b>MI.3</b>	-6.082,58	NP	No se amortiza

Mediante los resultados obtenidos en la instalación de un único equipo de refrigeración, podemos presuponer que en determinados momentos el edificio solo puede requerir una demanda energética en tan solo una de sus plantas, pudiendo ser abastecida por el equipo correspondiente de planta, quedando la segunda unidad apagada. En el empleo de una única unidad para las dos plantas, la demanda de energía en una sola planta implica un suministro energético por una máquina sobredimensionada para esa superficie, con un mayor consumo.





Las propuestas, MI1 y MI2, aparentemente son rentables, a continuación analizaremos la rentabilidad de las dos mejoras juntas.

### Consumo energético de la unificación de mejoras en instalaciones

Como suma de mejora en instalaciones proponemos la colocación de caldera de condensación y la instalación de captadores solares.

	VAN	TIR	Amortización
<b>Mejora MI.1</b>	2.075,13	10,94%	Año 11
<b>Mejora MI.2</b>	717,96	6,63%	Año 17

La selección de mejoras en las instalaciones en este uso son las siguientes:

- **Caldera de condensación:** Sustitución de la caldera convencional existente de 23 kw de potencia nominal, por una caldera de condensación de la misma potencia, con un rendimiento nominal de 0.95, alimentada mediante gas natural.
- **Sistema de captación de energía solar térmica:** Instalación de sistema de captación de energía solar térmica mediante captador solar en cubierta con una contribución en demanda de ACS del 81 %.
- **Equipo único de refrigeración:** No es rentable.

### Mejora en instalaciones 1(Caldera de condensación)

		Emisiones			Consumo	
		kgCO2/m2	kgCO2/año	Calif.	kwh/m2	kwh/año
<b>MI 1</b>	Cal	11,7	1639,8	D	57,3	8029,8
	Refr	3,1	434,5	C	4,8	665,7
	ACS	3,7	518,6	E	18,2	2544,9

### CMI = Mejora en instalaciones 1 + Mejora en instalaciones 2 (captador solar)

		Emisiones			Consumo	
		kgCO2/m2	kgCO2/año	Calif.	kwh/m2	kwh/año
<b>CMI</b>	Cal	11,7	1639,8	D	57,3	8027,2
	Refr	3,1	434,5	C	4,8	665,7
	ACS	0,7	98,1	A	3,5	483,5

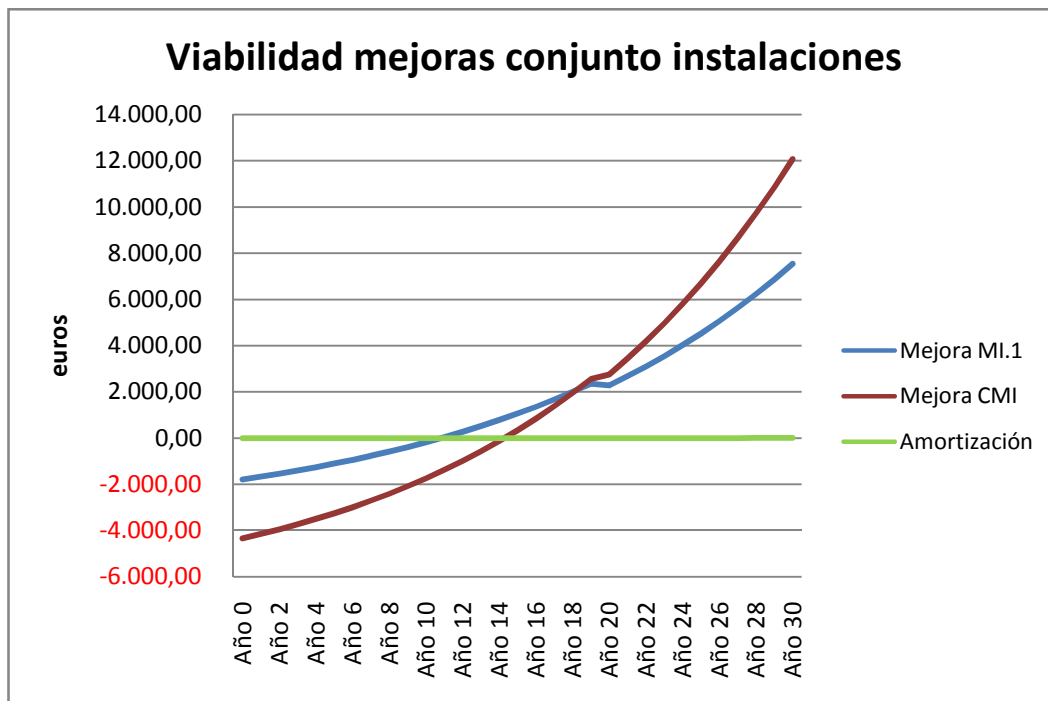
Resumen del ahorro en el consumo energético respecto del edificio inicial tras la aplicación de cada mejora:

	Consumo edificio inicial kwh			Consumo a mejoras kwh			Ahorro consumo kwh	
	Cal	Refr	ACS	Cal	Refr	ACS	Gas	Electricidad
<b>Mejora MI.1</b>	9.866,80	665,70	2.844,30	8029,80	665,70	2544,90	2136,40	0,00
<b>Mejora CMI</b>				8027,20	665,70	483,50	4200,40	0,00

Estudio de la viabilidad de cada opción:

	Ahorro consumo kwh		Coste energía €		Coste ahorro mejora €/año		Importe de instalación
	Gas	Electricidad	Gas	Electricidad	Gas	Electricidad	
<b>Mejora MI.1</b>	2136,40	0,00	0,057	0,1489	121,77	0,00	<b>1.800,00 €</b>
<b>Mejora CMI</b>	4200,40	0,00			239,42	0,00	<b>4.350,00 €</b>

Observamos que tras la introducción del sistema de captación de energía solar térmica obtenemos una curva con mayor pendiente lo que significa que el sistema se vuelve energéticamente más eficiente, y además, aumentamos la rentabilidad a los 30 años, por lo que seleccionamos ambas mejoras.

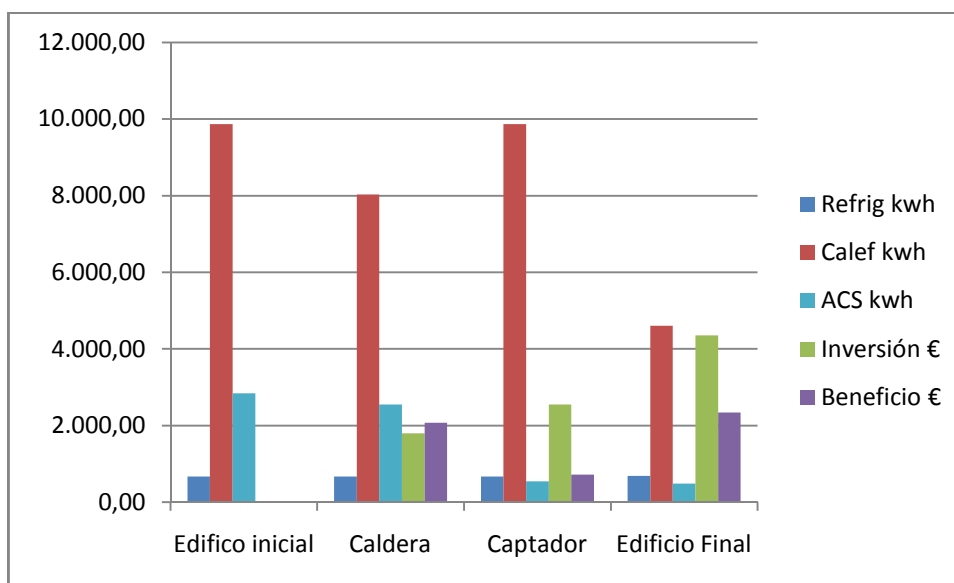


Ver cálculos de viabilidad en anexo II

	VAN	TIR	Amortización
<b>Mejora MI.1</b>	2.075,13	10,94%	Año 11
<b>Mejora CMI</b>	2.341,06	7,99%	Año 15

La unificación de la mejora de caldera e instalación de sistema de captación de energía solar produce un aumento de los beneficios, por lo que para mantener el criterio de este proyecto de seleccionar todas las mejoras que produzcan beneficios, hemos seleccionado las dos mejoras.

Con el siguiente diagrama observamos que el sistema de caldera de condensación y el sistema de energía solar producen resultados energéticos similares, la diferencia más significativa entre ambas radica en la diferencia en su relación coste-ahorro, aunque las dos mejoras presentan algún tipo de beneficio.



Nota: Se debe indicar que el coste de mantenimiento de la caldera de condensación no se tiene en cuenta ya que se estima que la caldera convencional instalada ya dispone de un coste de mantenimiento, por lo que no supone un coste adicional. Sin embargo, en la instalación de los captadores de energía solar, sí se debe tener en cuenta el coste de mantenimiento al no disponer el edificio de ese tipo de instalación.

### 6.4.3. Viabilidad de las mejoras seleccionadas

Para calcular el consumo final, combinamos todas las mejoras seleccionadas, tanto las de la envolvente como las de las instalaciones, unificando el conjunto de mejoras seleccionadas para la envolvente, CME, con las mejoras de las instalaciones, CMI., y comparamos los resultados con el edificio inicial.

	VAN	TIR	Amortización
<b>CME</b>	4.431,86	13,07%	Año 10
<b>CMI</b>	2.341,06	7,99%	Año 15

#### Edificio inicial

		Emisiones			Consumo		
		kgCO2/m2	kgCO2/año	Calif.	kwh/m2	kwh/año	energía
<b>Edificio inicial</b>	Cal	14,4	2018,2	D	70,4	9866,8	g.n.
	Refr	3,1	434,5	C	4,8	665,7	e
	ACS	4,1	574,6	E	20,3	2844,3	g.n.

**Mejora CME:** Calculamos el consumo real de las mejoras sobre la envolvente, para poder compararlo al consumo de las instalaciones.

		Emisiones			Consumo		
		kgCO2/m2	kgCO2/año	C	kwh/m2	kwh/año	energía
<b>CME</b>	Cal	8,2	1149,2	C	40,3	5651,3	g.n.
	Refr	4,2	588,6	C	6,5	908,8	e
	ACS	4,1	574,6	E	20,3	2844,3	g.n.

**Mejora CME + CMI=** Aislamiento 5cm cámara de aire  
Aislamiento 8 cm forjado sanitario  
Caldera de condensación 23 kw.  
Sistema de captación solar térmica.

		Emisiones			Consumo		
		kgCO2/m2	kgCO2/año	Calif.	kwh/m2	kwh/año	energía
<b>CME + CMI</b>	Cal	6,7	939,0	C	32,8	4602,5	g.n.
	Refr	3,2	448,5	C	4,9	687,8	e
	ACS	0,7	98,1	A	3,5	483,5	g.n.



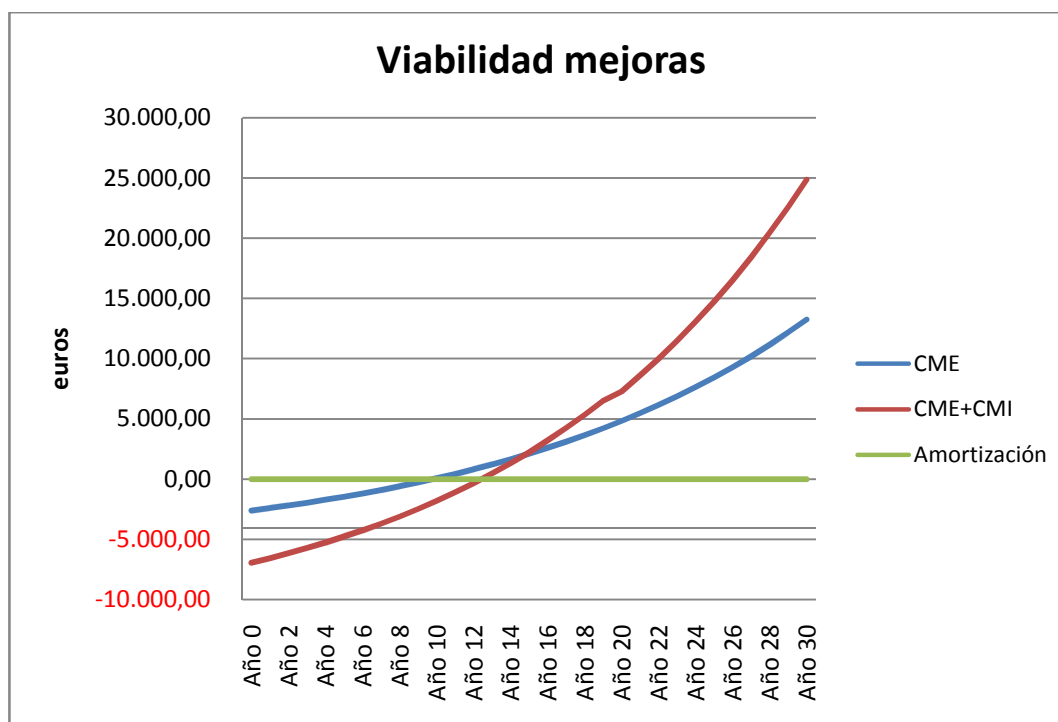
Resumen del ahorro en el consumo energético respecto del edificio inicial tras la aplicación de cada mejora:

	Consumo edificio inicial kwh			Consumo a mejoras kwh			Ahorro consumo mejoras kwh	
	Cal	Refr	ACS	Cal	Refr	ACS	Gas	Electricidad
<b>CME</b>	9.862,00	665,70	2.844,30	5651,30	908,80	2844,30	4210,70	-243,10
<b>CME + CMI</b>				4602,50	687,80	483,50	7620,30	-22,10

Estudio de la viabilidad de cada opción:

	Ahorro consumo mejoras kwh		Coste energía		Ahorro mejora €/año		Importe de ejecución
	Gas	Electricidad	Gas	Electricidad	Gas	Electricidad	
<b>CME</b>	4210,70	-243,10	0,057	0,1489	240,01	-36,20	<b>2.586,99</b>
<b>CME + CMI</b>	7620,30	-22,10			434,36	-3,29	<b>6.936,99</b>

La unificación de ambas mejoras en el edificio produce un mejora energética sustancial con un aumento importante del beneficio.

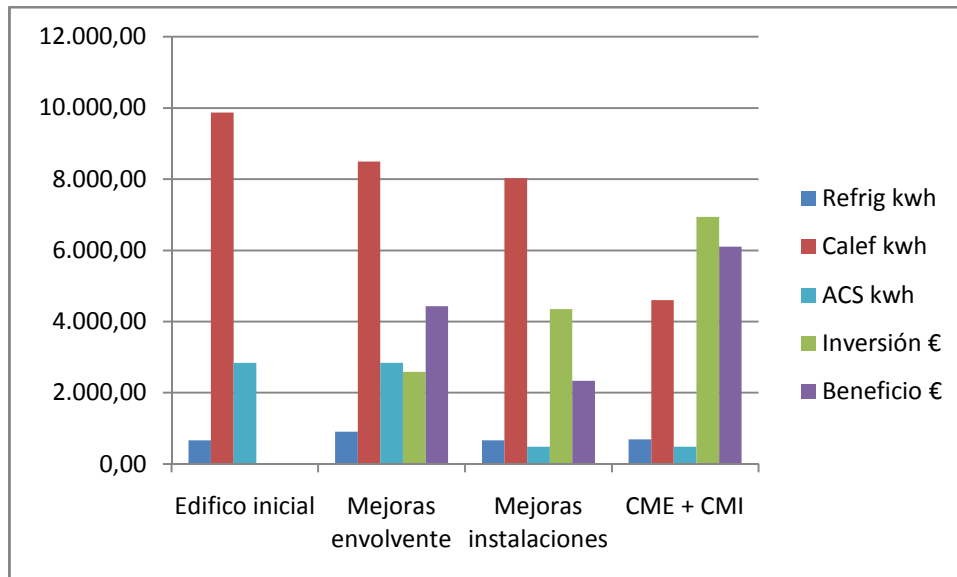


*Ver cálculos de viabilidad en anexo II*

	VAN	TIR	Amortización
<b>CME</b>	3.996,71	12,50%	Año 10
<b>CME+CMI</b>	6.102,44	9,61%	Año 13

El valor del VAN del CME obtenido está calculado a través de los datos obtenidos del ahorro de consumo real, y no mediante el consumo aproximado como lo teníamos calculado anteriormente.

Observamos cómo tanto las mejoras sobre la envolvente como las mejoras sobre las instalaciones producen una reducción importante en el consumo de calefacción, no así la de refrigeración, que llega a aumentar sensiblemente en las mejoras sobre la envolvente.



### 6.4.4 Comparación entre la calificación del Calener VyP y CEX3 del edificio final

Obtenemos la calificación energética mediante los dos procedimientos para observar la diferencia existente entre ellos y comparar los resultados obtenidos respecto los que habíamos obtenido inicialmente:

#### Calificación obtenida por el medio general mediante el programa CALENER VyP

Comparamos los resultados obtenidos respecto los que habíamos obtenido inicialmente:

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO2/m²	Edificio Objeto	Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO2/m²	Edificio Objeto
		10,6 C	
	21,6 D		
	Clase kWh/m² kWh/año		Clase kWh/m² kWh/año
Demanda calefacción	E 53,5 7498,0	Demanda calefacción	C 30,4 4260,6
Demanda refrigeración	B 10,4 1457,6	Demanda refrigeración	B 11,0 1541,6
	Clase kgCO2/m² kgCO2/año		Clase kgCO2/m² kgCO2/año
Emisiones CO2 calefacción	D 14,4 2018,2	Emisiones CO2 calefacción	C 6,7 939,0
Emisiones CO2 refrigeración	C 3,1 434,5	Emisiones CO2 refrigeración	C 3,2 448,5
Emisiones CO2 ACS	E 4,1 574,6	Emisiones CO2 ACS	A 0,7 98,1
Emisiones CO2 totales		Emisiones CO2 totales	
			1485,6

Edificio inicial

Edificio final CME+MI1

#### Calificación obtenida por el medio simplificado mediante el programa CE3X

Listado medidas mejora incluidas en el conjunto

Medidas mejora	Tipo de medida
Nueva definición de las instalaciones	Instalaciones
Aislamiento camara aire fachada	Adición de Aislamiento Térmico
Aislamiento térmico 8 cm en forjado sanitario	Adición de Aislamiento Térmico

Calificación energética del edificio con el conjunto de medidas de mejora

RESULTADOS	Medidas mejora	Caso base	Ahorro
Demanda de calefacción	27,4 C	68,5 E	60,1 %
Demanda de refrigeración	13,0 C	9,9 B	-31,6 %
Emisiones de calefacción	8,4 C	22,9 E	63,5 %
Emisiones de refrigeración	5,0 D	3,3 C	-51,7 %
Emisiones de ACS	1,0 A	5,7 E	82,6 %
EMISIONES GLOBALES	14,3 C	31,9 E	55,1 %

Para el cálculo de ambas certificaciones se ha respetado los valores de los puentes térmicos que ambos programas facilitan. Se debe indicar que el Calener VyP no tiene por defecto la posibilidad de introducir un puente térmico de caja de persianas.

	Demanda (kwh/m2)					
	CE3X			CALENER VyP		
	Edificio inicial	Edificio Final	% Mejora	Edificio inicial	Edificio Final	% Mejora
Calefacción	68,5	27,4	60,00%	53,5	30,4	43,18%
Refrigeración	9,9	13	-31,31%	10,4	11	-5,77%

	Emisión CO2 (Kg/m2)					
	CE3X			CALENER VyP		
	Edificio inicial	Edificio Final	% Mejora	Edificio inicial	Edificio Final	% Mejora
Calefacción	22,9	8,4	63,32%	14,4	6,7	53,47%
Refrigeración	3,3	5,0	-51,52%	3,1	3,2	-3,23%
ACS	5,7	1	82,46%	4,1	0,7	82,93%
GLOBAL	31,9	14,3	<b>55,17%</b>	21,6	10,6	<b>50,93%</b>

## 6.5 Proyecto obra nueva

En este apartado trabajamos sobre el mismo edificio definido anteriormente pero tratándolo como si se tratase de un proyecto todavía sin materializar, por lo que podemos modificar su sistema constructivo e instalaciones pero respetando siempre su tipología y arquitectura.

La mejora económica y su rentabilidad ya no dependen del coste de ejecución de la mejora en sí, sino de la diferencia de precio y del ahorro energético entre el sistema definido en proyecto y el que propondremos.

Para definir una propuesta de su sistema constructivo nos basamos en estudios realizados como el documento CTE Plus donde se establece el espesor matemáticamente óptimo de aislamiento, es decir, el máximo beneficio económico entre el coste de su instalación y el ahorro en el consumo energético. Sin embargo, con más aislamiento los ahorros siguen incrementándose, aunque los beneficios económicos comienzan a disminuir.

Desde el punto de vista de ahorro energético y de emisiones de CO<sub>2</sub>, el aislamiento ideal teórico, sería aquel en que se produzcan los máximos ahorros sin ningún coste económico.

El CTE-PLUS selecciona como espesor de aislamiento “óptimo”, los valores que se muestran en la tabla siguiente:

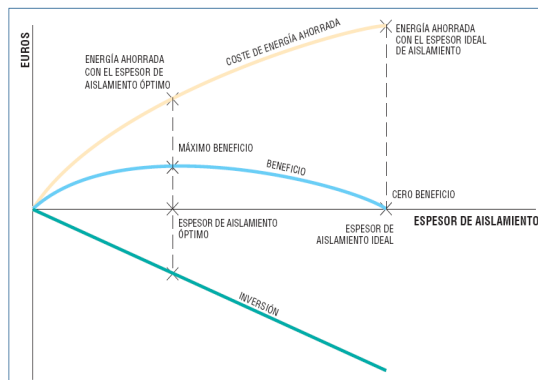


Diagrama de espesor de aislamiento  
Ideal y Óptimo del CTE Plus

Zonas Climáticas	CTE-PLUS			
	Espesores necesarios (cm)			
	Fachadas		Cubiertas	
	Aislamiento (cm)	valor U (W/m <sup>2</sup> K)	Aislamiento (cm)	valor U (W/m <sup>2</sup> K)
A3 - Málaga	8,00	0,45	11,00	0,31
A4 - Almería	8,00	0,45	11,00	0,31
B3 - Valencia	9,00	0,40	12,00	0,29
B4 - Sevilla	9,00	0,40	12,00	0,29
C1 - A Coruña	13,00	0,29	17,00	0,22
C2 - Barcelona	13,00	0,29	17,00	0,22
C3 - Granada	13,00	0,29	17,00	0,22
C4 - Cáceres	13,00	0,29	17,00	0,22
D1 - Pamplona	14,00	0,28	17,00	0,22
D2 - Valladolid	14,00	0,28	17,00	0,22
D3 - Madrid	14,00	0,28	17,00	0,22
E1 - Burgos	19,00	0,21	22,00	0,17

Tabla de valores del aislamiento  
utilizados en el CTE.PLUS

En nuestro estudio realizaremos una comparativa entre la colocación de diferentes espesores de aislamiento en fachadas, suelos y cubiertas para comprobar el estudio realizado en el CTE Plus y analizar la eficiencia y rentabilidad de cada sistema.

### 6.5.1 Selección de mejoras sobre la envolvente.

La demanda inicial del edificio sobre la que partimos es la misma que en el caso de la rehabilitación, ya que no se han modificado ni sistemas constructivos ni instalaciones.

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año
		kwh/m2	kwh/año	Calif.			
Edificio inicial	Cal	53,50	7.498,00	E	g.n.	0,85	8.821,18
	Refr	10,40	1.457,60	B	e	2,50	583,04

#### **Demanda edificio en opción 1 (Aislamientos en fachada)**

Las distintas propuestas de cerramiento de fachada están definidas por la colocación de diferentes espesores de aislamiento XPS de 0.032 W/m°C entre fábrica de ladrillos exterior y la interior.

##### **Opción 1.1:** Colocación de 4 cm de aislamiento XPS

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año
		kwh/m2	kwh/año	Calif.			
O1.1	Cal	39,6	5549,9	D	g.n.	0,85	6.529,29
	Refr	10,1	1415,5	B	e	2,50	566,20

##### **Opción 1.2:** Colocación de 9 cm de aislamiento XPS

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año
		kwh/m2	kwh/año	Calif.			
O1.2	Cal	35,5	4975,3	D	g.n.	0,85	5.853,29
	Refr	10,1	1415,5	B	e	2,50	566,20

##### **Opción 1.3:** Colocación de 12 cm de aislamiento XPS

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año
		kwh/m2	kwh/año	Calif.			
O1.3	Cal	34,4	4821,2	D	g.n.	0,85	5.672,00
	Refr	10,1	1415,5	B	e	2,50	566,20

Resumen del ahorro en el consumo energético respecto del edificio inicial tras la aplicación de cada mejora:

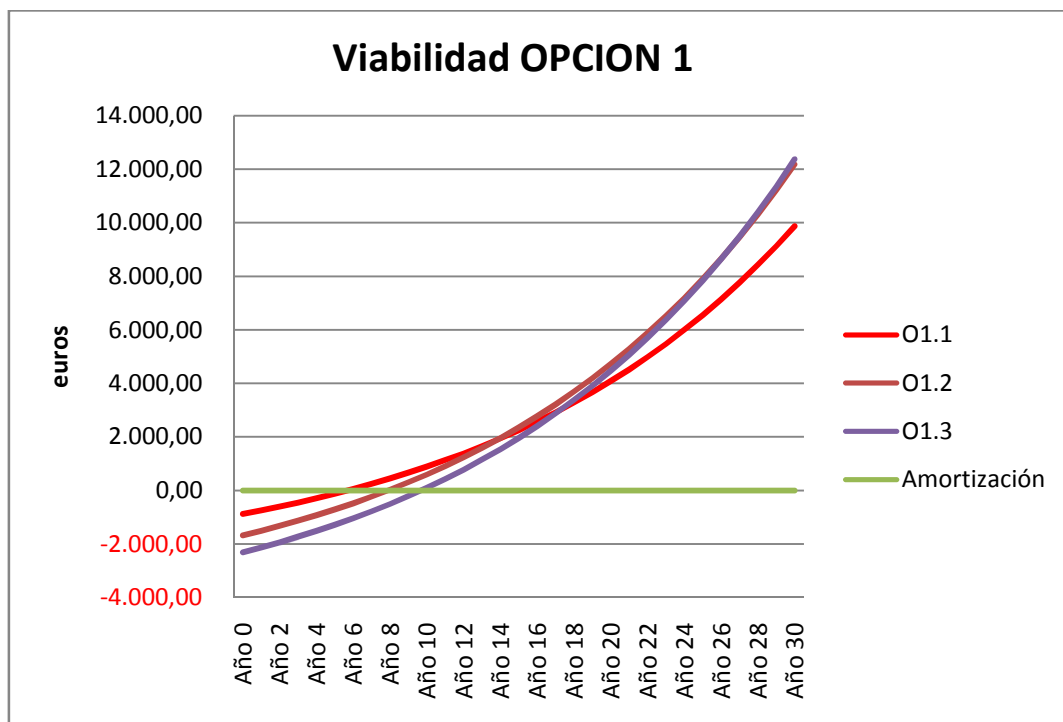
	Consumo edificio inicial kwh		Consumo aproximado kwh		Ahorro consumo kwh		Coste energía €		Ahorro mejora €/año	
	Cal	Refr	Cal	Refr	Cal	Refr	Gas natural	Electricidad	Cal	Refr
O1.1			6529,29	566,20	2291,88	16,84			130,64	2,51
O1.2	8.821,18	583,04	5853,29	566,20	2967,88	16,84	0,057	0,1489	169,17	2,51
O1.3			5672,00	566,20	3149,18	16,84			179,50	2,51

El coste de inversión para cada caso es el siguiente:

Mejora	Descripción	Medición	€/ud	Importe
O1.1	m2. Colocación de aislamiento XPS 0,032 w/m <sup>2</sup> k de 4 cm de espesor en cerramiento.	130,00	6,71	872,30 €
O1.2	m2. Colocación de aislamiento XPS 0,032 w/m <sup>2</sup> k de 8 cm de espesor en cerramiento.	130,00	12,99	1.688,70 €
O1.3	m2. Colocación de aislamiento XPS 0,032 w/m <sup>2</sup> k de 12 cm de espesor en cerramiento.	130,00	17,71	2.302,30 €

*Desglose de precios en anexo IV*

Estudio de la viabilidad de cada opción:



*Ver cálculos de viabilidad en anexo II*

	VAN	TIR	Amortización
O1.1	3.562,86	21,09%	Año 6
O1.2	4.046,15	15,62%	Año 8
O1.3	3.755,64	12,73%	Año 10

Las curvas de viabilidad es muy similar para la colocación de un aislamiento de 9 y 12 cm pero rentabilidad a los 30 años es mayor en un asilamiento de 9 cm, además que la colocación del aislamiento de 12 cm supone mayor pérdida de espacio en el interior de la vivienda.

