

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA
Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación



ADAPTACIÓN DE UN EDIFICIO PARA EL CUMPLIMIENTO DE LAS EXIGENCIAS DEL DOCUMENTO BASICO DB-HE



PROYECTO FINAL DE GRADO

ALUMNO: Francisco José González Martínez

Tutores: Isabel Tort Ausina y Andrea Salandin

Valencia, Junio de 2011



ÍNDICE

1. Introducción	1
2. Memoria constructiva. Definición del edificio existente.....	12
2.1 Ubicación.....	13
2.2 Distribución de la vivienda	14
2.3 Cuadro de superficies de la vivienda.....	15
2.4 Características constructivas. Materiales empleados.	16
2.5 Documentación gráfica.....	21
3. Caracterización energética y cálculo de las exigencias del edificio	24
3.1 Procedimiento de cálculo.....	25
3.2 Condiciones de partida.....	35
3.3 Cálculo de los parámetros de demanda energética	37
3.3.1 Cubierta inclinada.....	38
3.3.2 Azotea transitable.....	40
3.3.3 Cerramientos.....	41
3.3.4 Cerramientos en contacto con el terreno.....	42
3.4 Puentes térmicos.....	43
3.4.1 Puente térmico caja de persiana.....	43
3.4.2 Puente térmico en pilares.....	44



3.5. Huecos y lucernarios.....	45
3.5.1 Procedimiento de cálculo.....	45
3.5.2 Cálculo de transmitancia y factor solar de los huecos.....	47
3.6. Fichas de conformidad.....	58
3.6.1 Ficha de conformidad 1.....	58
3.6.2 Ficha de conformidad 2.....	60
3.6.3 Ficha de conformidad 3.....	61
3.7 Soluciones constructivas para los elementos de la envolvente térmica que no cumplen con el DB-HE 1.....	62
3.7.1 Cubierta inclinada de teja.....	62
3.7.2 Marcos y cristalería de la carpintería.....	64
4. Estudio de la vivienda con DesingBuilder: mejora del consumo para las instalaciones de la vivienda.....	65
4.1 Introducción.....	66
4.2 Materiales aislantes.....	66
4.3 Mejora con DesingBuilder	71
5. Conclusiones.....	88
6. Anexo I (Planos).....	91
6.1 Alzado Norte.....	92
6.2 Alzado Sur.....	93
6.3 Alzado Este.....	94
6.4 Alzado Oeste.....	95
6.5 Planta baja distribución.....	96
6.6 Planta primera distribución.....	97
6.7 Sección.....	98



7. Índice de figuras y tablas de figuras.....	99
8. Bibliografía.....	104
9. Agradecimientos.....	106



1. INTRODUCCIÓN



1. INTRODUCCIÓN

La expresión "eficiencia energética" define una adecuada administración de energía y por tanto, su ahorro, tanto económico como medioambiental. Su objetivo es, por tanto, disminuir el consumo de energía sin por ello reducir el uso del material y los equipos que funcionan gracias a ella, fomentando comportamientos, métodos de trabajo y técnicas de producción que consuman menos energía. Se trata de utilizar mejor la energía.

El incremento de la eficacia energética resulta esencial para el logro de los objetivos señalados por el Protocolo de Kioto, propicia una política energética más sostenible y constituye un elemento importante de la seguridad del abastecimiento, tema que ha suscitado inquietud en los últimos años, al menos en la Comisión Europea.

Es fundamental que la sociedad vaya reduciendo su dependencia energética de los combustibles fósiles (petróleo, gas) fomentando el uso de fuentes de energía alternativas y renovables y aprendiendo a usar la energía de forma eficiente. Y es una tarea urgente por la amenaza del cambio climático global y otros problemas ambientales y porque, a medio plazo, ya que la sociedad no puede continuar desarrollándose a partir de fuentes de energía que se van agotando.

Para mejorar la seguridad del abastecimiento energético y reducir las emisiones de gases con efecto invernadero, la eficiencia energética es tan importante como las fuentes de energía renovables. La política de fomento de las fuentes de energía renovables de la Unión Europea comenzó con la fijación de un objetivo general del 12%. Un uso eficiente de la energía implica no utilizarla en actividades innecesarias y realizarlas con el mínimo consumo de energía posible. Desarrollar tecnologías y sistemas de vida y trabajo que ahorren energía es capital para lograr un desarrollo sostenible.

En los últimos 20 años, en los países desarrollados el consumo energético ha ido disminuyendo. Se ha estimado que desde 1970 a la actualidad de media, se usa un 20% menos de la energía, en la generación de la misma cantidad de bienes. Por contra, en los países en desarrollo, aunque el consumo por persona es mucho menor que en los desarrollados, la eficiencia en el uso de energía no mejora, debido fundamentalmente a su deficiencia en tecnologías modernas. Y mejorando la eficacia energética es posible disminuir el consumo energético considerablemente (se estima que del orden del 18% para la Unión Europea). Existe una amplia gama de medios y mecanismos para lograr ahorro energético tanto en el hogar como en el transporte.



El desarrollo de las energías renovables tiene su origen en las crisis del petróleo de la década de 1970, cuando la sociedad empezó a tomar conciencia de que los recursos fósiles se agotarían algún día. Desde entonces, el problema de la energía ha ido adquiriendo mayores dimensiones.

El uso de combustibles fósiles (carbón y petróleo fundamentalmente) no se ajusta a la idea de un desarrollo sostenible. Son numerosos los efectos negativos que su uso provoca tanto en la calidad del aire como en la salud pública, además del agravante problema del calentamiento del planeta. La amenaza del cambio climático dio lugar a la firma del Protocolo de Kioto, según el cual, la UE se compromete a reducir entre 2008-2012 un 8% sus emisiones de CO₂ respecto al nivel existente en el año 1990.

La UE en un compromiso con cumplir los requisitos del Protocolo de Kioto promueve duplicar en cada país el peso de las energías renovables (energías limpias) y que éstas representen en el año 2010 el 12% de las energías utilizadas en la UE. El aprovechamiento por el hombre de las fuentes de energías renovables (especialmente la solar, eólica e hidráulica) data de muy antiguo, aunque en los últimos años, debido al incremento del precio de los combustibles fósiles y a los graves problemas medioambientales derivados de su explotación, estamos frente a un nuevo renacimiento de este tipo de energías.

Pero, bajo la denominación de energías renovables, se engloban una serie de fuentes energéticas que a veces no son nuevas, como la leña o las centrales hidroeléctricas, ni renovables en sentido estricto (geotermia), y que no siempre se utilizan de forma blanda o descentralizada, y en algunos casos, incluso su impacto ambiental puede llegar a ser importante, (por ejemplo, embalses para usos hidroeléctricos o los monocultivos de biocombustibles).

Actualmente suministran un 20% del consumo mundial y son las fuentes de energía que más están creciendo en todo el mundo, a pesar de los años de abandono y marginación a los que fueron sometidas, presentando un potencial capaz de cubrir la totalidad de la demanda energética en algunos países, como es el caso de España.

Aunque el potencial de las energías renovables es muy alto, el consumo actual de energía en las sociedades occidentales es excesivo. Por ello es necesario crear un nuevo escenario energético en el que se impulse especialmente el ahorro y la eficiencia energética. Las crisis energéticas, la degradación del medio urbano, el alarmante aumento de la desertización, el calentamiento global del planeta y la cada vez más limitada existencia de materias primas, hacen pensar que la idea de un planeta como fuente ilimitada de recursos no es correcta.

Es necesario buscar la forma de racionalizar el uso de esos recursos, economizar la energía a usar en los proyectos de los edificios, y optimizarla en los ya existentes, para cumplir con los estándares actualizados. Se hace menester buscar una metodología apta para esos fines, basándose en los parámetros encontrados en las distintas bases de datos y adecuarlos a nuestras necesidades.



El Código Técnico de la Edificación (CTE), se divide en dos partes, ambas de carácter obligatorio.

En su parte primera contiene las disposiciones y condiciones generales de aplicación de dicho CTE y las exigencias básicas que deben cumplir los edificios. Dichas exigencias básicas deberán cumplirse tanto en el proyecto como la construcción, el mantenimiento y la conservación de los edificios y sus instalaciones.

La parte segunda esta formada por los denominados Documentos Básicos, redactados para el cumplimiento de las exigencias básicas del CTE. Estos Documentos, basados en el conocimiento consolidado de las distintas técnicas constructivas se actualizarán en función de los avances técnicos y de las nuevas exigencias y demandas sociales.

Los documentos básicos contienen la caracterización de las exigencias básicas mediante el establecimiento de unos niveles límite de las prestaciones de los edificios, entendidas estas como el conjunto de características que determinan su aptitud para cumplir las exigencias básicas correspondientes.

Además de esto, también encontraremos unos procedimientos cuya utilización acredita el cumplimiento de aquellas exigencias básicas, concretados en forma de métodos de verificación o soluciones sancionadas por la práctica.

También podrán contener remisión o referencia a instrucciones, reglamentos u otras normas técnicas a los efectos de especificación y control de los materiales, métodos de ensayo y datos o procedimientos de cálculo, que deberán ser tenidos en cuenta en la redacción del proyecto del edificio y su construcción o rehabilitación.

Dichos documentos básicos son:

-DB-SE SEGURIDAD ESTRUCTURAL

Este documento básico se divide a su vez en varios documentos que resumiré a continuación:

-DB SE-AE SEGURIDAD ESTRUCTURAL- ACCIONES EN LA EDIFICACION

La función de este Documento Básico es el de la determinación de las acciones sobre los edificios, para justificar que cumplen con los requisitos de seguridad estructural (portante y estabilidad) y aptitud al servicio, establecidos en el DB-SE.

-DB SE-C SEGURIDAD ESTRUCTURAL- CIMIENTOS

El ámbito de aplicación de este DB-C es el de la seguridad estructural, capacidad portante y aptitud al servicio, de los elementos de cimentación y, en su caso, de contención de todo tipo de edificios, en relación con el terreno, independientemente de lo que afecta al elemento propiamente dicho, que se regula en los Documentos básicos relativos a la seguridad estructural de los diferentes materiales.



-DB SE-A SEGURIDAD ESTRUCTURAL-ACERO

En este DB se utiliza para justificar la seguridad de las estructuras, en sus elementos metálicos realizados con acero en edificación. No se contemplan, por tanto, aspectos propios de otros campos de la construcción.

Los aspectos relativos a la fabricación, montaje, control de calidad, conservación y mantenimiento se trata, exclusivamente, en la medida necesaria para indicar las exigencias que se deben cumplir en concordancia con las hipótesis establecidas en el proyecto de edificación.

- DB SE- F SEGURIDAD ESTRUCTURAL- FÁBRICA

El campo de aplicación de este DB es el de la verificación de la seguridad estructural de muros resistentes en la edificación realizados a partir de piezas unidas mediante mortero, como fábricas de ladrillo, bloques de hormigón o de cerámica, y fábricas de piedra.

Los aspectos relativos a la fabricación, montaje, control de calidad, conservación y mantenimiento se tratan en la medida necesaria para indicar las exigencias que se deben cumplir en concordancia con las bases de cálculo.

-DB SE-M SEGURIDAD ESTRUCTURAL- MADERA

Este documento es utilizado para la justificación de la seguridad de los elementos estructurales realizados con madera en la edificación. Dicho documento al no existir normativa en España con anterioridad, no puede aplicarse a obras de rehabilitación y las exigencias contenidas en el DB SE-m difícilmente se cumplen en la construcciones con madera ya existentes

-DB SI SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO

El ámbito de aplicación de este DB es el que se establece con carácter general para el conjunto del CTE, excluyendo los edificios que les sea aplicable el “Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales”.

Este DB no incluye exigencias dirigidas a limitar el riesgo de que se produzca un incendio relacionado con las instalaciones o los almacenamientos regulados por reglamentación específica, ya que es ésta la responsable de establecer dichas exigencias.

En las obras de reforma en las que se mantenga el uso, este DB debe aplicarse a los elementos del edificio modificados por la reforma, siempre que ello suponga una mayor adecuación a las condiciones de seguridad establecidas en este DB y en todo caso las obras de reforma no podrán ser inferiores a las condiciones de seguridad preexistentes, cuando éstas sean menos estrictas que las contempladas en este DB

-DB SU SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN

El contenido de este DB se refiere a la protección frente a los riesgos específicamente relacionados con la seguridad y salud en el trabajo, con las instalaciones y con las zonas y elementos de uso reservado a personal especializado en mantenimiento, reparaciones, etc.



Como en el conjunto del CTE, son las obras de edificación los escenarios para la aplicación de este Documento Básico, por ello los elementos del entorno del edificio a los que le son aplicables sus condiciones son aquellos que formen parte del proyecto de edificación. Se considerarán comprendidas en la edificación sus instalaciones fijas y el equipamiento propio, así como los elementos de urbanización que permanezcan adscritos al edificio. Cuando un cambio de uso afecte únicamente a parte de un edificio o cuando se realice una ampliación a un edificio existente, este DB deberá aplicarse a dicha parte. En todo caso las obras de reforma no podrán menoscabar las condiciones de seguridad de utilización preexistentes, cuando éstas sean menos estrictas que las contempladas en este DB.

-DB HS SALUBRIDAD

Este documento a su vez se divide en varias secciones que pasaré a explicar a continuación:

-HS 1- PROTECCIÓN FRENTE A LA HUMEDAD

Esta sección se aplica a los muros y los suelos que están en contacto con el terreno y a los cerramientos que están en contacto con el aire exterior (fachadas y cubiertas) de todos los edificios incluidos en el ámbito de aplicación general del CTE. Las medianerías que vayan a quedar descubiertas porque no se ha edificado en los solares colindantes o porque la superficie de las mismas excede a las de las colindantes se consideran fachadas. Los suelos de las terrazas y los balcones se consideran cubiertas.

La comprobación de la limitación de humedades de condensación superficiales e intersticiales debe realizarse según lo establecido en la Sección HE-1 Limitación de la demanda energética del DB He Ahorro de energía, y por lo tanto será objeto del presente proyecto.

-HS 2- RECOGIDA Y EVACUACIÓN DE RESIDUOS

Esta sección es aplicable a edificios de nueva construcción, tenga o no locales destinados a otros usos, en lo referente a la recogida de los residuos ordinarios generados en ellos.

Los edificios dispondrán de espacios y medios para extraer los residuos ordinarios generados en ellos de forma acorde con el sistema público de recogida de tal manera que se facilite la adecuada separación en origen de dichos residuos, la recogida selectiva de los mismos y sus posterior gestión.

-HS 3- CALIDAD DEL AIRE INTERIOR

Esta sección se aplica, en los edificios de viviendas, al interior de las mismas, los almacenes de residuos, los trasteros, los aparcamientos y garajes, y en los edificios de cualquier otro uso.



-HS 4- SUMINISTRO DE AGUA

Aplicable a la instalación de suministro de agua en los edificios incluidos en el ámbito de aplicación general del CTE. Las ampliaciones, modificaciones, reformas o rehabilitaciones de las instalaciones existentes se consideran incluidas cuando se amplía el número o la capacidad de los aparatos receptores existentes en la instalación.

-HS 5- EVACUACIÓN DE AGUAS

Utilizado para la verificación de la instalación de evacuación de aguas residuales y pluviales en los edificios incluidos en el ámbito de aplicación general del CTE. Las ampliaciones, modificaciones, reformas o rehabilitaciones de las instalaciones existentes se consideran incluidas cuando se amplía el número o la capacidad de los aparatos receptores existentes en la instalación. [1]

El DB HE “Ahorro de energía” y las condensaciones

Antes de explicar un poco los contenidos y estructura de dicho documento primero vamos a ver algunas de las diferencias más significativas con la norma anterior y ahora derogada.

Cambios con respecto a la NBE CT-79

- La diferencia fundamental es que sustituye el coeficiente KG (coeficiente global de transmisión del edificio) por la limitación de los valores de U (transmitancia térmica, antiguo coeficiente K) para cada componente, empleando unidades en Sistema Internacional (W/m^2K). También se incluyen nuevos parámetros a controlar, como el factor solar F de huecos y lucernarios, que considera la influencia de la radiación solar.
- Esto implica el abandono del control del factor de forma (volumen habitable/superficie de envolvente térmica) y permite algo más de libertad en el diseño del edificio, aunque la experiencia de aplicación de la CT-79 evidencia que los edificios más compactos son energéticamente más eficientes.
- El DB incluye en su valoración térmica no solamente los cerramientos en contacto con la atmósfera exterior sino también los cerramientos delimitadores de espacios no habitables (no calefactados). Éstos deberán aislarse de forma sistemática, a diferencia de la práctica habitual hasta ahora. En edificios de vivienda esto se extiende a las particiones interiores que limitan estancias con sistema de calefacción previsto en proyecto con las zonas comunes no calefactadas.
- Otra novedad es que hay que considerar los puentes térmicos en el cálculo de las transmitancias de los grupos de componentes constructivos.
- Por último, con respecto al control de las humedades de condensación, las comprobaciones del DB son menos exigentes que las que recogía la CT-79 (las condiciones interiores y exteriores de partida se han suavizado). [2]



El documento (DB HE) se estructura en dos partes:

1. Análisis del proceso de la condensación en los cerramientos de una vivienda según las exigencias del CTE.

La producción de condensación en un cerramiento depende de varios factores intrínsecos y extrínsecos a él, como son por ejemplo las condiciones de temperatura y de humedad relativa del exterior y del interior del edificio. Entre estas condiciones, la humedad relativa varía según sea la tasa de producción de la misma, la ventilación que exista, etc. Pero esta última variable, la ventilación, no se trata en el DB HE, sino que se desarrolla en el DB HS, donde se especifica el grado de ventilación requerido para cada tipo de local. En el DB HE se establece una humedad relativa fija que, para viviendas es del 55%.

En este análisis se trata de, con los datos reales de la ventilación tal y como vienen especificados en el DB HS e incluso con otros datos utilizando otras fuentes, estudiar las condensaciones en los cerramientos teniendo en cuenta para ello la humedad relativa consecuencia de esta ventilación.

Este análisis pretende demostrar que, al tener en cuenta la ventilación establecida en HS, la humedad relativa es menor siempre que la establecida en HE y, por lo tanto, el riesgo de condensaciones es menor, con lo que no habría que modificar la composición del cerramiento.

2. Análisis de una posible “Solución alternativa” para proporcionar soluciones adecuadas a una vivienda, que cumpla los requisitos tanto de HS como de HE. [3]

Estos dos análisis se realizan sobre un caso concreto, en el que se establecen la dimensión de la vivienda, su ocupación, la producción de humedad, el cerramiento concreto, el mes y el emplazamiento elegidos para los cálculos, para así poder determinar las condiciones de partida que afectan al proceso de la condensación, como son las condiciones interiores (humedad relativa, determinada por la producción de vapor de agua y la ventilación, y temperatura), las exteriores (humedad relativa y temperatura en enero) y las del cerramiento (transmitancia térmica).

La exigencia básica HE 1 Limitación de demanda energética responde al requisito básico HE Ahorro de energía que marca la LOE, y supone uno de los aspectos más relevantes del CTE.

Según la definición de la exigencia básica HE 1 que el CTE recoge en su artículo 15.1 de la Parte I, los edificios dispondrán de una envolvente de características tales que:

Artículo 13.1 Protección frente a la humedad

Se limitará el riesgo previsible de presencia inadecuada de agua o humedad en el interior de los edificios y en sus cerramientos como consecuencia del agua procedente de precipitaciones atmosféricas, de escorrentías, del terreno o de condensaciones, disponiendo medios que impidan su penetración o, en su caso permitan su evacuación sin producción de daños.



Artículo 15.1 Limitación de la demanda energética

Los edificios dispondrán de una envolvente de características tales que limite adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno, así como por sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, reduciendo el riesgo de aparición de humedades de condensación superficiales e intersticiales que puedan perjudicar sus características y tratando adecuadamente los puentes térmicos para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos.

Ambas exigencias confluyen en el fenómeno de las condensaciones, aunque el desarrollo en la parte II de las mismas se ha realizado en el Documento Básico "Ahorro de energía" HE, que es donde se establece el método de verificación correspondiente. [3]

Hay que recordar que el DB marca los parámetros y el procedimiento para satisfacer la exigencia básica HE 1, si bien el Código Técnico permite que el proyectista o el director de obra adopten soluciones alternativas (que se aparten total o parcialmente del DB) siempre que justifiquen documentalmente que se alcanzan prestaciones equivalentes a las definidas en el DB y previa conformidad del promotor.

También se pueden emplear soluciones recogidas en Documentos Reconocidos.

Otro aspecto relevante en el estudio de eficiencia energética es la caracterización energética de los edificios, es decir, la etiqueta energética que se le asignara según unos parámetros límite definidos.

La certificación de eficiencia energética de un edificio es el proceso por el que se verifica la conformidad de la calificación de eficiencia energética obtenida por el proyecto del edificio y por el edificio terminado, en nuestro caso después de la rehabilitación, y conduce, respectivamente, a la expedición de un certificado de eficiencia energética del proyecto y de un certificado de eficiencia energética del edificio rehabilitado.

Los datos contenidos en los certificados permiten valorar y comparar las prestaciones energéticas de los edificios en función de su envolvente térmica, instalaciones térmicas (calefacción, refrigeración, ventilación y A.C.S), condiciones de funcionamiento y ocupación.

Mediante una etiqueta de eficiencia energética, se asignará a cada edificio una Clase Energética de eficiencia, que variará desde la clase A, para los energéticamente más eficientes, a la clase G, para los menos eficientes.

El método utilizado para realizar la certificación es el método simplificado. Es un proceso que se basa en el control indirecto de la demanda energética marcando unos valores límite de los parámetros característicos de la envolvente térmica.



Se puede aplicar si se cumple simultáneamente que:

- El porcentaje de huecos en cada fachada sea inferior al 60% (excepcionalmente se admiten porcentajes superiores en fachadas de áreas inferiores al 10% del total de las fachadas del edificio).
- El porcentaje de lucernarios sea inferior al 5% de la superficie total de la cubierta.
- No se incluyan soluciones constructivas no convencionales (muros trombe, invernaderos adosados, etc.).

En las obras de rehabilitación debe adoptarse esta opción, aplicándola exclusivamente a los nuevos cerramientos.

Para emplear esta opción deben calcularse los parámetros característicos de los componentes de la envolvente térmica y sus puentes térmicos para luego comprobar las limitaciones prescritas, reflejándolo en las fichas justificativas de cálculo de parámetros. [4]

El procedimiento a utilizar en cuestión se llama “Ce2 Simplificado Viviendas”. Con este nuevo método se pueden alcanzar calificaciones energéticas D, C y B en proyecto sin necesidad de introducir el edificio en CALENER.

El Ce2 es aplicable a edificios de viviendas y permite la asignación de una clase de eficiencia energética a partir del cumplimiento por parte de los edificios afectados de unos requisitos relativos tanto a la envolvente del edificio, como a los sistemas térmicos de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria.

Este método es muy sencillo de utilizar ya que es directamente aplicable a partir de las variables y parámetros que se solicitan para justificar los requisitos de los diversos apartados del CTE-HE (requisitos mínimos de la certificación).

El Ce2 no se limita al cumplimiento estricto de los requisitos del CTE-HE sino que permite mejoras sustanciales, fundamentalmente de las calidades constructivas de la envolvente y de las prestaciones de los equipos y sistemas de producción de calor y frío. Como consecuencia directa de lo anterior, no se limita a la obtención de clases de eficiencia D o E, es decir, no existen límites en cuanto a la clase de eficiencia energética que se puede obtener, aunque está especialmente diseñado para la obtención de clases D, C y B, lo que permite al prescriptor absoluta libertad a la hora de diseñar y rehabilitar el edificio. [5]



El objetivo del presente proyecto va a ser el estudio energético de una vivienda situada en Calasparra, un pueblo de Murcia. Dicha vivienda será descrita en cuanto a emplazamiento, situación y demás parámetros necesarios para caracterizarla según su zona climática.

También se va a realizar un análisis de todos sus elementos, tanto como estructurales como envolventes, etc. Una vez realizado dicho análisis, ya se puede tener una idea clara de la vivienda objeto del estudio, se realizara el cálculo para el análisis de los parámetros energéticos de dicha vivienda según esta explicado en el DB-HE1.

También se realizará el cálculo de las condensaciones de la envolvente térmica del edificio y la comprobación de la permeabilidad al aire.

Con todos estos parámetros calculados comprobaremos los que cumplen con las exigencias del Documento Básico "Ahorro de energía" y los que no cumplan, se realizara la modificación correspondiente para cada caso en el que se calculara de nuevo el elemento en cuestión que no cumpla con las exigencias aportando soluciones constructivas para su resolución y adaptación a los valores exigidos.

Una vez realizado esto, introduciremos nuestro edificio en un programa de simulación energética llamado DESINGBUILDER, con el cual podremos introducir nuestra vivienda con sus características de la envolvente así como la zona donde se encuentra y parámetros climáticos para posteriormente obtener los consumos de energía total de nuestro edificio.

Después se introducirán varios cambios en materiales de la envolvente para que, mediante simulaciones energéticas con dicho programa, intentaremos que nuestra vivienda sea lo mas eficiente posible dentro de las posibilidades y por consecuente disminuyamos el consumo energético lo máximo posible.

Por último se realizará un estudio en el que podremos ver el ahorro energético que presenta nuestra vivienda utilizando los diferentes tipos de materiales y el ahorro económico que estos presentarían con respecto a la vivienda inicial.



2. MEMORIA CONSTRUCTIVA. DEFINICION DEL EDIFICIO EXISTENTE.

2. MEMORIA CONSTRUCTIVA, DEFINICIÓN DEL EDIFICIO EXISTENTE.

2.1. UBICACIÓN DE LA VIVIENDA

Se trata de una vivienda unifamiliar aislada situada en el municipio de Calasparra, provincia de Murcia.

El emplazamiento y la orientación de la vivienda se puede observar en la siguiente figura.

