

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Proyecto Fin de Grado

**ESTUDIO Y CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE
LA URBANIZACIÓN LINARES**
(Study and energy certification of the Linares
urbanization)

Para acceder al Título de

GRADUADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

Autor: Jonathan España herrero

Febrero - 2017

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mi familia y compañeros que por su apoyo incondicional han hecho posible que esta carrera fuese una experiencia inolvidable.

Agradecer en concreto a mi tutor Carlos J. Renedo por sus correcciones, sugerencias y por todo su tiempo y dedicación en este proyecto, sin olvidarme de Raquel Azpiazu por facilitarme la información necesaria referente a los planos.

A todos, mi mayor reconocimiento y gratitud.



ÍNDICE GENERAL



ÍNDICE GENERAL

| | | |
|---|-------------------------------|-----|
| 1 | DOCUMENTO Nº1: MEMORIA | 1 |
| 2 | DOCUMENTO Nº2: CÁLCULOS | 84 |
| 3 | DOCUMENTO Nº3: PLANOS..... | 120 |



MEMORIA



ÍNDICE

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | INTRODUCCIÓN | 5 |
| 1.1 | OBJETO | 5 |
| 1.2 | LOCALIZACIÓN | 5 |
| 2 | PROCEDIMIENTO DE CALIFICACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA..... | 6 |
| 2.1 | OBJETO | 6 |
| 2.2 | SOBRE LA HERRAMIENTA | 7 |
| 2.2.1 | Requisitos de la aplicación..... | 8 |
| 2.3 | ÁMBITO DE APLICACIÓN | 9 |
| 3 | DATOS TÉCNICOS DEL EDIFICIO | 10 |
| 3.1 | SISTEMA ENVOLVENTE..... | 11 |
| 3.1.1 | Cerramientos exteriores | 13 |
| 3.2 | SISTEMA DE COMPARTIMENTACIÓN | 20 |
| 3.2.1 | Forjado entre plantas | 20 |
| 3.2.2 | Particiones verticales | 23 |
| 3.2.3 | Huecos verticales interiores | 24 |
| 3.3 | MATERIALES..... | 24 |
| 3.4 | PUENTES TÉRMICOS..... | 26 |
| 3.5 | INSTALACIONES TÉRMICAS | 30 |
| 3.5.1 | Generadores de calor..... | 31 |
| 3.5.2 | Generadores de refrigeración | 32 |
| 3.6 | INSTALACIONES DE AGUA CALIENTE SANITARIA | 32 |
| 3.7 | EDIFICIO DE REFERENCIA..... | 34 |
| 4 | APLICACIÓN DEL DB HE-1: LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA..... | 35 |
| 4.1 | MÉTODO DE CÁLCULO: OPCIÓN SIMPLIFICADA..... | 36 |



| | | |
|--|--|----|
| 4.1.1 | Verificación transmitancia térmica ($U < U_{m\acute{a}x}$)..... | 37 |
| 4.1.2 | Verificación de la transmitancia térmica media ($U < U_{lim}$) | 38 |
| 4.1.3 | Verificación factor solar de huecos ($F_{solar} < F_{solar\ lim}$) | 39 |
| 4.1.4 | Verificación de la permeabilidad al aire de las carpinterías | 40 |
| 4.1.5 | Verificación de las condensaciones superficiales ($f_{RSI} > f_{RSmin}$) | 40 |
| 4.1.6 | Verificación de las condensaciones intersticiales | 41 |
| 4.2 | MÉTODO DE CÁLCULO: OPCIÓN GENERAL | 44 |
| 5 | CAMBIOS EN EL DB HE..... | 46 |
| 6 | PROCESO DE SIMULACIÓN DEL EDIFICIO..... | 49 |
| 6.1 | DATOS GENERALES | 49 |
| 6.2 | DEFINICIÓN DEL EDIFICIO | 50 |
| 6.3 | SIMPLIFICACIONES..... | 53 |
| 7 | MEJORAS ENERGÉTICAS..... | 57 |
| 7.1 | INTRODUCCIÓN..... | 57 |
| 7.2 | MEDIDAS PASIVAS..... | 57 |
| 7.2.1 | Mejora de las tabiquerías | 57 |
| 7.2.2 | Mejora en los acristalamientos | 59 |
| 7.2.3 | Mejora del aislamiento del muro exterior | 63 |
| 7.2.4 | Sistema SATE | 65 |
| 7.3 | MEDIDAS ACTIVAS..... | 66 |
| 7.3.1 | Instalación de ventilación mecánica con recuperador de calor | 67 |
| 7.3.2 | Instalación de bomba de calor | 68 |
| 7.3.3 | Instalación de paneles solares | 71 |
| 8 | CONCLUSIONES..... | 73 |
| 9 | BIBLIOGRAFÍA..... | 75 |
| APÉNDICE I: TERMINOLOGÍA | | |
| APÉNDICE II: TABLAS ZONAS CLIMÁTICAS | | |
| APÉNDICE III: VERIFICACIÓN POR LA HULC | | |
| APÉNDICE IV: CERTIFICACIÓN POR LA HULC | | |



1 INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETO

El presente proyecto tiene como objetivo realizar un estudio de eficiencia energética de una urbanización proyectada en el año 2007. Para ello analizaremos uno de los bloques de viviendas que componen dicha urbanización mediante el uso de la Herramienta Unificada LIDER-CALENER (HULC). Para realizar dicho estudio en primer lugar se ha comprobado el cumplimiento, o no, del edificio de los requisitos mínimos establecidos en el Código Técnico de la Edificación (CTE) en su documento básico de ahorro de energía, para posteriormente determinar la calificación energética del mismo. Durante dicho proceso se analizarán diferentes elementos constructivos que influyen en la calificación y por tanto poder mejorar la eficiencia mediante el cambio o sustitución de alguno de los componentes del edificio (cerramientos, ventanas, sistema de ventilación, etc.).

1.2 LOCALIZACIÓN

El bloque de viviendas objeto del estudio detallado se encuentra situado en la parte Norte de España, concretamente en la localidad de Selaya (Cantabria), el cual tiene las siguientes coordenadas geográficas: 43.22° latitud Norte, 3.81° longitud Oeste y 228 metros de altura sobre el nivel del mar. Por lo tanto, atendiendo a la comunidad autónoma en la que está situado y los metros de altura sobre el nivel del mar, según las tablas B.1 "Zonas climáticas de la Península Ibérica" y B.2 "Zonas Climáticas de las Islas Canarias" del *Apéndice I*, sacado del Documento Básico HE de Ahorro de Energía del CTE el bloque de viviendas se encuentra situado en la zona climática D1, dicha Zona climática servirá a la HULC para los posteriores cálculos necesarios para la certificación energética.



Imagen 1. Situación del bloque de viviendas, Selaya. (<http://mapas.cantabria.es>)



2 PROCEDIMIENTO DE CALIFICACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

En este punto del proyecto se analizan brevemente las características principales de la HULC y su ámbito de aplicación a la vez que se ofrece una idea global de las normativas e importancia que tiene actualmente la HULC dentro del CTE.

2.1 OBJETO

Las nuevas normativas europeas y españolas buscan cada vez incidir más sobre el consumo energético en las viviendas ya que el 30% de la energía primaria consumida se debe a los edificios, por eso han decidido crear una herramienta similar a la ya empleada en el caso de los electrodomésticos.

Estas nuevas normativas obligan a clasificar las nuevas construcciones dependiendo del grado de eficiencia del edificio, esto se lleva a cabo mediante el uso de una etiqueta, de esta forma cada edificio dispondrá de una etiqueta con su clasificación energética donde la "A" corresponde a los edificios más eficientes y la "G" para los edificios menos eficientes. Esto es una forma rápida, visual e intuitiva de clasificar los edificios, pero también dicha etiqueta dispondrá de información más específica como el consumo estimado de energía y las emisiones de CO₂ correspondientes a dicho edificio.

De esta manera el objetivo principal de estas normativas es incentivar la construcción de edificios cada vez más energéticamente eficientes y a la vez promover la rehabilitación de edificios que cumplan dichas normativas y que al mismo tiempo consuman menos energía. La certificación energética quiere ser una evaluación cuantitativa y objeto del comportamiento energético del edificio, que debe ser presentada por el usuario, es decir, el propietario de dicha vivienda en el momento que se realice una venta o alquiler de la misma. Para realizar esa evaluación del edificio, se ha establecido una metodología de cálculo, y para hacer llegar los resultados al usuario, como ya hemos indicado, una etiqueta tipo fácil de comprender y bastante visual.



2.2 SOBRE LA HERRAMIENTA

La herramienta usada en el presente proyecto es la HULC, concretamente la versión 1.0.1558.1124 cuya fecha de actualización es el 17 de diciembre de 2016, tratándose de la última versión actualizada hasta la fecha.

De acuerdo con la Nota informativa sobre el Procedimiento para la Certificación de Eficiencia Energética publicada en el Ministerio de Industria, Energía y Turismo y el a través de la página del CTE el pasado mes de Agosto: desde el 14 de enero de 2016 sólo serán válidas por los Registros de las Comunidades Autónomas los certificados de eficiencia energética realizados con la versión 20151113 (0.9.1431.1016) de la HULC o posterior. Al mismo tiempo, desde el 14 de enero de 2016, las verificaciones del CTE deberán realizarse con la versión 0.9.14.31.1016 o posterior de la Herramienta Unificada, de acuerdo con esta Nota informativa sobre los factores de conversión de energía final a primaria.

La HULC se trata de una herramienta que ha unificado los anteriores programas generales oficiales que se empleaban para la evaluación de la demanda energética y el consumo energético además de los procedimientos Generales para la Certificación energética de Edificios: programa LIDER, programa CALENER-GT Y CALENER-VYP a través del Ministerio de Fomento, Industria, Energía y Turismo junto con el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). Todo esto unido a los cambios necesarios para la convergencia de la certificación energética con el Documento Básico de Ahorro de Energía del Código Técnico y el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE), actualizados en el año 2013 mediante la Orden FOM/1635/2013 publicada en el BOE el 12 de septiembre y que pasaron a ser de obligado cumplimiento a partir del 13 de marzo de 2014.

Esta herramienta informática permite la verificación de las exigencias 2.2.1 de la sección HE0, 2.2.1.1 y punto 2 del apartado 2.2.2.1 de la sección HE1 del DB-HE. También permite la verificación del apartado 2.2.2 de la sección HE0 que debe verificarse, tal como establece el DB-HE, según el procedimiento básico para la certificación energética de edificios. Esto implica que cualquier otra exigencia de las secciones HE0 y HE1 que se quieran verificar deben de realizarse.

Desde la versión 20151113 (0.9.1431.1016) la herramienta, una vez definido y modelado el edificio a estudiar, genera el informe en formato oficial para la Certificación energética de



Edificios, así como un archivo digital en formato XML, que contiene todos los datos del certificado y que deberá aportarse en el momento del registro. El usuario también dispone de una aplicación en línea: Visor CTE_XML. Según indica el CTE dicha aplicación *“facilita el aprovechamiento de los informes de evaluación energética en formato electrónico, para su comprobación, visualización y edición y permite, entre otras cosas, emitir archivos pdf con xml incrustado, incorporar medidas de mejora a partir de archivos adicionales en formato XML (o PDF+XML), incorporar la memoria justificativa de soluciones singulares y emitir un informe adicional de eficiencia energética orientado al cumplimiento del DB-HE y al diseño”*.

Finalmente cabe destacar que en esta última versión se han introducido una serie de cambios que en ciertas circunstancias pueden suponer una variación en el resultado obtenido al realizar la calificación energética con la HULC con respecto a versiones anteriores, existen casos contrastados en los que dicha diferencia es apreciable. Esto se debe a que con cada actualización de la HULC se está mejorando y adecuando a las exigencias actuales del CTE.

2.2.1 Requisitos de la aplicación

EL CTE en su página web, además de en el manual de usuario de la HULC establece unos requisitos mínimos del ordenador donde se ejecute la herramienta para un correcto funcionamiento, dichos requisitos se resumen a continuación:

- Sistema operativo Windows XP o posterior

- Procesador Intel® Centrino o equivalente; 128MB de memoria de vídeo y 1.500MB de RAM, preferible 2GB

- Resolución de la pantalla 1280x768 / Color: Color verdadero

- Suficiente espacio libre en el disco duro para instalar el software

- Acceso a internet para la instalación de las posibles actualizaciones

- Cuenta de usuario con privilegios de administrados (o instalar en un directorio fuera de Archivos de Programa y eliminar el archivo CTEHE2013.exe.manifest)



2.3 ÁMBITO DE APLICACIÓN

La nueva HULC es una herramienta relativamente nueva, a partir del 30 de septiembre de 2015 se empezó a usar después de un tiempo en estado de "pruebas". Desde su lanzamiento se puede descargar la última versión y el resto de versiones desde la página del CTE: <http://www.codigotecnico.org/>. La Directiva Europea 2002/91/CE tiene como objeto fomentar la eficiencia energética de los edificios y obliga a todos los estados miembros, entre otras cosas, a que todo edificio, tanto si se vende como si se alquila, vaya acompañado de un Certificado de eficiencia energética. Esta directiva en el estado español no se ha transpuesto hasta el año 2007, mediante la aprobación del CTE, la realización de modificaciones al RITE, y el Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, que define la aplicación de una certificación energética.

Este decreto entró en vigor el 30 de abril de 2007, de aplicación voluntaria hasta el 31 de octubre de 2007, mientras que a partir de entonces su cumplimiento empezó a ser obligatorio. En el decreto, la directiva se transpone de manera parcial, ya que todavía no se incluye la certificación energética de los edificios existentes, cuyo procedimiento se aprobó en enero de 2009.

3 DATOS TÉCNICOS DEL EDIFICIO

El edificio de estudio es un bloque de viviendas que forma parte, junto a otros tres bloques más, de una urbanización proyectada en el año 2007 y construida años más tarde en la localidad de Selaya. Dicho edificio consta de los siguientes espacios:

- Planta subterránea de garajes que suma una superficie total construida de 1.124,40 m² ya que dichos garajes abastecen al bloque de viviendas que estamos analizando y al bloque de viviendas contiguo, ambos comunicados a los garajes a través de dos ascensores.
- Planta baja que consta de cinco viviendas que, junto al pasillo, hueco de ascensor, cuarto de gas, electricidad y telecomunicaciones, suman una superficie total construida de 450 m² de los cuales 333,8 m² son útiles.
- Primera planta formada por seis viviendas, que sumadas al pasillo y el ascensor suman un total de 469,25 m² construidos y 378,45 m² de ellos útiles.
- Segunda planta formada por siete viviendas, de las cuáles cinco de ellas son dúplex que suman un total de 469,35 m² junto con el pasillo y el hueco del ascensor y al igual que la primera planta suman un total de 378,45 m² útiles.
- Tercera planta formada por los cinco dúplex (2B, 2C, 2D, 2E, 2G) de la anterior planta, que hacen un total de 236,80 m² construidos y 205 m² útiles.



Imagen II. Bloque de viviendas objeto del estudio.



Finalmente añadir que el edificio consta de varios espacios no calefactados, que se corresponden con las escaleras, pasillos y los cuartos de gas, electricidad y telecomunicaciones que existen en la primera planta, que anteriormente hemos mencionado.

A continuación, se procede a clasificar los diferentes tipos de cerramientos y huecos presentes en el bloque de viviendas dependiendo de su orientación o grupo al que pertenecen.

3.1 SISTEMA ENVOLVENTE

Cuando se habla del sistema envolvente de un edificio se hace referencia a la envolvente térmica. La envolvente térmica de cualquier edificio construido, sin importar el uso que se le dará al mismo, se compone de todos los cerramientos que delimitan los espacios habitables con el ambiente exterior, el terreno u otro edificio, además de todas las particiones interiores que delimitan los espacios que son habitables con los no habitables en contacto con el ambiente exterior, entendiendo por ambiente exterior tanto el propio aire exterior, como el terreno, ya sea vertical, horizontal o inclinado, u otro edificio adosado. Más adelante se realizarán comentarios sobre los puentes térmicos presentes en cualquier cerramiento.

La envolvente térmica del edificio está compuesta por todos los cerramientos que delimitan los espacios habitables con el aire exterior, el terreno u otro edificio, y por todas las particiones interiores que delimitan los espacios habitables con espacios no habitables en contacto con el ambiente exterior. *Los elementos que componen la envolvente térmica del edificio son: cubiertas, suelos, fachadas (muros y huecos), medianerías, cerramientos en contacto con el terreno y particiones interiores (DB HE).*

Estamos frente a uno de los aspectos más importantes de cualquier edificio en términos de eficiencia energética ya que buena parte del estudio y certificación energética de un edificio depende de la envolvente térmica. El DB HE afirma en su sección HE1 lo siguiente: *La envolvente térmica podrá incorporar, a criterio del proyectista, espacios no habitables adyacentes a espacios habitables. Esto permite incluir dentro de la envolvente térmica un local de instalaciones o un garaje en una vivienda.* Todo esto debe estar bien justificado por parte del proyectista para que el propio CTE valide dicha verificación y certificación ya que los resultados variarán mucho.