Optamos por la colocación de un aislamiento de 9 cm, opción 1.2 tal y como recomienda el CTE Plus.

### **Demanda edificio en opción 2 (Aislamientos en suelos)**

**Opción 2.1:** Colocación de un aislamiento 4 cm de espesor de lana de roca 0.032 W/m°C bajo el forjado de planta baja.

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año
		kwh/m2	kwh/año	Calif.			
O2.1	Cal	46	6446,9	D	g.n.	0,85	7.584,59
	Refr	11	1541,6	B	e	2,50	616,64

**Opción 2.2:** Colocación de un aislamiento de 8cm de espesor de lana de roca 0.032 W/m°C bajo el forjado de planta baja.

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año
		kwh/m2	kwh/año	Calif.			
O2.2	Cal	44,3	6208,6	D	g.n.	0,85	7.304,24
	Refr	11,2	1569,7	B	e	2,50	627,88

**Opción 2.3:** Colocación de un aislamiento de 12 cm de espesor de lana de roca 0.032 W/m°C bajo el forjado de planta baja.

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año
		kwh/m2	kwh/año	Calif.			
O2.3	Cal	43,5	6096,5	D	g.n.	0,85	7.172,35
	Refr	11,2	1569,7	B	e	2,50	627,88

Resumen del ahorro en el consumo energético respecto del edificio inicial tras la aplicación de cada mejora:

	Consumo edificio inicial kwh		Consumo aproximado kwh		Ahorro consumo kwh		Coste energía €		Ahorro mejora €/año	
	Cal	Refr	Cal	Refr	Cal	Refr	Gas natural	Electricidad	Cal	Refr
O2.1			7584,59	616,64	1236,59	-33,60			70,49	-5,00
O2.2	8.821,18	583,04	7304,24	627,88	1516,94	-44,84	0,057	0,1489	86,47	-6,68
O2.3			7172,35	627,88	1648,82	-44,84			93,98	-6,68

El coste de inversión para cada caso es el siguiente:

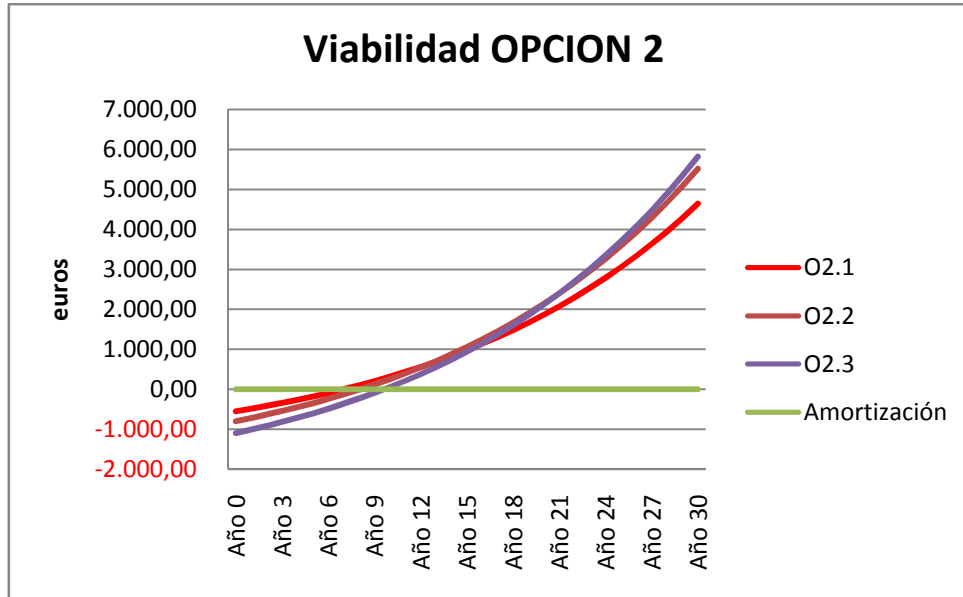
Mejora	Descripción	Medición	€/ud	Importe
O2.1	m2.Aislamiento térmico en suelos bajo forjando planta baja, con lana mineral de 40mm de espesor, sin revestimiento, de conductividad térmica de 0.032 W/mK. Incluso limpieza y retirada de material.	80,00	6.85	548,00 €
O2.2	m2.Aislamiento térmico en suelos bajo forjando planta baja, con lana mineral de 80mm de espesor, sin revestimiento, de conductividad térmica de 0.032 W/mK. Incluso limpieza y retirada de material.	80,00	10,00	800,00 €



<b>O2.3</b>	m2.Aislamiento térmico en suelos bajo forjando planta baja, con lana mineral de 120mm de espesor, sin revestimiento, de conductividad térmica de 0.032 W/mK. Incluso limpieza y retirada de material.	80,00	13,68	<b>1094,40 €</b>
-------------	---	-------	-------	------------------

*Desglose de precios en anexo IV*

Estudio de la viabilidad de cada opción:



*Ver cálculos de viabilidad en anexo II*

	VAN	TIR	Amortización
<b>O2.1</b>	1.601,50	17,41%	Año 7
<b>O2.2</b>	1.815,84	15,15%	Año 9
<b>O2.3</b>	1.770,87	12,73%	Año 10

Seleccionamos la opción O2. 2 al tener el VAN más alto

### Demanda edificio con opción 3: Huecos

En este caso, debemos analizar el ahorro energético que supondría mejorar la carpintería indicada en proyecto. Por lo tanto, debemos relacionar la diferencia de precio de instalación y el consumo energético entre la solución de huecos de proyecto y la propuesta. Y observar si la inversión necesaria para ejecutar la propuesta es rentable.

En el punto anterior las ventanas más eficientes son las formadas por acristalamiento doble 6/16/3+3 con planitherm con inserción de argón 100% en el interior de la cámara. Volvemos a calcular la demanda de estas carpinterías respecto a la del edificio inicial.

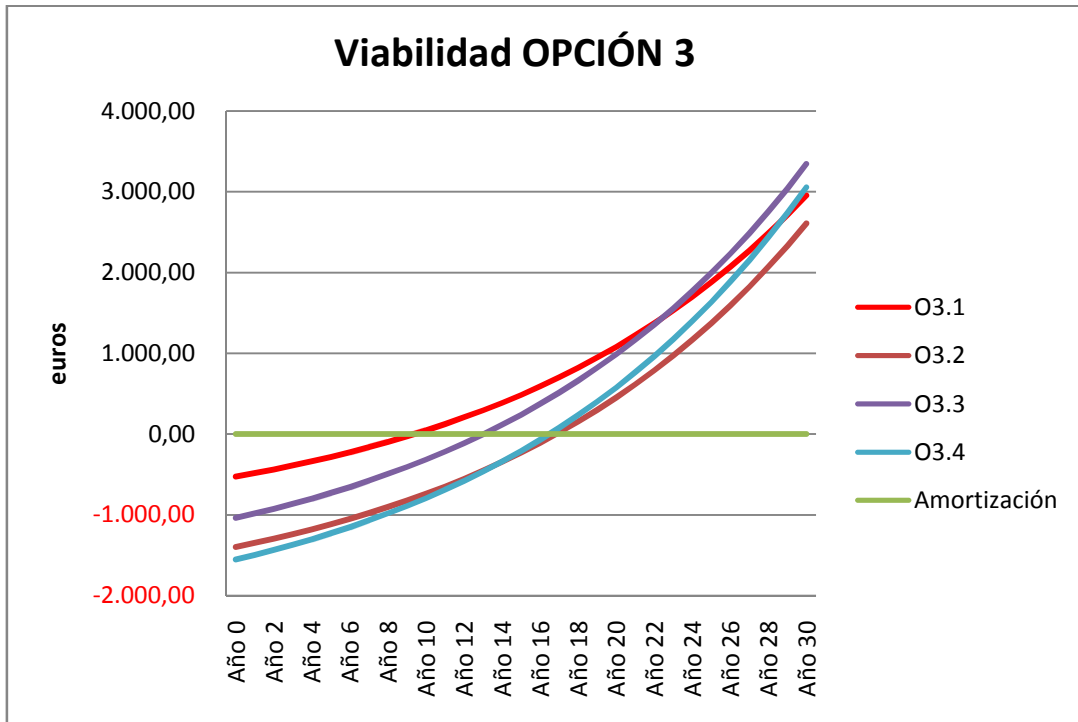
Opciones	Carpintería		Acristalamiento			
	Modelo	U W/m <sup>2</sup> h	Vidrio	Tipología según capas	Factor solar	U W/m <sup>2</sup> h
O3.1	Select 60	5,7	4/14/3+3	Planitherm total 13+ argón 100%	0,66	1,30
O3.2	Confort 74	4,53	4/16/3+3			
O3.3	X50	3,89				
O3.4	Style 45	3,60				

El resultado de las demandas en función de su correspondiente mejora es la siguiente:

Opciones	Demanda kwh/m <sup>2</sup>		Demanda kwh/año		Consumo aproximado kwh/año		Importe huecos edificio inicial €	Importe huecos opciones €	Diferencia Importe huecos €
	Calef	Refrig	Calef	Refrig	Calef	Refrig			
O3.1	49	10,3	6867,3	1443,5	8079,2	577,4	4141,00	4669,00	528,00
O3.2	48,2	10,4	6755,2	1457,6	7947,3	583,0		5540,00	1399,00
O3.3	47,7	10,4	6685,2	1457,6	7864,9	583,0		5180,00	1039,00
O3.4	47,4	10,4	6643,1	1457,6	7815,4	583,0		5696,00	1555,00

Estudio de la viabilidad de cada opción:

Opción	Consumo edificio inicial kwh		Consumo aproximado kwh		Ahorro consumo kwh		Coste energía €		Ahorro mejora €/año	
	Cal	Refr	Cal	Refr	Cal	Refr	Gas natural	Electrici dad	Cal	Refr
O3.1	8.821,18	583,04	8079,18	577,40	742,00	5,64	0,057	0,1489	42,29	0,84
O3.2			7947,29	583,04	873,88	0,00			49,81	0,00
O3.3			7864,94	583,04	956,24	0,00			54,51	0,00
O3.4			7815,41	583,04	1005,76	0,00			57,33	0,00



	VAN	TIR	Amortización
<b>O3.1</b>	908,78	13,07%	Año 10
<b>O3.2</b>	255,34	6,15%	Año 17
<b>O3.3</b>	771,44	9,03%	Año 14
<b>O3.4</b>	349,10	6,39%	Año 17

La opción 3.1 es la menos eficiente de todas como se puede observar en la pendiente de la curva, pero su bajo coste de inversión lo convierten en la opción más rentable a los 30 años.

Seleccionamos la opción 3.1 al presentar el mejor VAN y un TIR alto.

### Demanda edificio con opción 4: Cubiertas

Se propone un aumento del espesor del aislamiento sobre los tres tipos de cubierta por igual. Consideramos la colocación de aislamiento XPS de poliestireno extruido de 0.032 w/m°C sobre los forjados de cubierta.

**Opción 4.1:** Aislamiento de 4 cm XPS de poliestireno extruido de 0.032 w/m°C

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año.
		kwh/m2	kwh/año	Calif.			
O4.1	Cal	52,5	7357,9	D	g.n.	0,85	8.656,35
	Refr	10,3	1443,5	B	e	2,50	577,40

**Opción 4.2:** Aislamiento de 8 cm. XPS de poliestireno extruido de 0.032 w/m°C

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año.
		kwh/m2	kwh/año	Calif.			
O4.2	Cal	50,7	7105,6	D	g.n.	0,85	8.359,53
	Refr	10,1	1415,5	B	e	2,50	566,20

**Opción 4.3:** Aislamiento de 12 cm XPS de poliestireno extruido de 0.032 w/m°C .Indicado como óptimo en el CTE-Plus

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año
		kwh/m2	kwh/año	Calif.			
O4.3	Cal	49,9	6993,5	D	g.n.	0,85	8.227,65
	Refr	10	1401,5	B	e	2,50	560,60

**Opción 4.4:** Aislamiento de 16cm. XPS de poliestireno extruido de 0.032 w/m°C

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año.
		kwh/m2	kwh/año	Calif.			
O4.4	Cal	49,4	6923,4	D	g.n.	0,85	8.145,18
	Refr	9,9	1387,5	B	e	2,50	555,00

Resumen del ahorro en el consumo energético respecto del edificio inicial tras la aplicación de cada mejora:

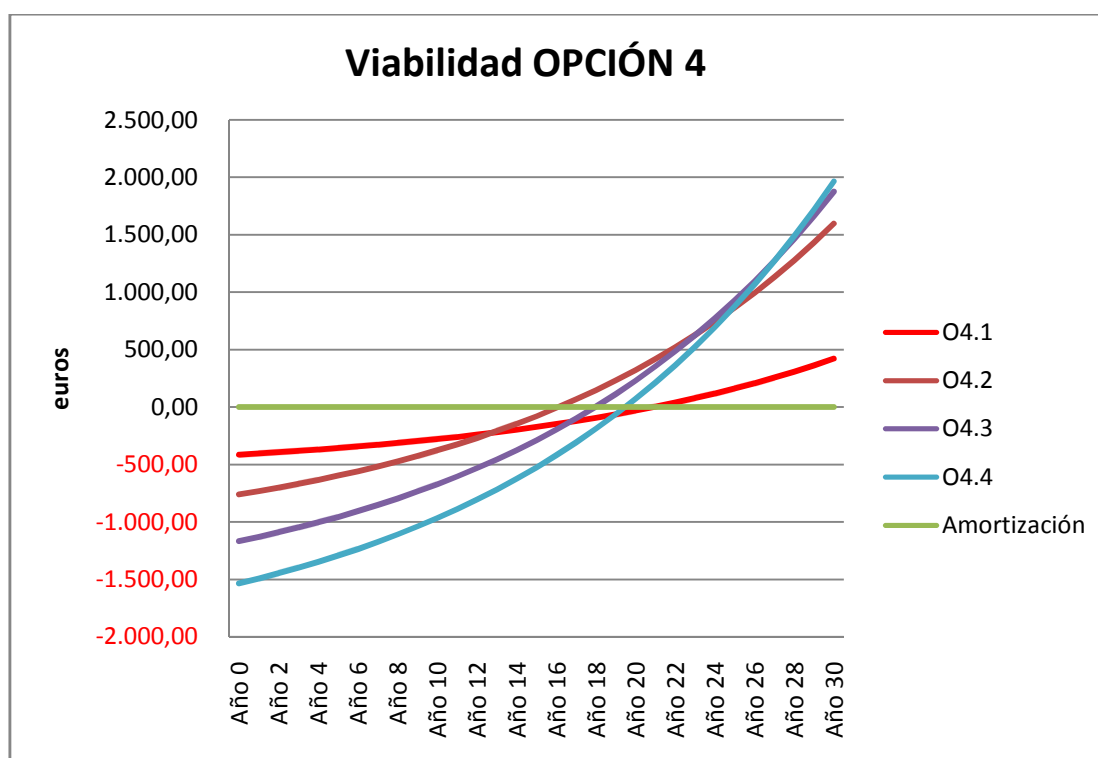
	Consumo edificio inicial kwh		Consumo aproximado kwh		Ahorro consumo kwh		Coste energía €		Ahorro mejora €/año	
	Cal	Refr	Cal	Refr	Cal	Refr	Gas natural	Electricidad	Cal	Refr
O 4.1	8.821,18	583,04	8656,35	577,40	164,82	5,64	0,057	0,1489	9,39	0,84
O 4.2			8359,53	566,20	461,65	16,84			26,31	2,51
O 4.3			8227,65	560,60	593,53	22,44			33,83	3,34
O 4.4			8145,18	555,00	676,00	28,04			38,53	4,18

El coste de inversión para cada caso es el siguiente:

	Descripción	Medición	€/ud	Importe
O4.1	m2.Aislamiento térmico en cubiertas, con poliestireno extruido (XPS) de 40mm de espesor, con una conductividad térmica de 0.032 W/mK. Incluso limpieza y recogida de restos.	80,00	5,17	413,60 €
O4.2	m2.Aislamiento térmico en cubiertas, con poliestireno extruido (XPS) de 80mm de espesor, con una conductividad térmica de 0.032 W/mK. Incluso limpieza y recogida de restos.	80,00	9,61	758,80 €
O4.3	m2.Aislamiento térmico en cubiertas, con poliestireno extruido (XPS) de 120mm de espesor, con una conductividad térmica de 0.032 W/mK. Incluso limpieza y recogida de restos.	80,00	14,58	1.166,40 €
O4.4	m2.Aislamiento térmico en cubiertas, con poliestireno extruido (XPS) de 160mm de espesor, con una conductividad térmica de 0.032 W/mK. Incluso limpieza y recogida de restos.	80,00	19,20	1.536,00 €

Desglose de precios en anexo IV

Estudio de la viabilidad de cada opción:



Ver cálculos de viabilidad en anexo II

	VAN	TIR	Amortización
<b>O4.1</b>	-69,53	3,88%	Año 21
<b>O4.2</b>	211,25	6,68%	Año 17
<b>O4.3</b>	85,23	5,49%	Año 18
<b>O4.4</b>	-96,06	4,62%	Año 20

Seleccionamos la opción O4.2, aislamiento de 8 cm, por ser el más rentable a los 30 años.

### Unificación de las mejoras óptimas sobre la envolvente

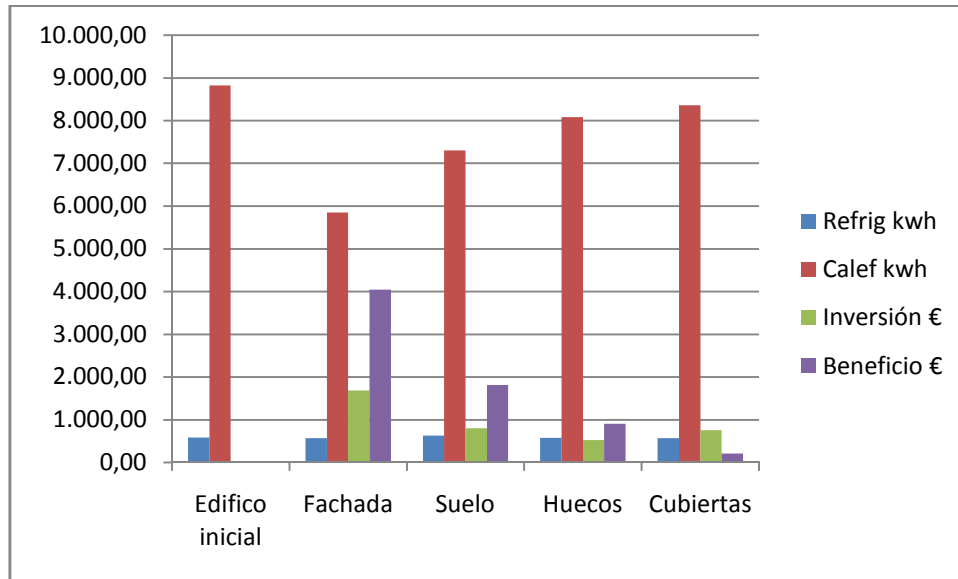
Tras el análisis de las mejoras por separado se realiza un estudio del resultado que obtendríamos al unificar las mejores opciones de cada sistema.

La selección de mejoras obtenidas sobre la envolvente en este uso son las siguientes:

- **Opción 1.2:** Colocación de 9 cm de aislamiento XPS de 0.032 W/m°C
- **Opción 2.2:** Colocación de 8 cm de aislamiento de lana de roca de 0.032 W/m°C bajo todo el forjado de planta baja.
- **Opción 3.1:** No se mejora la carpintería, solamente el acristalamiento con un acristalamiento doble 6/14/3+3 con planitherm con inserción de argón 100% en el interior de la cámara
- **Opción 4.2:** Colocación de un aislamiento de 8cm de espesor de lana de roca 0.032 W/m°C bajo el forjado de planta baja.
- **Protecciones solares:** Ninguna mejora es rentable.

	VAN	TIR	Amortización
<b>O1.2</b>	4.046,15	15,62%	Año 8
<b>O2.2</b>	1.815,84	15,15%	Año 9
<b>O3.1</b>	908,78	13,07%	Año 10
<b>O4.2</b>	211,25	6,68%	Año 17

Todas las mejoras producen individualmente un ahorro energético, destacando entre ellas la mejora del aislamiento en fachada, que produce un gran ahorro energético en calefacción y un gran beneficio económico.



Analizamos como afecta la introducción de las mejoras, una a una, en el edificio

#### Demanda edificio inicial

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año
		kwh/m2	kwh/año	Calif.			
Edificio inicial	Cal	53,50	7.498,00	E	g.n.	0,85	8.821,18
	Refr	10,40	1.457,60	D	e	2,50	583,04

#### Opción 1.2

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año.
		kwh/m2	kwh/año	Calif.			
O1.2	Cal	35,5	4975,3	D	g.n.	0,85	5.853,29
	Refr	10,1	1415,5	B	e	2,50	566,20

#### Conjunto 1: O1.2+Opción 2.2

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año
		kwh/m2	kwh/año	Calif.			
C1	Cal	27,7	3882,2	C	g.n.	0,85	4.567,29
	Refr	11	1541,6	B	e	2,50	616,64

#### Conjunto 2: O1.2+O2.2+ Opción 3.1

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año
		kwh/m2	kwh/año	Calif.			
C2	Cal	23,4	3279,5	C	g.n.	0,85	3.858,24
	Refr	10,9	1527,6	B	e	2,50	611,04

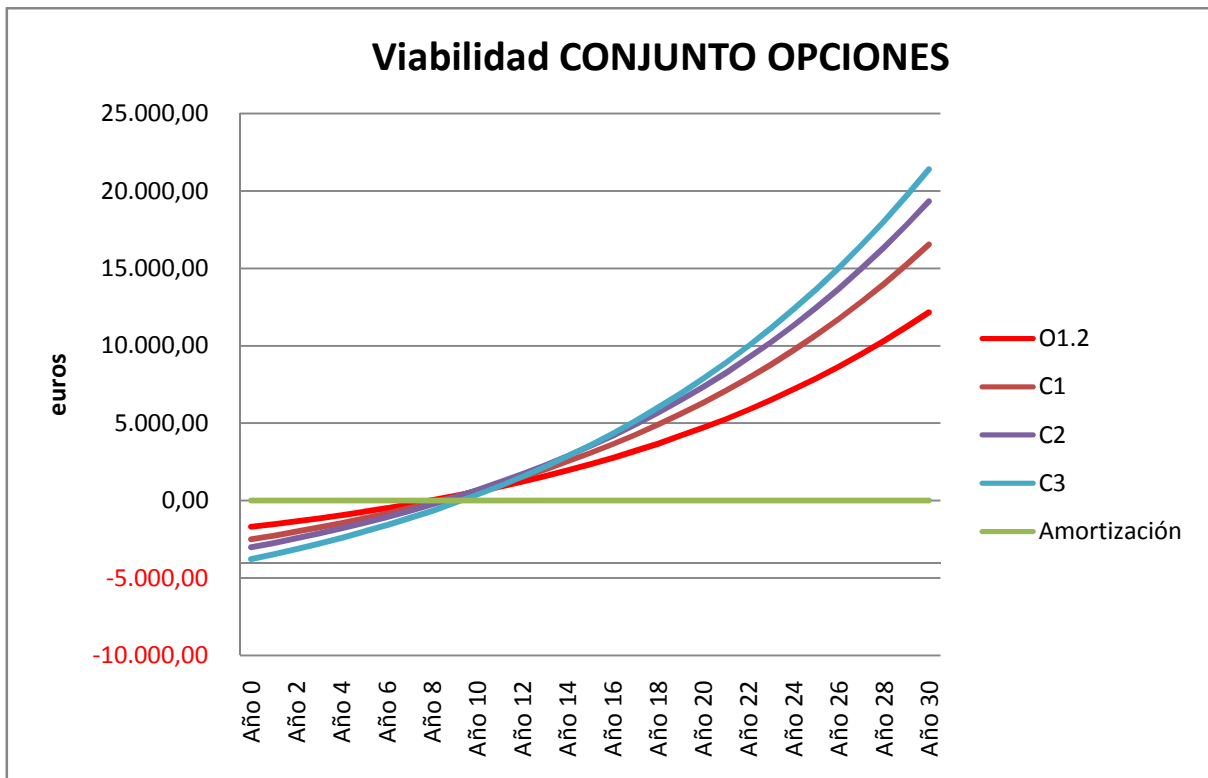
**Conjunto 3: O1.2+O2.2+ O3.1+ Opción 4.2**

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año.
		kwh/m2	kwh/año	Calif.			
C3	Cal	20	2803	B	g.n.	0,85	3.297,65
	Refr	10,6	1485,6	B	e	2,50	594,24

Resumen del ahorro en el consumo energético respecto del edificio inicial tras la aplicación de cada mejora:

	Consumo edificio inicial kwh		Consumo aproximado kwh		Ahorro consumo kwh		Coste energía €		Ahorro mejora €/año		Coste ejecución
	Cal	Refr	Cal	Refr	Cal	Refr	Gas nat	Electricidad	Cal	Refr	
O1.2	8.821,18	583,04	5853,29	566,20	2967,88	16,84	0,057	0,1489	169,17	2,51	<b>1.688,70</b>
C1			4567,29	616,64	4253,88	-33,60			242,47	-5,00	<b>2.488,70</b>
C2			3858,24	611,04	4962,94	-28,00			282,89	-4,17	<b>3.016,70</b>
C3			3297,65	594,24	5523,53	-11,20			314,84	-1,67	<b>3.775,50</b>

Estudiamos la viabilidad del conjunto de mejoras:

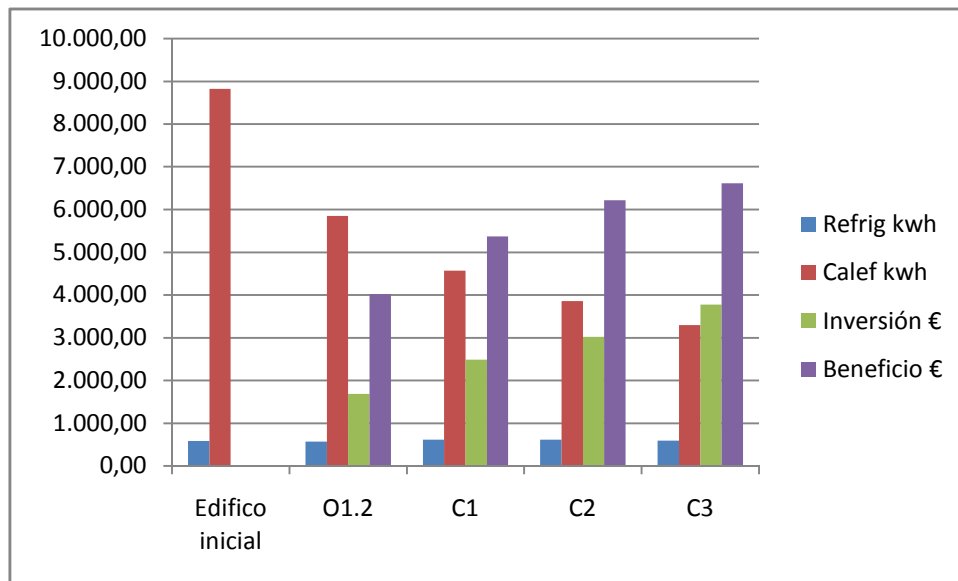


Ver cálculos de viabilidad en anexo II



	VAN	TIR	Amortización
<b>O1.2</b>	4.026,15	15,48%	Año 8
<b>C1</b>	5.372,76	14,71%	Año 9
<b>C2</b>	6.219,05	14,35%	Año 9
<b>C3</b>	6.617,24	13,20%	Año 10

Conseguimos la máxima rentabilidad al introducir todas las mejoras. Observamos que el VAN va aumentando conforme aplicamos las mejoras y el TIR apenas disminuye.



