



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Rehabilitación energética de edificio hotelero
en Aínsa (Huesca)

Energy restoration of hotel building in Aínsa
(Huesca)

Autor

Claudia López Lacasta

Director

Javier Domínguez Hernández

Escuela de Ingeniería y Arquitectura
2019/2020

Rehabilitación energética de edificio hotelero en Aínsa (Huesca)

Resumen

En la España actual, el 56% de los edificios están contruidos antes del 1980, época en la que los aislamientos eran deficientes y sin ningún interés en la mejora térmica y la reducción de los gastos de calefacción. Por ello, la mayoría del consumo de energía primaria se produce por el consumo generado por los edificios para satisfacer sus necesidades de calefacción y refrigeración.

En nuestro caso, el edificio que va a ser estudiado fue construido en el 1960, por lo que encontraremos unas instalaciones mediocres y una eficiencia energética baja, la cual pretendemos mejorar.

El edificio objeto es el Hotel Pirineos situado en la Avenida Sobrarbe en la localidad oscense de Aínsa.

Una vez obtenidos los planos del hotel, modelizaremos este en 3D mediante el programa IFC Builder y a continuación exportaremos este archivo al programa CYPETHERM HE Plus para obtener la simulación energética inicial de nuestro edificio.

Este segundo programa se centra en el estado de la envolvente térmica del edificio, como son los aislantes utilizados, materiales o carpintería. También introducimos los sistemas de climatización y sistemas de ACS.

Para mejorar la eficiencia energética debemos hacer hincapié en reforzar esta envolvente térmica para que no haya fugas de flujos de calor. Es muy importante también sustituir las instalaciones actuales por otras con mejores rendimientos.

El proceso que hemos seguido para mejorar esta eficiencia energética en cuanto a variaciones en los elementos constructivos se refiere, ha sido el siguiente: introducir aislante en la envolvente del edificio, sustituir las ventanas y puertas iniciales por otras de mejores características y cambiar las instalaciones por otras más eficientes.

La mejora de la eficiencia energética una vez implementadas estas mejoras, es muy notable como veremos más adelante.

Se ha realizado también un estudio comparativo de los diferentes aislantes y sus diferentes espesores con el precio de los mismos. Así como el presupuesto final de la obra, para que en el caso de que se hiciera esta mejora, los dueños del hotel sean conscientes del precio de esta.

ÍNDICE

1. Introducción	1
2. Marco normativo	4
3. Programas informáticos utilizados	9
4. Estado actual del Hotel Pirineos.....	11
4.1 Ubicación y datos relevantes del Hotel	11
4.2 Distribución interior del hotel.....	13
4.3 Vistas 3D del edificio	20
5. Certificación energética inicial del hotel.....	26
6. Certificación energética de la obra mejorada.....	52
7. Estudio comparativo de los aislantes en los cerramientos	66
8. Presupuesto de la rehabilitación.....	78
9. Conclusiones	80
10. Bibliografía.....	82

ANEXOS

Anexo I. Cuadro de superficies del hotel en el estado inicial y mejorado	1
Anexo II. Archivos generados por CYPETHERM HE Plus en estado inicial	10
Anexo III. Archivos generados por CYPETHERM HE Plus en estado mejorado.....	58
Anexo IV. Certificación energéticas para las diferentes instalaciones de ACS	107
Anexo V. Tablas y esquemas del estudio del aislante.....	113
Anexo VI. Catálogo de puertas y ventanas utilizadas en el estado mejorado	222
Anexo VII. Presupuesto de la rehabilitación energética.....	228

1. Introducción

Desde junio de 2013 y a través de la aprobación del Real Decreto 235/2013, toda vivienda que se quiera poner en venta o alquiler debe disponer de su correspondiente etiqueta energética y, por tanto, de la letra asociada a las condiciones de sostenibilidad del inmueble. La letra asociada puede ir de la A para señalar el máximo grado de eficiencia energética hasta la letra G, que corresponde a los inmuebles menos eficientes.

La información asociada a la etiqueta energética de una vivienda es toda la relativa a las instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación, confort térmico, lumínico, aislamiento e inclusive la calidad del aire interior. Por tanto, son todos estos valores los que se miden y acaban por determinar la calificación final del inmueble.

Las medidas para la rehabilitación energética varían según el tipo de edificio, las condiciones en las que se encuentra etc, sin embargo, podemos nombrar algunas medidas generales para la mejora de la eficiencia energética.

Empezaremos nombrando la envolvente del edificio. Mejorando el aislamiento de las fachadas y cubiertas podemos llegar a conseguir un ahorro energético de hasta un 20% respecto al consumo total del edificio.

En cuanto a carpintería se refiere, los huecos como pueden ser ventanas y lucernarios son puntos propensos al escape de calor, por lo que debemos elegir unos materiales adecuados para el aislamiento. Es muy importante la elección de los vidrios y sus coeficientes de transmisión de calor, así como su factor solar o fracción opaca si elegimos sistemas más complejos.

Las instalaciones de nuestro edificio inicial deberán ser reemplazadas por otras con mejores rendimientos y menor consumo si queremos obtener un ahorro energético.

Otra de las medidas que se suelen tomar es la utilización de energías renovables, como puede ser en nuestro caso paneles solares en la cubierta.

La aplicación de medidas de rehabilitación energética supone la reducción del consumo energético entre un 20 y un 75%, la disminución entre un 10 y un 30% de la

emisión de CO₂, un ahorro en la factura energética de entre 500 y 2000€ por año, un mayor confort interior y una revalorización de la vivienda para una posible futura venta o alquiler, entre otras.¹

Por otra parte, en cuanto a la rehabilitación energética en España, el Ministerio de Fomento refleja en su web que en nuestro país existe un gran potencial para impulsar la rehabilitación energética ya que cuenta con más de 25 millones de viviendas situadas en entornos urbanos. Muchas de estas edificaciones se hicieron antes del año 1979, fecha en la que se comenzaron a introducir las primeras regulaciones en lo relativo al aislamiento térmico de edificios.

Por tanto, la rehabilitación energética es una apuesta necesaria para que los núcleos urbanos, en continuo crecimiento, evolucionen hacia un modelo de desarrollo sostenible, eficiente, que garantice una buena calidad de vida para sus habitantes y equilibre la actividad humana con el medio ambiente.

Sólo el 7% del total de viviendas se ha construido bajo las condiciones de eficiencia energética y uso de energías rentables que exige el Código Técnico CTE obligatorio desde 2007. Hasta esa fecha la cuota de vivienda rehabilitada representaba sólo un 4% en España, sin embargo, a partir de 2008 la cuota aumentó hasta situarse en torno al 11% durante los años 2010, 2011 y 2012, cifra en parte engañosa debido a la caída de la nueva construcción de viviendas.²

Además, un estudio del IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), ha demostrado que el 44% de los gastos de una vivienda se destinan a la calefacción, por lo que debemos hacer hincapié en el aislamiento térmico combinado con una buena estanqueidad y una ventilación controlada.

Así pues, la Directiva de Eficiencia Energética en Edificios (Directiva 2018/844), crea una senda hacia un parque inmobiliario descarbonizado en la UE en 2050.

Según la Comisión Europea, los edificios son los responsables de aproximadamente el 40% del consumo de energía y del 36% de las emisiones de CO₂ en la Unión

¹ Según un reciente estudio del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

² Informe de WWF (World Wide Fund for Nature) publicado en 2017.

Europea, que el 35% de los edificios tienen más de 50 años y que el 75% de los edificios son ineficientes energéticamente hablando.

En resumen, al tener tanta importancia actualmente el certificado de eficiencia energética tanto para el cambio climático, como para el individuo que pretenda alquilar o vender su vivienda, pretendemos realizar una rehabilitación energética del hotel para poder así reducir sus emisiones de CO₂, conseguir un ahorro energético y aumentar su valor para una posible venta.

2. Marco normativo

Para empezar con el marco normativo de nuestro proyecto, debemos resaltar que CYPEPTHERM HE Plus tiene implementadas las siguientes normas:

- Para materiales constructivos cuenta con la UNE-EN ISO 10456 en la que encontraremos las propiedades higrotérmicas, los valores de diseño y procedimientos para la determinación de los valores térmicos declarados.
- La resistencia y el coeficiente de transmisión térmica de elementos constructivos quedan definidos con las normas UNE-EN ISO 6946, la cual nos define la resistencia y transmitancia térmica, por la UNE-EN ISO 13370 que define la transmisión del calor por el terreno, y por último por la UNE-EN ISO 10077-1 que establece las características térmicas de ventanas, puertas y contraventanas.
- Para estudiar los puentes térmicos lineales contamos con las normas UNE-EN ISO 14683 con la que conocemos la transmitancia térmica lineal, la UNE-EN ISO 10211 para los flujos de calor y temperaturas superficiales y la DA DB-HE/3 o Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE (CTE) que define el atlas de puentes térmicos (recoge en forma de atlas unos valores aproximados de la transmitancia térmica lineal ψ para las soluciones constructivas más comunes).
- El Rendimiento energético es estudiado cumpliendo con el Código Técnico de la Edificación, en el que nos centraremos en el Documento Básico HE 1 y en el Documento Básico HE 0, que se refieren respectivamente a la Limitación de demanda energética y a la Limitación del consumo energético.

Una vez aclaradas las normas que tiene implementadas el programa utilizado para la certificación energética, procedemos a explicar las modificaciones que establece la Directiva 2018/844/UE con respecto a la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios y la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética.

La Unión Europea se ha comprometido a establecer un sistema energético, sostenible, competitivo y descarbonizado de aquí a 2050. Para alcanzar ese objetivo, los Estados miembros y los inversores necesitan medidas destinadas a alcanzar el objetivo a largo plazo de emisiones de gases de efecto invernadero y a descarbonizar el parque

inmobiliario, que es responsable de aproximadamente el 36 % de todas las emisiones de CO2 de la Unión, de aquí a 2050.

Es por estos objetivos que la Unión Europea decidió hacer una serie de modificaciones en las Directivas relativas a la eficiencia energética, dando lugar a la nueva Directiva antes nombrada.

La Directiva 2018/844/UE se centra en incorporar sistemas de automatización y control de edificios que incluyan todos los productos, programas informáticos y servicios de ingeniería que puedan apoyar el funcionamiento eficiente energéticamente de las instalaciones técnicas del edificio.

En cuanto a los edificios de nueva construcción, los Estados miembros tomarán las medidas necesarias para garantizar que estos cumplan los requisitos mínimos de eficiencia energética establecidos.

También impone una inspección de las instalaciones de calefacción y aire acondicionado periódicas con una potencia nominal útil superior a 70kW.

La eficiencia energética de un edificio se determinará sobre la base de la utilización de energía calculada o efectiva, y reflejará el consumo de energía para calefacción y refrigeración, para ACS, ventilación, iluminación integrada y otras instalaciones técnicas de los edificios. Es importante reflejar estas cantidades de energía para optimizar los niveles de salud, calidad del aire interior y bienestar definidos por los Estados miembros a nivel nacional y regional.

Centrándonos en España, la última ley que hizo modificaciones en el CTE, el cual establece las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad establecidos en la LOE, es el Real Decreto 732/2019, de aplicación obligatoria a las obras de nueva construcción y a las intervenciones en edificios existentes para las que, en ambos casos, se solicite licencia municipal de obras a partir del 28 de junio de 2020.

Este Real Decreto 732/2019 modifica el Código Técnico de la Edificación aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, proporcionando información sobre los conceptos básicos relacionados con la modificación reglamentaria.

Los documentos afectados por esta modificación son el DB-HE “Ahorro de energía” en el que se modifican todas sus exigencias. Se ve modificado también el DB-HS “Salubridad” en el que se introduce una nueva exigencia básica de “Protección frente al gas radón”, medida que no nos afecta en nuestro caso. Y, por último, el DB-SI de “Seguridad en caso de incendios” en el que se modifica la regulación relativa a la propagación exterior de incendio.

En primer lugar, el Documento Básico DB-HE de “Ahorro de energía” es el documento que establece las exigencias de eficiencia energética que deben cumplir los edificios para asegurar el confort de sus ocupantes con un uso racional de energía.

Este documento debe ser actualizado debido a la conciencia del riesgo que representa el cambio climático. Por ello, se ha llevado a cabo la adopción de acuerdos internacionales para reducir el impacto ambiental de las actividades humanas.

El HE-0 obliga a que los edificios se proyecten para un consumo reducido de energía y que este se satisfaga, en gran medida, mediante el uso de energía procedente de fuentes renovables, con el objetivo de mitigar el cambio climático y reducir el uso de energía del país. Esto se aborda limitando las necesidades totales de energía del edificio, a través del indicador $C_{ep,tot}$ y limitando el consumo de energía procedente de fuentes no renovables, mediante el indicador $C_{ep,nren}$. Estos indicadores indican los consumos de energía primaria que influyen en la evaluación de la eficiencia energética (Calefacción, Refrigeración, Ventilación, Control de humedad, ACS e Iluminación (solo para terciario)).

La exigencia básica HE-1, obliga a un diseño y construcción del edificio que demande poca energía para alcanzar las condiciones de confort, de acuerdo a su uso y condiciones climáticas del entorno. Para ello, debemos tener en cuenta: un nivel mínimo de aislamiento térmico global y de los elementos en contacto con el exterior, el control de la permeabilidad al aire de los elementos, limitar el exceso de ganancias solares en verano, evitar la pérdida de calor desde las viviendas y los locales comerciales y, por último, asegurar el mantenimiento de estas prestaciones a lo largo del tiempo.

También fueron modificados los documentos básicos HE-2, HE-3, HE-4 y HE-5, los cuales expondremos a continuación.

Según la exigencia básica HE-2, las instalaciones térmicas de las que dispongan los edificios serán apropiadas para lograr el bienestar térmico de los ocupantes, mediante un alto nivel de eficiencia de los equipos de climatización. Esta exigencia se desarrolla actualmente en el vigente Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE).

Las instalaciones de iluminación quedan definidas por el Documento Básico HE-3, el cual explica que los edificios dispondrán de instalaciones de iluminación adecuadas a las necesidades de sus usuarios y a la vez eficaces energéticamente, disponiendo de un sistema de control que permita ajustar su funcionamiento a la ocupación real de la zona, así como de un sistema de regulación que optimice el aprovechamiento de la luz natural en las zonas que reúnen unas determinadas condiciones.

El Documento Básico HE-4 trata la contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria. Los edificios satisfarán sus necesidades de ACS y de climatización de piscina cubierta empleando en gran medida energía procedente de fuentes renovables.

Por último, la exigencia básica que también fue modificada es la HE-5, la cual habla de la generación mínima de energía eléctrica. Especifica que en los edificios con elevado consumo de energía eléctrica se incorporarán sistemas de generación de energía eléctrica procedente de fuentes renovables para uso propio o suministro a la red.

Debemos destacar también el concepto “Edificio de Consumo de Energía Casi Nulo (ECCN)”, recogido en la Directiva 2010/31. Este término hace referencia a aquellos edificios con un nivel de eficiencia energética muy alto en el que la cantidad muy baja de energía requerida debería estar cubierta, en muy amplia medida, por fuentes de energía renovable.

Todos los edificios nuevos que se construyan de acuerdo con el DB-HE2019 serán ECCN y también lo serán los edificios existentes que cumplan los niveles de consumo de energía primaria. Por lo tanto, actualmente sólo los edificios nuevos deben cumplir la condición de ser ECCN, para los edificios existentes es opcional.

Una vez abordados los cambios en el documento DB-HE, explicaremos a continuación las modificaciones en el Documento Básico DB-SI 2 “Propagación exterior”.

En él se modifica la clase de reacción al fuego que se pide a los sistemas constructivos de fachada y a los sistemas de aislamiento de las cámaras ventiladas. En caso de fachadas con una altura menor a 18 m y cuyo arranque inferior sea accesible, tanto los sistemas constructivos de fachada como los aislantes en el interior de las cámaras ventiladas serán al menos B-s3,d0 hasta una altura de 3,5 m como mínimo.

Tras lo explicado anteriormente, al tener nuestro programa en su base de datos el Código Técnico de la Edificación, todas las mejoras que hagamos en nuestro edificio en cuanto a elección de nuevos materiales, nuevas instalaciones etc., van a estar reguladas por este código y por ello cumplirá todas sus restricciones.

3. Programas informáticos utilizados

A partir del 5 de julio de 2018 fueron admitidos por los Registros de las Comunidades Autónomas los certificados de eficiencia energética realizados con la última versión actualizada de CYPETHERM HE Plus, por ello decidimos realizar este estudio con el programa mencionado.

Para la realización del estudio de la eficiencia energética de nuestro hotel hemos utilizado una serie de programas informáticos pertenecientes al entorno BIMserver.center.

El primer paso de nuestro proceso fue la modelización del edificio en 3D con ayuda del programa IFCBuilder. Debimos introducir en este programa los planos en planta que obtuvimos en el Ayuntamiento de Aínsa especificando las dimensiones, particiones interiores, fachadas, cubiertas, terraza, ventanas etc.

Una vez obtenida la vista 3D del hotel, exportamos el archivo IFCBuilder al programa CYPETHERM HE Plus. En este programa debes especificar todas las propiedades térmicas de la envolvente, encontrándonos en el menú principal las siguientes secciones constructivas del edificio: recintos, fachadas, tabiquería, muros en contacto con el terreno, suelos en contacto con el terreno, forjados entre pisos, cubiertas, puertas, huecos acristalados, lucernarios (que en nuestro caso no hay) y puentes térmicos lineales.

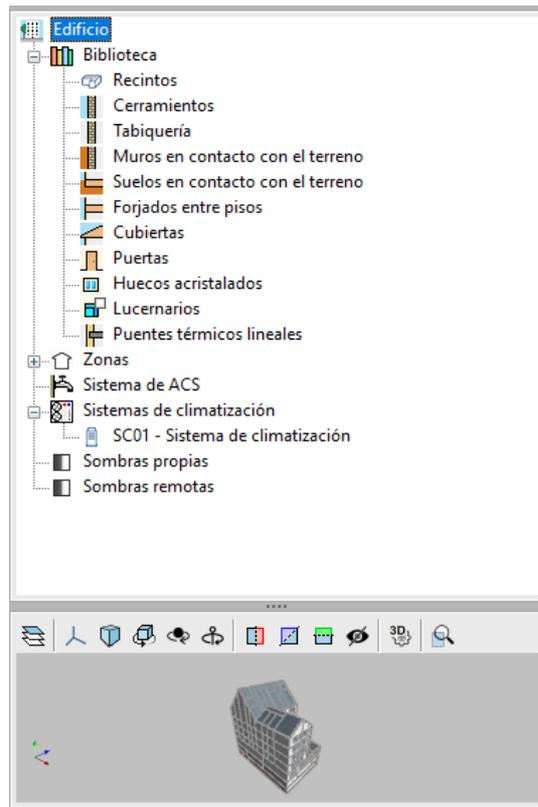


Figura 1. Menú principal de CYPETHERM HE Plus

En cuanto a instalaciones se refiere debemos definir el sistema de ACS y el sistema de climatización.

Como hemos dicho anteriormente, el programa CYPETHERM HE Plus ofrece la posibilidad de justificar el cumplimiento del CTE DB HE1 Limitación de la demanda energética y del CTE DB HE0 Limitación del consumo energético para cualquier tipo de proyecto.

Una vez completado el proceso de definición del edificio, el programa creará un PDF en el que se mostrará la calificación de eficiencia energética obtenida y la cual vamos a intentar mejorar.

4. Estado actual del Hotel Pirineos

4.1 Ubicación y datos relevantes del Hotel

El edificio a estudiar se encuentra en la Avenida Sobrarbe nº7, vía más comercial de la localidad y posiblemente de la comarca, de Aínsa en los Pirineos oscenses.

Procedemos a adjuntar una serie de imágenes obtenidas de Google Earth para situar claramente el hotel en la localidad.



Figura 2. Visión general de Aínsa (Huesca)



Figura 3. Visión más detallada



Figura 4. Ubicación específica del Hotel Pirineos

Como podemos apreciar en la *Figura 4*, el hotel linda por el sur con un edificio de uso comercial llamado “Casa Cheliz” con el cual comparte medianera, cosa que debemos tener en cuenta para nuestro estudio. Por el contrario, por el norte no comparte fachada con ningún establecimiento, encontrándonos una rampa que conduce al aparcamiento público situada detrás del hotel. Su fachada oeste da a la Avenida Sobrarbe y su fachada este a un camino de servicio de dos metros de anchura de unos huertos adyacentes.

Una vez definida con exactitud la ubicación de nuestro edificio, vamos a comentar una serie de datos importantes del mismo.

El Hotel Pirineos fue construido en el año 1960, siendo su construcción muy mediocre como hemos comentado anteriormente con los edificios construidos en estos años.

Sin embargo, el edificio ha sido sometido a una serie de reformas como el añadido de una terraza, o la modificación de la cubierta en el año 1978. A pesar de estas modificaciones, el edificio seguía teniendo unos métodos y materiales constructivos muy deficientes, hecho que se refleja en la primera calificación energética obtenida.

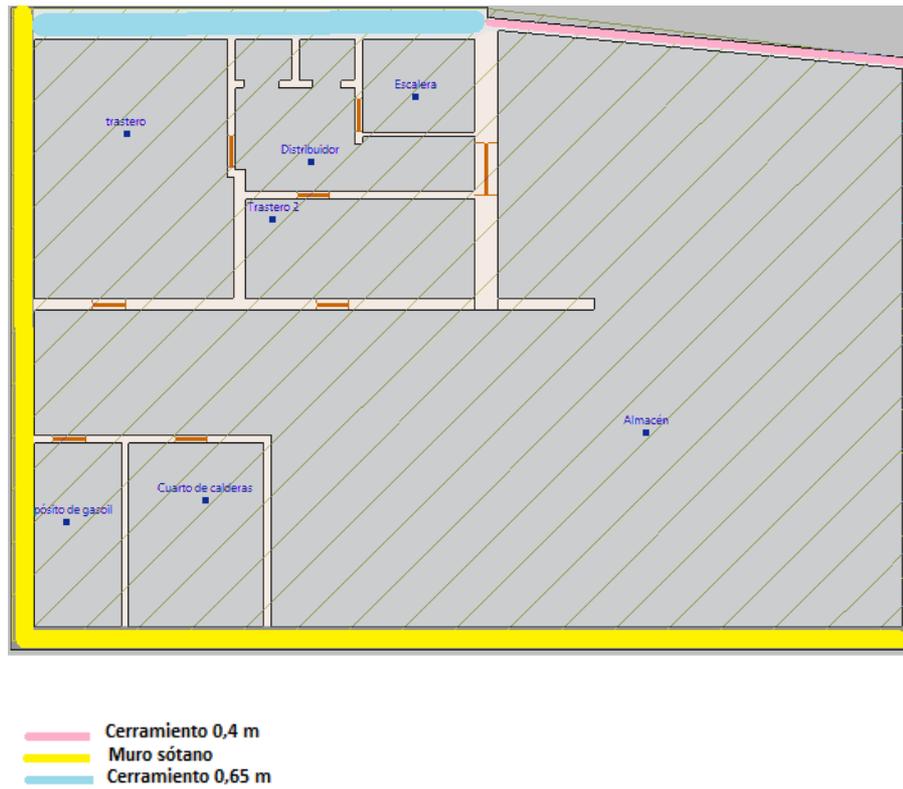
4.2 Distribución interior del hotel

La parcela en la que se levanta la instalación hotelera tiene una superficie de 393,10 m². En el documento ANEXOS, encontramos en el Anexo I el cuadro de superficies del hotel, donde quedan diferenciadas por plantas y recintos las diferentes áreas. La superficie útil total del edificio en su estado inicial es de 2082,61 m², sin contar la terraza, que cuenta con una superficie de 79,74 m².

El Hotel Pirineos consta de siete plantas en total, sin contar la cubierta, dos sótanos y cinco plantas sobre rasante.

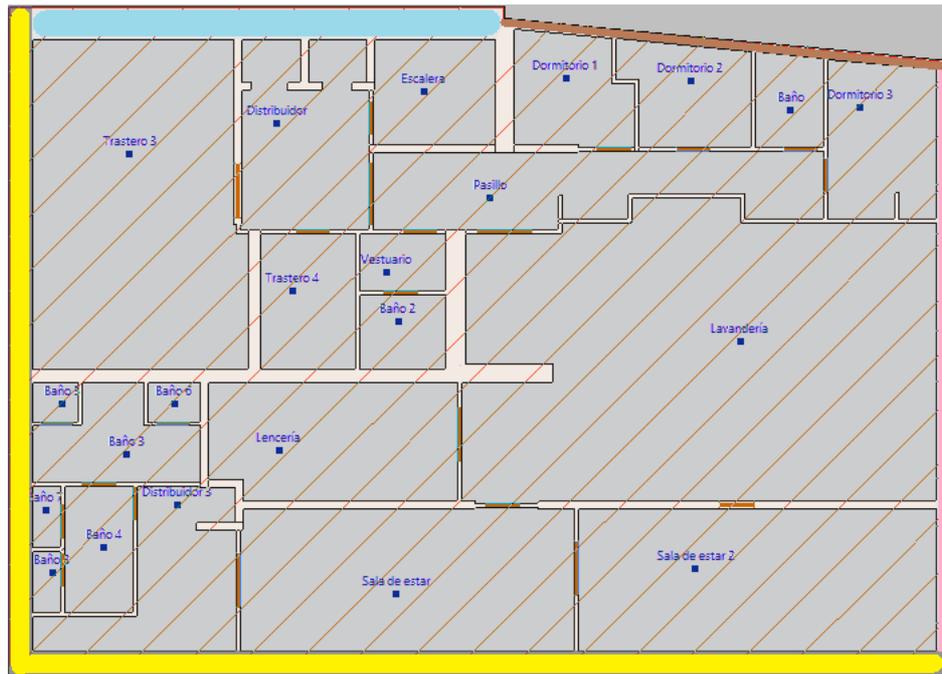
Para tener una visión más clara de esta distribución por plantas, adjuntaremos la vista en planta de cada una de ellas.

Estas vistas en planta las hemos obtenido del programa IFC Builder, introduciendo en él todas las dimensiones obtenidas de los planos reales del proyecto. En este programa hemos definido las características de las fachadas, tabiques, forjados, ventanas, puertas, cubierta y terraza, entre otras.