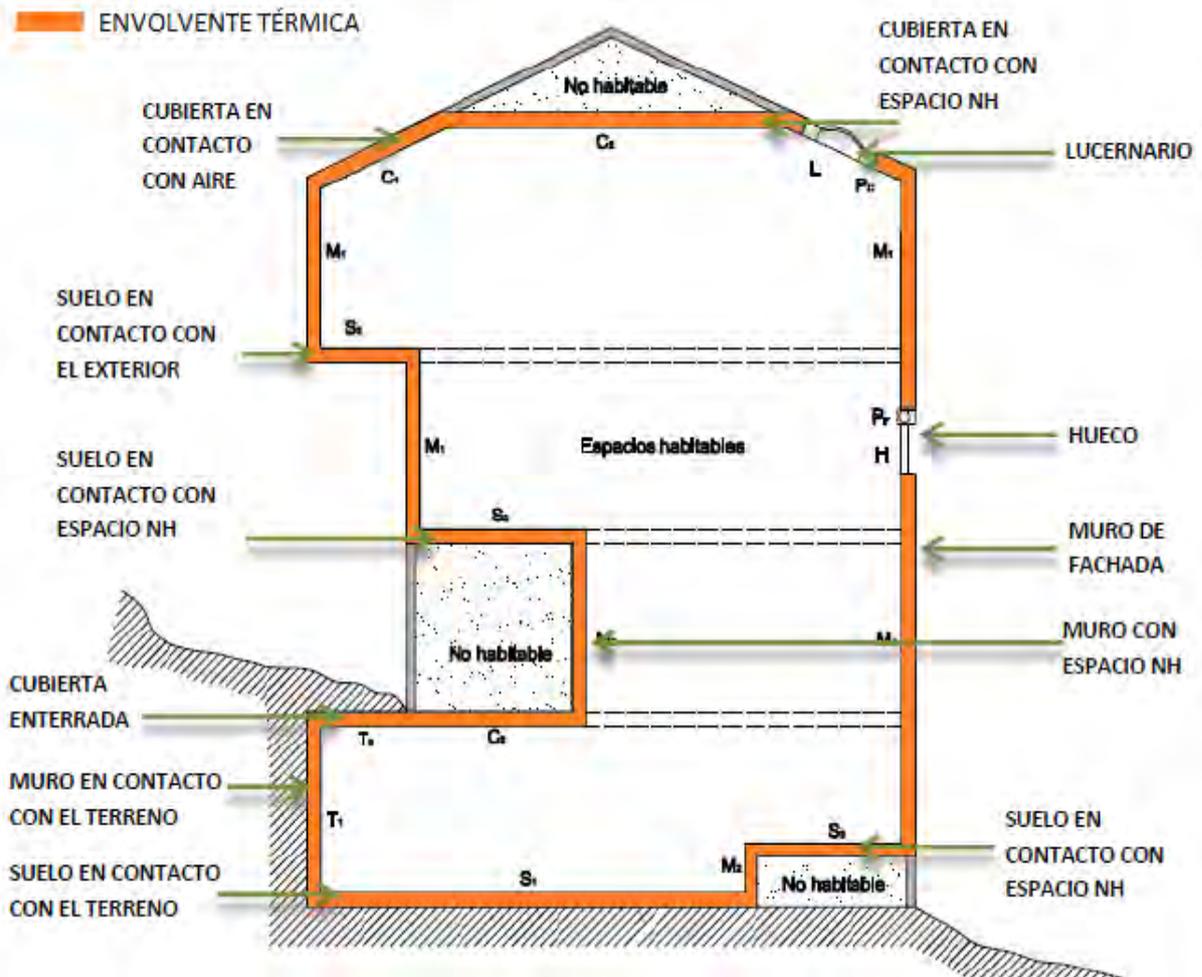


Figura 1. Esquema de la envolvente térmica de un edificio. (DB HE)

En la figura anterior se observa perfectamente cómo se debe definir la envolvente térmica de un edificio atendiendo a lo que hemos explicado anteriormente. Hacemos mucho hincapié en este aspecto porque una mala definición de la envolvente térmica es sinónimo de fracaso, es uno de los primeros pasos y el más importante a tener en cuenta en todo el proceso de cálculo y simplificaciones posteriores

A continuación, se explica en detalle cada uno de estos cerramientos, de que materiales está compuesto cada uno de ellos y sus características térmicas más relevantes.



3.1.1 Cerramientos exteriores

Cuando hablamos de cerramientos exteriores nos referimos a todos los elementos del sistema envolvente que delimitan nuestra vivienda con el exterior como fachadas, cubiertas, ventanas o huecos verticales en el caso de que exista un patio común interior dentro del propio edificio.

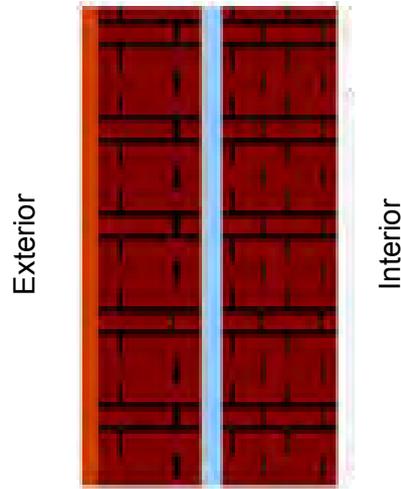
En nuestro caso de estudio, según el plano *nº 11. Detalles Constructivos* (ver *PLANOS*), el bloque de viviendas dispone de los siguientes cerramientos exteriores:

- **Muro exterior:** se trata de la fachada del edificio, se trata del cerramiento más importante dentro de la envolvente térmica ya que es el que más superficie recorre a lo largo de la misma. En la *Imagen 1* se puede observar el aspecto visual que presenta dicho cerramiento, donde la capa más externa (fachada) es un aplacado de piedra natural de 3 cm de espesor.
- **Cubierta:** comúnmente conocido como tejado. En nuestro caso se trata de un tejado de tejas cerámicas árabes y un alero de 1m compuesto por un forjado aligerado, un goterón y canecillos de madre de 10 x 15 cm (plano *nº 11. Detalles Constructivos*)
- **Muro garajes:** cerramiento vertical en contacto con el terreno correspondiente a la planta subterránea del bloque de viviendas. Aunque en el plano *nº 11. Detalles Constructivos* no se indica, como está en contacto con el terreno hemos añadido una capa de 35 cm de tierra vegetal para ajustarnos más a la realidad.
- **Forjado garajes:** junto con el muro de los garajes son los dos únicos cerramientos del edificio en contacto con el terreno, por este motivo ambos cerramientos forman parte de la envolvente térmica, y al igual que en el caso anterior, para su modelización hemos añadido una capa externa de terreno, en este caso de piedra natural.

- *NOTA:*

Muros verticales: materiales ordenados de exterior a interior

Muros horizontales: materiales ordenados de arriba hacia abajo

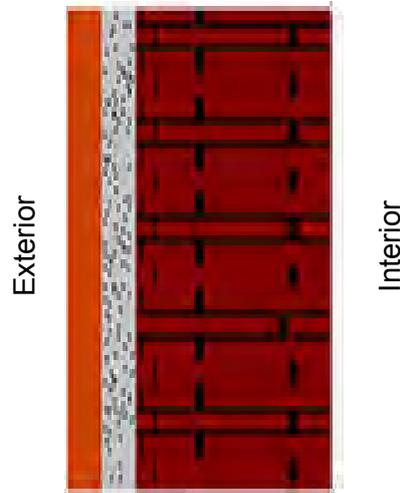
· MURO EXTERIOR VIVIENDAS:

Composición del cerramiento:

| | |
|---|---------|
| 1 - Piedra pómez natural [d < 400] | 2 cm |
| 2 - 1/2 pie LM métrico o catalán 40 mm < G < 50 | 11.5 cm |
| 3 - Mortero de áridos ligeros [vermiculita perlita] | 1 cm |
| 4 - Cámara de aire sin ventilar vertical | 5 cm |
| 5 - XPS Expandido con hidrofluorcarbonos HFC | 6 cm |
| 6 - Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm] | 7 cm |
| 7 - Enlucido de yeso 1000 < d < 1300 | 2 cm |

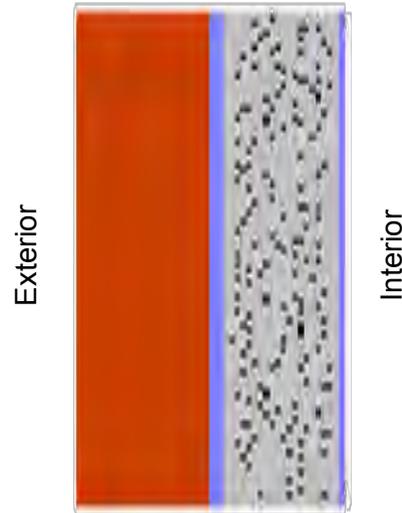
Espesor total: 34.5 cm

Limitación de demanda energética U_s : 0.34 W/m²K

· CUBIERTA:

Composición del cerramiento:

| | |
|--|-------------------------|
| 1 - Teja cerámica-porcelana | 5 cm |
| 2 - Hormigón armado 2300 < d < 2500 | 5 cm |
| 3 - XPS Expandido con hidrofluorcarbonos HFC | 4 cm |
| 4 - FU entrevigado de hormigón aligerado d < 1200 - Canto 250 mm | 25 cm |
| 5 - Enlucido de yeso 1000 < d < 1300 | 2 cm |
| Espesor total: | 41 cm |
| Limitación de demanda energética U_s : | 0.54 W/m ² K |

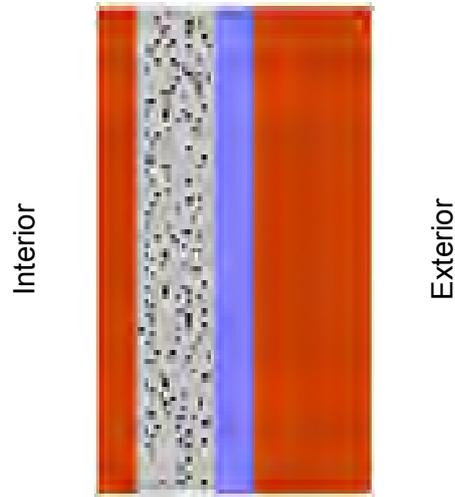
· MURO GARAJES:

Composición del cerramiento:

| | |
|--------------------------------------|-------|
| 1 - Tierra vegetal [d < 2050] | 35 cm |
| 2 - Cloruro de polivinilo [PVC] | 4 cm |
| 3 - Hormigón armado 2300 < d < 2500 | 30 cm |
| 4 - Cloruro de polivinilo [PVC] | 2 cm |
| 5 - Enlucido de yeso 1000 < d < 1300 | 2 cm |

Espesor total: 73 cm

Limitación de demanda energética U_s : 0.54 W/m²K

· FORJADO GARAJES:

Composición del cerramiento:

| | |
|---------------------------------------|-------|
| 1 - Gres cuarzoso $2600 < d < 2800$ | 5 cm |
| 2 - Hormigón armado $2300 < d < 2500$ | 10 cm |
| 3 - Cloruro de polivinilo [PVC] | 5 cm |
| 4 - Piedra pómez natural | 15 cm |

Espesor total: 55 cm

Limitación de demanda energética U_s : 0.56 W/m²K



· HUECOS VERTICALES:

Además de los cerramientos ya expuestos, dentro de la envolvente térmica se encuentran los huecos verticales que dan al exterior, en nuestro edificio encontramos las ventanas, galerías y la puerta de entrada en la primera planta. A la hora de simplificar dichos elementos en la HULC hemos decidido suponer que a efectos del cálculo las ventanas individuales tienen las mismas características que las galerías salvo que estas últimas ocupan de arriba hasta abajo el cerramiento al que pertenecen. Hemos creído oportuna dicha simplificación ya que el % de marco es el mismo y ambos huecos presentan mismas características: mismo tipo de cristal y marco.

| PUERTA GARAJES | | | | | | |
|-------------------------|---|--------------------|--------------------|---|----------------|--------------------|
| Acrisolamiento | M _M | U _{marco} | FM | Pa | C _M | U _{hueco} |
| 3-3-1 | Metálico | 3.33 | 100% | 60 | Claro (0.30) | 4.35 |
| VENTANAS | | | | | | |
| Acrisolamiento | M _M | U _{marco} | FM | Pa | C _M | U _{hueco} |
| 3-3-1 | PVC | 2.20 | 10% | 25.00 | Oscuro (0.70) | 2.90 |
| 3-3-1 | PVC | 2.20 | 10% | 25.00 | Oscuro (0.70) | 3.30 |
| 3-3-1 | PVC | 2.20 | 10% | 25.00 | Oscuro (0.70) | 3.48 |
| 3-3-1 | PVC | 2.20 | 10% | 25.00 | Claro (0.35) | 3.12 |
| 3-3-1 | PVC | 2.20 | 10% | 25.00 | Oscuro (0.70) | 3.33 |
| 3-3-1 | PVC | 2.20 | 10% | 25.00 | Oscuro (0.70) | 3.12 |
| 3-3-1 | PVC | 2.20 | 10% | 25.00 | Oscuro (0.70) | 3.48 |
| 3-3-1 | PVC | 2.20 | 10% | 25.00 | Oscuro (0.70) | 3.22 |
| 3-3-1 | PVC | 2.20 | 10% | 25.00 | Oscuro (0.70) | 3.19 |
| 3-3-1 | PVC | 2.20 | 10% | 25.00 | Claro (0.35) | 3.19 |
| 3-3-1 | PVC | 2.20 | 10% | 25.00 | Oscuro (0.70) | 3.12 |
| 3-3-1 | PVC | 2.20 | 10% | 25.00 | Oscuro (0.70) | 3.33 |
| 3-3-1 | PVC | 2.20 | 10% | 25.00 | Claro (0.35) | 3.19 |
| Abreviaturas utilizadas | | | | | | |
| M _M | Material del marco | | U _{hueco} | Coeficiente de transmisión (W/m ² K) | | |
| FM | Fracción de marco | | U _{marco} | Coeficiente de transmisión (W/m ² K) | | |
| C _M | Color del marco (absortividad) | | | | | |
| Pa | Permeabilidad al aire de la carpintería (m ³ /hm ²) a 100 Pa | | | | | |

Tabla I. Cuadro resumen ventanas.

En la *Tabla IV* se resumen el total de ventanas que la HULC ha identificado a la hora de llevar a cabo el cálculo, además de la información presente en la *Tabla IV* todos los vidrios presentes en las ventanas tienen un Factor Solar (g) de 0.85 que junto con el marco (PVC con dos cámaras de aire) el cerramiento en conjunto presenta un Factor Solar de 0.77. El factor solar de cualquier cerramiento es una medida adimensional y expresa la cantidad de energía solar que finalmente accede o "atraviesa" al interior de dicho cerramiento. Es decir, de toda la energía que emite el sol y llega al cerramiento hay una parte de la misma que es reflejada por el propio cristal, el resto de energía viaja a través del material o cerramiento de la cual parte de ella finalmente accede a la parte interna (Energía transmitida) y la otra parte sale al exterior o vuelve a ser reemitida hacia el interior (Energía reemitida). La suma de la energía transmitidas y de la energía reemitida es el factor solar "g".