### 6.5.2 Selección de mejoras en las instalaciones.

Se estudian las mejoras sobre las instalaciones respecto al consumo del edificio inicial de proyecto:

		Emisiones			Consumo		
		kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año	Calif.	kwh/m <sup>2</sup>	kwh/año	energía
<b>Edificio inicial</b>	Cal	14,4	2018,2	D	70,4	9862,0	g.n.
	Refr	3,1	434,5	C	4,8	665,7	e
	ACS	4,1	574,6	E	20,3	2844,3	g.n.

**Opción instalaciones 1:** Sustitución de la caldera convencional por una caldera de condensación de 23 kw, con un rendimiento nominal de 0.95 y alimentada mediante gas natural.

		Emisiones			Consumo		
		kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año	Calif.	kwh/m <sup>2</sup>	kwh/año	energía
<b>OI 1</b>	Cal	11,7	1639,8	D	57,3	8029,8	g.n.
	Refr	3,1	434,5	C	4,8	665,7	e
	ACS	3,7	518,6	E	18,2	2544,9	g.n.

**Opción instalaciones 2:** Instalación de sistema de energía solar como apoyo al ACS mediante un captador solar, el cual capta la radiación solar que incide sobre su superficie y la transforma en energía térmica, proporcionando una contribución solar del 81%. Cálculos en Anexo III.

		Emisiones			Consumo		
		kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año	Calif.	kwh/m <sup>2</sup>	kwh/año	energía
<b>OI 2</b>	Cal	14,4	2018,2	D	70,4	9867,9	g.n.
	Refr	3,1	434,5	C	4,8	665,7	e
	ACS	0,8	112,1	A	3,9	540,4	g.n.

**Opción instalaciones 3:** Sustitución de calefacción por radiadores, caldera convencional y los 2 equipos de refrigeración por un calentador atmosférico de 23 kw y un equipo con bomba de calor de impulsión de aire mediante conductos, con unos datos en refrigeración de potencia nominal de 9,4 kw y consumo de 3,04 kw, y de calefacción de potencia nominal de 11,2 kw y consumo de 3,10 kw con un caudal de impulsión nominal de 2040 m<sup>3</sup>/h.

		Emisiones			Consumo		
		kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año	Calif.	kwh/m <sup>2</sup>	kwh/año	energía
<b>OI 3</b>	Cal	12,8	1793,9	D	19,8	2770,3	e
	Refr	3,2	448,5	C	5,0	696,4	e
	ACS	4,1	574,6	E	20,3	2844,3	g.n.

**Opción instalaciones 4:** Sustitución de calefacción por radiadores, caldera convencional y los 2 equipos de refrigeración por un calentador atmosférico de 23 kw y 2 equipos de impulsión de aire con bomba de calor mediante conductos, con unos datos de cada máquina en refrigeración de potencia nominal de 5,7 kw y consumo de 1,68 kw, y de calefacción de potencia nominal de 7,0 kw y consumo de 1,94 kw con un caudal de impulsión nominal de 1260 m3/h.

		Emisiones			Consumo		
		kgCO2/m2	kgCO2/año	Calif.	kwh/m2	kwh/año	energía
OI 4	Cal	13,9	1948,1	D	21,4	2992,0	e
	Refr	3,1	434,5	C	4,7	663,7	e
	ACS	4,1	574,6	E	20,3	2844,3	g.n.

Resumen del ahorro en el consumo energético respecto del edificio inicial tras la aplicación de cada mejora:

	Consumo edificio inicial kwh			Consumo a mejoras kwh			Ahorro consumo kwh	
	Cal	Refr	ACS	Cal	Refr	ACS	Gas	Electricidad
OI1	9.862,00	665,70	2.844,30	8029,80	665,70	2544,90	2131,60	0,00
OI2				9867,90	665,70	540,40	2298,00	0,00
OI3				2770,30	696,40	2844,30	9862,00	-2801,00
OI4				2992,00	663,70	2844,30	9862,00	-2990,00

El coste de inversión para cada caso es el siguiente:

		Importe propuesta €	Importe proyecto €	Ahorro Diferencia €
OI.1	u. Instalación de caldera de condensación de 23 kw	1.800,00		<b>-500,00</b>
	u. Instalación de caldera convencional de 23 kw		1.300,00	
OI.2	u. Instalación de sistema de captación solar para ACS	2.550,00		<b>-2.550,00</b>
OI.3	u. Instalación de único equipo climatización por conductos con BDC	3.069,00		<b>4.607,00</b>
	u. Instalación de calentador atmosférico 23 kw	500,00		
	ud Instalación calefacción por radiadores		2.600,00	
	ud Inst. 2 equipos de refrigeración por conductos		4.276,00	
	u. Instalación de caldera de convencional de 23 kw		1.300,00	
OI.4	ud Instalación 2 equipos refrigeración por conductos con BDC	4276,00		<b>3.400,00</b>
	u. Instalación de calentador atmosférico 23 kw	500,00		
	ud Instalación calefacción por radiadores		2.600,00	
	ud Inst. 2 equipos de refrigeración por conductos		4276,00	
	u. Instalación de caldera de convencional de 23 kw		1.300,00	

Estudio de la viabilidad de cada opción:

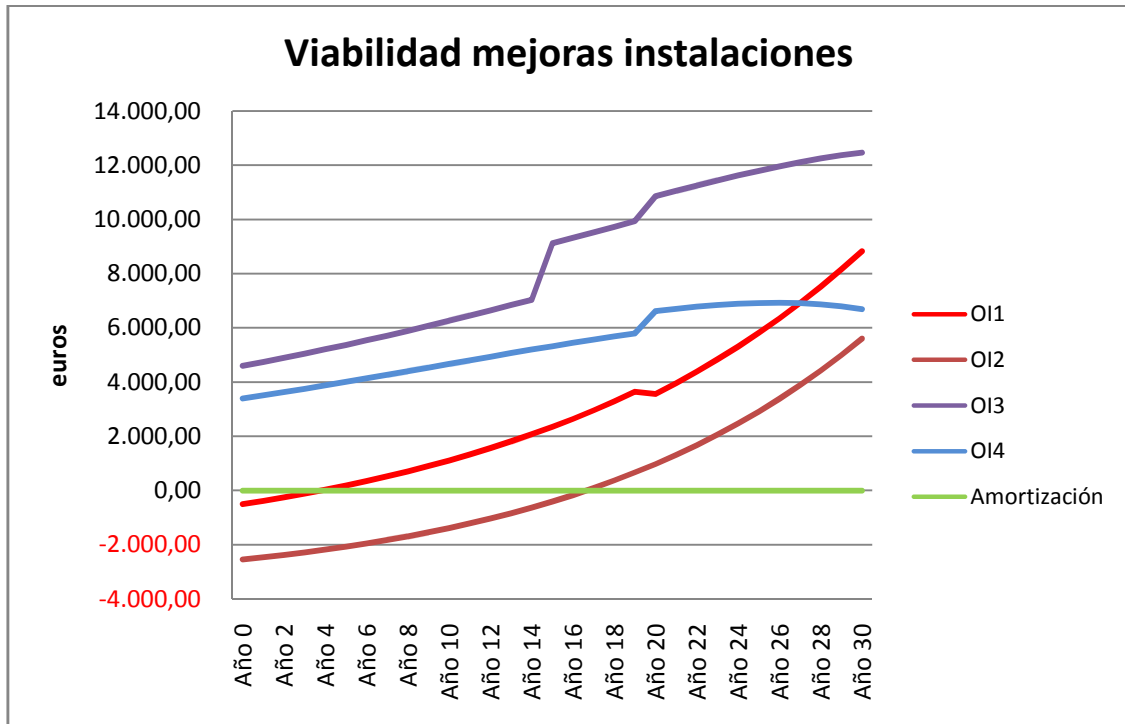
	Ahorro consumo kwh		Coste energía €		Ahorro mejora €/año	
	Gas	Electricidad	Gas	Electricidad	Gas	Electricidad
<b>OI1</b>	2131,60	0,00	0,057	0,1489	121,50	0,00
<b>OI2</b>	2298,00	0,00			130,99	0,00
<b>OI3</b>	9862,00	-2801,00			562,13	-417,07
<b>OI4</b>	9862,00	-2990,00			562,13	-445,21

Consideramos como el importe inicial de cada propuesta a la diferencia entre el importe de proyecto y el importe de la propuesta. Cuando se termine la vida útil de una instalación y deba de ser sustituida, dentro de los 30 años que se establece nuestro estudio, se contabilizará la diferencia de coste entre la instalación definida en proyecto y la propuesta, con su respectivo aumento inflacionario.

En caso de que una mejora deba ser sustituida y su nueva vida útil sobrepase nuestro plazo de 30 años, se pondrá la parte proporcional del valor de la diferencia entra las instalaciones hasta los 30 años.

Suponemos la sustitución de los siguientes equipos:

	Equipo original	Equipo mejora	Ahorro en sustitución respecto original	Año sustitución	Ahorro proporcional según vida útil hasta los 30 años	Ahorro valor capitalizado en su año de sustitución
<b>O I.1</b>	Caldera convencional	Caldera condensación	-500,00 €	Año 20	-250,00 €	-451,53 €
<b>O I.2</b>		Sistema captación solar	0,00 €	Año 30	0,00 €	0,00 €
<b>O I.3</b>	2 equipos refrigeración	1 equipo climatización	1.207,00 €	Año 15	1.207,00 €	1.880,47 €
	Radiadores		2.600,00 €	NP	NP	NP
	Caldera convencional	Calentador	800,00 €	Año 20	400,00 €	722,44 €
<b>O I.4</b>	2 equipos refrigeración	2 equipo climatización	0,00 €	Año 15	0,00 €	0,00 €
	Radiadores		2.600,00 €	NP	NP	NP
	Caldera convencional	Calentador	800,00 €	Año 20	400,00 €	722,44 €



*Ver cálculos de viabilidad en anexo II*

	VAN	TIR	Amortización
<b>OI1</b>	3.366,16	30,24%	Año 4
<b>OI2</b>	708,99	6,61%	Año 17
<b>OI3</b>	8.459,95		0
<b>OI4</b>	5.273,53		0

La opción más rentable es la OI3, instalación de un único equipo eléctrico de refrigeración para todo el edificio. esta opción solo es compatible con la opción OI2, instalación de sistema de captación de energía solar, por lo que estudiaremos la rentabilidad al aplicar las dos mejoras juntas.

### Consumo energético de la unificación de mejoras en instalaciones seleccionadas

En la unificación de las mejoras de las instalaciones observaremos si la mejora OI2 aumenta la rentabilidad de la inversión o la disminuye.

	VAN	TIR	Amortización
<b>OI3</b>	8.459,95	NP	0
<b>OI2</b>	708,99	6,61%	Año 17

### Mejora en instalaciones OI3: Equipo de climatización

		Emisiones			Consumo		
		kgCO2/m2	kgCO2/año	Calif.	kwh/m2	kwh/año	energía
<b>OI 3</b>	Cal	12,8	1793,9	D	19,8	2770,3	e
	Refr	3,2	448,5	C	5,0	696,4	e
	ACS	4,1	574,6	E	20,3	2844,3	g.n.

**COI = OI3 + OI2(captación solar)**

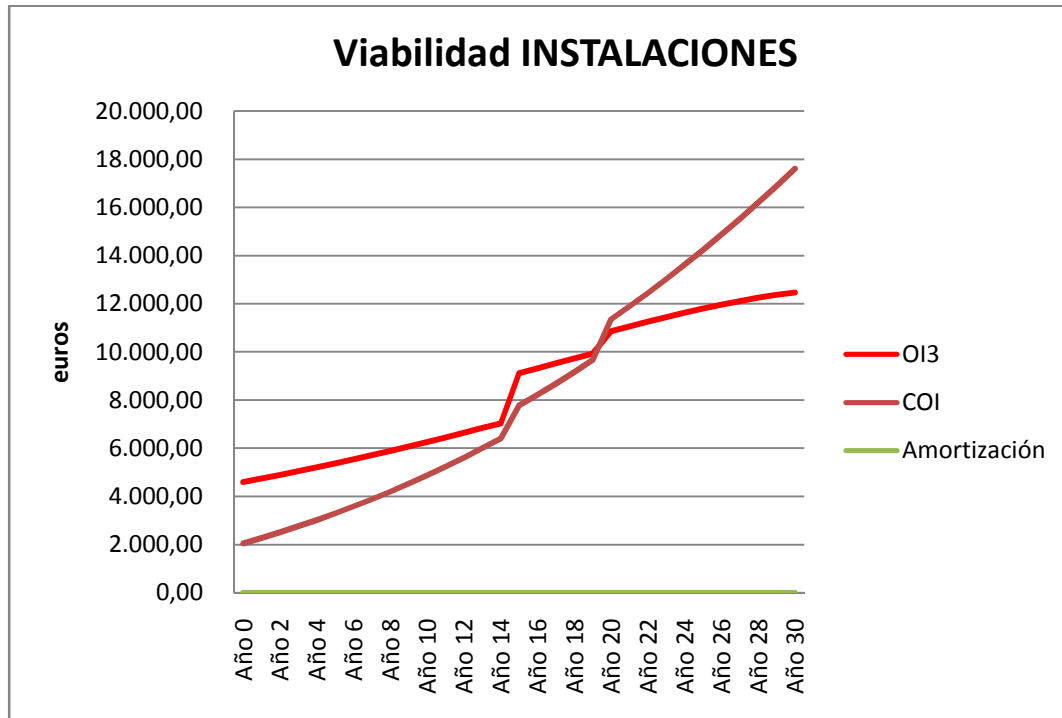
		Emisiones			Consumo		
		kgCO2/m2	kgCO2/año	Calif.	kwh/m2	kwh/año	energía
<b>COI</b>	Cal	12,8	1793,9	D	19,8	2770,3	e
	Refr	3,2	448,5	C	5,0	696,4	e
	ACS	0,8	112,1	A	3,9	540,4	g.n.

Resumen del ahorro en el consumo energético respecto del edificio inicial tras la aplicación de cada mejora:

	Consumo edificio inicial kwh			Consumo mejoras kwh			Ahorro consumo kwh	
	Cal	Refr	ACS	Cal	Refr	ACS	Gas	Electricidad
<b>OI3</b>	9.862,00	665,70	2.844,30	2770,30	696,40	2844,30	9862,00	-2801,00
<b>COI</b>				2770,30	696,40	540,40	12165,90	-2801,00

Estudio de la viabilidad de cada opción:

	Ahorro consumo kwh		Coste energía €		Ahorro mejora €/año		Importe de ejecución €
	Gas	Electricidad	Gas	Electricidad	Gas	Electricidad	
<b>OI3</b>	9862,00	-2801,00	0,057	0,1489	562,13	-417,07	<b>-4.607,00</b>
<b>COI</b>	12165,90	-2801,00			693,46	-417,07	<b>-2.057,00</b>



Ver cálculos de viabilidad en anexo II

	VAN	TIR	Amortización
<b>OI3</b>	8.459,95	#¡DIV/0!	0
<b>COI</b>	8.896,49	#¡DIV/0!	0

La ejecución de las dos mejoras representadas en COI es rentable.

### 6.5.3 Viabilidad de las mejoras seleccionadas.

Estudiamos como afectan los conjuntos de mejoras de las instalaciones sobre la envolvente seleccionada C3:

	VAN	TIR	Amortización
<b>COI</b>	9.396,49	NP	0
<b>C3</b>	6.617,24	13,20%	Año 10

#### Edificio inicial:

		Emisiones			Consumo		
		kgCO2/m2	kgCO2/año	Calif.	kwh/m2	kwh/año	energía
<b>Edificio inicial</b>	Cal	14,4	2018,2	D	70,4	9862,0	g.n.
	Refr	3,1	434,5	C	4,8	665,7	e
	ACS	4,1	574,6	E	20,3	2844,3	g.n.

**Mejora C3:** Calculamos el consumo real de las mejoras sobre la envolvente, para poder compararlo al consumo de las instalaciones.

		Emisiones			Consumo		
		kgCO2/m2	kgCO2/año	Calif.	kwh/m2	kwh/año	energía
<b>C3</b>	Cal	5,4	756,8	B	26,4	3696,8	g.n.
	Refr	4,1	574,6	C	6,3	881,3	e
	ACS	4,1	574,6	E	20,3	2844,3	g.n.

**Mejora C3 + COI =** Aislamiento 9cm cámara de aire  
 Aislamiento 8 cm forjado sanitario  
 Acristalamiento 4/14/3+3 planitherm con 100% argón  
 Aislamiento 8 cm cubiertas  
 Equipo único de climatización.  
 Caldera atmosférica de 23 kw.  
 Sistema de energía solar térmica.

		Emisiones			Consumo		
		kgCO2/m2	kgCO2/año	Calif.	kwh/m2	kwh/año	energía
<b>C3+COI</b>	Cal	5,9	826,9	B	9,1	1275,9	e
	Refr	3,4	476,5	C	5,2	732,8	e
	ACS	0,8	112,1	A	3,9	540,4	g.n.

Resumen del ahorro en el consumo energético respecto del edificio inicial tras la aplicación de cada mejora:

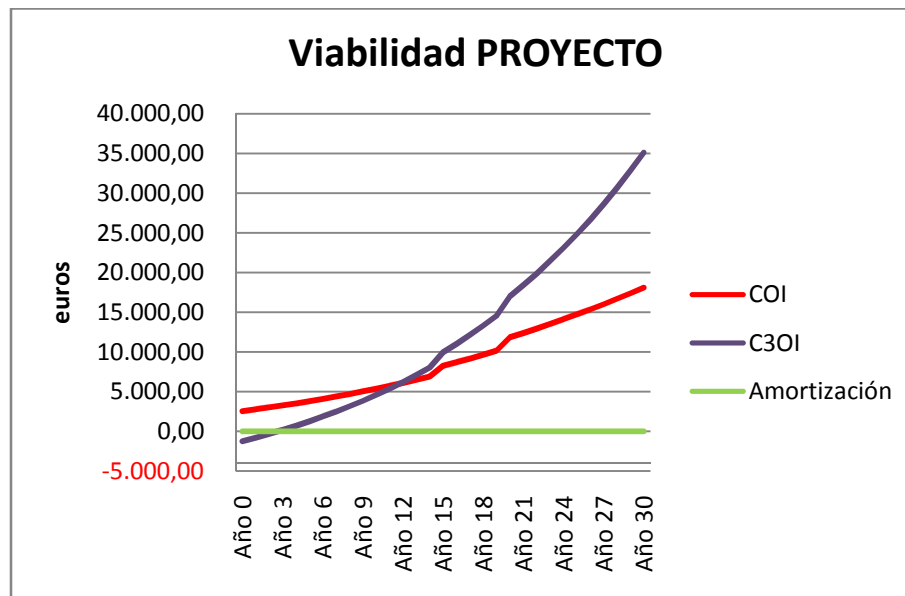
	Consumo edificio inicial kwh			Consumo a mejoras kwh			Ahorro consumo mejoras kwh	
	Cal	Refr	ACS	Cal	Refr	ACS	Gas	Electricidad
<b>C3+COI</b>	9.862,00	665,70	2.844,30	1275,90	732,80	540,40	12165,90	-1343,00



Estudio de la viabilidad de cada opción:

	Ahorro consumo mejoras kwh		Coste energía		Coste ahorro mejora €/año		Importe de ejecución
	Gas	Electricidad	Gas	Electricidad	Gas	Electr	
<b>C3+COI</b>	11682,30	-1343,00	0,057	0,1489	693,46	-199,97	<b>1.218,50</b>

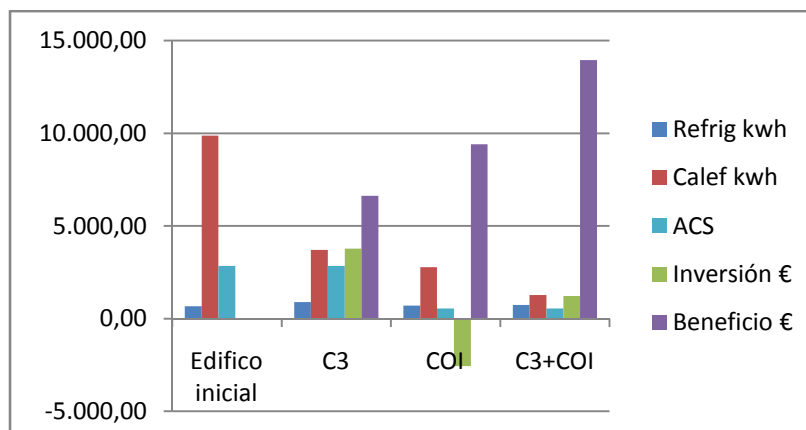
Al introducir en el programa las mejoras sobre la envolvente y sobre las instalaciones observamos que aumentamos la rentabilidad de la inversión.



Ver cálculos de viabilidad en anexo II

	VAN	TIR	Amortización
<b>COI</b>	9.396,49	NP	NP
<b>C3COI</b>	13.943,55	42,53%	Año 4

En el siguiente gráfico se puede observar claramente el ahorro energético que supone la aplicación de las dos mejoras sobre el edificio y el beneficio económico de cada una.



### 6.5.4. Comparación entre la calificación del Calener VyP y CEX3 del edificio final

Obtenemos la calificación energética mediante los dos procedimientos para observar la diferencia existente entre ellos:

#### Calificación obtenida por el medio general mediante el programa CALENER VyP

Comparamos los resultados obtenidos respecto los que habíamos obtenido inicialmente:

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO2/m²	Edificio Objeto			Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO2/m²	Edificio Objeto		
<5.4 A				<5.4 A			
5.4-10.3 B							
10.3-17.3 C							
17.3-27.8 D							
>27.8 E							
F							
G							
	Clase	kWh/m²	kWh/año		Clase	kWh/m²	kWh/año
Demanda calefacción	E	53.5	7498.0	Demanda calefacción	C	20.0	2803.0
Demanda refrigeración	B	10.4	1457.6	Demanda refrigeración	B	10.6	1485.6
	Clase	kgCO2/m²	kgCO2/año		Clase	kgCO2/m²	kgCO2/año
Emisiones CO2 calefacción	D	14.4	2018.2	Emisiones CO2 calefacción	B	5.9	826.9
Emisiones CO2 refrigeración	C	3.1	434.5	Emisiones CO2 refrigeración	C	3.4	476.5
Emisiones CO2 ACS	E	4.1	574.6	Emisiones CO2 ACS	A	0.8	112.1
Emisiones CO2 totales			3027.2	Emisiones CO2 totales			1415.5

Edificio inicial

Edificio final C3COI

#### Calificación obtenida por el medio simplificado mediante el programa CE3X

Listado medidas mejora incluidas en el conjunto

Medidas mejora	Tipo de medida
Nueva definición de las instalaciones	Instalaciones
Aislamiento cámara aire fachada	Adición de Aislamiento Térmico
Aislamiento térmico 8 cm en forjado sanitario	Adición de Aislamiento Térmico
Aislamiento 8 cm en cubierta	Adición de Aislamiento Térmico
Acrisolamiento climait planiterm	Sustitución/mejora de Huecos

Calificación energética del edificio con el conjunto de medidas de mejora

RESULTADOS	Medidas mejora	Caso base	Ahorro
Demanda de calefacción	22.1 C	68.5 E	67.8 %
Demanda de refrigeración	18.6 D	9.9 B	-88.7 %
Emisiones de calefacción	5.9 B	22.9 E	74.1 %
Emisiones de refrigeración	6.1 D	3.3 C	-86.3 %
Emisiones de ACS	1.2 A	5.7 E	79.6 %
EMISIONES GLOBALES	13.2 C	31.9 E	58.6 %

Para el cálculo de ambas certificaciones se ha respetado los valores de los puentes térmicos que ambos programas facilitan. Se debe indicar que el Calener VyP no tiene por defecto la posibilidad de introducir un puente térmico de caja de persianas.