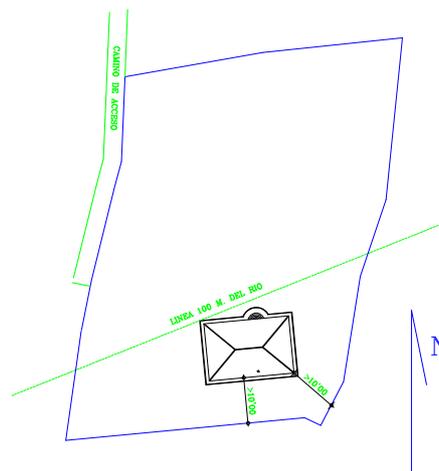


Figura 2.1. Plano de emplazamiento y situación

2.2. DISTRIBUCIÓN DE LA VIVIENDA

La vivienda se desarrolla en dos plantas siendo su superficie total construida de 173,85 m².

La planta baja dispone de un porche a la entrada, distribuidor, cocina-lavadero, despensa, salón-comedor, cuatro dormitorios, dos baños y una escalera por la que se accede a la primera planta.

La planta primera consta de una sala de estudio y un dormitorio, con acceso a la terraza.



Figura 2.2. Plano de distribución planta baja

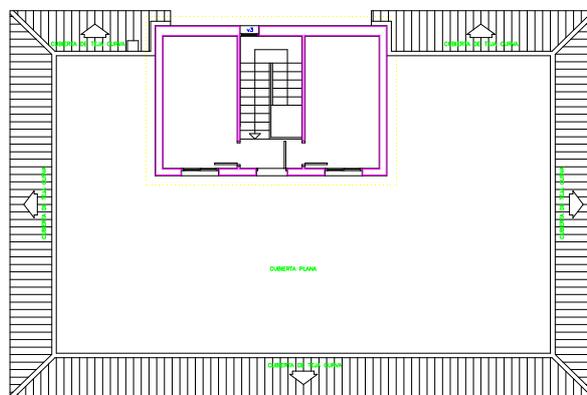


Figura 2.3. Plano de distribución planta primera



2.3 CUADRO DE SUPERFICIES CONSTRUIDAS Y ÚTILES

Todas las superficies construidas y útiles de la vivienda objeto de estudio se recogen en la siguiente tabla.

	SUPERFICIES ÚTILES (m ²)	SUPERFICIES CONSTRUIDAS (m ²)
PLANTA BAJA	152.65	173.85
Porche	40.35	
Vestíbulo	2.40	
Pasos	8.05	
Estar-comedor	28.35	
Cocina	13.50	
Despensa	3.00	
Baño 1	5.70	
Baño 2	4.55	
Dormitorio 1	10.50	
Dormitorio 2	12.25	
Dormitorio 3	12.00	
Dormitorio 4	12.00	
PLANTA PRIMERA	27.24	37.126
Sala de estudio	13.62	
Dormitorio 5	13.62	

Tabla 2.1. Tabla de superficies útiles y construidas

El Chalet se encuentra en una parcela de 5047.00 m².

2.4 CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DE LA VIVIENDA, MATERIALES EMPLEADOS.

-Cimentación:

La cimentación está realizada a base de zapatas aisladas, entrelazadas entre sí por medio de vigas centradoras y riostras.

Se apoya en terreno compuesto por arcillas semiduras, que conforman el firme. En todos los casos se coloca una capa de hormigón de limpieza y nivelación de 10cm de espesor. La estructura será un forjado sanitario.

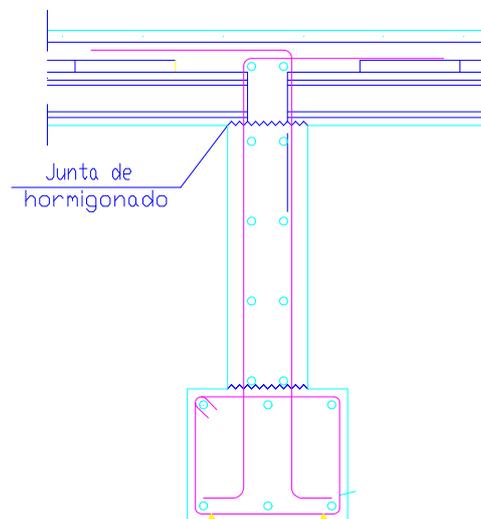


Figura 2.4. Detalle encuentro forjado sanitario cimentación

-Estructura:

La estructura se proyecta a base de pilares y jácenas de hormigón armado. Los forjados están resueltos por viguetas semirresistentes (autorresistentes en el sanitario de planta baja) prefabricadas de hormigón armado, bovedillas de hormigón y capa de compresión para el canto especificado en los planos.

-Cerramientos:

Los cerramientos están compuestos por un mortero monocapa, una hoja de 1/2 pie de ladrillo hueco revestido con mortero monocapa, como aislante 4 cm de corcho y tabicón LHD tomado con mortero de cemento de dosificación 1:6 y un enlucido de yeso.



Figura 2.5. Detalle cerramiento exterior

-Particiones interiores:

Los tabiques interiores están realizados con fábrica de ladrillo hueco del 7, con un revestimiento de yeso de 0.5 cm en ambas caras.

-Cubierta:

La vivienda consta de dos tipos de cubiertas:

a) La parte de cubierta que se describe como transitable es de tipo invertida.

Las pendientes de la cubierta se han logrado por medio de bardos cerámicos machihembrados, apoyados sobre maestras de ladrillo. Sobre este tablero, una capa de mortero 1:6 y tela asfáltica para conseguir la impermeabilización deseada. El aislamiento utilizado es por medio de una capa de poliestireno extruido de 3 cm de espesor, lámina de polietileno y las baldosas del pavimento tomadas con mortero de cemento.

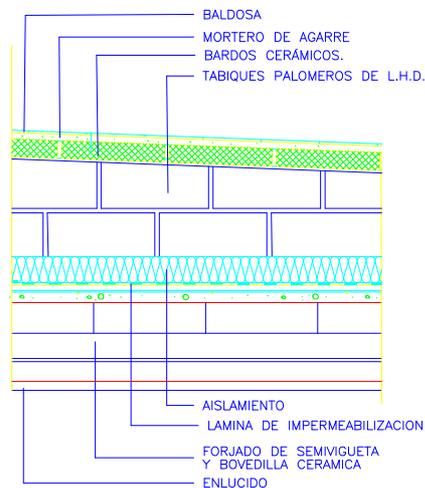


Figura 2.6. Detalle azotea

b) La cubierta en el tramo donde se resuelve como inclinada, los faldones se consiguen por medio de tablero de bardos apoyados sobre tabicones, y la colocación de la teja cerámica se realiza sobre una capa de compresión, tomada con mortero pobre.

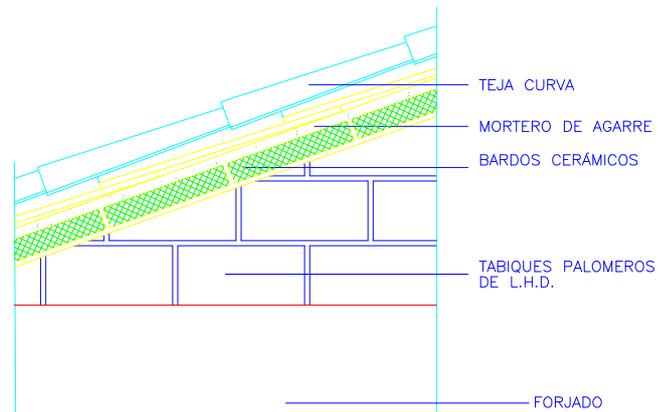


Figura 2.7 Detalle de tejadillo perimetral



-Suelos:

El suelo de las habitaciones húmedas está compuesto por losetas cerámicas de 30x30 cm sobre capa nivelada de arena de miga, recibida con mortero de cemento de dosificación 1:6 con rodapié de similares características.

El suelo de las demás habitaciones está compuesto por losetas cerámicas de gran formato, sobre capa nivelada de arena de miga, recibido con mortero de cemento de dosificación 1:6 y con un rodapié adecuado a sus características.

-Ventanas:

Los vidrios son del tipo doble acristalamiento, con una cámara de aire estanca (4+9+4) sobre carpintería abatible de aluminio.

-Puerta de acceso:

La puerta de acceso a la vivienda es blindada con cerradura de seguridad.

2.5 DOCUMENTACIÓN GRÁFICA









3. CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA Y CÁLCULO DE LAS EXIGENCIAS DEL EDIFICIO.



3. CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA Y CÁLCULO DE LAS EXIGENCIAS DEL EDIFICIO

3.1 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

El procedimiento de aplicación mediante la opción simplificada es el siguiente:

a) determinación de la zonificación climática según el apartado 3.1.1 (DB-HE).

Calasparra, Murcia : C2

b) clasificación de los espacios del edificio según el apartado 3.1.2(DB-HE).

Espacios con baja carga interna

Espacios de clase de higrometría 3 o inferior

c) definición de la envolvente térmica y cerramientos objeto según el apartado 3.2.1.3 (DB-HE).

La envolvente térmica de nuestro edificio queda definida de la siguiente manera:

- 1._Cubierta inclinada de teja cerámica
- 2._Cubierta plana transitable
- 3._Cerramiento de fachada
- 4._Solera

d) comprobación del cumplimiento de las limitaciones de permeabilidad al aire establecidas en el apartado 2.3(DB-HE), de las carpinterías de los huecos y lucernarios de la envolvente térmica.

La permeabilidad al aire de las carpinterías, medida con una sobrepresión de 100 Pa, será inferior a $27 \text{ m}^3/\text{h m}^2$ para la zona climática C.

e) cálculo de los parámetros característicos de los distintos componentes de los cerramientos y particiones interiores según el apéndice E(DB-HE).

f) limitación de la demanda energética:

1) comprobación de que cada una de las transmitancias térmicas de los cerramientos y particiones interiores que conforman la envolvente térmica es inferior al valor máximo indicado en la tabla 2.1 (DB-HE).



2) cálculo de la media de los distintos parámetros característicos para la zona con baja carga interna y la zona de alta carga interna del edificio según el apartado 3.2.2.1 (DB-HE).

3) comprobación de que los parámetros característicos medios de la zona de baja carga interna y la zona de alta carga interna son inferiores a los valores límite de las tablas 2.2, como se describe en el apartado 3.2.2.2 (DB-HE).

4) en edificios de vivienda, limitación de la transmitancia térmica de las particiones interiores que separan las unidades de uso con las zonas comunes del edificio, según el apartado 2.1. (DB-HE).

g) control de las condensaciones intersticiales y superficiales según el apartado 3.2.3 (DB-HE).

Para la comprobación de las condensaciones, los cálculos se han realizado en la misma tabla en la cual están las transmitancias de la envolvente térmica del edificio de manera que explicaré brevemente el procedimiento para su verificación.

CALCULO DE LAS CONDENSACIONES (APARTADO 2.2 DB-HE)

1. Las condensaciones superficiales en los cerramientos y particiones interiores que componen la envolvente térmica del edificio, se limitarán de forma que se evite la formación de mohos en su superficie interior. Para ello, en aquellas superficies interiores de los cerramientos que puedan absorber agua o susceptibles de degradarse y especialmente en los puentes térmicos de los mismos, la humedad relativa media mensual en dicha superficie será inferior al 80%.

2. Las condensaciones intersticiales que se produzcan en los cerramientos y particiones interiores que componen la envolvente térmica del edificio serán tales que no produzcan una merma significativa en sus prestaciones térmicas o supongan un riesgo de deterioro o pérdida de su vida útil. Además, la máxima condensación acumulada en cada periodo anual no será superior a la cantidad de evaporación posible en el mismo periodo.

Para el cálculo de las condensaciones de los cerramientos es necesario saber de antemano los datos de las condiciones interiores y exteriores de los cerramientos debido a que las condensaciones dependen de los datos de temperaturas interiores y exteriores donde se ubique la vivienda.

Condiciones exteriores para el cálculo:

1. Se tomarán como temperatura exterior y humedad relativa exterior los valores medios mensuales de la localidad donde se ubique el edificio.

2. Para las capitales de provincia, los valores que se usarán serán los contenidos en la tabla G.2

Localidad		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
14.3	Tmed	10.6	11.4	12.6	14.5	17.4	21	23.9	24.6	22.5	18.7	14.3	11.3
	HRmed	72	69	69	68	70	71	72	74	73	73	73	73

Tabla 3.1 humedad relativa y temperatura media para la localidad de la vivienda



3. En el caso de localidades que no sean capitales de provincia (como es nuestro caso) y que no dispongan de registros climáticos contrastados, se supondrá que la temperatura exterior es igual a la de la capital de provincia correspondiente minorada en 1 °C por cada 100 m de diferencia de altura entre ambas localidades.

La humedad relativa para dichas localidades se calculará suponiendo que su humedad absoluta es igual a la de su capital de provincia.

4. El procedimiento a seguir para el cálculo de la humedad relativa de una cierta localidad a partir de los datos de su capital de provincia es el siguiente:

1) cálculo de la presión de saturación de la capital de provincia P_{sat} en (Pa), a partir de su temperatura exterior para el mes de cálculo en [°C], según el apartado G.3.1:

Apartado G.3.1:

La presión de vapor de saturación se calculará en función de la temperatura, a partir de las siguientes ecuaciones:

- Si la temperatura (θ) es mayor o igual a 0 °C: $P_{sat}=610,5 \cdot e^{17,269 \cdot \theta / 237,3 + \theta}$

- Si la temperatura (θ) es menor que 0 °C: $P_{sat}=610,5 \cdot e^{21,875 \cdot \theta / 265,5 + \theta}$

2) cálculo de la presión de vapor de la capital de provincia P_e en [Pa], mediante la expresión:

$$P_e = \Phi_e \cdot P_{sat}(\Phi_e)$$

Donde:

Φ_e es la humedad relativa exterior para la capital de provincia y el mes de cálculo [en tanto por 1].

3) Cálculo de la presión de saturación de la localidad $P_{sat,loc}$ en [Pa], según el apartado G.3.1, siendo ahora θ la temperatura exterior para la localidad y el mes de cálculo en [°C].

4) Cálculo de la humedad relativa para dicha localidad y mes, mediante:

$$\Phi_{e,loc} = P_e / P_{Sat,loc} (\Phi_{e,loc})$$



CONDICIONES INTERIORES (APARTADO G.1.2(DB-HE))

Para realizar el cálculo de condensaciones superficiales, lo haremos de la siguiente manera:

Tomaremos la temperatura ambiente interior igual a 20C° para el mes de enero.

En el caso de que se conozca el ritmo de producción de la humedad interior, y la tasa de renovación de aire, se podrá calcular la humedad relativa interior del mes de enero mediante el método descrito en el apartado G.3.2 (DB-HE).

Si se dispone del dato de humedad relativa interior y ésta se mantiene constante, debido por ejemplo a un sistema de climatización, se podrá utilizar dicho dato en el cálculo añadiéndole 0.05 como margen de seguridad.

Para el cálculo de condensaciones intersticiales se realizará:

En ausencia de datos más precisos, se tomará una temperatura del ambiente interior igual a 20C° para todos los meses del año, y una humedad relativa del ambiente interior en función de la clase de higrometría del espacio. Para una clase de higrometría 3 o inferior la humedad relativa interior es de 55%.

Si no se disponen de los datos de temperatura interior y de humedad relativa interior, se podrán utilizar dichos datos en el cálculo añadiéndole 0.05 a la humedad relativa como margen de seguridad.

CONDENSACIONES SUPERFICIALES

Para la comprobación de las condensaciones superficiales lo haremos comparando el factor de temperatura de la superficie interior fR_{si} con el factor de temperatura de la superficie interior mínimo $fR_{si,min}$ para las condiciones interiores y exteriores correspondientes al mes de enero y especificadas en el apartado G.1 del DB HE “ Ahorro de energía”.

De igual modo para la comprobación de la limitación de condensaciones superficiales en los cerramientos y puentes térmicos se debe comprobar que el factor de temperatura de la superficie interior es superior al factor de temperatura de la superficie interior mínimo.

Este factor se podrá obtener a partir de la tabla 3.2 en función del tipo de espacio, clasificado según el apartado 3.1.2 (DB-HE) y la zona climática donde se encuentre el edificio.

El cumplimiento de los valores de transmitancia máxima de la tabla 2.1 (DB-HE), aseguran, para los cerramientos y particiones interiores de los espacios de clase de

higrometría 4 o inferior, la verificación de la condición anterior. No obstante, debe comprobarse en los puentes térmicos.

Categoría del espacio	ZONAS	ZONAS	ZONAS	ZONAS	ZONAS
	A	B	C	D	E
Clase de higrometría 5	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9
Clase de higrometría 4	0.66	0.66	0.69	0.75	0.78
Clase de higrometría 3 o inferior a 3	0.5	0.52	0.56	0.61	0.64

Tabla 3.2 valores de transmitancia máxima en W/m²k

En el caso de que dispusiéramos de información suficiente, el factor de temperatura de la superficie interior mínimo podrá calcularse mediante el método descrito en el apartado G.2.1.2 bajo las condiciones interiores y exteriores correspondientes al mes de enero de la localidad.

El cálculo del factor de temperatura superficial correspondiente a cada cerramiento o puente térmico se realizará según la metodología descrita en el apartado G.2.1.1.

Estarán exentos de la comprobación aquellas particiones interiores que linden con espacios no habitables donde se prevea escasa producción de vapor de agua, así como los cerramientos en contacto con el terreno.

Factor de temperatura de la superficie interior de un cerramiento (apdo. G.2.1.1)

1. El factor de temperatura de la superficie interior f_{Rsi} , para cada cerramiento, partición interior, o puentes térmicos integrados en los cerramientos, se calculará a partir de su transmitancia térmica mediante la siguiente ecuación:

$$f_{Rsi}=1-U \cdot 0,25$$

Siendo

U la transmitancia térmica del cerramiento, partición interior, o puente térmico integrado en el cerramiento calculada por el procedimiento descrito en el apartado E.1 (DB-HE) [W/m² K].



2. El factor de temperatura de la superficie interior f_{Rsi} para los puentes térmicos formados por encuentros de cerramientos se calcularán aplicando los métodos descritos en las normas UNE EN ISO 10 211-1:1995 y UNE EN ISO 10 211-2:2002. Se podrán tomar por defecto los valores recogidos en Documentos Reconocidos.

Como se dijo anteriormente, el cumplimiento de transmitancia máxima asegura la ausencia de condensaciones superficiales en los cerramientos de espacios de clase de higrometría 4 o inferior, pero tendría que comprobarse en los puentes térmicos.

A continuación comprobamos que nuestros cerramientos cumplirían las condiciones y no presentarían condensaciones superficiales.

Según la tabla 3.2(DB-HE), y para una clase de higrometría 3 o inferior, como es nuestro caso, el factor de temperatura de la superficie interior mínimo $f_{Rsi,min}$ es 0,52. Comprobamos que en cada uno de los cerramientos que componen la envolvente térmica de nuestra vivienda, la temperatura de la superficie interior f_{Rsi} es superior a la temperatura de la superficie interior mínima.

CONDENSACIONES INTERSTICIALES

El procedimiento para la comprobación de la formación de condensaciones intersticiales se basa en la comparación entre la presión de vapor y la presión de vapor de saturación que existe en cada punto intermedio de un cerramiento formado por diferentes capas, para las condiciones interiores y exteriores correspondientes al mes de enero y especificadas en el apartado G.1 del DB HE "Ahorro de energía".

Para que no se produzcan condensaciones intersticiales se debe comprobar que la presión de vapor en la superficie de cada capa es inferior a la presión de vapor de saturación.

De este modo para cada cerramiento objeto se calculará, según el apartado G.2.2:

- a) la distribución de temperaturas;
- b) la distribución de presiones de vapor de saturación para las temperaturas antes calculadas;
- c) la distribución de presiones de vapor.

Estarán exentos de la comprobación aquellos cerramientos en contacto con el terreno y los cerramientos que dispongan de barrera contra el paso de vapor de agua en la parte caliente del cerramiento. Para particiones interiores en contacto con espacios no habitables en los que se prevea gran producción de humedad, se colocará la barrera de vapor en el lado de dicho espacio no habitable.



En caso de que se produzcan condensaciones intersticiales en una capa distinta a la de aislamiento, se deberá comprobar que la cantidad de agua condensada es superior a la cantidad de agua evaporada posible en el mismo periodo.

Para ello, se repetirá el procedimiento descrito anteriormente, pero para cada mes del año a partir de los datos climáticos del apartado G.1 y se calculará en cada uno de ellos y para cada capa de material, la cantidad de agua condensada o evaporada según el proceso descrito en el apartado 6 de la norma UNE EN ISO 13788:2002.

Salvo expresa justificación en el proyecto, se considerará nula la cantidad de agua condensada admisible en los materiales aislantes.

DISTRIBUCIÓN DE LA TEMPERATURA

La distribución de temperaturas a lo largo del espesor de un cerramiento formado por varias capas depende de las temperaturas del aire a ambos lados de la misma, así como de las resistencias térmicas superficiales interior R_{si} y exterior R_{se} , y de las resistencias térmicas de cada capa ($R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$).

El procedimiento a seguir para el cálculo de la distribución de temperaturas es el siguiente:

1. cálculo de la resistencia térmica total del elemento constructivo mediante la expresión (E.2).
2. cálculo de la temperatura superficial exterior θ_{se} :

$$\theta_{se} = \theta_e + R_{se}/R_T \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

Siendo:

$-\theta_e$ la temperatura exterior de la localidad en la que se ubica el edificio según G.1.1 correspondiente a la temperatura media del mes de enero [°C].

$-\theta_i$ la temperatura interior definida en el apartado G.1.2.2 [°C]; R_T la resistencia térmica total del componente constructivo obtenido mediante la expresión (E.2) [$m^2 K/W$]

$-R_{se}$ la resistencia térmica superficial correspondiente al aire exterior, tomada de la tabla E.1 de acuerdo a la posición del elemento constructivo, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio [$m^2 K/W$].



3. cálculo de la temperatura en cada una de las capas que componen el elemento constructivo según las expresiones siguientes:

$$\theta_1 = \theta_{se} + R_1/R_T \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$$\theta_2 = \theta_1 + R_2/R_T \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$$\theta_n = \theta_{n-1} + R_n/R_T \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

Siendo:

θ_{se} la temperatura superficial exterior [$^{\circ}\text{C}$];

θ_e la temperatura exterior de la localidad en la que se ubica el edificio obtenida del apartado G.1.1 correspondiente a la temperatura media del mes de enero [$^{\circ}\text{C}$]

θ_i la temperatura interior definida en el apartado G.1.2.2 [$^{\circ}\text{C}$]

$\theta_1 \dots \theta_{n-1}$ la temperatura en cada capa [$^{\circ}\text{C}$].

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

R_T la resistencia térmica total del componente constructivo, calculada mediante la expresión (E.2) [$\text{m}^2 \text{K/ W}$]

4. cálculo de la temperatura superficial interior θ_{si} :

$$\theta_{si} = \theta_n + R_{si}/R_T \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

siendo:

θ_e La temperatura exterior de la localidad en la que se ubica el edificio obtenida del apartado G.1.1 correspondiente a la temperatura media del mes de enero [$^{\circ}\text{C}$]

θ_i la temperatura interior definida en el apartado G.1.2.2 [$^{\circ}\text{C}$]

θ_n La temperatura en la capa n [$^{\circ}\text{C}$];

R_{si} la resistencia térmica superficial correspondiente al aire interior, tomada de la tabla E.1 de acuerdo a la posición del elemento constructivo, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio [$\text{m}^2 \text{K/W}$].

R_T la resistencia térmica total del componente constructivo calculada mediante la expresión (E.2) [$\text{m}^2 \text{K/ W}$]



Se considerará que la distribución de temperaturas en cada capa es lineal.

DISTRIBUCIÓN DE LA PRESIÓN DE SATURACIÓN

Se determinará la distribución de la presión de vapor de saturación a lo largo de un muro formado por varias capas, a partir de la distribución de temperaturas obtenida anteriormente, mediante las expresiones indicadas en el apartado G.3.1.

DISTRIBUCIÓN DE LA PRESIÓN DE VAPOR

1. La distribución de presión de vapor a través del cerramiento se calculará mediante las siguientes expresiones:

$$P_1 = P_e + S_{d1} / \sum S_{dn} \cdot (P_i - P_e)$$

$$P_2 = P_1 + S_{d2} / \sum S_{dn} \cdot (P_i - P_e)$$

$$P_n = P_{n-1} + S_{d(n-1)} / \sum S_{dn} \cdot (P_i - P_e)$$

Siendo:

-**P_i** la presión de vapor del aire interior [Pa]

-**P_e** la presión de vapor del aire exterior [Pa]

-**P₁ ...P_{n-1}** la presión de vapor en cada capa n [Pa]

-**S_{d1} ...S_{d(n-1)}** el espesor de aire equivalente de cada capa frente a la difusión del vapor de agua, calculado mediante la siguiente expresión [m];

$$S_{dn} = e_n \cdot \mu_n$$

Donde:

-**μ_n** es el factor de resistencia a la difusión del vapor de agua de cada capa, calculado a partir de valores térmicos declarados según la norma UNE EN ISO 10 456: 2001 o tomado de Documentos Reconocidos;

-**e_n** es el espesor de la capa n [m].



2. La distribución de presiones de vapor a través del cerramiento se puede representar gráficamente mediante una línea recta que una el valor de P_i con P_e , dibujado sobre la sección del cerramiento utilizando los espesores de capa equivalentes a la difusión de vapor de agua, S_{dn} (véase figura G.1)

3. Para el cálculo analítico de P_i y de P_e , en función de la temperatura y de la humedad relativa, se utilizará la siguiente expresión:

$$P_i = \Phi_i / P_{\text{Sat}, i} (\Phi_i)$$

$$P_e = \Phi_e / P_{\text{Sat}, e} (\Phi_e)$$

Siendo:

- Φ_i la humedad relativa del ambiente interior definida en el apartado G.1.2.2 [en tanto por 1]

- Φ_e la humedad relativa del ambiente exterior definida en el apartado G.1.1 [en tanto por 1].

Una vez explicado todo el procedimiento para la realización de las comprobaciones de nuestra vivienda, se definirá las condiciones de partida para el estudio y los cálculos realizados.



3.2 CONDICIONES DE PARTIDA

Introduciendo los datos relativos a nuestra vivienda objeto de estudio vamos a comprobar que nuestra vivienda cumple con todos los requisitos para poder aplicar el Método Simplificado.