A continuación se incluye una ilustración para entender mejor el significado físico de dicho factor solar:

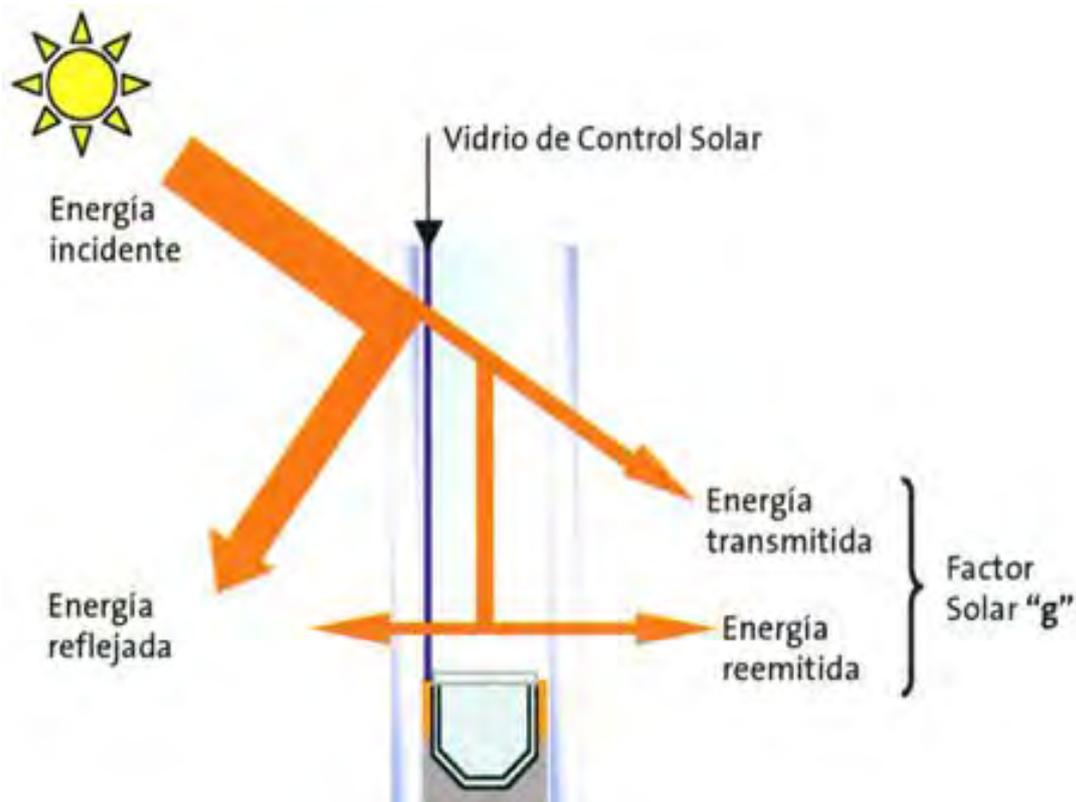


Figura II. Ejemplo visual factor solar (www.hablemosdealuminio.com).



Finalmente, faltaría la puerta principal de los portales que da a la calle, en la *Tabla II* poder ver las principales características térmicas, similares a las que presentan las ventanas, pero con la diferencia del color presentan los marcos y con la consiguiente diferencia de absorptividad. En dicha tabla y posteriores se llevan a cabo las mismas abreviaturas que las mencionadas en la *Tabla I*.

| PUERTA ENTRADA PRINCIPAL | | | | | | |
|--------------------------|--------|--------------------|------|---------|--------------|--------------------|
| Acristalamiento | M_M | U_{marco} | FM | Pa | C_M | U_{hueco} |
| Monolítico 3-3-1 | Madera | 2.55 | 100% | Clase 2 | Negro (0.90) | 4.44 |

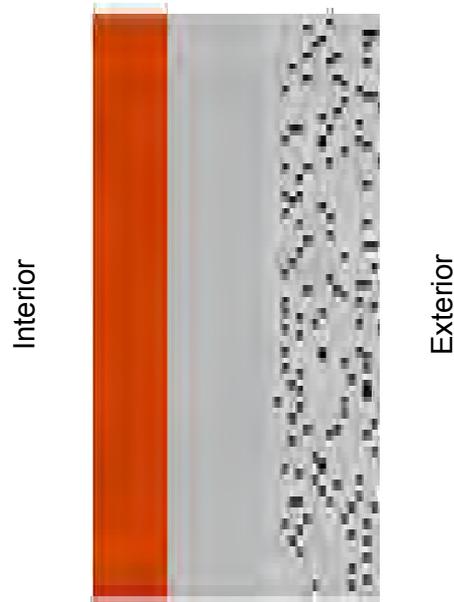
Tabla II. Puerta entrada principal portales.

3.2 SISTEMA DE COMPARTIMENTACIÓN

Estos cerramientos podrían formar parte de la envolvente térmica cuando aparecen espacios no habitables dentro de la vivienda, como es nuestro caso con los pasillos, hueco de ascensores, espacio entre la última planta y la cubierta o los propios cuartos del gas, limpieza etc. Se tratan de cerramientos horizontales y verticales interiores del bloque de viviendas, como los forjados que separan las plantas, los tabiques que separan las diferentes estancias de cada una de las plantas o el propio forjado que delimita la primera planta y la planta de garajes. Dichos cerramientos a efectos de cálculo no son muy importantes cuando no pertenecen a la envolvente térmica, pero pueden llegar a ser vitales y su composición crucial para la calificación energética del edificio.

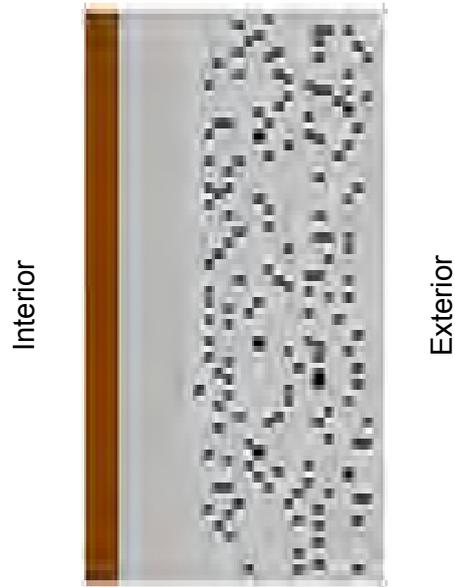
3.2.1 Forjado entre plantas

Procedemos a definir los cerramientos horizontales que pertenecen al sistema de compartimentación:

· FORJADO ZONAS COMUNES:

Composición del cerramiento:

| | |
|---|-------------------------|
| 1 - Mármol [2600 < d < 2800] | 5 cm |
| 2 - Mortero de áridos ligeros [vermiculita perlita] | 15 cm |
| 3 - Hormigón armado 2300 < d < 2500 | 25 cm |
| Espesor total: | 45 cm |
| Limitación de demanda energética U_s : | 1.20 W/m ² K |

· FORJADO VIVIENDAS:

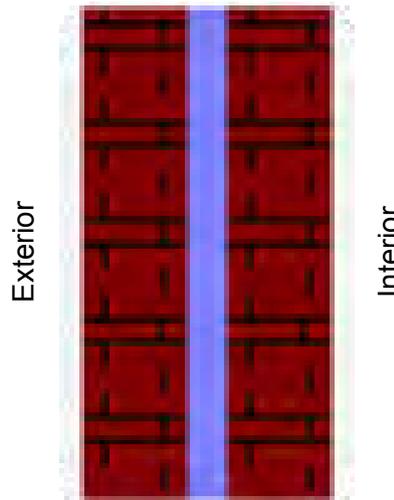
Composición del cerramiento

| | |
|---|-------------------------|
| 1 – Conífera de peso medio $435 < d < 520$ | 5 cm |
| 2 – Mortero de áridos ligeros [vermiculita perlita] | 10 cm |
| 3 – Hormigón armado $2300 < d < 2500$ | 30 cm |
| Espesor total: | 45 cm |
| Limitación de demanda energética U_s : | 1.14 W/m ² K |

3.2.2 Particiones verticales

Procedemos a definir los cerramientos verticales que pertenecen al sistema de compartimentación:

· TABIQUERÍA:



Composición del cerramiento:

| | |
|---|-------------------------|
| 1 - Enlucido de yeso $1000 < d < 1300$ | 1.5 cm |
| 2 – Tabicón de LH doble [$60 \text{ mm} < E < 90 \text{ mm}$] | 7 cm |
| 3 - Cloruro de polivinilo [PVC] | 3 cm |
| 4 – Tabicón de LH doble [$60 \text{ mm} < E < 90 \text{ mm}$] | 7 cm |
| 5 – Enlucido de yeso $1000 < d < 1300$ | 1.5 cm |
| Espesor total: | 20 cm |
| Limitación de demanda energética U_s : | 1.38 W/m ² K |



3.2.3 Huecos verticales interiores

Los huecos verticales interiores presentes en el bloque de edificios son las puertas de madera que comunican con los pasillos de cada una de las plantas, en nuestro caso no tenemos más, pero se podría dar el caso de un edificio en el que existen ventanas o puertas pertenecientes a la envolvente térmica y que no dan con el exterior por lo que no serían huecos verticales interiores pertenecientes a la envolvente térmica. A continuación, se presenta el cuadro resumen con todos los tipos de puertas de madera, las cuales se diferencian por el tanto por ciento de fracción de marco que presentan, ya que en nuestro proyecto existen puertas sin cristal o con más o menos fracción de cristal.

| PUERTAS DE MADERA | | | | | | |
|-------------------|--------|--------------------|------|-------|---------------|--------------------|
| Acristalamiento | M_M | U_{marco} | FM | Pa | C_M | U_{hueco} |
| Monolítico 3-3-1 | Madera | 2.20 | 100% | 60.00 | Madera (0.70) | 3.20 |
| Monolítico 3-3-1 | Madera | 2.20 | 80% | 60.00 | Madera (0.70) | 3.45 |
| Monolítico 3-3-1 | Madera | 2.20 | 70% | 60.00 | Madera (0.70) | 3.60 |
| Monolítico 3-3-1 | Madera | 2.20 | 55% | 60.00 | Madera (0.70) | 3.77 |

Tabla III. Cuadro resumen con los tipos de puertas de madera.

3.3 MATERIALES

En este apartado se puede encontrar una tabla con las características principales de cada uno de los materiales utilizados en los cerramientos indicados anteriormente. Esta información está disponible en el CTE o en la propia HULC entrando en *base de datos - proyecto - opacos - materiales y productos* ya que la herramienta utiliza el mismo catálogo de materiales que el CTE, el cual se actualiza con cada modificación que se realiza en la base de datos del CTE. El CTE dispone de un documento llamado "Catálogo de elementos constructivos del CTE" donde se resumen todos.



LISTA DE MATERIALES

| Material | e | ρ | λ | RT | Cp | μ |
|--|------|---------|-----------|--------|------|---------|
| 1 pie LP métrico o catalán 80 mm < G < 100 mm | 24 | 1000 | 0.512 | 0.469 | 1000 | 10 |
| 1/2 pie LP métrico o catalán 40 mm < G < 50 mm | 11.5 | 900 | 0.512 | 0.234 | 1000 | 10 |
| Cloruro de polivinilo [PVC] | 0.5 | 1390 | 0.17 | 0.0294 | 900 | 50000 |
| Cloruro de polivinilo [PVC] | 2 | 1390 | 0.17 | 0.118 | 900 | 50000 |
| Conífera de peso medio 435 < d < 520 | 2 | 480 | 0.15 | 0.133 | 1600 | 20 |
| Enlucido de yeso 1000 < d < 1300 | 1.5 | 1150 | 0.57 | 0.0263 | 1000 | 6 |
| Enlucido de yeso 1000 < d < 1300 | 2 | 1150 | 0.57 | 0.0351 | 1000 | 6 |
| EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]] | 1 | 30 | 0.0375 | 0.267 | 1000 | 20 |
| EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]] | 4 | 30 | 0.0375 | 1.07 | 1000 | 20 |
| EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]] | 7 | 30 | 0.0375 | 1.87 | 1000 | 20 |
| Forjado unidireccional 20+5 cm (Bovedilla de hormigón) | 25 | 1327.33 | 1.32 | 0.19 | 1000 | 80 |
| Gres(sílice) 2200 < d < 2590 | 2 | 2395 | 2.3 | 0.0087 | 1000 | 30 |
| Hormigón armado 2300 < d < 2500 | 40 | 2400 | 2.3 | 0.174 | 1000 | 80 |
| Mármol [2600 < d < 2800] | 5 | 2300 | 1.3 | 0.0154 | 840 | 1000000 |
| Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250 | 2 | 1125 | 0.55 | 0.0364 | 1000 | 10 |
| Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250 | 4 | 1125 | 0.55 | 0.0727 | 1000 | 10 |
| Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250 | 6 | 1125 | 0.55 | 0.109 | 1000 | 10 |
| Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1450 < d < 1600 | 2 | 1525 | 0.8 | 0.025 | 1000 | 10 |
| Piedra pómez natural [d < 400] | 2 | 1450 | 2 | 0.1 | 1050 | 50 |



| LISTA DE MATERIALES | | | | | | |
|--|--------------------------|--------|-----------|---|------|---------|
| Material | e | ρ | λ | RT | Cp | μ |
| PUR Plancha con HFC o Pentano y rev. impermeable a gases [0.025 W/[mK]] | 2 | 45 | 0.025 | 0.8 | 1000 | 1000000 |
| PUR Plancha con HFC o Pentano y rev. permeable a gases [0.03 W/[mK]] | 2 | 45 | 0.03 | 0.667 | 1000 | 60 |
| Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm] | 7 | 930 | 0.432 | .162 | 1000 | 10 |
| Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm] | 9 | 930 | 0.432 | 0.208 | 1000 | 10 |
| Tabicón de LH doble Gran Formato 60 mm < E < 90 mm | 8 | 630 | 0.212 | 0.377 | 1000 | 10 |
| Teja cerámica - porcelana | 5 | 2000 | 1 | 0.02 | 800 | 30 |
| Tierra vegetal [d < 2050] | 5 | 1450 | 2 | 0.1 | 1050 | 50 |
| Abreviaturas utilizadas | | | | | | |
| e | Espesor (cm) | | RT | Resistencia térmica (m^2K/W) | | |
| ρ | Densidad (kg/m^3) | | Cp | Calor específico (J/kgK) | | |
| λ | Conductividad (W/mK) | | μ | Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua | | |

Tabla IV. Lista de materiales (Fuente: Catálogo de elementos constructivos del CTE).

3.4 PUNTES TÉRMICOS

Los puentes térmicos juegan un papel muy importante cuando hablamos de eficiencia energética y esto es debido a que estas zonas son las zonas "vulnerables" dentro de nuestro edificio, es decir, las zonas donde se transmite calor de una manera más sencilla que el resto. En los cerramientos pueden aparecer puentes térmicos por diversas razones: diferencia de conductividad de los materiales, diferente espesor de los materiales o por cuestiones geométricas.

Para evitar esta transmisión de calor, se suelen utilizar carpinterías con rotura de puente térmico (RPT) que simplemente consiste en evitar el contacto entre los dos materiales que provocan la aparición del puente térmico (diferente conductividad) e intercalar un mal conductor entre ellos, reduciendo así las pérdidas de calor.

Un caso común es el de las ventanas de vidrio aislante con marco de aluminio, en este caso aparece el llamado puente térmico entre ambos componentes ya que el vidrio aislante tiene menos conductividad que el marco de aluminio apareciendo unas pérdidas de calor superiores por el marco.

Este fenómeno se puede ver en los días de invierno, donde aparecen pequeñas gotas de agua en los marcos debido al fenómeno de la condensación y, sin embargo, en el cristal no se producen condenaciones.

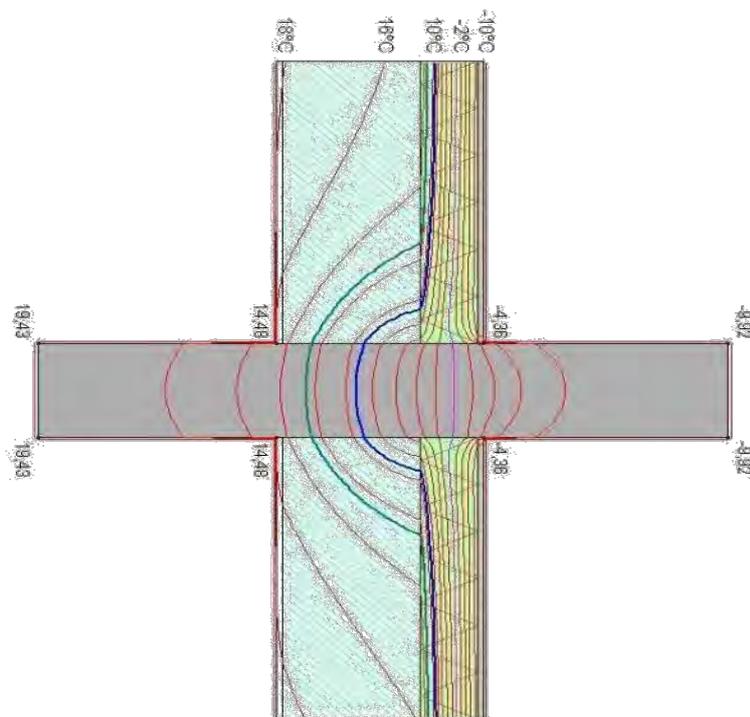


Figura III. Detalle de puente térmico entre pared y forjado (Fuente: www.eco-logicos.es).

Por todo esto, actualmente, el CTE obliga a que los cerramientos de aluminio sean con rotura de puente térmico en la mayoría de la geografía española. En climas fríos cuando la temperatura exterior es muy baja y en el interior hay humedad relativa elevada, se da el fenómeno de la condensación sobre los perfiles interiores. Esto se debe a que la temperatura del perfil interior de la ventana está por debajo de la temperatura de rocío, temperatura a la que empieza a condensarse el vapor de agua contenido en el aire, por este motivo se debe dar el caso de la existencia de humedad dentro de la vivienda, sin humedad relativa no podría darse el fenómeno de la condensación.



Con la rotura del puente térmico se consigue elevar la temperatura superficial del perfil interior, con lo que se reduce la posibilidad de condensaciones en el marco de las ventanas y la aparición de gotas de agua.