	Demanda (kwh/m2)					
	CE3X			CALENER VyP		
	Edificio inicial	Edificio Final	% Mejora	Edificio inicial	Edificio Final	% Mejora
Calefacción	68,5	22,1	67,74%	53,5	20	62,62%
Refrigeración	9,9	18,6	-87,88%	10,4	10,6	-1,92%

	Emisión CO2 (Kg/m2)					
	CE3X			CALENER VyP		
	Edificio inicial	Edificio Final	% Mejora	Edificio inicial	Edificio Final	% Mejora
Calefacción	22,9	5,9	74,24%	14,4	5,9	59,03%
Refrigeración	3,3	6,1	-84,85%	3,1	3,4	-9,68%
ACS	5,7	1,2	78,95%	4,1	0,8	80,49%
GLOBAL	31,9	13,2	<b>58,62%</b>	21,6	10,1	<b>53,24%</b>

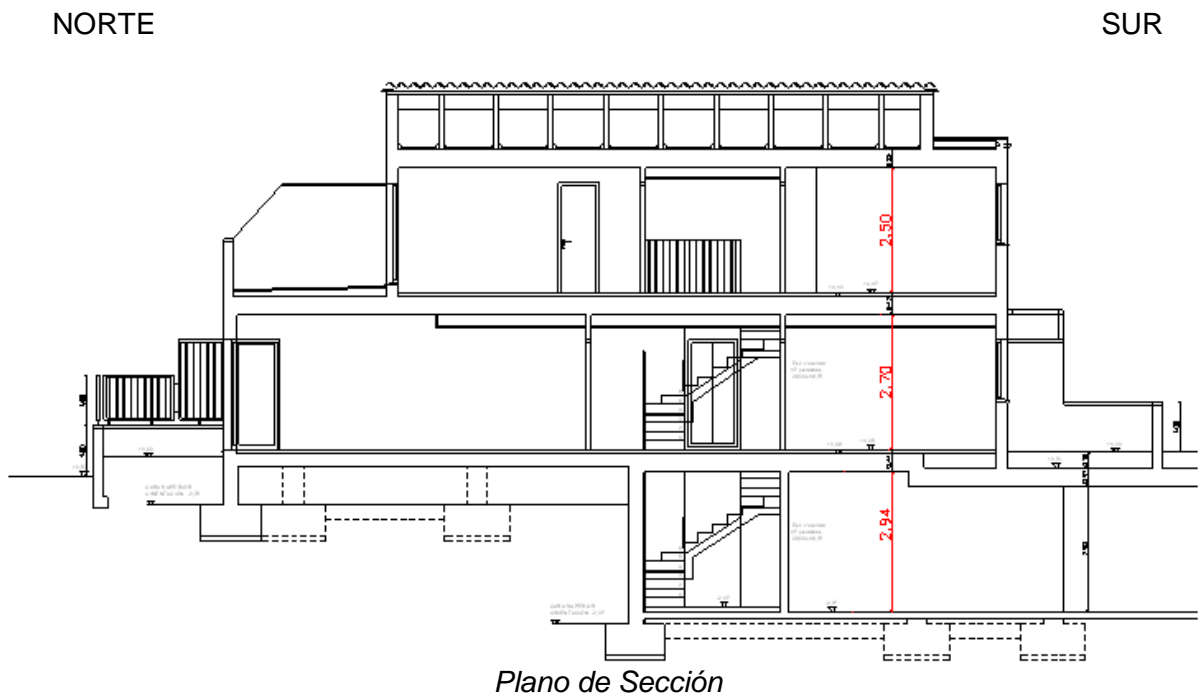
## 7. Edificio uso terciario.

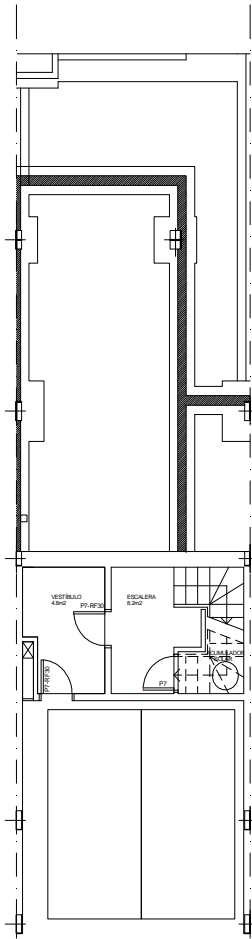
### 7.1 Descripción del edificio

El edificio para uso terciario es exactamente el mismo que el de vivienda, simplemente se ha variado el uso que se le da, empleándolo ahora como edificio de oficinas con carga interna media de 8 horas.

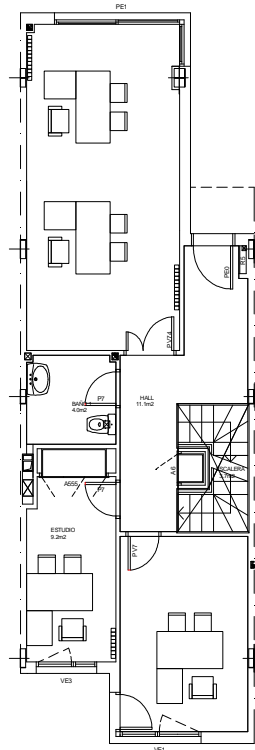
La orientación, plantas y sistema constructivo siguen siendo los mismos.

	SUP. UTIL (m <sup>2</sup> )		
	Sótano	PB	P1
Vivienda	25	75,10	64,10

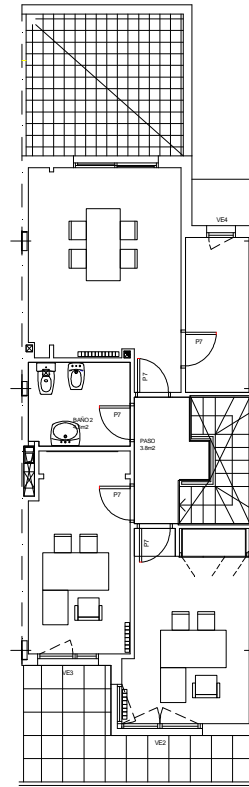




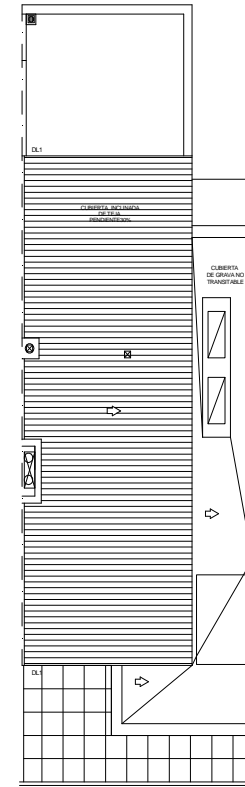
Sótano



P. Baja



P. Primera



Cubierta

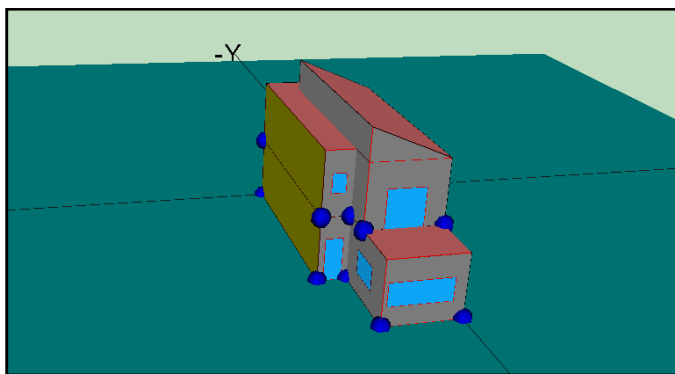
Planos de distribución en uso terciario

## 7.2 Calculo de la Demanda del edificio.

En edificios terciarios no se considera ningún periodo especial a lo largo del año. La instalación tiene una temperatura de consigna para refrigeración (25°C) y otra de calefacción (20°C) durante las horas de funcionamiento de la instalación, por lo tanto puede necesitarse calefacción o refrigeración en cualquier época del año.

Nuestro edificio tendrá una intensidad de uso media de 8 horas.

El cálculo de la demanda del edificio y la comprobación del cumplimiento de su envolvente respecto a la HE1 se realiza nuevamente mediante la aplicación LIDER con el mismo edificio ya definido para uso vivienda, pero indicando a la aplicación el cambio a uso terciario de intensidad media de 8 horas, modificando las renovaciones/hora de cada zona y definiendo la iluminación correspondiente.



Fachada Principal (Norte)

**Tipo edificio**

Vivienda unifamiliar

Vivienda en bloque

Edificio sector terciario, pequeño o mediano

**Clase por defecto de los espacios habitables**

Tipo de Uso:

Condiciones higrometría

Clase 3 o inferior

Clase 4

Clase 5

Número de renovaciones hora requerido

Cambio a uso terciario

Una vez simulado el edificio en LIDER, insertamos la simulación en la aplicación CALENER VyP y definimos los sistemas de instalaciones del edificio. El programa calcula la demanda resultante obteniendo el siguiente resultado:

	Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Demanda calefacción	D	36.3	5087,4
Demanda refrigeración	C	13.7	1920,1

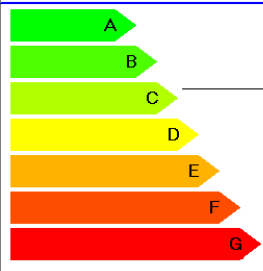

Los valores obtenidos para las demandas son meramente orientativos, ya que estos valores no significan el consumo real del edificio, sin embargo los emplearemos para poder determinar un hipotético ahorro energético de cada mejora y así valorar la idoneidad o no de cada una.

Para poder aproximar la demanda obtenido al consumo producido dividiremos la demanda de la calefacción por un rendimiento medio estacional de la caldera de 0,8, y la demanda de refrigeración la dividiremos por un rendimiento eléctrico de 2,5.








### 7.3. Estudio de la calificación energética inicial del edificio por el método simplificado y por el método general.

Se realiza la calificación energética del edificio con los sistemas constructivos definidos en el apartado anterior mediante los dos métodos para poder observar y analizar la diferencia existente entre ellos.

#### Calificación obtenida por el medio general mediante el programa CALENER.

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	Edificio Objeto		
			
	Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Demanda calefacción	D	36,3	5087,4
Demanda refrigeración	C	13,7	1920,1
	Clase	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año
Emisiones CO <sub>2</sub> calefacción	B	9,3	1303,4
Emisiones CO <sub>2</sub> refrigeración	B	3,3	462,5
Emisiones CO <sub>2</sub> ACS	C	1,4	196,2
Emisiones CO <sub>2</sub> Iluminación	C	17,9	2508,7
Emisiones CO <sub>2</sub> Totales			4470,8

#### Calificación obtenida por el medio simplificado mediante el programa CE3X

Calificación energética de edificios Indicador kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>		Edificio objeto	
< 21.9		Demanda de calefacción (kWh/m <sup>2</sup> )	41.19 F
< 35.7		Demanda de refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> )	26.55 D
< 54.9		Emisiones de calefacción (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	18.66 E
< 71.3	 <b>60.43 D</b>	Emisiones de refrigeración (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	9.22 D
< 87.8		Emisiones de ACS (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	2.08 D
< 109.7		Emisiones de iluminación (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	30.47 D
>=109.7			

Al igual que en el uso vivienda, la calificación energética obtenida por el método simplificado es inferior a la realizada por el método general.

## 7.4 Rehabilitación energética

En el sector terciario la variación o mejora sobre la iluminación afecta considerablemente tanto al consumo como a la demanda del edificio. Por lo tanto, en uso terciario debemos tener en cuenta que la radiación térmica procedente de la iluminación produce por sí sola variaciones en los valores de calefacción y refrigeración.

Como la iluminación afecta también directamente a la demanda, para poder estudiar correctamente la viabilidad de las inversiones sobre el edificio de uso terciario, vamos a estudiar primero la conveniencia o no de la mejora sobre la iluminación, y en caso de ser viable, el estudio de las mejoras sobre la envolvente se realizará considerando ya esta mejora.

		Emisiones			Consumo		
		kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año	Calif.	kwh/m <sup>2</sup>	kwh/año	energía
<b>Edificio inicial</b>	Cal	9,3	1303,4	B	45,6	6394,4	g.n.
	Refr	3,3	462,5	B	5,2	722,3	e
	ACS	1,4	196,2	C	6,8	948,1	g.n.
	Ilum	17,9	2508,7	C	27,6	3863,6	e

**Mejora en iluminación (M ilum):** Sustitución de fluorescentes por tubos Leeds.

La mejora sobre la iluminación consiste en la colocación de Leds que reducen la potencia necesaria para la obtención de la misma iluminancia.

Edificio inicial con tubos fluorescentes								
Zona	ud	Potencia lámpara w	Potencia x planta w	Superficie iluminada m <sup>2</sup>	Potencia instalada w/m <sup>2</sup>	Iluminancia media horizontal lux	VEEI obj	VEEI ref según CTE
Planta Baja	80	15	1200,00	75,10	15,98	500	3,20	3,5
Planta 1ª	80	15	1200,00	64,10	18,72	500	3,74	3,5

Edificio con iluminación con tubos Led								
Zona	ud	Potencia lámpara w	Potencia w	Superficie iluminada m <sup>2</sup>	Potencia instalada w/m <sup>2</sup>	Iluminancia media horizontal lux	VEEI obj	VEEI ref según CTE
Planta Baja	80	9	720,00	75,10	9,59	500	1,92	3,5
Planta 1ª	80	9	720,00	64,10	11,23	500	2,25	3,5

		Emisiones			Consumo		
		kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año	Calif.	kwh/m <sup>2</sup>	kwh/año	energía
<b>MIT ilum</b>	Cal	10,9	1527,6	B	53,6	7510,3	g.n.
	Refr	2,8	392,4	B	4,4	611,0	e
	ACS	1,4	196,2	C	6,8	948,1	g.n.
	Ilum	10,7	1499,6	B	16,5	2318,2	e



El coste de inversión para cada caso es el siguiente:

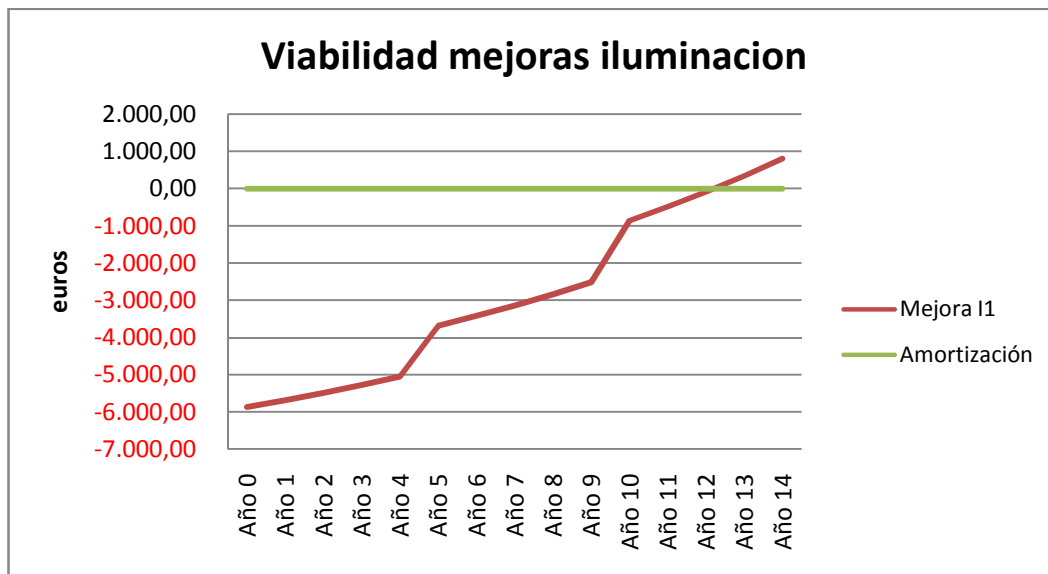
	ud	modelo	Potencia (w)	iluminancia (lm)	vida útil (años)	Precio/ud €	Total €
Edificio inicial	160	L 15 W/865	15	900	5	6,07	971,20
Edificio con Leds	160	ST8-HB2 -865	9	900	15	36,71	5.873,60

Estudio de la viabilidad de cada opción:

	Consumo edificio inicial kwh				Consumo a mejoras kwh				Ahorro consumo mejoras kwh	
	Cal	Refr	ACS	Illum	Cal	Refr	ACS	Illum	Gas	Electricidad
MT Illum	6.394,4	722,3	948,1	3.863,6	7510,30	611,00	948,10	2318,2	-1115,90	1656,70

	Ahorro consumo mejoras kwh		Coste energía €		Coste ahorro mejora €/año	
	Gas	Electricidad	Gas	Electricidad	Gas	Electricidad
MT Illum	-1115,90	1656,70	0,057	0,1489	-63,61	246,68

Se realiza el estudio de viabilidad para un periodo de 15 años que se considera la vida útil de los Leeds según el fabricante, teniendo en cuenta el ahorro que supondría la sustitución cada 5 años de los tubos convencionales.



Ver cálculos de viabilidad en anexo II

	VAN	TIR	Amortización
Mejora I1	-1.121,80	2,36%	Año 13

La sustitución de la iluminación se amortiza a los 13 años, pero como indica el VAN no es rentable por sí sola.

### 7.4.1 Selección de mejoras sobre la envolvente

Se realizarán una simulación del edificio para cada mejora propuesta con la que se obtendrán unas demandas para cada caso. Estos datos de demanda obtenidos se compararán con los datos de demanda del edificio inicial para observar si estas mejoras producen un ahorro energético y determinar la rentabilidad de la inversión, seleccionando las mejoras más eficientes de cada tipología constructiva.

El cálculo de la demanda se realizará modificando, sobre el edificio inicial, solamente la característica de la envolvente definida en la mejora y manteniendo invariable el resto de tipologías constructivas.

Para poder tener una estimación del consumo respecto a la demanda obtenida dividiremos el valor de la demanda de la calefacción por un rendimiento medio estacional de la caldera de 0,8, y la demanda de refrigeración la dividiremos por un rendimiento eléctrico de 2,5.

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox.
		kwh/m2	kwh/año	Calif.			
Edificio inicial	Cal	36,30	5.087,40	E	g.n.	0,85	5.985,18
	Refr	13,70	1.920,10	C	e	2,50	768,04

Los valores obtenidos serán meramente orientativos, ya que estos valores no significan el consumo real del edificio, sino un consumo aproximado, pero emplearemos estos valores para poder determinar y comparar las mejoras definidas para cada sistema constructivo y seleccionar la más eficiente.

### Demanda edificio terciario con mejoras 1 (Aislamientos en fachada)

**Mejora Terciario 1.1:** Inyección de aislamiento de poliuretano proyectado de 0.032 W/m°C en el interior de la cámara de aire de 5 cm.

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox. kwh/año
		kwh/m2	kwh/año	Calif.			
MT1	Cal	23,5	3293,5	C	g.n.	0,85	3.874,71
	Refr	23,1	3237,5	C	e	2,50	1.295,00

**Mejora Terciario 1.2:** Trasdosado de la tabiquería interior del cerramiento mediante tabiquería autoportante de cartón-yeso de 15 mm con aislamiento de lana de roca de 0.032 W/m°C de 5cm por el interior.

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox. kwh/año.
		kwh/m2	kwh/año	Calif.			
MT1.2	Cal	28,6	4008,3	C	g.n.	0,85	4.715,65
	Refr	16,1	2256,4	C	e	2,50	902,56

Resumen del ahorro en el consumo energético respecto del edificio inicial de la mejora:

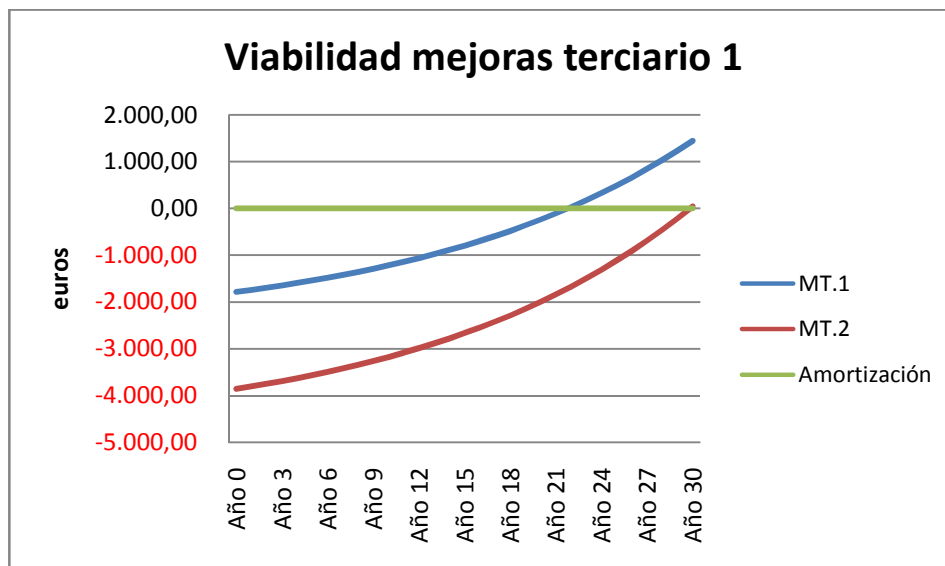
	Consumo edificio inicial kwh		Consumo aproximado kwh		Ahorro consumo mejoras kwh		Coste energía €		Ahorro mejora €/año	
	Cal	Refr	Cal	Refr	Cal	Refr	Gas natural	Electricidad	Cal	Refr
<b>MT1.1</b>	5.985,18	768,04	4913,53	885,76	1071,65	-117,72	0,057	0,1489	61,08	-17,53
<b>MT 1.2</b>	5.985,18	768,04	4715,65	902,56	1269,53	-134,52	0,057	0,1489	72,36	-20,03

El coste de inversión para cada caso es el siguiente:

Mejora	Descripción	Medición	€/ud	Importe
<b>M1.1</b>	m2. Inyección de espuma de poliuretano 0,032 w/m2 <sup>0k</sup> en tabiquería de fachada con un espesor medio de 5 cm. Incluido la posterior tapado de huecos y pintado de paredes. Incluso limpieza y retirada de material.	130,00	13,75	<b>1.786,99 €</b>
<b>M1.2</b>	m2 Trasdoso autoportante de cartón yeso de perfiles de 46 mm con aislamiento de lana de roca 0,032 w/m2 <sup>0k</sup> de 5 cm de espesor. Incluido colocación rodapiés y pintado de paredes. Incluso limpieza y retirada de material.	130,00	29,70	<b>3.861,30 €</b>

Desglose de precios en anexo IV

Estudio de la viabilidad de la opción:



Ver cálculos de viabilidad en anexo II

	VAN	TIR	Amortización
<b>MT.1</b>	<b>-430,36</b>	3,29%	Año 22
<b>MT.2</b>	<b>-2.225,86</b>	0,06%	Año 30

El ahorro energético que producen ambas mejoras no es suficiente para conseguir que estas sean rentables.

### **Demanda edificio terciario con mejoras 2 (Aislamientos en forjado planta baja)**

**Mejora Terciario 2.1:** Colocación de 4cm de aislamiento de lana de roca de 0.032 W/m°C bajo el forjado de planta baja.

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año
		kwh/m2	kwh/año	Calif.			
MT2.1	Cal	32,3	4526,8	D	g.n.	0,85	5.325,65
	Refr	14,4	2018,2	C	e	2,50	807,28

**Mejora Terciario 2.2:** Colocación de 8 cm de aislamiento de lana de roca de 0.032 W/m°C bajo el forjado de planta baja.

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año
		kwh/m2	kwh/año	Calif.			
MT2.2	Cal	31,4	4400,7	C	g.n.	0,85	5.177,29
	Refr	15,5	2172,3	C	e	2,50	868,92

**Mejora Terciario 2.3:** Colocación de 12 cm de aislamiento de lana de roca de 0.032 W/m°C bajo el forjado de planta baja.

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año
		kwh/m2	kwh/año	Calif.			
MT2.3	Cal	31,1	4358,7	C	g.n.	0,85	5.127,88
	Refr	15,6	2186,3	C	e	2,50	874,52

Resumen del ahorro en el consumo energético respecto del edificio inicial tras la aplicación de cada mejora:

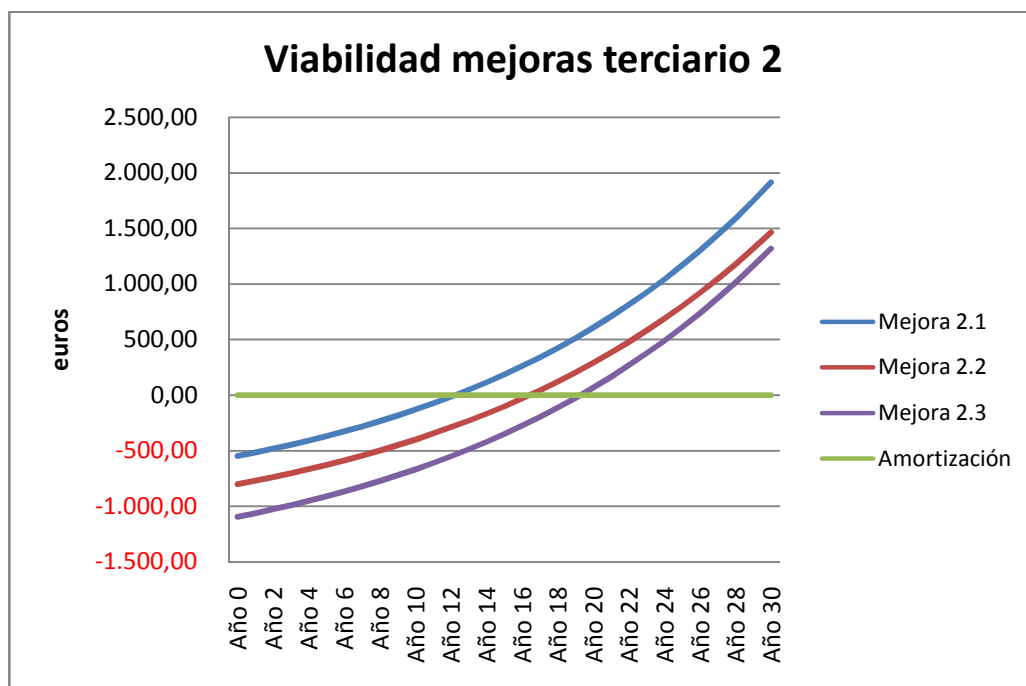
	Consumo edificio inicial kwh		Consumo aproximado kwh		Ahorro consumo mejoras kwh		Coste energía €		Ahorro mejora €/año	
	Cal	Refr	Cal	Refr	Cal	Refr	Gas natural	Electricidad	Cal	Refr
MT2.1			5325,65	807,28	659,53	-39,24	0,057	0,1489	37,59	-5,84
MT2.2	5.985,18	768,04	5177,29	868,92	807,88	-100,88			46,05	-15,02
MT2.3			5127,88	874,52	857,29	-106,48			48,87	-15,85

El coste de inversión para cada caso es el siguiente:

Mejora	Descripción	Medición	€/ud	Importe
<b>M2.1</b>	m2.Aislamiento térmico en suelos bajo forjando planta baja, con lana mineral de 40mm de espesor, sin revestimiento, de conductividad térmica de 0.032 W/mK. Incluso limpieza y retirada de material.	80,00	6.85	<b>548,00 €</b>
<b>M2.2</b>	m2.Aislamiento térmico en suelos bajo forjando planta baja, con lana mineral de 80mm de espesor, sin revestimiento, de conductividad térmica de 0.032 W/mK. Incluso limpieza y retirada de material.	80,00	10,00	<b>800,00 €</b>
<b>M2.3</b>	m2.Aislamiento térmico en suelos bajo forjando planta baja, con lana mineral de 120mm de espesor, sin revestimiento, de conductividad térmica de 0.032 W/mK. Incluso limpieza y retirada de material.	80,00	13,68	<b>1094,40 €</b>

*Desglose de precios en anexo IV*

Estudio de la viabilidad de cada opción:



	<b>VAN</b>	<b>TIR</b>	<b>Amortización</b>
<b>M T2.1</b>	476,60	9,66%	Año 13
<b>M T2.2</b>	153,66	6,23%	Año 17
<b>M T2.3</b>	-78,50	4,54%	Año 20

Observamos como aumentando el espesor del aislamiento aumentamos el ahorro energético en calefacción, pero proporcionalmente se penaliza mucho más el consumo de refrigeración. Esto es debido a que la carga interna y la iluminación producen una mayor necesidad de refrigeración, pudiéndose obtener ésta través del suelo, con lo que aumentando el espesor del aislamiento lo que conseguimos es reducir la transmitancia térmica y por tanto la posibilidad de refrigeración.