Plano 1. Vista en planta del SÓTANO -2

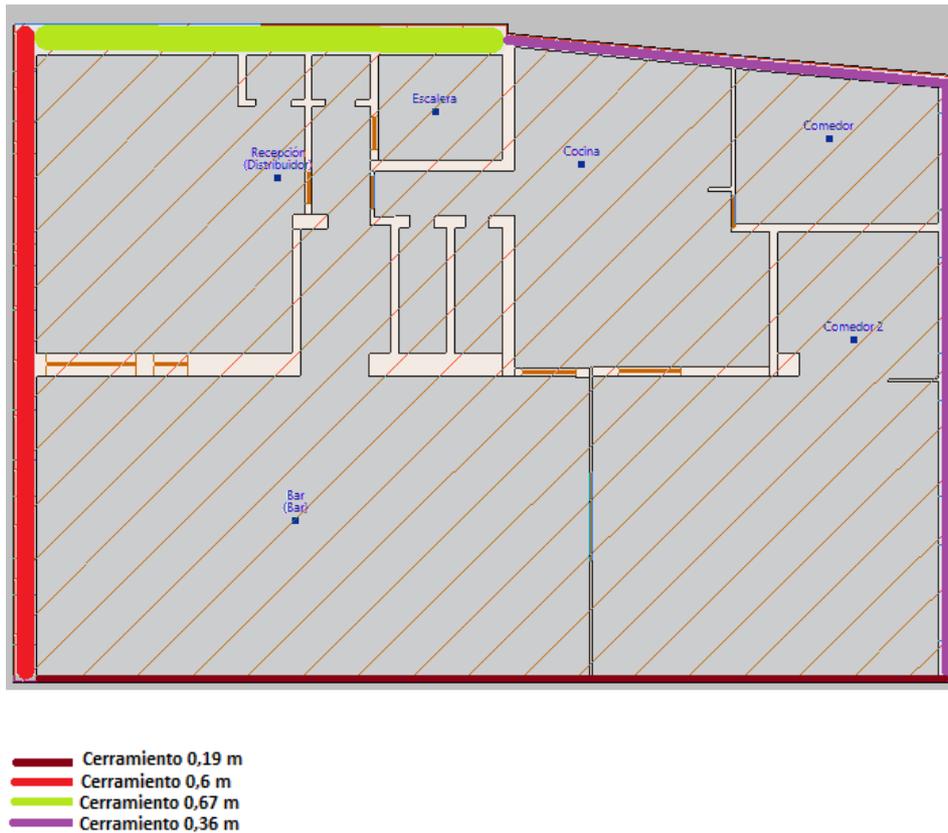
En el *Plano 1* encontramos una vista en planta sencilla y sin demasiadas particiones del sótano -2 el cual cuenta con dos trasteros, el distribuidor que incluye los espacios de los ascensores, la escalera, el gran almacén y los cuartos del depósito de gasoil y de calderas.



- Cerramiento 0,26 m
- Muro sótano
- Cerramiento 0,65 m
- Cerramiento 0,4 m

Plano 2. Vista en planta del SÓTANO -1

El sótano -1, sin embargo, cuenta con más particiones interiores. En él encontramos dos trasteros, el distribuidor con los espacios de los ascensores, la escalera, tres dormitorios, siete baños, un pasillo, una lavandería de grandes dimensiones, dos salas de estar y una lencería.



Plano 3. Vista en planta de PLANTA BAJA

En la planta baja vemos como quedan diferenciados los espacios destinados al bar y los destinados al hotel. El bar, los comedores y la cocina dotan de grandes dimensiones.

Por otra parte, la zona destinada para recibir a los huéspedes también tiene una superficie destacable.

Al igual que el resto de plantas, cuenta con los huecos de los ascensores y la escalera.



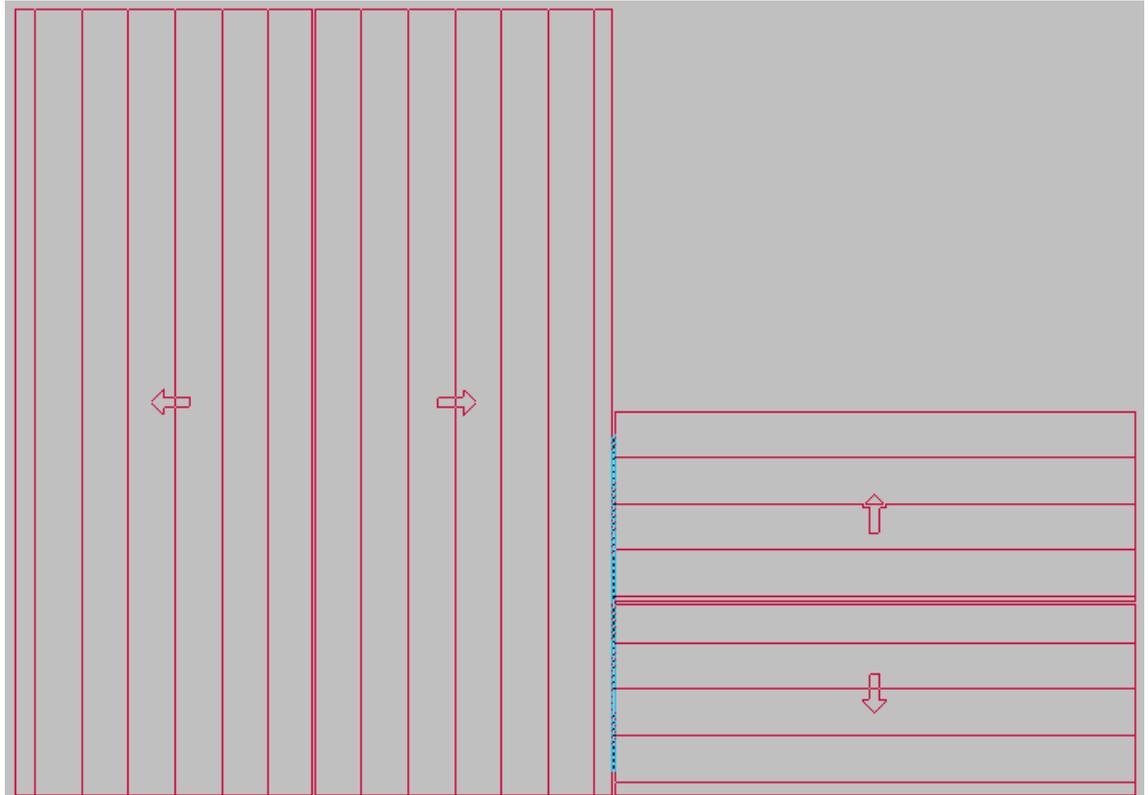
Plano 4. Vista en planta de PLANTA 1

Ya a partir de la primera planta todos los espacios son destinados al alojamiento de los clientes.

En todas ellas encontraremos ocho dormitorios, ocho baños, seis vestidores, un almacén, un gran distribuidor con el ascensor y las escaleras, pero organizados ligeramente diferente. Diferencia que sólo encontramos entre la primera planta y el resto.



Plano 5. Vista en planta de PLANTA 2, PLANTA 3 y PLANTA 4



Plano 6. Vista en planta de la CUBIERTA

En cada una de las vistas se pueden ver los diferentes recintos existentes, así como los elementos constructivos seleccionados.

Las líneas gruesas de color marrón en las particiones interiores representan las puertas introducidas mientras que las líneas azules son ventanas.

Por otro lado, el rallado uniforme naranja representa el forjado entre pisos, el violeta sería la terraza y el rojo la cubierta.

Como veremos más adelante el edificio cuenta con nueve tipos de cerramiento diferentes, los cuales han sido representados con diferentes colores como muestra la leyenda en cada plano.

Comparando algunos planos como los correspondientes al sótano 1 y planta baja, vemos como el mismo cerramiento en un plano es de 0,26 m, mientras que en el otro es de 0,36 m. Es una técnica constructiva muy inusual, sin embargo, debemos tener en cuenta que el cerramiento de 0,26 es todo un bloque de hormigón y por otra parte, el de

0,36 cuenta con cámara de aire y ladrillo de hormigón. Por lo tanto, el cerramiento de la planta sótano resistirá sin problema la carga del cerramiento de la planta baja.

Cabe destacar, que tampoco es usual construir tantos tipos de cerramientos en un edificio, y más aún contando muchos de ellos con unas dimensiones tan parecidas (0,65 y 0,67 , 0,3 y 0,32 m, entre otros), sin embargo, al ser una construcción tan antigua encontramos muchos aspectos anormales. Lo mismo ocurrirá, como veremos más adelante, con los tabiques.

La razón por la cual las fachadas norte y oeste de los sótanos no quedan reflejadas como fachadas en contacto con el terreno, es que el edificio está construido sobre un desnivel, es decir, la fachada oeste y norte no están bajo rasante como podremos ver en la vista 3D de nuestro edificio.

4.3 Vistas 3D del edificio

Adjuntamos una serie de vistas en 3D del hotel para poder entender claramente la geometría de este edificio.



Figura 5. Alzado de las plantas sobre rasante del Hotel Pirineos. Orientación oeste.

En la *Figura 5*, encontramos la vista de alzado del hotel con la rasante representada. Así pues, vemos las cinco plantas edificadas sobre el suelo de las cuales tres (planta 2, 3 y 4) cuentan con balcones en las habitaciones, mientras que la planta 1, también destinada al alojamiento de huéspedes, carece de ellos.

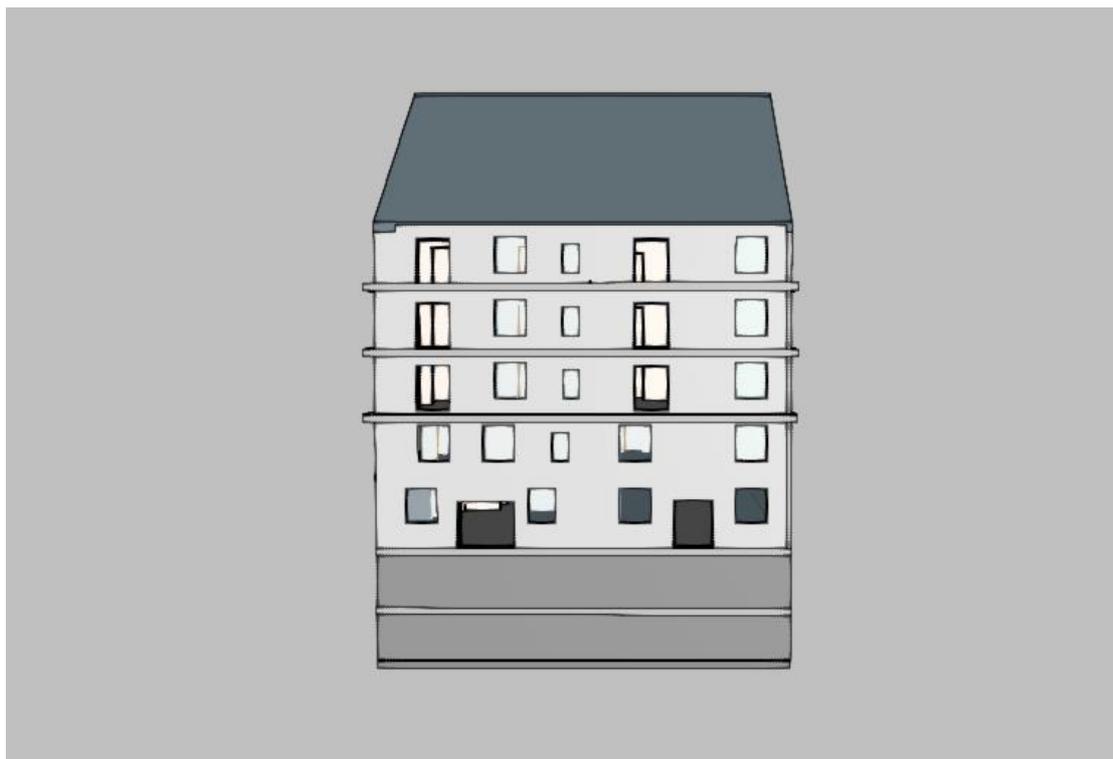


Figura 6. Alzado completo del Hotel Pirineos. Orientación oeste.

En la figura superior, queda representado el alzado completo de nuestro edificio, es decir, sin indicar el suelo. Aquí podemos ver las dos plantas de sótano que, en esta vista en concreto, quedan totalmente enterradas.

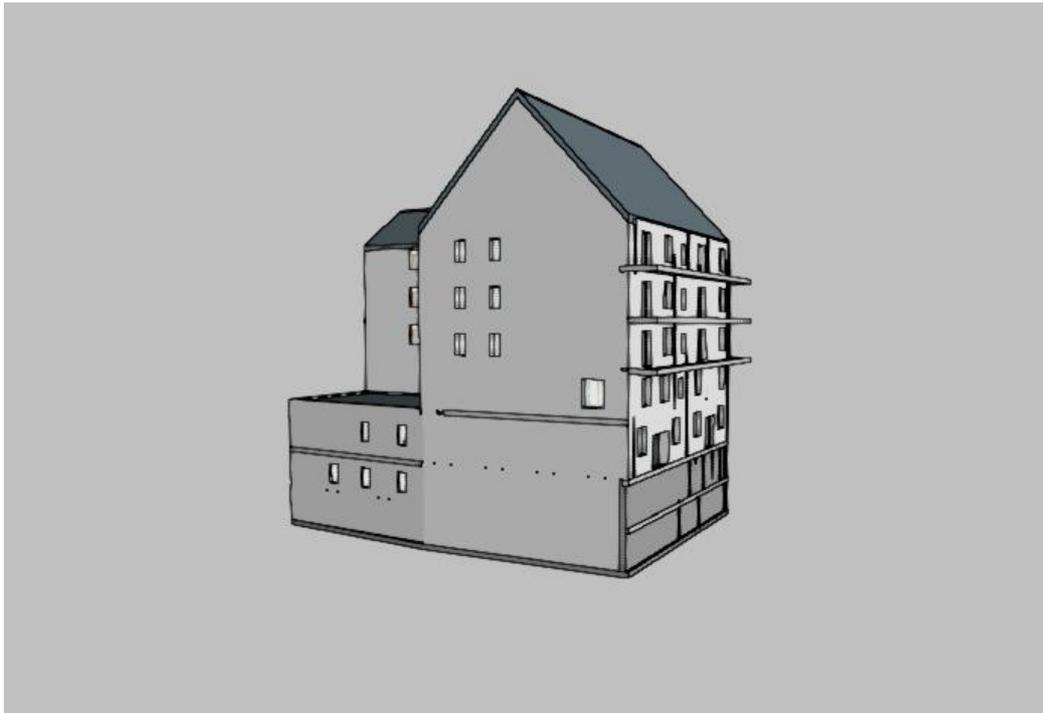


Figura 7. Vista de perfil izquierdo del hotel. Orientación norte.

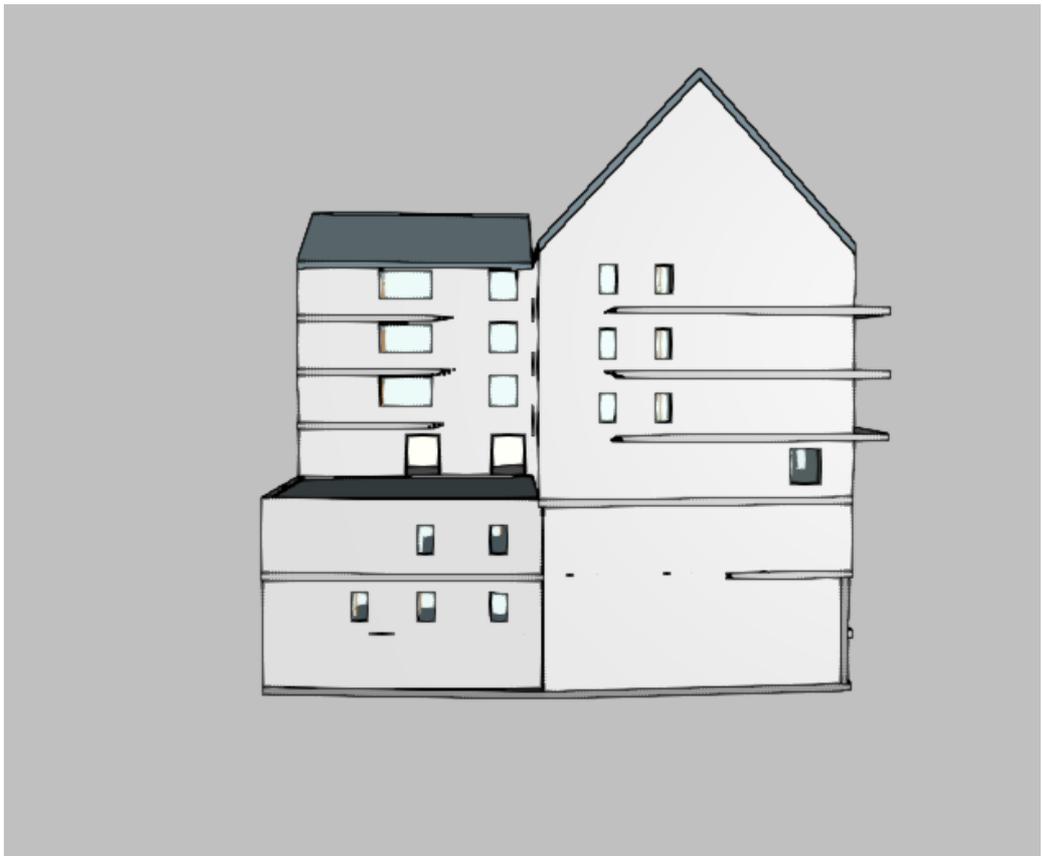


Figura 8. Vista de perfil izquierdo del hotel. Orientación norte.

Una de las características especiales de la construcción de nuestro edificio es que está edificado sobre un cambio de nivel, así pues, en la fachada norte los sótanos no quedan enterrados bajo tierra al encontrar aquí una rampa, que conduce al aparcamiento de detrás del hotel.

También en esta fachada encontramos una terraza bastante amplia.

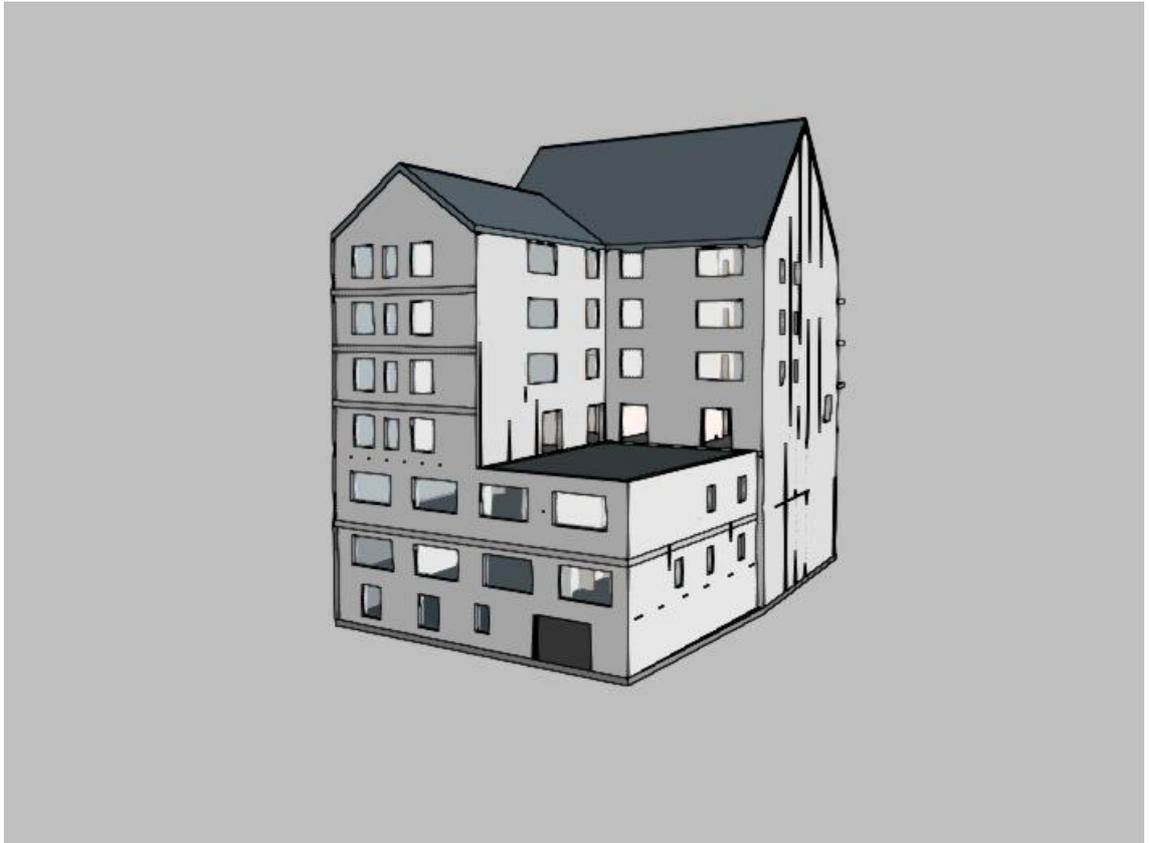


Figura 9. Vista de atrás del hotel. Orientación este.

En la fachada este también queda al descubierto los dos sótanos.

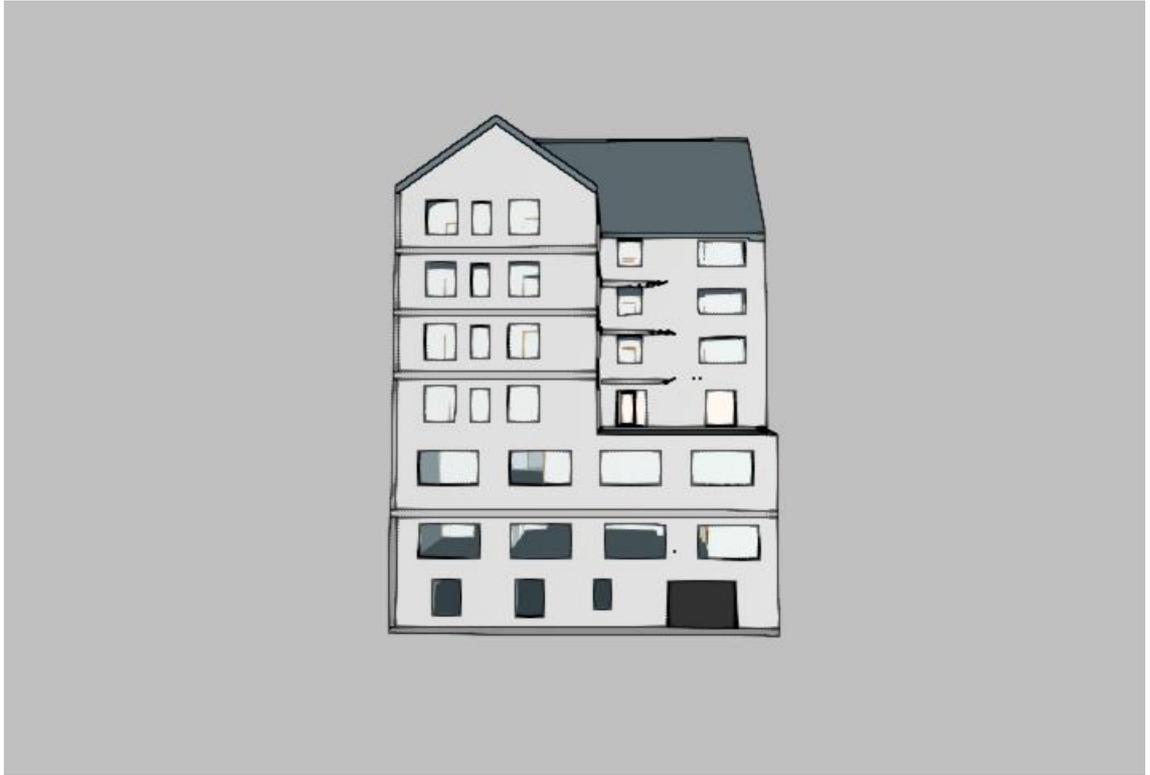


Figura 10. Vista de atrás del hotel. Orientación este.

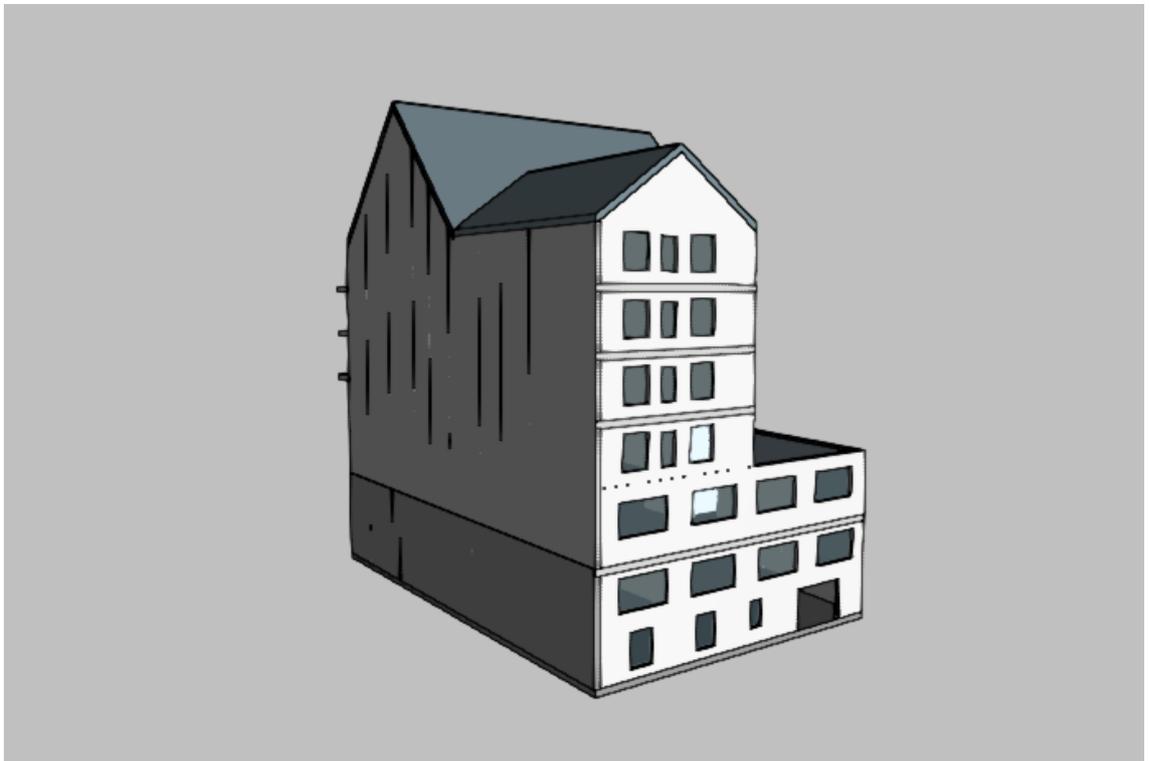


Figura 11. Vista del perfil derecho del hotel. Orientación sur.