En cuanto al caso de estudio de este presente proyecto, después de ingresar la geometría que define el bloque de viviendas la herramienta calcula la longitud total correspondiente a cada tipo de puentes térmicos posible, en la tabla siguiente se pueden ver los diferentes puentes térmicos y la longitud total que la HULC ha calculado para cada uno de ellos.

| TIPO DE PUENTE TÉRMICO | LONGITUD TOTAL (m) |
|--|--------------------|
| Frentes forjados | 214.50 |
| Cubiertas planas | 112.43 |
| Esquinas exteriores | 128.80 |
| Esquinas interiores | 126.00 |
| Forjado inferior en contacto con el aire | 41.00 |
| Alfeizar | 137.39 |
| Dinteles / Capialzados | 137.39 |
| Jambas | 270.98 |
| Pilares | 121.22 |
| Suelos en contacto con el terreno | 103.85 |

Tabla V. Longitud total dependiendo del puente térmico.

Pero estos resultados de longitudes totales nos los da la HULC en función de la geometría que presenta cada puente térmico, característica que el propio usuario ha elegido con anterioridad. Este aspecto es muy importante porque dependiendo de la geometría o de cómo se encuentran unidos los diferentes cerramientos que definen el puente térmico dicha longitud variará al igual que la transmitancia que presente el puente térmico.

Para aclarar mejor este aspecto se incluye una figura con las diferentes geometrías que contempla el programa cuando estaos frente a un encuentro entre un pilar y la fachada.

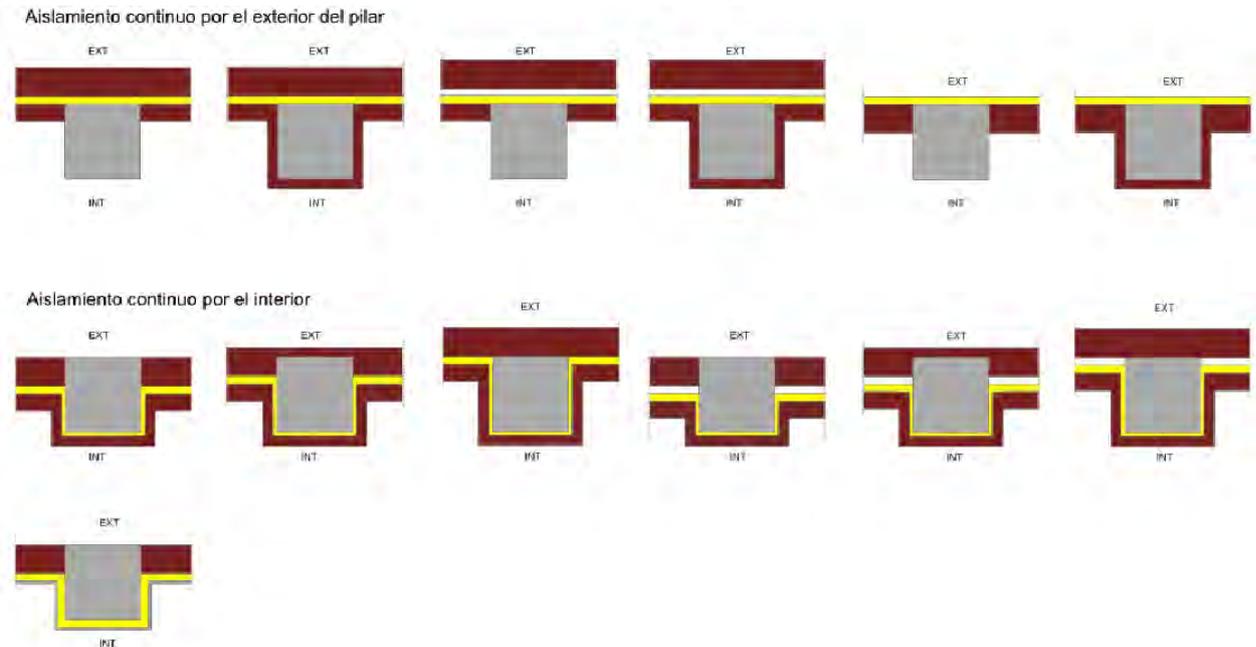


Figura IV. Ejemplo de tipos de puentes térmicos para el caso de pilares aislados (Fuente: HULC)

Como se puede observar y como ya se ha comentado varias veces en el presente documento, se está ante uno de los aspectos más importantes ya que se cuida hasta el más mínimo detalle y se tienen en cuenta todas las posibles combinaciones a la hora de definir la posición exacta del pilar respecto al muro (marrón) y el propio aislante (amarillo) pudiendo ir este por el exterior o por el interior del pilar.

A continuación, se resumen los valores tomados para el cálculo de nuestro estudio para los puentes térmicos lineales, dichos valores los puedes encontrar en la HULC dentro de la base de datos del proyecto, una vez realizada la simulación.



| PUENTES TÉRMICOS LINEALES | ψ | F_{Rsi} |
|--------------------------------------|---|-----------|
| Fachada en esquina vertical saliente | 0.08 | 0.82 |
| Unión de solera con pared exterior | 0.14 | 0.74 |
| Forjado entre pisos | 0.41 | 0.75 |
| Ventana en fachada | 0.00 | 0.00 |
| Ventana en fachada | 0.43 | 0.58 |
| Ventana en fachada | 0.39 | 0.70 |
| Abreviaturas utilizadas | | |
| Ψ Transmitancia lineal (W/mK) | F_{Rsi} Factor de temperatura de la superficie interior | |

Tabla VI. Cuadro resumen puentes térmicos lineales.

3.5 INSTALACIONES TÉRMICAS

Para nuestro caso de estudio hemos definido un sistema mixto de calefacción y Agua Caliente Sanitaria (ACS) que es el que tiene actualmente el bloque de viviendas, aunque en la actualidad el CTE obliga a las nuevas construcciones a cubrir parte del consumo energético necesario para producir el agua caliente sanitaria mediante un sistema de energía solar térmica y, en caso de que por cualquier motivo no pudiera hacerse, utilizar otro tipo de energías renovables.

Este sistema es el más común y el más presente en el norte de España, donde una caldera abastece las necesidades de calefacción durante el invierno y el ACS a lo largo del año, por este motivo las calderas tienen dos posiciones: verano e invierno para que cuando está en posición de verano simplemente sirve para calentar el ACS y cuando está en posición de invierno funciona como calentador del ACS o del agua dentro del circuito de calefacción, en función de la demanda.

En la *Figura V* se puede apreciar la configuración que presenta un sistema mixto de calefacción y ACS convencional.

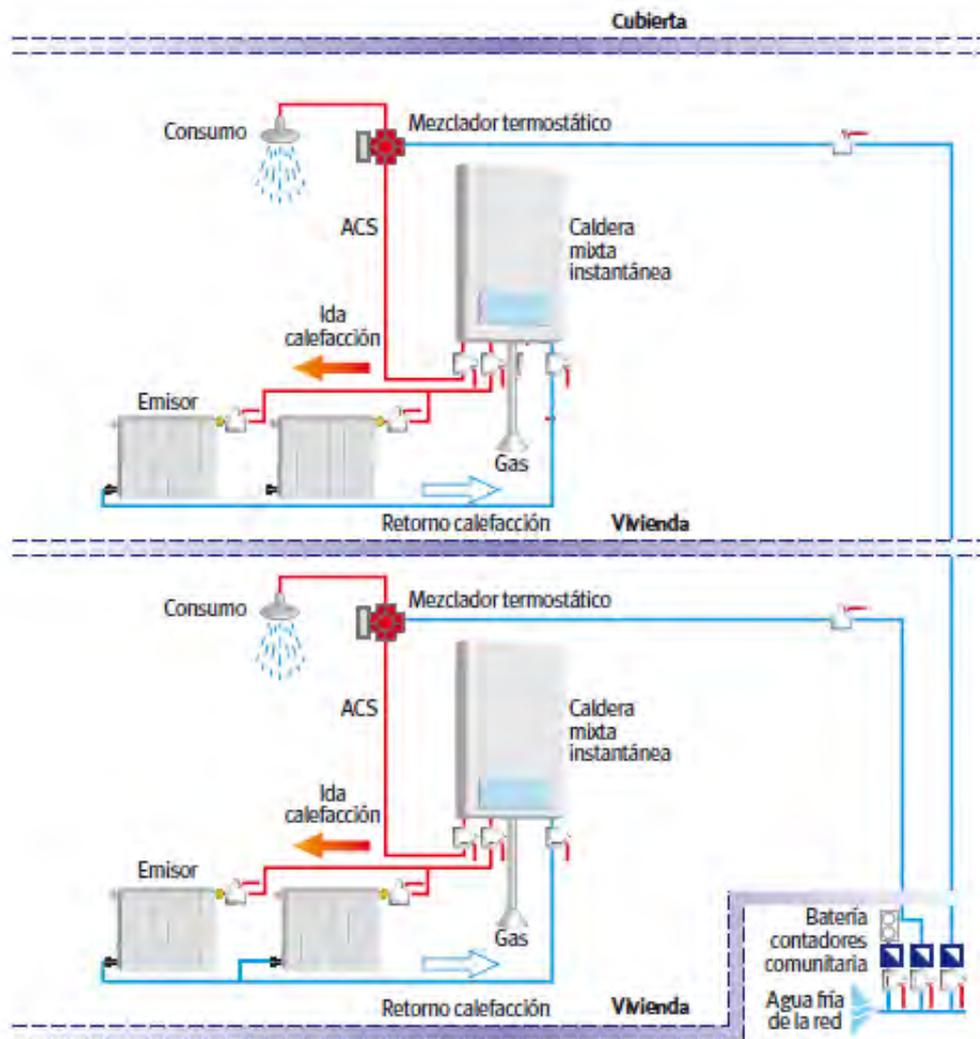


Figura V. Esquema de un sistema mixto de calefacción y ACS (IDAE).

3.5.1 Generadores de calor

Dentro de la instalación térmica tenemos que definir los sistemas o generadores de calor, en nuestro caso hemos definido una caldera convencional eléctrica o de combustible con una potencia nominal de 27 kW, un rendimiento estacional del 98% y un rendimiento nominal del 85%. Como combustible para dicha caldera hemos escogido gas natural. Dentro del sistema mixto de calefacción y ACS tenemos que asignarle las unidades terminales o radiadores, hemos colocado uno por vivienda o espacio habitable. Cada uno de los radiadores presenta una capacidad nominal de 3 kW.



3.5.2 Generadores de refrigeración

Debido a la localización geográfica del bloque de viviendas (1.2. Localización) nuestro proyecto no presenta sistemas generadores de refrigeración.

3.6 INSTALACIONES DE AGUA CALIENTE SANITARIA

El Agua Caliente Sanitaria o ACS se trata del agua destinada para el consumo humano, es decir agua potable, que ha sido calentada. Se usa básicamente para fines sanitarios (baños, duchas, grifos, etc) y para otros usos como por ejemplo de limpieza (lavavajillas, lavadora, fregado de platos y suelos). En muchos países está considerado un servicio básico y obligatorio en las viviendas.

Lo normal que dicho agua proceda de la propia instalación común de agua del edificio o bloque de viviendas, pero también hay casos, si nos encontramos en zonas del norte de España, en los que cada vivienda tiene su propio abastecimiento de agua, la cual proviene de manantiales, ríos o arroyos.

Además de lo citado anteriormente se debe definir una demanda de ACS para que la HULC pueda simular dicha demanda en su sistema mixto de calefacción y ACS. Para este cálculo se ha utilizado las tablas que aparecen en el DB HE, concretamente las de la sección 4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria, las cuales indican la demanda de ACS en litros / día · persona (*Tabla VIII*), el número de personas dependiendo de los dormitorios (*Tabla VII*) y el valor de centralización en viviendas multifamiliares.

| Número de dormitorios | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | ≥6 |
|-----------------------|-----|---|---|---|---|----|
| Número de Personas | 1.5 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

Tabla VII. Valores mínimos de ocupación de cálculo en uso residencial privado (Fuente: DB HE, sección HE4).



| Criterio de demanda | Litros/día·unidad | unidad |
|-------------------------------|-------------------|-------------|
| Vivienda | 28 | Por persona |
| Hospitales y clínicas | 55 | Por persona |
| Ambulatorio y centro de salud | 41 | Por persona |
| Hotel ***** | 69 | Por persona |
| Hotel **** | 55 | Por persona |
| Hotel *** | 41 | Por persona |
| Hotel/hostal ** | 34 | Por persona |
| Camping | 21 | Por persona |
| Hostal/pensión * | 28 | Por persona |
| Residencia | 41 | Por persona |
| Centro penitenciario | 28 | Por persona |
| Albergue | 24 | Por persona |
| Vestuarios/Duchas colectivas | 21 | Por persona |
| Escuela sin ducha | 4 | Por persona |
| Escuela con ducha | 21 | Por persona |
| Cuarteles | 28 | Por persona |
| Fábricas y talleres | 21 | Por persona |
| Oficinas | 2 | Por persona |
| Gimnasios | 21 | Por persona |
| Restaurantes | 8 | Por persona |
| Cafeterías | 1 | Por persona |

Tabla VIII. Demanda litros/día · persona (Fuente: DB HE, sección HE4).

| Nº viviendas | $N \leq 3$ | $4 \leq N \leq 10$ | $11 \leq N \leq 20$ | $21 \leq N \leq 50$ | $51 \leq N \leq 75$ | $76 \leq N \leq 100$ | $76 \leq N \leq 100$ | $N \geq 101$ |
|--------------------------|------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|--------------|
| Factor de centralización | 1 | 0.95 | 0.90 | 0.85 | 0.80 | 0.75 | 0.70 | 0.70 |

Tabla IX. Valor del factor de centralización (Fuente: DB HE, Sección HE4).



A través de las citadas tablas podemos calcular la demanda de ACS a través de unos cálculos triviales:

18 viviendas por bloque con dos dormitorios → 54 personas

54 personas → 1.512 litros / día

Aplicándole un factor de centralización de 0.90 hace un total de **1.360 litros / día**.

Para concluir, según estudios realizados por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) el ACS es el segundo consumidor de energía de nuestros hogares con un 21% por detrás de la calefacción con un 46% por lo que estamos ante dos aspectos muy relevantes a la hora de que nuestra vivienda consuma más o menos energía.

3.7 EDIFICIO DE REFERENCIA

Se trata de un edificio "ficticio", con las mismas características que el edificio objeto, del cual se basa la HULC para compararlo con el edificio objeto y obtener resultados. Según el DB HE en su sección HE1 "Limitación de la demanda energética": *El edificio de referencia es un edificio obtenido a partir del edificio objeto, con su misma forma, tamaño, orientación, zonificación interior, uso de cada espacio, e iguales obstáculos remotos, y unas soluciones constructivas tipificadas, cuyos parámetros característicos se describen en el Apéndice D.*



4 APLICACIÓN DEL DB HE-1: LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

El CTE de la edificación establece dos opciones posibles en lo que al estudio de la demanda energética se refiere.

Por un lado, la opción simplificada, la cual se basa en el control indirecto de la demanda energética del edificio limitando los parámetros característicos de sus cerramientos y particiones interiores que definen la envolvente térmica y por otro lado, la opción general, basada en la evolución de la demanda energética de los edificios comparando la del edificio objeto de estudio con un edificio de referencia, del que ya hemos hablado anteriormente. Esta última forma de cálculo precisa del uso de herramientas informáticas, en nuestro caso la HULC.

Por lo que para el estudio de la demanda energética del bloque de viviendas del presente proyecto se aplicará la opción general, según la cual se deberá comprobar que:

- Las demandas energéticas de la envolvente térmica del edificio objeto son inferiores a las del edificio de referencia para régimen de calefacción, sin entrar en detalles en cuanto a la refrigeración ya que en nuestro caso no es necesaria.
- La humedad relativa media mensual en la superficie inferior del bloque de viviendas sea inferior al 80% para controlar las condensaciones superficiales. Además, se comprobará que la humedad acumulada en cada capa del cerramiento se seca a lo largo de un año, y que la máxima condensación acumulada en un mes no sea mayor que el valor admisible para cada material aislante.
- Cumplimiento de las limitaciones de permeabilidad al aire de las carpinterías de los huecos.

A continuación, se procede a explicar de forma general cada uno de los dos métodos, se entrará más en detalle con la opción simplificada ya que la general se verá cuando se utilice la HULC y realizar simulaciones.



4.1 MÉTODO DE CÁLCULO: OPCIÓN SIMPLIFICADA

Mediante la opción simplificada se cumplen los objetivos del DB HE 1: Limitación demanda energética, realizando un procedimiento indirecto para establecer valores límite, Esta es la opción más inmediata para la verificación del cumplimiento de la normativa, basada en el criterio de que la envolvente térmica debe cumplir unos valores límite sin que sea posible la compensación de dichos valores.