Seleccionamos la mejora T2.1, colocación del aislamiento de 4 cm.

### Mejora 3: Vidrios y marcos

Los mejores resultados energéticos y la mejor rentabilidad la obtenemos con los vidrios climalit con planitherm + argón 100 % , así que centramos el estudio sobre estos acristalamientos.

Dado que el coste de la sustitución de las carpinterías es alto, planteamos la mejora MT3.5 consistente en la instalación sobre la carpintería existente de al menos un acristalamiento climalit planitherm 4/10/4.con argón 100%.

Mejora	Carpintería		Acristalamiento			
	Modelo	U W/m <sup>2</sup> h	Vidrio	Tipología según capas	Factor solar	U W/m <sup>2</sup> h
MT3.1	Selec 60 (corredera sin RPT)	5,7	4/16/3+3	Planitherm total 13+ argón 100%	0,66	1,30
MT3.2	Confort 74 (corredera con RPT)	4,53				
MT3.3	X-50 (abatible sin RPT)	3,89				
MT3.4	Style 45 (abatible con RPT)	3,60				
MT3.5	Inicial	5,7	4/10/3+3		0,66	1,60

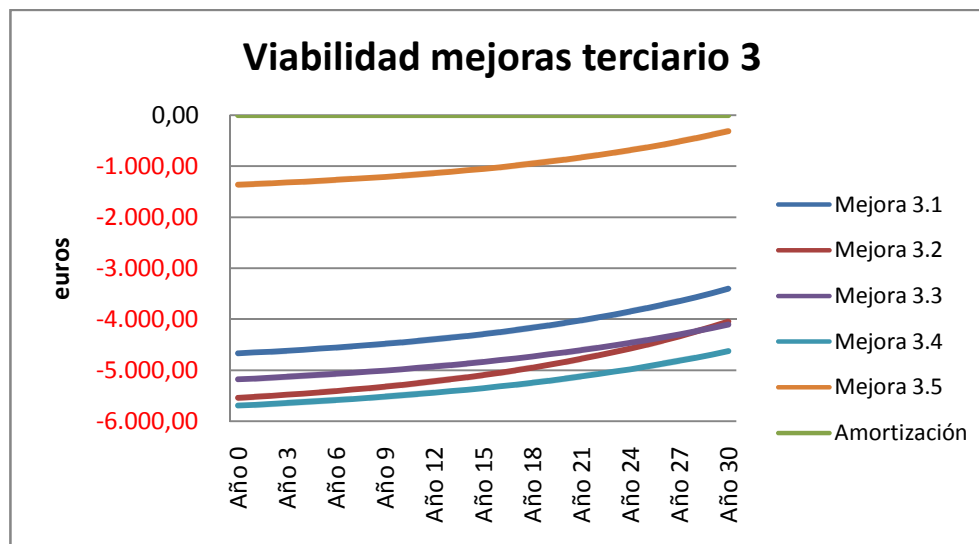
Resumen del ahorro en el consumo energético respecto del edificio inicial tras la aplicación de cada mejora:

Mejora	Demanda				Consumo aproximado		COSTE HUECOS €
	kwh/m <sup>2</sup>		kwh/año		kwh/año Rto medio estacional g.n =0,85 e=2,50		
	Calef	Refrig	Calef	Refrig	Calef	Refrig	
MT3.1	34,2	14,1	4793,1	1976,1	5638,9	790,4	4.669,00
MT3.2	33,8	14,2	4737,1	1990,1	5573,1	796,0	5.540,00
MT3.3	33,5	15	4695	2102,2	5523,5	840,9	5.180,00
MT3.4	33,4	15,1	4681	2116,3	5507,1	846,5	5.696,00
MT3.5	34,7	13,9	4863,2	1948,1	5721,4	779,2	1.360,00

Resumen del ahorro en el consumo energético respecto del edificio inicial tras la aplicación de cada mejora:

	Consumo edificio inicial kwh		Consumo aproximado kwh		Ahorro consumo kwh		Coste energía €		Ahorro mejora €/año	
	Cal	Refr	Cal	Refr	Cal	Refr	Gas natur	Electricidad	Cal	Refr
MT3.1	5.985,18	768,04	5638,94	790,44	346,24	-22,40	0,057	0,1489	19,74	-3,34
MT3.2			5573,06	796,04	412,12	-28,00			23,49	-4,17
MT3.3			5523,53	840,88	461,65	-72,84			26,31	-10,85
MT3.4			5507,06	846,52	478,12	-78,48			27,25	-11,69
MT3.5			5721,41	779,24	263,76	-11,20			15,03	-1,67

Estudio de la viabilidad de cada opción:



Ver cálculos de viabilidad en anexo II

	VAN	TIR	Amortización
MT3.1	-4.141,42		No se amortiza
MT3.2	-4.919,69		No se amortiza
MT3.3	-4.722,10		No se amortiza
MT 3.4	-5.696,00		No se amortiza
MT 3.5	-924,83		No se amortiza

No es rentable la ejecución de ninguna de las mejoras propuestas.

### Unificación de mejoras óptimas sobre la envolvente

La única mejora seleccionada ha sido la colocación de 4 cm de aislamiento bajo el forjado de planta baja., por lo que no procede realizar una unificación de mejoras.

	VAN	TIR	Amortización
Mejora T2.1	476,60	9,66%	Año 13

#### 7.4.2. Selección de las mejoras en las instalaciones.

Al igual que en los puntos anteriores donde se ha realizado un estudio de mejoras sobre la envolvente para mejorar la demanda, en este apartado se realiza un estudio de posibles mejoras sobre las instalaciones para mejorar el consumo del edificio inicial.

		Emisiones			Consumo		
		kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año	Calif	kwh/m <sup>2</sup>	kwh/año	energía
Edificio inicial	Cal	9,3	1303,4	B	45,6	6394,4	g.n.
	Refr	3,3	462,5	B	5,2	722,3	e
	ACS	1,4	196,2	C	6,8	948,1	g.n.
	Ilum	17,9	2508,7	C	27,6	3863,6	e

**Mejora en instalaciones terciario 1 (MIT.1):** Sustitución de la caldera convencional existente de 23 kw de potencia nominal, por una caldera de condensación de la misma potencia, con un rendimiento nominal de 0.95 y alimentada mediante gas natural. Se estima una vida útil de 20 años.

		Emisiones			Consumo		
		kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año	Calif	kwh/m <sup>2</sup>	kwh/año	energía
MIT 1	Cal	8,2	1149,2	B	40,4	5661,5	g.n.
	Refr	5,5	770,8	B	8,5	1191,1	e
	ACS	1,6	224,2	C	8,1	1130,5	g.n.
	Ilum	16,7	2340,5	C	25,7	3603,7	e

**Mejora en instalaciones terciario 2 (MIT.2):** Colocación de sistema de captación de energía solar térmica mediante captador solar en cubierta con una contribución del 100 %. Se adjunta el cálculo de los captadores solares en anexo III. Se estima una vida útil de 30 años.

		Emisiones			Consumo		
		kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año	Calif	kwh/m <sup>2</sup>	kwh/año	energía
MIT 2	Cal	10,1	1415,5	B	49,7	6961,9	g.n.
	Refr	5,5	770,8	B	8,5	1191,1	e
	ACS	0,3	42,1	A	1,4	202,2	g.n.
	Ilum	16,7	2340,5	C	25,7	3603,7	e

**Mejora en instalaciones terciario 3 (MIT.3):** Sustitución de los 2 equipos de refrigeración existentes por un único equipo con unos datos en refrigeración de potencia nominal de 9,4 kw, consumo de 3,04 kw, y con un caudal de impulsión nominal de 2040 m<sup>3</sup>/h.. Se estima una vida útil de 15 años.

El Calener VyP no calcula los sistemas mixtos de calefacción y ACS con sistemas de refrigeración por conductos. Para poder obtener el valor de las emisiones y consumo, debemos analizar los dos sistemas por separado, y posteriormente unir los resultados obtenidos para conseguir la calificación real.



Resultados MIT3 del sistema mixto:

		Emisiones			Consumo		
		kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año	Calif.	kwh/m <sup>2</sup>	kwh/año	energía
MIT 3A	Cal	9,3	1303,4	C	45,6	6395,3	g.n.
	Refr	0,0	0,0		0,0	0,0	e
	ACS	1,4	196,2	C	6,8	948,1	g.n.
	Ilum	17,9	2508,7	C	27,6	3863,6	e

Resultados MIT3 del sistema de refrigeración:

		Emisiones			Consumo		
		kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año	Calif.	kwh/m <sup>2</sup>	kwh/año	energía
MIT 3B	Cal	0,0	0		0	0	g.n.
	Refr	3,3	462,5	B	5,2	723,0	e
	ACS	1,4	196,2	C	6,8	948,1	g.n.
	Ilum	17,9	2508,7	C	27,6	3863,6	e

Unificación de resultados:

		Emisiones			Consumo		
		kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año	Calif.	kwh/m <sup>2</sup>	kwh/año	energía
MIT 3	Cal	9,3	1303,4	C	45,6	6395,3	g.n.
	Refr	3,3	462,5	B	5,2	723,0	e
	ACS	1,4	196,2	C	6,8	948,1	g.n.
	Ilum	17,9	2508,7	C	27,6	3863,6	e

Resumen del ahorro en el consumo energético respecto del edificio inicial tras la aplicación de cada mejora:

	Consumo edificio inicial kwh				Consumo a mejoras kwh				Ahorro consumo kwh	
	Cal	Refr	ACS	Ilum	Cal	Refr	ACS	Ilum	Gas	Electricidad
MIT 1					5297,70	722,30	848,30	3863,6	1196,50	0,00
MIT 2	6.394,40	722,30	948,10	3.863,60	6394,70	722,30	0,00	3863,6	947,80	0,00
MIT 3					6395,30	723,00	948,10	3863,6	-0,90	-0,70

El coste de inversión para cada caso es el siguiente:

		Importe propuesta €
MIT.1	u. Instalación de caldera de condensación de 23 kw	1.800,00
MIT.2	u. Instalación de sistema de captación solar para ACS	2.250,00
MIT.3	u. Instalación de único equipo climatización por conductos con BDC	3.069,00

*Desglose de precios en anexo IV*

Estudio de la viabilidad de cada opción:

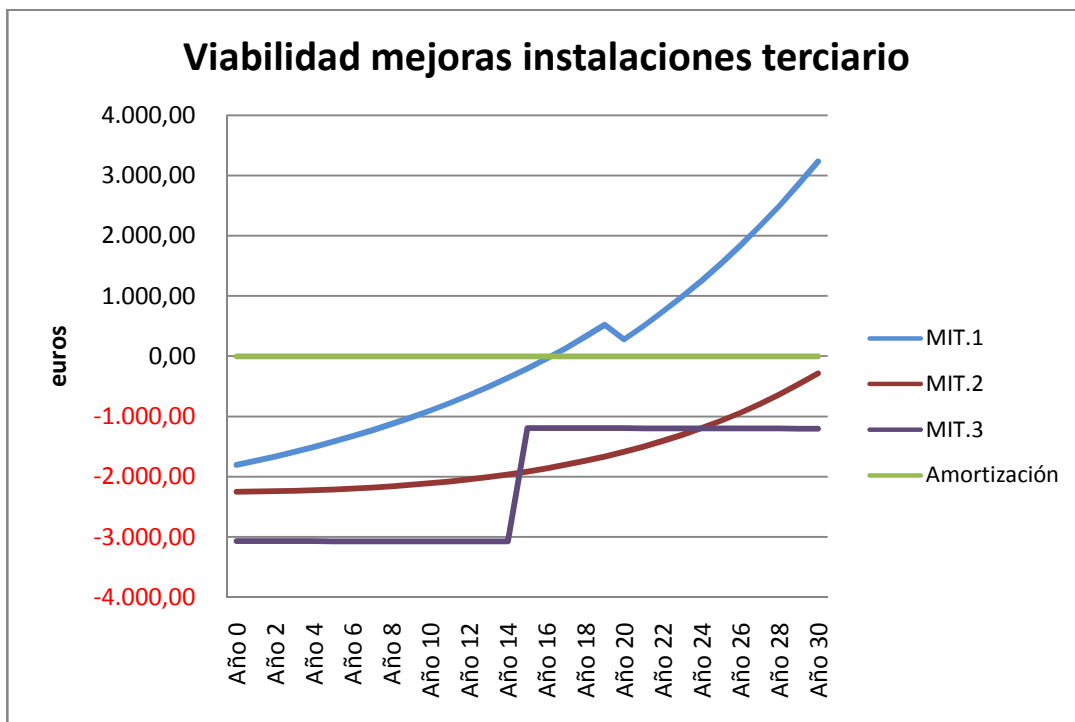
	Ahorro consumo kwh		Coste energía €		Ahorro mejora €/año	
	Gas	Electricidad	Gas	Electricidad	Gas	Electricidad
<b>MIT 1</b>	1196,50	0,00	0,057	0,1489	68,20	0,00
<b>MIT 2</b>	947,80	0,00			54,02	0,00
<b>MIT 3</b>	-0,90	-0,70			-0,05	-0,10

Consideramos el importe inicial de cada propuesta el coste integro de la ejecución de la mejora, pero cuando se termine la vida útil de una instalación y deba de ser sustituida, dentro de los 30 años que se establece nuestro estudio, se contabilizará la diferencia de coste entre la instalación definida en proyecto y la propuesta, con su respectivo aumento inflacionario.

En caso de que una mejora deba ser sustituida y su nueva vida útil sobrepase nuestro plazo estimado de estudio de 30 años, se pondrá la parte proporcional del valor de la diferencia entra las instalaciones hasta los 30 años.

Estimamos la sustitución de los siguientes equipos:

	Equipo original	Equipo mejora	Ahorro en sustitución respecto original	Año sustitución	Ahorro proporcional según vida útil hasta los 30 años	Ahorro valor capitalizado en su año de sustitución
<b>M I.1</b>	Caldera convencional 1.300 €	Caldera condensación 1.800 €	-500,00 €	Año 20	-250,00 €	-451,53 €
<b>M I.2</b>		Sistema captación solar	0,00 €	Año 30	0,00 €	0,00 €
<b>M I.3</b>	2 equipos refrigeración 4.276,00 €	1 equipo refrigeración 3.069,00 €	1.207,00 €	Año 15	1.207,00 €	1.880,47 €



	VAN	TIR	Amortización
<b>MIT.1</b>	295,91	6,06%	Año 17
<b>MIT.2</b>	-1.547,41	NP	No se amortiza
<b>MIT.3</b>	-2.173,82	NP	No se amortiza

La única mejora con la que obtenemos un beneficio con la inversión realizada es mediante la MT1, instalación de una caldera de condensación.

Nota: Se debe indicar que el coste de mantenimiento de la caldera de condensación no se tiene en cuenta ya que se estima que la caldera convencional instalada ya dispone de un coste de mantenimiento, por lo que no supone un coste adicional. Sin embargo, en la instalación de los captadores de energía solar, sí se debe tener en cuenta el coste de mantenimiento al no disponer el edificio de ese tipo de instalación.

### 7.4.3. Viabilidad de las mejoras seleccionadas.

Estudiamos como afectan los conjuntos de mejoras de las instalaciones sobre la envolvente seleccionada respecto al edificio inicial

	VAN	TIR	Amortización
<b>Mejora T2.1</b>	476,60	9,66%	Año 13
<b>MIT.1</b>	295,91	6,06%	Año 17

#### Edificio inicial

		Emisiones			Consumo		
		kgCO2/m2	kgCO2/año	Calif.	kwh/m2	kwh/año	energía
<b>Edificio inicial</b>	Cal	9,3	1303,4	B	45,6	6394,4	g.n.
	Refr	3,3	462,5	B	5,2	722,3	e
	ACS	1,4	196,2	C	6,8	948,1	g.n.
	Ilum	17,9	2508,7	C	27,6	3863,6	e

**CMT= Mejora terciario 2.2 + Mejora en instalaciones =** Aislamiento 4 cm forjado sanitario  
Caldera condensación de 23 kw.

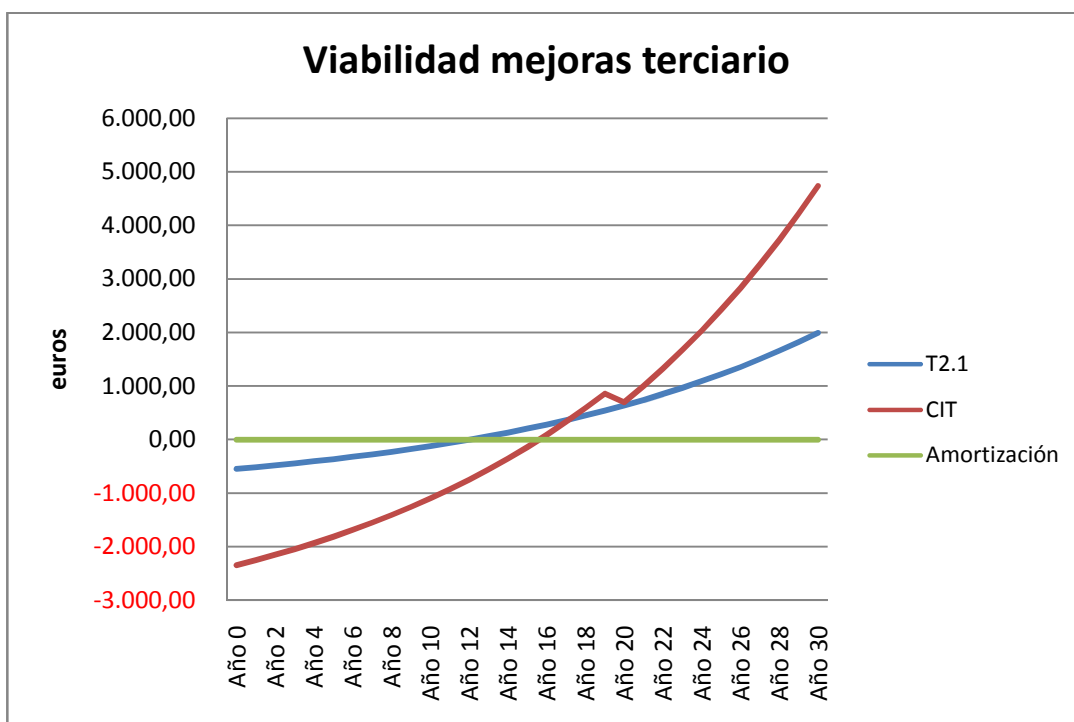
		Emisiones			Consumo		
		kgCO2/m2	kgCO2/año	Calif.	kwh/m2	kwh/año	energía
<b>CMT</b>	Cal	6,9	967	B	34,1	4771,6	g.n.
	Refr	3,5	490,5	B	5,3	747,8	e
	ACS	1,2	168,2	C	6,1	848,3	g.n.
	Ilum	17,9	2508,7	C	27,6	3863,6	e

Resumen del ahorro en el consumo energético respecto del edificio inicial tras la aplicación de cada mejora:

	Consumo edificio inicial kwh				Consumo a mejoras kwh				Ahorro consumo kwh	
	Cal	Refr	ACS	Ilum	Cal	Refr	ACS	Ilum	Gas	Electricidad
<b>CMT</b>	6.394,40	722,30	948,10	3.863,60	4771,60	747,80	848,30	3863,6	1722,60	-25,50

Estudio de la viabilidad de cada opción:

	Ahorro consumo mejoras kwh		Coste energía €		Ahorro mejora €/año		Importe de ejecución
	Gas	Electricidad	Gas	Electricidad	Gas	Electricidad	
<b>CMT</b>	1722,60	-25,50	0,057	0,1489	98,19	-3,80	<b>2.348,00</b>



Ver cálculos de viabilidad en anexo II

	VAN	TIR	Amortización
<b>T2.1</b>	507,31	9,89%	Año 13
<b>CMT</b>	598,30	6,59%	Año 16

La introducción de ambas mejoras en el edificio consigue aportar un beneficio económico.

### 7.4.4. Comparación entre la calificación del Calener VyP y CEX3 del edificio final

#### Calificación obtenida por el medio general mediante el programa CALENER VyP

Comparamos los resultados obtenidos respecto los que habíamos obtenido inicialmente:

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO2/m²	Edificio Objeto			Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO2/m²	Edificio Objeto		
	31.9 C				29.5 C		
	Clase	kWh/m²	kWh/año		Clase	kWh/m²	kWh/año
Demanda calefacción	D	36.3	5087.4	Demanda calefacción	D	32.3	4526.8
Demanda refrigeración	C	13.7	1920.1	Demanda refrigeración	C	14.4	2018.2
	Clase	kgCO2/m²	kgCO2/año		Clase	kgCO2/m²	kgCO2/año
Emisiones CO2 calefacción	B	9.3	1303.4	Emisiones CO2 calefacción	B	6.9	967.0
Emisiones CO2 refrigeración	B	3.3	462.5	Emisiones CO2 refrigeración	B	3.5	490.5
Emisiones CO2 ACS	C	1.4	196.2	Emisiones CO2 ACS	C	1.2	168.2
Emisiones CO2 Iluminación	C	17.9	2508.7	Emisiones CO2 Iluminación	C	17.9	2508.7
Emisiones CO2 Totales			4470.8	Emisiones CO2 Totales			4134.4

Edificio inicial

Edificio final CMT

#### Calificación obtenida por el medio simplificado mediante el programa CE3X

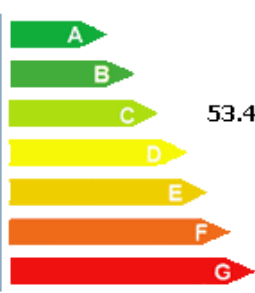
*Estado medidas mejora incluidas en el conjunto*

Medidas mejora	Tipo de medida
Nueva definición de las instalaciones	Instalaciones
Aislamiento térmico 4 cm en forjado sanitario	Adición de Aislamiento Térmico

*Calificación energética del edificio con el conjunto de medidas de mejora*

RESULTADOS	Medidas mejora	Caso base	Ahorro
Demanda de calefacción	32.3 E	41.2 F	21.7 %
Demanda de refrigeración	26.6 D	26.6 D	0.0 %
Emisiones de calefacción	10.9 D	18.7 E	41.6 %
Emisiones de refrigeración	10.6 D	9.2 D	-15.3 %
Emisiones de ACS	1.4 C	2.1 D	30.5 %
Emisiones de iluminación	30.5 D	30.5 D	0.0 %
EMISIONES GLOBALES	53.4 C	60.4 D	11.6 %



Para el cálculo de ambas certificaciones se ha respetado los valores de los puentes térmicos que ambos programas facilitan. Se debe indicar que el Calener VyP no tiene por defecto la posibilidad de introducir un puente térmico de caja de persianas.

	<b>Demanda (kwh/m2)</b>					
	<b>CE3X</b>			<b>CALENER VyP</b>		
	<b>Edificio inicial</b>	<b>Edificio Final</b>	<b>% Mejora</b>	<b>Edificio inicial</b>	<b>Edificio Final</b>	<b>% Mejora</b>
Calefacción	41,2	32,3	21,60%	36,3	32,3	11,02%
Refrigeración	26,6	26,6	0,00%	13,7	14,4	-5,11%

	<b>Emisión CO2 (Kg/m2)</b>					
	<b>CE3X</b>			<b>CALENER VyP</b>		
	<b>Edificio inicial</b>	<b>Edificio Final</b>	<b>% Mejora</b>	<b>Edificio inicial</b>	<b>Edificio Final</b>	<b>% Mejora</b>
Calefacción	18,7	10,9	41,71%	9,3	6,9	25,81%
Refrigeración	9,2	10,6	-15,22%	3,3	3,5	-6,06%
ACS	2,1	1,4	33,33%	1,4	1,2	14,29%
Iluminación	30,5	30,5	0,00%	17,9	17,9	0,00%
<b>TOTAL</b>	<b>60,4</b>	<b>53,4</b>	<b>11,59%</b>	<b>31,9</b>	<b>29,5</b>	<b>7,52%</b>

## 7.5 Proyecto obra nueva

En el estudio sobre iluminación realizado en fase de rehabilitación energética que se ha estudiado anteriormente hemos observado que el sistema proyectado en proyecto es más rentable que la propuesta de cambio realizada, por lo que pasamos directamente al estudio de la mejora sobre la envolvente.

En este apartado trabajamos sobre el mismo edificio de uso terciario definido anteriormente pero tratándolo como si se tratase de un proyecto todavía sin materializar, por lo que podemos modificar su sistema constructivo e instalaciones pero respetando siempre su tipología y arquitectura.

La mejora económica y su rentabilidad ya no dependen del coste de ejecución de la mejora en sí, sino de la diferencia de precio y del ahorro energético entre el sistema definido en proyecto y el que propondremos.

### 7.5.1. Viabilidad y selección de las mejoras óptimas sobre la envolvente.

#### Demanda edificio terciario en opción 1 (Aislamientos en fachada)

Las distintas propuestas de cerramiento de fachada están definidas por la colocación de diferentes espesores de aislamiento XPS de  $0.032 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$

**Opción terciario 1.1:** Colocación de 4 cm de aislamiento XPS de  $0.032 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$  en el interior de la cámara de aire.

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año.
		kwh/m2	kwh/año	Calif.			
OT1.1	Cal	30,4	4260,6	C	g.n.	0,85	5.012,47
	Refr	15,7	2200,4	C	e	2,50	880,16

**Opción terciario 1.2:** Colocación de 4 cm de aislamiento XPS de  $0.032 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$  en el interior de la cámara de aire.

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año.
		kwh/m2	kwh/año	Calif.			
OT1.2	Cal	28,7	4022,3	C	g.n.	0,85	4.732,12
	Refr	16	2242,4	C	e	2,50	896,96

**Opción terciario 1.3:** Colocación de 12 cm de aislamiento XPS de  $0.032 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$  en el interior de la cámara de aire.