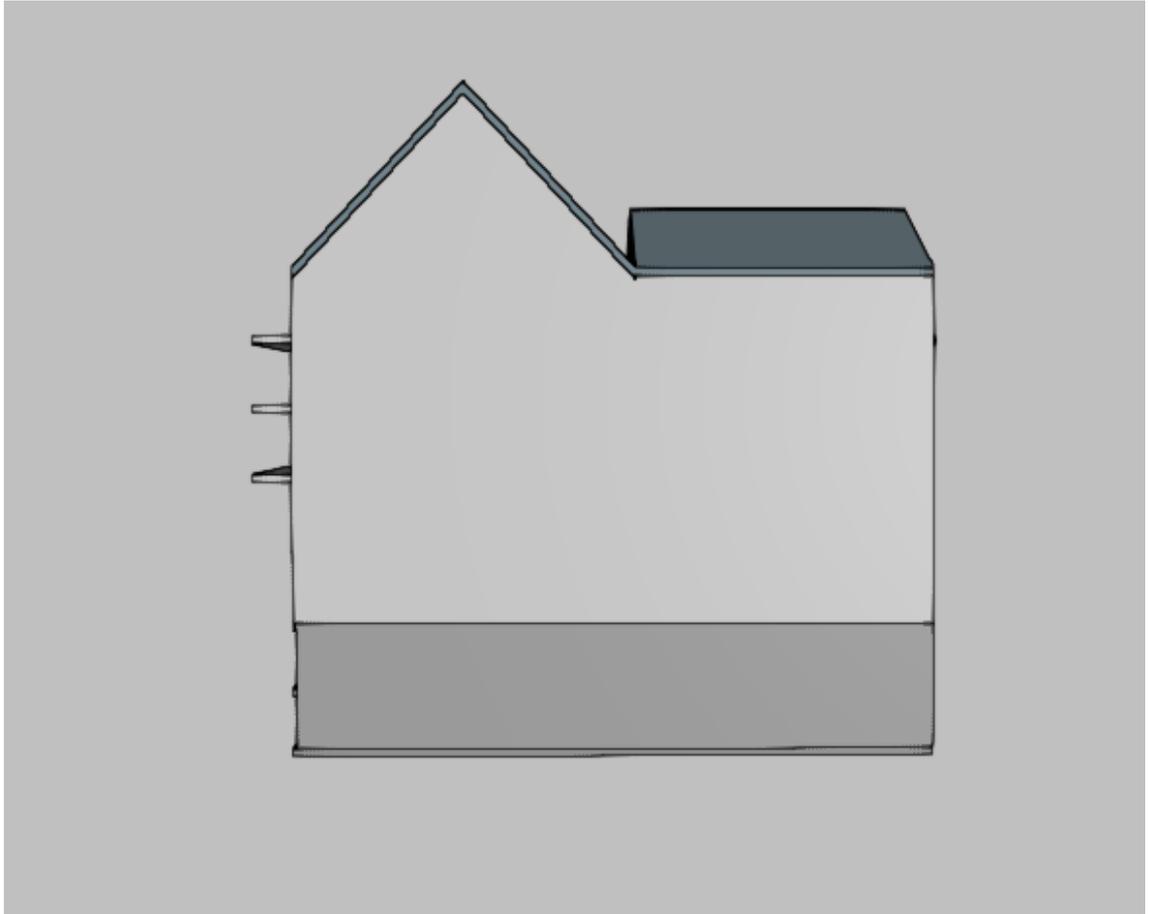


Figura 12. Vista de perfil del hotel. Orientación sur.

Al tratarse la fachada sur de una medianera, muro compartido con el edificio colindante, no encontramos ninguna abertura en ella.

5. Certificación energética inicial del hotel

Procedemos a ejecutar la primera evaluación de la eficiencia energética de nuestro edificio.

Para ello, iremos detallando los pasos realizados y todos los datos introducidos en el programa CYPETHERM HE Plus. Todos estos datos han sido sacados del proyecto original del edificio, facilitado por el Ayuntamiento de Aínsa.

En el apartado 3. “Programas informáticos utilizados”, ha sido explicado el menú principal de nuestro programa, así como todos los elementos constructivos que deben ser definidos.

Por lo tanto, empezaremos definiendo los **Recintos** de nuestra obra.

En nuestro caso contaremos con los siguientes recintos para todo nuestro edificio: baño, dormitorio, vestidor, distribuidor, almacén, trastero, escalera, comedor, sala de estar, bar, cocina, cuarto de calderas, depósito de gasoil, lavandería, lencería, pasillo y vestuario.

Como se puede observar, estos recintos son los que podemos diferenciar en las imágenes de programa IFC Builder antes explicadas.

En ellos se debe especificar si es habitable o no habitable, el tipo de uso y el caudal mínimo de ventilación del espacio según el RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios). Este último podrá ser introducido en l/s, l/s·m² y en ren/h; en nuestro caso los datos estarán en l/s o l/s·m².

En el caso del tipo de uso, hemos elegido la opción de “Otros Usos” de nuestro programa.

Los caudales de ventilación mínimos exigidos por el Código Técnico de la Edificación son los mostrados en la siguiente tabla:

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

(1) Para los dormitorios individuales se considera un ocupante y, en los dobles, dos ocupantes; se considera dormitorio doble si la superficie es superior a 8 m^2 .

(2) Para el comedor y la sala de estar, los ocupantes a contabilizar serán la suma de los ocupantes de todos los dormitorios de la vivienda.

(3) Este es el caudal correspondiente a la ventilación adicional específica de la cocina.

Tabla 11: Caudales de ventilación mínimos exigidos. (Documento HS3 del CTE)

Tabla 1. Caudales de ventilación mínimos exigidos por el CTE

Así pues, de acuerdo con esta tabla nuestros recintos quedarán definidos de la siguiente manera:

RECINTO	HABITABILIDAD	CAUDAL DE VENTILACIÓN
Baño	Habitable	15 l/s
Dormitorio	Habitable	10 l/s
Vestidor	Habitable	10 l/s
Distribuidor	Habitable	36 l/s
Almacén	NO Habitable	10 l/s· m^2
Trastero	NO Habitable	0,7 l/s· m^2
Escalera	Habitable	18 l/s
Comedor	Habitable	201 l/s
Sala de estar	Habitable	135 l/s
Bar	Habitable	2 l/s· m^2
Cocina	Habitable	2 l/s· m^2
Cuarto de calderas	NO Habitable	0,7 l/s· m^2
Depósito de gasoil	NO Habitable	0,7 l/s· m^2
Lavandería	Habitable	15 l/s
Lencería	Habitable	15 l/s
Pasillo	Habitable	36 l/s
Vestuario	Habitable	15 l/s

Teniendo en cuenta que los dormitorios son dobles (2 personas), el caudal debe ser multiplicado por dos, ya que en la tabla está representado por persona.

Según la normativa, para el cálculo de la ocupación debemos tener en cuenta lo siguiente:

- Para recintos o zonas de densidad elevada, deberá haber una persona por cada 1 m² en bares y cafeterías, y una persona por cada 1,5 m² en restaurantes.
- Para recintos, zonas o edificios de baja densidad deberá haber una persona por cada 20 m² en zonas destinada a uso residencial y sus zonas de servicio, y una persona por cada 40 m² en almacenes.

Conociendo esto, los caudales de los recintos distribuidor, escalera, comedor, sala de estar y pasillo serán los siguientes:

Comedor:

Al sumar las superficies del comedor 1 y comedor 2 obtenemos una superficie total de 103,44 m², la cual debemos dividir por 1,5 para calcular los ocupantes de este recinto.

Una vez conocido el numero de ocupantes, lo multiplicaremos por el caudal de ventilación para tenerlo en l/s y poder introducirlo en el programa.

$$103,44 \text{ m}^2 : 1,5 = 67 \text{ ocupantes}$$

$$3 \frac{\text{l}}{\text{s} \cdot \text{ocupante}} \cdot 67 \text{ ocupantes} = 201 \text{ l/s}$$

Distribuidor:

En el caso del distribuidor, calcularemos la media de las diferentes superficies de los distintos distribuidores y con esa área calcularemos el número de ocupantes.

El área obtenida es 17,94 m².

$$17,94 \text{ m}^2 : 1,5 = 12 \text{ ocupantes}$$

$$3 \frac{\text{l}}{\text{s} \cdot \text{ocupante}} \cdot 12 \text{ ocupantes} = 36 \text{ l/s}$$

El procedimiento será el mismo en los demás recintos.

Escalera:

$$8,18 \text{ m}^2 : 1,5 = 6 \text{ ocupantes}$$

$$3 \frac{\text{l}}{\text{s} \cdot \text{ocupante}} \cdot 6 \text{ ocupantes} = 18 \text{ l/s}$$

Sala de estar:

$$68,17 \text{ m}^2 : 1,5 = 45 \text{ ocupantes}$$

$$3 \frac{\text{l}}{\text{s} \cdot \text{ocupante}} \cdot 45 \text{ ocupantes} = 135 \text{ l/s}$$

Pasillo:

$$19,33 \text{ m}^2 : 1,5 = 12 \text{ ocupantes}$$

$$3 \frac{\text{l}}{\text{s} \cdot \text{ocupante}} \cdot 12 \text{ ocupantes} = 36 \text{ l/s}$$

El siguiente paso a seguir es la definición de los **cerramientos** de nuestra obra.

En este apartado debemos especificar las capas que componen nuestras fachadas.

Del proyecto original sabemos el tipo de material, grosor, disposición, además en general, las fachadas cuentan con una construcción muy simple, sin ningún tipo de aislamiento o cámara de aire para evitar el flujo de calor.

Encontramos fachadas de grosores muy diferentes, cosa que actualmente no suele realizarse.

Adjuntaremos los esquemas resumen que nos proporciona CYPETHERM HE Plus una vez introducidos todos los datos de nuestras fachadas.

Como veremos a continuación en los esquemas de los cerramientos adjuntados, las diferentes capas de estos dependerán del grosor total de la fachada. En los cerramientos más anchos como son el de 0'65, 0'6, 0'36 y 0'67 m, contaremos con una capa de pintura y enfoscado en la parte exterior, seguido de bloque de hormigón hueco de áridos

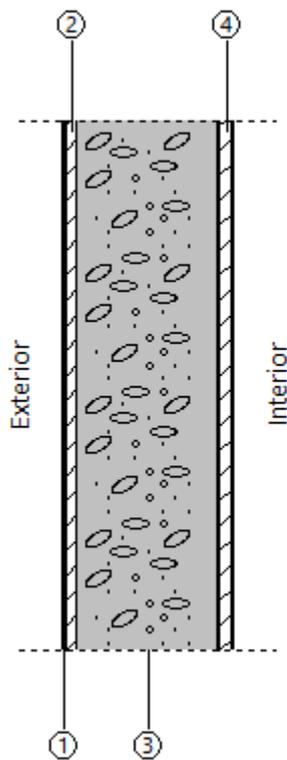
densos, una cámara de aire de 3cm, ladrillo de hormigón macizo y un enlucido en la parte interior.

Sin embargo, las fachadas restantes al ser de dimensiones menores contarán sólo o bien con bloque hueco de hormigón o bien con ladrillos de hormigón macizo, y no la combinación de ambas como en los anteriores cerramientos. Además de las capas de pintura, enfoscado y enlucido correspondientes.

Esto es así debido a que no es ni usual ni viable poner bloques de hormigón de tan altas dimensiones como 0,6 metros, por eso decidieron combinar el bloque de hormigón con el ladrillo, separados por una cámara de aire.

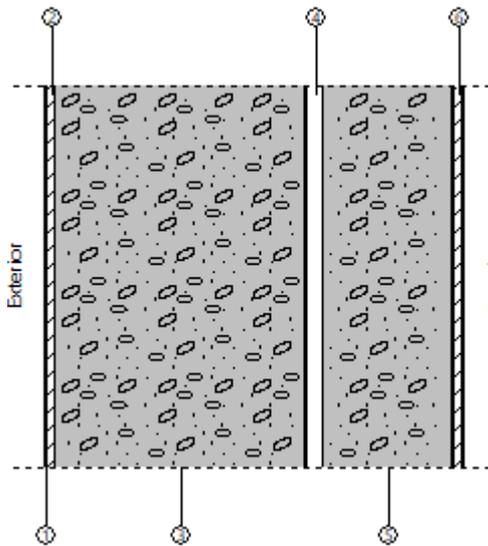
Adjuntamos a continuación los esquemas de los diferentes cerramientos de nuestra obra.

Cerramiento 0,19 m:



Capas
1 - Capa de pintura: 0.20 cm
2 - Enfoscado: 1.50 cm
3 - Ladrillo de hormigón macizo de áridos densos: 15.80 cm
4 - Enlucido de yeso aislante 500 < d < 600: 1.50 cm
Espesor total: 19.00 cm
Caracterización térmica
Transmitancia térmica (U): 2.29 W/(m ² ·K)
Capacidad térmica: 56418.15 J/m ² ·K

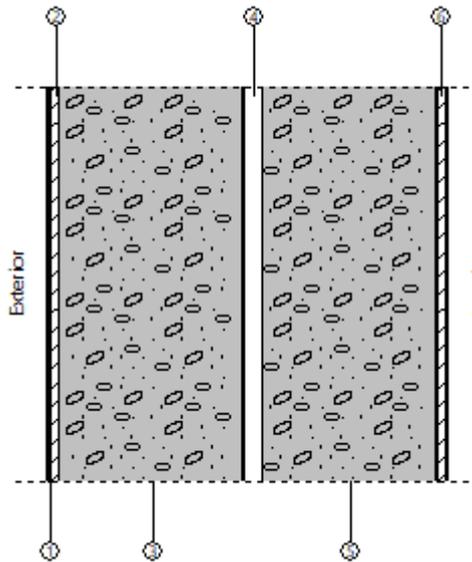
Cerramiento 0,65 m:



Capas
1 - Capa de pintura: 0.20 cm
2 - Enfoscado: 1.50 cm
3 - BH hueco con áridos densos 110 mm: 38.80 cm
4 - Cámara de aire: 3.00 cm
5 - Ladrillo de hormigón macizo de áridos densos: 20.00 cm
6 - Enlucido de yeso aislante 500 < d < 600: 1.50 cm
Espesor total: 65.00 cm

Caracterización térmica
Transmitancia térmica (U): 0.85 W/(m ² ·K)
Capacidad térmica: 53842.42 J/m ² ·K

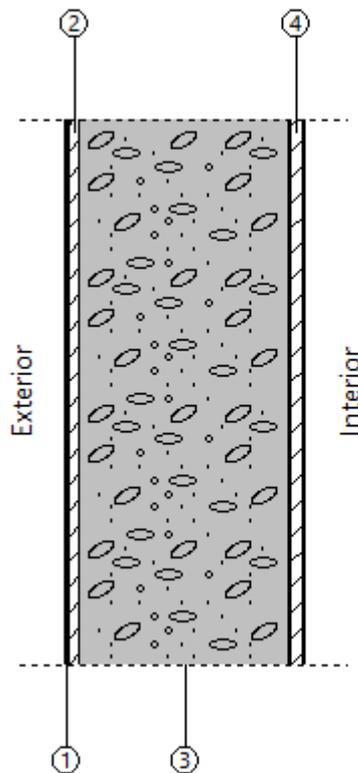
Cerramiento 0,6 m:



Capas
1 - Capa de pintura: 0.20 cm
2 - Enfoscado: 1.50 cm
3 - BH hueco con áridos densos 110 mm: 27.80 cm
4 - Cámara de aire: 3.00 cm
5 - Ladrillo de hormigón macizo de áridos densos: 26.00 cm
6 - Enlucido de yeso aislante 500 < d < 600: 1.50 cm
Espesor total: 60.00 cm

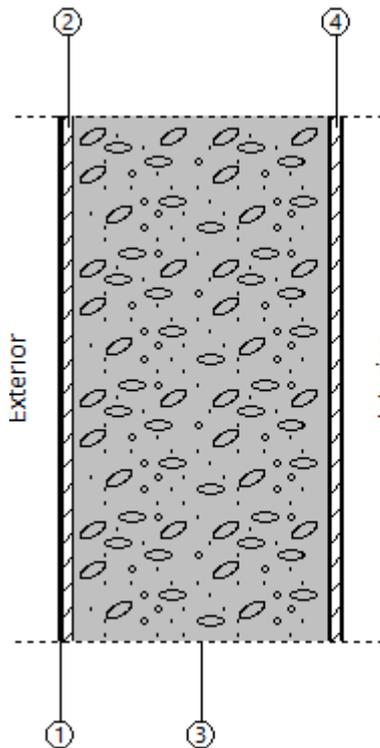
Caracterización térmica
Transmitancia térmica (U): 1.06 W/(m ² ·K)
Capacidad térmica: 53196.68 J/m ² ·K

Cerramiento 0,26 m:



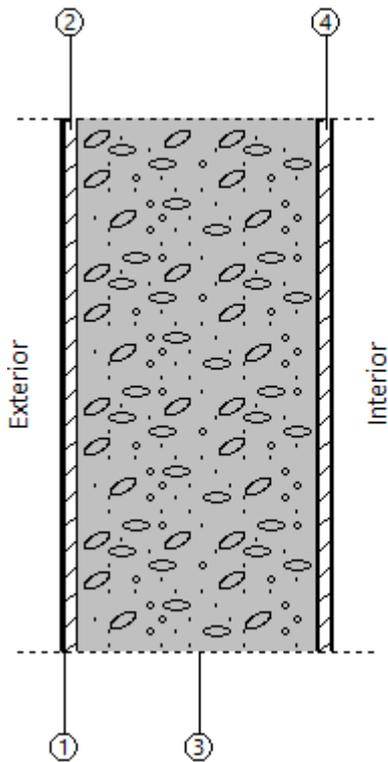
Capas
1 - Capa de pintura: 0.20 cm
2 - Enfoscado: 1.50 cm
3 - BH hueco con áridos densos 110 mm: 22.80 cm
4 - Enlucido de yeso aislante $500 < d < 600$: 1.50 cm
Espesor total: 26.00 cm
Caracterización térmica
Transmitancia térmica (U): 1.43 W/(m ² ·K)
Capacidad térmica: 50625.14 J/m ² ·K

Cerramiento 0,32 m:



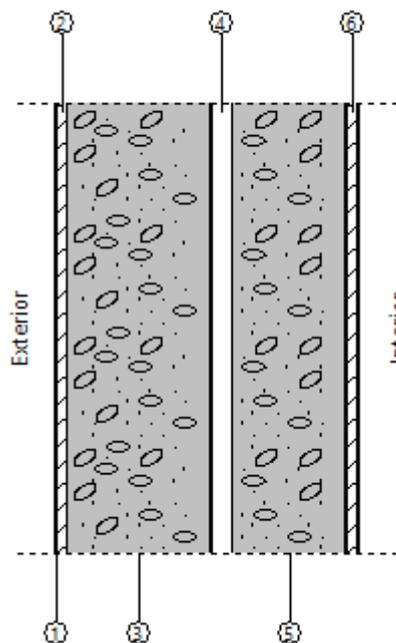
Capas
1 - Capa de pintura: 0.20 cm
2 - Enfoscado: 1.50 cm
3 - BH hueco con áridos densos 110 mm: 28.80 cm
4 - Enlucido de yeso $1000 < d < 1300$: 1.50 cm
Espesor total: 32.00 cm
Caracterización térmica
Transmitancia térmica (U): 1.36 W/(m ² ·K)
Capacidad térmica: 61256.66 J/m ² ·K

Cerramiento 0,3 m:



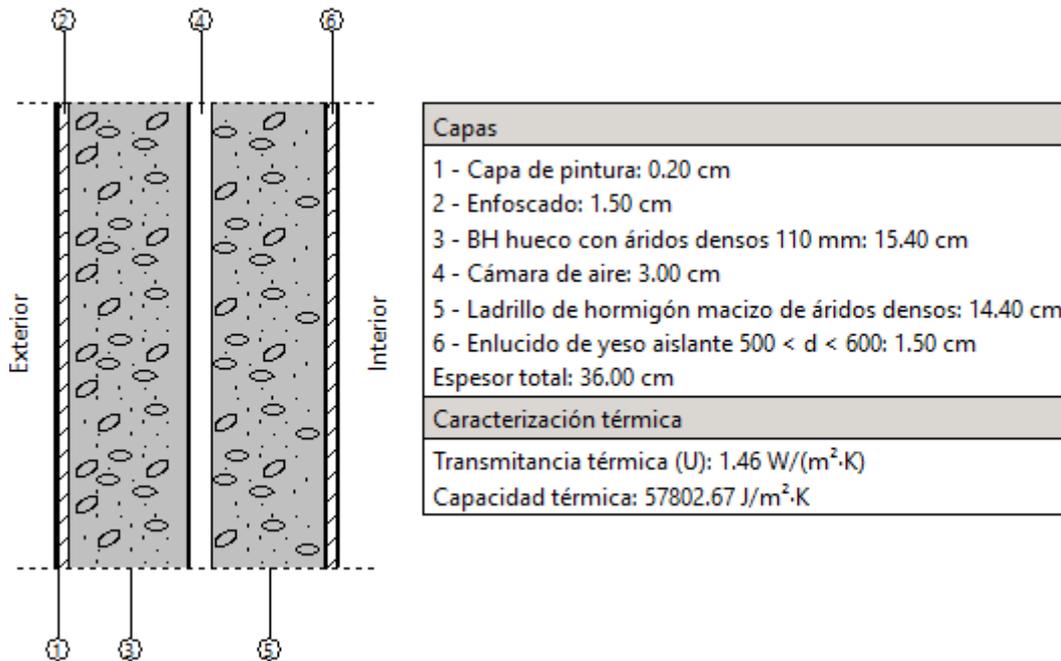
Capas
1 - Capa de pintura: 0.20 cm
2 - Enfoscado: 1.50 cm
3 - BH hueco con áridos densos 110 mm: 26.80 cm
4 - Enlucido de yeso 1000 < d < 1300: 1.50 cm
Espesor total: 30.00 cm
Caracterización térmica
Transmitancia térmica (U): 1.42 W/(m ² ·K)
Capacidad térmica: 62009.18 J/m ² ·K

Cerramiento 0,4 m:

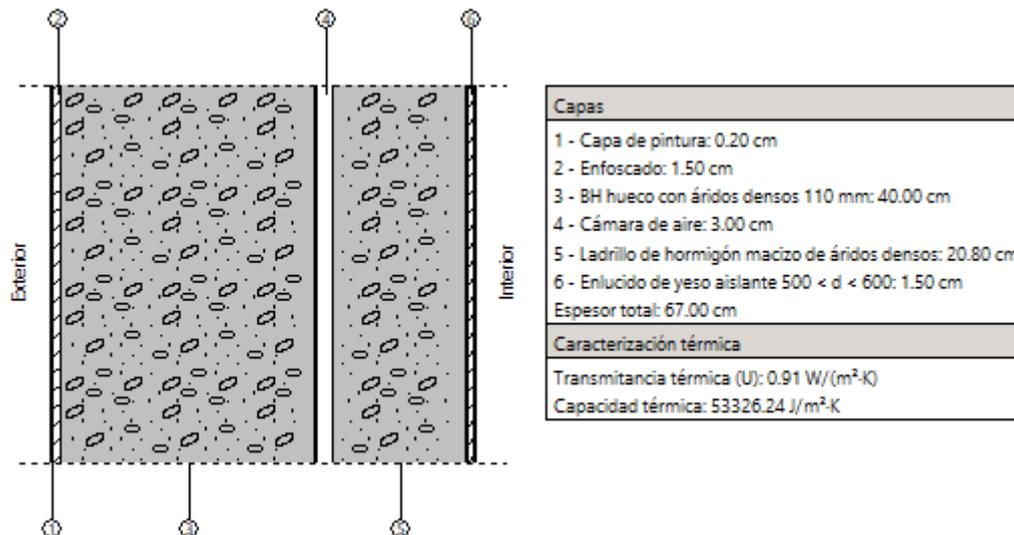


Capas
1 - Capa de pintura: 0.20 cm
2 - Enfoscado: 1.50 cm
3 - BH hueco con áridos densos 110 mm: 18.80 cm
4 - Cámara de aire: 3.00 cm
5 - Ladrillo de hormigón macizo de áridos densos: 15.00 cm
6 - Enlucido de yeso aislante 500 < d < 600: 1.50 cm
Espesor total: 40.00 cm
Caracterización térmica
Transmitancia térmica (U): 1.35 W/(m ² ·K)
Capacidad térmica: 56824.88 J/m ² ·K

Cerramiento 0,36 m:



Cerramiento 0,67 m:



Como se puede apreciar, cuanto menor es el grosor total del cerramiento, mayor es la transmitancia térmica (U).

Para entender esto, debemos hacer hincapié en el término “carga de transmisión”.

Así pues, la carga de transmisión es el flujo de calor por unidad de tiempo que atraviesa los distintos cerramientos del local y lo expresamos en forma de sumatorio de términos:

$$\dot{Q}_j = \sum_j U_j \cdot A_j \cdot (T_i - T_e)$$

Siendo en esta ecuación U_j el coeficiente global de transmisión de calor, A_j la superficie del cerramiento, T_i la temperatura interior del local y T_e la temperatura exterior (ambiente).

Por otra parte, la transmitancia térmica es la inversa de la resistencia térmica total, la cual incluye la resistencia por conducción y convección entre otras.

Al estar presente la variable espesor en la resistencia por conducción, vemos que cuanto menor sea el grosor, menor será la resistencia total y por lo tanto, mayor será la transmitancia térmica y mayor será el flujo de calor.

$$U = \frac{1}{R_T}$$

$$R_T = \sum R_j = \frac{1}{h_i} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{1}{h_e}$$

Nuestro objetivo es que el cerramiento pierda el menor flujo de calor posible, por ello la transmitancia térmica deberá ser lo más pequeña posible.

Ya terminada la definición de las fachadas, pasamos a la **tabiquería**, es decir, las particiones interiores.

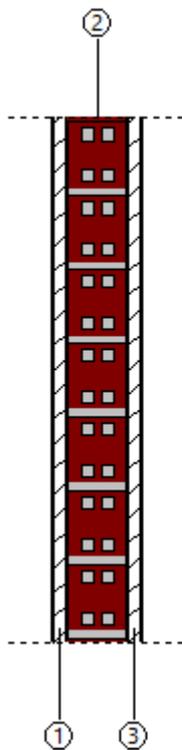
Aquí también encontramos unos elementos constructivos muy sencillos, estando presente únicamente una capa de enlucido de yeso, una capa de ladrillo hueco doble y otra capa de enlucido, en el caso de los tabiques de 10 cm.

Por otra parte, los tabiques restantes al ser algunos de ellos de dimensiones muy elevadas, se ha combinado o bien tabicón de ladrillo hueco doble con otro tabicón separados por una cámara de aire de 3 cm. O bien, bloque cerámico de arcilla aligerada con el tabicón, separados también por cámara de aire.

La razón de estas combinaciones es la misma que en los cerramientos. No es posible poner un ladrillo hueco con unas dimensiones tan grandes como las de algunos tabiques.