Aplicabilidad del método						
Fachadas						
	S. Muros (m ²)	S. Huecos(m ²)	S. Total(m ²)	% huecos		
N	64,22	31,2	95,42	33%	≤	60%
E	47,4	5,15	52,55	10%	≤	
SE	0	0		0%	≤	
S	85,84	7,6	93,44	8%	≤	
SO	0	0		0%	≤	
O	47,4	0	47,4	0%	≤	
TOTAL	244,86	43,95	288,81	15%	≤	
Cubiertas						
	S. cubierta(m ²)	S. Huecos(m ²)	S. Total(m ²)	% huecos		
C	165,5	0	165,5	0%	≤	5%
Es de aplicación el Método Simplificado						
Datos previos						
Zona Climática	Capital de provincia:	Murcia		C		
	Capital provincia	B3	Localidad	C2		
Altitud sobre el nivel del mar (m)	hCapital	25	hLocalidad	341		
			Δh(m)=	316		
Temperatura media enero	Cap provincia	10,6°C		7,6°C		
Humedad relativa media en enero						
	HR med enero Capital	72%	Psat (Pa)=	1276		
	Pe=	Hr · Psat	919	Psatloc(Pa)=	1042	
				HR loc=	88%	
Clasificación de los espacios 3.1.2						
						Baja carga interna
Espacios en los que se disipa poco calor... edificios de viviendas y aquellas zonas o espacios de						
Clase higrométrica interior 3.1.2						
Espacios en los que						3
no se prevea una altaproducción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios						
Humedad relativa interior según G.1.2.2			HR int	55%		
Temperatura interior según G,1,2,2			Tint	20,0°C		
			Psat(Pa)	2335		
Factor de temperatura superficial mínimo Tabla 3,2			fR _{smín}	0,56		
Envolvente térmica						ZONAS C
definir gráficamente la envolvente termica para cumplimetar la ficha 1						
Cumplimiento limitaciones permeabilidad al aire de las carpinterías						
						HE-1 art.2.3
Las carpinterías tendran la siguiente permeabilidad al aire medida con una sobrepesión de 100 Pa						
Zona C2	permeabilidad <					27m ³ /hm ²

Tabla.3.3 Condiciones de partida



3.3 CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS DE DEMANDA ENERGÉTICA

A continuación se detalla el cálculo de la transmitancia térmica y la comprobación de las condensaciones de los elementos que forman la envolvente térmica de nuestra vivienda. . Introduciendo los datos relativos a los materiales y sus características obtendremos la transmitancia térmica así como la temperatura de cada capa y podremos comprobar si las condensaciones nos cumplirán o no con lo especificado en el CTE.

3.3.1. CUBIERTA INCLINADA DE TEJA

A continuación se detallan los cálculos de la cubierta inclinada de teja que se encuentra en el perímetro de la planta primera así como en el tejado de planta primera.

Forj-PB		Forjado de planta primera, formado por forjado unidireccional de hormigón armado de 30cm de canto.			
Posición del cerramiento y sentido del flujo del calor		Cerramiento horizontal / Flujo ascendente			
		e metros	lamda W/mK	R m ² K/W	R m ² K/W
Rse					0,040
	Forjado unidireccional bovedillas de hormigón	0,3	0,150	0,150	
Rsi					0,100
Resistencia térmica	Rt = Suma Ri			m ² K/W	0,290
Transmitancia	U = 1 / Rt			W/m ² K	3,448

Tabla 3.4. Transmitancia forjado unidireccional de planta primera

Para la transmitancia térmica de la cubierta inclinada de teja, hemos obtenido que la transmitancia térmica del forjado unidireccional de bovedillas de hormigón es de 3,448 w/m²k.

El coeficiente de reducción de temperatura b para espacios adyacentes no habitables (trasteros, despensas, garajes adyacentes...) y espacios no acondicionados bajo cubierta inclinada se podrá obtener de la tabla E.7 en función de la situación del aislamiento térmico, del grado de ventilación del espacio y de la relación de áreas entre la partición interior y el cerramiento (A_{iu}/A_{ue}). Los valores intermedios se pueden obtener por interpolación lineal.

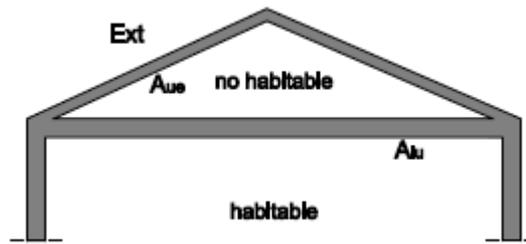


Figura 3.1 Posición aislamiento en cubierta

En nuestro caso no se dispone de ningún aislamiento en la cubierta.

$$A_{iu} = 29,25 \text{ m}^2$$

$$A_{ue} = 55,92 \text{ m}^2$$

$A_{iu} / A_{ue} = 0,52$ con lo que obtenemos que el coeficiente de reducción $b = 0,77$ por lo tanto

$$U = U_p \cdot b \quad U = 3,448 \cdot 0,77 = 2,65 \text{ W/m}^2\text{k}$$

3.3.2. AZOTEA TRANSITABLE.

Cálculo de la transmitancia térmica y comprobación de condensaciones de la parte de cubierta transitable a la que da acceso las habitaciones de planta primera.

Azotea transitable	La parte de cubierta que se describe como transitable es de tipo invertida. Esta compuesta por las pendientes de la cubierta que se han logrado por medio de bardos cerámicos machihembrados, apoyados sobre maestras de ladrillo. Sobre este tablero, una capa de mortero 1:6 y tela asfáltica para conseguir la impermeabilización deseada. El aislamiento utilizado esta realizado por medio de una capa de poliestireno extruido de 4 cm de espesor, lámina de polietileno y las	Comprobación condensaciones																																																																																																																																																						
Posición del cerramiento y sentido del flujo del calor <input type="text" value="Cerramiento horizontal / Flujo ascendente"/>		Intersticiales																																																																																																																																																						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>e metros</th> <th>lamda W/mK</th> <th>R m2K/W</th> <th>Ri m2K/W</th> <th>Tª</th> <th>Psat</th> <th>μ</th> <th>Sdn</th> <th>Pn</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Rse</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0,040</td> <td>7,6</td> <td>1042</td> <td></td> <td></td> <td>919,1</td> </tr> <tr> <td>pavimento cerámico</td> <td>0,015</td> <td>1,000</td> <td></td> <td>0,015</td> <td>7,8</td> <td>1060</td> <td></td> <td></td> <td>919,1</td> </tr> <tr> <td>Mortero de cemento y arena d=1500kp/m3</td> <td>0,03</td> <td>0,800</td> <td></td> <td>0,038</td> <td>7,9</td> <td>1066</td> <td>30</td> <td>0,45</td> <td>920,0</td> </tr> <tr> <td>Mortero de cemento</td> <td>0,03</td> <td>1,000</td> <td></td> <td>0,030</td> <td>8,1</td> <td>1082</td> <td>10</td> <td>0,30</td> <td>920,6</td> </tr> <tr> <td>Aislamiento térmico XPS</td> <td>0,04</td> <td>0,036</td> <td>1,110</td> <td>1,110</td> <td>8,3</td> <td>1095</td> <td>10</td> <td>0,30</td> <td>921,2</td> </tr> <tr> <td>Camara de aire</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0,000</td> <td>14,9</td> <td>1695</td> <td>20</td> <td>0,80</td> <td>922,9</td> </tr> <tr> <td>Lámina asfáltica</td> <td>0,003</td> <td>0,190</td> <td>0,523</td> <td>0,523</td> <td>14,9</td> <td>1695</td> <td>0</td> <td>0,05</td> <td>923,0</td> </tr> <tr> <td>bardos cerámicos</td> <td>0,04</td> <td>0,490</td> <td>0,081</td> <td>0,081</td> <td>18,0</td> <td>2065</td> <td>50000</td> <td>150,00</td> <td>1230,2</td> </tr> <tr> <td>Forjado unidireccional, bovedillas de hormigón</td> <td>0,3</td> <td>0,570</td> <td>0,150</td> <td>0,150</td> <td>18,5</td> <td>2129</td> <td>60</td> <td>2,40</td> <td>1235,1</td> </tr> <tr> <td>Rsi</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0,100</td> <td>19,4</td> <td>2251</td> <td>80</td> <td>24,00</td> <td>1284,3</td> </tr> <tr> <td>Resistencia térm</td> <td colspan="3">Rt = Suma Ri</td> <td>m2K/W</td> <td>22,0</td> <td>2639</td> <td></td> <td></td> <td>1284,3</td> </tr> <tr> <td>Transmitancia</td> <td colspan="3">U = 1 / Rt</td> <td>W/m2K</td> <td>20,0</td> <td>2335</td> <td></td> <td></td> <td>178 1284,3</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Condensaciones intersticiales Psat ≥ Pn</td> <td colspan="6">INTERSTICIALES CUMPLE</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Condensaciones superficiales fRsi = 1-U·0,25 ≥ fRsimin</td> <td>0,88</td> <td>≥</td> <td>0,560</td> <td colspan="3">SUPERFICIALES CUMPLE</td> </tr> </tbody> </table>		e metros	lamda W/mK	R m2K/W	Ri m2K/W	Tª	Psat	μ	Sdn	Pn	Rse				0,040	7,6	1042			919,1	pavimento cerámico	0,015	1,000		0,015	7,8	1060			919,1	Mortero de cemento y arena d=1500kp/m3	0,03	0,800		0,038	7,9	1066	30	0,45	920,0	Mortero de cemento	0,03	1,000		0,030	8,1	1082	10	0,30	920,6	Aislamiento térmico XPS	0,04	0,036	1,110	1,110	8,3	1095	10	0,30	921,2	Camara de aire				0,000	14,9	1695	20	0,80	922,9	Lámina asfáltica	0,003	0,190	0,523	0,523	14,9	1695	0	0,05	923,0	bardos cerámicos	0,04	0,490	0,081	0,081	18,0	2065	50000	150,00	1230,2	Forjado unidireccional, bovedillas de hormigón	0,3	0,570	0,150	0,150	18,5	2129	60	2,40	1235,1	Rsi				0,100	19,4	2251	80	24,00	1284,3	Resistencia térm	Rt = Suma Ri			m2K/W	22,0	2639			1284,3	Transmitancia	U = 1 / Rt			W/m2K	20,0	2335			178 1284,3	Condensaciones intersticiales Psat ≥ Pn				INTERSTICIALES CUMPLE						Condensaciones superficiales fRsi = 1-U·0,25 ≥ fRsimin				0,88	≥	0,560	SUPERFICIALES CUMPLE			
	e metros	lamda W/mK	R m2K/W	Ri m2K/W	Tª	Psat	μ	Sdn	Pn																																																																																																																																															
Rse				0,040	7,6	1042			919,1																																																																																																																																															
pavimento cerámico	0,015	1,000		0,015	7,8	1060			919,1																																																																																																																																															
Mortero de cemento y arena d=1500kp/m3	0,03	0,800		0,038	7,9	1066	30	0,45	920,0																																																																																																																																															
Mortero de cemento	0,03	1,000		0,030	8,1	1082	10	0,30	920,6																																																																																																																																															
Aislamiento térmico XPS	0,04	0,036	1,110	1,110	8,3	1095	10	0,30	921,2																																																																																																																																															
Camara de aire				0,000	14,9	1695	20	0,80	922,9																																																																																																																																															
Lámina asfáltica	0,003	0,190	0,523	0,523	14,9	1695	0	0,05	923,0																																																																																																																																															
bardos cerámicos	0,04	0,490	0,081	0,081	18,0	2065	50000	150,00	1230,2																																																																																																																																															
Forjado unidireccional, bovedillas de hormigón	0,3	0,570	0,150	0,150	18,5	2129	60	2,40	1235,1																																																																																																																																															
Rsi				0,100	19,4	2251	80	24,00	1284,3																																																																																																																																															
Resistencia térm	Rt = Suma Ri			m2K/W	22,0	2639			1284,3																																																																																																																																															
Transmitancia	U = 1 / Rt			W/m2K	20,0	2335			178 1284,3																																																																																																																																															
Condensaciones intersticiales Psat ≥ Pn				INTERSTICIALES CUMPLE																																																																																																																																																				
Condensaciones superficiales fRsi = 1-U·0,25 ≥ fRsimin				0,88	≥	0,560	SUPERFICIALES CUMPLE																																																																																																																																																	

Tabla.3.5 Cálculo de la azotea transitable

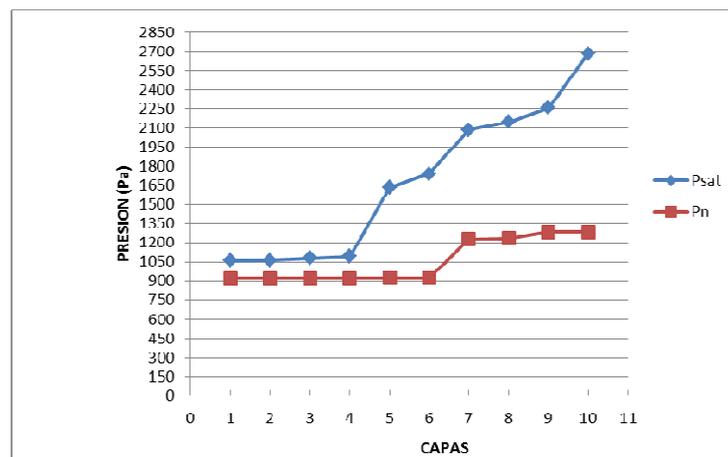


Figura.3.2 Condensaciones azotea transitable

3.3.3. TRANSMITANCIA TÉRMICA DE LOS CERRAMIENTOS

Cálculo de la transmitancia térmica y comprobación de condensaciones del cerramiento exterior, que es igual en todas las fachadas de nuestra vivienda.

Cerramientos		Comprobación condensaciones	
Cerramiento compuesto por un mortero monocapa, una hoja exterior de 1/2 pie de ladrillo hueco, un enfoscado de mortero de cemento, 4 cm de corcho y una hoja interior de ladrillo hueco de 7cm con un revestimiento de 15mm			
Posición del cerramiento y sentido del flujo del calor Paramento vertical / Flujo horizontal		Intersticiales	
	e lamda R R	Tª Psat μ Sdn Pn	
	metros W/mK m2K/W m2K/W		
Rse			
monocapa	0,015 1,400 0,011	0,011 8,0 1074 0 0,00 919,1	
Medio pie de ladrillo hueco	0,115 0,600 0,180	0,180 9,6 1191 10 1,15 1064,9	
Enfoscado de mortero de cemento	0,015 1,400 0,011	0,011 9,7 1199 10 0,15 1083,9	
Camara de aire	sin cámara 2cm vertical	0,000 9,7 1199 1 0,02 1086,5	
Aislamiento de corcho	0,04 0,045	0,889 17,2 1965 20 0,80 1187,9	
hoja interior de ladrillo hueco del 7	0,07 0,490 0,143	0,143 18,5 2122 10 0,70 1276,7	
Guarnecido y enlucido de yeso	0,015 0,570 0,050	0,050 18,9 2180 4 0,06 1284,3	
Rsi			
Resistencia térmica	Rt = Suma Ri	m2K/W 1,454	20,0 2335 3 1284,3
Transmitancia	U = 1 / Rt	W/m2K 0,703	
Condensaciones intersticiales Psat ≥ Pn		INTERSTICIALES CUMPLE	
Condensaciones superficiales fRsi = 1-U·0,25 ≥ fRsimin		0,82 ≥ 0,560	SUPERFICIALES CUMPLE

Tabla.3.6 Calculo de los cerramientos

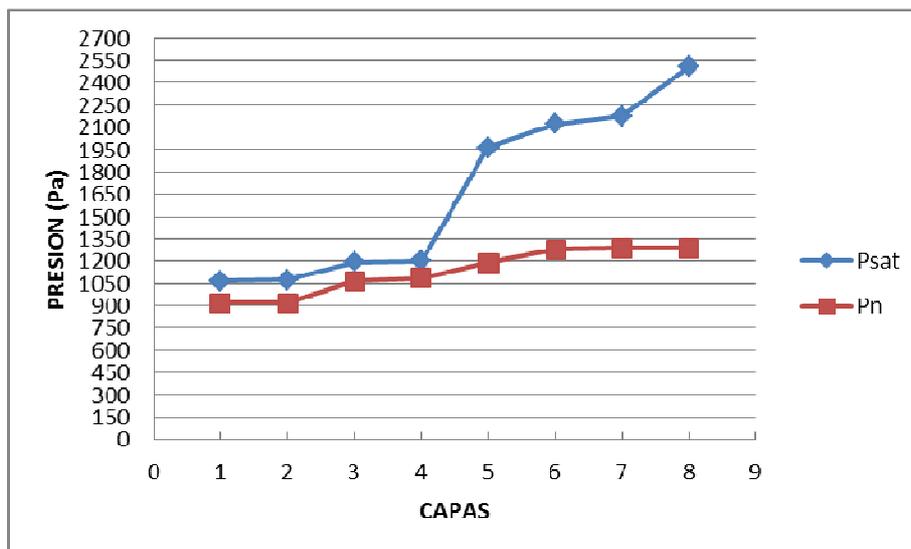


Figura.3.3 Condensaciones cerramientos

3.3.4. CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON EL TERRENO .

Cálculo de la transmitancia térmica del suelo en contacto con el terreno, en nuestro caso , formada por un forjado sanitario y cámara de aire no ventilada.

Forj-PB	Forjado de planta baja, formado por forjado unidireccional de hormigón armado de 30cm de canto, capa de desolidarización del pavimento, capa de gravilla de 5cm de espesor, capa de mortero de cemento de 3cm y terrazo micrograno de 4cm. Bajo el forjado,			
Posición del cerramiento y sentido del flujo del calor Cerramiento horizontal / Flujo descendente ▼				
	e metros	lamda W/mK	R m2K/W	R m2K/W
Rse				0,040
Camara de aire	<input type="text" value="no ventilada"/> ▼	<input type="text" value="5cm"/>	<input type="text" value="horizontal"/> ▼	0,000
Forjado unireccional bovedillas de hormigón	0,3		0,150	0,150
Lámina antiimpacto polietileno expandido de baja den	0,005	0,33		0,015
Capa de gravilla	0,05	2,000		0,025
pavimento	0,07		0,100	0,100
				0,000
Rsi				0,170
Resistencia térmica	Rt = Suma Ri		m2K/W	0,660
Transmitancia	U = 1 / Rt		W/m2K	1,515

Tabla.3.7 Calculo transmitancia forjado sanitario

Area de la solera A =	236
Longitud del perimetro de la solera P =	62,62
$B' = A / (P/2) =$	7,54
Us=	0,65

Siguiendo la tabla E.9 del DB-HE hemos obtenido una transmitancia de la solera de $U_s = 0.65 \text{ W/m}^2\text{k}$

3.4. PUENTES TÉRMICOS.

3.4.1 PUENTE TÉRMICO EN CAJA DE PERSIANA

Puente térmico cajón persianas	Puente térmico en cajón de persianas formado por cerramiento de ladrillo hueco doble tomado con mortero 1:6 de cemento y arena enfoscado por su cara interior con mortero de cemento hidrófugo de 1.5 cm de espesor, plancha de poliestireno extruido de 3 cm de espesor (0,037 W/[mK]) y caja de persiana de aluminio.	Comprobación condensaciones																																																																																																																																																						
Posición del cerramiento y sentido del flujo del calor Paramento vertical / Flujo horizontal		Intersticiales																																																																																																																																																						
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>e</th> <th>lamda</th> <th>R</th> <th>R</th> <th>T^a</th> <th>Psat</th> <th>μ</th> <th>Sdn</th> <th>Pn</th> </tr> <tr> <th></th> <th>metros</th> <th>W/mK</th> <th>m2K/W</th> <th>m2K/W</th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Rse</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0,040</td> <td>7,6</td> <td>1042</td> <td></td> <td></td> <td>919,1</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0,000</td> <td>8,0</td> <td>1074</td> <td></td> <td></td> <td>919,1</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0,000</td> <td>8,0</td> <td>1074</td> <td>0</td> <td>0,00</td> <td>919,1</td> </tr> <tr> <td>Medio pie de ladrillo hueco doble</td> <td>0,115</td> <td></td> <td>0,180</td> <td>0,180</td> <td>10,0</td> <td>1224</td> <td>10</td> <td>1,15</td> <td>919,1</td> </tr> <tr> <td>Enfoscado de mortero de cemento</td> <td>0,015</td> <td>1,400</td> <td></td> <td>0,011</td> <td>10,1</td> <td>1233</td> <td>10</td> <td>0,15</td> <td>919,1</td> </tr> <tr> <td>Plancha de poliestireno extruido de 3 cm de espesor</td> <td>0,03</td> <td>0,038</td> <td></td> <td>0,789</td> <td>18,6</td> <td>2140</td> <td>10</td> <td>0,30</td> <td>919,1</td> </tr> <tr> <td>Camara de aire</td> <td><input type="text" value="sin cámara"/></td> <td><input type="text" value="5cm"/></td> <td><input type="text" value="vertical"/></td> <td>0,000</td> <td>18,6</td> <td>2140</td> <td>1</td> <td>0,18</td> <td>919,1</td> </tr> <tr> <td>Chapa de aluminio de 3mm</td> <td>0,003</td> <td>230</td> <td></td> <td>0,000</td> <td>18,6</td> <td>2140</td> <td>###</td> <td>#####</td> <td>1284,3</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0,000</td> <td>18,6</td> <td>2140</td> <td>10</td> <td>0,00</td> <td>1284,3</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0,000</td> <td>18,6</td> <td>2140</td> <td>4</td> <td>0,00</td> <td>1284,3</td> </tr> <tr> <td>Rsi</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0,130</td> <td>20,5</td> <td>2401</td> <td></td> <td></td> <td>1284,3</td> </tr> <tr> <td>Resistencia térmica</td> <td colspan="3">Rt = Suma Ri</td> <td>m2K/W</td> <td>1,150</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1284,3</td> </tr> <tr> <td>Transmitancia</td> <td colspan="3">U = 1 / Rt</td> <td>W/m2K</td> <td>0,869</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1284,3</td> </tr> </tbody> </table>		e	lamda	R	R	T ^a	Psat	μ	Sdn	Pn		metros	W/mK	m2K/W	m2K/W						Rse				0,040	7,6	1042			919,1					0,000	8,0	1074			919,1					0,000	8,0	1074	0	0,00	919,1	Medio pie de ladrillo hueco doble	0,115		0,180	0,180	10,0	1224	10	1,15	919,1	Enfoscado de mortero de cemento	0,015	1,400		0,011	10,1	1233	10	0,15	919,1	Plancha de poliestireno extruido de 3 cm de espesor	0,03	0,038		0,789	18,6	2140	10	0,30	919,1	Camara de aire	<input type="text" value="sin cámara"/>	<input type="text" value="5cm"/>	<input type="text" value="vertical"/>	0,000	18,6	2140	1	0,18	919,1	Chapa de aluminio de 3mm	0,003	230		0,000	18,6	2140	###	#####	1284,3					0,000	18,6	2140	10	0,00	1284,3					0,000	18,6	2140	4	0,00	1284,3	Rsi				0,130	20,5	2401			1284,3	Resistencia térmica	Rt = Suma Ri			m2K/W	1,150				1284,3	Transmitancia	U = 1 / Rt			W/m2K	0,869				1284,3	
	e	lamda	R	R	T ^a	Psat	μ	Sdn	Pn																																																																																																																																															
	metros	W/mK	m2K/W	m2K/W																																																																																																																																																				
Rse				0,040	7,6	1042			919,1																																																																																																																																															
				0,000	8,0	1074			919,1																																																																																																																																															
				0,000	8,0	1074	0	0,00	919,1																																																																																																																																															
Medio pie de ladrillo hueco doble	0,115		0,180	0,180	10,0	1224	10	1,15	919,1																																																																																																																																															
Enfoscado de mortero de cemento	0,015	1,400		0,011	10,1	1233	10	0,15	919,1																																																																																																																																															
Plancha de poliestireno extruido de 3 cm de espesor	0,03	0,038		0,789	18,6	2140	10	0,30	919,1																																																																																																																																															
Camara de aire	<input type="text" value="sin cámara"/>	<input type="text" value="5cm"/>	<input type="text" value="vertical"/>	0,000	18,6	2140	1	0,18	919,1																																																																																																																																															
Chapa de aluminio de 3mm	0,003	230		0,000	18,6	2140	###	#####	1284,3																																																																																																																																															
				0,000	18,6	2140	10	0,00	1284,3																																																																																																																																															
				0,000	18,6	2140	4	0,00	1284,3																																																																																																																																															
Rsi				0,130	20,5	2401			1284,3																																																																																																																																															
Resistencia térmica	Rt = Suma Ri			m2K/W	1,150				1284,3																																																																																																																																															
Transmitancia	U = 1 / Rt			W/m2K	0,869				1284,3																																																																																																																																															
Condensaciones intersticiales Psat ≥ Pn Condensaciones superficiales fRsi = 1-U·0,25 ≥ fRsimin		0,783 ≥ 0,560 INTERSTICIALES CUMPLE SUPERFICIALES CUMPLE																																																																																																																																																						