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año.
		kwh/m2	kwh/año	Calif.			
OT1.3	Cal	28	3924,2	C	g.n.	0,85	4.616,71
	Refr	16,2	2270,4	C	e	2,50	908,16



Resumen del ahorro en el consumo energético respecto del edificio inicial tras la aplicación de cada mejora:

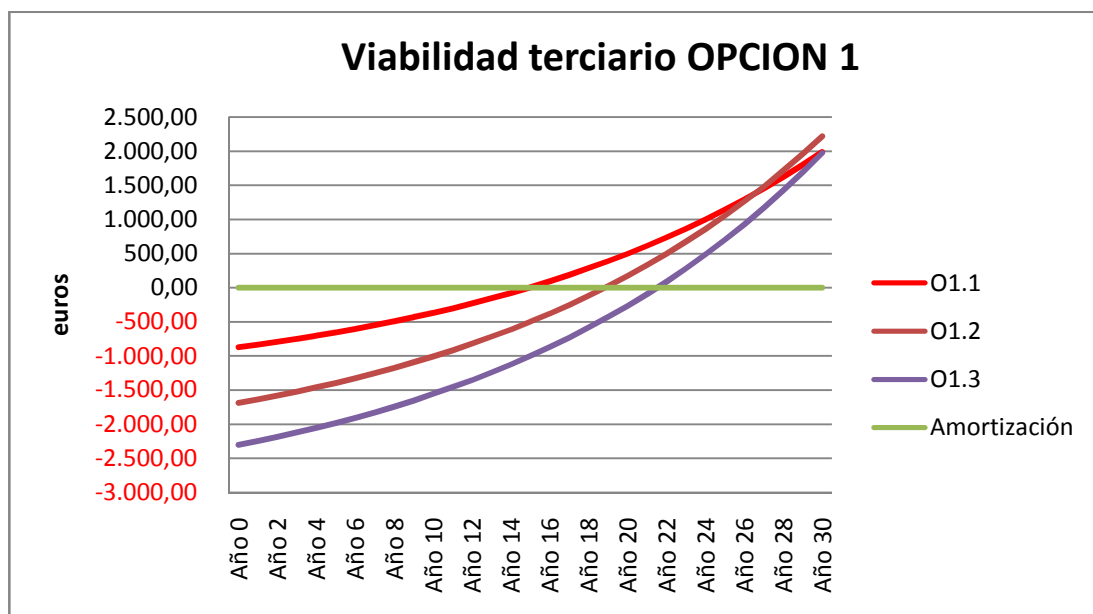
	Consumo edificio inicial kwh		Consumo aproximado kwh		Ahorro consumo kwh		Coste energía €		Ahorro mejora €/año	
	Cal	Refr	Cal	Refr	Cal	Refr	Gas natural	Electricidad	Cal	Refr
<b>OT1.1</b>	5.985,18	768,04	5012,47	880,16	972,71	-112,12	0,057	0,1489	55,44	-16,69
<b>OT1.2</b>			4732,12	896,96	1253,06	-128,92			71,42	-19,20
<b>OT1.3</b>			4616,71	908,16	1368,47	-140,12			78,00	-20,86

El coste de inversión para cada caso es el siguiente:

Mejora	Descripción	Medición	€/ud	Importe
<b>O1.1</b>	m2. Colocación de aislamiento XPS 0,032 w/m2°k de 4 cm de espesor en cerramiento.	130,00	6,71	<b>872,30 €</b>
<b>O1.2</b>	m2. Colocación de aislamiento XPS 0,032 w/m2°k de 8 cm de espesor en cerramiento.	130,00	12,99	<b>1.688,70 €</b>
<b>O1.3</b>	m2. Colocación de aislamiento XPS 0,032 w/m2°k de 12 cm de espesor en cerramiento.	130,00	17,71	<b>2.302,30 €</b>

Desglose de precios en anexo IV

Estudio de la viabilidad de cada opción:



Ver cálculos de viabilidad en anexo II

	VAN	TIR	Amortización
<b>OT1.1</b>	329,21	7,28%	Año 15
<b>OT1.2</b>	-52,67	4,82%	Año 19
<b>OT1.3</b>	-511,36	3,45%	Año 22

La máxima rentabilidad a los 30 años la ofrece la opción terciario1.1.

**Demanda edificio terciario en opción 2 (Aislamientos en suelos)**

**Opción terciario 2.1:** Colocaremos de un aislamiento 4 cm de espesor de lana de roca 0.032 W/m°C bajo el forjado de planta baja.

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año.
		kwh/m2	kwh/año	Calif.			
OT2.1	Cal	32,30	4.526,80	D	g.n.	0,85	5.325,65
	Refr	14,40	2.018,20	C	e	2,50	807,28

**Opción 2. 2:** Colocaremos de un aislamiento de 8cm de espesor de lana de roca 0.032 W/m°C bajo el forjado de planta baja.

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año
		kwh/m2	kwh/año	Calif.			
OT2.2	Cal	31,40	4.400,70	C	g.n.	0,85	5.177,29
	Refr	15,50	2.172,30	C	e	2,50	868,92

**Opción 2. 3:** Colocaremos de un aislamiento de 12 cm de espesor de lana de roca 0.032 W/m°C bajo el forjado de planta baja.

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año
		kwh/m2	kwh/año	Calif.			
OT2.3	Cal	31,10	4.358,70	C	g.n.	0,85	5.127,88
	Refr	15,60	2.186,30	C	e	2,50	874,52

Resumen del ahorro en el consumo energético respecto del edificio inicial tras la aplicación de cada mejora:

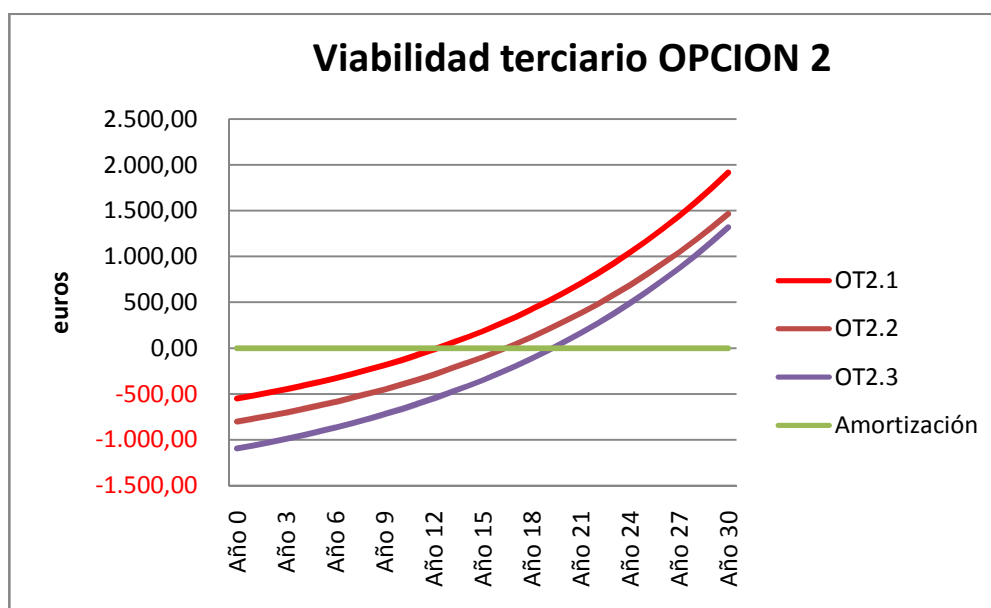
	Consumo edificio inicial kwh		Consumo aproximado mejoras kwh		Ahorro consumo kwh		Coste energía €		Ahorro mejora €/año	
	Cal	Refr	Cal	Refr	Cal	Refr	Gas natural	Electricidad	Cal	Refr
OT2.1			5325,65	807,28	659,53	-39,24	0,057	0,1489	37,59	-5,84
OT2.2	5.985,18	768,04	5177,29	868,92	807,88	-100,88			46,05	-15,02
OT2.3			5127,88	874,52	857,29	-106,48			48,87	-15,85

El coste de inversión para cada caso es el siguiente:

Mejora	Descripción	Medición	€/ud	Importe
O2.1	m2.Aislamiento térmico en suelos bajo forjando planta baja, con lana mineral de 40mm de espesor, sin revestimiento, de conductividad térmica de 0.032 W/mK. Incluso limpieza y retirada de material.	80,00	6.85	548,00 €
O2.2	m2.Aislamiento térmico en suelos bajo forjando planta baja, con lana mineral de 80mm de espesor, sin revestimiento, de conductividad térmica de 0.032 W/mK. Incluso limpieza y retirada de material.	80,00	10,00	800,00 €
O2.3	m2.Aislamiento térmico en suelos bajo forjando planta baja, con lana mineral de 120mm de espesor, sin revestimiento, de conductividad térmica de 0.032 W/mK. Incluso limpieza y retirada de material.	80,00	13,68	1094,40 €

Desglose de precios en anexo IV

Estudio de la viabilidad de cada opción:



Ver cálculos de viabilidad en anexo II

	VAN	TIR	Amortización
<b>OT2.1</b>	476,60	9,66%	Año 10
<b>OT2.2</b>	153,66	6,23%	Año 11
<b>OT2.3</b>	-78,90	4,54%	Año 13

Seleccionamos la opción O2.1. Aislamiento de 4 cm.

### **Demanda edificio con opción 3: Huecos**

En este caso, debemos analizar el ahorro energético que supondría mejorar la carpintería indicada en proyecto. Por lo tanto, debemos relacionar la diferencia de precio de instalación y el consumo energético entre la solución de huecos de proyecto y la propuesta. Y observar si la inversión necesaria para ejecutar la propuesta es rentable.

Las ventanas más eficientes son las formadas por acristalamiento doble 6/16/3+3 con planitherm con inserción de argón 100% en el interior de la cámara. Volvemos a calcular la demanda de estas carpinterías respecto a la del edificio inicial.

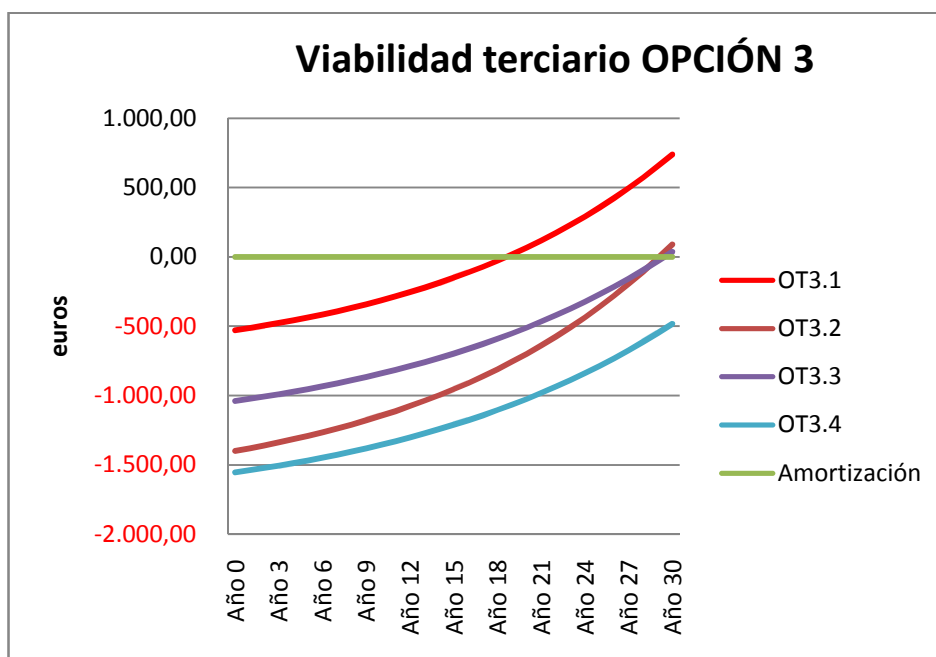
Opciones	Carpintería		Acristalamiento			
	Modelo	U W/m <sup>2</sup> h	Vidrio	Tipología según capas	Factor solar	U W/m <sup>2</sup> h
<b>OT3.1</b>	Select 60	5,7	4/14/3+3	Planitherm total 13+ argón 100%	0,66	1,30
<b>OT3.2</b>	Confort 74	4,53	4/16/3+3			
<b>OT3.3</b>	X50	3,89				
<b>OT3.4</b>	Style 45	3,60				

El resultado de las demandas en función de su correspondiente mejora es la siguiente:

Opciones	Demanda kwh/m <sup>2</sup>		Demanda kwh/año		Consumo aproximado		Importe huecos edificio inicial €	Importe huecos opciones €	Diferencia Importe huecos €
	Calef	Refrig	Calef	Refrig	Calef	Refrig			
<b>O3.1</b>	34,2	14,1	4793,1	1976,1	5638,9	790,4	4141,00	4669,00	<b>528,00</b>
<b>O3.2</b>	33,8	14,2	4737,1	1990,1	5573,1	796,0		5540,00	<b>1399,00</b>
<b>O3.3</b>	33,5	15	4695	2102,2	5523,5	840,9		5180,00	<b>1039,00</b>
<b>O3.4</b>	33,4	15,1	4681	2116,3	5507,1	846,5		5696,00	<b>1555,00</b>

Estudio de la viabilidad de cada opción:

Opciones	Consumo edificio inicial kwh		Consumo aproximado mejoras kwh		Ahorro consumo kwh		Coste energía €		Ahorro mejora €/año	
	Cal	Refr	Cal	Refr	Cal	Refr	Gas natural	Electricidad	Cal	Refr
<b>OT3.1</b>	5.985,18	768,04	5638,94	790,44	346,24	-22,40	0,057	0,1489	19,74	-3,34
<b>OT3.2</b>			5573,06	796,04	412,12	-28,00			23,49	-4,17
<b>OT3.3</b>			5523,53	840,88	461,65	-72,84			26,31	-10,85
<b>OT3.4</b>			5507,06	846,52	478,12	-78,48			27,25	-11,69



	VAN	TIR	Amortización
<b>OT3.1</b>	-0,42	5,02%	Año 19
<b>OT3.2</b>	-778,69	0,33%	Año 30
<b>OT3.3</b>	-581,10	0,19%	Año 30
<b>OT3.4</b>	-1.098,09		No se amortiza

A pesar del ahorro energético que producen, ninguna de las opciones consigue ser rentable.

### **Demanda edificio terciario con opción 4: Cubiertas**

**Opción terciario 4.1:** Aislamiento de 4 cm XPS de poliestireno extruido de 0.032 w/m°C

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año
		kwh/m2	kwh/año	C			
OT4.1	Cal	36,1	5059,4	D	g.n.	0,85	5.952,24
	Refr	13,8	1934,1	C	e	2,50	773,64

**Opción terciario 4.2:** Aislamiento de 8 cm. XPS de poliestireno extruido de 0.032 w/m°C

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año.
		kwh/m2	kwh/año	C			
OT4.2	Cal	35,2	4933,3	D	g.n.	0,85	5.803,88
	Refr	13,7	1920,1	C	e	2,50	768,04

**Opción terciario 4.3:** Aislamiento de 12 cm XPS de poliestireno extruido de 0.032 w/m°C .Indicado como óptimo en el CTE-Plus

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año
		kwh/m2	kwh/año	C			
OT4.3	Cal	34,9	4891,2	D	g.n.	0,85	5.754,35
	Refr	13,6	1906	C	e	2,50	762,40

**Opción terciario 4.4:** Aislamiento de 16cm. XPS de poliestireno extruido de 0.032 w/m°C

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año
		kwh/m2	kwh/año	C			
OT4.4	Cal	34,6	4849,2	D	g.n.	0,85	5.704,94
	Refr	13,6	1906	C	e	2,50	762,40

Resumen del ahorro en el consumo energético respecto del edificio inicial tras la aplicación de cada mejora:

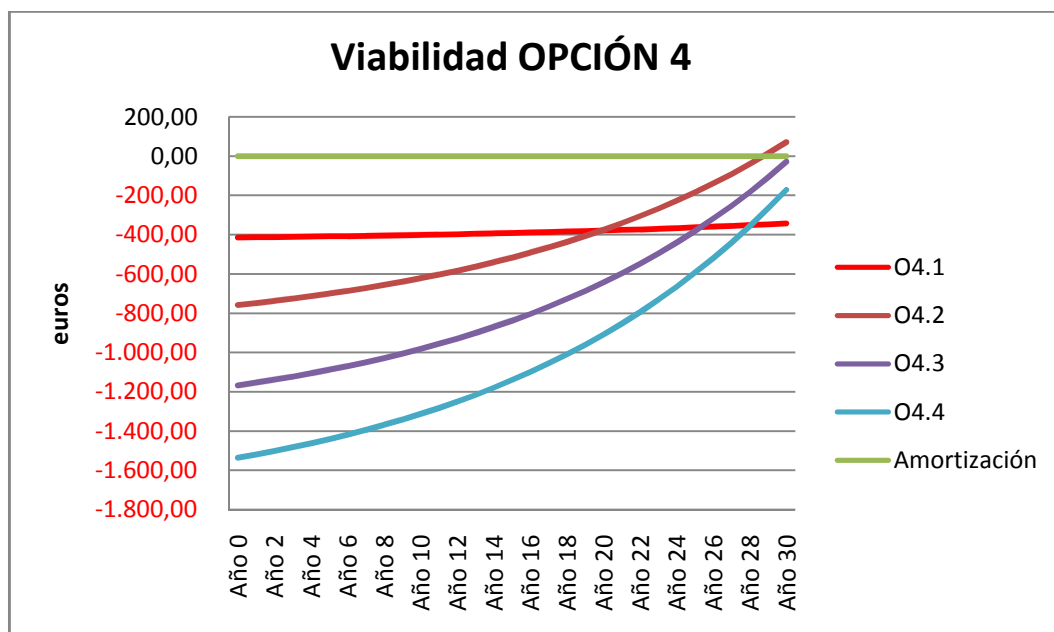
	Consumo edificio inicial kwh		Consumo aproximado kwh		Ahorro consumo kwh		Coste energía €		Ahorro mejora €/año	
	Cal	Refr	Cal	Refr	Cal	Refr	Gas natural	Electricidad	Cal	Refr
OT 4.1	5.985,18	768,04	5952,24	773,64	32,94	-5,60	0,057	0,1489	1,88	-0,83
OT 4.2			5803,88	768,04	181,29	0,00			10,33	0,00
OT 4.3			5754,35	762,40	230,82	5,64			13,16	0,84
OT 4.4			5704,94	762,40	280,24	5,64			15,97	0,84

El coste de inversión para cada caso es el siguiente:

	Descripción	Medición	€/ud	Importe
<b>O4.1</b>	m2.Aislamiento térmico en cubiertas, con poliestireno extruido (XPS) de 40mm de espesor, con una conductividad térmica de 0.032 W/mK. Incluso limpieza y recogida de restos.	80,00	5,17	<b>413,60 €</b>
<b>O4.2</b>	m2.Aislamiento térmico en cubiertas, con poliestireno extruido (XPS) de 80mm de espesor, con una conductividad térmica de 0.032 W/mK. Incluso limpieza y recogida de restos.	80,00	9,61	<b>758,80 €</b>
<b>O4.3</b>	m2.Aislamiento térmico en cubiertas, con poliestireno extruido (XPS) de 120mm de espesor, con una conductividad térmica de 0.032 W/mK. Incluso limpieza y recogida de restos.	80,00	14,58	<b>1.166,40 €</b>
<b>O4.4</b>	m2.Aislamiento térmico en cubiertas, con poliestireno extruido (XPS) de 160mm de espesor, con una conductividad térmica de 0.032 W/mK. Incluso limpieza y recogida de restos.	80,00	19,20	<b>1.536,00 €</b>

Desglose de precios en anexo IV

Estudio de la viabilidad de cada opción:



Ver cálculos de viabilidad en anexo II

	VAN	TIR	Amortización
<b>O4.1</b>	<b>-382,98</b>	#¡DIV/0!	No se amortiza
<b>O4.2</b>	<b>-415,71</b>	0,47%	Año 29
<b>O4.3</b>	<b>-697,12</b>	-0,12%	No se amortiza
<b>O4.4</b>	<b>-973,39</b>	-0,59%	No se amortiza

Observamos como la colocación de un aislamiento de 4 cm en las cubiertas que no disponían de él apenas nos produce ahorro energético sobre el edificio.

Ninguna de las opciones propuestas nos es rentable.

### Unificación de las mejoras óptimas sobre la envolvente

Tras el análisis de las mejoras por separado se realiza un estudio del resultado que obtendríamos al unificar las mejores opciones de cada sistema. Para poder comprobar el efecto que causa cada mejora sobre el conjunto iremos añadiéndolas una a una, en base a su VAN obtenido.

	VAN	TIR	Amortización
<b>OT2.1</b>	476,60	9,66%	Año 10
<b>OT1.1</b>	329,21	7,28%	Año 15

### Demanda edificio inicial

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año
		kwh/m2	kwh/año	Calif.			
<b>Edificio inicial</b>	Cal	36,30	5.087,40	D	g.n.	0,85	5.985,18
	Refr	13,70	1.920,10	C	e	2,50	768,04

### Conjunto 1: Opción2.1 + Opción 1.1

		Demanda			energía	Rto medio estacional	Consumo aprox kwh/año.
		kwh/m2	kwh/año	Calif.			
<b>C1</b>	Cal	26,7	3742	C	g.n.	0,85	4.402,35
	Refr	17,4	2438,6	D	e	2,50	975,44

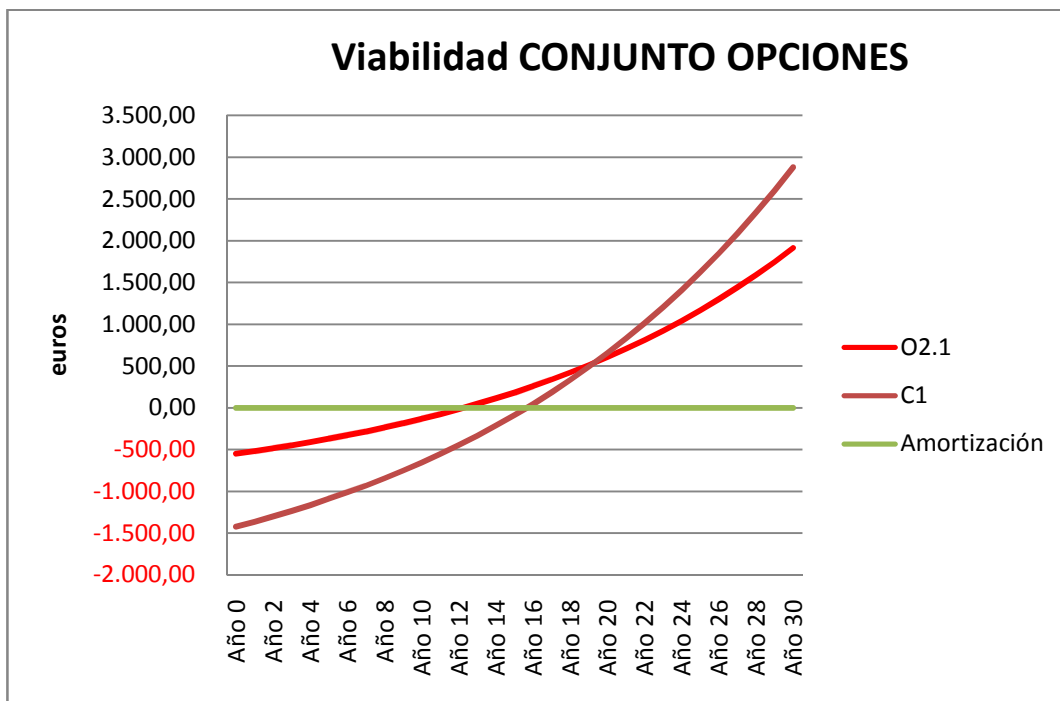
Resumen del ahorro en el consumo energético respecto del edificio inicial tras la aplicación de cada mejora:

	Consumo edificio inicial kwh		Consumo aproximado kwh		Ahorro consumo kwh		Coste energía €		Ahorro mejora €/año		Coste ejecución mejoras
	Cal	Refr	Cal	Refr	Cal	Refr	Gas nat	Electricidad	Cal	Refr	
<b>OT2.1</b>											
<b>C1</b>	5.985,18	768,04	4402,35	975,44	1582,82	-207,40	0,057	0,1489	90,22	-30,88	<b>1.420,30</b>

Estudiamos la viabilidad del conjunto de mejoras:

Observamos que al introducir el aislamiento en la fachada el edificio se vuelve más eficiente energéticamente, sin embargo, como indica el VAN en C1 no conseguimos ahorrar tanta energía como para que aumente la rentabilidad de la inversión

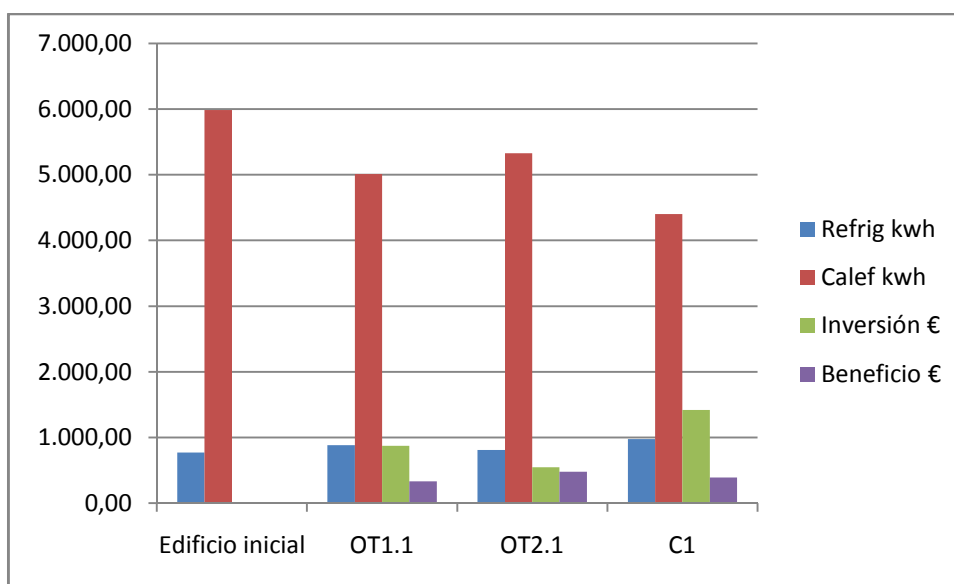




*Ver cálculos de viabilidad en anexo II*

	VAN	TIR	Amortización
<b>O2.1</b>	476,60	9,66%	Año 13
<b>C1</b>	392,38	6,73%	Año 16

En el siguiente gráfico se puede observar claramente como en C1 disminuimos el consumo energético pero debido a su alto coste de inversión produce beneficios inferiores a los que conseguiríamos ejecutando solamente la mejora OT2.1



Seleccionamos solamente la mejora O2.1

### 7.5.2. Selección de mejoras en las instalaciones.

Se estudian las mejoras sobre las instalaciones respecto al consumo del edificio inicial de proyecto:

		Emisiones			Consumo		
		kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año	Calif.	kwh/m <sup>2</sup>	kwh/año	energía
Edificio inicial	Cal	8,4	1177,3	B	41,1	5760,1	g.n.
	Refr	3,5	490,5	B	5,3	747,8	e
	ACS	1,4	196,2	C	6,8	948,1	g.n.
	Ilum	17,9	2508,7	C	27,6	3863,6	e

**Opción instalaciones terciario 1:** Sustitución de la caldera convencional por una caldera de condensación de 23 kw, con un rendimiento nominal de 0.95 y alimentada mediante gas natural.

		Emisiones			Consumo		
		kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año	Calif.	kwh/m <sup>2</sup>	kwh/año	energía
ITO 1	Cal	6,9	967,0	B	34,1	4771,6	g.n.
	Refr	3,5	490,5	B	5,3	747,8	e
	ACS	1,2	168,2	C	6,1	848,3	g.n.
	Ilum	17,9	2508,7	C	27,6	3863,6	e

**Opción instalaciones terciario 2:** Instalación de sistema de captación de energía solar térmica mediante captador solar en cubierta con una contribución del 100 %. Se adjunta el cálculo de los captadores solares en anexo III. Se estima una vida útil de 30 años.

		Emisiones			Consumo		
		kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año	Calif.	kwh/m <sup>2</sup>	kwh/año	energía
ITO 2	Cal	8,4	1177,3	B	41,1	5760,4	g.n.
	Refr	3,5	490,5	B	5,3	747,8	e
	ACS	0,0	0,0	A	0,0	0,0	g.n.
	Ilum	17,9	2508,7	C	27,6	3863,6	e

**Opción instalaciones terciario 3:** Sustitución de sistema de calefacción por radiadores, caldera convencional y los 2 equipos de refrigeración por un calentador atmosférico de 23 kw y un equipo con bomba de calor de impulsión de aire mediante conductos, con unos datos en refrigeración de potencia nominal de 9,4 kw y consumo de 3,04 kw, y de calefacción de potencia nominal de 11,2 kw y consumo de 3,10 kw con un caudal de impulsión nominal de 2040 m<sup>3</sup>/h.