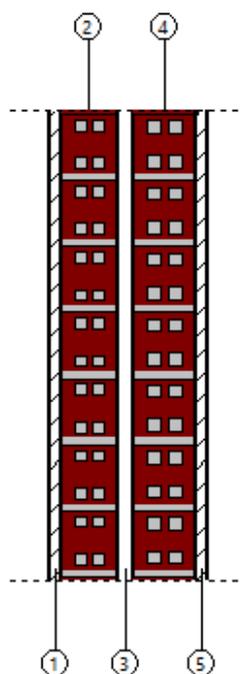
Al igual que para los cerramientos, también contamos con tabiques de grosores muy dispares como veremos a continuación:

Tabique 0,1 m:



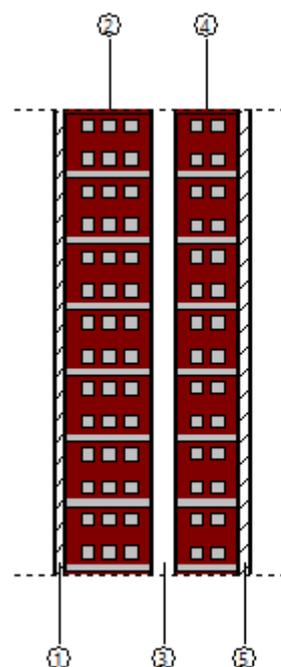
Capas
1 - Enlucido de yeso 1000 < d < 1300: 1.50 cm
2 - Tabicón de LH doble Gran Formato 60 mm < E < 90 mm: 7.00 cm
3 - Enlucido de yeso 1000 < d < 1300: 1.50 cm
Espesor total: 10.00 cm
Caracterización térmica
Transmitancia térmica (U): 1.61 W/(m ² ·K)
Capacidad térmica: 35530.21 J/m ² ·K

Tabique 0,2 m:



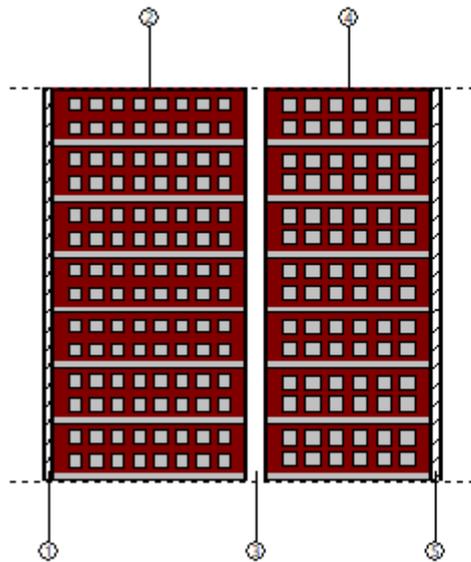
Capas
1 - Enlucido de yeso 1000 < d < 1300: 1.50 cm
2 - Tabicón de LH doble Gran Formato 60 mm < E < 90 mm: 7.00 cm
3 - Cámara de aire: 2.00 cm
4 - Tabicón de LH doble Gran Formato 60 mm < E < 90 mm: 8.00 cm
5 - Enlucido de yeso aislante 500 < d < 600: 1.50 cm
Espesor total: 20.00 cm
Caracterización térmica
Transmitancia térmica (U): 0.83 W/(m ² ·K)
Capacidad térmica: 36204.37 J/m ² ·K

Tabique 0,25 m:



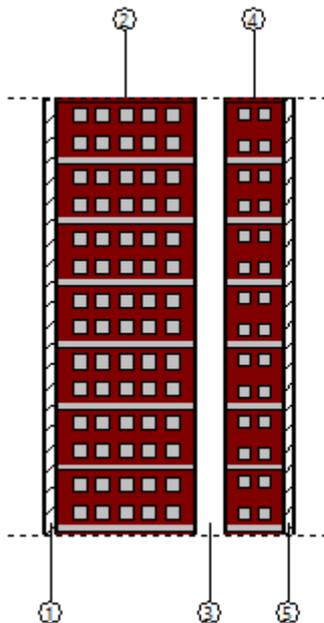
Capas
1 - Enlucido de yeso 1000 < d < 1300: 1.50 cm
2 - BC con mortero convencional espesor 140 mm: 11.00 cm
3 - Cámara de aire: 3.00 cm
4 - Tabicón de LH doble Gran Formato 60 mm < E < 90 mm: 8.00 cm
5 - Enlucido de yeso aislante 500 < d < 600: 1.50 cm
Espesor total: 25.00 cm
Caracterización térmica
Transmitancia térmica (U): 0.87 W/(m ² ·K)
Capacidad térmica: 34974.24 J/m ² ·K

Tabique 0,6 m:



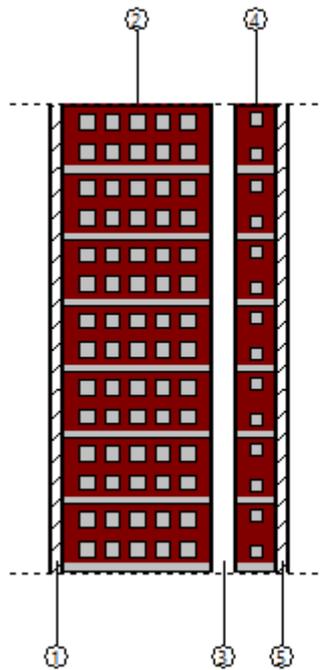
Capas
1 - Enlucido de yeso 1000 < d < 1300: 1.50 cm
2 - BC con mortero convencional espesor 290 mm: 29.00 cm
3 - Cámara de aire: 3.00 cm
4 - 1 pie LP métrico o catalán 40 mm < G < 60 mm: 25.00 cm
5 - Enlucido de yeso aislante 500 < d < 600: 1.50 cm
Espesor total: 60.00 cm
Caracterización térmica
Transmitancia térmica (U): 0.64 W/(m ² ·K)
Capacidad térmica: 45601.25 J/m ² ·K

Tabique 0,34 m:



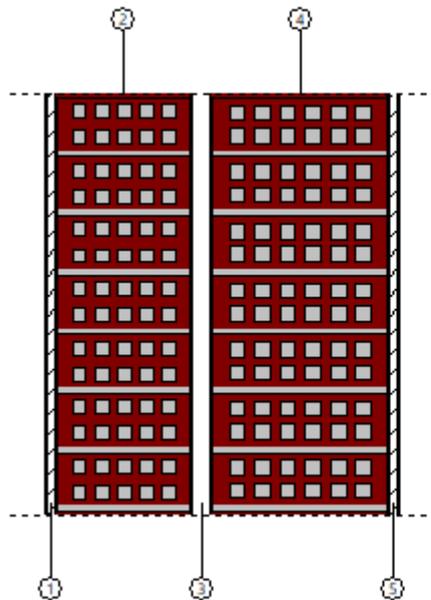
Capas
1 - Enlucido de yeso 1000 < d < 1300: 1.50 cm
2 - BC con mortero convencional espesor 190 mm: 19.00 cm
3 - Cámara de aire: 4.00 cm
4 - Tabicón de LH doble Gran Formato 60 mm < E < 90 mm: 8.00 cm
5 - Enlucido de yeso aislante 500 < d < 600: 1.50 cm
Espesor total: 34.00 cm
Caracterización térmica
Transmitancia térmica (U): 0.75 W/(m ² ·K)
Capacidad térmica: 32763.45 J/m ² ·K

Tabique 0,3 m:



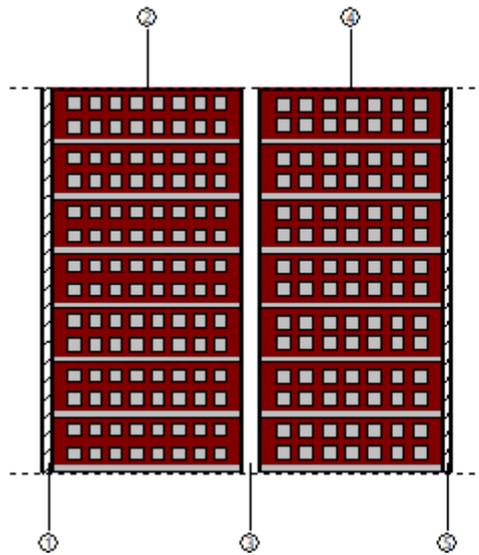
Capas
1 - Enlucido de yeso aislante 500 < d < 600: 1.50 cm
2 - BC con mortero convencional espesor 190 mm: 19.00 cm
3 - Cámara de aire: 3.00 cm
4 - Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60 mm]: 5.00 cm
5 - Enlucido de yeso aislante 500 < d < 600: 1.50 cm
Espesor total: 30.00 cm
Caracterización térmica
Transmitancia térmica (U): 0.88 W/(m ² ·K)
Capacidad térmica: 41147.03 J/m ² ·K

Tabique 0,5 m:



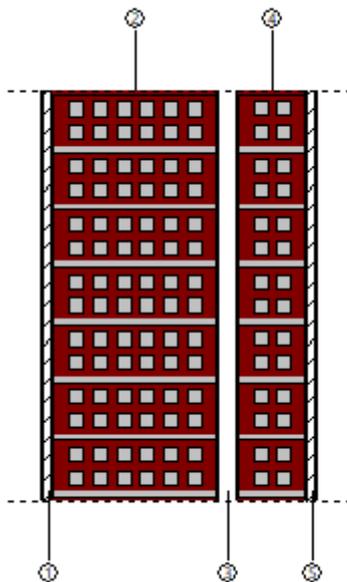
Capas
1 - Enlucido de yeso aislante 500 < d < 600: 1.50 cm
2 - BC con mortero convencional espesor 190 mm: 19.00 cm
3 - Cámara de aire: 3.00 cm
4 - 1 pie LP métrico o catalán 40 mm < G < 60 mm: 25.00 cm
5 - Enlucido de yeso aislante 500 < d < 600: 1.50 cm
Espesor total: 50.00 cm
Caracterización térmica
Transmitancia térmica (U): 0.79 W/(m ² ·K)
Capacidad térmica: 45886.75 J/m ² ·K

Tabique 0,63 m:



Capas
1 - Enlucido de yeso 1000 < d < 1300: 1.50 cm
2 - BC con mortero convencional espesor 290 mm: 29.00 cm
3 - Cámara de aire: 3.00 cm
4 - 1 pie LP métrico o catalán 40 mm < G < 60 mm: 28.00 cm
5 - Enlucido de yeso aislante 500 < d < 600: 1.50 cm
Espesor total: 63.00 cm
Caracterización térmica
Transmitancia térmica (U): 0.66 W/(m ² ·K)
Capacidad térmica: 45423.44 J/m ² ·K

Tabique 0,4 m:

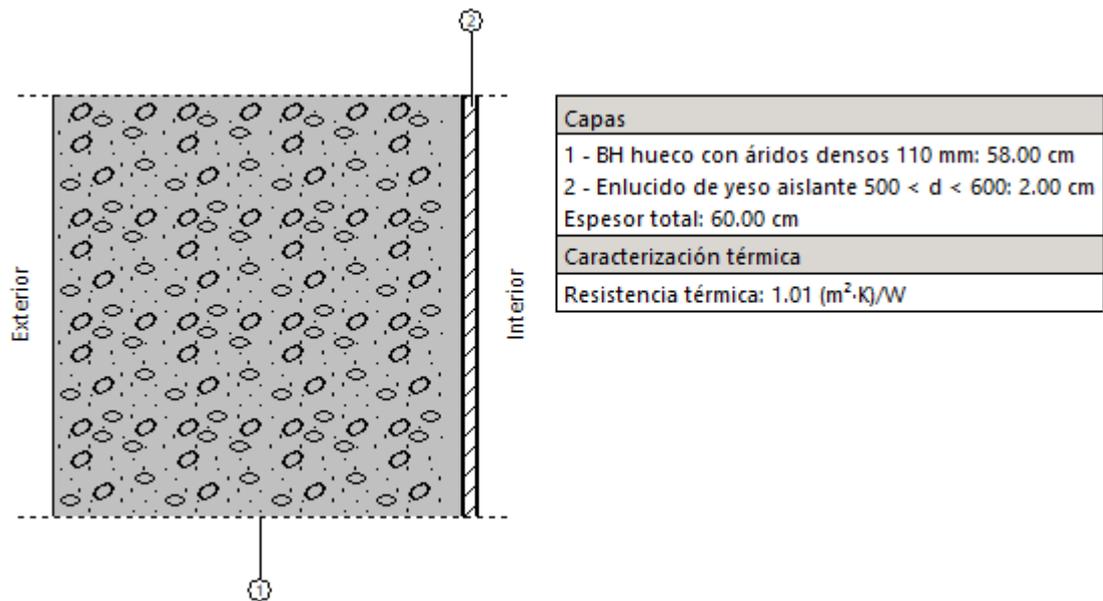


Capas
1 - Enlucido de yeso aislante 500 < d < 600: 1.50 cm
2 - BC con mortero convencional espesor 240 mm: 24.00 cm
3 - Cámara de aire: 3.00 cm
4 - Tabicón de LH triple Gran Formato 100 mm < E < 110 mm: 10.00 cm
5 - Enlucido de yeso aislante 500 < d < 600: 1.50 cm
Espesor total: 40.00 cm
Caracterización térmica
Transmitancia térmica (U): 0.66 W/(m ² ·K)
Capacidad térmica: 31123.59 J/m ² ·K

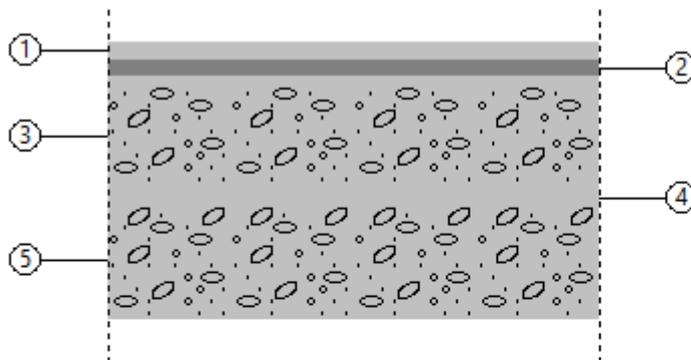
Fijándonos en las imágenes, comprobamos que se cumple lo mismo que en el caso de los cerramientos. Si aumentamos el espesor total de los tabiques, el coeficiente de transmitancia térmica disminuirá.

El siguiente paso para obtener la certificación energética inicial de nuestra obra será definir **los muros en contacto con el terreno**.

Estos constan de un bloque hueco de hormigón con áridos densos de 58 cm y el enlucido de yeso por la parte interior del muro.



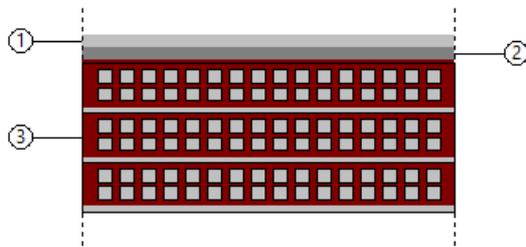
En cuanto a los **suelos en contacto con el terreno**, que también deben ser definidos, tienen la siguiente estructura:



Capas	
1 - Plaqueta o baldosa cerámica:	2.00 cm
2 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250:	2.00 cm
3 - Hormigón en masa 2000 < d < 2300:	15.00 cm
4 - Cloruro de polivinilo [PVC] + 40% plastificante:	0.10 cm
5 - Arena y grava [1700 < d < 2200]:	15.00 cm
Espesor total: 34.10 cm	
Caracterización térmica	
Resistencia térmica: 0.23 (m ² ·K)/W	

Estos suelos en contacto con el terreno cuentan con cinco capas de materiales. La primera sería la capa de baldosa que encontraríamos en el sótano -2, a esta le sigue una capa de mortero de cemento, una solera de hormigón en masa HM-20 de 15 cm de espesor, sobre encachado de gravas de 15 cm de espesor colmatada con arena e intercalando entre ambas capas una lámina de PVC.

El siguiente elemento constructivo a definir son los **forjados entre pisos**, los cuales contarán con la baldosa como primera capa, a continuación encontraríamos el mortero de cemento y por último el forjado unidireccional con entrevigado de hormigón.



Capas
1 - Plaqueta o baldosa cerámica: 2.00 cm
2 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido $1000 < d < 1250$: 2.00 cm
3 - FU Entrevigado de hormigón -Canto 250 mm: 25.00 cm
Espesor total: 29.00 cm
Caracterización térmica
Forjado superior
Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración): 1.71 W/(m ² ·K)
Coefficiente de transmisión térmica (calefacción): 2.24 W/(m ² ·K)
Forjado inferior
Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración): 2.24 W/(m ² ·K)
Coefficiente de transmisión térmica (calefacción): 1.71 W/(m ² ·K)
Forjado inferior expuesto a la intemperie
Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración): 2.59 W/(m ² ·K)
Coefficiente de transmisión térmica (calefacción): 2.19 W/(m ² ·K)
Capacidad térmica: 113188.22 J/m ² ·K

En este caso, vemos necesario adjuntar un esquema de un forjado unidireccional, ya que CYPETHERM HE Plus modeliza el forjado unidireccional con entrevigado de hormigón de una manera que puede llevar a confusión. Así pues, adjuntamos a continuación el esquema de un forjado:

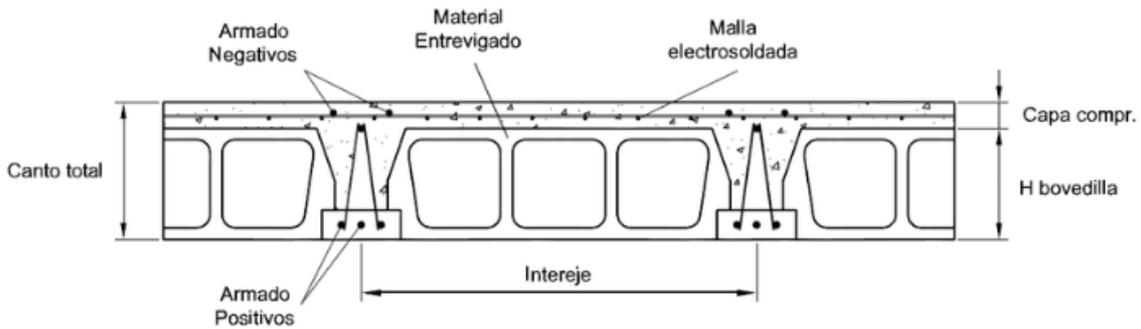
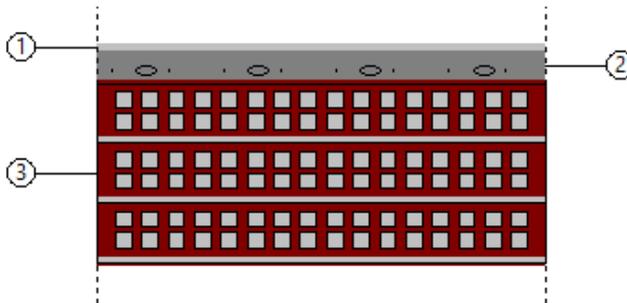


Figura 13. Esquema de forjado unidireccional

Vemos que los forjados unidireccionales se conforman con viguetas (o bien de hormigón armado como en nuestro caso, o bien metálicas), bovedillas que se montan entre las viguetas y una capa de compresión de hormigón.

En el apartado de **cubiertas** de nuestra obra deberemos definir tanto la terraza como la cubierta.

En cuanto a la terraza, encontramos tres capas. La primera sería la capa de baldosa cerámica, le seguiría el mortero de cemento y el forjado unidireccional con entreligado de hormigón.



Capas	
1 -	Plaqueta o baldosa cerámica: 1.00 cm
2 -	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido $1000 < d < 1250$: 4.00 cm
3 -	FU Entreligado de hormigón -Canto 250 mm: 25.00 cm
Espesor total: 30.00 cm	
Caracterización térmica	
Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración): 2.07 W/(m ² ·K)	
Coeficiente de transmisión térmica (calefacción): 2.42 W/(m ² ·K)	
Capacidad térmica: 101624.82 J/m ² ·K	

Entrando más en detalle en el caso de la terraza, con el esquema que adjuntaremos a continuación se entenderá mucho mejor la estructura y esquema de los forjados. Estos

ejemplos no pertenecen a nuestro hotel, como se puede ver no se corresponde con los materiales utilizados en nuestro caso (en el esquema utiliza gres antihielo mientras que nosotros hemos colocado baldosa cerámica en nuestra terraza), pero sí aclaran la disposición real de un forjado.

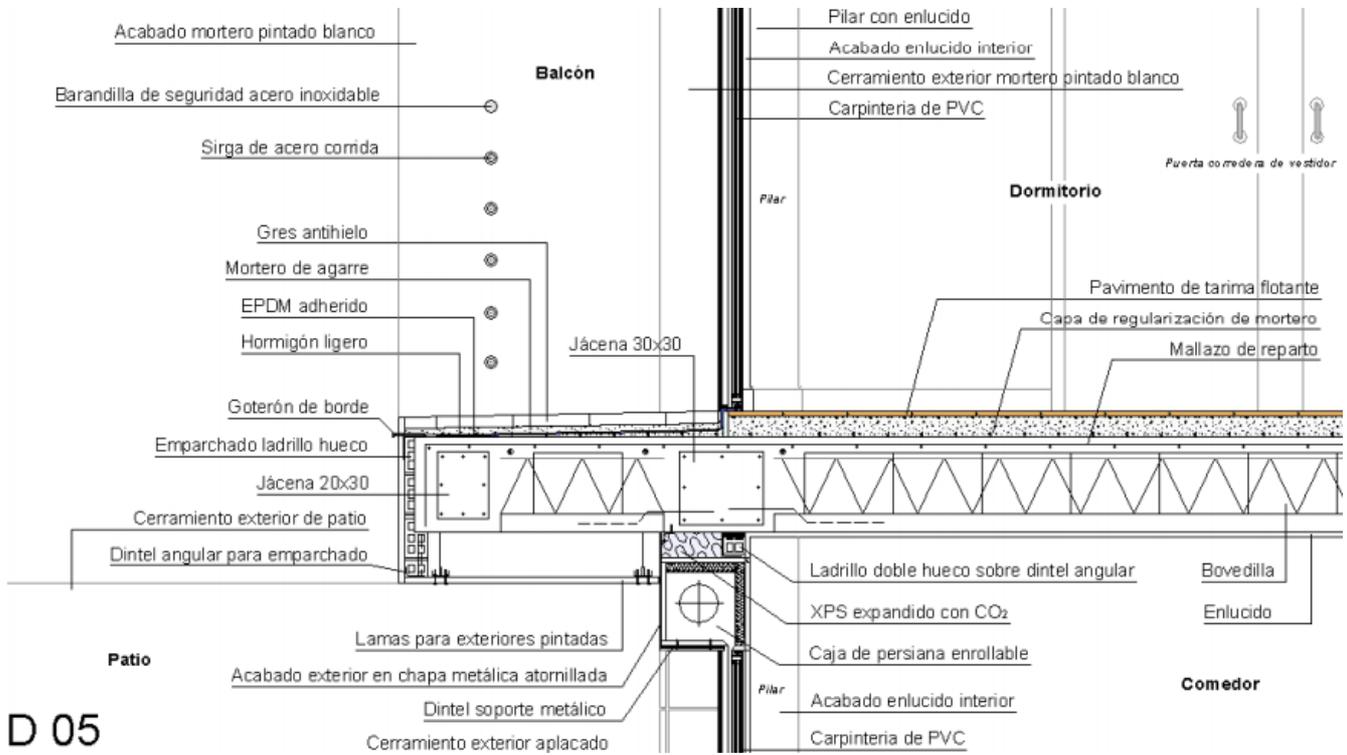
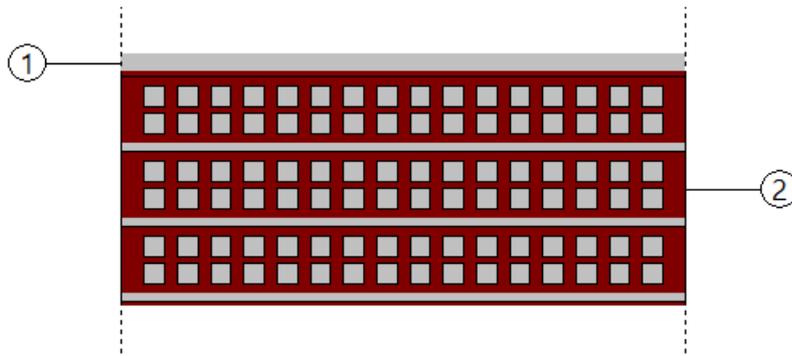


Figura 14. Esquema de forjado en balcón

La cubierta de la obra inicial tendría únicamente dos capas, la teja de arcilla cocida y el forjado unidireccional con entrevigado de hormigón.



Capas
1 - Teja de arcilla cocida: 2.00 cm
2 - FU Entrelazado de hormigón -Canto 250 mm: 25.00 cm
Espesor total: 27.00 cm
Caracterización térmica
Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración): 2.38 W/(m ² ·K)
Coefficiente de transmisión térmica (calefacción): 2.86 W/(m ² ·K)
Capacidad térmica: 126875.90 J/m ² ·K

En el caso de la cubierta nos ocurre lo mismo que en la terraza, la manera de modelarlo en CYPE no es muy clara, por ello adjuntamos también un ejemplo de cubierta inclinada como sería la nuestra, una vez mejorada, ya que el estado inicial de nuestra cubierta no cuenta ni siquiera con aislante, mientras que la del ejemplo sí.

Lo que nos interesa del esquema es la colocación de la cubierta sobre las viguetas autoportantes del forjado.

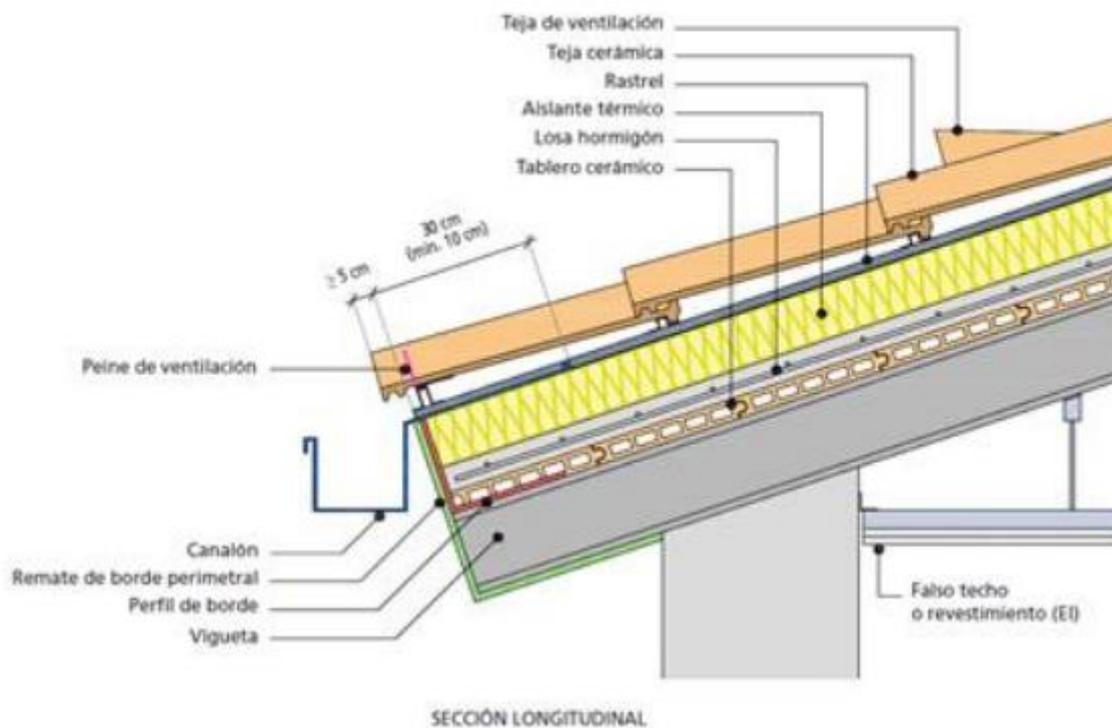


Figura 15. Cubierta inclinada

Como podemos observar, todos los cerramiento horizontales cuentan con una característica común, el forjado unidireccional con entrevigado de hormigón, tal y como especifica el proyecto real.