Tabla .3.8 Puente térmico en caja de persiana

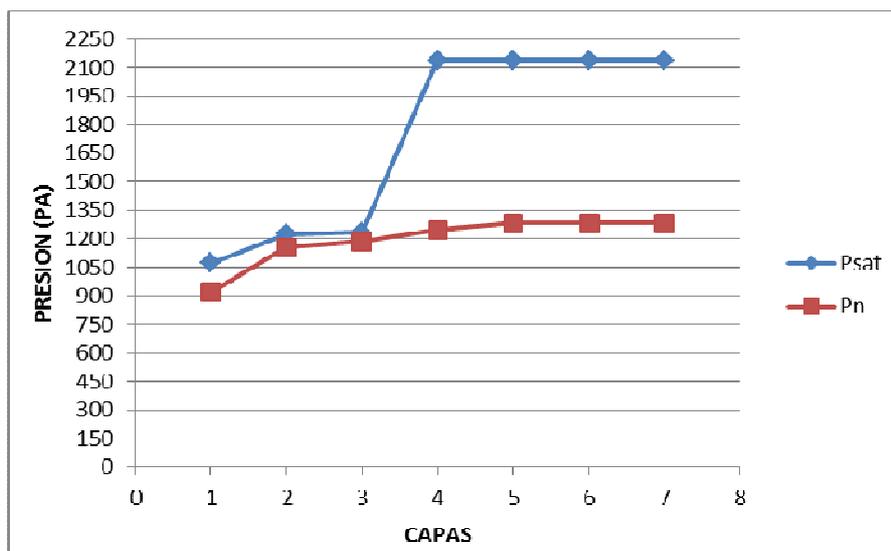


Figura 3.4 Condensaciones en caja de persiana

3.4.2 PUENTE TÉRMICO EN PILARES

Puente térmico pilares	Puente térmico en pilares de fachada formado por cerramiento de ladrillo de 1/2 pie tomado con mortero 1:6 de cemento y arena, pilar de hormigón armado de 30cm, plancha de poliestireno extruido de 3cm de espesor y trasdosado interior con ladrillo hueco doble de 7cm y enlucido de yeso de 1,5cm de espesor.				Comprobación condensaciones intersticiales					
Posición del cerramiento y sentido del flujo del calor Paramento vertical / Flujo horizontal										
Rse	e metros	lamda W/mK	R m2K/W	R m2K/W	Ta	Psat	μ	Sdn	Pn	
				0,040	7,6	1042			919,1	
				0,000	7,9	1067			919,1	
				0,000	7,9	1067		0,00	919,1	
Medio pie de ladrillo hueco	0,115	0,490	0,180	0,180	9,4	1182		0,00	919,1	
Pilar de hormigón armado	0,3	2,500	0,000	0,120	10,5	1264	10	3,00	1096,1	
Plancha de poliestireno extruido de 3 cm de espesor	0,03	0,038		0,789	17,1	1946	80	2,40	1237,7	
Camara de aire	<input type="text" value="sin cámara"/>	<input type="text" value="sin cá"/>	<input type="text" value="vertical"/>	0,000	17,1	1946		0,00	1237,7	
Tabique de ladrillo hueco doble	0,07		0,190	0,190	18,7	2152	10	0,70	1279,0	
Guamecido y enlucido de yeso	0,015	0,570		0,026	18,9	2182	6	0,09	1284,3	
				0,000	18,9	2182		0,00	1284,3	
Rsi				0,130	21,3	2528			1284,3	
Resistencia térmica $R_t = \text{Suma } R_i$			m2K/W	1,476	20,0	2335		6	1284,3	
Transmitancia $U = 1 / R_t$			W/m2K	0,678						
Condensaciones intersticiales $Psat \geq Pn$					INTERSTICIALES CUMPLE					
Condensaciones superficiales $fRsi = 1 - U \cdot 0,25 \geq fRsimin$					0,83	\geq	0,560	SUPERFICIALES CUMPLE		

Tabla .3.9 Puente térmico en pilares

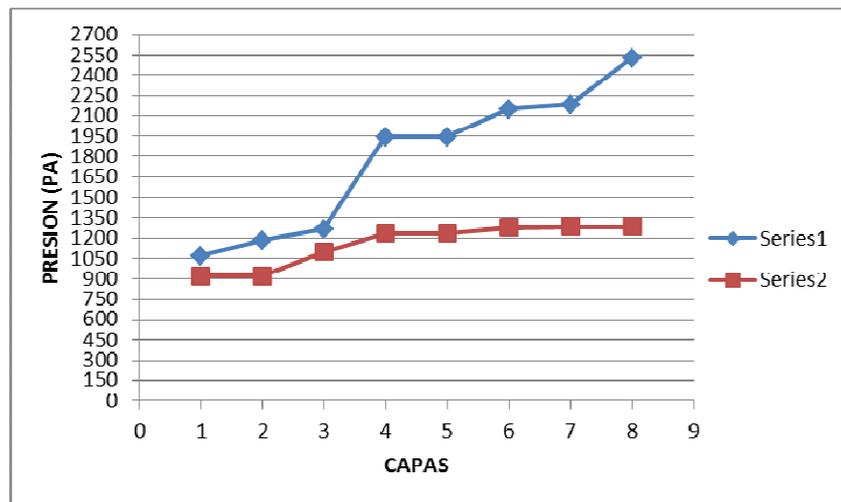


Figura.3.5 Condensaciones p. térmico pilares



3.5. HUECOS Y LUCERNARIOS

3.5.1 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

TRANSMITANCIA TÉRMICA DE LOS HUECOS

Para el cálculo de la transmitancia térmica de los huecos U_H utilizaremos la siguiente expresión: $U_H = 1-FM \cdot U_{H,V} + FM \cdot U_{H,M}$ de donde:

$U_{H,V}$ es la transmitancia térmica de la parte semitransparente [W/m^2K]

$U_{H,M}$ es la transmitancia térmica del marco de la ventana o lucernario, o puerta [$W/m^2 K$]

FM es la fracción del hueco ocupada por el marco.

En ausencia de datos, la transmitancia térmica de la parte semitransparente $U_{H,V}$ podrá obtenerse según la norma UNE EN ISO 10 077-1:2001.

FACTOR SOLAR MODIFICADO DE HUECOS Y LUCERNARIOS

El factor solar modificado en el hueco FH o en el lucernario FL se determinará utilizando la siguiente expresión:

$$F = F_s [(1 - FM) g + FM 0,04 U_M \alpha]$$

Donde:

F_s el factor de sombra del hueco o lucernario obtenido de las tablas E.11 a E.15 (DB-HE). en función del dispositivo de sombra o mediante simulación. En caso de que no se justifique adecuadamente el valor de F_s se debe considerar igual a la unidad.

FM la fracción del hueco ocupada por el marco en el caso de ventanas o la fracción de parte maciza en el caso de puertas.

g el factor solar de la parte semitransparente del hueco lucernario a incidencia normal. El factor solar puede ser obtenido por el método descrito en la norma UNE EN 410:1998;

Um la transmitancia térmica del marco del hueco o lucernario
[W/ m² K];

α la absorptividad del marco obtenida de la tabla E.10 en función de su
color.

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

Tabla 3.10 Absorptividad del marco por radiación solar α

Una vez explicados los métodos de cálculo de la transmitancia y el factor solar de los huecos vamos a aplicarlo a nuestra vivienda objeto de estudio.

3.5.2 CÁLCULO DE TRANSMITANCIA Y FACTOR SOLAR DE LOS HUECOS .

A continuación se detallan tres secciones para observar la distribución de toda la carpintería de la vivienda.

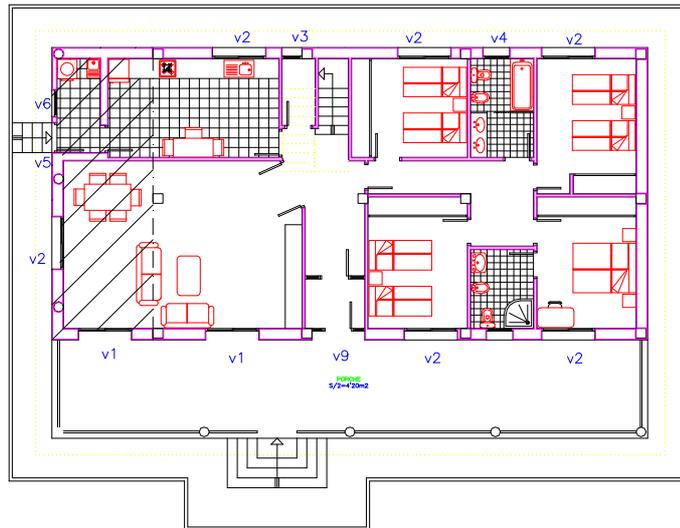


Figura 3.6 Planta baja distribución

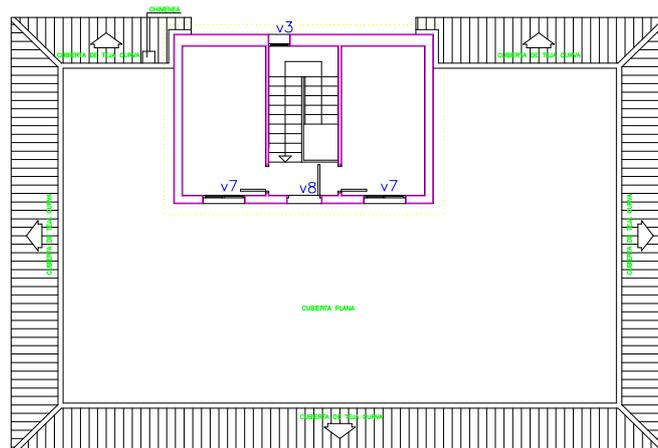


Figura 3.7 Planta primera distribución

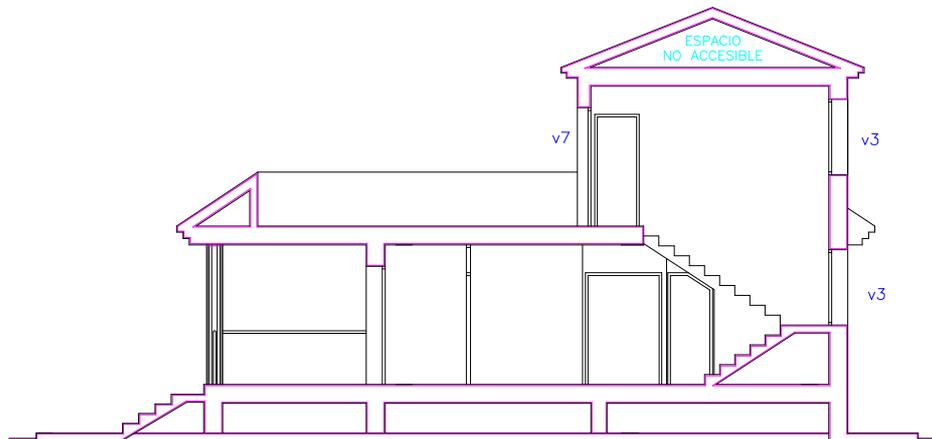


Figura 3.8 Sección

A continuación vamos a extraer del CTE la tabla que necesitamos para el cálculo del factor de sombra de los acristalamientos de nuestra vivienda, siendo las tablas E.12 la que corresponde al dispositivo de sombreado propuesto para esta vivienda.

		$0,05 < R/W \leq 0,1$	$0,1 < R/W \leq 0,2$	$0,2 < R/W \leq 0,5$	$R/W > 0,5$	
ORIENTACIONES DE FACHADAS	S	$0,05 < R/H \leq 0,1$	0,82	0,74	0,62	0,39
		$0,1 < R/H \leq 0,2$	0,76	0,67	0,56	0,35
		$0,2 < R/H \leq 0,5$	0,56	0,51	0,39	0,27
		$R/H > 0,5$	0,35	0,32	0,27	0,17
	SE/SO	$0,05 < R/H \leq 0,1$	0,86	0,81	0,72	0,51
		$0,1 < R/H \leq 0,2$	0,79	0,74	0,66	0,47
		$0,2 < R/H \leq 0,5$	0,59	0,56	0,47	0,36
		$R/H > 0,5$	0,38	0,36	0,32	0,23
	E/O	$0,05 < R/H \leq 0,1$	0,91	0,87	0,81	0,65
		$0,1 < R/H \leq 0,2$	0,86	0,82	0,76	0,61
		$0,2 < R/H \leq 0,5$	0,71	0,68	0,61	0,51
		$R/H > 0,5$	0,53	0,51	0,48	0,39

Tabla 3.11 Factor de sombra para obstáculos de fachada: Retranqueo



De la casa comercial donde provienen los acristalamientos obtenemos que la transmitancia térmica del vidrio aislante formado por dos láminas de 4 mm de espesor y separadas por una cámara de 9 mm es de 3,01 W/m² K y que el factor solar es de 0,73. Conocemos también la transmitancia térmica del marco de la carpintería $U_m = 5,88$ W/m² K.

Carpintería V1:

Datos de la ventana:

- Orientación: Norte
- Dimensiones: 220x190 cm
- Voladizo: No
- Retranqueo: Si (27 cm)
- $U_{H,v} = 3,01$ W/m² K
- $U_{H,m} = 5,88$ W/m² K

Cálculo de la transmitancias térmica de huecos (W/m ² k)		
FM fracción del hueco ocuada por el marco	0,06	
U_{hv} transmitancia térmica de la parte semitransparente	3,01	4+6+4
U_{hm} transmitancia térmica del marco de la ventana o lucernario	5,88	
$U_h = (1-FM)U_{hv} + FMU_{hm} =$	3,18	

Tabla 3.12 Transmitancia térmica carpintería v1

Carpintería V2:

Datos de la ventana:

- Orientación: Este, Sur y Norte
- Dimensiones: 160x120 cm
- Voladizo: No
- Retranqueo: Si (30 cm)
- $U_{H,v} = 3.01 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
- $U_{H,m} = 5.88 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Cálculo de la transmitancias térmica de huecos ($\text{W/m}^2\text{k}$)		
FM fracción del hueco ocuada por el marco	0,08	
U_{hv} transmitancia térmica de la parte semitransparente	3,01	4+6+4
U_{hm} transmitancia térmica del marco de la ventana o lucernario	5,88	
$U_h = (1-FM)U_{hv} + FMU_{hm} =$	3,24	

Tabla 3.13 Transmitancia térmica carpintería v2

Cálculo del factor solar modificado de huecos y lucernarios		
---	--	--

Huecos con voladizos sin balcón		
α absortividad del marco, Tabla E.10	0,30	
F_s factor de sombra del hueco o lucernario, Tablas E11 a E15	0,68	
R	0,25	
W	1,60	
H	1,20	
R/W	0,16	
R/H	0,21	
Orientación	N/S	
FS	0,70	
FM fracción del hueco ocuada por el marco	0,08	
g_{\perp} el factor solar de la parte semitransparente	0,73	
U_m transmitancia térmica del marco del hueco	5,88	
$F = F_s \cdot [(1-FM) \cdot g_{\perp} + FM \cdot 0,04 \cdot U_m \cdot \alpha] =$	0,48	

Tabla 3.14 Factor Solar Modificado carpintería v2

Carpintería V3:

Datos de la ventana:

- Orientación: Sur
- Dimensiones: 140x60 cm
- Voladizo: No
- Retranqueo: Si (27 cm)
- $U_{H,v} = 3.01 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
- $U_{H,m} = 5.88 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Cálculo de la transmitancias térmica de huecos ($\text{W/m}^2\text{k}$)		
FM fracción del hueco ocuada por el marco	0,13	
U_{hv} transmitancia térmica de la parte semitransparente	3,01	4+6+4
U_{hm} transmitancia térmica del marco de la ventana o lucernario	5,88	
$U_h = (1-FM)U_{hv} + FMU_{hm} =$	3,39	

Tabla 3.15 Transmitancia térmica carpintería v3

Cálculo del factor solar modificado de huecos y lucernarios		
Huecos con voladizos sin balcón		
α absortividad del marco, Tabla E.10	0,30	
F_s factor de sombra del hueco o lucernario, Tablas E11 a E15	0,39	
R	0,25	
W	0,60	
H	1,40	
R/W	0,42	
R/H	0,18	
Orientación	S	
FS	0,39	
FM fracción del hueco ocuada por el marco	0,13	
g_{\perp} el factor solar de la parte semitransparente	0,73	
U_m transmitancia térmica del marco del hueco	5,88	
$F = F_s \cdot [(1-FM) \cdot g_{\perp} + FM \cdot 0,04 \cdot U_m \cdot \alpha] =$	0,26	

Tabla 3.16 Factor Solar Modificado carpintería v3

Carpintería V4:

Datos de la ventana:

- Orientación: Sur
- Dimensiones: Ventana circular de 80 cm de diámetro.
- Voladizo: No
- Retranqueo: Si (27 cm)
- $U_{H,v} = 3.01 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
- $U_{H,m} = 5.88 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Cálculo de la transmitancias térmica de huecos ($\text{W/m}^2\text{k}$)			
	FM fracción del hueco ocuada por el marco	0,16	
	U_{hv} transmitancia térmica de la parte semitransparente	3,01	4+6+4
	U_{hm} transmitancia térmica del marco de la ventana o lucernario	5,88	
	$U_h = (1-FM)U_{hv} + FMU_{hm} =$	3,47	

Tabla 3.17 Transmitancia térmica carpintería v4

Cálculo del factor solar modificado de huecos y lucernarios			
---	--	--	--

Huecos con voladizos sin balcón			
	α absortividad del marco, Tabla E.10	0,30	
	F_s factor de sombra del hueco o lucernario, Tablas E11 a E15	0,39	
	R	0,25	
	W	0,80	
	H	0,80	
	R/W	0,31	
	R/H	0,31	
	Orientación	S	
	FS	0,39	
	FM fracción del hueco ocuada por el marco	0,16	
	g_{\perp} el factor solar de la parte semitransparente	0,73	
	U_m transmitancia térmica del marco del hueco	5,88	
	$F = F_s \cdot [(1-FM) \cdot g_{\perp} + FM \cdot 0,04 \cdot U_m \cdot \alpha] =$	0,25	

Tabla 3.18 Factor Solar Modificado carpintería v4

Carpintería V5:

Datos de la puerta de entrada a la cocina:

- Orientación: Este
- Dimensiones: 220x90 cm
- Voladizo: No
- Retranqueo: Si (10 cm)
- $U_{H,v} = 3.01 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
- $U_{H,m} = 5.88 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Cálculo de la transmitancias térmica de huecos ($\text{W/m}^2\text{k}$)		
FM fracción del hueco ocuada por el marco		0,45
U_{hv} transmitancia térmica de la parte semitransparente		3,30
U_{hm} transmitancia térmica del marco de la ventana o lucernario		5,88
$U_h = (1-FM)U_{hv} + FMU_{hm} =$		4,46

Tabla 3.19 Transmitancia térmica carpintería v5

Cálculo del factor solar modificado de huecos y lucernarios		
---	--	--

Huecos con voladizos sin balcón		
α absortividad del marco, Tabla E.10		0,30
F_s factor de sombra del hueco o lucernario, Tablas E11 a E15		0,87
R		0,10
W		0,90
H		2,20
R/W		0,11
R/H		0,05
Orientación		E
FS		0,87
FM fracción del hueco ocuada por el marco		0,45
g_{\perp} el factor solar de la parte semitransparente		0,73
U_m transmitancia térmica del marco del hueco		5,88
$F = F_s \cdot [(1-FM) \cdot g_{\perp} + FM \cdot 0,04 \cdot U_m \cdot \alpha] =$		0,38

Tabla 3.20 Factor Solar Modificado carpintería v5

Carpintería V6:

- Orientación: Este
- Dimensiones: 158x80 cm
- Voladizo: No
- Retranqueo: Si (10 cm)
- $U_{H,v} = 3.01 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
- $U_{H,m} = 0.2 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Cálculo de la transmitancias térmica de huecos ($\text{W/m}^2\text{k}$)			
	FM fracción del hueco ocuada por el marco		0,00
	U_{hv} transmitancia térmica de la parte semitransparente		3,30
	U_{hm} transmitancia térmica del marco de la ventana o lucernario		0,00
	$U_h = (1-FM)U_{hv} + FMU_{hm} =$		3,30

Tabla 3.21 Transmitancia térmica carpintería v6

Cálculo del factor solar modificado de huecos y lucernarios			
---	--	--	--

Huecos con voladizos sin balcón			
	α absortividad del marco, Tabla E.10		
	F_s factor de sombra del hueco o lucernario, Tablas E11 a E15		
	R		0,10
	W		0,80
	H		1,60
	R/W		0,13
	R/H		0,06
	Orientación		E
	FS		0,87
	FM fracción del hueco ocuada por el marco		0,00
	g_{\perp} el factor solar de la parte semitransparente		0,75
	U_m transmitancia térmica del marco del hueco		0,00
	$F = F_s \cdot [(1-FM) \cdot g_{\perp} + FM \cdot 0,04 \cdot U_m \cdot \alpha] =$		0,65

Tabla 3.22 Factor Solar Modificado carpintería v6



Carpintería V7:

Datos de la ventana:

- Orientación: Norte
- Dimensiones: 120x120 cm
- Voladizo: No
- Retranqueo: Si (30 cm)
- $U_{H,v} = 3.01 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
- $U_{H,m} = 5.88 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Cálculo de la transmitancias térmica de huecos ($\text{W/m}^2\text{k}$)		
	FM fracción del hueco ocuada por el marco	0,30
	U_{hv} transmitancia térmica de la parte semitransparente	3,30
	U_{hm} transmitancia térmica del marco de la ventana o lucernario	4,50
	$U_h = (1-FM)U_{hv} + FMU_{hm} =$	3,66

Tabla 23. Transmitancia térmica carpintería v7

El cálculo del factor solar modificado no se realiza porque la ubicación de esta carpintería es Norte.



Carpintería V8:

Datos de la puerta de acceso a la azotea:

- Orientación: Norte
- Dimensiones: 220x100 cm
- $U_{H,v} = 3.01 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
- $U_{H,m} = 5.88 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Cálculo de la transmitancias térmica de huecos		
	FM fracción del hueco ocuada por el marco	0,30
	U_{hv} transmitancia térmica de la parte semitransparente	3,30
	U_{hm} transmitancia térmica del marco de la ventana o lucernario	4,50
	$U_h = (1-FM)U_{hv} + FMU_{hm} =$	3,66

Tabla 3.24 Transmitancia térmica carpintería v8

El cálculo del factor solar modificado no se realiza porque la ubicación de esta carpintería es Norte.



Carpintería V9:

Datos de la puerta de acceso principal:

- Orientación: Norte
- Dimensiones: 220x160 cm
- $U_{H,v} = 3,01 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
- $U_{H,m} = 1,23 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Cálculo de la transmitancias térmica de huecos		
	FM fracción del hueco ocuada por el marco	0,45
	U_{hv} transmitancia térmica de la parte semitransparente	5,70
	U_{hm} transmitancia térmica del marco de la ventana o lucernario	1,23
	$U_h = (1-FM)U_{hv} + FMU_{hm} =$	3,69

Tabla 3.25 Transmitancia térmica v9

El cálculo del factor solar modificado no se realiza porque la ubicación de esta carpintería es Norte.

3.6. FICHAS DE CONFORMIDAD.

FICHA 1

ZONA CLIMÁTICA	C2					Baja carga interna
----------------	-----------	--	--	--	--	---------------------------

Muros (U _m) y (U _{Tm})						
Tipo de elemento		Superficie A (m ²)	Tránsmitancia U (W/m ² K)	Transmisión A · U	Resultados por orientación	
N	Fachada principal	65,33	0,70	45,927	ΣA =	69,73
	P. térmico caja persiana	1,28	0,87	1,112		
	P. térmico pilares	3,12	0,68	2,115	ΣA · U =	49,15
					U _{Mm} = ΣA · U / ΣA =	0,70
E	Fachada este	43,5	0,70	30,581	ΣA =	46,16
	P. térmico caja persiana	0,32	0,87	0,278		
	P. térmico pilares	2,34	0,68	1,591	ΣA · U =	32,45
					U _{Mm} = ΣA · U / ΣA =	0,70
O	Fachada oeste	43,5	0,70	30,450	ΣA =	44,28
	P. térmico pilares	0,78	0,87	0,679		
					ΣA · U =	31,13
				U _{Mm} = ΣA · U / ΣA =	0,70	
S	Fachada sur	86,4	0,70	60,480	ΣA =	90,48
	P. térmico caja persiana	0,96	0,87	0,835		
	P. térmico pilares	3,12	0,68	2,122	ΣA · U =	63,44
					U _{Mm} = ΣA · U / ΣA =	0,70

Suelos (U _s)						
Tipo de elemento		A (m ²)	U (W/m ² K)	A · U	Resultados	
Forjado PB		153,48	0,65	99,762	ΣA =	153,48
					ΣA · U =	99,76
					U _s = ΣA · U / ΣA =	0,65

Cubiertas y lucernarios (U _{cm}) y (U _{Lm})						
Tipo de elemento		A (m ²)	U (W/m ² K)	A · U	Resultados	
Azotea transitable		62,1	0,48	29,746	ΣA =	137,63
Cubierta de teja cerámica		75,53	2,65	200,155		
					ΣA · U =	229,90
					U _{cm} = ΣA · U / ΣA =	1,67

Huecos (UHm) y (UFm)					
Tipos		A (m2)	U (W/m2K)	A · U	Resultados por orientación
N	v1	4,18	3,18	13,29	$\Sigma A = 13,48$
	v7	1,44	3,18	4,58	$\Sigma A \cdot U = 45,93$
	v2	1,92	3,24	6,22	
	v9	3,52	3,69	12,98	
	v8	2,42	3,66	8,86	$UHm = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 3,41$

Tipos		A (m2)	U	F	A · U	A · F (m2)	Resultados	Tipos
E	v2	1,92	3,25	0,48	6,240	0,922	$\Sigma A = 3,90$	
	v5	1,98	4,46	0,38	8,831	0,752	$\Sigma A \cdot U = 15,07$	
	v6						$\Sigma A \cdot F = 1,67$	
							$UHm = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 3,86$	
							$FHm = \Sigma A \cdot F / \Sigma A = 0,43$	
O							$\Sigma A = 0,00$	
							$\Sigma A \cdot U = 0,00$	
							$\Sigma A \cdot F = 0,00$	
							$UHm = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 0,00$	
							$FHm = \Sigma A \cdot F / \Sigma A = 0,00$	
S	v2	1,92	3,25	0,48	6,240	0,922	$\Sigma A = 3,26$	
	v3	0,84	3,39	0,26	2,848	0,218	$\Sigma A \cdot U = 10,82$	
	v4	0,5	3,47	0,25	1,735	0,125	$\Sigma A \cdot F = 1,27$	
							$UHm = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 3,32$	
							$FHm = \Sigma A \cdot F / \Sigma A = 0,39$	

Tabla 3.26 Ficha conformidad 1

FICHA 2

ZONA CLIMÁTICA		C2		Baja carga interna	
Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica			U max(proyecto) (1)	C	U max(2)
Muros de fábrica			0,70	≤	0,95
Primer metro del perímetro de suelos apoyados y muros en contacto con el terreno			0,00	≤	
Particiones interiores en contacto con suelos no habitables			0,00	≤	0,65
Suelos			1,51	NO	
Cubiertas			1,07	NO	0,53
Vidrios de huecos y lucernarios			3,00	≤	4,40
Marcos de huecos y lucernarios			5,88	NO	
Medianerías				≤	1,00

MUROS DE FACHADA			
	UMm(4)		Ulim (W/m ² k)(5)
N	0,70	≤	0,73
E	0,70	≤	
O	0,70	≤	
S	0,70	≤	
SE	0,00	≤	
SO	0,00	≤	

CERRAMIENTOS Y LUCERNARIOS					
UHm(4)		Ulim (W/m ² k) (5)		FHm(4)	FHlim (5)
3,41	≤	3,80			
3,86	≤	4,40		0,43	0,00
0,00	≤			0,00	
3,32	≤	4,40		0,39	0,00
0,00	≤	4,40		0,00	0,50
0,00	≤			0,00	

CERR. CONTACTO TERRENO		SUELOS		Cubiertas		Lucernarios					
UTm(4)	Ulim (5)	Usm (4)	Ulim (5)	Ucm(4)	Ulim (5)	FLm(4)	Flim(5)				
0,65	≤	0,82	0,00	≤	0,50	1,06	NO	0,41	0,00	≤	0,30

Tabla 3.27 Ficha conformidad 2



FICHA 3. CONDENSACIONES

FICHA 3 CONFORMIDAD - Condensaciones										
CERRAMIENTOS, PARTICIONES INTERIORES, PUENTES TÉRMICOS										
Tipos	C. superficiales		C. intersticiales							
	$f_{Rsi} \geq f_{Rmin}$		$P_n \leq P_{sat,n}$	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4	Capa 5	Capa 6	Capa 7
Cerramientos	f_{Rsi}	0,82	$P_{sat,n}$	1074	1191	1199	1199	1965	2122	2180
	f_{Rmin}	0,56	P_n	919	1065	1084	1086	1188	1277	1284
Azotea transitable	f_{Rsi}	0,88	$P_{sat,n}$	1066	1082	1095	1695	2065	2129	2251
	f_{Rmin}	0,56	P_n	919	921	921	922	1230	1235	1284
Puente térmico cajón persianas	f_{Rsi}	0,78	$P_{sat,n}$	1074	1224	1233	2140	2140	2140	
	f_{Rmin}	0,56	P_n	919	1155	1186	1247	1284	1284	
Puente térmico pilares	f_{Rsi}	0,83	$P_{sat,n}$	1182	1264	1946	1946	2152	2182	2182
	f_{Rmin}	0,56	P_n	919	1096	1238	1238	1279	1284	1284

Tabla 3.28 Ficha conformidad 3

3.7 SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS PARA LOS ELEMENTOS DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA QUE NO CUMPLEN CON EL DB-HE1.