Para aplicar la opción simplificada, se deben cumplir una serie de condiciones, las cuales se resumen a continuación:

- Superficie de huecos en cada fachada menor al 60%.
- Superficie que ocupan lucernarios en cubierta menor al 5%.
- Se aplicará esta opción a los cerramientos nuevos para los casos de rehabilitación.

Asimismo, se deberán cumplir diversos objetivos para verificar el cumplimiento de la opción simplificada. Los objetivos a cumplir son evitar el riesgo de condensaciones superficiales, limitar la demanda energética y controlar la condensación intersticial.

A continuación, se realiza un cuadro resumen de los objetivos y verificaciones a realizar:

| Objetivo | Verificación | Opción simplificada |
|---|--|--|
| Limitar la demanda energética | $U < U_{\text{máx}}$ (Tabla VI) | Debe verificarse |
| | $U_{\text{medio}} < U_{\text{límite}}$ (Tabla VII) | Debe verificarse |
| | $F_{\text{solar}} < F_{\text{solarlim}}$ (Tabla VII) | Debe verificarse |
| | Permeabilidad < Permeabilidad límite | Debe verificarse |
| | Demanda del proyecto < Demanda de referencia | No se calcula la demanda, se limita de forma indirecta |
| Evitar riesgo de condensaciones superficiales | $f_{\text{Rsipro}} > f_{\text{Rsilin}}$ (Tabla X) | Debe verificarse |
| Control condensaciones intersticiales | Cantidad evaporada > cantidad condensada artículo | Debe verificarse |

Tabla X. Verificaciones para la Opción simplificada



4.1.1 Verificación transmitancia térmica ($U < U_{\text{máx}}$)

Los coeficientes de transmisión térmica de los cerramientos de la vivienda que forman la envolvente térmica deben ser comparados con los valores que la normativa exige en la siguiente tabla. Los valores de la tabla que se muestra a continuación están clasificados en función de la zonificación climática.

Para evitar la distribución desigual de la capacidad de aislamiento de los cerramientos y descompensaciones entre la calidad térmica de diferentes espacios, cada uno de los cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica tendrán una transmitancia no superior a los valores indicados en la *Tabla XI* en función de la zona climática en la que se ubique el edificio, en nuestro caso la zona climática D.

| PARÁMETRO | ZONA CLIMÁTICA DE INVIERNO | | | | | |
|--|----------------------------|------|------|------|------|------|
| | α | A | B | C | D | E |
| <i>Transmitancia térmica de muros y elementos en contacto con el terreno⁽¹⁾ [W/m²·K]</i> | 1,35 | 1,25 | 1,00 | 0,75 | 0,60 | 0,55 |
| <i>Transmitancia térmica de cubiertas y suelos en contacto con el aire [W/m²·K]</i> | 1,20 | 0,80 | 0,65 | 0,50 | 0,40 | 0,35 |
| <i>Transmitancia térmica de huecos⁽²⁾ [W/m²·K]</i> | 5,70 | 5,70 | 4,20 | 3,10 | 2,70 | 2,50 |
| <i>Permeabilidad al aire de huecos⁽³⁾ [m³/h·m²]</i> | ≤ 50 | ≤ 50 | ≤ 50 | ≤ 27 | ≤ 27 | ≤ 27 |

⁽¹⁾ Para elementos en contacto con el terreno, el valor indicado se exige únicamente al primer metro de muro enterrado, o el primer metro del perímetro de suelo apoyado sobre el terreno hasta una profundidad de 0,50m.

⁽²⁾ Se considera el comportamiento conjunto de vidrio y marco. Incluye lucernarios y claraboyas

⁽³⁾ La permeabilidad de las carpinterías indicada es la medida con una sobrepresión de 100Pa.

Tabla XI. Transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente térmica (Fuente: DB HE, sección HE1).

Sobre esta tabla cabe señalar que los suelos en contacto con espacios no habitables han de considerarse como suelos en contacto con el aire, dado que en estos el flujo de calor se produce hacia el aire de esos espacios y que los límites de las permeabilidades al aire se corresponden con las clasificaciones de huecos establecidas en la UNE-EN 12207: clase 1 ($\leq 50 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$) y clase 2 ($\leq 27 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$).



Además, la transmitancia térmica de medianerías y particiones interiores que delimiten con unidades de uso residencial de otras de distinto uso o de zonas comunes del edificio, no superará los valores de la *Tabla XII*. Cuando las particiones interiores delimiten unidades de uso residencial entre sí no se superarán los valores de la *Tabla XIII*.

| Tipo de elemento | Zona climática de invierno | | | | | |
|--|----------------------------|------|------|------|------|------|
| | α | A | B | C | D | E |
| <i>Particiones horizontales y verticales</i> | 1,35 | 1,25 | 1,10 | 0,95 | 0,85 | 0,70 |

Tabla XII. Transmitancia térmica límite de particiones interiores, cuando delimiten unidades de distinto uso, zonas comunes o medianerías. U (W/m²·K) (Fuente: DB HE, sección HE1).

| Tipo de elemento | Zona climática de invierno | | | | | |
|---------------------------------|----------------------------|------|------|------|------|------|
| | α | A | B | C | D | E |
| <i>Particiones horizontales</i> | 1,90 | 1,80 | 1,55 | 1,35 | 1,20 | 1,00 |
| <i>Particiones verticales</i> | 1,40 | 1,40 | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,00 |

Tabla XIII. Transmitancia térmica límite de particiones interiores, cuando delimiten unidades del mismo uso, U en W/m²·K (Fuente: DB HE, sección HE1).

4.1.2 Verificación de la transmitancia térmica media ($U < U_{lim}$)

La normativa aporta una tabla, en la que en función de la zona climática y de los cerramientos y particiones interiores que forman la vivienda, se ofrecen unos valores máximos de transmitancia térmica media, estos valores de transmitancia térmica media se deben cumplir por parte de los cerramientos.

La *Tabla XIV* que se muestra a continuación es la que equivale a la zona climática D1.



Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno, U_{Mlim} :
0,66 W/m²K

Transmitancia límite de suelos, U_{Slim} : **0.49 W/m²K**

Transmitancia límite de cubiertas, U_{Clim} : **0,38 W/m²K**

Factor solar modificado límite de lucernarios F_{Llim} : **0,36 W/m²K**

| % de huecos | Transmitancia límite de huecos U_{Hlim} W/m ² K | | | | Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim} | | | | | |
|-------------|--|-----|-----|-------|---|---|-------|--------------------|------|-------|
| | N/NE/NO | E/O | S | SE/SO | Baja carga interna | | | Alta carga interna | | |
| | N/NE/NO | E/O | S | SE/SO | E/O | S | SE/SO | E/O | S | SE/SO |
| de 0 a 10 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | - | - | - | - | - | - |
| de 11 a 20 | 3,0 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | - | - | - | - | - | - |
| de 21 a 30 | 2,5 | 2,9 | 3,5 | 3,5 | - | - | - | - | - | - |
| de 31 a 40 | 2,2 | 2,6 | 3,4 | 3,4 | - | - | - | 0,54 | - | 0,58 |
| de 41 a 50 | 2,1 | 2,5 | 3,2 | 3,2 | - | - | - | 0,45 | - | 0,49 |
| de 51 a 60 | 1,9 | 2,3 | 3,0 | 3,0 | - | - | - | 0,40 | 0,57 | 0,44 |

Tabla XIV. Transmitancia y factor solar límite de huecos (Fuente: DB HE, sección HE1 apéndice D.2.13 ZONA CLIMÁTICA D1).

4.1.3 Verificación factor solar de huecos ($F_{solar} < F_{solar lim}$)

En la opción simplificada, debe verificarse el cumplimiento del factor solar de los huecos, entendiendo como tal la cantidad de energía que atraviesa un cerramiento al recibir este una radiación solar sobre la superficie del hueco, ya explicado anteriormente.

Como se puede apreciar en la tabla aportada por la normativa (*Tabla XIV*) sobre los valores límite de transmitancia para espacios con baja carga interna, como son las viviendas, no se exigen valores algunos para verificar el factor solar de huecos. Por lo que en este aspecto no deberíamos de verificar ningún valor.



4.1.4 Verificación de la permeabilidad al aire de las carpinterías

Para entender mejor este apartado vamos a tomar la definición que hace el DB HE sobre el significado de permeabilidad al aire: *propiedad de una ventana o puerta de dejar pasar el aire cuando se encuentra sometida a una presión diferencial. La permeabilidad al aire se caracteriza por la capacidad de paso del aire, expresada en m³/h, en función de la diferencia de presiones.* Además, para al cálculo de dicha permeabilidad al aire el CTE establece una diferencia de presión de 100 Pa para garantizar la comparabilidad de resultados entre todos los tipos de carpinterías.

Con la finalidad de evitar la filtración de aire provocada por una falta de estanqueidad de las carpinterías y que esto provoque un aumento de la demanda energética se impone una estanqueidad mínima de las carpinterías, la cual va en función de la zona climática.

En el caso de la zona climática de la vivienda del presente proyecto, D, se exige una permeabilidad máxima de 27 m³/hm² bajo una presión de 100 Pa. Dicha exigencia únicamente se garantiza mediante carpinterías de clase 2,3 y 4.

4.1.5 Verificación de las condensaciones superficiales ($f_{RSI} > f_{RSmin}$)

Para verificar el riesgo de formación de moho en los cerramientos, se debe conocer la higrometría de los locales a estudiar, entendiendo como higrometría el equilibrio entre producción de vapor y renovación de aire. Higrometría: es la rama de la física que estudia la proporción de vapor de agua contenida en la atmósfera

Según el DB HE existen las siguientes clases de higrometrías en los locales:

Higrometría 5: espacios en los que se prevea una gran producción de humedad, tales como lavandería y piscinas.

Higrometría 4: espacios en los que se prevea una alta producción de humedad, tales como cocinas industriales, restaurantes, pabellones deportivos, duchas colectivas u otros de uso similar.

Higrometría 3: espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad. Se incluyen en ésta categoría todos los espacios de edificios residenciales y el resto de los espacios no indicados anteriormente.



Según la normativa, en la vivienda objeto del presente proyecto, se considera una clase de higrometría 3, equivalente a una temperatura y humedad relativa interior de 20°C y 55% respectivamente. En la *Tabla XV* que ofrece la normativa (ver tabla siguiente) y atendiendo a la clase de higrometría anteriormente citada y a la zona climática, se obtiene el factor mínimo de temperatura superficial.

| CATEGORÍA DEL ESPACIO | ZONAS | ZONAS | ZONAS | ZONAS | ZONAS |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | A | B | C | D | E |
| Clase higrometría 5 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.90 | 0.90 |
| Clase higrometría 4 | 0.66 | 0.66 | 0.69 | 0.75 | 0.78 |
| Clase higrometría 3 o inferior | 0.50 | 0.52 | 0.56 | 0.61 | 0.64 |

Tabla XV. Factor de temperatura de la superficie interior mínimo f_{Rslmin} (Fuente: DB HE)

El factor de temperatura superficial interior con el que se debe realizar la comparación se obtiene a través de la expresión siguiente:

$$F_{Rsl} = 1 - U \cdot 0.25$$

Como se aprecia, el factor de temperatura de la superficie interior de los cerramientos, partición interior o puentes térmicos integrados en los cerramientos se calcula en función de su transmitancia térmica. Por lo que a mayor transmitancia térmica menor es el factor de temperatura superficial

4.1.6 Verificación de las condensaciones intersticiales

Por otro lado, e independientemente a la verificación de la existencia o inexistencia de condensaciones superficiales, se debe verificar que no existe la posibilidad de producirse condensaciones intersticiales en alguno de los puntos del cerramiento.



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, sección HE1.

Para comprobar que no se produzcan condensaciones intersticiales se debe verificar que la presión de vapor en la superficie de cada capa es inferior a la presión de vapor de saturación. Todo esto requiere efectuar un cálculo mensual de la cantidad condensada o evaporada, en función de las condiciones de temperatura y humedad, siendo los datos más desfavorables los del mes de enero como norma general.

Para cada cerramiento objeto se calculará, según el apartado G.2.2 del CTE:

- Distribución de temperaturas en cada punto del cerramiento.
- Distribución de la presión de vapor de saturación para las temperaturas anteriormente calculadas.
- Distribución de presiones de vapor en cada punto del cerramiento.

4.1.6.1 Distribución de temperaturas

La distribución de temperaturas a lo largo del espesor de un cerramiento formado por varias capas, depende de las temperaturas del aire en el exterior e interior y las resistencias térmicas de cada una de las capas, así como de las superficiales. La temperatura en cada punto se obtiene en relación a la del punto anterior y la transmisión total del cerramiento, siguiendo la siguiente expresión:

$$q = \frac{(T_i - T_e)}{R_t} \quad ,, \quad R_t = R_{si} + R_{cada\ material} + R_{se}$$

Donde:

T_i = temperatura interior

T_e = temperatura exterior

R_t = resistencia total del cerramiento

R_{si} = resistencia térmica superficial correspondiente al aire interior

R_{se} = resistencia térmica superficial correspondiente al aire exterior



$$T_1 = T_i - q \cdot R_{si} \quad ,, \quad T_2 = T_1 - q \cdot R_1 \quad ,, \quad T_3 = T_2 - q \cdot R_2$$

Llegando a la siguiente expresión:

$$T_n = T_{n-1} - q \cdot R_{se}$$

4.1.6.2 Distribución de la presión de vapor de saturación para las temperaturas anteriormente calculadas

La distribución de la presión de saturación en cada punto del cerramiento se obtiene de forma directa aplicando la siguiente función y cogiendo la temperatura calculada anteriormente para cada punto. Por tanto, teniendo en cuenta que los valores deberían dar por encima de los 0°C, se aplicaría la siguiente fórmula:

$$P_{sat} = 610.5 \cdot e^{\left(17.629 \cdot \frac{\theta}{237.3 + \theta}\right)}$$

4.1.6.3 Distribución de presiones de vapor

De la misma forma que se ha procedido para obtener la distribución de temperaturas en todos los puntos del cerramiento, se ejecuta el cálculo de la distribución de presiones de vapor a lo largo del espesor de los cerramientos. Dicho cálculo se realiza en función de las presiones de vapor del aire en el exterior, interior y la difusión al vapor de agua de cada una de las capas que forman el cerramiento. La expresión para obtener el valor de difusión del vapor de agua en cada capa es la siguiente:

$$Sd_n = e_n \cdot \mu_n$$

Donde:

μ_n = factor de resistencia a la difusión del vapor de agua en cada capa.

e_n = espesor de la capa "n" en metros.



Tras obtener el valor de difusión al vapor de agua de cada capa, se debe obtener el coeficiente de difusión de presión de vapor del cerramiento siguiendo la siguiente expresión:

$$p = \frac{(P_i - P_e)}{Sd_t}$$

Donde:

P_i = presión interior en Pascales.

P_e = presión exterior en Pascales

Sd_t = difusión total del cerramiento

4.2 MÉTODO DE CÁLCULO: OPCIÓN GENERAL

Tal y como sucede con la opción simplificada, al aplicar la opción general, que es la que se ha realizado en el presente proyecto, se exigen unas verificaciones a fin de cumplir unos objetivos concretos definidos en el Documento Básico de Ahorro de Energía del CTE los cuales son idénticos para las dos opciones. La única diferencia se basa en que, si bien la limitación de la demanda energética se realiza mediante un método indirecto en la opción simplificada, en el caso de la opción general se debe ejecutar un cálculo de la demanda energética para obtener la limitación.

A continuación, se adjunta un cuadro resumen comparando los requisitos necesarios para cumplir las opciones simplificada y general de la normativa.

Mediante la opción general presentada se establece la limitación de la demanda energética del edificio, realizando un proceso en el que se deben comparar las demandas energéticas estimadas de dos edificios, la del edificio objeto, tal y como se ha proyectado y el edificio de referencia. El edificio de referencia ha de ser idéntico al edificio objeto en cuanto a forma, tamaño, zonificación interior y uso en cada zona. Únicamente se diferencia del edificio objeto en cuanto a las calidades constructivas, ya que éstas, en el edificio de referencia, deberán cumplir con la opción simplificada descrita anteriormente. Debido a la complejidad del cálculo que supone asumir esta opción, la demanda energética se calcula mediante la herramienta HULC, que es el programa oficial y tiene la consideración de Documento Reconocido del CTE.



Finalmente, para concluir este apartado se hace un breve resumen comparando las limitaciones. Analizando los cerramientos presentes en el bloque de viviendas se observa que algunos de los cerramientos no cumplen el requisito de Transmitancia límite que actualmente impone el CTE a través de las tablas anteriores (XI, XII, XIII), resultados que resumimos en la *Tabla XVI*. Por lo que de esta forma no cumplirían el método de cálculo simplificado

| CERRAMIENTO | TRANSMITANCIA TÉRMICA (W/m ² K) | CUMPLIMIENTO |
|------------------------------|---|------------------|
| Muro exterior | 0.34 | CUMPLE |
| Cubierta | 0.54 | NO CUMPLE |
| Muro garajes | 0.54 | CUMPLE |
| Forjado garajes | 0.56 | CUMPLE |
| Forjado viviendas | 1.14 | NO CUMPLE |
| Forjado zonas comunes | 1.20 | NO CUMPLE |
| Tabiques | 1.38 | NO CUMPLE |

Tabla XVI. Transmitancia térmica de los cerramientos del bloque de viviendas.