Una vez definidos los elementos constructivos de nuestra obra, pasamos a especificar las características de la carpintería y de los huecos acristalados.

Las **puertas exteriores** de la obra inicial son puertas de madera con acristalamiento simple en 30 a 60%, por lo que cuentan con una transmitancia térmica de $4,5 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, como podemos ver en la tabla adjuntada.

Por otra parte, las **puertas interiores** son de madera opaca por lo que contarán con una transmitancia de $2 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

Tipo de puerta		Separación con:	
		Exterior	Local no calefactado
Madera	Opaca	3,0 (3,5)	1,7 (2,0)
	Acrilamiento simple en < 30%	3,4 (4,0)	
	Acrilamiento simple en 30 a 60%	3,9 (4,5)	
	Acrilamiento doble	2,8 (3,3)	
Metálica	Opaca	5,0 (5,8)	3,9 (4,5)
	Acrilamiento simple	5,0 (5,8)	
	Acrilamiento doble con cámara de 6 mm en < 30%	4,7 (5,5)	
	Acrilamiento doble con cámara de 6 mm en 30 a 70%	4,1 (4,8)	
Vidrio sin carpintería		5,0 (5,8)	3,9 (4,5)

Tabla 2. Transmitancia térmica en puertas

Como muestra esta tabla, se pueden conseguir transmitancias menores, que es lo que buscamos para una mejor eficiencia, si las puertas contaran con acristalamiento doble o triple consiguiendo así una transmitancia de $3,3 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ o incluso menor.

El programa también nos demanda en el caso de las puertas el coeficiente de absorción, el cual hemos decidido dejar el que nos otorga el programa por defecto, 0,6.

Por último, para acabar con los elementos del edificio, debemos definir los **huecos acristalados**.

Nuestras ventanas cuentan con un acristalamiento sencillo, sin cámara de aire y con una carpintería de madera.

La transmitancia será de $5 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ y contarán con un coeficiente de absorción de 0,6.

Tipo de acristalamiento	Espesor nominal de la cámara de aire, en mm	Tipo de carpintería	Inclinación del hueco con respecto a la horizontal	
			≥ 60°	< 60°
Sencillo		Madera	4,3 (5,0)	4,7 (5,5)
		Metálica	5,0 (5,8)	5,6 (6,5)
Doble	6	Madera	2,8 (3,3)	3,0 (3,5)
		Metálica	3,4 (4,0)	3,7 (4,3)
	9	Madera	2,7 (3,1)	2,8 (3,3)
		Metálica	3,4 (3,9)	3,6 (4,2)
	12	Madera	2,5 (2,9)	2,7 (3,1)
		Metálica	3,2 (3,7)	3,4 (4,0)
Doble ventana	≥ 30	Madera	2,2 (2,6)	2,3 (2,7)
		Metálica	2,6 (3,0)	2,8 (3,2)
Hormigón traslúcido	—	—	3,0 (3,5)	3,2 (3,7)

Tabla 3. Transmitancia térmica para ventanas

En esta tabla también podemos comprobar lo que se cumplía anteriormente con la transmitancia. Cuanto mejor sea el tipo de acristalamiento y más ancha sea la cámara de aire, mejor valores tendremos de transmitancia térmica.

Entre carpintería metálica y de madera nos conviene más la primera ya que se consiguen mejores resultados de transmitancia.

Una vez ya definidos todos los elementos constructivos que influyen en la calificación energética, debemos introducir los datos generales de la obra.

En nuestro caso se trata de un edificio existente, destinado al uso terciario, con una demanda total diaria de ACS de 9350 l/día y con un porcentaje de demanda de ACS satisfecha mediante energía solar del 0%.

A continuación, explicamos cómo hemos calculado esa demanda de ACS de nuestro edificio, cumpliendo los requisitos del CTE.

Con el método explicado anteriormente para el cálculo de las personas dentro del ámbito de la normativa, sabemos que la ocupación total del edificio es de 275 personas.

Así pues, según el CTE la demanda de ACS para un hotel/hostal ** es de 34 l/día·persona.

Para calcular la demanda total debemos multiplicar las personas por esta demanda, obteniendo:

$$34 \frac{l}{\text{día} \cdot \text{persona}} * 275 \text{ personas} = 9350 \text{ l/día}$$

También debemos especificar los datos del emplazamiento de nuestra obra, resumidos en la siguiente tabla:

Situación	Península
Zona de invierno	D
Zona de verano	2
Municipio	Aínsa-Sobrarbe
Provincia	Huesca
Altitud	580
Latitud	42,1
Longitud	0,2
Zona horaria	0
Condiciones climáticas	Clima medio
Temperatura media anual	18
Zona climática HE 4	IV

Estos datos influirán en el cálculo de la demanda de calefacción y refrigeración del edificio, y por tanto en el resultado de la certificación energética.

En cuanto al **sistema de ACS** del hotel, se trata de una caldera mixta de gasóleo que servirá tanto para agua caliente sanitaria como para calefacción.

El edificio al ser tan antiguo no cuenta con ningún sistema de refrigeración actualmente, todas las habitaciones cuentan con ventiladores individuales.

El siguiente paso y último paso será verificar la normativa y calcular la certificación energética.

Por lo tanto, al nivel de eficiencia obtenido es el siguiente:

Calificación energética del edificio

Zona climática	D2	Uso	Otros usos
-----------------------	----	------------	------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	CALEFACCIÓN		ACS	
	Emisiones calefacción [kgCO ₂ /m ² ·año]	E	Emisiones ACS [kgCO ₂ /m ² ·año]	E
	32.17		8.56	
	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
Emisiones globales[kgCO ₂ /m ² ·año] ¹	Emisiones refrigeración [kgCO ₂ /m ² ·año]	C	Emisiones iluminación [kgCO ₂ /m ² ·año]	D
	0.47		4.14	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO ₂ /m ² ·año	kgCO ₂ ·año
Emisiones CO ₂ por consumo eléctrico	4.61	9577.86
Emisiones CO ₂ por otros combustibles	40.72	84584.64

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	CALEFACCIÓN		ACS	
	Energía primaria calefacción [kWh/m ² ·año]	E	Energía primaria ACS [kWh/m ² ·año]	E
	121.94		32.44	
	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
Consumo global de energía primaria no renovable[kWh/m ² ·año] ¹	Energía primaria refrigeración [kWh/m ² ·año]	C	Energía primaria iluminación [kWh/m ² ·año]	D
	2.76		24.46	

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
	
Demanda de calefacción[kWh/m ² ·año]	Demanda de refrigeración[kWh/m ² ·año]

Estos son los resultados que nos facilita el programa CYPETHERM HE Plus. Como se puede observar, los niveles de eficiencia energética oscilan entre el nivel A, siendo este el más eficiente, y el nivel G, siendo el menos eficiente.

Nuestra obra cuenta con un nivel E de eficiencia energética, nivel muy mediocre, como era de esperar.

Esta certificación tan baja se debe a varios factores, como la ausencia de aislamiento en paredes, ventanas, techos y suelos, la falta de doble acristalamiento en las ventanas o puertas, una instalación de ACS deficiente etc.

La demanda de calefacción en nuestro estado inicial es de 118, 32 kWh/m²·año y la de refrigeración de 1,46 kWh/m²·año, como se puede ver en el Anexo II. También queda reflejado en este apartado en un gráfico de barras el balance energético anual del edificio que contiene todas las cargas térmicas a tener en cuenta.

Así pues, en el siguiente apartado vamos a estudiar la eficiencia energética de nuestro hotel, una vez implementadas las mejoras.

6. Certificación energética de la obra mejorada

Para mejorar la eficiencia de nuestra obra vamos a centrarnos en los siguientes aspectos: la envolvente térmica de nuestro edificio (cerramientos), las ventanas, las puertas y la instalación de ACS.

De este modo, podremos ver cómo afecta el correcto aislamiento de nuestro edificio a la certificación, así como la importancia de una buena instalación.

La tabiquería no va a ser intervenida, ya que hemos considerado que no supondría un gran cambio en la certificación energética, por un lado, porque para evitar que haya pérdidas de flujos de calor lo que debe estar aislado es el edificio del exterior, no las habitaciones entre sí. Por otra parte, supondría una gran pérdida de metros cuadrados útiles, así como un aumento en el presupuesto, en nuestra opinión innecesario.

Así pues, procedemos a explicar detalladamente las mejoras que se han ido llevando a cabo en la envolvente del hotel.

Comenzaremos hablando de los cerramientos, uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta en el aislamiento térmico del edificio. Para mejorar esa transmitancia térmica de los cerramientos, por una parte, colocaremos en el exterior de las fachadas el modelo Placa ALUCOBOND PLUS. Es un panel compuesto de dos chapas de cubierta de aluminio y un núcleo mineral, el cual cuenta con unas excelentes propiedades:

- Densidad: $7,6 \text{ kg/m}^2$
- Conductividad: $0,44 \text{ W/m}\cdot\text{K}$
- Resistencia térmica: $0,008 \text{ m}^2 \text{ K/w}$

La estructura de la placa es la siguiente:

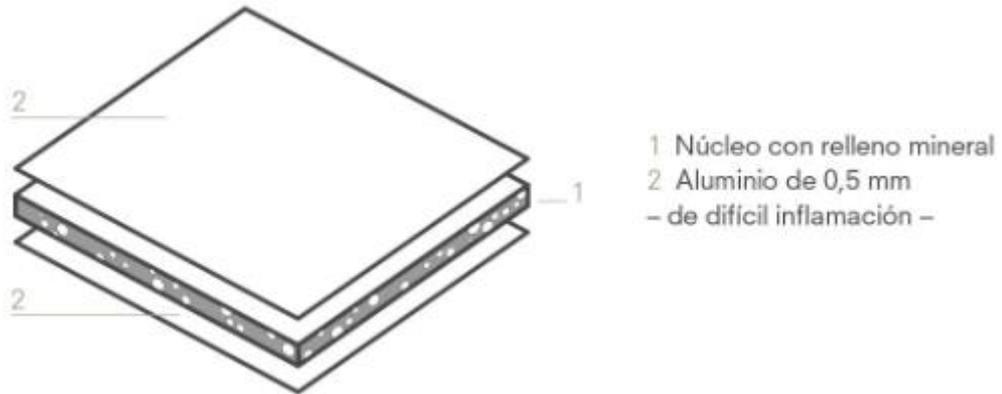


Figura 16. Placa ALUCOBOND PLUS

El espesor total de nuestra placa es de 4 mm, contando con 3 mm de espesor de aislante y 0,5 mm cada placa de aluminio.

Estéticamente, la fachada quedaría como el modelo sacado del catálogo de ALUCOBOND:



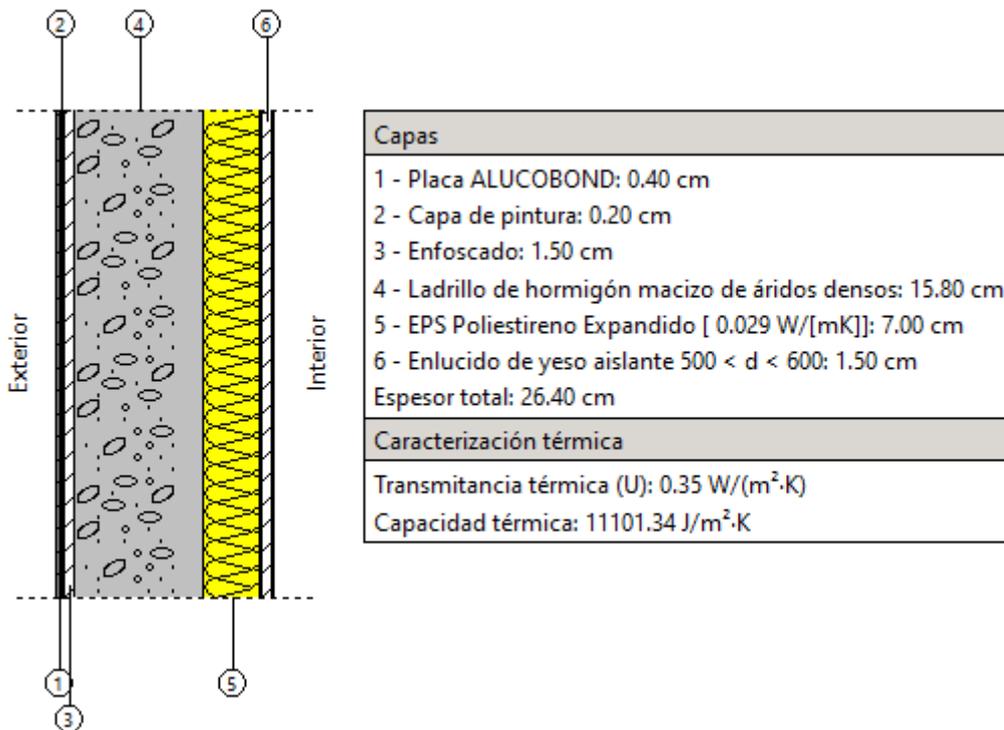
ALUCOBOND

Figura 17. Ejemplo de edificio con placas ALUCOBOND en su fachada

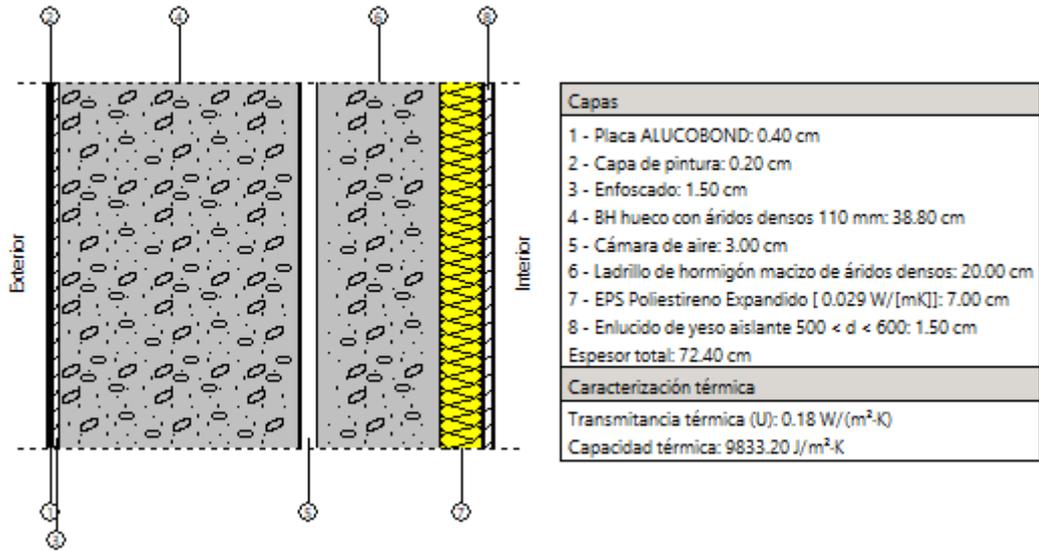
Por otra parte, además de colocar las placas en la fachada exterior, en la parte interior del cerramiento colocaremos una capa de aislante de Poliestireno Expandido EPS [0,029 W/m K]. Nos decantamos por este aislante, ya que dentro de los diferentes tipos que encontramos en los catálogos de CYPE, este es de los que mejores propiedades térmicas presenta. Más adelante, veremos esto más detallado en nuestro estudio del aislante utilizado.

Procedemos a adjuntar los esquemas generados por CYPE, al incluir nuestras mejoras constructivas en los cerramientos:

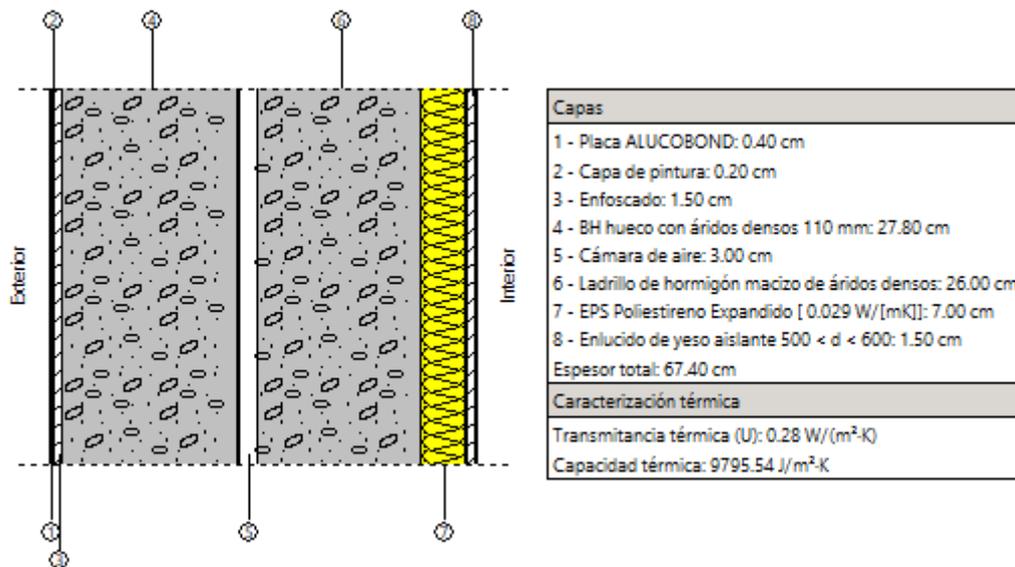
Cerramiento 0,19 m



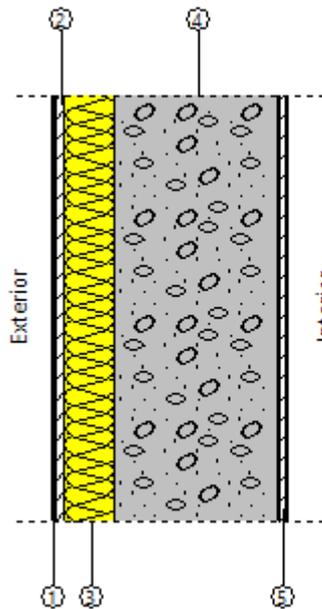
Cerramiento 0,65 m



Cerramiento 0,6 m

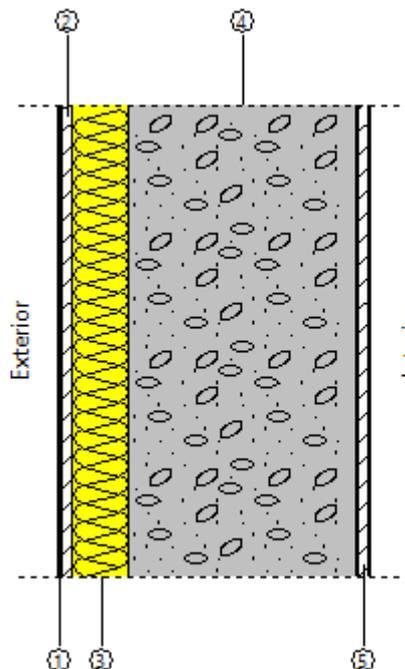


Cerramiento 0,26 m



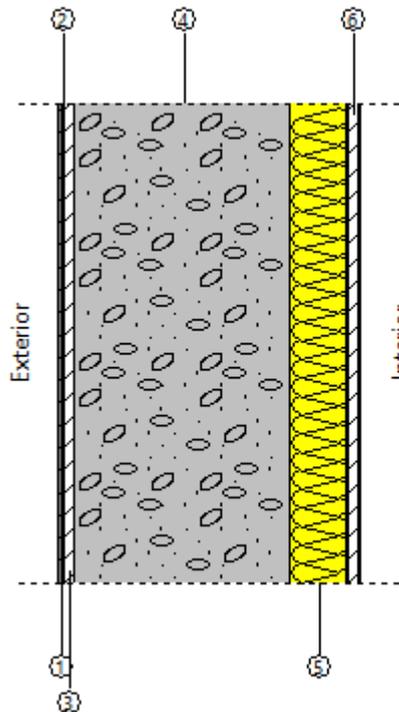
Capas
1 - Placa ALUCOBOND: 0,40 cm
2 - Enfoscado: 1,50 cm
3 - EPS Poliestireno Expandido [0,029 W/[mK]]: 7,00 cm
4 - BH hueco con áridos densos 110 mm: 22,80 cm
5 - Enlucido de yeso aislante 500 < d < 600: 1,00 cm
Esesor total: 32,70 cm
Caracterización térmica
Transmitancia térmica (U): 0,32 W/(m ² ·K)
Capacidad térmica: 49430,29 J/m ² ·K

Cerramiento 0,32 m



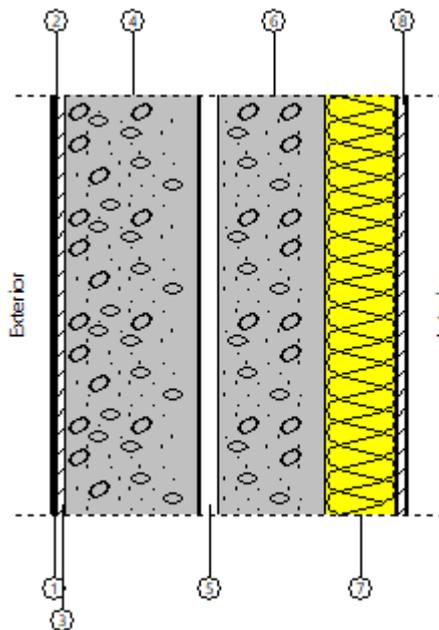
Capas
1 - Placa ALUCOBOND: 0,40 cm
2 - Enfoscado: 1,50 cm
3 - EPS Poliestireno Expandido [0,029 W/[mK]]: 7,00 cm
4 - BH hueco con áridos densos 110 mm: 28,80 cm
5 - Enlucido de yeso aislante 500 < d < 600: 1,50 cm
Esesor total: 39,20 cm
Caracterización térmica
Transmitancia térmica (U): 0,31 W/(m ² ·K)
Capacidad térmica: 45261,38 J/m ² ·K

Cerramiento 0,3 m



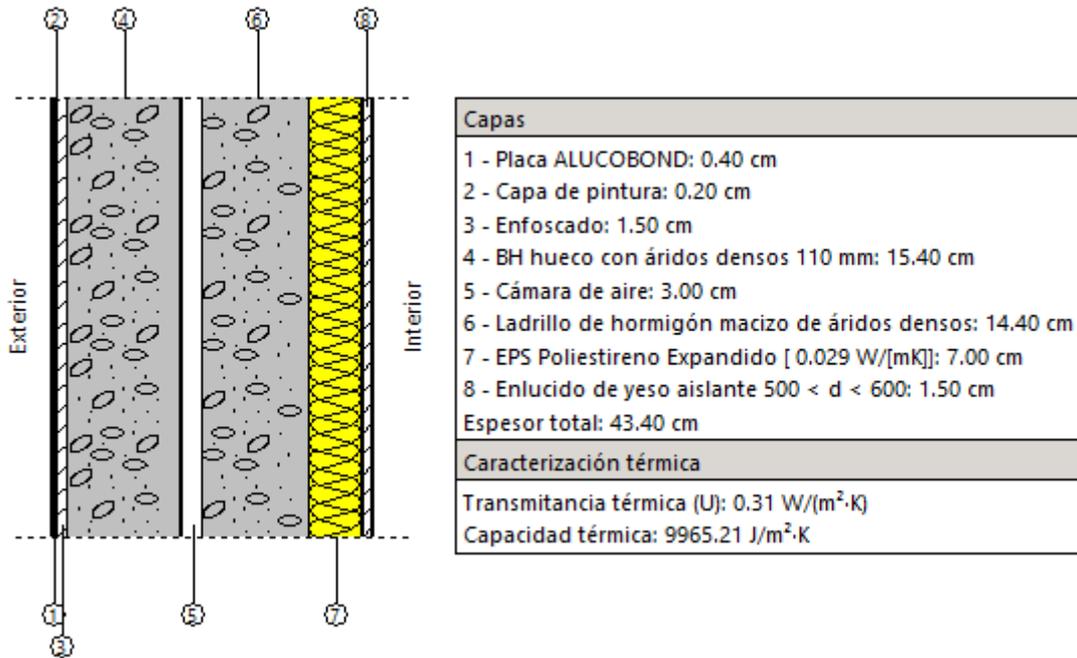
Capas
1 - Placa ALUCOBOND: 0.40 cm
2 - Capa de pintura: 0.20 cm
3 - Enfoscado: 1.50 cm
4 - BH hueco con áridos densos 110 mm: 26.80 cm
5 - EPS Poliestireno Expandido [0.029 W/[mK]]: 7.00 cm
6 - Enlucido de yeso aislante 500 < d < 600: 1.50 cm
Esesor total: 37.40 cm
Caracterización térmica
Transmitancia térmica (U): 0.31 W/(m ² ·K)
Capacidad térmica: 10293.87 J/m ² ·K

Cerramiento 0,4 m

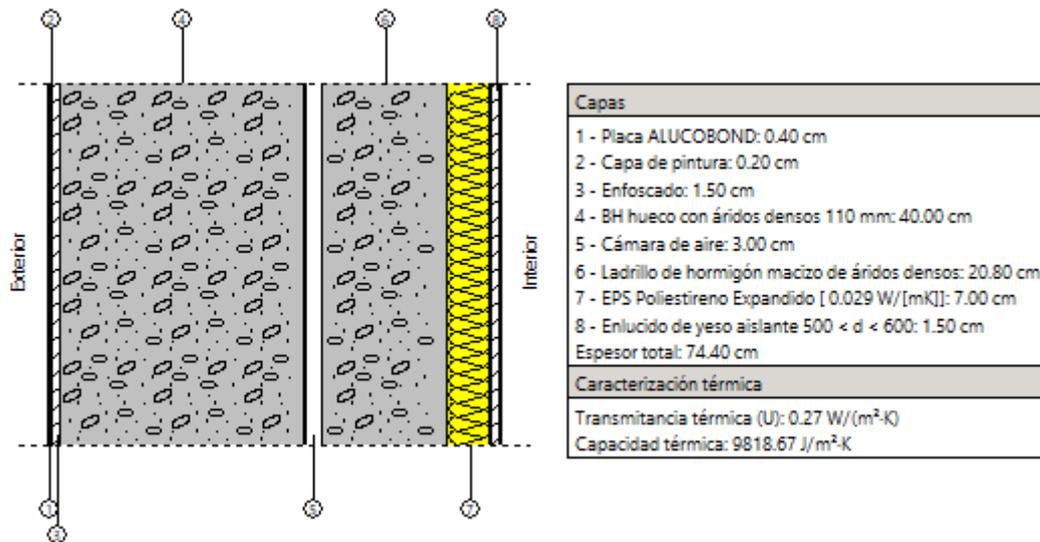


Capas
1 - Placa ALUCOBOND: 0.40 cm
2 - Capa de pintura: 0.20 cm
3 - Enfoscado: 1.50 cm
4 - BH hueco con áridos densos 110 mm: 18.80 cm
5 - Cámara de aire: 3.00 cm
6 - Ladrillo de hormigón macizo de áridos densos: 15.00 cm
7 - EPS Poliestireno Expandido [0.029 W/[mK]]: 10.00 cm
8 - Enlucido de yeso aislante 500 < d < 600: 1.50 cm
Esesor total: 50.40 cm
Caracterización térmica
Transmitancia térmica (U): 0.23 W/(m ² ·K)
Capacidad térmica: 9544.85 J/m ² ·K

Cerramiento 0,36 m



Cerramiento 0,67 m

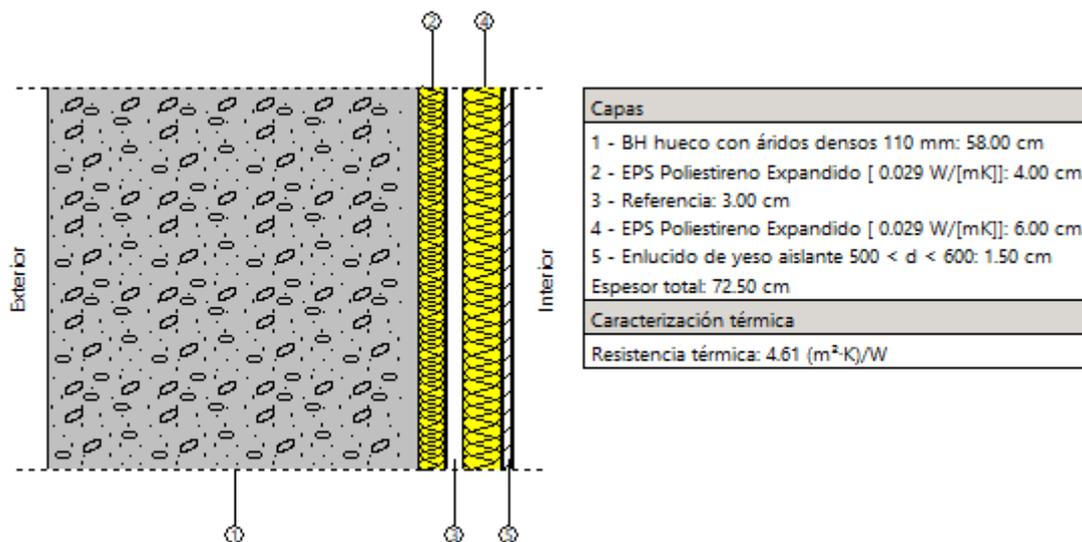


Como podemos comprobar, la mayoría de las fachadas cuentan con un espesor de 7 cm de aislante EPS, excepto la fachada de 0,4 m. Esto lo hemos decidido así, ya que al estar este tipo de muro solo en los sótanos y contar estos con muchos metros útiles, podíamos aprovechar a introducir aquí 10 cm de espesor de aislante, siendo la pérdida de metros útiles en los sótanos menos relevante que en las demás plantas.