En el apartado anterior, hemos comprobado toda la envolvente térmica del edificio para verificar que cumplía con los requisitos establecidos en el DB-HE 1. De esta manera, al realizar los cálculos pertinentes, hemos podido comprobar como no todos los elementos de la envolvente cumplen con lo estipulado, de tal forma que en este apartado se intentará proponer soluciones de manera que dichos elementos cumplan con los requisitos mínimos para que de esta manera se adapten al DB-HE1

A continuación vamos a ver cuáles son estos elementos y tras unos ajustes en sus materiales y espesores calcularemos de nuevo para comprobar que esta vez sí que los resultados son satisfactorios.

3.7.1 CUBIERTA INCLINADA DE TEJA

Como hemos visto en el punto anterior la cubierta inclinada de teja no cumplía con la transmitancia límite establecida en el DB-HE1, ni tampoco las condensaciones superficiales. Hemos colocado un asilamiento de poliestireno extruido de 6cm de espesor obteniendo los siguientes resultados.

Cubierta inclinada		La cubierta en el tramo donde se resuelve como inclinada, hemos colocado 6 cm de poliestireno extruido para intentar no pasar el límite de la transimancia. Los faldones se consiguen por medio de tablero de bardos apoyados sobre tabicones, y la colocación de la teja cerámica se realiza sobre una capa de compresión, tomada con mortero pobre.			
Posición del cerramiento y sentido del flujo del calor		Cerramiento horizontal / Flujo ascendente			
		e metros	lamda W/mK	R m2K/W	R m2K/W
	Rse				0,040
	Aislamiento poliestireno extruido	0,06	0,037	1,620	1,620
	Forjado unidireccional, bovedillas de hormigón	0,3	0,570	0,150	0,150
	Rsi				0,100
Resistencia térmica	Rt = Suma Ri			m2K/W	1,910
Transmitancia	U = 1 / Rt			W/m2K	0,524

Tabla 3.29 Nueva Cubierta inclinada

Para calcular la transmitancia térmica de la de la nueva solución seguiremos el procedimiento empleado en el punto 3.3.1.

$$A_{iu} = 29,25 \text{ m}^2$$

$$A_{ue} = 55,92 \text{ m}^2$$

$A_{iu} / A_{ue} = 0.52$ con lo que obtenemos que el coeficiente de reducción $b = 0,96$ por lo tanto :

$$U = U_p \cdot b \quad U = 0,524 \cdot 0,96 = 0.503 \text{ W/m}^2\text{k}$$

En la tabla se puede apreciar cómo una vez colocado en la superficie del forjado el aislamiento de poliestireno extruido de 6cm de espesor entre los tabiquillos conejeros hemos conseguido bajar considerablemente la transmitancia hasta cumplir con lo descrito en el DB-HE1. A continuación un detalle en el que se puede observar la posición del aislamiento y como quedaría una vez colocado.

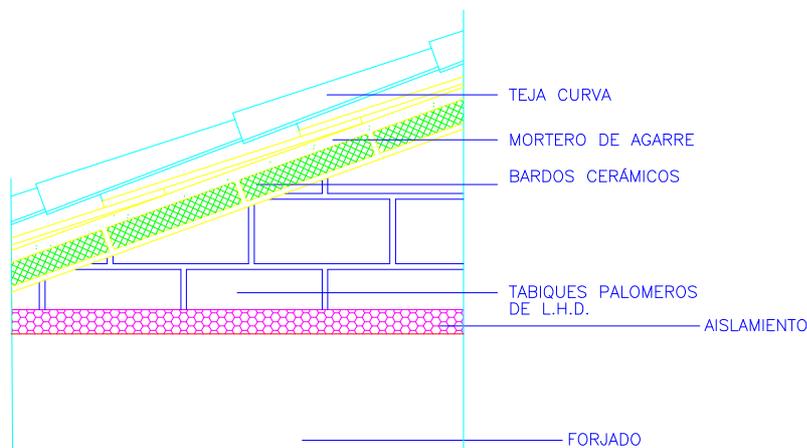


Figura 3.9 Detalle colocación aislamiento

3.7.2 CARPINTERÍAS

Las carpinterías son otros de los elementos que no cumplen con la transmitancia límite definida en el DB-HE para la zona climática donde nos encontramos.

De manera que hemos elegido unas ventanas de la casa SUMUM realizadas con pvc y un acristalamiento de 4+12+4, cuyo marco presenta una transmitancia de $2,2 \text{ w/m}^2\text{k}$, mucho menor que las ventanas iniciales que presentaba el marco una transmitancia de $5,88 \text{ W/m}^2\text{k}$.

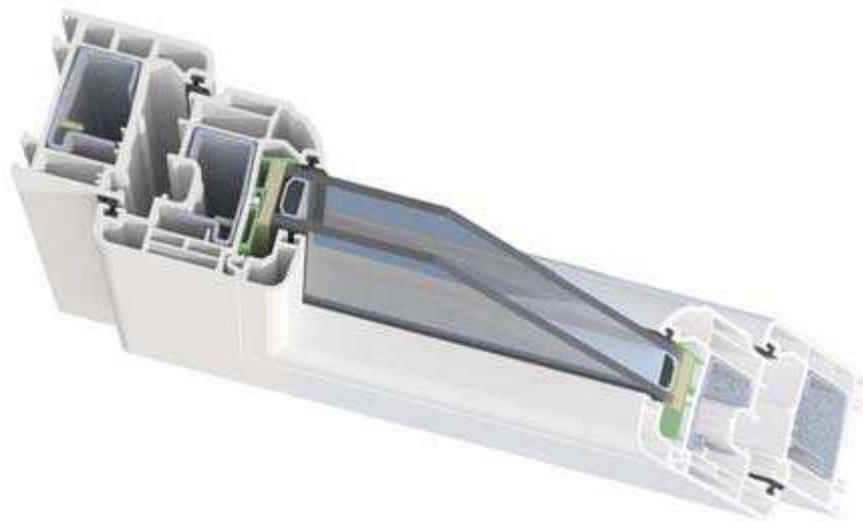


Figura 3.10 Detalle carpintería



4. ESTUDIO DE LA VIVIENDA CON DESINGBUILDER: MEJORA DEL CONSUMO PARA LAS INSTALACIONES DE LA VIVIENDA.



4. ESTUDIO DE LA VIVIENDA CON DESINGBUILDER: MEJORA DEL CONSUMO PARA LAS INSTALACIONES DE LA VIVIENDA

4.1. INTRODUCCIÓN

Hasta que sobrevino la crisis de energía de los años 70 nadie daba importancia al aislamiento del hogar. La creencia de que se disponía de reservas de energía infinitas a precios bajos hacía pensar que una casa con aislamiento era un lujo. Ahora bien, cuando la energía comenzó a subir de precio, los constructores y los propietarios se dieron cuenta de la importancia de un buen aislamiento. Aislar una vivienda es una tarea sencilla que no requiere ni herramientas ni habilidades especiales.

La principal función del aislamiento de un edificio es preservar las condiciones interiores independientemente de las exteriores. Con un aislamiento adecuado se consigue mantener al frío o el calor en el interior de la vivienda bien sea en verano o en invierno.

Una de las maneras de conseguir un adecuado aislamiento en una vivienda es disminuir el intercambio de calor entre el interior y el exterior, de forma que los muros ejerzan una función de aislamiento térmico.

A continuación se citarán las características de 4 tipos de aislamiento comunes en construcción y los cuales se introducirán en el programa DesingBuilder para conseguir un ahorro de combustible lo mayor posible.

4.2 MATERIALES AISLANTES

Lana de roca:

Perteneciente a la familia de las lanas minerales, es un material fabricado a partir de la roca volcánica. Se utiliza principalmente como aislamiento térmico y como protección pasiva contra el fuego en la edificación, debido a su estructura fibrosa multidireccional, que le permite albergar aire relativamente inmóvil en su interior.

El proceso de fabricación de la lana de roca pretende emular la acción natural de un volcán. La roca basáltica (diabasa) es fundida a más de 1600 °C en un horno (cubilote) para así retornarla a su estado inicial de lava. La lava es vertida en unas ruedas que giran a gran velocidad, y se transforma en fibras debido al efecto de la fuerza centrífuga. Tras la pulverización de un ligante orgánico, se reúnen las fibras para formar un colchón de lana primaria. Después de haber sido más o menos comprimido, dependiendo de las prestaciones buscadas, ese colchón pasa a la última fase de curado donde el producto adopta su forma final.

La composición de la lana de roca fruto de este proceso es aproximadamente de 98% roca volcánica y 2% ligante orgánico.

La estructura de la lana de roca contiene aire seco y estable en su interior, por lo que actúa como obstáculo a las transferencias de calor, aislando tanto de temperaturas bajas como altas.

Además la lana de roca es un material no combustible, siendo Clase A1 según la clasificación europea de reacción al fuego de los materiales de la construcción (Euroclases). Se utiliza como protección pasiva contra el fuego en edificios, pues conserva sus propiedades mecánicas intactas incluso expuesta a temperaturas superiores a 1000 °C

- Características técnicas

Densidad: 40 kg/m³

Reacción al fuego: M0. Euroclase A2.

Conductividad térmica: 0.037 W/mk



Figura 4.1 Aislamiento lana de roca

Celulosa:

La celulosa, **hidrato de carbono isómero del almidón**, es el componente fundamental del esqueleto de los vegetales. La borra del algodón, por ejemplo, contiene un 99% de celulosa, y la madera entre un 40 y un 50 %.

Consta de fibras compuestas por fibrillas elementales, formadas a su vez por un gran número de moléculas lineales, cada una de las cuales tiene de 2000 a 3000 moléculas de glucosa anhídrida. La celulosa pura es blanca y de gran resistencia mecánica; las fibras de algodón, por ejemplo, llegan a soportar tensiones de hasta 80 kg/mm².

La celulosa se obtiene a partir de paja o madera. Para separar la celulosa de las fibras leñosas se desintegran los troncos y los fragmentos se cuecen en una caldera con bisulfito cálcico. La masa resultante se lava y se hace pasar a unas pilas desfibradoras, donde se separan los componentes. Diluida la masa con agua, se hace pasar por un desmutador y un desarenador. Posteriormente, se tamiza, se espesa y se seca, con lo que adquiere la forma de un cartón. Es insoluble en la mayoría de los disolventes ordinarios. La importancia principal de la celulosa reside en su calidad de materia prima para la fabricación de papel, explosivos, materias plásticas y tejidos sintéticos.

La materia prima básica de este material aislante es el papel de periódico. En su fabricación se emplean los ejemplares de periódico que no se venden.

Se utiliza con una máquina que insufla el producto en espacios huecos. Como aislante acústico y térmico y protector anti-incendios, permite su aplicación en cualquier relleno de cámaras: cubiertas, forjado, paredes, medianeras, fachadas, etc.

- Características técnicas:

Densidad: 150 - 220 Kg/m³

Reacción al fuego: M0. Euroclase A1.

Conductividad térmica: 0.035 W/mk



Figura 4.2 Aislamiento celulosa

Tablero a base de fibras de madera:

Los tableros de fibras de madera empleados como aislamiento en la construcción, se fabrican a partir de restos de madera aglomerados con agua y posteriormente prensados. El hecho de estar fabricados con restos de la industria forestal, el empleo de agua como aglomerante y el hecho de ser biodegradable lo convierten en un material con un excelente ciclo de vida.

Sus ventajas en el campo de la física de la construcción dan como resultado un agradable clima interior: la estructura porosa de sus fibras favorece la difusión de vapor, permitiendo que la propia edificación transpire. Gracias a su estructura de poros abiertos son capaces de absorber las ondas sonoras.

Poseen la inercia térmica (capacidad de absorción de calor) más alta de todos los aislantes.

Los paneles pueden utilizarse en el aislamiento de tejados, muros, suelos y paredes. Se presentan en paneles de 1200 x 625mm con grosores entre 20 y 100 cm. aptos para suelo, techo y trabajos bajo cubierta.

El proceso de producción se basa en la utilización de retales de aserraderos para conseguir un tipo de fibra de madera que se une entre sí por medio de su propio contenido en lignina sin la adición de aditivos externos.

Tras el triturado de los retales, se lleva a cabo el desfibrado. Añadiéndole agua a las fibras y calentando la mezcla se consigue una pasta espesa y homogénea que se vierte encima de una cinta perforada donde se le quita el agua sobrante. Tras el prensado se procede al secado de los paneles y su corte a medida para el empaquetado.

Los tableros de fibras de madera se caracterizan por su baja conductividad térmica, su alta inercia térmica y su difusión abierta al vapor. Evitan el efecto de pared fría, regulan la humedad, y además en contacto con la humedad no pierden sus facultades de aislamiento. No emiten gases tóxicos.

Es simplemente madera con todas las virtudes de la naturaleza. Están completamente libres de colas u otros productos nocivos para la salud. Se distinguen de otros aislantes naturales por su excelente protección frente al calor estival y al frío invernal. Se aplica en cubiertas, fachadas suelos y divisiones interiores tanto como aislamiento térmico como acústico.

- Características técnicas:

Densidad: 150 Kg/m³

Reacción al fuego: Euroclase E.

Conductividad térmica: 0.038 W/mk



Figura 4.3 Aislamiento tablero de fibras de madera

Poliestireno extruido:

El poliestireno extruido, extrudido o extrusionado, también conocido por su acrónimo inglés XPS, es una espuma rígida resultante de la extrusión del poliestireno en presencia de un gas espumante.

El poliestireno extruido comparte muchas características con el poliestireno expandido, pues su composición química es idéntica: aproximadamente un 95% de poliestireno y un 5% de gas. La diferencia radica únicamente en el proceso de conformación; pero es una diferencia crucial, ya que el extrusionado produce una estructura de burbuja cerrada, lo que convierte al poliestireno extrusionado en el único aislante térmico capaz de mojarse sin perder sus propiedades.

Debido a su elevada resistencia mecánica y a su tolerancia al agua, es un material que ha encontrado multitud de aplicaciones en la construcción. Se usa profusamente como aislamiento en suelos, especialmente en cámaras frigoríficas, y también en paneles de fachada; pero sobre todo, ha permitido la aparición de una nueva solución constructiva: la cubierta invertida. En este tipo de cubierta, el aislamiento térmico se coloca encima del impermeabilizante, una disposición que alarga la vida útil de la cubierta, pues el impermeabilizante no sufre las tensiones de la intemperie ni de los cambios bruscos de temperatura que con el tiempo terminan por deteriorarlo.

El poliestireno extrusionado se comercializa en planchas de grosores de unos pocos centímetros, que pueden ser de cantos lisos o bien cajeados a media madera. Sin embargo, por su ligereza, es preciso lastrarlo para evitar que sea succionado por el viento, de modo que las cubiertas invertidas más comunes colocan grava o diversos tipos de losas como remate final.

- Características técnicas:

Densidad: 30 - 33 Kg/m³

Reacción al fuego: Euroclase E.

Conductividad térmica: 0.033 W/mk



Figura 4.4 Poliestireno extruido

4.3 MEJORA CON DESINGBUILDER

En los puntos anteriores, se ha descrito el chalet objeto de estudio, todos sus componentes que forman la envolvente así como los cálculos de transmitancias, condensaciones y demás parámetros que nos definirán lo eficiente que es nuestro edificio.

En este punto del proyecto vamos a utilizar un programa informático, “DESINGBUILDER”, este software es una herramienta utilizada para el control de energía del edificio, la iluminación y del confort. Ha sido Desarrollado para simplificar el proceso de construcción de la simulación, DesignBuilder permite comparar rápidamente la función y el rendimiento de los diseños de construcción y nos permite combinar gran cantidad de soluciones.

A continuación se describirá el proceso que se ha seguido para la realización de las simulaciones, y posteriormente las soluciones adoptadas para mejorar nuestro edificio.

Para la realización de la simulación energética de nuestro edificio primero hemos de introducir los datos iniciales correspondientes a la ubicación del mismo. Introduciremos todos los datos de partida, ya descritos en los puntos 2 y 3 del proyecto.

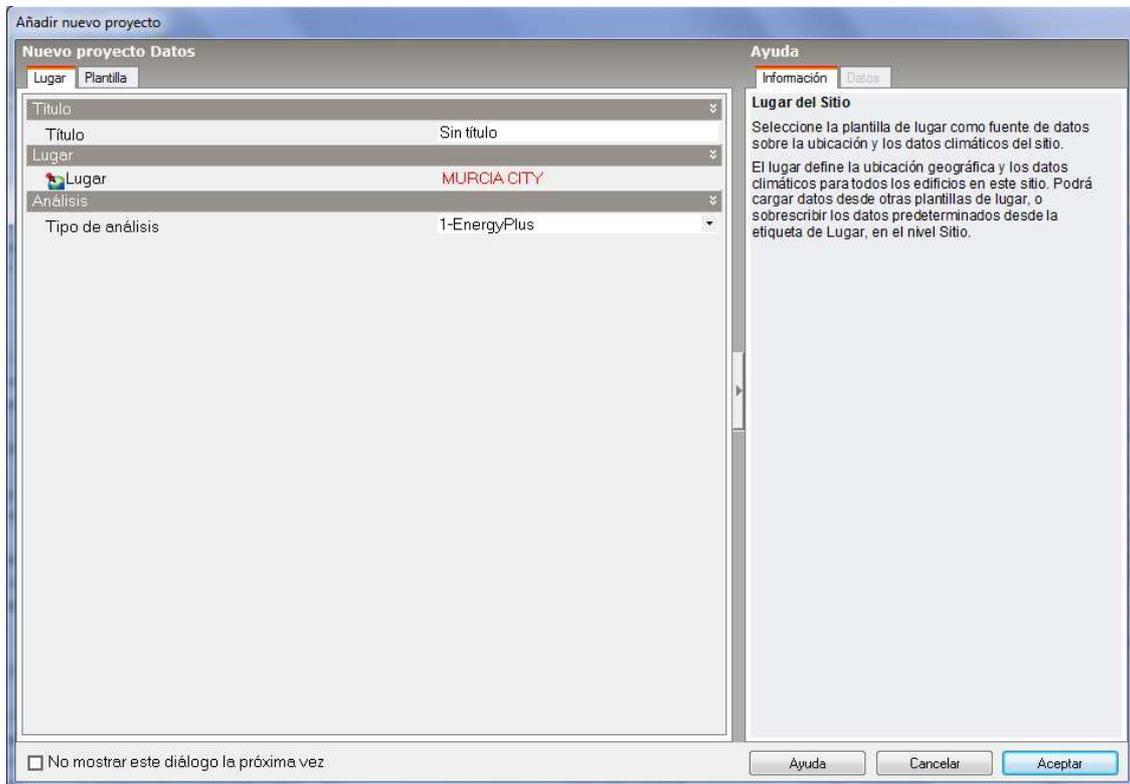


Figura 4.5 Introducción de datos DesingBuilder

Una vez introducida la localización de nuestro edificio, se abrirá la ventana de trabajo de desingbuilder en la que tendremos que dibujar nuestro edificio.

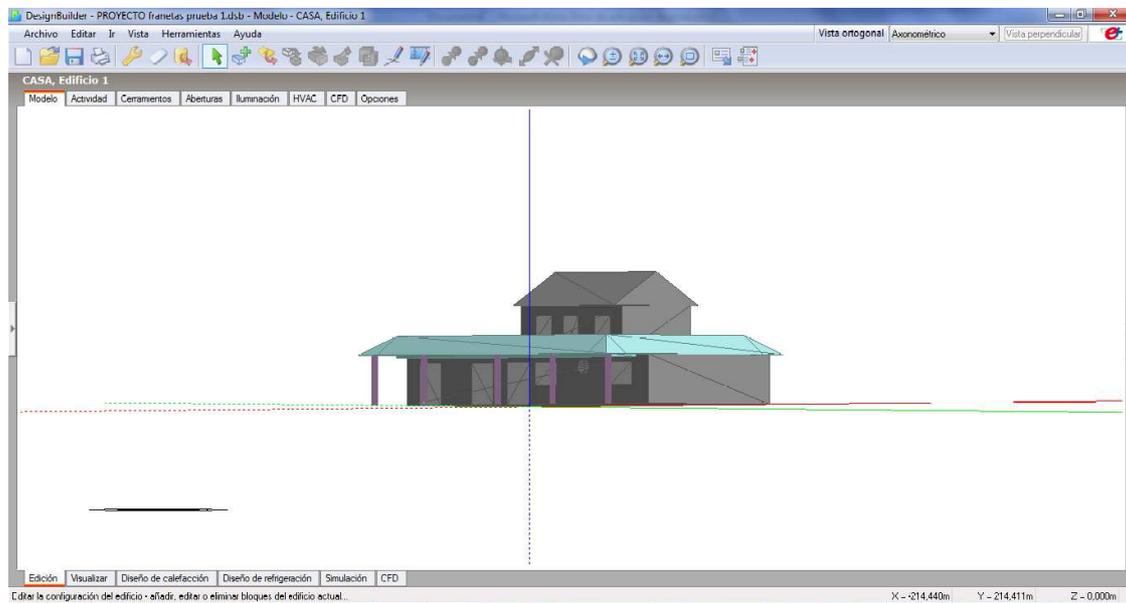


Figura 4.6 Introducción de datos DesingBuilder. Dibujo del edificio.

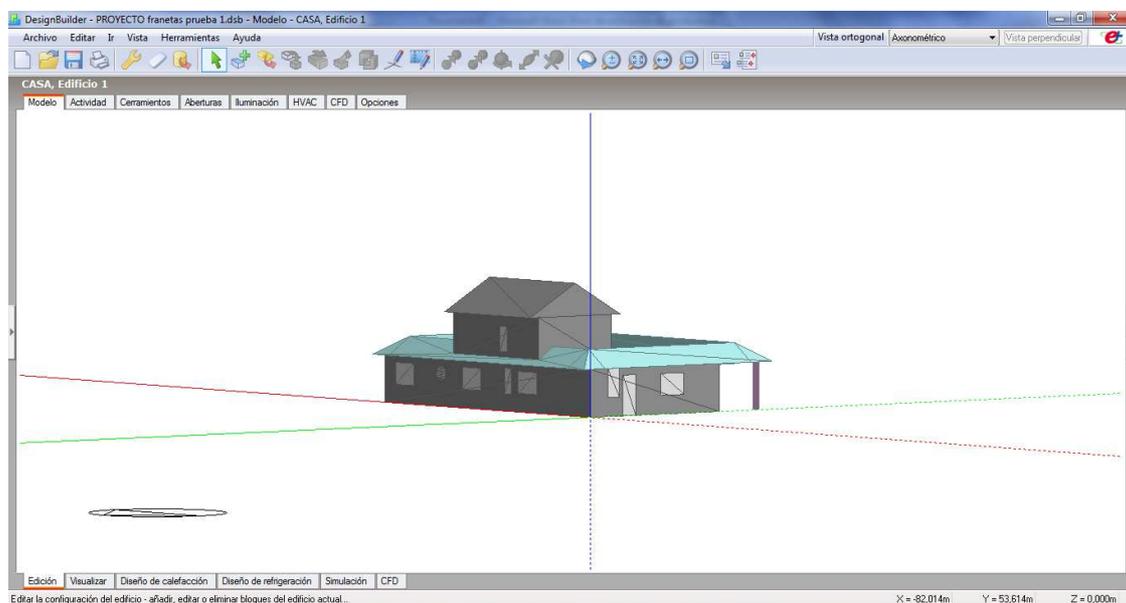


Figura 4.7 Introducción de datos DesingBuilder

Para la realización de nuestro edificio, observamos que está compuesto por dos bloques, (planta baja y planta primera), cada uno de estos bloques ha sido dibujado de manera independiente y colocados de manera acorde a los planos del edificio. Se puede observar que en el dibujo no está el suelo del porche, ya que no es necesario su realización para el cálculo energético. Una vez realizados los dos bloques, el de planta baja y planta primera, se pasará a realizar la distribución interior.