Esto sirve para dar una idea de antemano de los futuros resultados que obtengamos de la HULC, es decir, en el caso que muestre que el edificio satisface el DB HE de manera holgada, se ha hecho o definido mal, lo lógico es que no cumpla ni el HE1 ni el HE0 y que, en un futuro, si se quiere que nuestro edificio cumple los actuales requisitos del CTE se tendrán que mejorar dichos cerramientos. Aparte de esta información también sirve para llegar a una conclusión que anteriormente ya se ha comentado: con el paso de los años, motivado por las normativas europeas, cada vez el CTE está siendo más riguroso en cuanto a las limitaciones y requisitos para obtener una certificación energética positiva, con esto están motivando e incentivando el uso de mejores materiales aislantes en las nuevas edificaciones.



5 CAMBIOS EN EL DB HE

Según la última nota informativa publicada en la web del CTE, el pasado mes de diciembre junto con la última versión de la HULC, se establecen una serie de propósitos y modificaciones de cara al futuro, todo esto se resume en el Documento de bases para la actualización del documento básico DB-HE.

Así expresa el CTE el motivo de dicho documento: *La directiva 2010/31/UE establece en su artículo 4 que "los requisitos mínimos de eficiencia energética se revisarán periódicamente a intervalos no superiores a cinco años", por lo que está previsto aprobar antes de septiembre de 2018 una nueva actualización del Documento Básico de Ahorro de energía DB HE del Código Técnico de la Edificación.* Este documento se ha realizado como un paso previo a la tramitación administrativa del proyecto de actualización del DB-HE, por lo que dicho documento establece los criterios básicos sobre los cuales se fundamentará el proyecto, y que a la vez permita a las organizaciones más representativas poder conocer y opinar sobre las modificaciones que se plantean.

Con el proyecto de actualización se pretende establecer un sistema de indicadores conforme con la normativa europea derivada del Mandato M/480, que será próximamente aprobada. Con este sistema de indicadores propuesto se pretende definir unos objetivos de eficiencia energética claros y transparentes, que desde la neutralidad potencien la competencia e innovación dentro del sector. Asimismo, se revisarán las exigencias reglamentarias para que los edificios que se construyan a partir de su entrada en vigor tengan un consumo de energía muy reducido, en línea con lo establecido en el artículo 9 la Directiva 2010/31/UE, relativo a los edificios de consumo de energía casi nulo.

Además de atender mejor los objetivos marcados por la Directiva 2010/31/UE, la actualización del Documento Básico busca lograr una normativa más fácil de comprender y aplicar, reduciendo el número de casos diferenciados de aplicación, evitando el tratamiento ad hoc de tecnologías y sistemas, y dando prioridad a los indicadores que tienen una mayor facilidad de interpretación y de aplicación al proyecto, así como a aquellos que están consolidados en otras normativas y estándares (Documento de bases para la actualización del DB-HE).



Otro aspecto importante es la implantación de un visor que permitirá obtener la información sobre los indicadores energéticos contemplados por la HULC, estamos hablando de la herramienta informática VisorEPBD, aspecto que nosotros vemos más que interesante ya que son múltiples las quejas por parte de los usuarios debido a las dificultades a la hora de leer los resultados y lo poco interactiva que es la HULC, además una vez hemos usado la HULC para este trabajo podemos corroborar las quejas generalizadas.

Esto es lo que dice el CTE sobre la aplicación VisorEPBD: *El IETcc, en el marco del convenio de colaboración suscrito con el Ministerio de Fomento, ha desarrollado la herramienta informática VisorEPBD que permite obtener información sobre los indicadores energéticos contemplados en el proyecto de norma prEN ISO 52000-1 y por ende en la propuesta de actualización del Documento Básico de Ahorro de energía DB HE.*

Esto supone unos cambios importantes con respecto al DB-HE ya que dejará de tener los indicadores que conocemos hasta ahora, y que se llevan usando desde el 2006, que son los siguientes:

- HE 0: Limitación de consumo energético.
- HE 1: Limitación de demanda energética.
- HE 2: Rendimiento de las instalaciones térmicas.
- HE 3: Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación.
- HE 4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.
- HE 5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica.

Y pasaremos a tener unos indicadores que no tienen nada que ver con los que hasta ahora hemos estado usando y con los que hemos estado trabajando. Así la nueva estructura de indicadores queda como se muestra en la *Tabla XVII*.



| EXIGENCIA | INDICADOR |
|--|--|
| Uso de energía | Consumo de energía primaria no renovable ($C_{ep,nren}$) Consumo de energía primaria total ($C_{ep,tot}$) Uso de fuentes renovables: - Aportación mínima de energía procedente de fuentes renovables - Calentamiento de agua de piscinas cubiertas - Acondicionamiento de espacios abiertos de forma permanente |
| Características de la envolvente térmica | Transmitancia térmica global (K) Control solar ($Q_{sol;jul}/A_{util}$) Limitación de descompensaciones en edificios de uso residencial privado (U) Limitación de condensaciones en la envolvente térmica |
| Características de las instalaciones | Instalaciones térmicas Instalaciones de iluminación |

Tabla XVII. Nuevos indicadores del DB-HE para el 2018 (Fuente: Documento de bases para la actualización del Documento Básico DB-HE).

Pero como aún sigue en uso el DB-HE actualizado el año 2016 estos cambios que se acaban de explicar no tienen vigencia alguna en este proyecto, simplemente era a título de comentario y para confirmar otra vez que el DB-HE sigue en continuo desarrollo desde el 2006 y que no es nada alarmante que una vivienda construida hace 10 años no llegue a cumplir el DB HE actual.



6 PROCESO DE SIMULACIÓN DEL EDIFICIO

En este apartado se analizarán los principales pasos o aspectos a tener en cuenta en el proceso llevado a cabo para poder simular el bloque de viviendas con la HULC.

6.1 DATOS GENERALES

El primer paso una vez has iniciado un nuevo proyecto dentro de la HULC es introducir los datos generales del proyecto que estas a punto de crear, tales como los datos administrativos, tipo de edificio, localidad, comunidad autónoma, normativa vigente, etc.

Imagen III. Introducción de datos generales en la HULC.

6.2 DEFINICIÓN DEL EDIFICIO

Una vez se han rellenado los datos generales del edificio, el siguiente paso que se debe dar es la definición de todos los muros y particiones que definirán nuestro bloque de viviendas. Con los datos que se disponen en el apartado 3 de nuestro proyecto, Datos Técnicos del Edificio, se definen dichos muros y particiones en la base de datos de la HULC.

Hecho esto se procede a la definición geométrica del edificio, planta por planta, el proceso ideal es definir la planta de los garajes y acto seguido crear los cerramientos y forjados de dicha planta, después definir la planta 0 y crear cerramientos y forjados vinculados a dicha planta 0, en este caso se definiría el forjado entre garajes y planta 0, y así sucesivamente hasta llegar a la cubierta.

Para definir las plantas, primero se necesitan los planos, para esto se ha utilizado el AutoCAD. En un primer lugar y gracias a los planos 05, 06, 06,08 y 09 (ver *PLANOS*) se han modelizado dichos planos en AutoCAD, obteniendo los planos 12, 13, 14 y 15 (ver *PLANOS*) que ya están listos para usarlos por parte de la HULC. Seguidamente se exportan a la HULC mediante una extensión .dxf. Una vez exportados dichos planos, se puede comenzar con la construcción del edificio en la HULC.

Finalmente, se ha procedido a calcular la orientación exacta del bloque de viviendas, para poder definir un ángulo de orientación exacto con respecto al Norte del bloque de viviendas, se ha medido in situ dicho ángulo gracias a una brújula convencional, obteniendo un valor de 15° de la fachada Este:

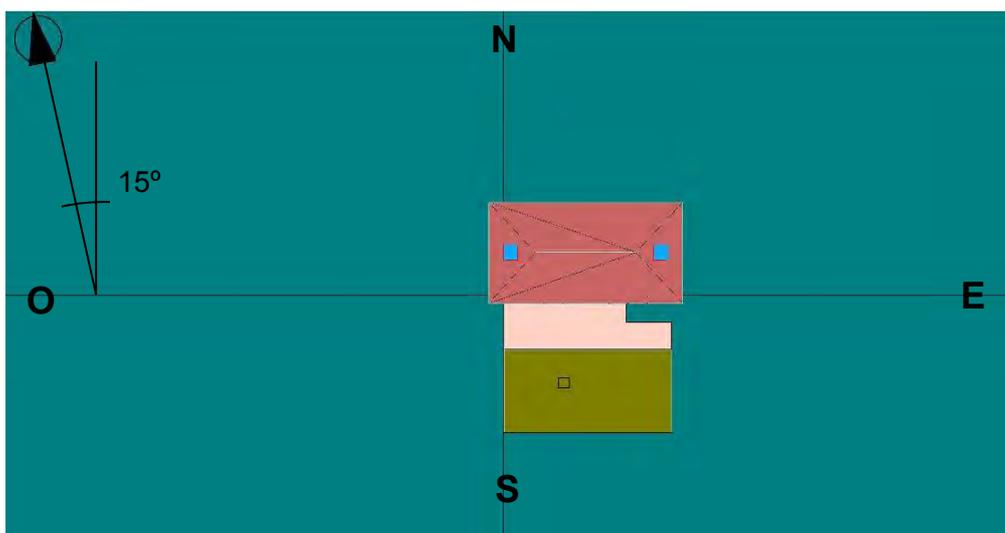


Imagen IV. Orientación del edificio a estudiar (Fuente: HULC)

Este es un aspecto muy importante y a tener en cuenta, ya que la orientación del edificio determinará que fachadas del edificio reciben más la luz del sol o que zonas reciben menos. Dependiendo la zona geográfica la orientación más de las viviendas dependerá ya que no es lo mismo un edificio en el Sur que en el Norte, como el bloque de viviendas a estudio está localizado en el Norte de España se procederá a explicar la mejor orientación de una vivienda.

Pero, antes que nada, se analizará el movimiento que realiza el sol a lo largo de todo el año, es decir, en que zonas de la vivienda dará el sol dependiendo de la estación del año. Estos datos son tomados en el hemisferio Norte, en el hemisferio Sur ocurre igual, sólo que el Este y el Oeste se encuentran en los lados contrarios a los del norte.

- Sur, sureste y suroeste: En invierno da todo el día.
- Norte, noreste y noroeste: En invierno no da nunca.
- Este, sureste, noreste: Cuando da lo hace desde el amanecer hasta el mediodía.
- Oeste, suroeste, noroeste: Cuando da lo hace desde mediodía hasta el ocaso.

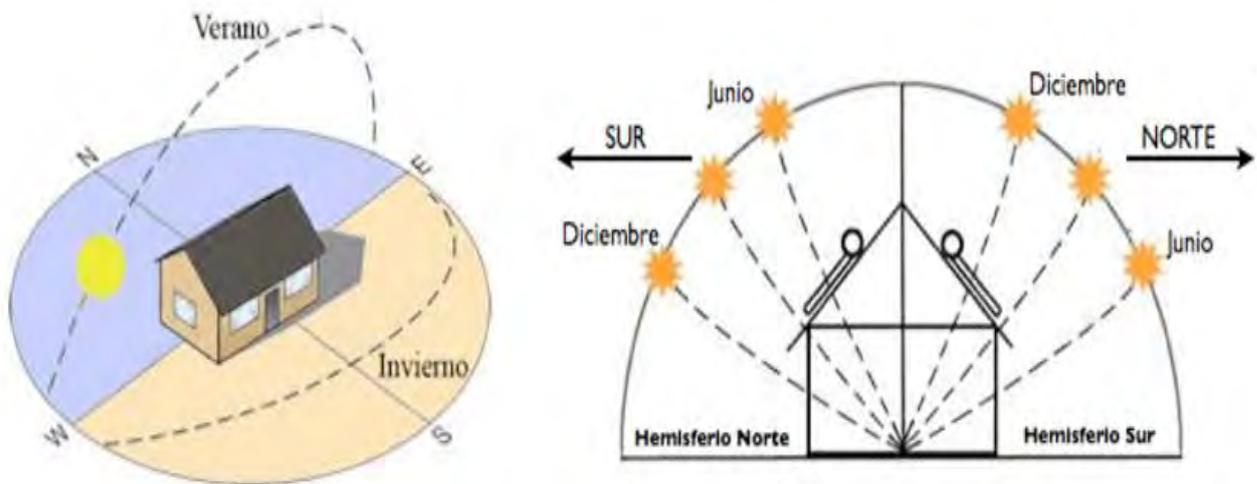


Figura VI. Movimiento y ángulo de incidencia solar (<http://blog.about-haus.com>)



Estas son las particularidades de cada una de las orientaciones tipo:

1.- Norte: El sol no incide de forma directa, de manera que sólo recibe algo de radiación solar a primera y última hora durante los meses de verano. El gasto en calefacción durante el invierno es el más acentuado en la orientación norte, por este motivo, no suele ser una orientación óptima para la mayoría de climas que hay en la España peninsular.

2.- Sur: El sol da todo el día en invierno, primavera y otoño. En verano sólo en las horas centrales del día, justo cuando hace más calor. Por este motivo es una orientación buena para los climas más fríos, pero para las zonas donde haga más calor, tendrán que contemplar el gasto en aire acondicionado.

3.- Este: El sol incide desde que sale hasta el mediodía, siendo una buena opción para la mayoría de viviendas pues no hay un gasto energético muy acentuado. El calor se acumula durante el día y se libera durante la tarde-noche.

4.- Oeste: Es el caso opuesto al anterior. El sol incide desde el mediodía hasta el atardecer. No acumula calor durante el día para pasar un invierno más confortable y recibe el sol en las horas de más calor, lo que supone un coste energético en aire acondicionado en verano.

Por lo que se puede acabar concluyendo que si vives en el Norte de España debes de seguir los siguientes pasos para mejorar el rendimiento energético de la vivienda:

- Maximizar la orientación al Sur.
- Orienta al sur las estancias como el dormitorio o el salón ya que es una de las orientaciones más calurosas.
- Sitúa en el Norte las zonas de calderas o por ejemplo los garajes ya que en invierno no da nunca el sol.
- Reduce el número de ventanas y puertas que dan al Norte.

Estas pequeñas indicaciones supondrán un ahorro energético en calefacción notable.



6.3 SIMPLIFICACIONES

Se indican las simplificaciones realizadas en este presente proyecto, las cuales han sido tomadas después de analizar las posibles soluciones presentes. Debido a su complejidad, por motivos de tiempo de cálculo de la propia HULC o a veces por la imposibilidad de definir tal geometría se han llevado una serie de simplificaciones a la hora de meter los datos geométricos reales del edificio objeto de estudio. Procedemos a hacer un resumen de dichas simplificaciones además de sus motivos y posibles consecuencias. Se han organizado de más generales a casos más concretos.

- El modelo solo contempla un bloque de viviendas. Esta es la primera y la simplificación más evidente. El actual proyecto se centra en una urbanización la cual está compuesta por un total de 4 bloques de viviendas, pero solamente hemos modelizado en la HULC uno de los cuatro, esto se debe a que al tratarse de edificios prácticamente con las mismas características geométricas y térmicas, salvo el que presenta un bajo comercial, los resultados que obtengamos de uno se podrán extrapolar a los demás.

- Bloque de viviendas adyacente. Esta simplificación surge debido a los garajes ya que la urbanización dispone de dos plantas subterráneas de garajes, cada una de las cuales comunica con dos bloques de viviendas a través de los ascensores o escaleras. Debida a esta situación, al modelizar el bloque de viviendas y el garaje, parte del espacio perteneciente al garaje, en la realidad, se encuentra en contacto con el otro bloque de viviendas por lo que se ha optado por la simplificación de definir como adiabática la parte del otro bloque de viviendas que está en contacto con los garajes ya que, térmicamente, la existencia de un bloque de viviendas encima de los garajes es un aspecto a tener en cuenta y que si no lo tienes en cuenta nos llevaría a resultados que equidistan bastante de la realidad. En la siguiente imagen se aprecia bien la parte de los garajes que se define como adiabática y que se refiere exactamente al área en contacto entre el edificio adyacente y los garajes.