		Emisiones			Consumo		
		kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año	Calif.	kwh/m <sup>2</sup>	kwh/año	energía
ITO 3	Cal	8,6	1205,3	B	13,3	1861,1	e
	Refr	3,6	504,5	B	5,5	774,8	e
	ACS	1,4	196,2	C	6,8	948,1	g.n.
	Ilum	17,9	2508,7	C	27,6	3863,6	e

**Opción instalaciones terciario 4:** Sustitución de sistema de calefacción por radiadores, caldera convencional y los 2 equipos de refrigeración por un calentador atmosférico de 23 kw y 2 equipos con bomba de calor de impulsión de aire mediante conductos, con unos datos de cada máquina en refrigeración de potencia nominal de 5,7 kw y consumo de 1,68 kw, y de calefacción de potencia nominal de 7,0 kw y consumo de 1,94 kw con un caudal de impulsión nominal de 1260 m<sup>3</sup>/h.

		Emisiones			Consumo		
		kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año	Calif.	kwh/m <sup>2</sup>	kwh/año	energía
ITO 4	Cal	14,1	1976,1	C	21,8	3050,6	e
	Refr	5,2	728,8	B	8,0	1113,6	e
	ACS	1,8	252,3	C	9,0	1264,1	g.n.
	Ilum	16,7	2340,5	C	25,7	3603,7	e

**Opción instalaciones terciario 5:** Sustitución de sistema de calefacción por radiadores, caldera convencional y los 2 equipos de refrigeración por un calentador atmosférico de 23 kw y un equipo de caudal variable de refrigerante, con unidad interior tipo cassette en cada planta con una de potencia nominal en refrigeración de 5,6 kw, y de 6,3 kw en calefacción con un caudal de impulsión nominal de 960 m<sup>3</sup>/h, y una unidad exterior con unos datos en refrigeración de potencia nominal de 11,2 kw y consumo de 3.34 kw, y de calefacción de potencia nominal de 12,5 kw y consumo de 3,66 kw.

		Emisiones			Consumo		
		kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año	Calif.	kwh/m <sup>2</sup>	kwh/año	energía
ITO 5	Cal	7,1	995,1	B	10,9	1526,2	e
	Refr	3,5	490,5	B	5,4	754,1	e
	ACS	1,4	196,2	C	6,8	948,1	g.n.
	Ilum	17,9	2508,7	C	27,6	3863,6	e

Resumen del ahorro en el consumo energético respecto del edificio inicial tras la aplicación de cada mejora:

	Consumo edificio inicial kwh				Consumo a mejoras kwh				Ahorro consumo kwh	
	Cal	Refr	ACS	Ilum	Cal	Refr	ACS	Ilum	Gas	Electricidad
ITO 1					4771,60	747,80	848,30	3863,60	1088,30	0,00
ITO 2					5760,40	747,80	0,00	3863,60	947,80	0,00
ITO 3	5.760,10	747,80	948,10	3.863,60	1861,10	774,80	948,10	3863,60	5760,10	-1888,10
ITO 4					1912,80	747,20	948,10	3863,60	5760,10	-1912,20
ITO 5					1526,20	754,10	948,10	3863,60	5760,10	-1532,50

El coste de inversión para cada caso es el siguiente:

		Importe propuesta €	Importe proyecto €	Ahorro Diferencia €
OTI.1	u. Instalación de caldera de condensación de 23 kw	1.800,00		-500,00
	u. Instalación de caldera de convencional de 23 kw		1.300,00	
OTI.2	u. Instalación de sistema de captación solar para ACS	2.250,00		-2.250,00
OTI.3	u. Instalación equipo climatización por conductos con BDC	3.069,00		4.500,00
	u. Instalación de calentador atmosférico 23 kw	500,00		
	ud Instalación calefacción por radiadores		2.600,00	
	ud Instalación 2 equipos de refrigeración por conductos		4.276,00	
	u. Instalación de caldera de convencional de 23 kw		1.800,00	
OTI.4	ud Instalación 2 equipos refrigeración por conductos con BDC	4.276,00		3.900,00
	u. Instalación de calentador atmosférico 23 kw	500,00		
	ud Instalación calefacción por radiadores		2.600,00	
	ud Instalación 2 equipos de refrigeración por conductos		4.276,00	
	u. Instalación de caldera de convencional de 23 kw		1.800,00	
OTI.5	ud Instalación 2 equipos refrigeración variable	5.000,00		3.176,00
	u. Instalación de calentador atmosférico 23 kw	500,00		
	ud Instalación calefacción por radiadores		2.600,00	
	ud Instalación 2 equipos de refrigeración por conductos		4.276,00	
	u. Instalación de caldera de convencional de 23 kw		1.800,00	

*Desglose de precios en anexo IV*

Estudio de la viabilidad de cada opción:

	Ahorro consumo kwh		Coste energía €		Ahorro mejora €/año	
	Gas	Electricidad	Gas	Electricidad	Gas	Electricidad
OTI1	1088,30	0,00	0,057	0,1489	62,03	0,00
OTI2	947,80	0,00			54,02	0,00
OTI3	5760,10	-1888,10			328,33	-281,14
OTI4	5760,10	-1912,20			328,33	-284,73
OTI5	5760,10	-1532,50			328,33	-228,19

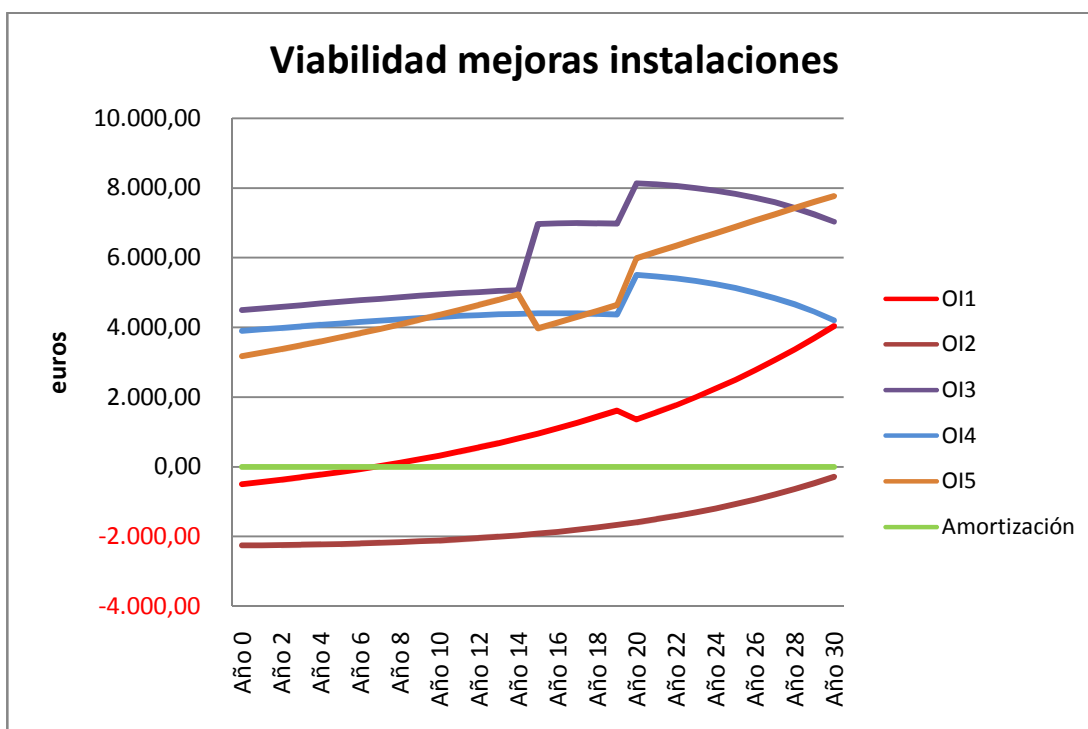
Consideramos como el importe inicial de cada propuesta a la diferencia entre el importe de proyecto y el importe de la propuesta. Cuando se termine la vida útil de una instalación y deba de ser

sustituida, dentro de los 30 años que se establece nuestro estudio, se contabilizará la diferencia de coste entre la instalación definida en proyecto y la propuesta, con su respectivo aumento inflacionario.

En caso de que una mejora deba ser sustituida y su nueva vida útil sobrepase nuestro plazo de 30 años, se pondrá la parte proporcional del valor de la diferencia entre las instalaciones hasta los 30 años.

Suponemos la sustitución de los siguientes equipos:

	Equipo original	Equipo mejora	Ahorro en sustitución respecto original	Año sustitución	Ahorro proporcional según vida útil hasta los 30 años	Ahorro valor capitalizado en su año de sustitución
<b>OTI.1</b>	Caldera convencional	Caldera condensación	-500,00 €	Año 20	-250,00 €	-451,53 €
<b>OTI.2</b>		Sistema captación solar	0,00 €	Año 30	0,00 €	0,00 €
<b>OTI.3</b>	2 equipos refrigeración	1 equipo climatización	1.207,00 €	Año 15	1.207,00 €	1.880,47 €
	Radiadores		2.600,00 €	NP	NP	NP
	Caldera convencional	Calentador	1.300,00 €	Año 20	650,00 €	1.173,97 €
<b>OTI.4</b>	2 equipos refrigeración	2 equipo climatización	0,00 €	Año 15	0,00 €	0,00 €
	Radiadores		2.600,00 €	NP	NP	NP
	Caldera convencional	Calentador	1.300,00 €	Año 20	650,00 €	1.173,97 €
<b>OTI.5</b>	2 equipos VRF	2 equipo climatización	0,00 €	Año 15	724,00 €	1.127,97 €
	Radiadores		2.600,00 €	NP	NP	NP
	Caldera convencional	Calentador	1.300,00 €	Año 20	650,00 €	1.173,97 €

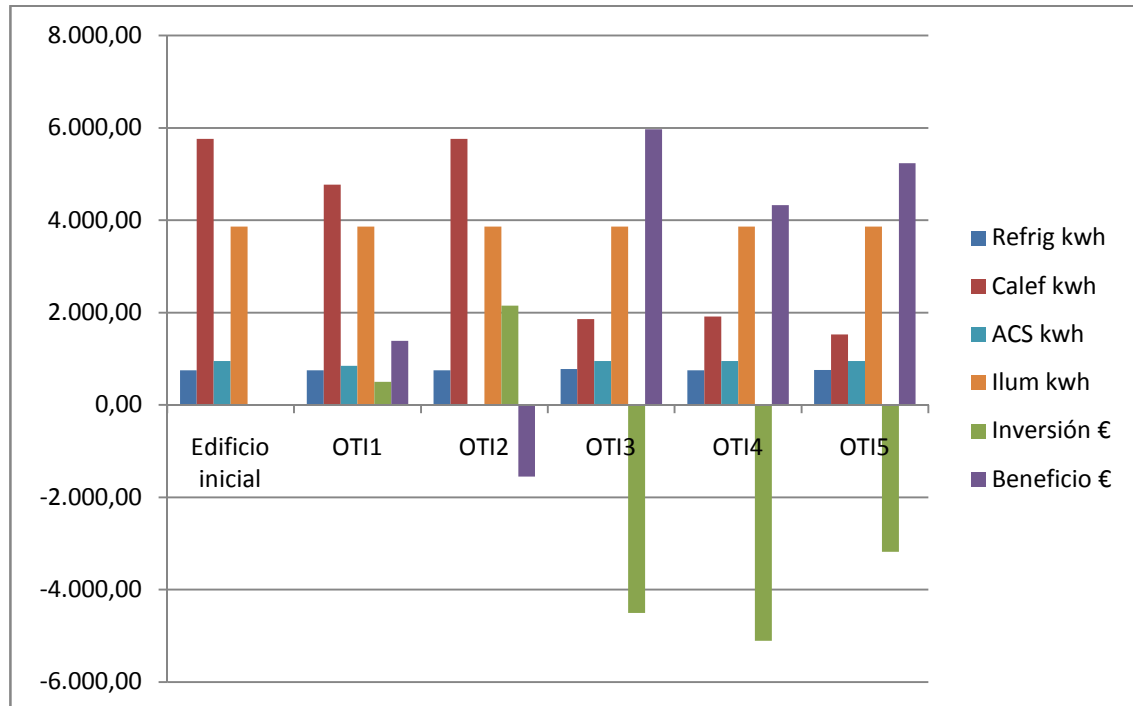


Ver cálculos de viabilidad en anexo II

	VAN	TIR	Amortización
<b>OTI1</b>	1.389,80	17,49%	Año 7
<b>OTI2</b>	-1.547,41	-0,40%	No se amortiza
<b>OTI3</b>	5.967,87		
<b>OTI4</b>	4.329,58		
<b>OTI5</b>	5.232,79		

Podemos observar que los equipos eléctricos con bomba de calor para calefacción no nos producen una mejora en la eficiencia energética, pero debido principalmente al menor coste de inversión, la opción más rentable pasan a ser estos equipos de climatización.

Dentro de estos la opción más eficiente es la opción OTI.5, ya que este sistema emplea un método de recuperación de calor con selección de calefacción o refrigeración en el cual se mejora la eficiencia gracias a una distribución selectiva de la carga. Pero como nuestro objetivo consiste en la selección de la opción más rentable, seleccionamos la opción OTI3.



**Opciones con Recuperador de calor.**

Para tratar de evitar el excesivo consumo que nos suponen las instalaciones propuestas analizamos la posibilidad de instalar en cada sistema un recuperador de calor con la finalidad de recuperar parte de la energía, transfiriendo el calor del aire extraído del interior de un local al calor impulsado del exterior.

Proponemos la colocación de un recuperador de calor de 500 m3/h con un rendimiento del 60 %. El importe de instalación del recuperador asciende a la cantidad de 2.000 € impuestos no incluidos.

**Opción instalaciones 1 con recuperador de calor:**

Como en sistemas con calefacción y equipos unizona no se puede introducir recuperador de calor en el Calener VyP reducimos la ventilación de los equipo y de las zonas del Lider al 60 % para simular el efecto de su colocación.

		Emisiones			Consumo		
		kgCO2/m2	kgCO2/año	Calif.	kwh/m2	kwh/año	energía
OI 1 + recuperador de calor	Cal	5,6	784,8	B	27,4	3832,6	g.n.
	Refr	3,9	546,6	B	5,9	832,8	e
	ACS	1,2	168,2	C	6,1	848,3	g.n.
	Illum	17,9	2508,7	C	27,6	3863,6	e

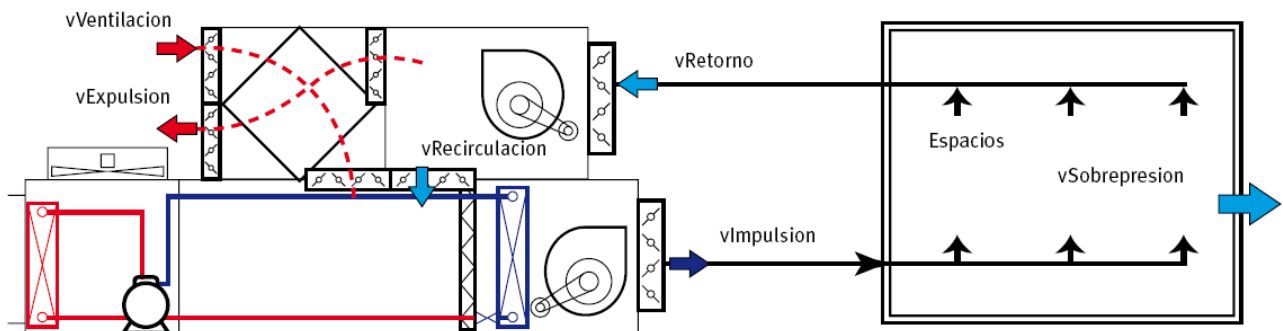
**Opción instalaciones 2 con recuperador de calor:**

Como en sistemas con calefacción y equipos unizona no se puede introducir recuperador de calor en el Calener VyP reducimos la ventilación de los equipo y de las zonas del Lider al 60 % para simular el efecto de su colocación.

		Emisiones			Consumo		
		kgCO2/m2	kgCO2/año	Calif.	kwh/m2	kwh/año	energía
OI 2 + recuperador de calor	Cal	5,6	784,8	B	27,3	3832,2	g.n.
	Refr	3,9	546,6	B	5,9	832,8	e
	ACS	0,0	0,0	A	0,0	0,0	g.n.
	Ilum	17,9	2508,7	C	27,6	3863,6	e

**Opción instalaciones 3 con recuperador de calor:**

Para el sistema de climatización multizona por conductos sí que existe la opción de introducir el recuperador de calor y su rendimiento, pero se debe prestar atención al valor del caudal de aire retornado que se debe introducir en el Calener VyP, ya que este supone la diferencia entre el caudal de impulsión del equipo y el caudal de ventilación demandado, tal y como se puede observar en el dibujo adjunto.



Esquema de caudales aire en un sistema con recuperador de calor del manual de usuario del Calener VyP

Sistema de climatización multizona por conductos 2

Propiedades Basicas | Unidades Terminales

Nombre del sistema: Climatizacion

Equipo: EQ\_ED\_AireAire\_BDC-Defecto

Zona de control: P03\_E01

Multiplicador: 1      Enfriamiento gratuito: No tiene

Caudal de aire ventilación: 540,00 m³/h      Recuperacion de calor: Sí tiene

Caudal de aire retornado: 1500,000 m³/h      Eficiencia recuperador: 0,60



		Emisiones			Consumo		
		kgCO2/m2	kgCO2/año	Calif.	kwh/m2	kwh/año	energía
<b>OI 3 + recuperador de calor</b>	Cal	5,8	812,9	A	9,0	1261,8	e
	Refr	2,4	336,4	A	3,7	523,5	e
	ACS	1,4	196,2	C	6,8	948,1	g.n.
	Ilum	17,9	2508,7	C	27,6	3863,6	e

#### Opción instalaciones 4 con recuperador de calor:

Como en con equipos unizona no se puede introducir recuperador de calor en el Calener VyP reducimos la ventilación de los equipo y de las zonas del Lider al 60 % para simular el efecto de su colocación.

		Emisiones			Consumo		
		kgCO2/m2	kgCO2/año	Calif.	kwh/m2	kwh/año	energía
<b>OI 4+ recuperador de calor</b>	Cal	7,2	1009,1	C	11,1	1553,9	e
	Refr	3,8	532,6	B	5,9	831,3	e
	ACS	1,4	196,2	C	6,8	948,1	g.n.
	Ilum	17,9	2508,7	C	27,6	3863,6	e

#### Opción instalaciones 5 con recuperador de calor:

Para el sistema de climatización multizona por expansión directa sí que existe la opción de introducir el recuperador de calor, pero al emplear el sistema un método de recuperación de calor con selección de calefacción o refrigeración en el cual se mejora la eficiencia gracias a una distribución selectiva de la carga, esta mejora no variará los resultados obtenidos anteriormente.

Sistema de climatización multizona por expansion directa2

Propiedades Basicas | Unidades Terminales

Nombre del sistema:

Equipo:

Multiplicador:

Recuperacion de calor:

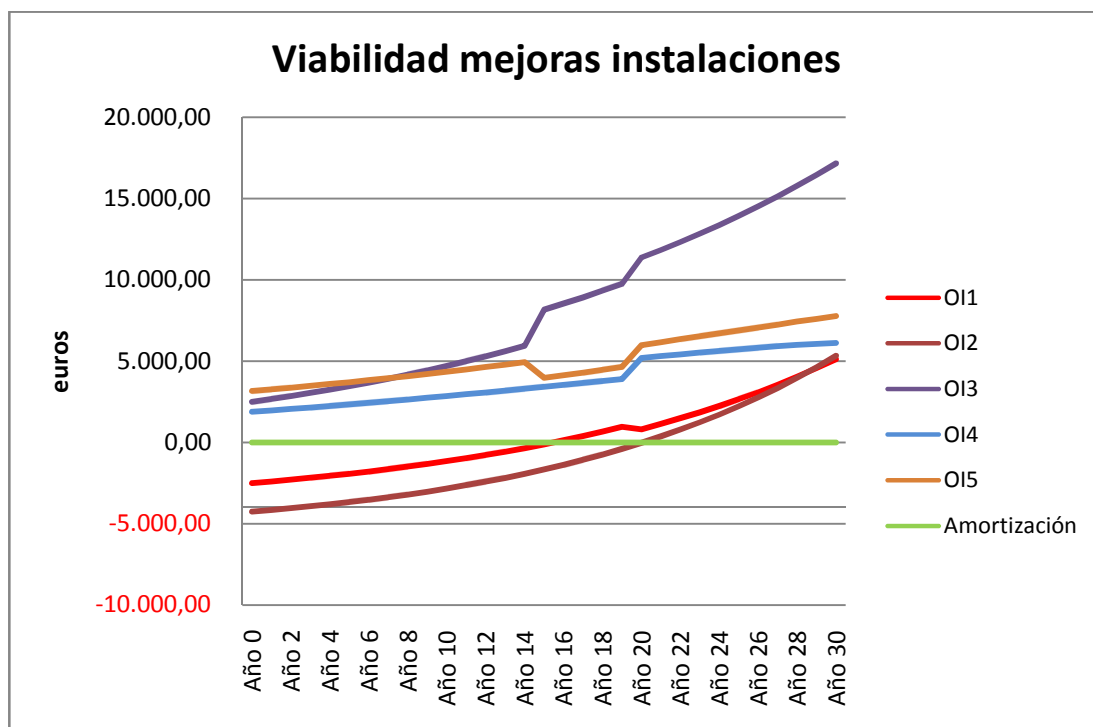
		Emisiones			Consumo		
		kgCO2/m2	kgCO2/año	Calif.	kwh/m2	kwh/año	energía
<b>OI 5+ recuperador de calor</b>	Cal	7,1	995,1	B	10,9	1526,2	e
	Refr	3,5	490,5	B	5,4	754,1	e
	ACS	1,4	196,2	C	6,8	948,1	g.n.
	Ilum	17,9	2508,7	C	27,6	3863,6	e

Resumen del ahorro en el consumo energético respecto del edificio inicial tras la aplicación de cada mejora:

	Consumo edificio inicial kwh				Consumo a mejoras kwh				Ahorro consumo mejoras kwh	
	Cal	Refr	ACS	Illum	Cal	Refr	ACS	Illum	Gas	Electricidad
OTI1 +rec	6.961,60	1.191,10	1.263,50	3.603,70	3832,60	832,80	848,30	3863,60	2027,30	-85,00
OTI2 +rec					3832,20	832,80	0,00	3863,60	2876,00	-85,00
OTI3 +rec					1261,80	523,50	948,10	3863,60	5760,10	-1037,50
OTI4+rec					1553,90	831,30	948,10	3863,60	5760,10	-1637,40
OTI5+rec					1526,20	754,10	948,10	3863,60	5760,10	-1532,50

Estudio de la viabilidad de cada opción:

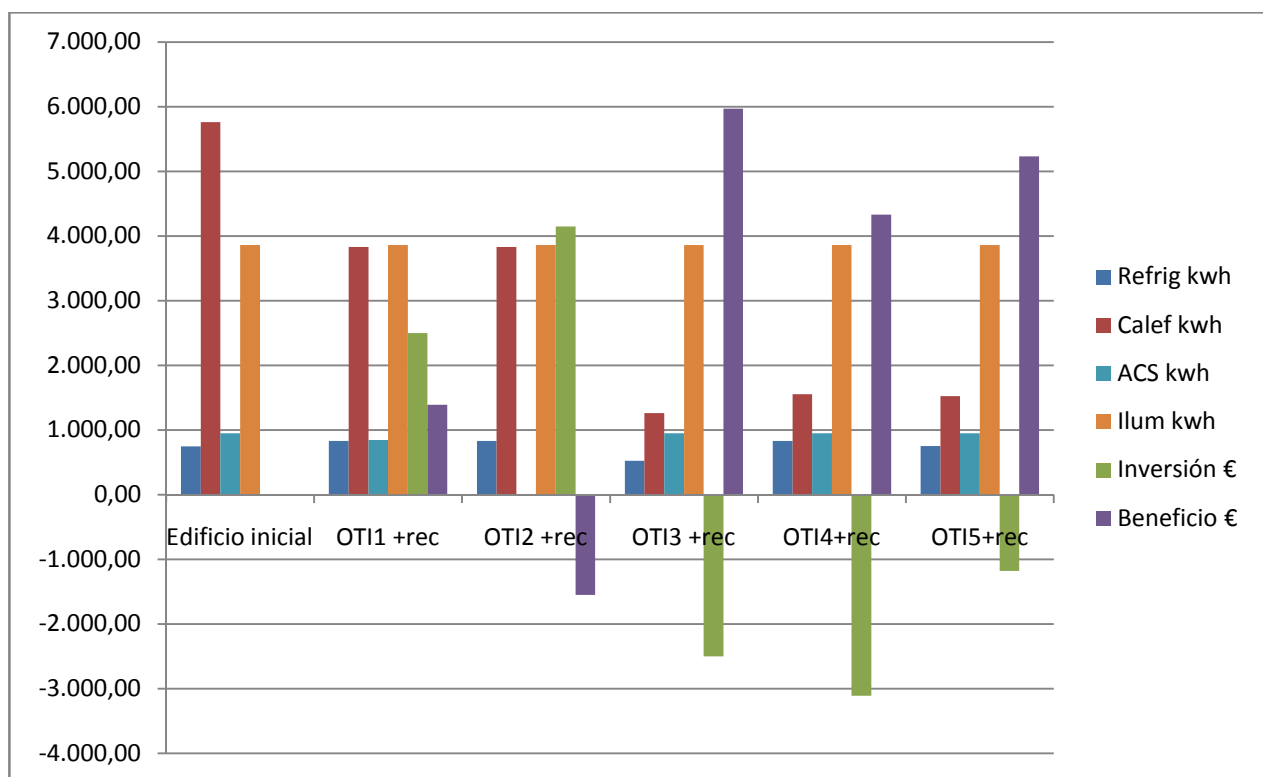
	Ahorro consumo mejoras kwh		Coste energía €		Ahorro mejora €/año	
	Gas	Electricidad	Gas	Electricidad	Gas	Electricidad
OTI1 +rec	2027,30	-85,00	0,057	0,1489	115,56	-12,66
OTI2 +rec	2876,00	-85,00			163,93	-12,66
OTI3 +rec	5760,10	-1037,50			328,33	-154,48
OTI4+rec	5760,10	-1637,40			328,33	-243,81
OTI5+rec	5760,10	-1532,50			328,33	-228,19



Ver cálculos de viabilidad en anexo II

	VAN	TIR	Amortización
<b>OTI1</b>	682,37	6,69%	Año 16
<b>OTI2</b>	-282,30	4,59%	Año 20
<b>OTI3</b>	8.370,45		
<b>OTI4</b>	3.898,25		
<b>OTI5</b>	5.232,79		

Al introducir el recuperador de calor observamos que la opción del equipo eléctrico único OTI3 continua siendo la más rentable con un VAN de 8.370,45 €, y además, es la más eficiente de todas las opciones.



Seleccionamos la opción OI3 con recuperador de calor.