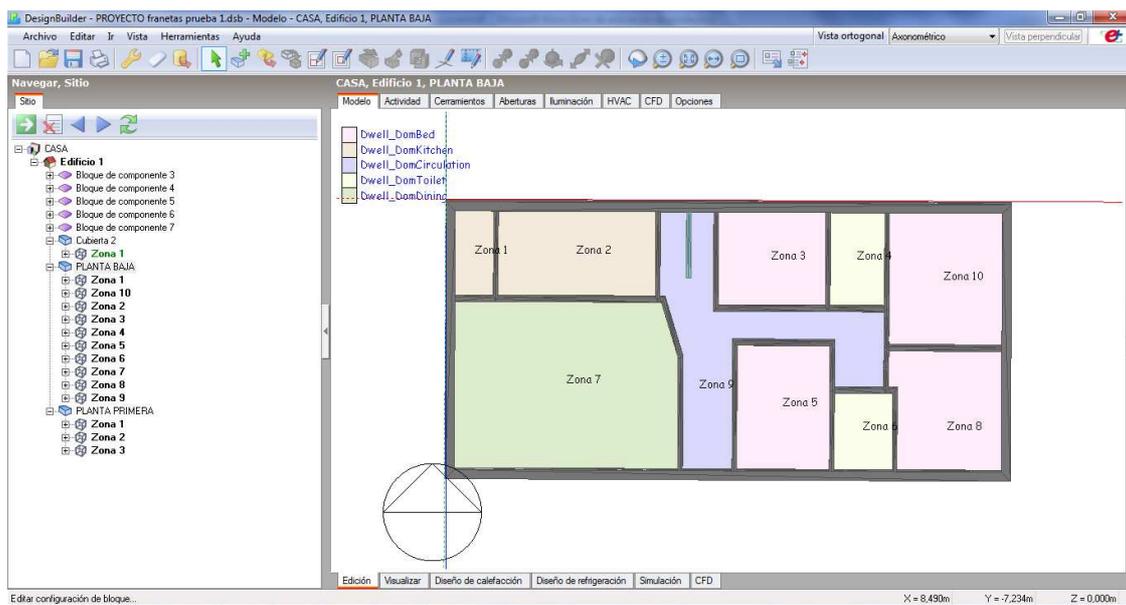


Figura 4.8 Introducción de datos DesingBuilder. Distribución interior planta baja.

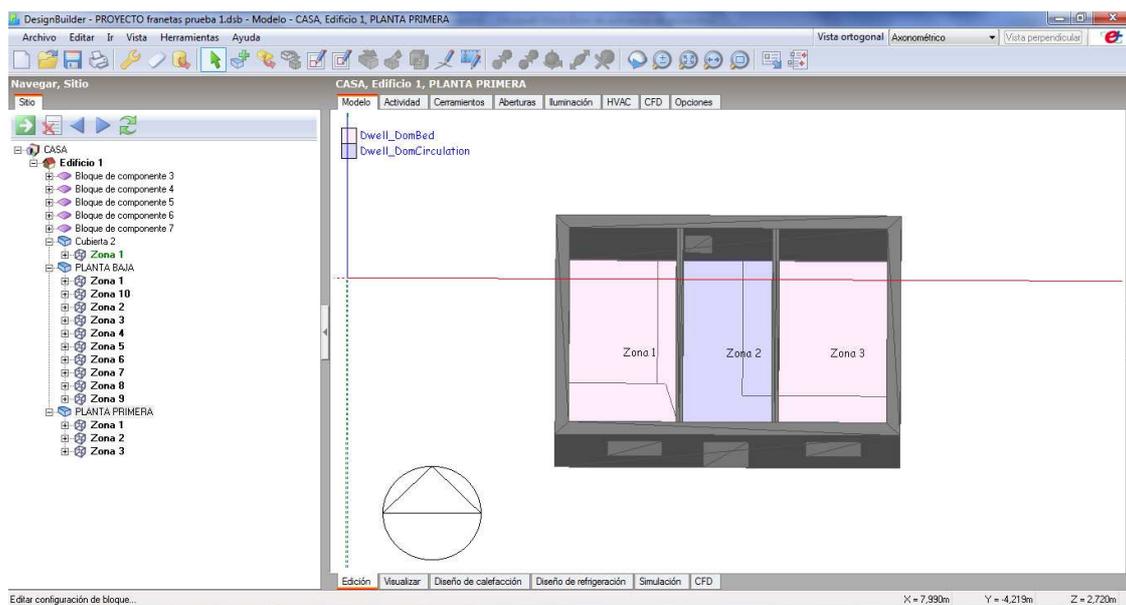


Figura 4.9 Introducción de datos DesingBuilder. Distribución interior planta 1ª.

Una vez realizadas las particiones interiores, procederemos a dar nombre a cada zona para posteriormente adjudicarle las características que definen cada espacio.

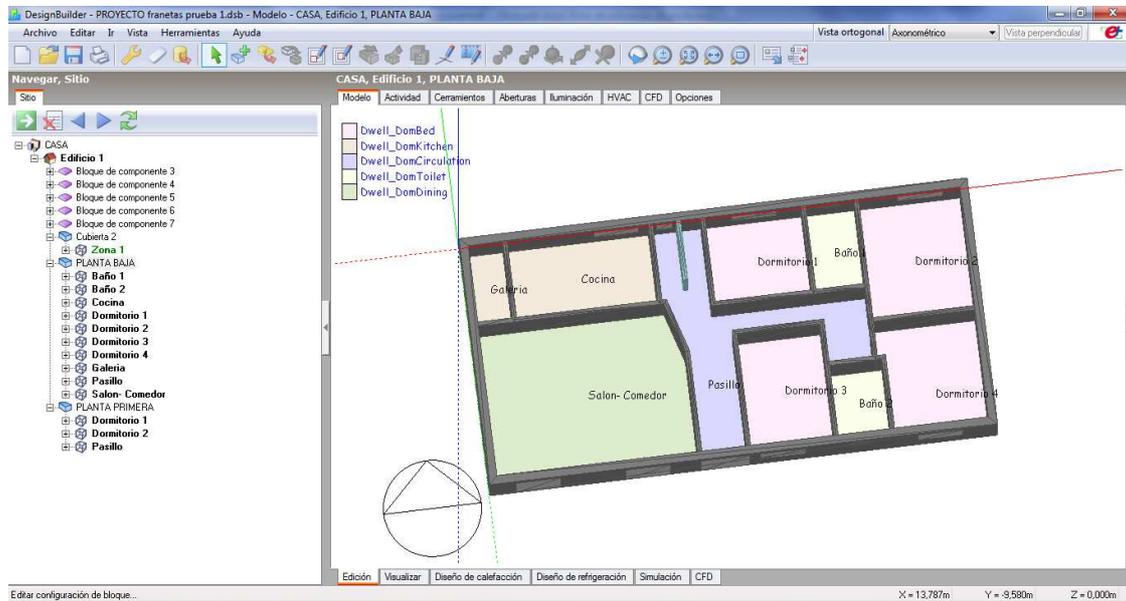


Figura 4.10 Introducción de datos DesingBuilder. Nombre de zonas interiores.

Una vez nombradas, introduciremos en el programa las características de cada zona.

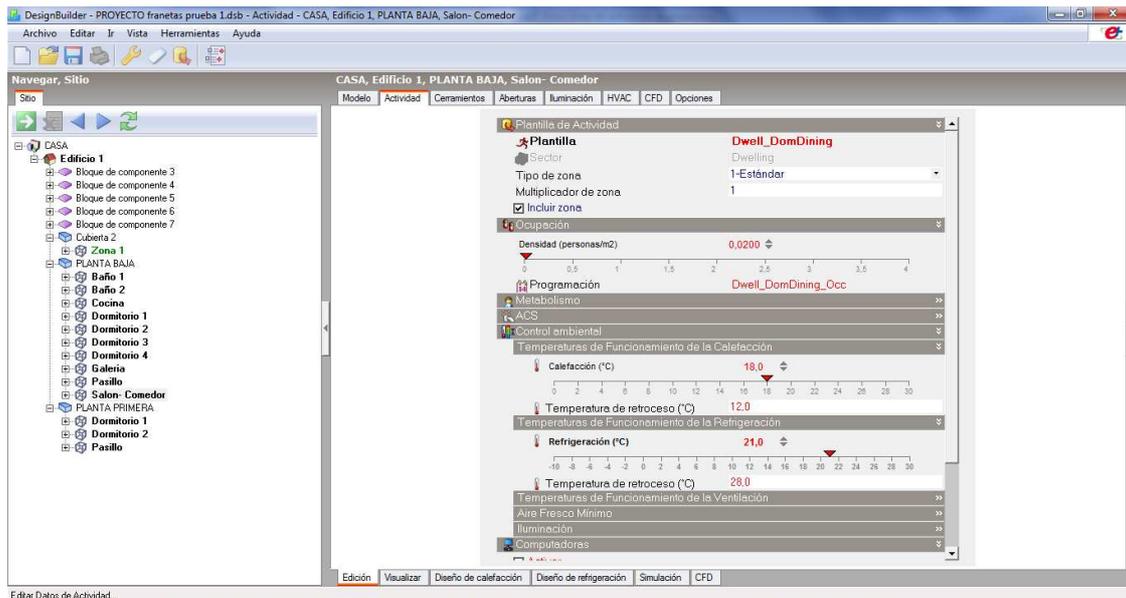


Figura 4.11 Introducción de datos DesingBuilder. Características de cada zona.

Dentro de esta pestaña, introduciremos datos relativos a la actividad a realizar en dicha zona, así como también la densidad de personas por metro cuadrado que la utilizaran y las temperaturas de funcionamiento tanto de los equipos de calefacción como de los equipos de refrigeración.

Una vez clasificados los espacios interiores por zonas, procederemos a la introducción de los datos relativos a la envolvente de nuestro edificio.

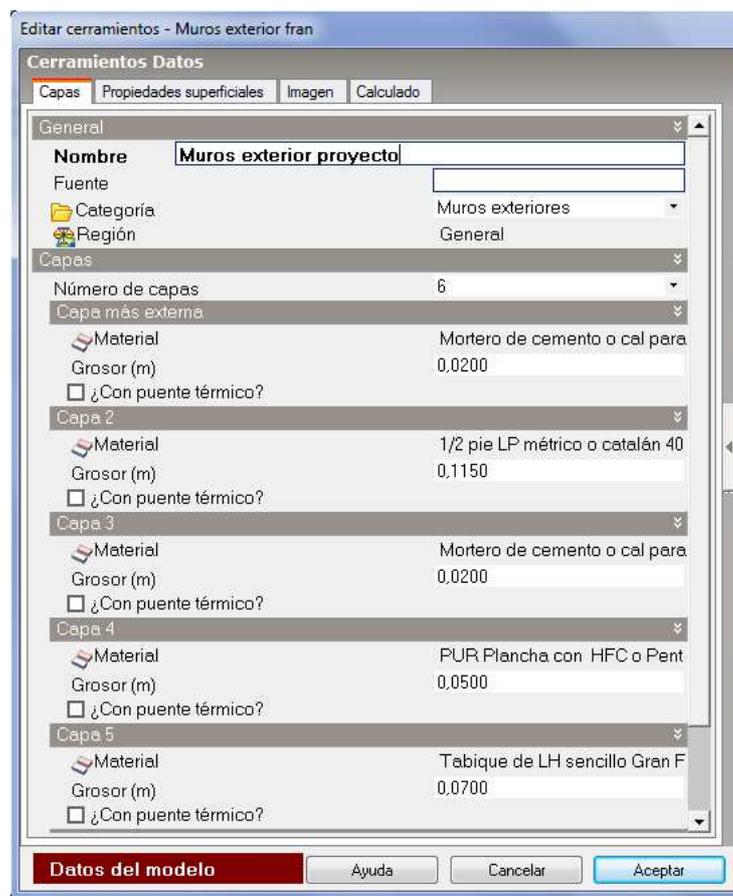


Figura 4.12 Introducción de datos DesingBuilder. Datos de la envolvente.

De la misma manera que está realizado el cerramiento exterior, se introducirán los materiales componentes y su espesor de todos los demás elementos que constituyen la envolvente.

Una vez introducidos todos los datos en DesingBuilder, realizaremos la simulación para comprobar el consumo energético que tendrá y que intentaremos mejorar empleando los materiales antes descritos.

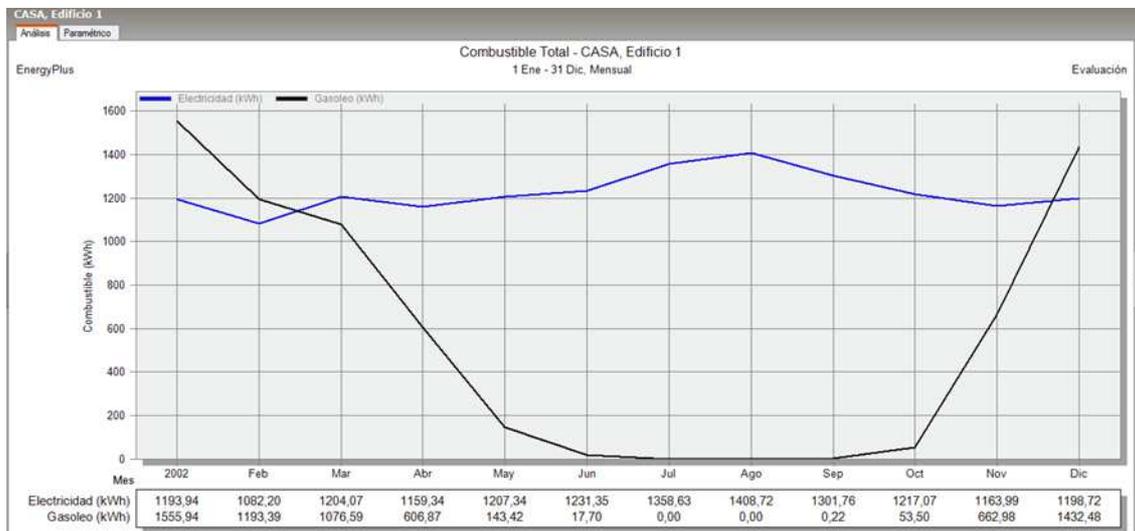


Figura 4.13 Gráfica de consumo edificio inicial mensual

Realizada la simulación, desde el 1 de enero hasta el 31 de diciembre, podemos observar en esta gráfica, el consumo mensual de gasoil para calefacción, así como el consumo de electricidad.

Se puede ver como en los meses de invierno el consumo de gasoil se dispara, motivado por un mal aislamiento y por lo tanto un uso excesivo del sistema de calefacción. Por otro lado también observamos la línea de la electricidad (color azul) que en los meses de verano también se produce una subida motivada por el consumo de los sistemas de refrigeración.

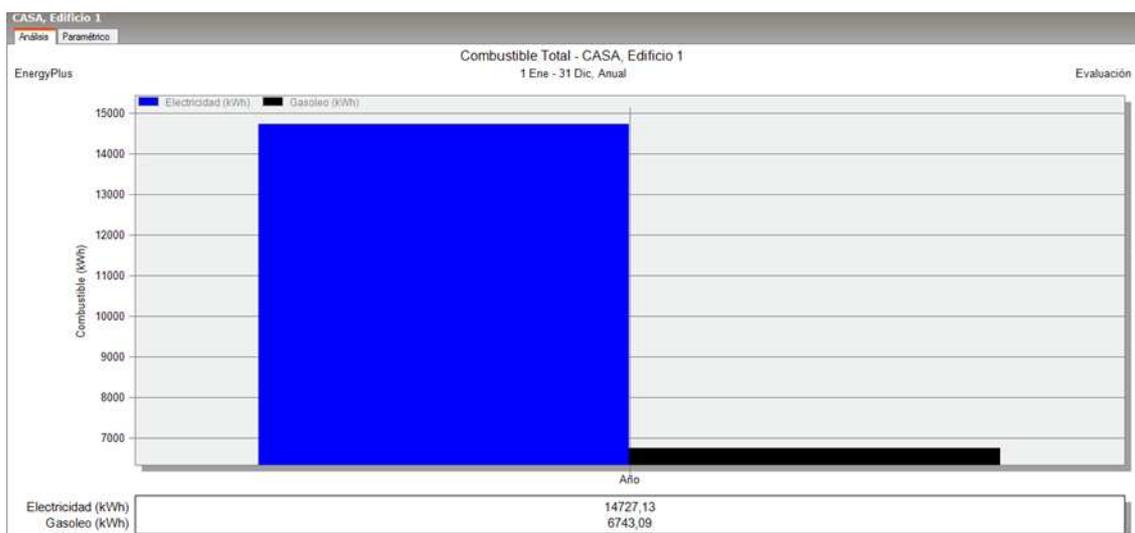


Figura 4.14 Gráfica de consumo edificio inicial anual.

Esta gráfica muestra los consumos totales de combustible, de la que podemos observar que el consumo de electricidad asciende a 14727.13 kwh, y el consumo de gasoil es de 6743.09kWh.

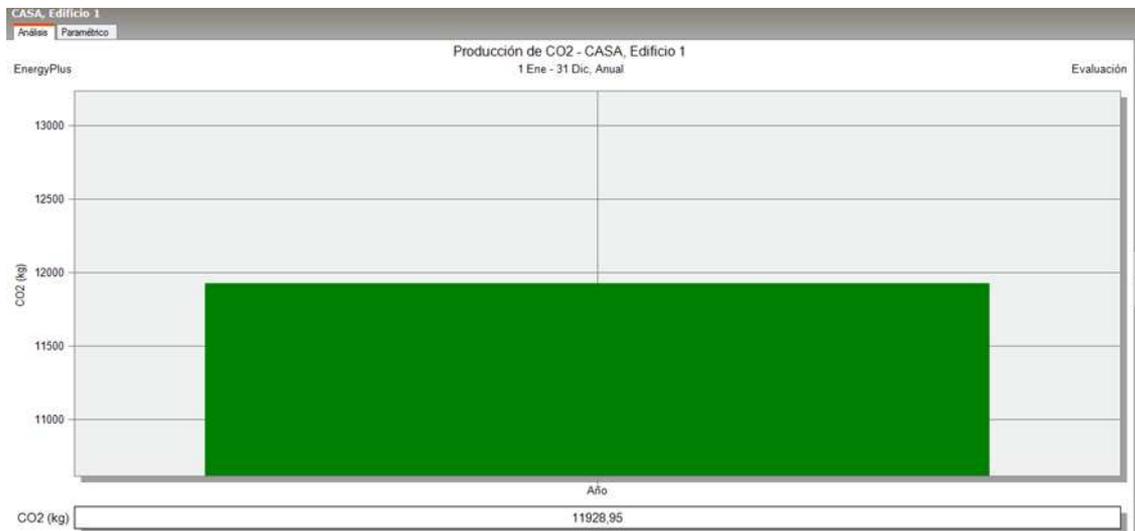


Figura 4.15 Gráfica emisiones CO₂. Iniciales

Esta otra gráfica muestra las emisiones de CO₂ en Kg, que produce nuestra vivienda ascendiendo dicha cantidad a 11928.95 kg al año.

Estos son los consumos que nuestra vivienda presenta, simulado con los materiales de la envolvente que presenta inicialmente, en la que podíamos comprobar que algunas de las partes de dicha envolvente no cumplían con el DB HE 1 y otras aun cumpliendo con dicho DB-HE 1 sus valores estaban muy cerca de los límites permitidos.

Ahora se realizarán diferentes pruebas con los materiales anteriormente citados, intentando disminuir lo mayor posible los consumos antes descritos.

A continuación se propondrán las 3 pruebas más significativas realizadas con DesingBuilder y se elegirá la que mejor se adapte a nuestras necesidades.

Prueba 1:

Para la Prueba 1 con DesingBuilder hemos utilizado los siguientes materiales aislantes para la envolvente del edificio:

- Forjado de planta baja: Para el forjado de planta baja hemos utilizado un aislamiento a base de poliestireno expandido de 6 cm de espesor.

Precio del aislamiento poliestireno expandido en planchas de 6 cm de espesor incluso colocación: 8.54 euros/m²

- Cerramientos exteriores: Para los cerramientos exteriores se han utilizado planchas de poliestireno expandido de 3 cm de espesor.

Precio del aislamiento poliestireno expandido a base de planchas de 3 cm de espesor incluso colocación: 5.19 euros/m²

- Cubierta inclinada: Para el aislamiento de la cubierta inclinada se ha utilizado un aislamiento a base de celulosa insuflada de 6cm de espesor.

Precio de la colocación de aislamiento en cubierta a base de celulosa insuflada de 6cm de espesor incluso colocación y limpieza de restos: 7.2 euros/m²

Presupuesto del aislamiento prueba 1:

Aislamiento del forjado de planta baja:

-153.48 m² aislamiento x 8.54 euros/m² = 1310.71 euros

Aislamiento de los cerramientos:

-244.86 m² aislamiento x 5.19 euros/m²= 1270.82 euros

Aislamiento cubierta:

-48.30 m² aislamiento x 7.2 euros/m² = 347.76 euros

Presupuesto total del aislamiento= 2929.29 euros

Una vez realizado el presupuesto del aislamiento de la prueba 1 vamos a realizar la simulación con DesingBuilder para ver el ahorro energético que obtendríamos.



Figura 4.16 Gráfica consumo mensual modificado prueba 1.

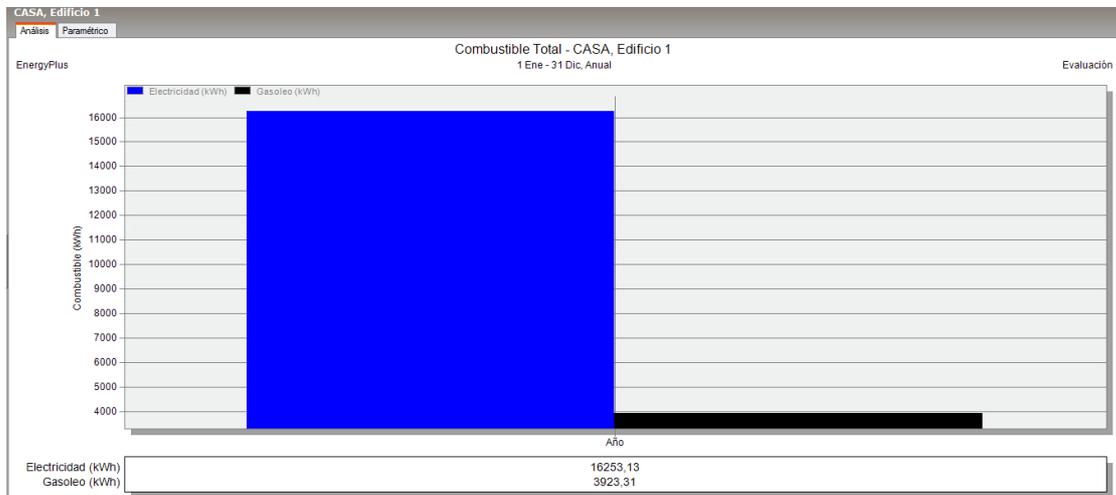


Figura 4.17 Gráfica consumo anual modificado prueba 1.

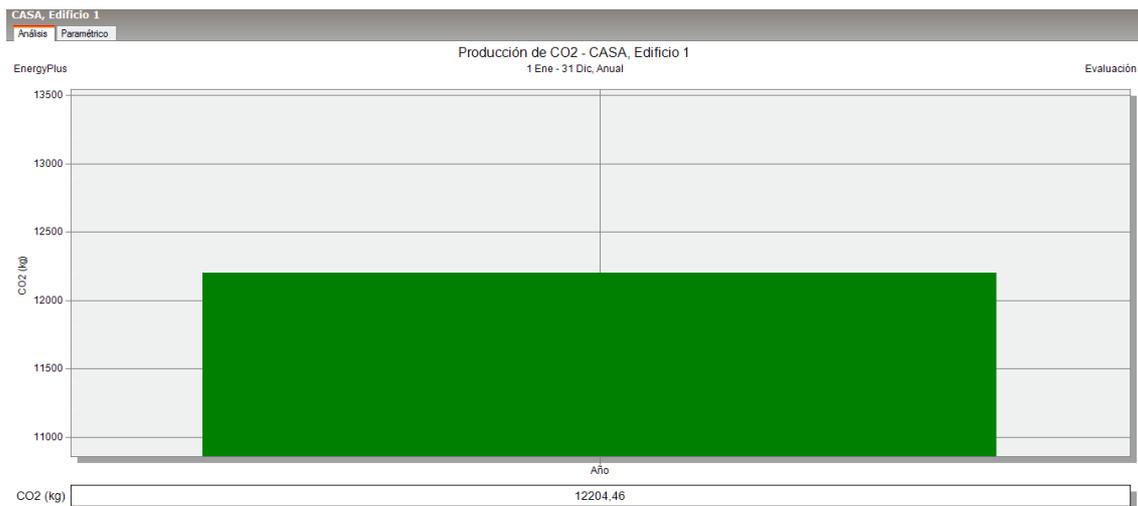


Figura 4.18 Gráfica emisiones de CO₂ prueba 1.



A la vista de los resultados obtenidos tras la simulación podemos realizar las siguientes conclusiones:

	Consumo gasoil (kwh)	Consumo electricidad (kwh)
Edificio inicial	6743.09	14727.13
Edificio mejorado energéticamente	3923.31	16253.13

Tabla 4.1 Diferencias de consumos prueba 1

-Diferencia de emisiones de CO₂= 275.51 Kg de CO² más que el edificio en estado inicial.