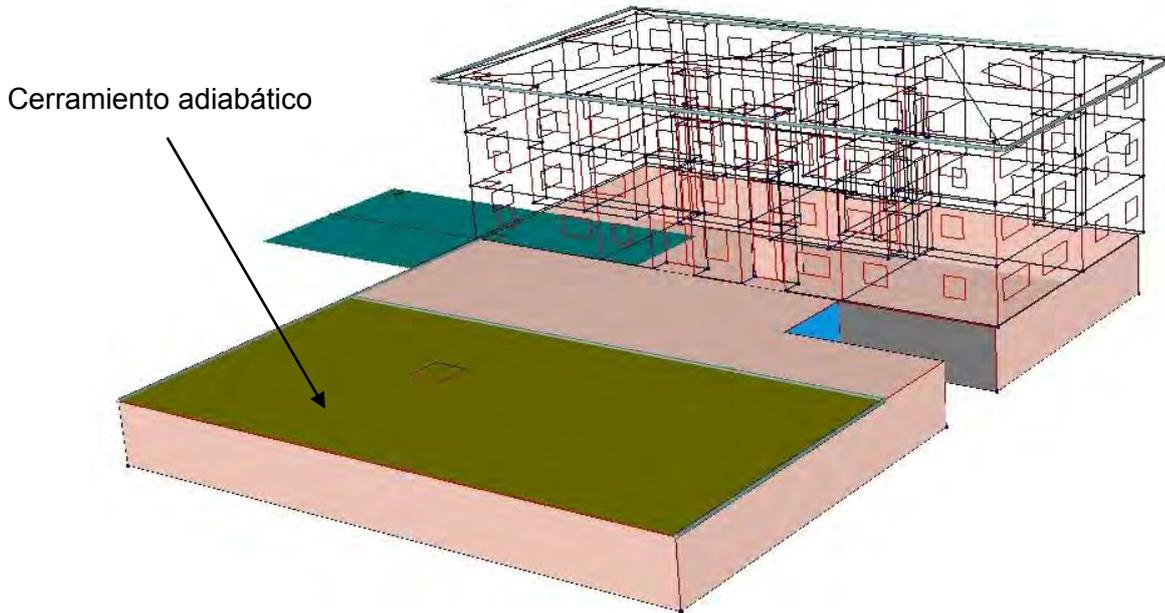


Imagen V. Detalle cerramiento adiabático en los garajes (Fuente: HULC).

· No se han modelado las terrazas. Se han dejado como parte del exterior y se ha definido únicamente el forjado en "voladizo" de dichas terrazas para minimizar los errores que daría al no tener en cuenta la sombra de cada terraza a la del piso anterior y la transmisión de calor al exterior ya que al no considerar dicho suelo cometeríamos un error grande: no es lo mismo la transmisión de calor al exterior de una fachada que de una fachada en voladizo (semejante a una aleta).

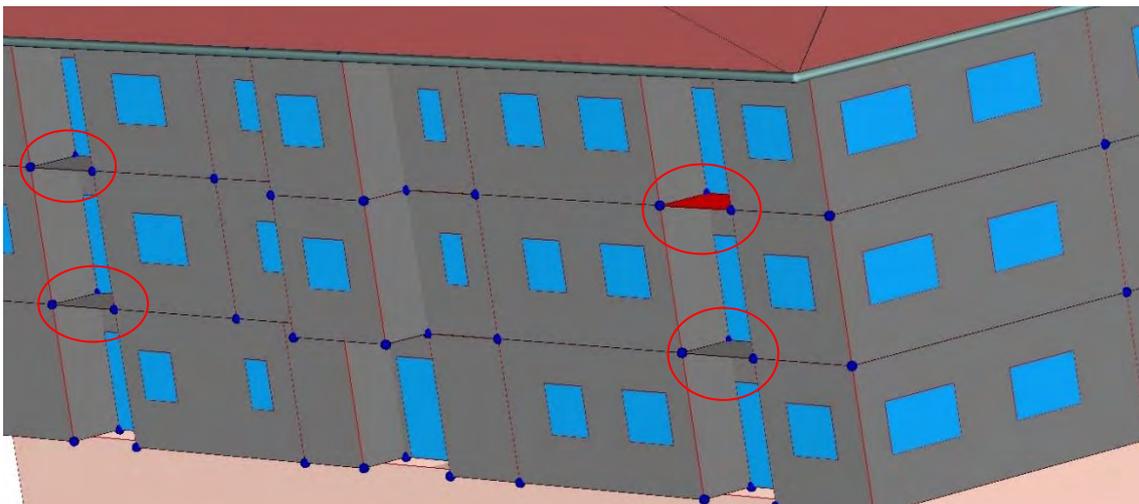


Imagen VI. Detalle de la simplificación de las terrazas (Fuente: HULC)



· Simplificación de espacios habitables por planta. La HULC tiene una limitación de 100 espacios como máximo por edificio, teniendo en cuenta la definición que hace de espacio el CTE en el DB HE: *espacio formado por uno o varios recintos habitables (o no habitables) contiguos con el mismo uso y condiciones térmicas equivalentes agrupados a efectos de cálculo de la demanda energética. En función de la disponibilidad de sistemas de calefacción y/o refrigeración, los espacios habitables se clasifican en acondicionados o no acondicionados.*

Por lo que finalmente se ha decidido no simular cada estancia de cada vivienda como un espacio independiente y se ha definido un espacio por vivienda para no sobrepasar el número de 100 espacios, también DB HE afirma que la inclusión de tabiques como parte de un espacio es una simplificación viable y que no conduce a errores: *A los efectos del cálculo de los indicadores anteriores relacionados con la demanda y consumo energético, se considera que la inclusión de la superficie ocupada por la tabiquería interior es una simplificación aceptable en el cómputo de la superficie útil de los espacios habitables (Apéndice I: Terminología, demanda energética).* Además, como todas las habitaciones de la vivienda tienen el mismo sistema térmico se puede asumir dicha simplificación ya que se pueden englobar todas las habitaciones, baños y zonas de una misma vivienda como un único espacio.

· Hueco escaleras. En cada uno de los espacios, correspondientes a la zona de los pasillos comunes, que se han definido en la herramienta parte de dicho espacio incluye las escaleras. Para la definición de las escaleras se ha incluido el hueco de escaleras al espacio que corresponde con el pasillo suponiendo que el flujo de aire en el hueco de escaleras se compensa y no interviene en nada, de no ser así el error cometido sería poco relevante.

· Simplificación de la planta cubierta. En la última planta del edificio, la que da para la cubierta se ha realizado una de las simplificaciones que tiene el modelo del edificio. En dicha planta, la planta de arriba de los dúplex, hay una serie de terrazas, las cuales se localizan en la cubierta (ver *Imagen II* dentro del apartado 3. *Datos técnicos del edificio*). Debido a la complejidad que muestran a la hora de definir las se han añadido dos lucernarios en la cubierta semejantes a las terrazas, es decir, con un espacio de hueco equivalente a al hueco de las puertas de dichas terrazas.

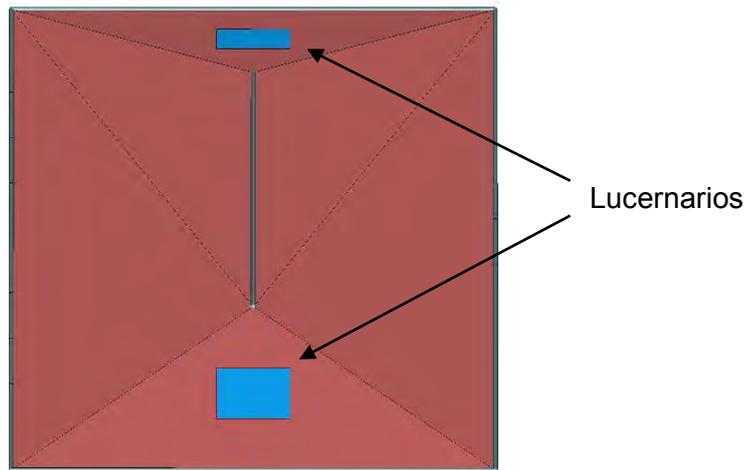


Imagen VII. Detalle de la simplificación de la planta cubierta (Fuente: HULC)



7 MEJORAS ENERGÉTICAS

7.1 INTRODUCCIÓN

Una vez realizado el análisis energético actual del bloque de viviendas del estudio, dicho edificio presenta los siguientes resultados: no cumple la demanda energética de calefacción ni el consumo de energías primarias (EP) no renovables, además de lo que ya se ha presentado anteriormente en el apartado 4. *Método de cálculo: Opción simplificada* del presente proyecto. Por estos motivos se precisa de una serie de medidas pasivas y activas para mejorar los resultados energéticos que presenta el edificio en su estado actual.

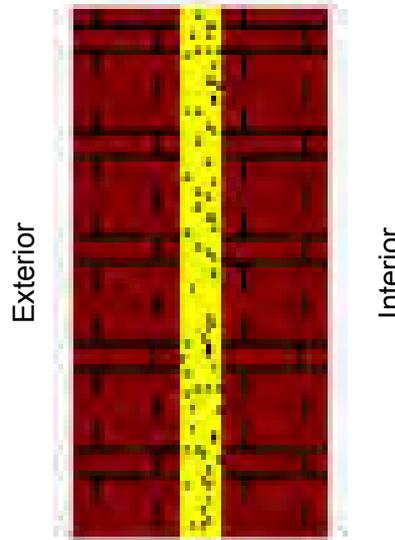
7.2 MEDIDAS PASIVAS

Cuando se habla de medidas pasivas se refiere a aquellas medidas que se incorporan en un edificio y no precisan de una puesta en marcha o acción por parte del usuario, tales como la incorporación de aislamiento en la envolvente térmica o la mejora de los acristalamientos. La gran mayoría de las medidas adoptadas en el presente proyecto son mejoras pasivas ya que la HULC no tiene la opción de simular la gran mayoría de las mejoras activas. A continuación, se explican cada una de las medidas tomadas.

7.2.1 **Mejora de las tabiquerías**

Se puede decir, que dentro de los elementos o cerramientos que componen un edificio las particiones interiores verticales no tienen una importancia extremadamente importante, pero puede evitar que descompensaciones de temperatura dentro del mismo bloque de viviendas lleven a un peor rendimiento energético del mismo, más aún cuando dicho tabique separa un espacio habitable de un espacio no habitable, ya que las descompensaciones térmicas pueden ser aún más pronunciadas. Toda modificación para bien conlleva unos resultados positivos, por eso mismo en este estudio se ha completado la opción de una mejora de los tabiques que separan cada una de las viviendas que componen el bloque de viviendas.

A continuación, se muestra la composición de los tabiques una vez estos han sido mejorados:

· TABIQUE MEJORADO:

Composición del cerramiento:

| | |
|--|--------|
| 1 - Enlucido de yeso $1000 < d < 1300$ | 1.5 cm |
| 2 - Tabicón de LH doble [$60 \text{ mm} < E < 90 \text{ mm}$] | 7 cm |
| 3 - EPS Poliestireno Expandido [$0.0037 \text{ W/m}\cdot\text{K}$] | 3 cm |
| 4 - Tabicón de LH doble [$60 \text{ mm} < E < 90 \text{ mm}$] | 7 cm |
| 7 - Enlucido de yeso $1000 < d < 1300$ | 1.5 cm |

Espesor total: 20 cm

Limitación de demanda energética U_s : 0.75 W/m²K

Mejora de la transmitancia térmica del cerramiento:

0.63 W/m²K



Como se puede observar, respecto a la composición que presentaban anteriormente, los tabiques se han mejorado térmicamente instalando una capa de aislante: EPS Poliestireno Expandido [$0.0037 \text{ W/m}\cdot\text{K}$] en sustitución de la lámina e PCV que presenta el muro en su estado actual.

7.2.2 Mejora en los acristalamientos

Antes de explicar las mejoras realizadas se procede a realizar un análisis teórico sobre la importancia de las ventanas dentro de una vivienda en lo que a términos energéticos se refiere.

Las ventanas proporcionan luz natural, permiten la ventilación, protegen del frío y el calor, aíslan del ruido exterior y a la vez decoran. A la hora de adquirir una ventana tenemos que elegir el material del perfil (aluminio, madera o PVC), el tipo de apertura, el color y el acristalamiento. De esta selección depende la eficiencia de la ventana, por ejemplo, un modelo de PVC con doble acristalamiento ofrece un ahorro energético de hasta el 50% ya que minimiza las pérdidas de frío y calor entre el interior y el exterior. El análisis se centrará en los diferentes tipos de materiales de perfil y el tipo de acristalamiento que al final son los factores que más afecta al rendimiento energético dentro de una ventana.

Dentro del tipo de material existen tres tipos: madera, aluminio y PVC, siendo la madera el que peores resultados presenta. Además, existe una gama de los marcos de aluminio con rotura de puente térmico (RPT) que tiene mayor rendimiento térmico, como ya se ha explicado anteriormente en el apartado *3.4 Puentes térmicos*.

Los diferentes acristalamientos se clasifican de la siguiente manera:

- Vidrio Simple: en desuso para edificios de nueva construcción.
- Bajo emisivos: destacan por su gran capacidad aislante.
- Doble acristalamiento: los más utilizados actualmente ya que ofrecen un aislamiento térmico y acústico mucho mayor.
- Triple acristalamiento: todavía más efectivo en términos de aislamiento acústico y térmico, pero al mismo tiempo, más pesados y bastante más caros. Se trata de tres cristales y dos



separaciones, rellenas de Argón. Este tipo de acristalamiento es sensiblemente menos eficiente en términos de aislamiento térmico en comparación con el de doble acristalamiento.

| Composición | Transmitancia térmica (W/m ² K) |
|-------------|--|
| 4 - 6 - 4 | 3.28 |
| 4 - 8 - 4 | 3.01 |
| 4 - 12 - 4 | 2.85 |
| 4 - 16 - 4 | 2.70 |

Tabla XVIII. Valores de U para doble acristalamiento con diferentes configuraciones.

Las ventanas con doble acristalamiento constan de dos capas de vidrio, normalmente de 4 mm, y entre ambos una capa de gas inerte o deshidratado y una vez sellado el cerramiento se vuelve hermético. El aislamiento no depende solo de las capas de cristal, sino que también influye el grosor y el tipo de vidrio. La regla general asegura que, a mayor espesor de los cristales y mayor espacio entre ambos, mayor aislamiento y por lo tanto mayor eficiencia energética. Podemos encontrar combinaciones de doble acristalamiento 4-6-4 (dos vidrios de 4mm con una cámara de 6 mm), 4-8-4, 4-12-4, 4-16-4... A mayor espesor de la cámara mayor aislamiento térmico.

Este tipo de ventanas presentan una serie de ventajas sobre las convencionales de cristal simple:

- Ahorro en coste de energía. La construcción hermética de las ventanas de doble acristalamiento crea un aislamiento térmico. Esto reduce el flujo de calor entrante y saliente y como consecuencia, se utiliza menos energía para calentar o enfriar una estancia, lo que conlleva una factura de consumo energético más baja.
- Se reduce la condensación. La humedad en una superficie cálida forma gotitas de agua que se congelan como el hielo. Esto puede dar una sensación térmica más fría a la estancia, lo que obliga a subir la temperatura del hogar. Sin embargo, el aire entre las dos capas de

crystal, además del sellamiento hermético, evita que la condensación se acumule al bloquear la humedad en climas fríos.

- Aislamiento acústico. Las ventanas con doble acristalamiento mejoran el aislamiento acústico al crear una barrera más gruesa entre el hogar y el entorno exterior.
- Seguridad anti-rotura. Las ventanas de doble acristalamiento son más difíciles de romper que las ventanas de un solo cristal, por lo que aumentará la seguridad en casa. Esto es debido a que están sellados de forma más apretada que otro tipo de ventanas.
- Reducen los daños que el exceso de luz causa en los muebles. Ya que pueden reducir la cantidad de sol y calor que entra en la habitación. Esto ayuda a reducir el impacto sobre los muebles, pintura, alfombras, y otros objetos de la casa que expuestos a una luz natural fuerte corren el riesgo de resultar descoloridos.

Todas estas características de los diferentes tipos de acristalamientos se definen a través de los siguientes parámetros:

- Transmitancia térmica. Al igual que en los cerramientos, la mejor o peor calidad del aislamiento de la ventana se mide por el coeficiente de transmisión térmico. A mayor valor peor es el aislamiento.