### 7.5.3. Viabilidad de las mejoras seleccionadas.

Estudiamos como afectan la unificación de mejoras de las instalaciones sobre la envolvente seleccionada C3:

	VAN	TIR	Amortización
<b>OTI3 +rec</b>	8.370,45		
<b>OT2.1</b>	476,60	9,66%	Año 10

#### Edificio inicial:

		Emisiones			Consumo		
		kgCO2/m2	kgCO2/año	Calif.	kwh/m2	kwh/año	energía
<b>Edificio inicial</b>	Cal	8,4	1177,3	B	41,1	5760,1	g.n.
	Refr	3,5	490,5	B	5,3	747,8	e
	ACS	1,4	196,2	C	6,8	948,1	g.n.
	Ilum	17,9	2508,7	C	27,6	3863,6	e

#### Mejora OI3+recuperador de calor + O2.1=

Aislamiento 4 cm forjado sanitario  
Equipo único de climatización.  
Caldera atmosférica de 23 kw.  
Recuperador de calor

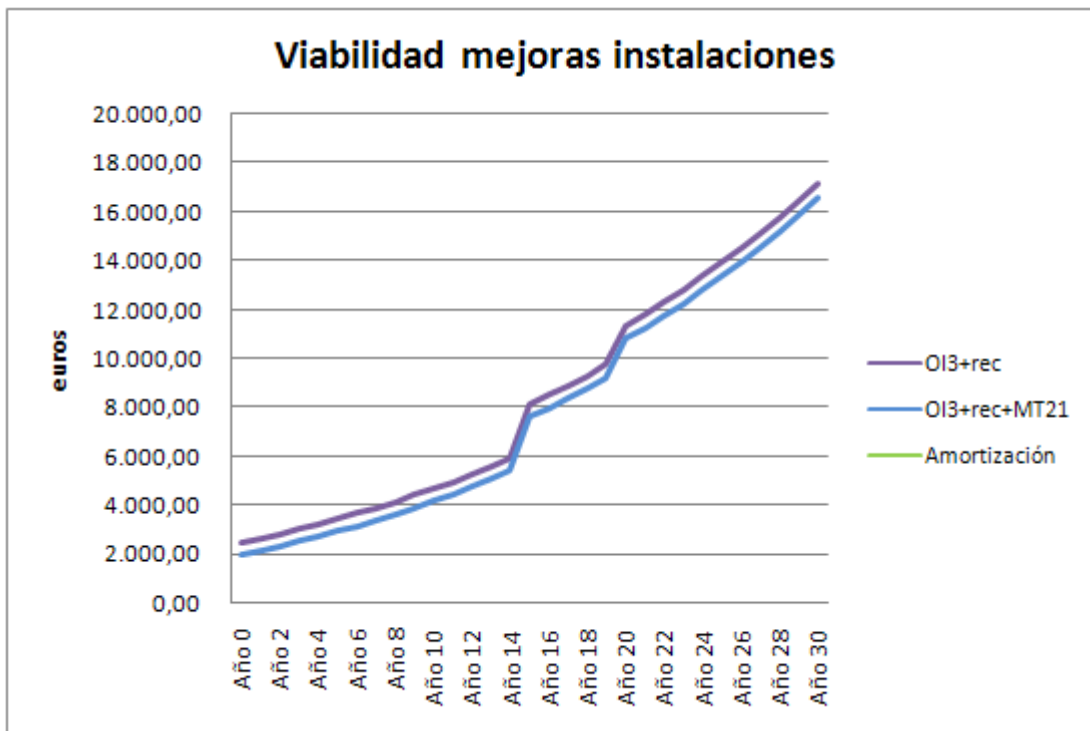
		Emisiones			Consumo		
		kgCO2/m2	kgCO2/año	Calif.	kwh/m2	kwh/año	energía
<b>OI 3 + recuperador de calor</b>	Cal	5,8	812,9	A	9,0	1261,8	e
	Refr	2,4	336,4	A	3,7	523,5	e
	ACS	1,4	196,2	C	6,8	948,1	g.n.
	Ilum	17,9	2508,7	C	27,6	3863,6	e

		Emisiones			Consumo		
		kgCO2/m2	kgCO2/año	Calif.	kwh/m2	kwh/año	energía
<b>OI 3 + O2.1 recuperador de calor</b>	Cal	5,8	812,9	A	9,0	1261,8	e
	Refr	2,4	336,4	A	3,7	523,5	e
	ACS	1,4	196,2	C	6,8	948,1	g.n.
	Ilum	17,9	2508,7	C	27,6	3863,6	e

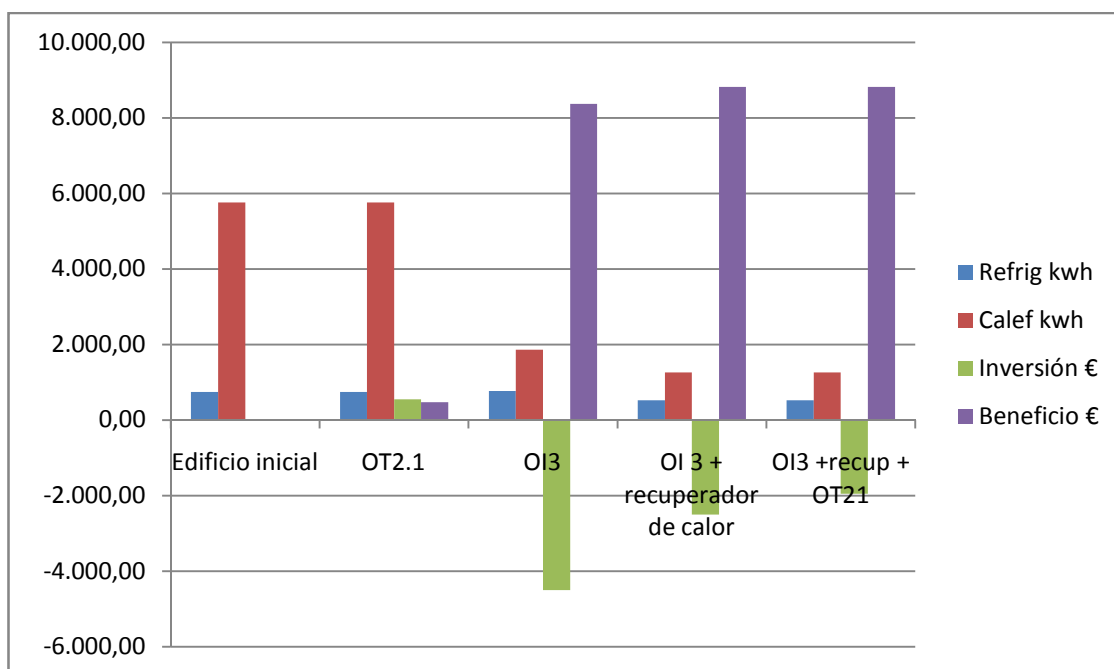
Resumen del ahorro en el consumo energético respecto del edificio inicial tras la aplicación de cada mejora:

	Consumo edificio inicial kwh				Consumo a mejoras kwh				Ahorro consumo kwh	
	Cal	Refr	ACS	Ilum	Cal	Refr	ACS	Ilum	Gas	Electricidad
<b>OI3 +recup</b>	5.760,10	747,80	948,10	3.863,60	1261,80	523,50	948,10	3863,60	4498,30	224,30
<b>OTI2 + OI3 + rec</b>					1261,80	523,50	948,10	3863,60	4498,30	224,30

Observamos cómo una vez introducida la mejora OI3 con recuperador de calor, la colocación de aislamiento no produce ninguna mejora energética sobre ésta ya que con el recuperador de calor contrarrestamos los escasos efectos que producía la colocación del aislamiento.



	VAN	TIR	Amortización
OI3+rec	8.823,40	NP	
OI3+rec+MT21	8.275,40	NP	



### 7.5.4. Comparación entre la calificación del Calener VyP y CEX3 del edificio final

Obtenemos la calificación energética mediante los dos procedimientos para observar la diferencia existente entre ellos:

#### Calificación obtenida por el medio general mediante el programa CALENER VyP

Comparamos los resultados obtenidos respecto los que habíamos obtenido inicialmente:

Indicador kgCO2/m²	Objeto			Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO2/m²	Edificio Objeto		
	31.9 C				27.5 B		
	Clase	kWh/m²	kWh/año		Clase	kWh/m²	kWh/año
Demanda calefacción	D	36.3	5087.4	Demanda calefacción	D	32.3	4526.8
Demanda refrigeración	C	13.7	1920.1	Demanda refrigeración	C	14.4	2018.2
	Clase	kgCO2/m²	kgCO2/año		Clase	kgCO2/m²	kgCO2/año
Emisiones CO2 calefacción	B	9.3	1303.4	Emisiones CO2 calefacción	A	5.8	812.9
Emisiones CO2 refrigeración	B	3.3	462.5	Emisiones CO2 refrigeración	A	2.4	336.4
Emisiones CO2 ACS	C	1.4	196.2	Emisiones CO2 ACS	C	1.4	196.2
Emisiones CO2 Iluminación	C	17.9	2508.7	Emisiones CO2 Iluminación	C	17.9	2508.7
Emisiones CO2 Totales			4470.8	Emisiones CO2 Totales			3854.1

Edificio inicial

Edificio final C3COI


#### Calificación obtenida por el medio simplificado mediante el programa CE3X

Listado medidas mejora incluidas en el conjunto

Medidas mejora	Tipo de medida
Nueva definición de las instalaciones	Instalaciones

Calificación energética del edificio con el conjunto de medidas de mejora

RESULTADOS	Medidas mejora	Caso base	Ahorro
Demanda de calefacción	41.2 F	41.2 F	0.0 %
Demanda de refrigeración	26.6 D	26.6 D	0.0 %
Emisiones de calefacción	12.7 D	18.7 E	31.8 %
Emisiones de refrigeración	6.8 C	9.2 D	26.6 %
Emisiones de ACS	2.1 D	2.1 D	0.0 %
Emisiones de iluminación	30.5 D	30.5 D	0.0 %
EMISIONES GLOBALES	52.1 C	60.4 D	13.9 %



Para el cálculo de ambas certificaciones se ha respetado los valores de los puentes térmicos que ambos programas facilitan. Se debe indicar que el Calener VyP no tiene por defecto la posibilidad de introducir un puente térmico de caja de persianas.

	Demanda (kwh/m2)					
	CE3X			CALENER VyP		
	Edificio inicial	Edificio Final	% Mejora	Edificio inicial	Edificio Final	% Mejora
Calefacción	41,2	41,2	0,00%	36,3	32,3	11,02%
Refrigeración	26,6	26,6	0,00%	13,7	14,4	-5,11%

	Emisión CO2 (Kg/m2)					
	CE3X			CALENER VyP		
	Edificio inicial	Edificio Final	% Mejora	Edificio inicial	Edificio Final	% Mejora
Calefacción	18,7	12,7	32,09%	9,3	5,8	37,63%
Refrigeración	9,2	6,8	26,09%	3,3	2,4	27,27%
ACS	2,1	2,1	0,00%	1,4	1,4	0,00%
Iluminación	30,5	30,5	0,00%	17,9	17,9	0,00%
GLOBAL	60,4	52,1	<b>13,74%</b>	31,9	27,5	<b>13,79%</b>

## 8. Conclusiones.

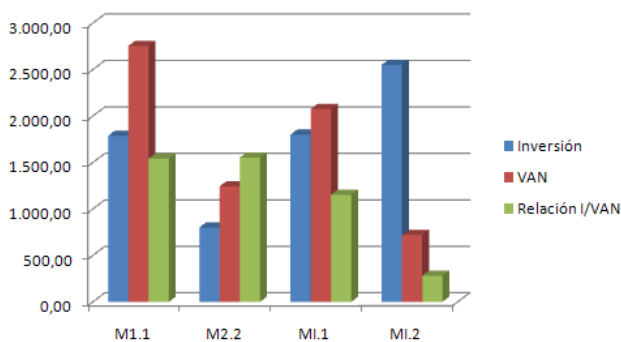
Tras la obtención de los resultados de las simulaciones realizadas podemos determinar unas conclusiones. Debemos reseñar previamente que los resultados obtenidos en el edificio para uso vivienda y para uso terciario no deben de ser comparados, ya que en el terciario tenemos en cuenta factores como la iluminación y la carga interna, por lo determinaremos unas conclusiones distintas para cada uso.

### Edificio uso vivienda.

#### Rehabilitación energética.

En el caso del estudio de viabilidad de un rehabilitación energética para un edificio de uso vivienda hemos partido de una serie de propuestas con las que mejorar el ahorro energético del edificio y conseguir con ellas la rentabilidad suficiente como para ser un producto de inversión atractivo o por lo menos rentable.

Entre las mejoras propuestas sobre la envolvente, únicamente la colocación de aislamiento en la cámara de aire de los cerramientos y bajo el forjado sanitario son acciones que producen rentabilidad en la inversión con recuperaciones de capital de 9 y 10 años.



	% Ahorro consumo mejora		
	Calef	Refrig	ACS
M1.1	28,41%	2,89%	
M2.2	17,20%	-7,69%	
MI.1	18,62%	0,00%	10,53%
MI.2	0,00%	0,00%	81,00%

En la sustitución de las carpinterías nos encontramos con una doble posible visión de la situación, debido al alto coste de la carpintería y al método de evaluar la viabilidad. Si afrontamos el resultado como un inversor que quiere que su flujo de caja a los 30 años sea positivo, utilizando la técnica del VAN, entonces no existe ninguna posible mejora que le de la rentabilidad necesaria. Sin embargo, si planteamos el problema como la posible amortización o recuperación del valor de la inversión resultante de sustituir el acristalamiento existente por otro con mayor cámara de aire y argón 100%, observamos que la amortización se produciría al año 21. Con esto se quiere decir, que en función de cómo se venda al inversor o propietario del inmueble la inversión podría ser válida o no, pese a que en nuestro siempre seleccionado las mejoras en función del valor del VAN.

Respecto a las mejoras sobre las instalaciones, la mejora más rentable de entre las propuestas es la instalación de una caldera de condensación, principalmente debido a la existencia de calefacción por radiadores mediante gas natural en el edificio. Esta mejora produce importantes beneficios con un plazo de amortización de 11 años.

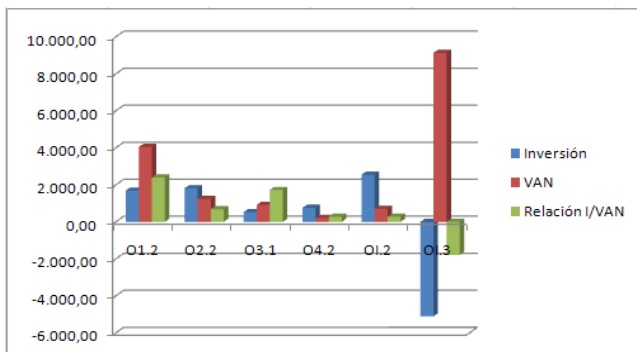
La instalación de un sistema de captadores solares también produce beneficios aunque en menor medida ya que su aprovechamiento solamente es para el ACS. Aun así se rentabilizaría la inversión en 17 años habiéndole incluido un coste fijo de mantenimiento anual.



**Obra nueva.**

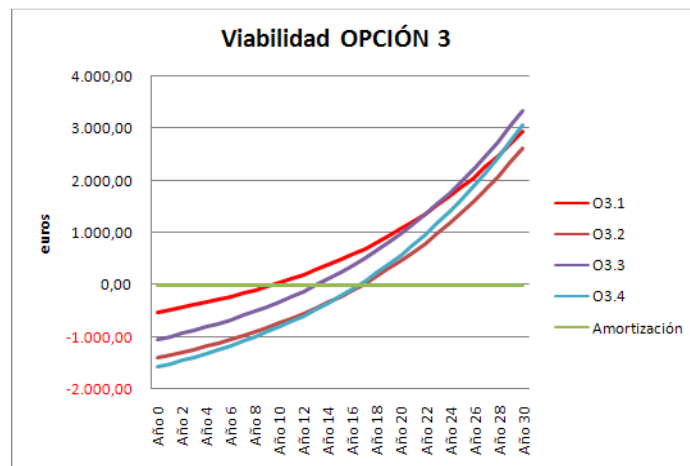
En el caso de la obra nueva tenemos la posibilidad de proponer un mayor número de mejoras ya que disponemos de mayor flexibilidad de cambio sobre los sistemas constructivos. Además, en este caso, se relaciona la diferencia del ahorro energético entre el sistema constructivo del proyecto y el de la propuesta, con la diferencia del importe económico de ejecución entre estos sistemas, lo que facilita que sea más fácil rentabilizar las opciones de mejora.

Al igual que en la rehabilitación la colocación de aislamientos sobre la envolvente o mejora de los estos son los que producen las mejoras más rentables

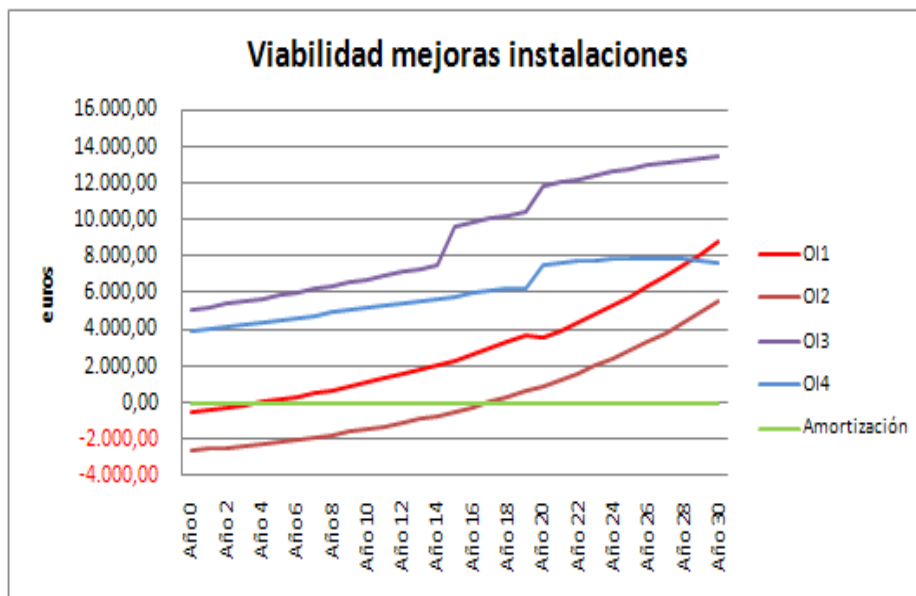


	% Ahorro consumo mejora		
	Calef	Refrig	ACS
M1.2	33,64%	2,89%	
M2.2	17,20%	-7,69%	
M3.1	8,41%	0,97%	
M4.2	5,23%	2,89%	
MI.1	18,58%	0,00%	10,53%
MI.2	0,00%	0,00%	81,00%

En la viabilidad de la inversión en el cambio de huecos, podemos afirmar según los resultados obtenidos que todas las mejoras propuestas producen rentabilidad y se amortizan entre el año 10 y 17 según la opción. Por lo tanto, estos datos deberían ser tenidos en cuenta por el proyectista y el promotor previa a la ejecución ya que el aumento de coste al aumentar la calidad del sistema producirá rentabilidad y amortizaciones aceptables al consumidor final.



En cuanto a las instalaciones, la principal conclusión que obtenemos tras el análisis de los resultados es que la instalación de un sistema único de climatización como unificación de los sistemas de calefacción y refrigeración en un único equipo eléctrico, junto con el cambio de caldera por una más económica al no tener calefacción por gas y la instalación de un sistema de captación de energía solar nos produce además de un gran ahorro económico, un ahorro energético superior al fijado por el edificio inicial.



Al igual que en la rehabilitación energética, en el análisis y viabilidad de los resultados no se contempla el valor del confort que se puede adquirir, los hábitos de climatización del consumidor final, o los periodos de uso del inmueble.

## **Edificio uso terciario**

Para el uso terciario se debe de tener en cuenta la iluminación existente en el edificio. ya que produce una variación importante sobre los resultados de consumo de calefacción y refrigeración., debido a la radiación térmica que produce.

La iluminación del edificio o proyecto inicial consistía en tubos fluorescentes que al ser sustituidos por tubos leds nos producían un gran desembolso inicial y un importante ahorro energético año a año pero no el suficiente como para que nos fuese rentable su colocación de cara a una inversión. . Por lo tanto la sustitución de tubos fluorescentes por tubos Leds no sería recomendable.

Sin valorar ningún cambio sobre la iluminación planteamos las mismas propuestas que las realizadas sobre el edificio en uso vivienda.

El principal dato que se observa tras el análisis de los resultados es que la iluminación y la carga interna producen una carga térmica en el interior del edificio lo que conlleva a un mayor gasto en refrigeración pero un ahorro en calefacción. Esto se traduce en que el edificio no necesita demasiada calefacción para mantener los patrones de temperatura establecidos por el programa, por lo que no se obtienen grandes ahorros energéticos con las mejoras.

## **Rehabilitación energética.**

En la rehabilitación energética observamos que la colocación de aislamiento en fachada no produce el suficiente ahorro energético como para rentabilizar la inversión. Tan solo el aislamiento de 4 cm bajo el forjado sanitario produce rentabilidad.

En el resto de las medidas de mejoras planteadas sobre la envolvente tampoco conseguimos ninguna rentabilidad.

En las mejoras sobre las instalaciones, tan solo la sustitución de la caldera convencional existente por una caldera de condensación nos produce alguna rentabilidad.

En líneas generales, ninguna rehabilitación energética sobre este edificio existente en uso terciario produce grandes rentabilidades económicas.

## **Obra nueva**

La principal diferencia entra la obra nueva y la rehabilitación es la reducción del coste de inversión al tratar de implantar alguna medida.

En la colocación de aislamientos el ahorro sigue siendo muy escaso, pero observamos que en la colocación de aislamientos de 4 cm en fachada y suelos la inversión es rentable, sin embargo para aislamientos de mayor espesor dejarían de ser rentables debido al encarecimiento de la mano de obra. estos dos aislamientos son rentables por separados porque al ponerlos los dos juntos en el edificio se reduce la mejora energética conseguida cada uno por sí solo y por lo tanto dejan de ser rentables.

En cuanto a los huecos, observamos que mejorando los solamente con un acristalamiento 4/14/3+3 con argón 100% no llegamos a obtener rentabilidad pero obtendríamos una amortización de la inversión en 19 años.

Respecto a las instalaciones, la mejora de estas junto a la colocación de un recuperador de calor nos produce unas rentabilidades importantes.

Opción O.3: 2 equipos de refrigeración —————> Único equipo eléctrico CLIMATIZACIÓN  
Radiadores y caldera convencional —> Calentador atmosférico

La colocación del recuperador de calor en el edificio produce que el aislamiento en suelo no produzcan ningún efecto de mejora energética, ya que el recuperador de calor mantiene la temperatura de consigna del edificio sin necesidad de tener más aislamiento sobre la envolvente.

## **OBSERVACIONES**

Debemos destacar que los valores energéticos resultantes están obtenidos a partir de unos datos de consigna preestablecidos por el programa. Por lo que estamos realizando un hipotético análisis energético-económico sobre un consumo energético determinado a los datos preestablecidos. Para ser más exactos en los resultados deberíamos estudiar los hábitos de consumo de los propietarios de cada inmueble y estudiar los periodos de uso del inmueble para poder comparar los resultados obtenidos con datos de consumos reales de cada edificio o vivienda, y así poder aproximar los posibles ahorros energéticos en cada caso.

Otro punto que no contemplan los resultados es el valor del confort que se puede adquirir tras una inversión. No existe ninguna forma de poder valorar económicamente el confort de una vivienda, ya que su valoración es totalmente subjetiva. pero lo que si se debe realizar previo a una rehabilitación energética es conocer al cliente y exponerle las distintas posibilidades para que sea él mismo el que valore si le merece la pena ganar más confort por algo más de dinero. El caso más significativo lo podemos observar en la modificación de huecos. Sabemos que la colocación de una carpintería con rotura puente térmico con un acristalamiento doble con cámara de 14mm con argón 100% no es una inversión rentable. Sin embargo, esta opción daría un gran confort al inmueble ya que reduciría notablemente la conductividad térmica del hueco evitando la variación de temperaturas para establecer la temperatura de consigna.

## 9. Bibliografía

- Solé Bonet, Josep. *“Aislamiento térmico en la edificación: limitación de la demanda energética DB HE1 e Iniciación”*. 2007.
- Ministerio de Vivienda. *“Código Técnico de la Edificación (CTE)”*. 2006.
- *“Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE)”*. 2007
- Asociación Española de Climatización y Refrigeración. (ATECYR). *“DTIE 7.03. Entrada de datos a los programas Lider y Calener VyP”*.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). *“Lider v1.0. Manual de usuario.”*
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). *“Calener VyP. Manual de usuario”*.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). *“Guía de recomendaciones de eficiencia energética; certificación de edificios existentes CE3x”*. 2012.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). *“Manual de usuario de calificación energética de edificios existentes CE3X”*. Madrid 2012.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).- *“Certificación energética de edificios existentes comparación de resultados frente a procedimiento de referencia Calener – CEX”*. Madrid 2012.
- *“Norma UNE 12207. Puertas y ventanas. Permeabilidad al aire”*. Clasificación. 2000.
- *“Norma UNE 12464-1. Iluminación de los lugares de trabajo”*. Clasificación. 2002.
- *“Proyecto Reconsost. Investigación sobre el comportamiento térmico de soluciones constructivas bioclimáticas. aplicación de nuevas tecnologías para la rehabilitación sostenible de edificios.”*
- Centro Nacional de Energías Renovables (CENER). *“CTE plus. El potencial de ahorro de energía y reducción de emisiones de CO2 en viviendas”*. España 2005 -2012.
- Asociación nacional de fabricantes de materiales aislantes (ANDIMAT). *“Rendimiento a largo plazo de los productos de aislamiento térmico de poliestireno extruido (XPS)”*
- Cuervo García, Alvaro. *“Introducción a la Administración de Empresas”*. Madrid 1994.
- Asociación Española de Climatización y Refrigeración. (ATECYR). *“Guía técnica. Ahorro y recuperación de energía en instalaciones de climatización”*. Madrid 2010.
- Manuel Olivares, Santiago. *“Los vidrios de baja emisividad”*. Rev. Materiales de Construcción, vol. 44 nº 236. 1994
- Agencia Valenciana de la Energía (AVEN). *“Guía práctica de energía solar térmica”*. 2008
- Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. (FENERCOM). *“Guía de Rehabilitación Energética de Edificios de Viviendas”*. Madrid 2008.

## **10. ANEXOS**

### **ANEXO I: Resultados demanda y consumo.**

**ANEXO I.1. VIVIENDA. Rehabilitación energética.**

**ANEXO I.2. VIVIENDA. Obra nueva.**

**ANEXO I.3. Terciario. Rehabilitación energética.**

**ANEXO I.4. Terciario. Obra nueva.**

### **ANEXO II: Cálculos de viabilidad.**

**ANEXO II.1. VIVIENDA. Rehabilitación energética.**

**ANEXO II.2. VIVIENDA. Obra nueva.**

**ANEXO II.3. Terciario. Rehabilitación energética.**

**ANEXO II.4. Terciario. Obra nueva.**

### **ANEXO III: Cálculos rendimiento captadores solares.**

**ANEXO III.1. VIVIENDA.**

**ANEXO III.2. Terciario.**

### **ANEXO IV: Presupuestos.**