A la vista de los resultados podemos realizar el siguiente análisis económico:

Diferencia de consumo de gasoil con respecto al edificio inicial:

$$-6743.09 - 3923.31 = 2819.78 \text{ Kwh}$$

Dado que 1 litro de gasoil equivale a 9,72 kwh, podemos decir que la diferencia de consumo es de:

$$2819.78 \text{Kwh} / 9.72 \text{ Kwh} = 290.10 \text{ litros de gasoil}$$

El precio del gasoil para calefacción es de 0.99 euros/ litro, obteniendo un ahorro de:

$$290.10 \text{litros} \times 0.99 \text{ euros/litro} = \mathbf{287.199 \text{ euros anuales.}}$$

Diferencia de consumo de electricidad con respecto al edificio inicial:

$$-14727.13 - 16253.13 = -1526 \text{ kwh}$$

El precio del kwh de electricidad es de 0,140069 euros/kwh, pero en el consumo de electricidad tenemos una diferencia negativa de manera que eso significa que de electricidad tendremos que pagar dinero que en el edificio inicial.

$$1526 \text{ kwh} \times 0.140069 \text{ euros/kwh} = \mathbf{213.74 \text{ euros anuales más deberíamos pagar con respecto al edificio inicial.}}$$

$$\mathbf{\text{Total de ahorro anual: } 287.199 - 213.74 = 73.45 \text{ euros de ahorro}}$$

Presupuesto total del aislamiento= 2929.29 euros

A la vista de estos resultados la amortización del aislamiento sería de 35 años con lo que no conviene y por lo tanto deberemos seguir buscando soluciones mejores.



Prueba 2:

Para la Prueba 2 con DesingBuilder hemos utilizado los siguientes materiales aislantes para la envolvente del edificio:

- Forjado de planta baja: Para el forjado de planta baja hemos utilizado un aislamiento a base de poliestireno extruido de 4 cm de espesor.

Precio del aislamiento poliestireno expandido en planchas de 4 cm de espesor incluso colocación: 7.54 euros/m²

- Cerramientos exteriores: Para los cerramientos exteriores se han utilizado planchas de poliestireno extruido de 5 cm de espesor.

Precio del aislamiento poliestireno extruido a base de planchas de 5 cm de espesor incluso colocación: 9.5 euros/m²

- Cubierta inclinada: Para el aislamiento de la cubierta inclinada se ha utilizado un aislamiento a base de celulosa insuflada de 6 cm de espesor incluso colocación y limpieza de restos.

Precio de la colocación de aislamiento en cubierta a base de celulosa insuflada de 6cm de espesor incluso colocación y limpieza de restos: 7.2 euros/m²

Presupuesto del aislamiento prueba 2:

Aislamiento del forjado de planta baja:

-153.48 m² aislamiento x 7.54 euros/m² = 1157.23 euros

Aislamiento de los cerramientos:

-244.86 m² aislamiento x 9.5 euros/m²= 2326.17 euros

Aislamiento cubierta:

-48.30 m² aislamiento x 7.2 euros/m² = 347.76 euros

Presupuesto total del aislamiento= 3831.16 euros

Una vez realizado el presupuesto del aislamiento de la prueba 2 vamos a realizar la simulación con DesingBuilder para ver el ahorro energético que obtendríamos.

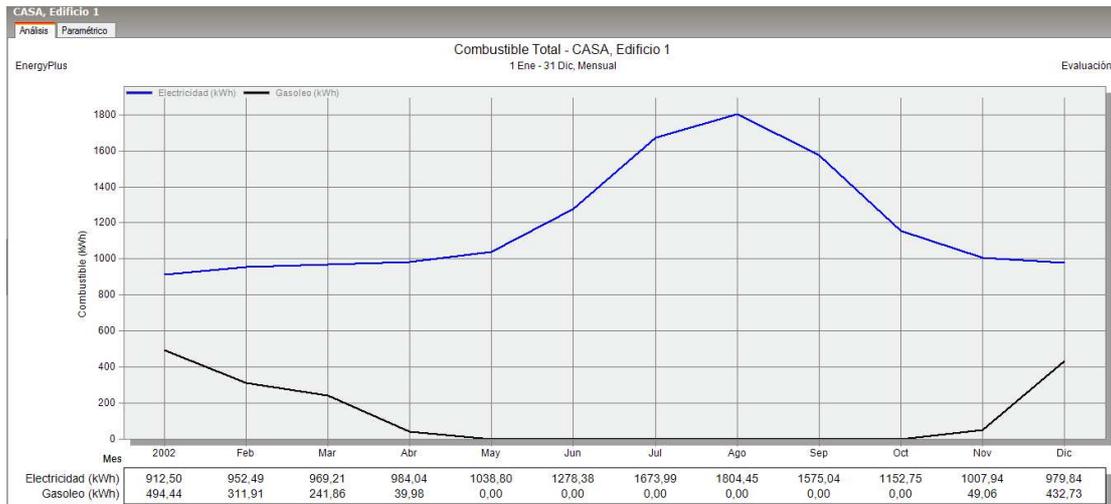


Figura 4.19 Gráfica consumo mensual modificado prueba 2.

Tras la simulación con el nuevo aislamiento podemos observar como el consumo de electricidad ha bajado en los meses de invierno con respecto a la simulación inicial, al igual que el de consumo de gasoil cuya disminución ha sido bastante más notable.

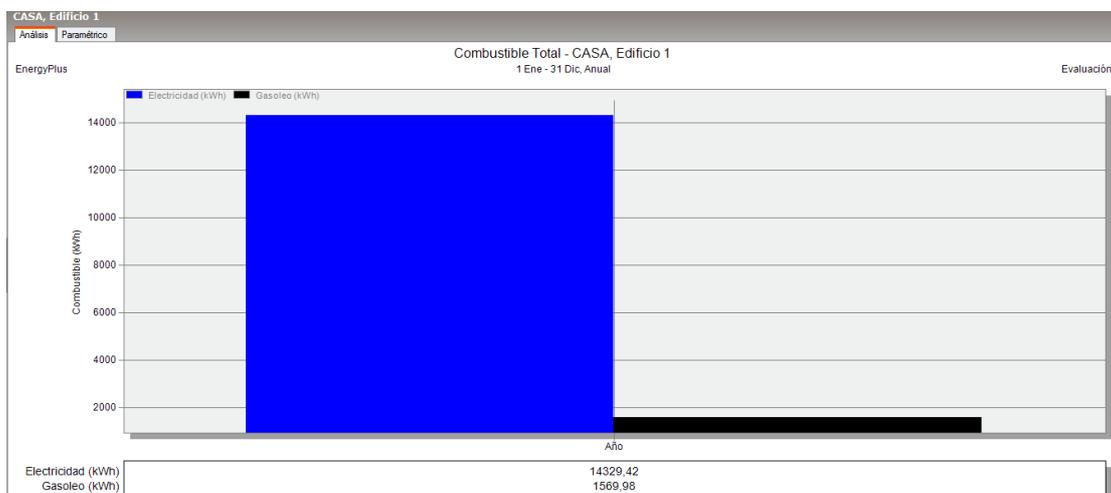


Figura 4.20 Gráfica consumo anual modificado prueba 2.

En la gráfica de consumos anuales podemos ver la notable diferencia de ahorro de combustible con respecto al edificio inicial, observamos que el consumo de electricidad es de 14329.42 kWh, y que el consumo de gasoil es de 1569.98 kWh, lo cual se deduce en un ahorro bastante significativo.

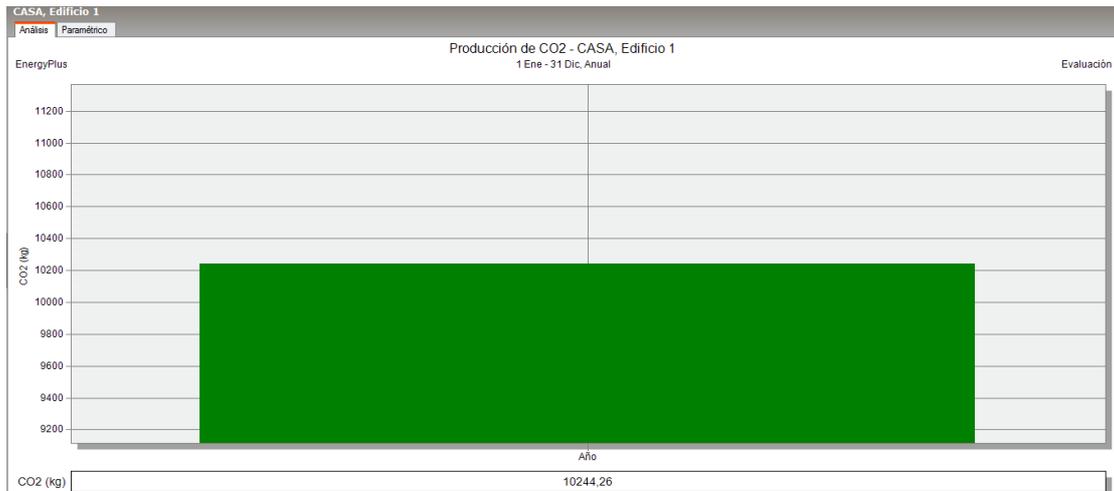


Figura 4.21 Gráfica emisiones CO₂ modificado prueba 2.

A la vista de los resultados obtenidos tras la simulación podemos realizar las siguientes conclusiones:

	Consumo gasoil (kwh)	Consumo electricidad (kwh)
Edificio inicial	6743.09	14727.13
Edificio mejorado energéticamente	1569.98	14329.42

Tabla 4.2 Diferencias de consumos prueba 2

-Diferencia de emisiones de CO₂= 1960.2 Kg de CO₂ menos que el edificio en estado inicial.

A la vista de los resultados podemos realizar el siguiente análisis económico:

Diferencia de consumo de gasoil con respecto al edificio inicial:

$$-6743.09 - 1569.98 = 5173.11 \text{ Kwh}$$

Dado que 1 litro de gasoil equivale a 9,72 kwh, podemos decir que la diferencia de consumo es de:

$$5173.11 / 9.72 \text{ Kwh} = 532.21 \text{ litros de gasoil}$$

El precio del gasoil para calefacción es de 0.99 euros/ litro, obteniendo un ahorro de:

$$532.21 \text{ litros} \times 0.99 \text{ euros/litro} = \mathbf{526.89 \text{ euros anuales.}}$$



Diferencia de consumo de electricidad con respecto al edificio inicial:

$$-14727.13 - 14329.42 = 397.71 \text{ kwh}$$

El precio del kwh de electricidad es de 0,140069 euros/kwh, obteniendo un ahorro de:

$$397.71 \text{ kwh} \times 0.140069 \text{ euros/kwh} = \mathbf{55.70 \text{ euros anuales}}$$

Total de ahorro anual: 526.89+55.70 = 582.59 euros de ahorro

Presupuesto total del aislamiento= 3831.16 euros

A la vista de estos resultados la amortización del aislamiento sería de 6 años y medio, por lo que sería una solución mejor que la anterior y mas eficiente.

Prueba 3:

Para la Prueba 3 con DesingBuilder hemos utilizado los siguientes materiales aislantes para la envolvente del edificio:

- Forjado de planta baja: Para el forjado de planta baja hemos utilizado un aislamiento a base de poliestireno extruido de 2 cm de espesor.

Precio del aislamiento poliestireno expandido en planchas de 4 cm de espesor incluso colocación: 6.7 euros/m²

- Cerramientos exteriores: Para los cerramientos exteriores se han utilizado aislamiento a base de celulosa insuflada de 7,5cm de espesor.

Precio del aislamiento a base de celulosa insuflada de 7,5cm de espeso incluso colocación y limpieza de restos: 10.70 euros/m²

- Cubierta inclinada: Para el aislamiento de la cubierta inclinada se ha utilizado un aislamiento a base de celulosa insuflada de 6 cm de espesor incluso colocación y limpieza de restos.

Precio de la colocación de aislamiento en cubierta a base de celulosa insuflada de 6cm de espesor incluso colocación y limpieza de restos: 7.2 euros/m²

Presupuesto del aislamiento prueba 3:

Aislamiento del forjado de planta baja:

$$-153.48 \text{ m}^2 \text{ aislamiento} \times 6.7 \text{ euros/m}^2 = 1028.31 \text{ euros}$$

Aislamiento de los cerramientos:

$$-244.86 \text{ m}^2 \text{ aislamiento} \times 10.7 \text{ euros/m}^2 = 2620.02 \text{ euros}$$

Aislamiento cubierta:

$$-48.30 \text{ m}^2 \text{ aislamiento} \times 7.2 \text{ euros/m}^2 = 347.76 \text{ euros}$$

Presupuesto total del aislamiento= 3996.09 euros

Una vez realizado el presupuesto del aislamiento de la prueba 3 vamos a realizar la simulación con DesingBuilder para ver el ahorro energético que obtendríamos.



Figura 4.22 Gráfica emisiones CO₂ modificado prueba 3.

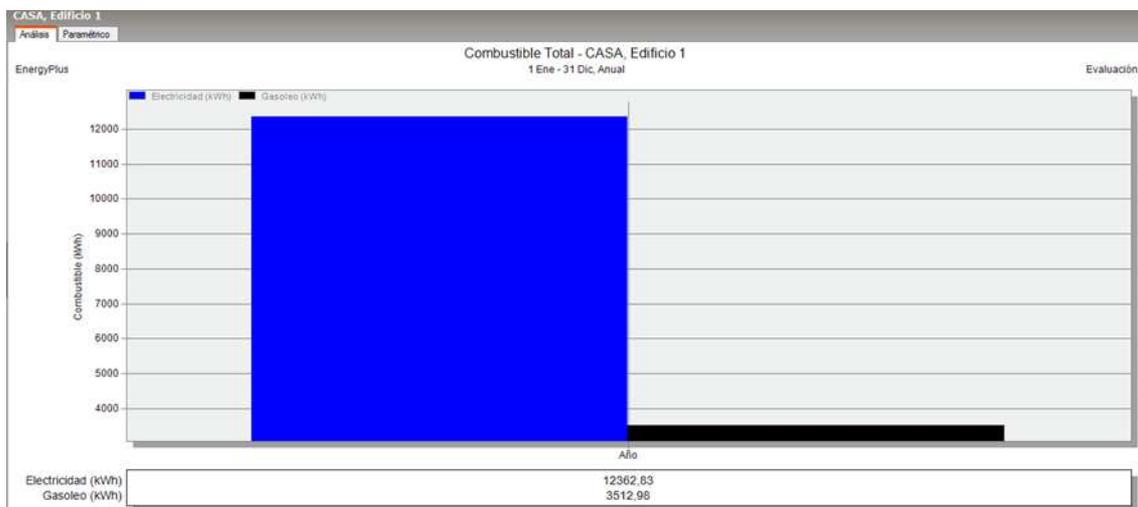


Figura 4.23 Gráfica emisiones CO₂ modificado prueba 3.

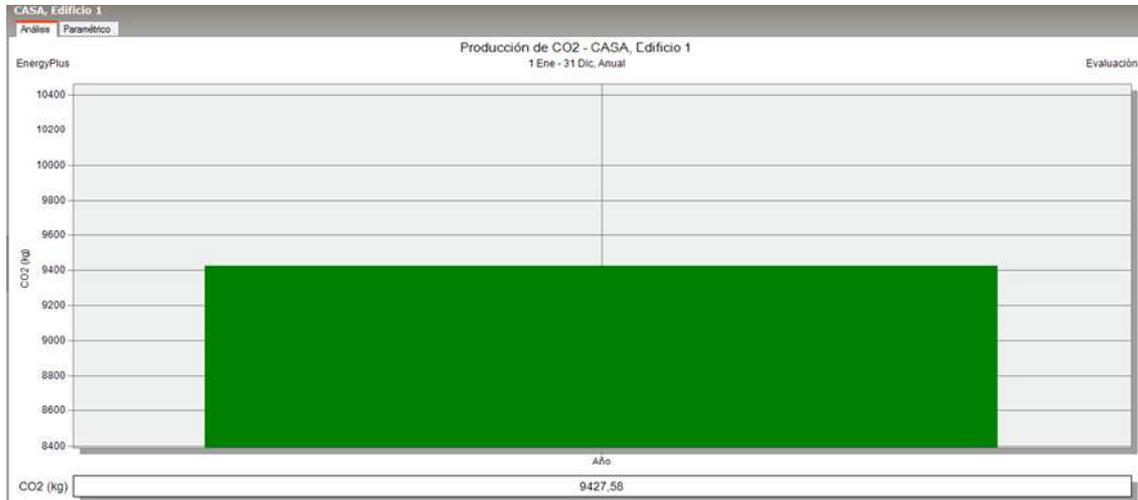


Figura 4.24 Gráfica emisiones CO₂ modificado prueba 3.

A la vista de los resultados obtenidos tras la simulación podemos realizar las siguientes conclusiones:

	Consumo gasoil (kwh)	Consumo electricidad (kwh)
Edificio inicial	6743.09	14727.13
Edificio mejorado energéticamente	3512.98	12362.83

Tabla 4.3 Diferencias de consumos prueba 3

-Diferencia de emisiones de CO₂= 2776.88 Kg de CO₂ menos que el edificio en estado inicial.

A la vista de los resultados podemos realizar el siguiente análisis económico:

Diferencia de consumo de gasoil con respecto al edificio inicial:

$$-6743.09 - 3512.98 = 3230.11 \text{ Kwh}$$

Dado que 1 litro de gasoil equivale a 9,72 kwh, podemos decir que la diferencia de consumo es de:

$$3230.11 / 9.72 \text{ Kwh} = 332.31 \text{ litros de gasoil}$$

El precio del gasoil para calefacción es de 0.99 euros/ litro, obteniendo un ahorro de:

$$332.11 \text{ litros} \times 0.99 \text{ euros/litro} = \mathbf{327.79 \text{ euros anuales.}}$$



Diferencia de consumo de electricidad con respecto al edificio inicial:

$$-14727.13 - 12362.83 = 2364.3 \text{ kwh}$$

El precio del kwh de electricidad es de 0,140069 euros/kwh, obteniendo un ahorro de:

$$2364.3 \text{ kwh} \times 0.140069 \text{ euros/kwh} = \mathbf{331.16 \text{ euros anuales}}$$

Total de ahorro anual: 327.79+331.16 = 658.95 euros de ahorro

Presupuesto total del aislamiento= 3996.09 euros

A la vista de estos resultados la amortización del aislamiento sería de 6 años, por lo que podríamos decir que esta última prueba es la mejor solución, ya que estamos ahorrando más que con las 2 anteriores, la amortización del aislamiento empleado se realiza en menos tiempo y otro factor importante es la gran diferencia de emisión de kilogramos de CO₂ que dejamos de emitir a la atmósfera.



5. CONCLUSIONES.



5. CONCLUSIONES

Parece evidente que hoy en día es imprescindible ahorrar energía, caminando de esta forma hacia la sostenibilidad del planeta. En los últimos años ha sido necesario aprobar diversas legislaciones mundiales encaminadas a este fin.

Con el objetivo de hacer cumplir con el DB-HE en este proyecto se ha procedido a un estudio exhaustivo de las necesidades energéticas de un edificio sito en Murcia, según el documento básico ahorro de energía (CTE-HE).

El eje central del proyecto ha sido el estudio de las transmitancias y condensaciones de la vivienda, con el objetivo de reducir al máximo las pérdidas de calor o de refrigeración, según sea el caso.

El primer paso fue el estudio de las resistencias térmicas de los cerramientos, así como de la transmitancia térmica y la comprobación de las condensaciones tanto superficiales, como intersticiales.

En primer lugar debemos señalar que, una vez realizados todos los estudios de resistencias, transmitancias térmicas y condensaciones, hemos podido observar que no cumplen todos sus elementos con los límites establecidos por el DB-HE.

Los elementos donde se incumple el CTE DB-HE son la cubierta inclinada que se sitúa en todo el perímetro de nuestro edificio, y las carpinterías cuyos marcos sobrepasan los límites establecidos de transmitancia.

Una vez detectada esta deficiencia se procedió a incorporar un aislamiento a base de planchas de poliestireno extruido de 6 cm de espesor, ya que posee un coeficiente de conductividad bajo y su comportamiento es bastante bueno como aislamiento térmico, comprobando de esta manera que sí cumplía con el CTE. En el caso del problema con las carpinterías se procedió a utilizar una carpintería con marcos de PVC por poseer una transmitancia del marco muy baja ($1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$) y acristalamiento doble. 4+12+4.

En cuanto al cumplimiento de las condensaciones respecto a la normativa debemos indicar que se cumple en todos los casos.

Es importante saber que dicho edificio es de construcción anterior a la entrada en vigor del DB-HE, de lo que podemos deducir, que aun ajustándose a la normativa anterior, no se ajustaba al DB-HE o sus valores estaban muy cerca de los límites permitidos, de todo esto podemos concluir diciendo que la normativa actual es más restrictiva que la normativa anterior.

De las emisiones por servicio podemos observar que existe una mayor emisión de kgCO_2 de nuestro edificio inicial con respecto a nuestro edificio modificado con DesingBuilder, consecuencia motivada por un buen aislamiento, al realizar esta acción disminuimos la transmitancia térmica lo que conlleva a disminuir consecuentemente la energía necesaria para climatizar un espacio cerrado y por lo tanto disminuimos las



emisiones de CO₂ a la atmósfera y contribuimos a la realización de una Arquitectura Sostenible.

Del estudio que se realizó con DesingBuilder, el programa de simulación energética, podemos destacar su gran funcionalidad, ya que nos ha permitido realizar diferentes simulaciones como hemos podido observar anteriormente, para llegar hasta una solución que nos permita ahorrar la máxima energía posible, emitiendo la cantidad de Kg de CO₂ menor posible y eligiendo una solución lo más rápida posible de amortizar.

Esto ha sido posible ya que DesingBuilder permite una simulación del edificio utilizando ficheros climáticos horarios para verificar el comportamiento del edificio bajo condiciones de funcionamiento reales aportándonos datos de diseño, como el consumo energético anual o mensual, niveles de confort o emisiones de CO₂ explicadas en los puntos anteriores de este proyecto.

En el capítulo económico, hemos de decir que los costes del aislamiento en los edificios es muy bajo. aunque depende de la situación geográfica y de la tipología edificatoria, el valor oscila entre el 0,3 y 0,7% del coste del edificio.

El aislamiento térmico es el único material del edificio que se amortiza por si mismo, ya que su coste se amortiza, como hemos podido comprobar en un periodo de unos 6 años con el ahorro de energía que se produce en la climatización (calefacción + refrigeración) de los locales siendo la vida media de los aislamientos de 50 años, el beneficio económico es bastante significativo con respecto de su coste de colocación.

En mi opinión, podría decir que después del trabajo realizado, el estudio que he llevado a cabo de esta vivienda me ha servido para comprobar que a la hora de realizar un edificio conviene ser exigentes con el aislamiento utilizado, porque, aunque la edificación pueda encarecerse un poco más al inicio, en un periodo no muy largo de tiempo esa diferencia de dinero será amortizada, y los años siguientes serán un beneficio que de no haber sido por el aislamiento estaríamos perdiendo dinero en energía que en realidad no la hubiéramos necesitado, y emitiendo kilogramos de CO₂ que de tener nuestro edificio bien aislado no hubiéramos necesitado tanta energía y como consecuencia estaríamos contribuyendo a cuidar el medio ambiente.