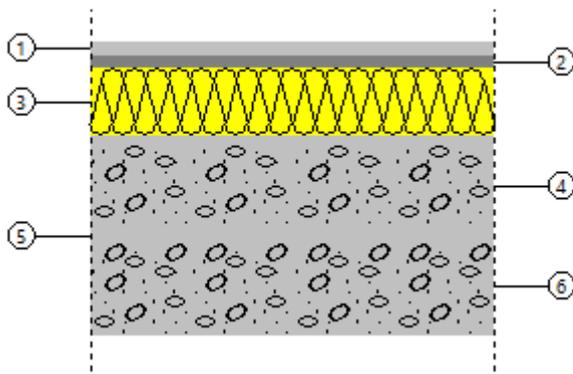
Por otra parte, en el caso de las fachadas de 0,32 m y 0,26 m, al ser estas las correspondientes a la terraza, sería interesante aprovechar su ubicación para actuar sobre la parte exterior y no la interior, como en el resto de cerramientos, es por ello que el aislante se ha colocado en la parte externa. De esta manera, perderíamos metros útiles de terraza (que al contar esta con una superficie muy elevada no sería gran problema) y no de dormitorios o baños, en el caso de mejorarlo por la parte interior.

Los muros en contacto con el terreno fueron los siguientes elementos en ser intervenidos. En este caso, es muy importante el aislamiento térmico así como la impermeabilidad, ya que al estar en contacto con el terreno la aparición de humedades podría ser mayor.

Por ello decidimos combinar dos capas de aislante de 4 y 6 cm separadas por una cámara de aire de 3 cm. Podemos comparar la gran diferencia entre la resistencia térmica inicial ($1,01 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) del muro, con la del muro mejorado ($4,61 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$).



A continuación, también se modificó los suelos en contacto con el terreno, colocando aislante EPS (10 cm) bajo el mortero de cemento. Es muy importante también el aislamiento térmico en los suelos en contacto con el terreno, ya que la temperatura superficial del suelo puede ser muy inferior a la temperatura ambiente, lo que podría provocar una falta de confort y riesgo de condensaciones superficiales.



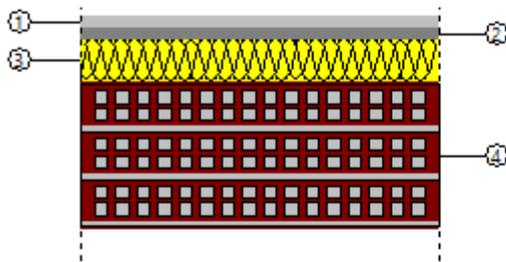
Capas	
1 -	Plaqueta o baldosa cerámica: 2.00 cm
2 -	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido $1000 < d < 1250$: 2.00 cm
3 -	EPS Poliestireno Expandido [0.029 W/[mK]]: 10.00 cm
4 -	Hormigón en masa $2000 < d < 2300$: 15.00 cm
5 -	Cloruro de polivinilo [PVC] + 40% plastificante: 0.10 cm
6 -	Arena y grava [1700 < d < 2200]: 15.00 cm
Espesor total: 44.10 cm	
Caracterización térmica	
Resistencia térmica: 3.68 (m ² ·K)/W	

Es muy significativo en este caso también el aumento de la resistencia térmica gracias a las mejoras implantadas, de 0,23 m²· K/W de valor inicial pasa a 3,68 m²· K/W.

El siguiente paso fue los forjados entre pisos. El modo de intervención fue el mismo que en los suelos en contacto con el terreno, consiste en introducir una capa de aislante de 7 cm de espesor de Poliestireno Expandido debajo del mortero de cemento.

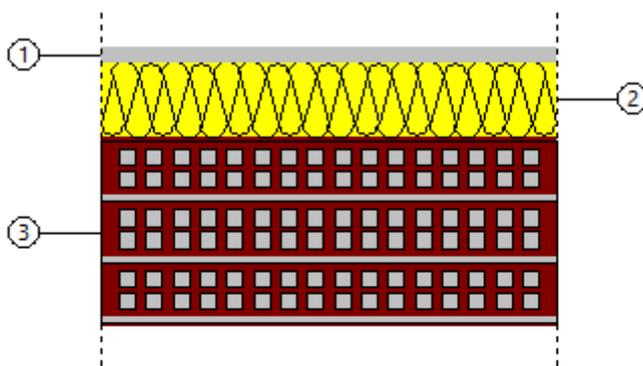
Este aislamiento será muy importante sobre todo en la última planta, es decir, el forjado que conecta con la cubierta. Esto se debe a que los flujos de calor tienden a ir hacia arriba, entonces si no contamos con una cubierta y por lo tanto un forjado bien aislado, todo ese calor se escapará de nuestro edificio.

Vemos en el esquema adjunto que los valores de transmitancia son todos menores a 1, no como en el estado inicial que encontramos valores elevados. Así pues, nuestros forjados están ahora bien aislados.



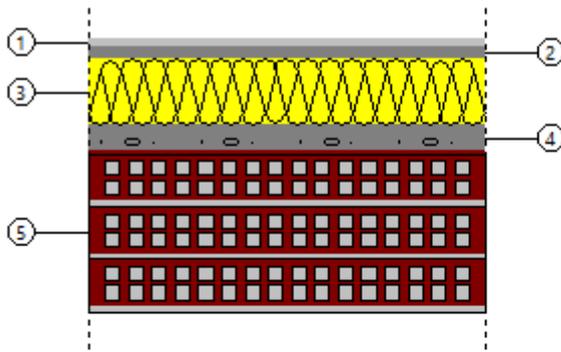
Capas
1 - Plaqueta o baldosa cerámica: 2.00 cm
2 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250: 2.00 cm
3 - EPS Poliestireno Expandido [0.029 W/[mK]]: 7.00 cm
4 - FU Entrevigado de hormigón -Canto 250 mm: 25.00 cm
Espesor total: 36.00 cm
Caracterización térmica
Forjado superior
Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración): 0.33 W/(m ² ·K)
Coefficiente de transmisión térmica (calefacción): 0.35 W/(m ² ·K)
Forjado inferior
Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración): 0.35 W/(m ² ·K)
Coefficiente de transmisión térmica (calefacción): 0.33 W/(m ² ·K)
Forjado inferior expuesto a la intemperie
Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración): 0.36 W/(m ² ·K)
Coefficiente de transmisión térmica (calefacción): 0.35 W/(m ² ·K)
Capacidad térmica: 54019.28 J/m ² ·K

Por último, en cuanto a elementos constructivos, encontramos la cubierta y la terraza. La cubierta como hemos dicho anteriormente debe estar muy bien aislada para que no se produzca un escape de calor, por lo tanto se ha colocado una capa de aislante térmico.



Capas
1 - Teja de arcilla cocida: 2.00 cm
2 - EPS Poliestireno Expandido [0.029 W/[mK]]: 10.00 cm
3 - FU Entrevigado de hormigón -Canto 250 mm: 25.00 cm
Espesor total: 37.00 cm
Caracterización térmica
Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración): 0.26 W/(m ² ·K)
Coefficiente de transmisión térmica (calefacción): 0.26 W/(m ² ·K)
Capacidad térmica: 33396.68 J/m ² ·K

Por otra parte, la terraza fue intervenida de la misma forma, colocando una capa de 10 cm de EPS debajo del mortero, al igual que en los forjados entre pisos.



Capas	
1 -	Plaqueta o baldosa cerámica: 1.00 cm
2 -	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250: 2.00 cm
3 -	EPS Poliestireno Expandido [0.029 W/[mK]]: 10.00 cm
4 -	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250: 4.00 cm
5 -	FU Entrevigado de hormigón -Canto 250 mm: 25.00 cm
Espesor total: 42.00 cm	
Caracterización térmica	
Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración): 0.25 W/(m ² ·K)	
Coeficiente de transmisión térmica (calefacción): 0.26 W/(m ² ·K)	
Capacidad térmica: 39147.79 J/m ² ·K	

Podemos observar en ambos casos los valores tan bajos de transmitancia térmica de nuestra cubierta y terraza, que es el objetivo de todas nuestras mejoras.

Una vez finalizadas estas mejoras, procedemos a intervenir en las puertas y ventanas, elementos cruciales en la mejora de la eficiencia energética, ya que sobre todo por las ventanas podrían traspasar muchos flujos energéticos.

Nuestras nuevas ventanas serán de altas prestaciones que otorguen a nuestro hotel un buen aislamiento térmico. Colocaremos ventanas de triple acristalamiento de madera de pino silvestre laminado de la empresa oscense ARINBISA. Cuentan con un sistema de apertura practicable y oscilobatiente al interior, con juntas de estanqueidad (PVC) y vidrio sellado con silicona. Las dimensiones son 4/16/4/16/4 de 48 mm. Se puede ver la imagen y la sección vertical de la ventana en los ANEXOS, en el Anexo VI.

En cuanto a la transmitancia térmica, estas ventanas cuentan con un valor de $U=0,7$ W/m² K, valor mucho más bajo que nuestras ventanas iniciales y el cual da un excelente aislamiento térmico a nuestro edificio.

Por último, las puertas serán de madera, y contarán también con muy buenas propiedades térmicas, en especial las puertas exteriores. Estas últimas serán batientes al interior, con juntas de estanqueidad de PVC, sellado del acristalamiento con silicona, burlete retráctil en la parte inferior y boca en la unión central en la puerta de dos hojas. Su transmitancia es de $1,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.

Por otra parte, las puertas interiores, también de madera, cuentan con una transmitancia de $2 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ y una estructura más sencilla.

En los ANEXOS quedan adjuntadas las fichas técnicas de ambas puertas.

Una vez finalizado lo constructivo, intervenimos en las instalaciones del sistema de ACS, agua caliente sanitaria. Recordamos que nuestra instalación inicial era una caldera mixta de gasóleo, la cual va a ser sustituida por una caldera de biomasa con rendimiento medio estacional 75%, además contará con un acumulador de coeficiente global de pérdidas (UA) de 1.20, y una temperatura media de acumulación 60°C .

Para elegir este sistema de ACS hemos llevado a cabo varias simulaciones en CYPETHERM HE Plus para comprobar cual de los diferentes tipos de instalación es más eficiente, resultando la caldera de biomasa. Las diferentes certificaciones energéticas obtenidas para las diferentes instalaciones aparecen en el Anexo IV.

Debemos destacar que el porcentaje de demanda de ACS satisfecha mediante energía solar es del 50%, siendo el 30% el porcentaje mínimo exigido por el CTE para nuestra zona climática y demanda total de ACS.

Como hemos comentado en el estudio inicial, el edificio no cuenta con sistema de refrigeración, sin embargo, hemos decidido colocar un sistema sencillo de climatización por aire centralizado con un EER nominal de 3.

Ahora sí, ya introducidos todos los parámetros, obtenemos la certificación energética final y mejorada de nuestra obra:

Calificación energética del edificio

Zona climática	D2	Uso	Otros usos
-----------------------	----	------------	------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	CALEFACCIÓN	ACS		
	Emisiones calefacción [kgCO ₂ /m ² ·año]	C	Emisiones ACS [kgCO ₂ /m ² ·año]	E
	33.86		0.47	
Emisiones globales[kgCO ₂ /m ² ·año] ¹	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN		
	Emisiones refrigeración [kgCO ₂ /m ² ·año]	D	Emisiones iluminación [kgCO ₂ /m ² ·año]	D
	0.28		4.14	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO ₂ /m ² ·año	kgCO ₂ ·año
Emisiones CO ₂ por consumo eléctrico	4.43	9665.98
Emisiones CO ₂ por otros combustibles	34.33	74966.12

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	CALEFACCIÓN	ACS		
	Energía primaria calefacción [kWh/m ² ·año]	C	Energía primaria ACS [kWh/m ² ·año]	E
	128.37		0.89	
Consumo global de energía primaria no renovable[kWh/m ² ·año] ¹	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN		
	Energía primaria refrigeración [kWh/m ² ·año]	D	Energía primaria iluminación [kWh/m ² ·año]	D
	1.67		24.46	

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
Demanda de calefacción[kWh/m ² ·año]	Demanda de refrigeración[kWh/m ² ·año]

¹ El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo edificios terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales.

Como podemos comprobar se ha pasado de un nivel de eficiencia energética de E a un nivel C haciendo hincapié en el aislamiento térmico de la envolvente, las puertas, las ventanas y las instalaciones, nivel muy aceptable en las construcciones de hoy en día.

Si quisiéramos conseguir un nivel A de eficiencia, se tendría que hacer una reconstrucción del edificio y no una rehabilitación, que ha sido nuestra tarea encomendada. Con la reconstrucción se podrían obtener un alto nivel de eficiencia ya que actualmente se construye con muy buenos materiales y técnicas para conseguir ese buen aislamiento, y no con construcciones tan simples e ineficientes como las que encontramos en nuestro hotel.

En el caso de la obra mejorada encontramos en el apartado Anexo III que la demanda energética de calefacción es de 75,58 kWh/m²·año, mientras que la de refrigeración es de 1,4 kWh/m²·año.

Como vemos, la demanda de calefacción ha disminuido notablemente (42,74 kWh/m²·año menos), mientras que la demanda de refrigeración disminuye muy poco, ya que lo único que hemos hecho es introducir un sistema de ventilación sencillo, ya que antes no disponían de él.

Adjuntamos a continuación el gráfico que muestra la variación de las demandas energéticas en función del estado del hotel.

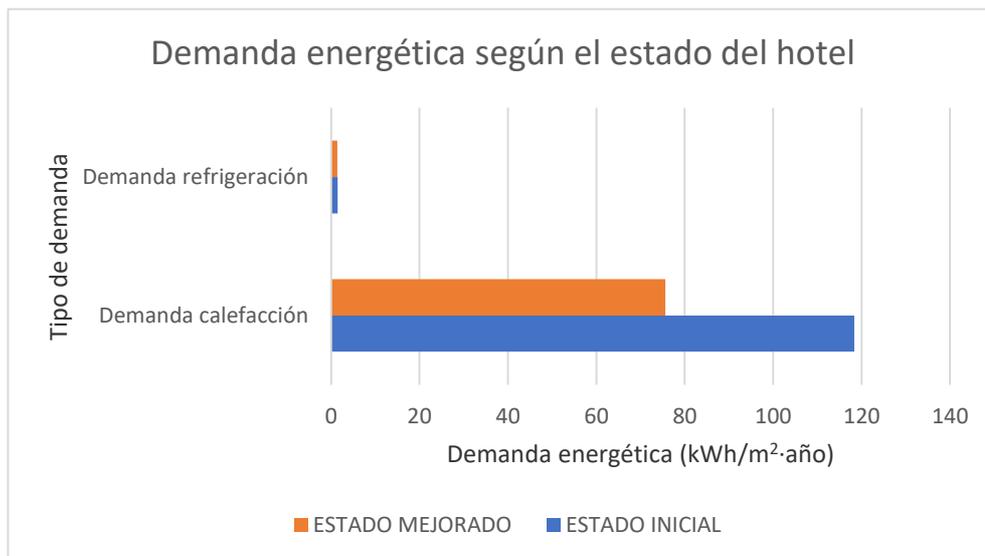


Figura 18. Gráfico demanda energética-estado del hotel

La superficie útil total de nuestro edificio en su estado mejorado es de 2069,78 m², habiendo perdido 12,83 m² útiles.

7. Estudio comparativo de los aislantes en los cerramientos

En el presente estudio vamos a analizar la transmitancia térmica de los cerramientos en función del aislante utilizado, el grosor elegido y el precio del mismo. La estructura del cerramiento se va a mantener, es decir, sólo va a variar el tipo de aislante y su espesor, el cual tomará los valores de 4,6,8 y 4+6 cm.

En el mercado actual hay variedad de aislantes de muy buenas propiedades, en nuestro estudio incluiremos los aislantes presentes en el catálogo de CYPE que son:

- Poliestireno Expandido (EPS) [0.029 W/[mK]]
- Lana Mineral (MW) [0.031 W/[mK]]
- PUR Plancha con HFC o Pentano y revestimiento impermeable a gases [0.025 W/[mK]]
- Poliestireno Extruído (XPS) con dióxido de carbono CO₂ [0.034 W/[mK]]
- Poliestireno Extruído (XPS) con hidrofluorcarbonos HFC [0.029 W/[mK]]

Las tablas que contienen los datos de tipo de aislante, los diferentes espesores de aislante, el espesor total del cerramiento, los metros útiles del hotel, la transmitancia térmica del cerramiento y el precio del aislante en euros por metro cuadrado, los podemos encontrar en el apartado de ANEXOS, Anexo V.

Procedemos a adjuntar las gráficas obtenidas de los valores de estas tablas, las cuales relacionan la transmitancia térmica con el espesor de aislante. Como es de esperar, a medida que aumentamos el espesor de aislante, la transmitancia disminuye, que es nuestro principal objetivo.

En el caso de nuestro edificio contaba con nueve tipos de cerramientos, por lo que hemos obtenido una gráfica para cada cerramiento y muy similares entre ellas:

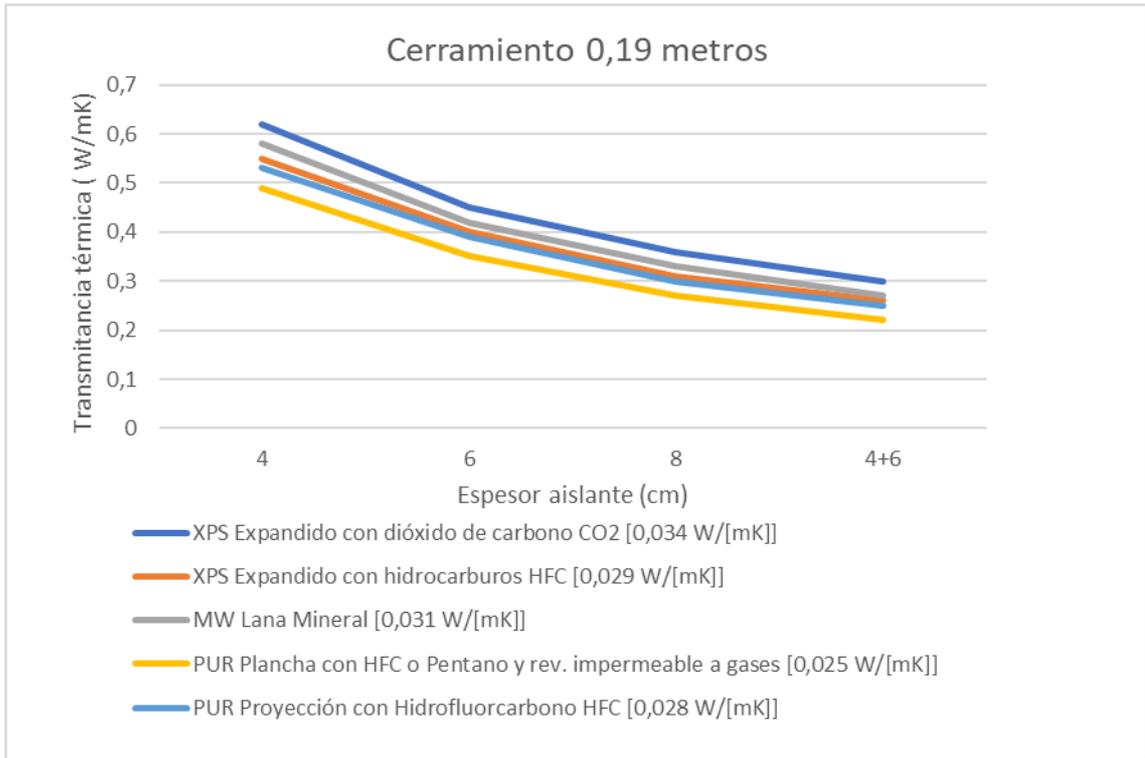


Figura 19. Gráfico cerramiento 0,19

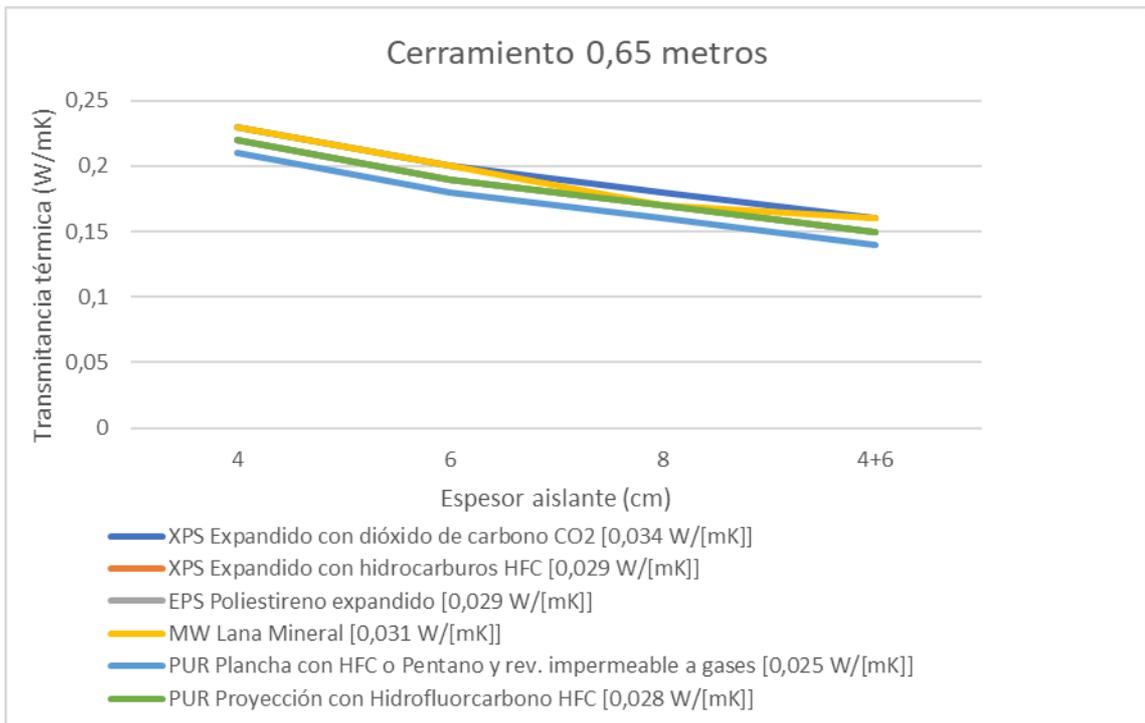


Figura 20. Gráfico cerramiento 0,65

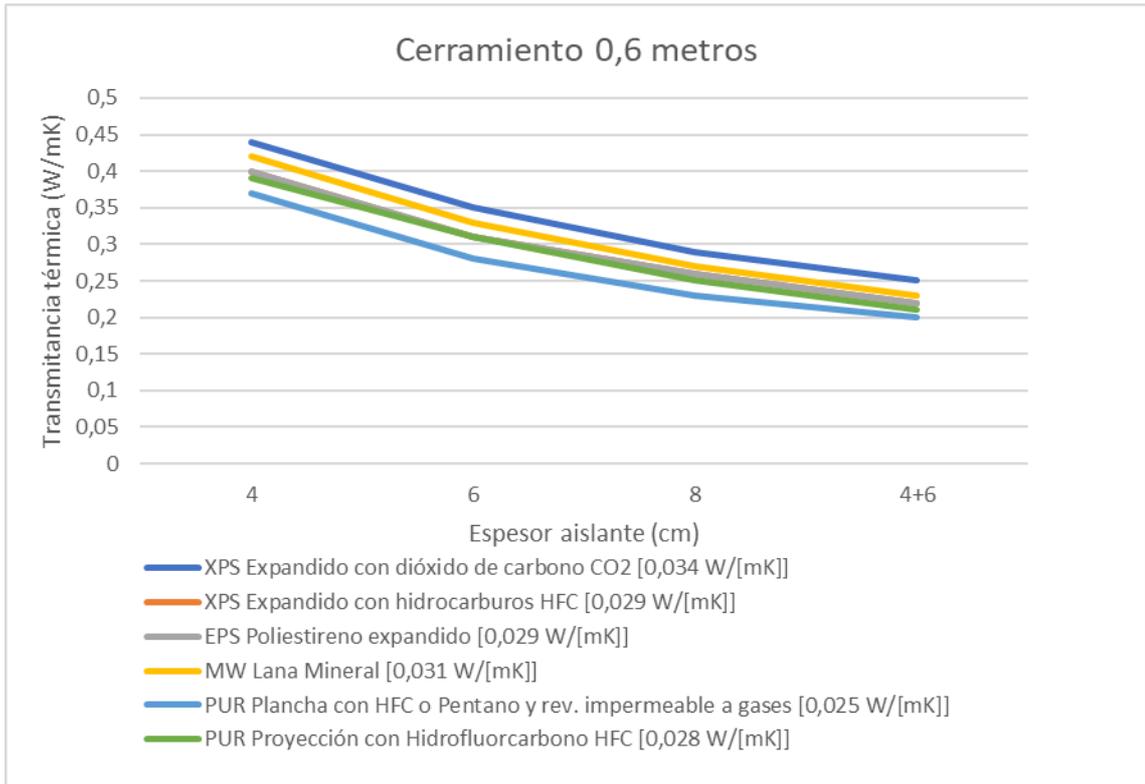


Figura 21. Gráfico cerramiento 0,6

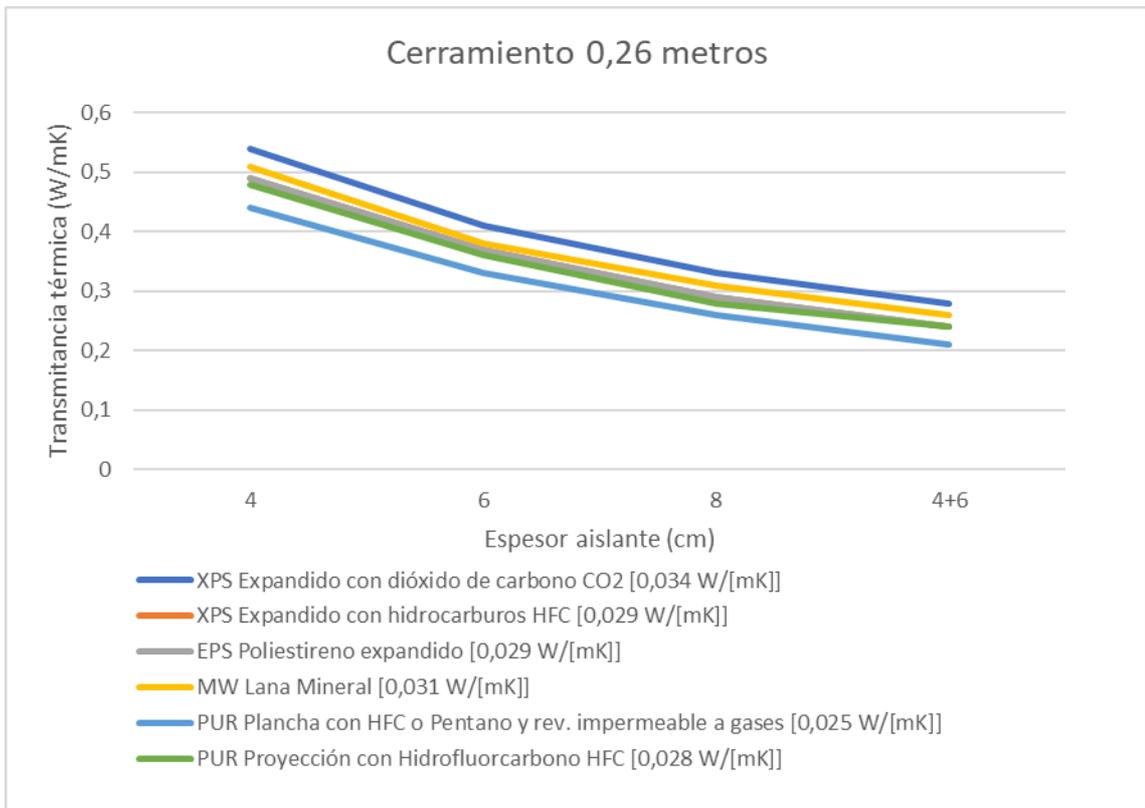


Figura 22. Gráfico cerramiento 0,26

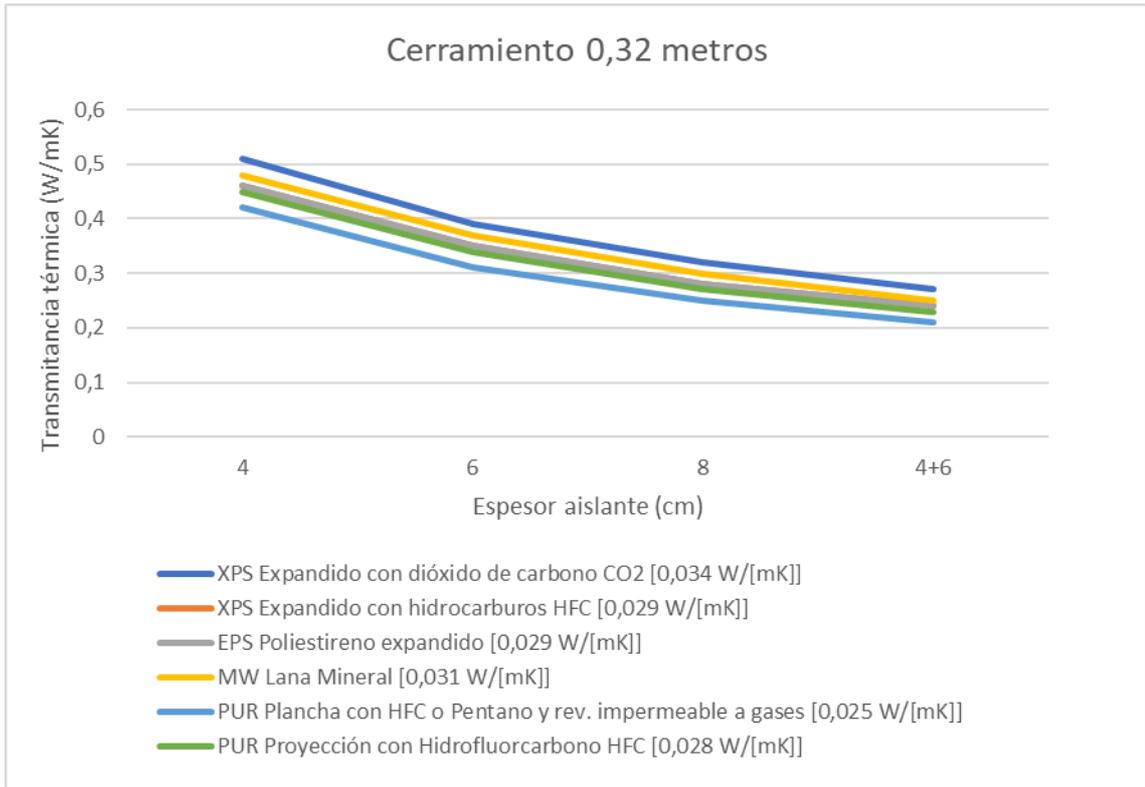


Figura 23. Gráfico cerramiento 0,32

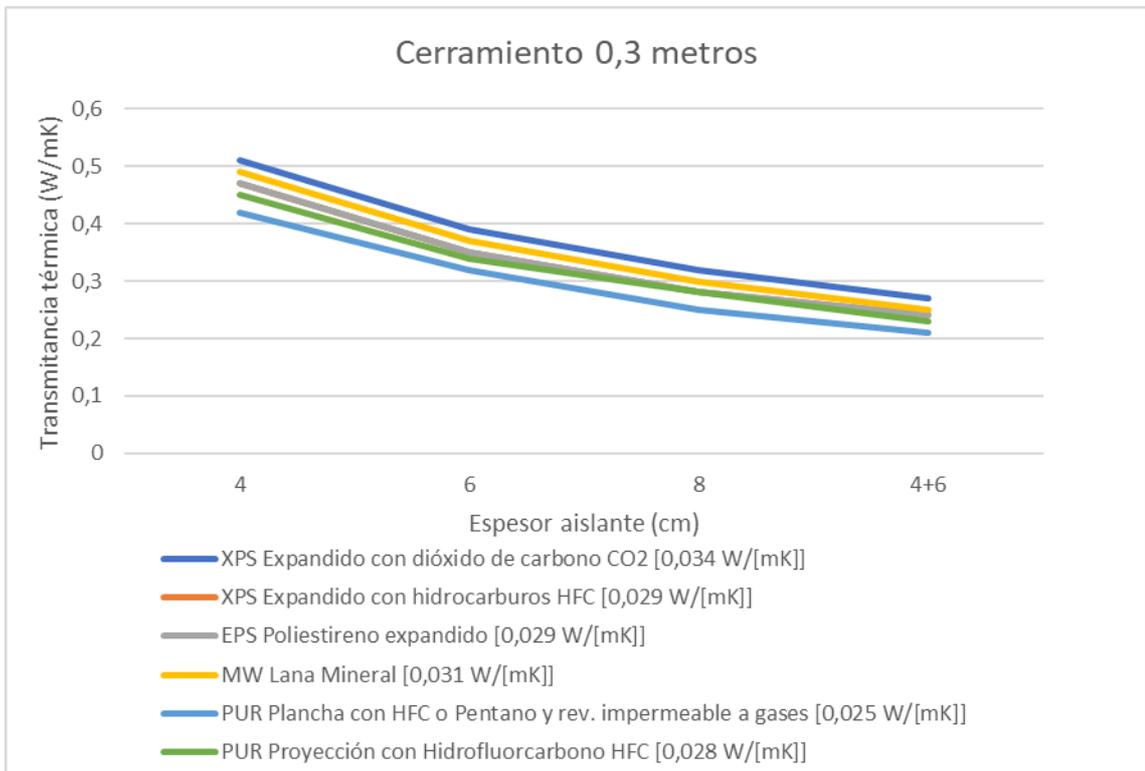


Figura 24. Gráfico cerramiento 0,3

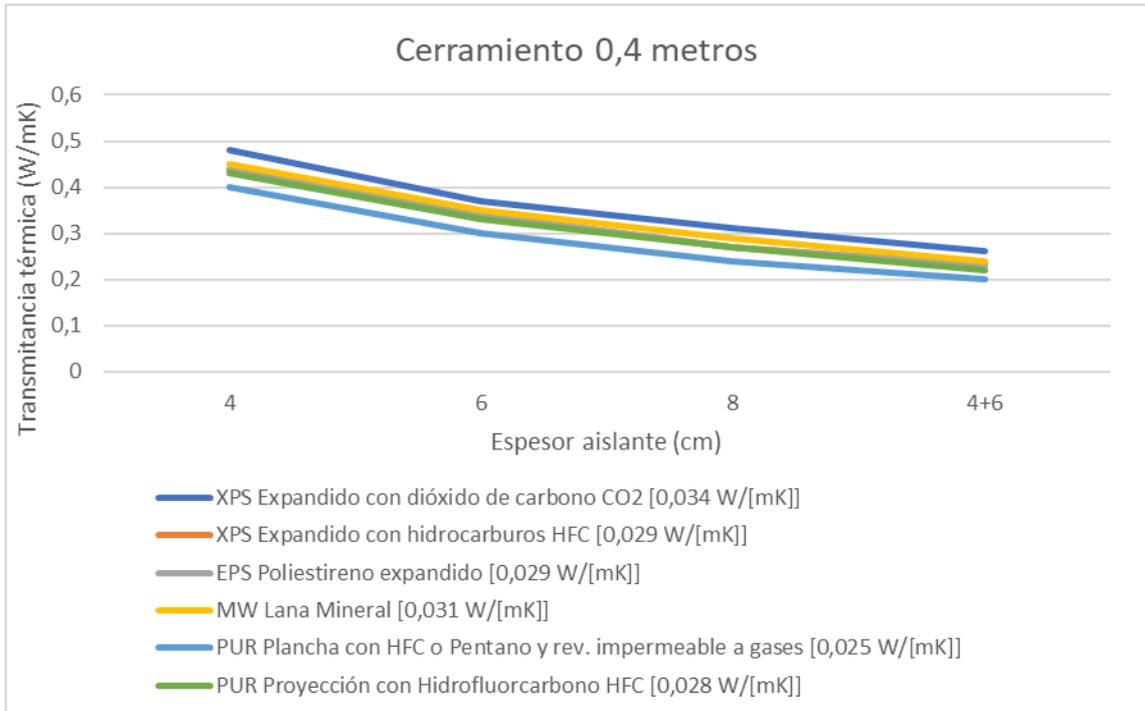


Figura 25. Gráfico cerramiento 0,4

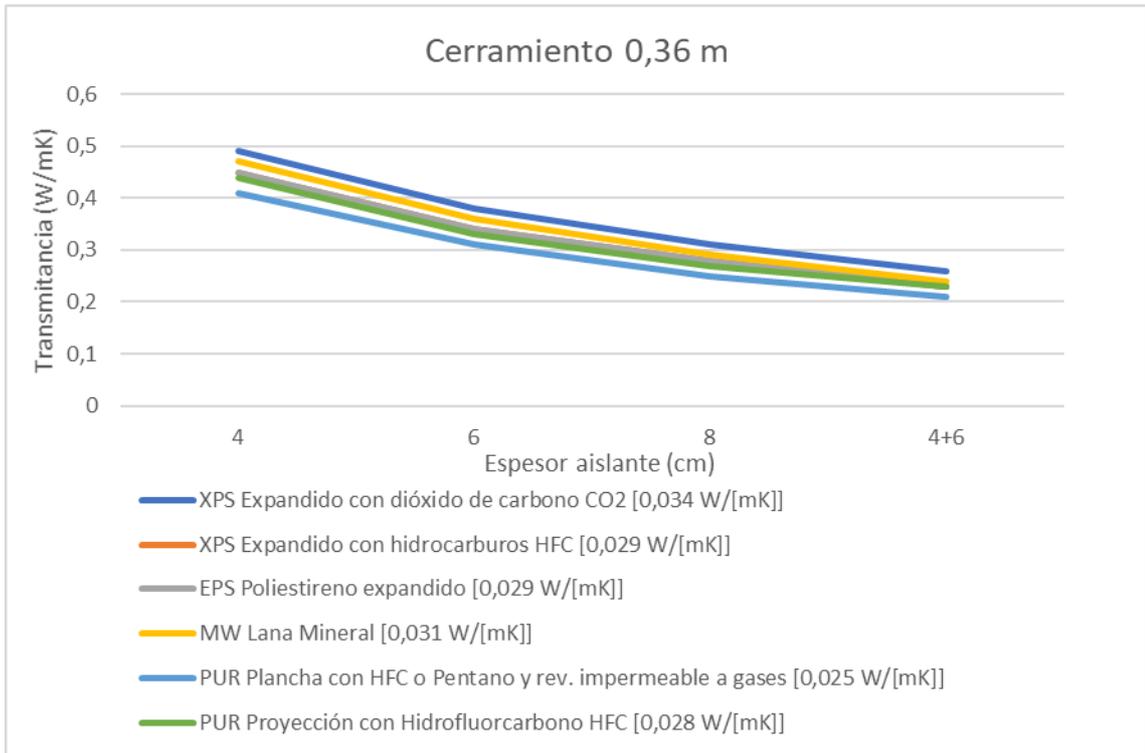


Figura 26. Gráfico cerramiento 0,36 m

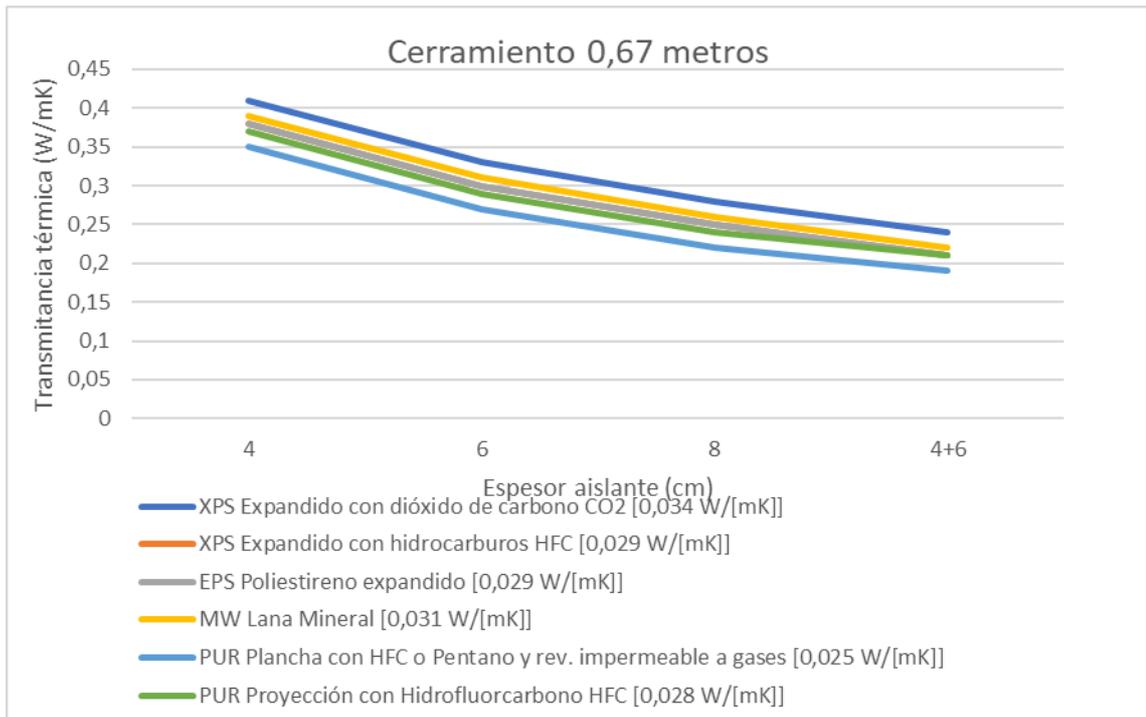


Figura 27. Gráfico cerramiento 0,67

Así pues, como hemos comentado previamente los valores más bajos de transmitancia se consiguen con la combinación 4+6 cm de aislante. En concreto, el mejor valor de transmitancia obtenido es 0,14 W/Mk en el cerramiento 0,65 metros, con el aislante PUR Plancha con HFC o Pentano y revestimiento impermeable a gases [0,025 W/[Mk]].

Una vez estudiada la relación entre la transmitancia, el espesor y tipo de aislante, procedemos a comparar el precio del aislante con la transmitancia obtenida y el tipo de aislante

Como veremos a continuación todas las gráficas seguirán el mismo patrón y serán muy similares entre sí, sin embargo, al tener nueve anchuras diferentes de cerramientos debemos realizar el estudio para cada uno de ellos:

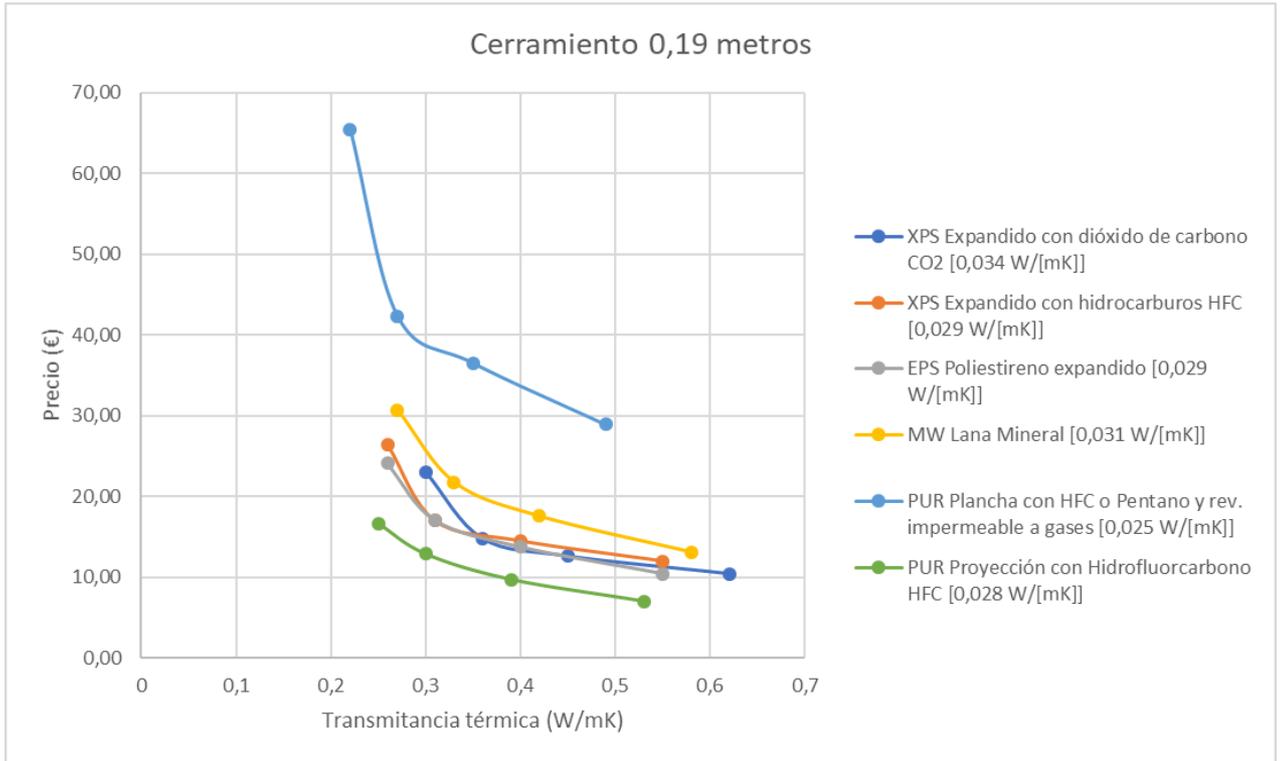


Figura 28. Relación Transmitancia-precio-tipo de aislante cerramiento 0,19

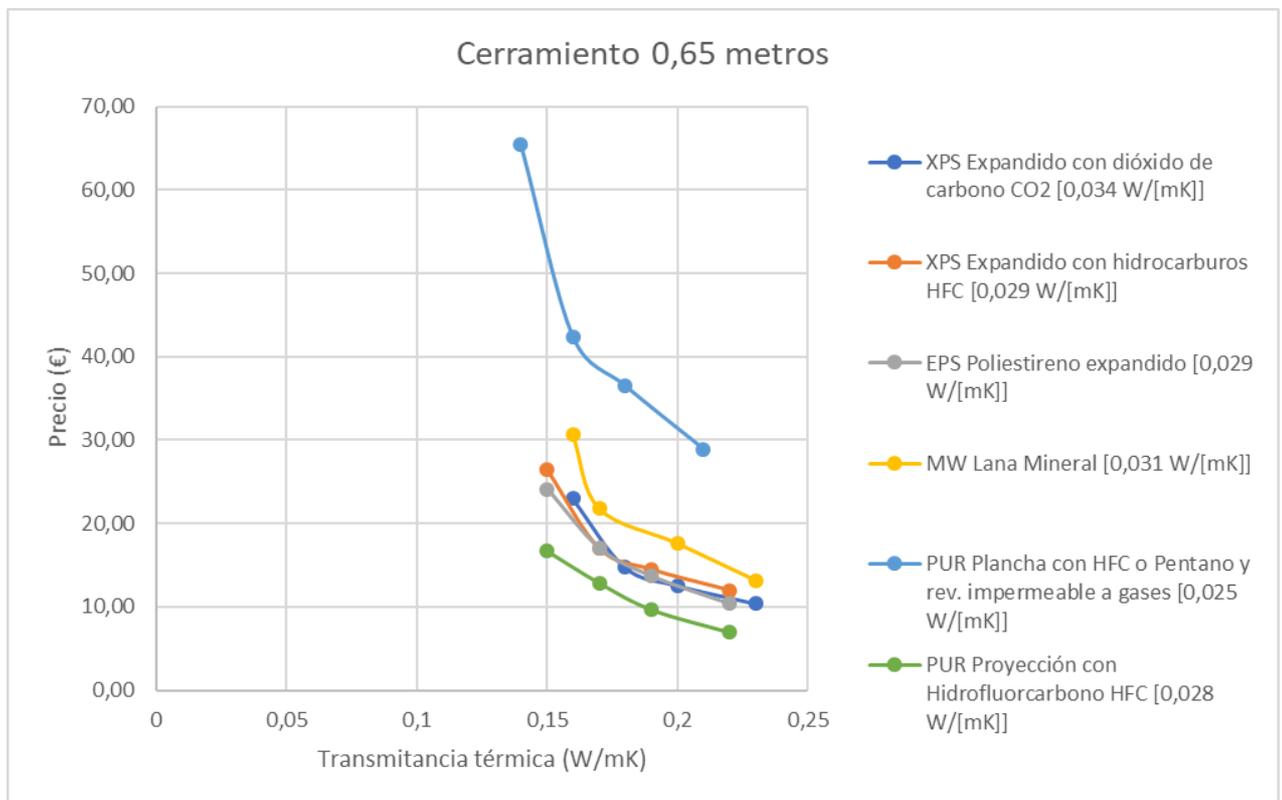


Figura 29. Relación Transmitancia-precio-tipo de aislante cerramiento 0,65

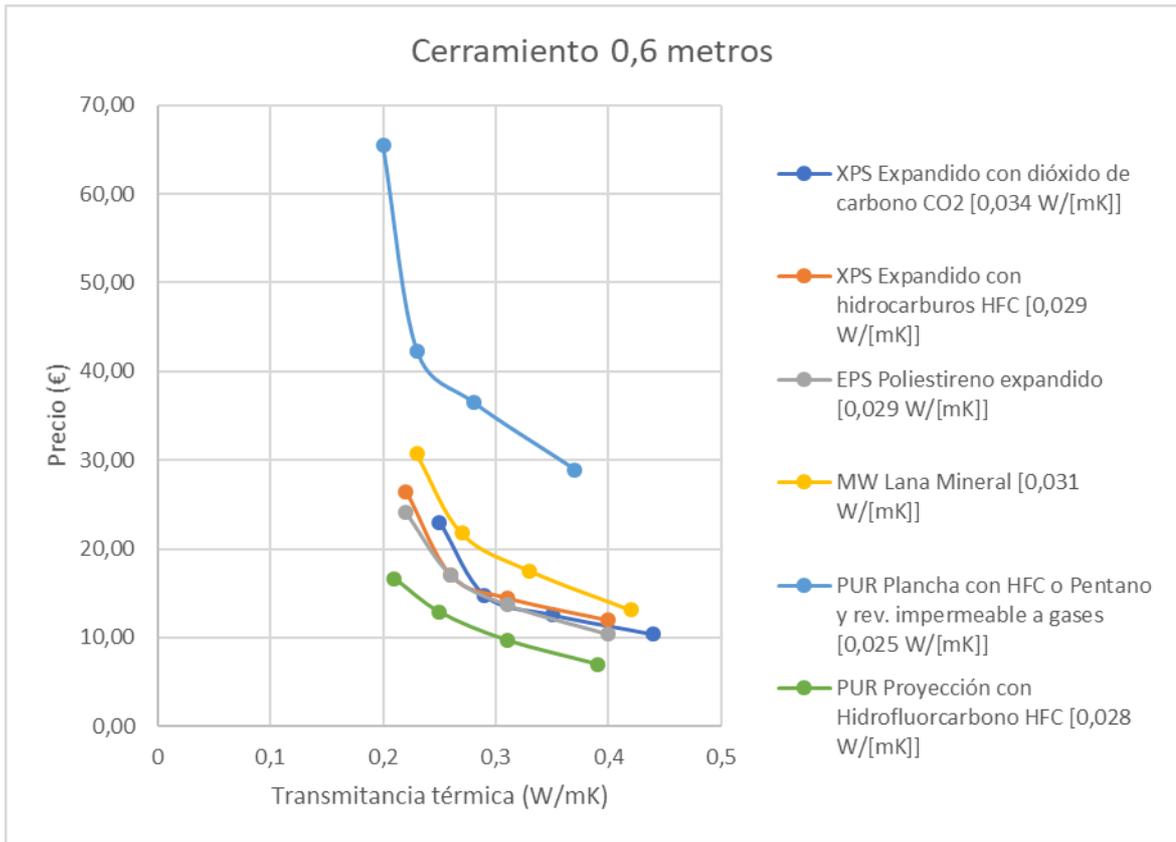


Figura 30. Relación Transmitancia-precio-tipo de aislante cerramiento 0,6

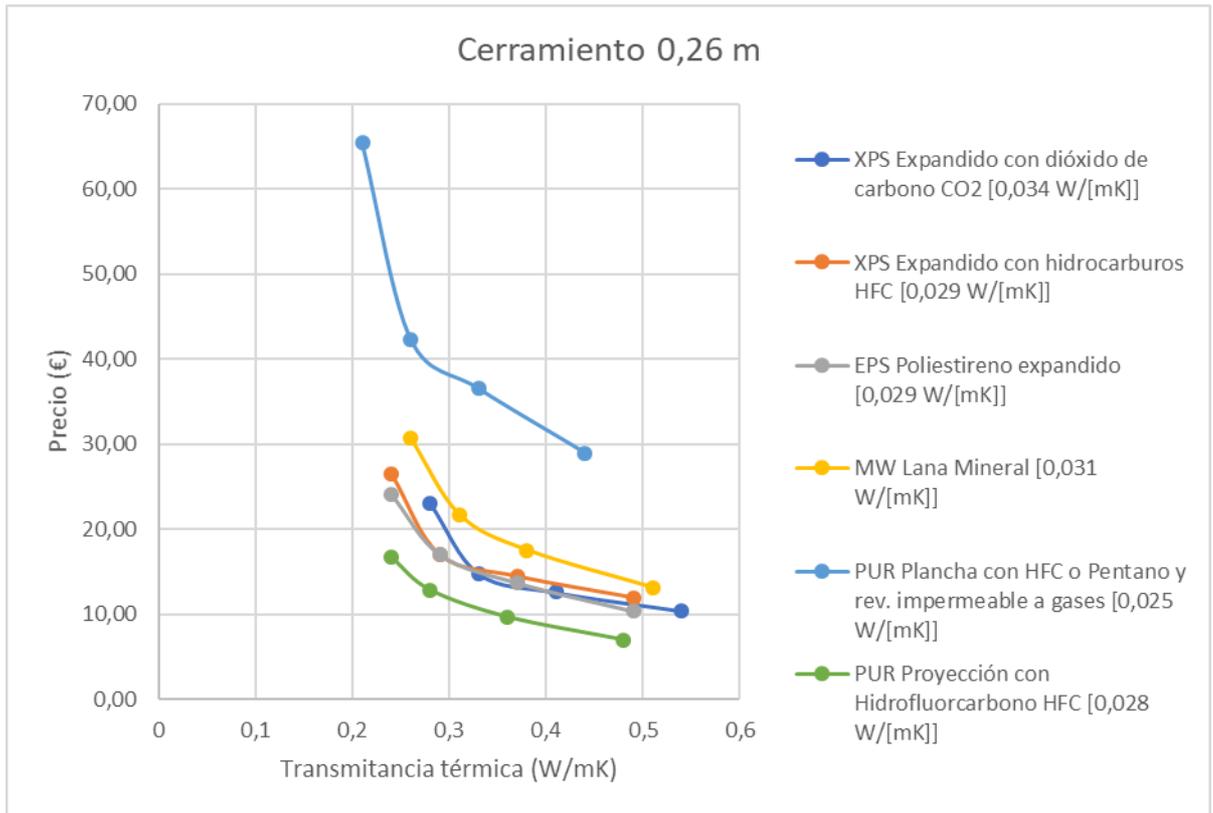


Figura 31. Relación Transmitancia-precio-tipo de aislante cerramiento 0,26

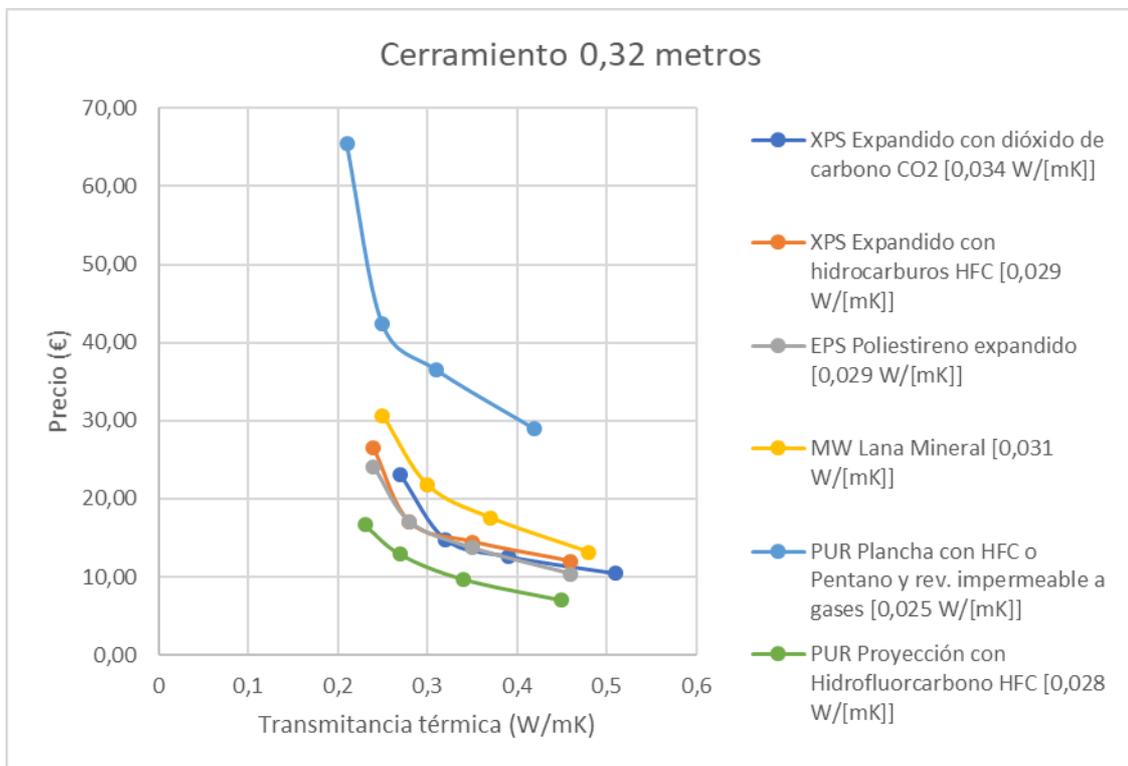


Figura 32. Relación Transmitancia-precio-tipo de aislante cerramiento 0,32

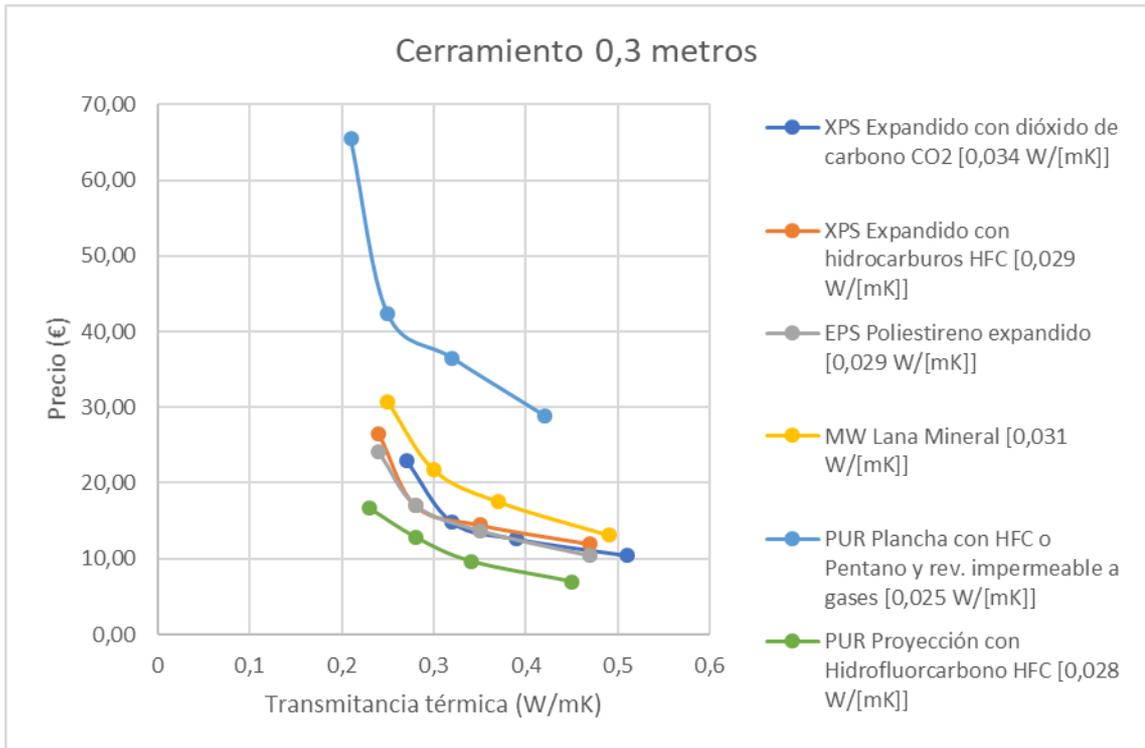


Figura 33. Relación Transmitancia-precio-tipo de aislante cerramiento 0,3

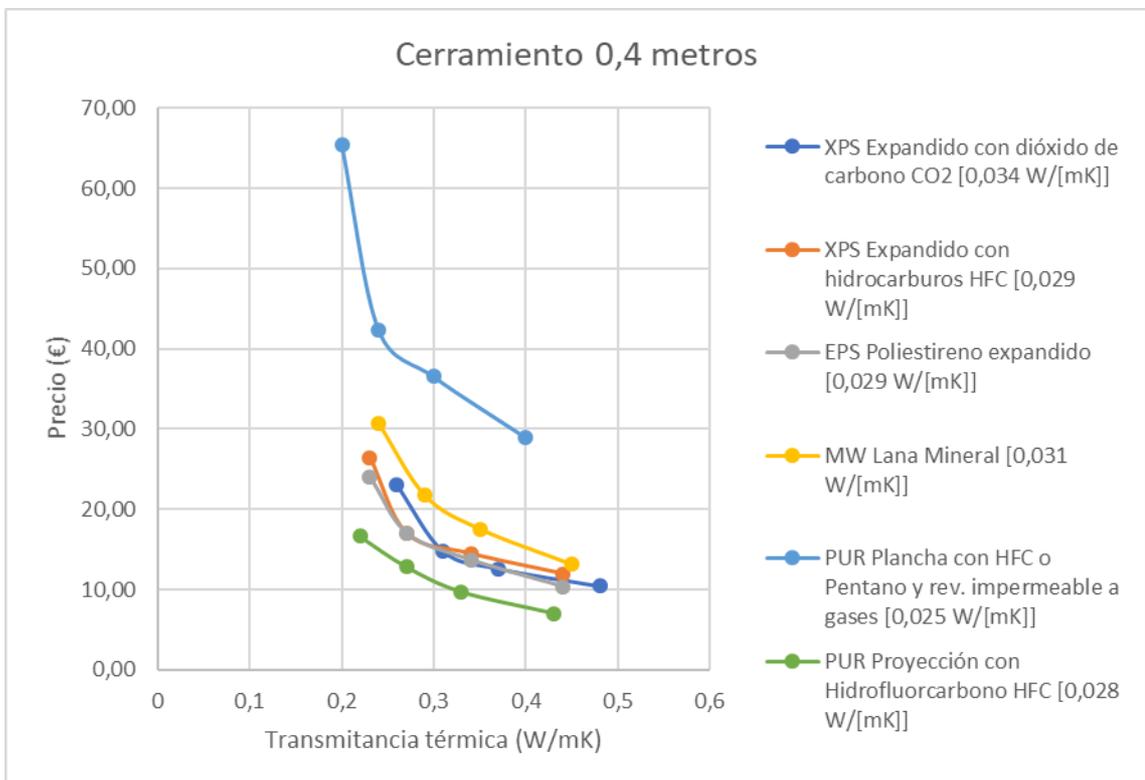


Figura 34. Relación Transmitancia-precio-tipo de aislante cerramiento 0,4

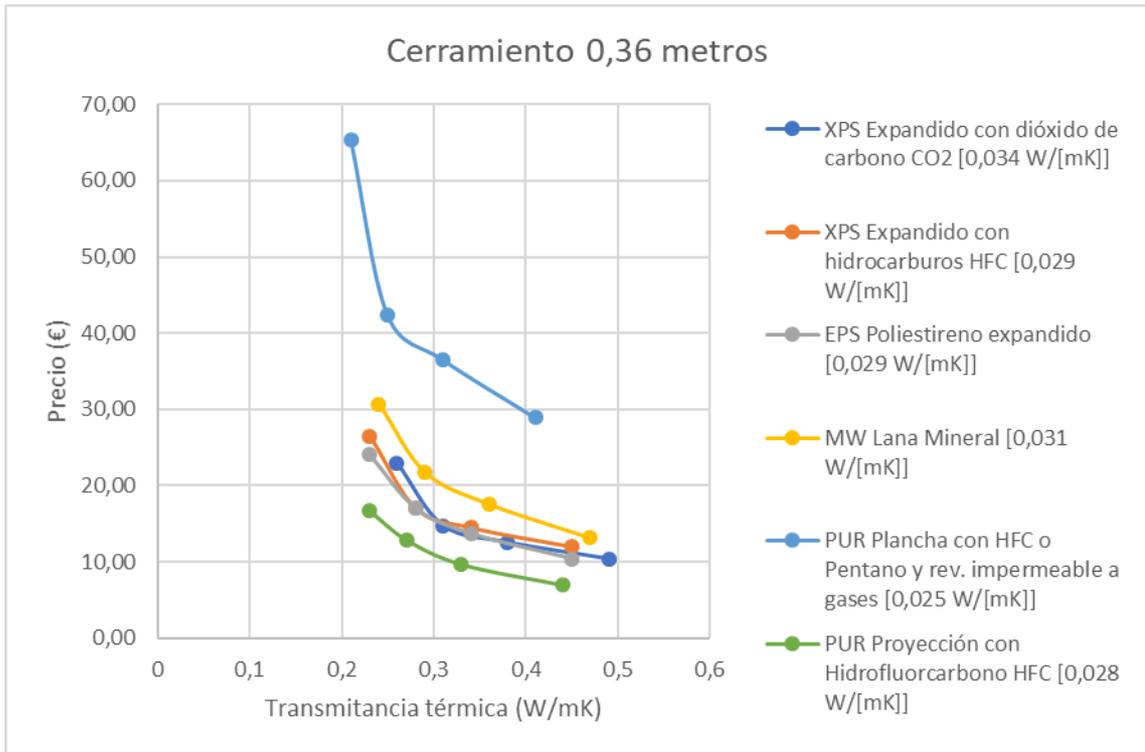


Figura 35. Relación Transmitancia-precio-tipo de aislante cerramiento 0,36

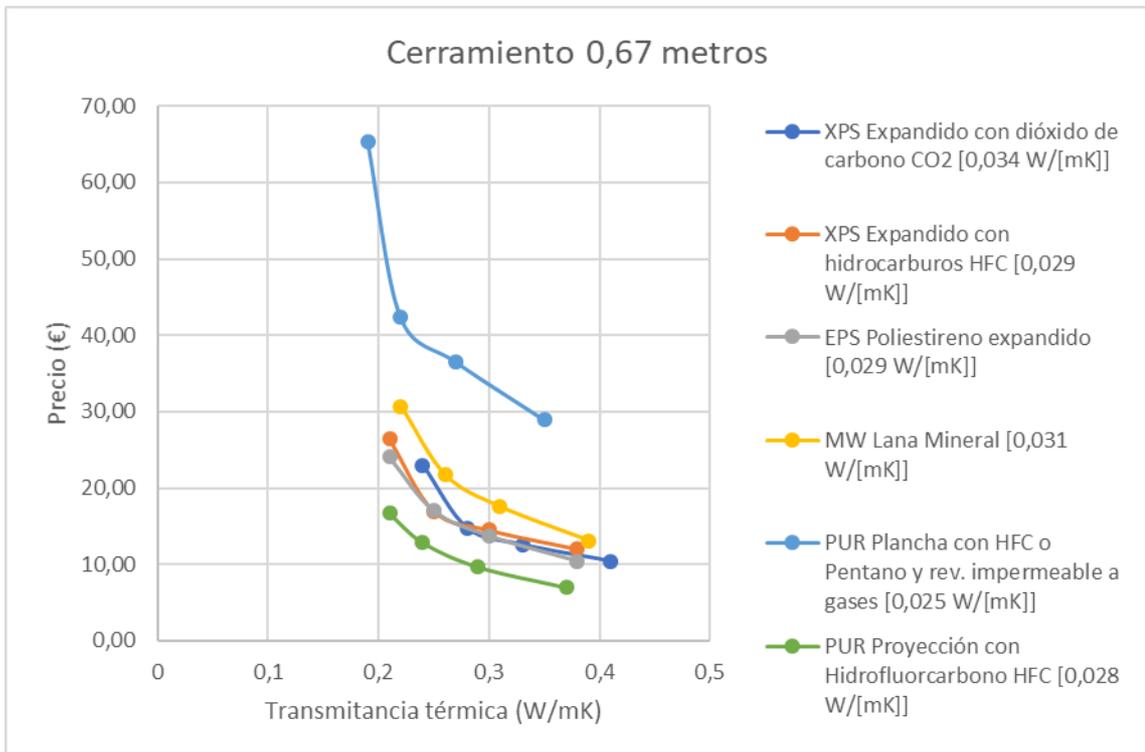


Figura 36. Relación Transmitancia-precio-tipo de aislante cerramiento 0,67

Comparando todas las gráficas, observamos que los aislamientos que otorgan al cerramiento mejor transmitancia son el PUR Plancha con HFC o Pentano y rev. impermeable a gases y el PUR Proyección con Hidrofluorcarbono HFC, para la combinación 4+6 cm.

Desde el punto de vista económico, el precio aumenta exponencialmente cuando realizamos la combinación 4+6 cm, es decir, cuando el cerramiento cuenta con el menor valor de transmitancia. A pesar de conseguir las mejores transmitancias con el PUR Plancha con HFC, debemos tener en cuenta que también se trata del aislante más caro.

Así pues, podemos llegar a la conclusión de que la mejor opción sería el PUR Proyección con Hidrofluorcarbono HFC [0,028W/mK], siendo este el aislante más económico de todos y con el cual obtenemos mejores resultados de transmitancia.

Por otra parte, se puede observar también que los resultados obtenidos con el EPS Polietireno Expandido son muy similares, y se trata de un aislante más utilizado normalmente en obras, siendo este el segundo aislante con el mejor precio, después del nombrado anteriormente. Así pues, sería también una opción válida y eficiente de aislante.

8. Presupuesto de la rehabilitación

A continuación, calcularemos el presupuesto de nuestra obra de rehabilitación energética, teniendo en cuenta todas las mejoras implantadas.

En el apartado Anexo VII, podemos encontrar cada uno de los capítulos desglosados por gremios de nuestro presupuesto. Adjuntaremos a continuación el cuadro resumen de cada capítulo y el precio de los mismos, así como el precio total de la obra:

Capítulo	Importe
1- ACTUACIONES PREVIAS.....	3.112,68€
2- DEMOLICIONES.....	37.342,48€
3- ALBAÑILERÍA.....	193.200,98€
4- REVESTIMIENTOS	58.175,88€
5- CARPINTERÍA.....	38.595,27€
6- INSTALACIÓN ACS.....	10.385,5€
7- INSTALACIÓN CLIMATIZACIÓN.....	4.951,35€
8- ELECTRICIDAD.....	188,37€
9- PINTURA.....	6.370,64€
<hr/>	
Presupuesto de Ejecución Material	352.322,99€
Gastos Generales 6%	21.139,38€
Beneficio Industrial 9%	31.709,07€
<u>Presupuesto de Ejecución de Contrata sin IVA</u>	<u>405.171,44€</u>

Como se puede observar, destaca la albañilería con un precio de 193.200,98€, siendo el precio más alto por gremio. Esto es debido a que en este sector se incluye todos los aislamientos, y el revestimiento de la fachada con placas ALUCOBOND, contando el hotel con tantos m² intervenidos el precio sube.

Las actuaciones previas y la electricidad son gastos mínimos ya que no han sido modificadas. En la primera el precio asciende por el alquiler del material para la colocación de las placas en la fachada, y en la segunda únicamente se desconecta la acometida eléctrica para algunas intervenciones, por eso el gasto es muy bajo.

Por último, a la suma de todos estos capítulos hay que añadirle los porcentajes de gastos generales y beneficio industrial, que una vez aplicados obtenemos la cantidad de 405.171,44€, siendo este el Presupuesto de Ejecución de Contrata sin IVA.

9. Conclusiones

El tema de la eficiencia energética tiene un gran interés en la actualidad, tanto por beneficios económicos como por beneficios medioambientales.

En el presente trabajo se ha estudiado el estado inicial de un complejo hotelero y se han llevado a cabo una serie de medidas para mejorar su certificación energética. Estas se han centrado en el aislamiento de la envolvente térmica para evitar fugas de los flujos de calor, que al ser una zona del Pirineo es muy importante, en sustituir las ventanas y puertas iniciales bastante mediocres en cuanto a propiedades térmicas por otras de grandes prestaciones, y por último, el cambio de las instalaciones por otras más eficientes y con uso de energías renovables.

Así pues, vemos el gran cambio en la eficiencia energética si se actúa con propiedad sobre los aspectos antes citados.

Al ser un edificio tan antiguo, fue construido con técnicas muy sencillas, sin aislantes y con menos restricciones en cuanto a normativa se refiere. Vemos por ejemplo, la cantidad de anchuras diferentes en los cerramientos, lo cual es innecesario y dificulta mucho el estudio, ya que debes realizarlo para cada uno de los tipos de cerramientos. Nos ocurre lo mismo en la tabiquería, no es ni necesario ni eficiente tener tantos tipos de tabiques, siendo que estos son particiones interiores que no intervienen en gran medida en la calificación energética, por eso decidimos no intervenir en ellos y poder ahorrar así algo de presupuesto.

En cuanto al aislante utilizado, hemos comprobado en nuestro estudio que es una opción eficiente y económica, ya que otorga buenos valores de transmitancia térmica con un precio asequible. El estudio muestra que la mejor opción de aislante es el PUR Plancha con HFC o Pentano y revestimiento impermeable a gases [$0.025 \text{ W}/[\text{mK}]$], el cual no fue utilizado ya que todos los materiales fueron encargados a una empresa de la zona para apoyar el comercio local, y no disponían de este material. Sin embargo, utilizamos el EPS Poliestireno expandido [$0,029 \text{ W}/\text{mK}$] que era la segunda mejor opción, ya que sí que disponían de él.

Debemos destacar, que aunque los mejores valores de transmitancia se consigan con 10 cm de aislante, decidimos poner algo menos ya que la pérdida de metros cuadrados nos parece un aspecto importante a tener en cuenta.

Por otra parte, las ventanas y puertas que pueden parecer a primera vista algo insignificante en nuestro estudio, juegan un papel crucial ya que al ser estas huecos en nuestras fachadas, son las principales culpables de los puentes térmicos que aparecen, los cuales intentamos disminuir o eliminar con los aislantes utilizados.

La caldera mixta de gasóleo C inicial ha sido sustituida por una caldera de biomasa, gracias a la cual el consumo energético por energía no renovable, así como las emisiones de CO₂ disminuyen considerablemente como podemos ver en el apartado Anexo III.

Aunque no se alcance el nivel máximo de eficiencia A, consideramos que es un buen resultado pasar de una eficiencia E a una eficiencia C mediante una rehabilitación. Debemos tener en cuenta que es un edificio muy antiguo y que si deseáramos un nivel de eficiencia A lo más probable es que hubiera que hacer una reconstrucción y no una rehabilitación.

En cuanto a experiencia personal mediante la realización de este proyecto, consideramos que hemos adquirido muchos conocimientos sobre el tema de la eficiencia energética, que evoluciona rápidamente y es tan importante hoy en día. También hemos aprendido sobre construcción, tema que no se trata mucho durante la carrera y el cual despierta mucho nuestro interés.

El tratarse de un proyecto real y además en un pueblo como Aínsa, ha hecho que nos enfrentemos a muchos problemas que nos pueden surgir durante la realización de un proyecto una vez entremos en el mundo laboral y que a estas alturas puedas ver un poco mejor a que te podrías dedicar en un futuro.

10.Bibliografía

- Manual de usuario de CYPETHERM HE Plus
- Ejemplo práctico de CYPETHERM HE Plus. Edificio Plurifamiliar
- Código Técnico de la Edificación (CTE)
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la energía (IDAE)
- Directiva (UE) 2018/844 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de mayo de 2018 por la que se modifica la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios y la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética
- Real Decreto 732/2019 que modifica el Código Técnico de la Edificación aprobado por Real Decreto 314/2006 del 17 de marzo
- Documento básico HE Ahorro de Energía (DB HE)
- Generador de precios de CYPE Ingenieros.
- Catálogo HISPALYT. Cerámica para construir
- Proyecto básico de ejecución de reforma parcial de Hotel Pirineos en Aínsa
- European commission