6. ANEXO 1 (PLANOS)



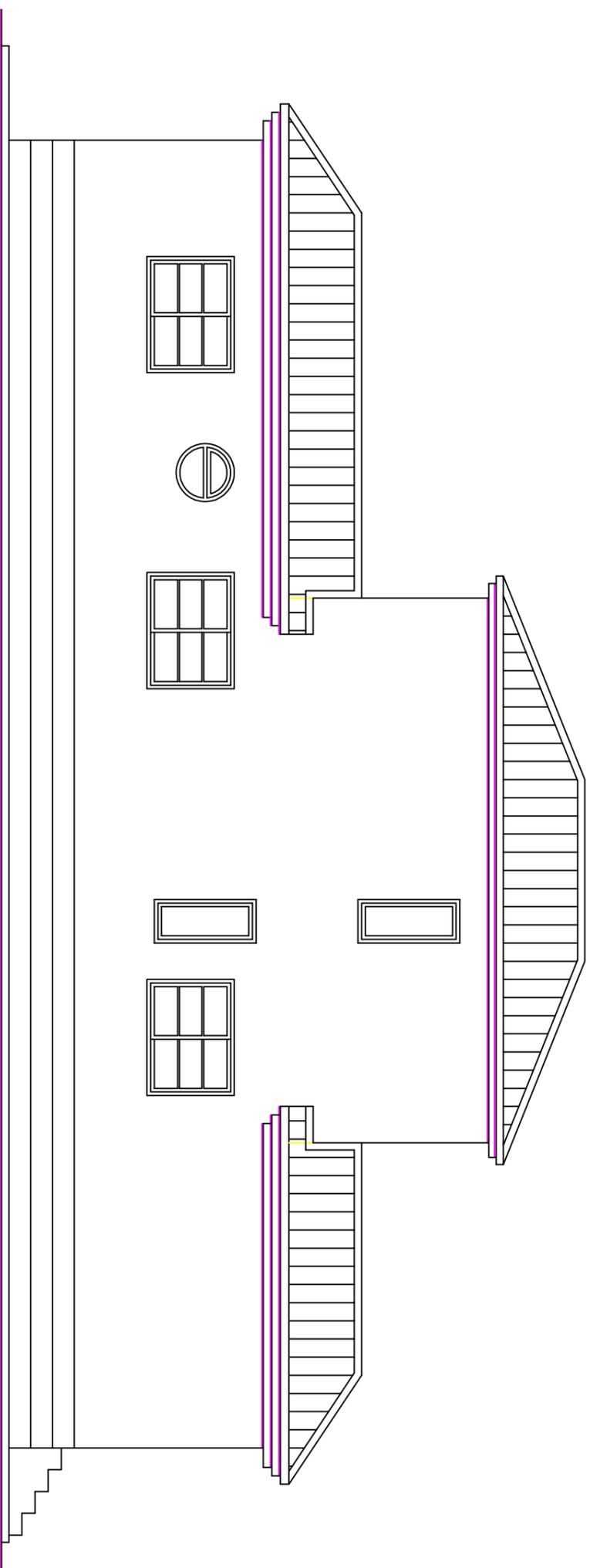
Plano: Edificio Proyecto Fin de Grado

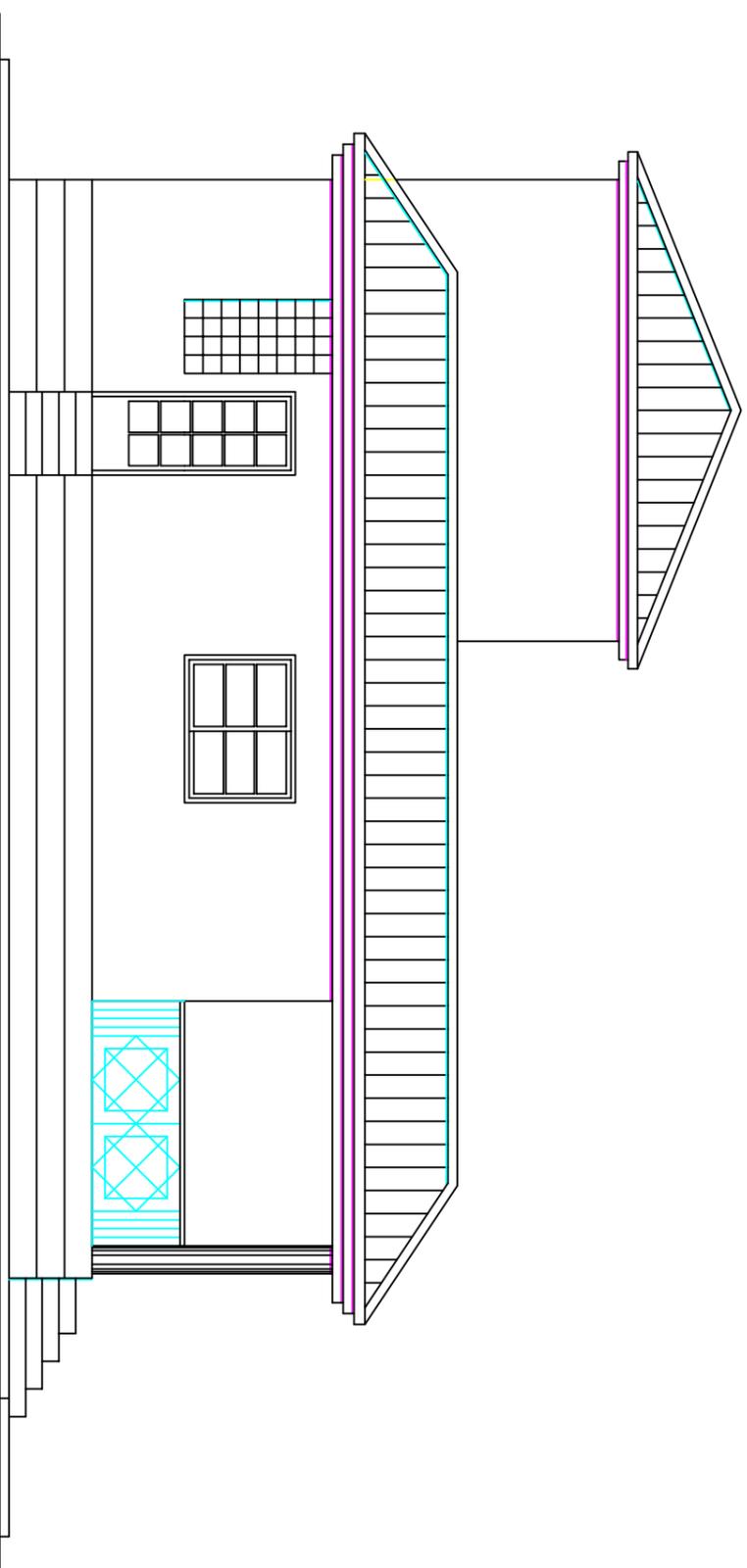
ALZADO NORTE

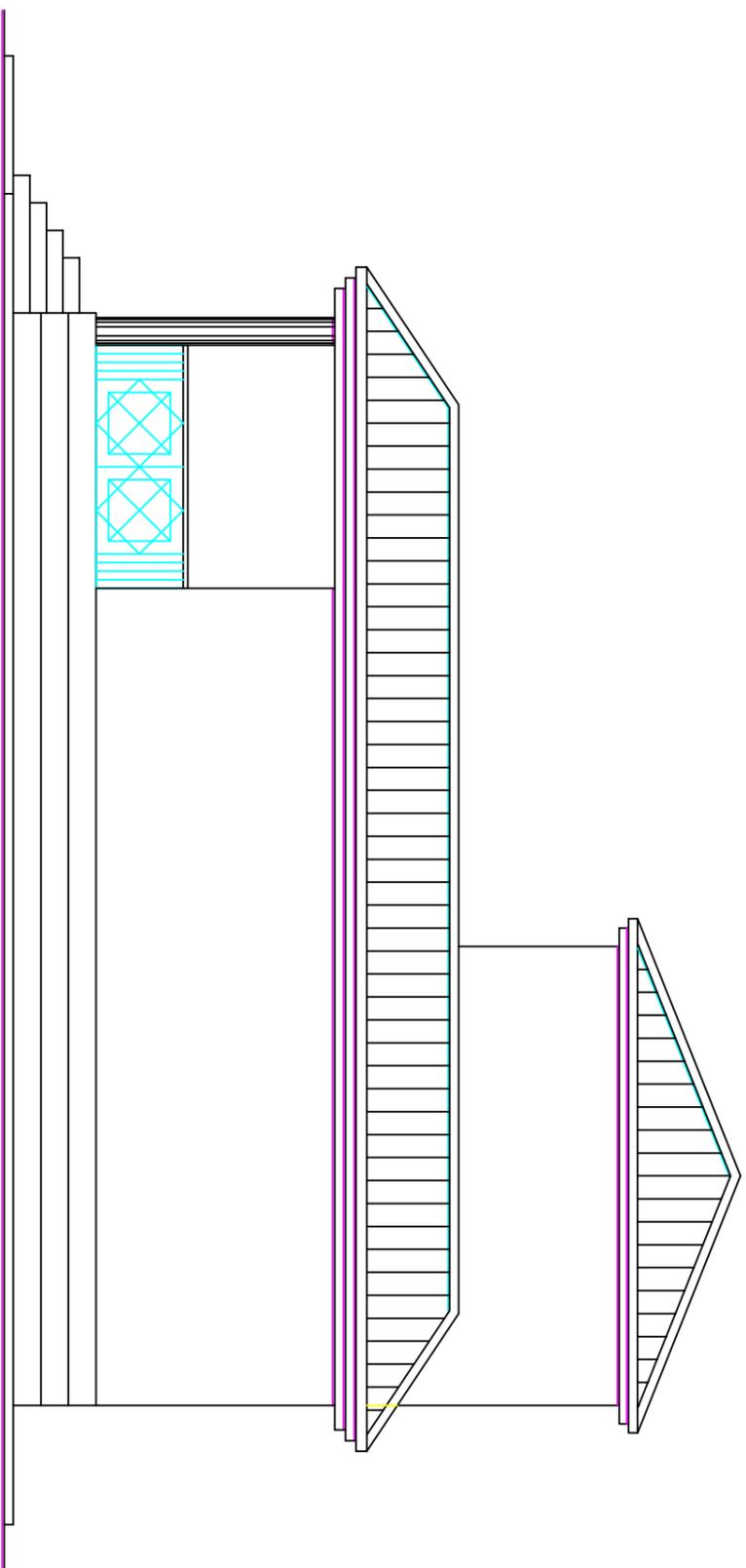
1

E.1/78

Alumno:
Francisco José González pag.82







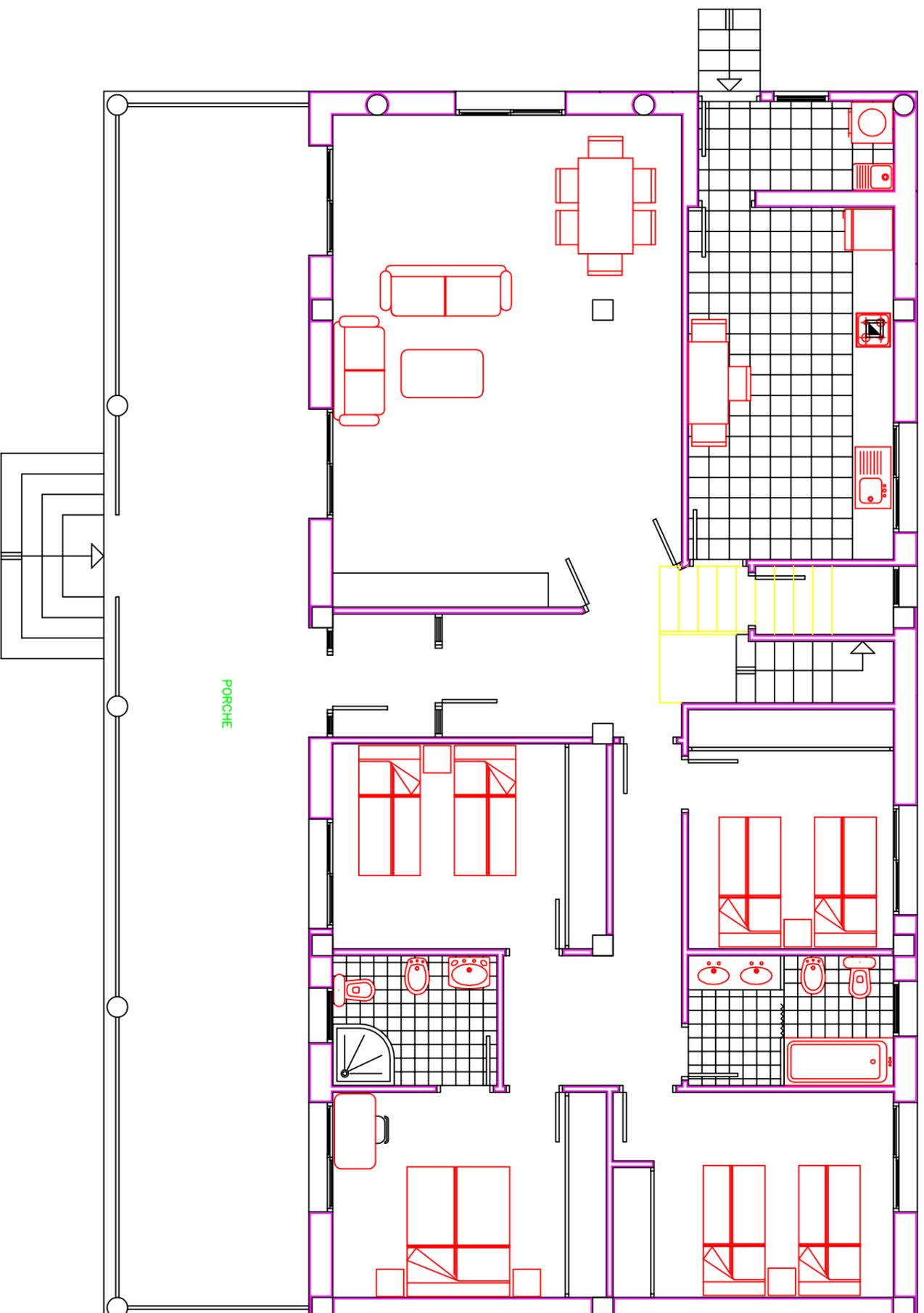
Planos Edificio Proyecto Fin de Grado

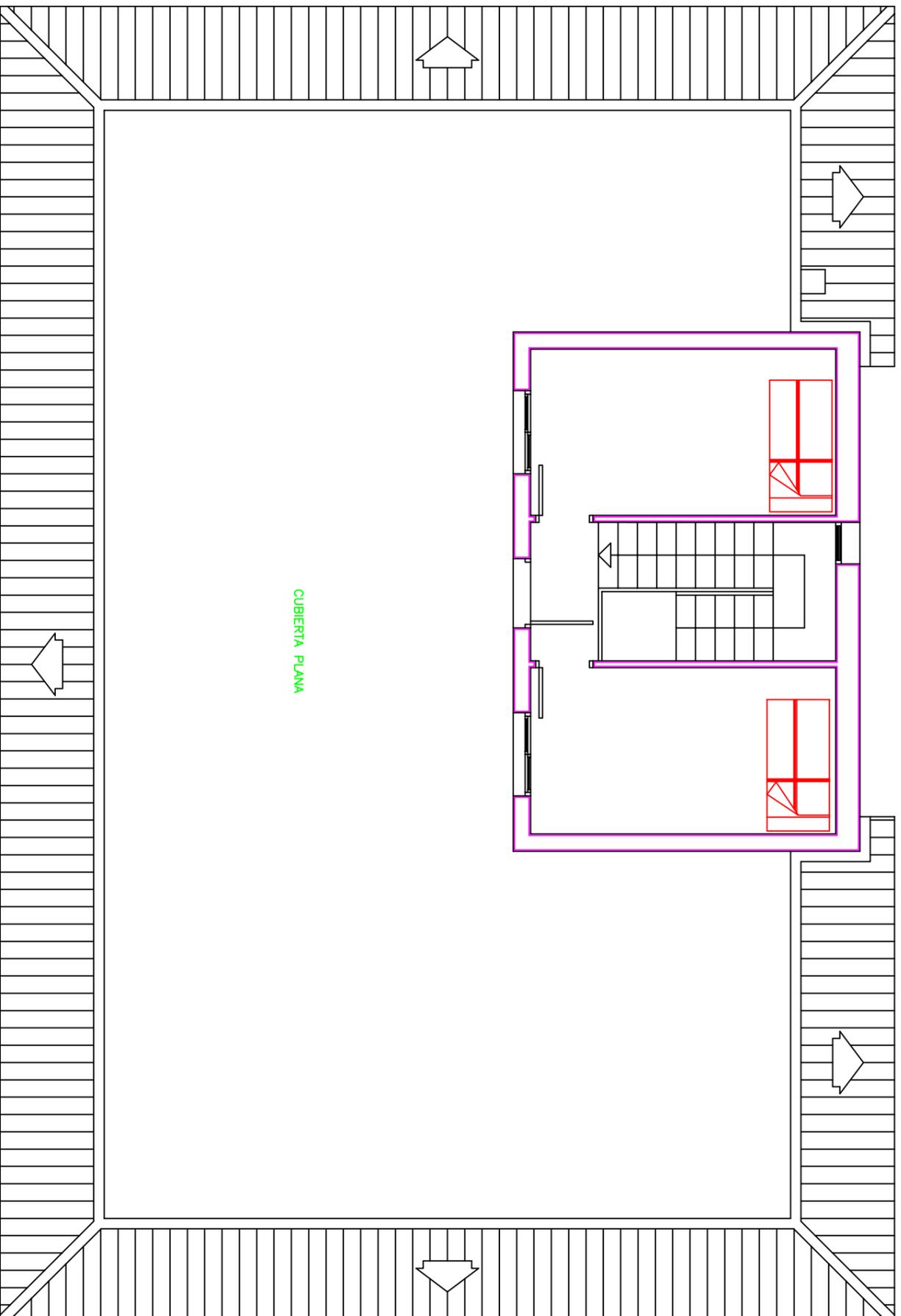
ALZADO OESTE

4

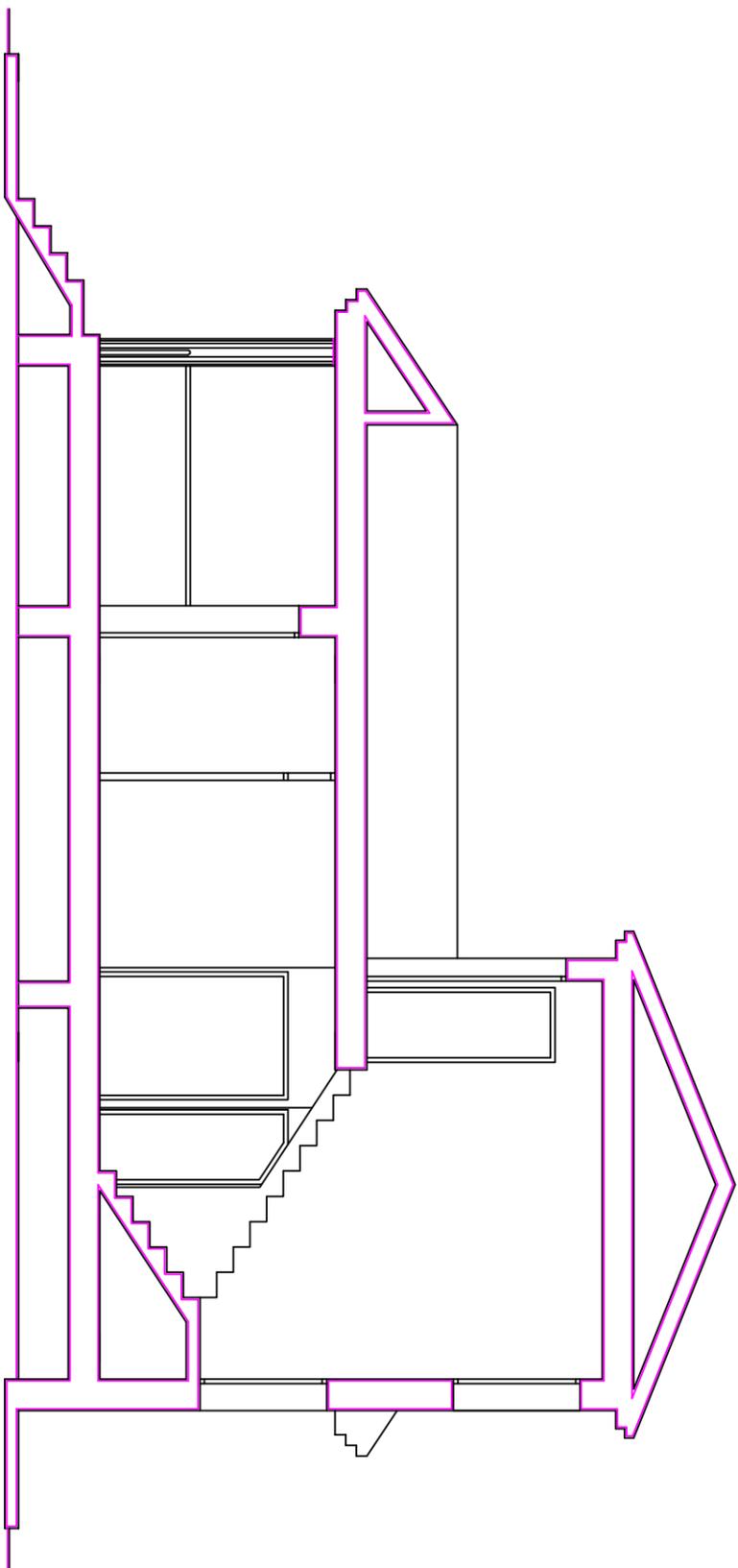
E1/76

Autore: Francisco José González pag. 95





CUBIERTA PLANA



Planoes Edificio Proyecto Fin de Grado

SECCION

2

E1/7B

Alumno:
Francisco José González pag.98



7. ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS.



7. ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS.

2. MEMORIA CONSTRUCTIVA, DEFINICIÓN DEL EDIFICIO EXISTENTE.

FIGURAS.

- Figura 2.1. Plano de emplazamiento y situación.....	13
- Figura 2.2. Plano de distribución planta baja.....	14
- Figura 2.3. Plano de distribución planta primera.....	14
- Figura 2.4. Detalle encuentro forjado sanitario cimentación.....	16
- Figura 2.5. Detalle cerramiento exterior.....	17
- Figura 2.6. Detalle azotea.....	18
- Figura 2.7. Detalle de tejadillo perimetral.....	19

TABLAS

- Tabla 2.1. Tabla de superficies útiles y construidas.....	15
---	----

3. CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA Y CÁLCULO DE LAS EXIGENCIAS DEL EDIFICIO

FIGURAS

-Figura 3.1 Posición aislamiento en cubierta	39
-Figura 3.2 Condensaciones azotea transitable.....	40
-Figura 3.3 Condensaciones cerramientos.....	41
-Figura 3.4 Condensaciones en caja de persiana.....	43
-Figura.3.5 Condensaciones p. térmico pilares.....	44
-Figura 3.6 Planta baja distribución.....	47
-Figura 3.7 Planta primera distribución.....	47
-Figura 3.8 Sección.....	48
-Figura 3.9 Detalle colocación aislamiento.....	63



-Figura 3.10 Detalle carpintería.....64

TABLAS

-Tabla 3.1 humedad relativa y temperatura media para la localidad de la vivienda.....26

-Tabla 3.2 Valores de transmitancia máxima en W/m^2k29

-Tabla.3.3 Condiciones de partida.....36

-Tabla 3.4. Transmitancia forjado unidireccional de planta primera.....38

-Tabla.3.5 Cálculo de la azotea transitable.....40

-Tabla.3.6 Calculo transmitancia de los cerramientos.....41

-Tabla.3.7 Calculo transmitancia forjado sanitario.....42

-Tabla .3.8 Puente térmico en caja de persiana.....43

-Tabla .3.9 Puente térmico en pilares.....44

-Tabla 3.10 Absortividad del marco por radiación solar α46

-Tabla 3.11 Factor de sombra para obstáculos de fachada: Retranqueo.....48

-Tabla 3.12 Transmitancia térmica carpintería v1.....49

-Tabla 3.13 Transmitancia térmica carpintería v2.....50

-Tabla 3.14 Factor Solar Modificado carpintería v2.....50

-Tabla 3.15 Transmitancia térmica carpintería v3.....51

-Tabla 3.16 Factor Solar Modificado carpintería v3.....51

-Tabla 3.17 Transmitancia térmica carpintería v4.....52

-Tabla 3.18 Factor Solar Modificado carpintería v4.....52

-Tabla 3.19 Transmitancia térmica carpintería v5.....53

-Tabla 3.20 Factor Solar Modificado carpintería v5.....53

-Tabla 3.21 Transmitancia térmica carpintería v6.....54

-Tabla 3.22 Factor Solar Modificado carpintería v6.....54

-Tabla 23. Transmitancia térmica carpintería v7.....55

-Tabla 3.24 Transmitancia térmica carpintería v8.....56



-Tabla 3.25 Transmitancia térmica v9.....	57
-Tabla 3.26 Ficha conformidad 1.....	59
-Tabla 3.27 Ficha conformidad 2.....	60
-Tabla 3.28 Ficha conformidad 3.....	61
-Tabla 3.29 Nueva cubierta inclinada.....	62

4. ESTUDIO DE LA VIVIENDA CON DESINGBUILDER: MEJORA DEL CONSUMO PARA LAS INSTALACIONES DE LA VIVIENDA

FIGURAS

-Figura 4.1 Aislamiento lana de roca.....	67
-Figura 4.2 Aislamiento celulosa.....	68
-Figura 4.3 Aislamiento tablero de fibras de madera.....	69
-Figura 4.4 Poliestireno extruido.....	70
-Figura 4.5 Introducción de datos DesingBuilder.....	71
-Figura 4.6 Introducción de datos DesingBuilder. Dibujo del edificio.....	72
-Figura 4.7 Introducción de datos DesingBuilder.....	72
-Figura 4.8 Introducción de datos DesingBuilder. Distribución interior planta baja.....	73
-Figura 4.9 Introducción de datos DesingBuilder. Distribución interior planta 1ª.....	73
-Figura 4.10 Introducción de datos DesingBuilder. Nombre de zonas interiores.....	74
-Figura 4.11 Introducción de datos DesingBuilder. Características de cada zona.....	74
-Figura 4.12 Introducción de datos DesingBuilder. Datos de la envolvente.....	75
-Figura 4.13 Gráfica de consumo edificio inicial mensual.....	76
-Figura 4.14 Gráfica de consumo edificio inicial anual.....	76
-Figura 4.15 Gráfica emisiones CO ₂ iniciales.....	77
-Figura 4.16 Gráfica consumo mensual modificado prueba 1.....	78
-Figura 4.17 Gráfica consumo anual modificado prueba 1.....	79
-Figura 4.18 Gráfica emisiones de CO ₂ prueba 1.....	79



-Figura 4.19 Gráfica consumo mensual modificado prueba 2.....	82
-Figura 4.20 Gráfica consumo anual modificado prueba 2.....	82
-Figura 4.21 Gráfica emisiones CO ₂ modificado prueba 2.....	83
-Figura 4.22 Gráfica emisiones CO ₂ modificado prueba 3.....	85
-Figura 4.23 Gráfica emisiones CO ₂ modificado prueba 3.....	85
-Figura 4.24 Gráfica emisiones CO ₂ modificado prueba 3.....	86
TABLAS	
-Tabla 4.1 Diferencias de consumos prueba 1.....	80
-Tabla 4.2 Diferencias de consumos prueba 2.....	83
-Tabla 4.3 Diferencias de consumos prueba 3.....	86



8. BIBLIOGRAFÍA.



8. BIBLIOGRAFÍA

1. **“Guía De Aplicación Del Código Técnico De La Edificación”**
2. web **“ SOLO ARQUITECTURA ”**
3. **” Código Tecnico De La Edificación ”**
4. REY MARTINEZ, Francisco Javier. **“eficiencia energética en edificios. certificación y auditorías energéticas”** . Ediciones paraninfo S.A
5. web **“ARQUI.COM”**
6. VALLEJO HERNÁNDEZ, Ángel. **“comportamiento térmico en los cerramientos”**.
7. PAYA ANDRES, Miguel. **” aislamiento termico y acústico”**.
8. Bermejo, ROBERTO. **”Economía sostenible: principios conceptos e instrumentos”**.
9. NEILA GONZALEZ, Francisco Javier. **“Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible”** . ISBN 13 Marzo 2004
10. ARRIBITA FLAMANIQUE, Joaquín; POSADA ESCOBAR, José Luis; SANSEGUNDO, Alejandro; MIRALLES IBAÑEZ, Alfred; SANCHEZ GARRE, Ricardo; FERNÁNDEZ MADRID, Joaquín. **“Manual de aislamiento de los edificios”**. Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España. Abril 2002.
11. ROGER CAMOUS/ DONALD WATSON. **“el hábitat bioclimático. de la concepción a la construcción”**. Gustavo Gili.
12. GAUZIN-MULLER, Dominique. **“Arquitectura Ecológica”**. Gustavo Gili, 2006.



9. AGRADECIMIENTOS.



9. AGRADECIMIENTOS

Para terminar con este Proyecto Final de Grado solo me queda agradecer su apoyo a las personas que me han ayudado a realizarlo, y han estado conmigo en los momentos difíciles cuando más falta me han hecho.

Gracias a mis tutores Isabel Tort Ausina y Andrea Salandín, sin ellos no hubiera sido posible realizar este PFG.

Y por último gracias a mi novia, familia, amigos y en especial a mis padres porque sin su ayuda todo esto no hubiera sido posible.

GRACIAS!