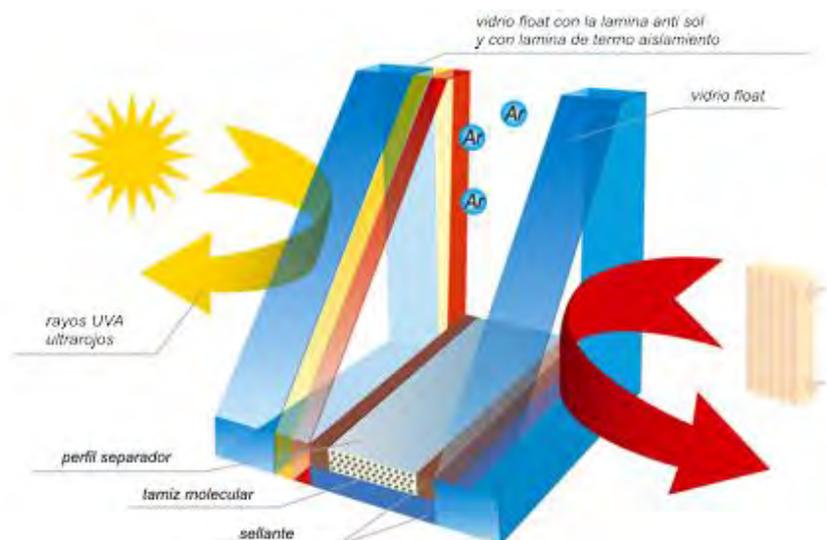


Figura VII. Detalle de un doble acristalamiento reforzado (Fuente: <http://www.artiindex.com/pvc/climalit.html>)

· Coeficiente de transmisión acústica. El coeficiente de transmisión acústico (DWA) mide en decibelios la calidad del aislamiento acústico. Cuanto más alto sea el índice mejor es el aislamiento ya que expresa la reducción de decibelios del exterior al interior de la vivienda.

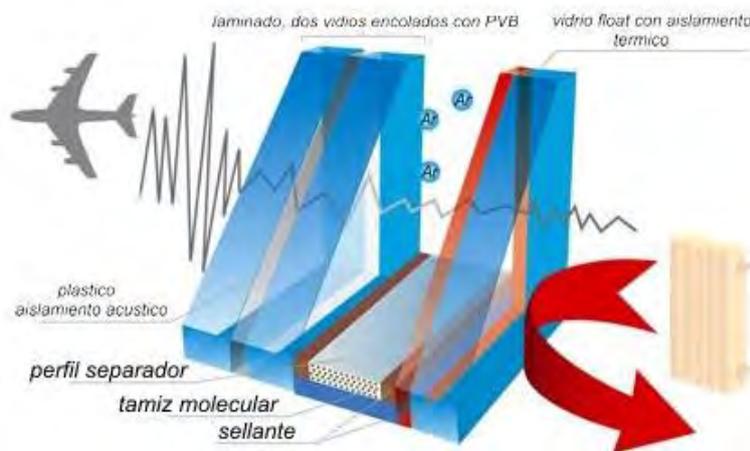


Figura VIII. Detalle de cómo un doble acristalamiento actúa contra los ruidos externos a la vez que mantiene el calor de la vivienda (<http://www.artiindex.com/pvc/climalit.html>)

· Permeabilidad del aire (hermeticidad). Define la cantidad de aire que pasa (por la fuerza del viento) a través de una ventana cerrada. Se mide en m^3/hm . Va de la clase 4 –mayor hermeticidad- a la clase 1. Un acristalamiento a mencionar en esta ocasión es el llamado Doble acristalamiento asimétrico en 10-6-4, 10-10-4, etc., en los cuales, el cristal exterior es el más grueso, para un mejor aislamiento acústico.

· Estanqueidad del agua. Mide la capacidad de la ventana cerrada de mantenerse estanca frente a la acción directa del agua sobre partes de la ventana no diseñadas para mojarse.

· Resistencia al viento. Este ensayo somete a la ventana a tres pruebas de presión para determinar la resistencia al deterioro por las cargas de viento. La resistencia a la carga de viento es especialmente importante en ventanas situadas a gran altura en fachadas expuestas a considerables presiones de viento. De menor resistencia a mayor va de C1 a C5.



· Persianas y contraventanas. Las persianas y contraventanas son elementos que mejoran el aislamiento frente a la radiación solar de manera que optimizan la climatización y minimizan el ruido. Pero estos elementos activos no son objeto de estudio.

Después de lo expuesto anteriormente y viendo el estado actual de los acristalamientos en el edificio del estudio, en el presente proyecto se han realizado dos mejoras para así analizar las mejoras que conlleva cada una de ellas.

En el primer caso se ha mejorado el doble cristal cambiándolo por un bajo emisivo y el marco se ha mejorado instalando un PVC con dos cámaras aislantes en vez de solamente una, esta es la mejora N°1.

La segunda mejora se ha optado por una ventana con doble acristalamiento, como en el caso anterior, pero esta vez con un espacio entre cristales mayor (4-12-4), además se ha escogido un marco de PVC con tres cámaras.

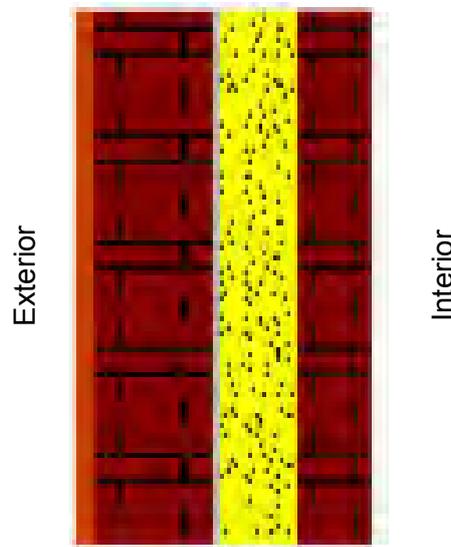
A continuación, se encuentra un cuadro resumen con las dos mejoras implantadas:

| MEJORA | GRUPO VIDRIO | VIDRIO | GRUPO MARCO | MARCO |
|------------|---------------------|-----------|-------------|----------------------|
| Mejora nº1 | Dobles bajo emisivo | 4 - 8 - 4 | PVC | PVC con dos cámaras |
| Mejora nº2 | Dobles bajo emisivo | 4-12-4 | PVC | PVC con tres cámaras |

Tabla XIX. Cuadro resumen con las mejoras en acristalamiento.

7.2.3 Mejora del aislamiento del muro exterior

Se ha mejorado el aislamiento del muro exterior que presentaba el edificio en su estado actual (ver 3.1 *Sistema envolvente*) quedando un cerramiento con las siguientes características:

· MURO EXTERIOR MEJORADO:

Composición del cerramiento:

| | |
|---|---------|
| 1 - Piedra pómez natural [d < 400] | 2 cm |
| 2 - 1/2 pie LM métrico o catalán 40 mm < G < 50 | 11.5 cm |
| 3 - Mortero de áridos ligeros [vermiculita perlita] | 1 cm |
| 4 – EPS Poliestireno Expandido [λ 0.0029 W/m·K] | 2 cm |
| 5 - XPS Expandido con hidrofluorcarbonos HFC [0.0025 W/m·K] | 6 cm |
| 6 - Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm] | 7 cm |
| 7 - Enlucido de yeso 1000 < d < 1300 | 2 cm |

Espesor total: 31.5 cm

Limitación de demanda energética U_s : 0.22 W/m²K

Mejora en la transmitancia térmica del cerramiento:

0.12 W/m²K



Como sucedía con el caso de los tabiques, se ha mejorado los muros exteriores (fachadas) a través de una capa de aislante: EPS Poliestireno Expandido, pero en esta ocasión con una transmitancia térmica de $0.0025 \text{ W/m}\cdot\text{K}$.

7.2.4 Sistema SATE

Como bien se ha mencionado, intervenir en la envolvente es uno de los pasos para disminuir la demanda energética. En este caso particular, la fachada juega un papel muy importante ya que ocupa un % importante de la envolvente térmica. Para aislar la fachada se considera la posibilidad de utilizar un SATE (Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior). Es un sistema que se encuentra disponible en varias casas comerciales y se compone de:

- Panel aislante prefabricado. Este panel puede ser de diferentes espesores y materiales, tales como poliestireno expandido, poliestireno extruido, lana de roca etc.
- Fijaciones que garanticen la unión del aislamiento al muro. Mediante portero cola y fijaciones mecánicas.
- Acabados. El acabado consiste en dos capas de mortero cola con una maya intermedia de fibra de vidrio. El acabado protege al aislamiento térmico. Como acabado final, se aplica una imprimación y un revestimiento continuo.

Este sistema presenta las siguientes ventajas:

- Aprovecha la capacidad de acumular calor que puedan tener las paredes de la fachada.
- No consume superficie útil.
- Elimina los puentes térmicos en fachadas.
- Elimina las condensaciones en el muro, pues permite que el edificio respire.
- Garantiza la estanqueidad de la fachada.
- Continuidad del aislamiento térmico.
- Rapidez de la ejecución de la obra.
- Intervención por el exterior, lo que no interrumpe la vida cotidiana de los propietarios de las viviendas.

Por la falta de una correcta definición dentro del HULC, ya que no se podría simular las fijaciones mecánicas, no se ha podido modelizar esta opción por lo que no se ha podido comprobarla.

7.3 MEDIDAS ACTIVAS

Las medidas activas que se pueden realizar en un edificio son aquellas que necesitan de una puesta en marcha o una acción por parte del usuario, como por ejemplo la calefacción, el aire acondicionado, las calderas, es decir, las instalaciones térmicas.

En el siguiente gráfico se muestra los consumos que provienen de las diferentes instalaciones de uso residencial.

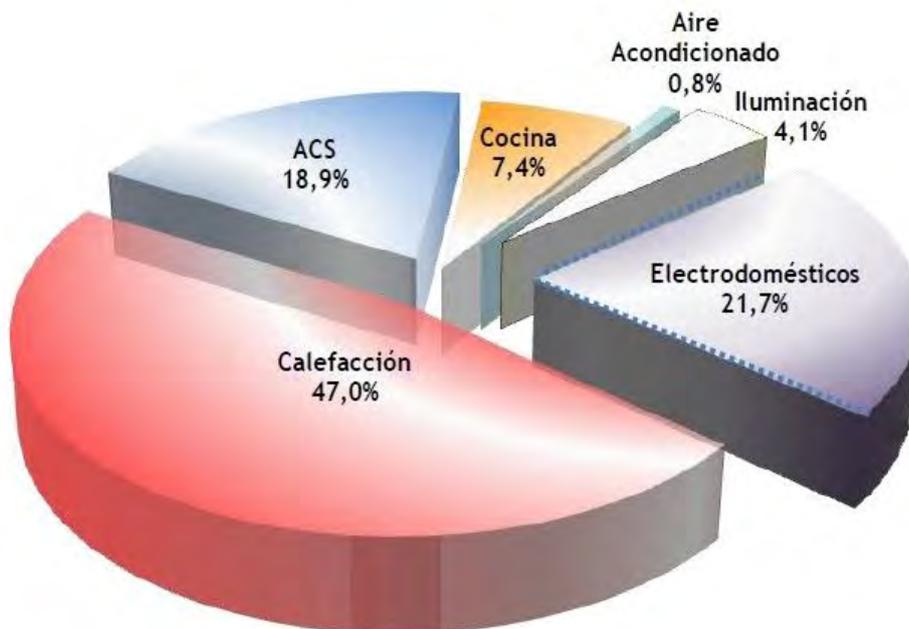


Figura IX. Servicios energéticos en edificios residenciales (Fuente: Portal web del Ayuntamiento de Madrid)

En dicho gráfico se pueden ver la importancia que tienen dentro del consumo energético en las viviendas. A continuación, se explicarán las posibles medidas activas que se podrán implementar a las viviendas para conseguir unas instalaciones más eficientes y reducir el consumo energético.



7.3.1 Instalación de ventilación mecánica con recuperador de calor

El bienestar de las personas depende de su salud y del confort que les proporciona el lugar donde realizan la mayor parte de su actividad. Para conseguir un confort adecuado, la calidad del aire en el ambiente interior debe ser alta. Por eso, una buena ventilación en las viviendas se convierte en algo indispensable.

Uno de los principios es el de conseguir un confort térmico, y para ello recomienda que en los meses de verano no se exceda del 10% de horas anuales con una temperatura superior a 25°.

La ventilación existente en esta vivienda, es natural. Esto consiste en el suministro y extracción de aire gracias a las aperturas del edificio, sin usar ningún tipo de ventilador o sistema mecánico. Esto puede ser la causa de un sobrecalentamiento dentro de la vivienda, así como un gasto extra de calefacción. La vivienda dispone de extractor en la cocina, el cual no se considerará en los cálculos.

La posibilidad de instalar una ventilación mecánica, significa instalar un conducto que extraiga el aire que proviene de las aperturas. Esta ventilación seguirá siendo insuficiente para evitar el sobrecalentamiento y el consumo excesivo de calefacción.

Por eso, una buena solución sería la instalación de un sistema de ventilación con recuperación de calor. Este sistema consiste en dos circuitos de ventilación, uno para el aire frío y otro para el aire caliente. Este caudal de aire pasará a través de lo que se llama un intercambiador de calor el cual permitirá que el aire exterior que entra frío se caliente gracias al calor transmitido por el aire caliente extraído del interior de la vivienda. Lo que da lugar a un suministro de aire limpio y caliente o bien limpio y frío para los meses de verano.

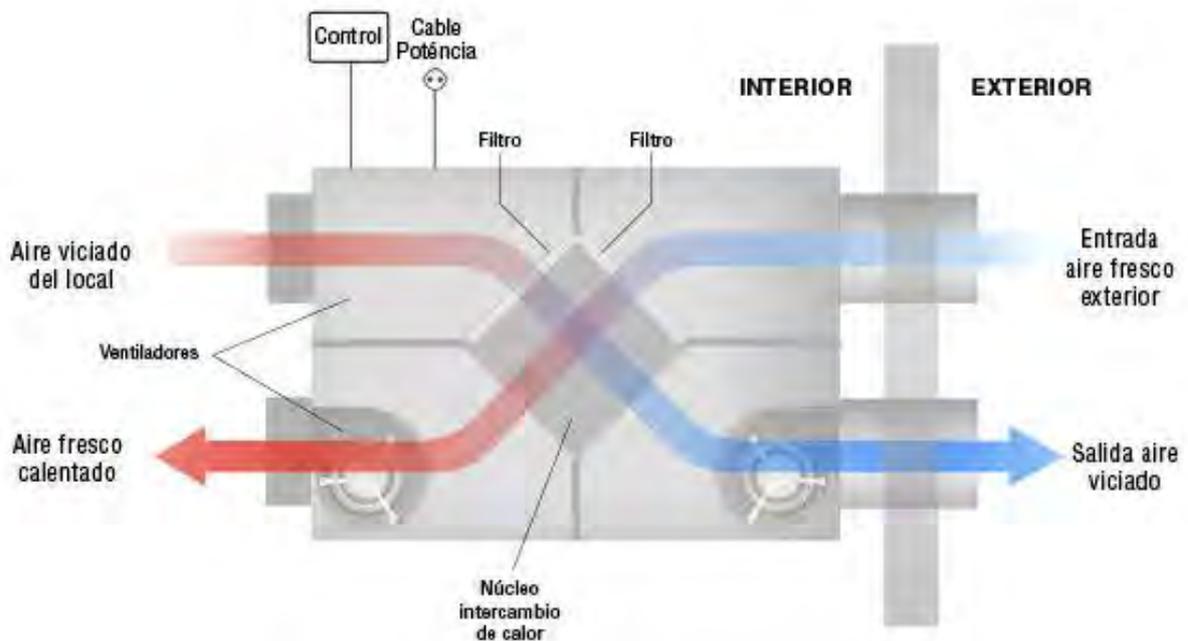


Figura X. Esquema de un recuperador de calor (www.recuperadoresdecalor.com)

Este sistema ayuda a ahorrar calefacción y aire acondicionado, además de mejorar la calidad de aire interior dando lugar al confort ambiental deseado. La buena ventilación también ayuda a reducir la humedad y por lo tanto prevenir las condensaciones.

Por eso mismo el CTE en su DB HS (Salubridad) establece unos caudales de ventilación mínimos exigidos dependiendo el uso de cada uno de los espacios dentro de cada uno de los edificios a estudiar.

7.3.2 Instalación de bomba de calor

El sistema actual que suministra calefacción y agua caliente a la vivienda es una caldera convencional de gas natural. De acuerdo con un reciente estudio hecho en SOLICLIMA energía solar, el uso de una bomba de calor de aire en vez de una caldera de gas puede llegar a ahorrar 1362€ al año, en una vivienda unifamiliar.

El uso de una caldera está asociado a los costes en gas natural, mientras que una bomba de calor solo produce gastos de electricidad. Los gastos de electricidad pueden ser solventados gracias a la instalación de paneles solares, que veremos más adelante. Teniendo esto en cuenta, y siguiendo "2012 Guidelines to Defra / DEGG'S GHG Conversion



Factors for Company Reporting" del gobierno del Reino Unido, el valor medio de gases de efecto invernadero que produce 1Kwh de electricidad es 0.54702 kgCO₂/kWh, mientras que el gas produce 0.204352 kgCO₂/kWh. A simple vista parece que la electricidad es menos contaminante, pero para descifrar esto, tenemos que hacernos la pregunta de, ¿cuantos kWh de electricidad son necesarios para producir un 1kWh de calor? Para responder a esta cuestión se necesita definir el concepto de COP.

COP (Coefficient of Performance): Es un valor sin dimensiones que muestra el comportamiento de una bomba de calor. El coeficiente se define como:

$$\frac{\text{Energía usada}}{\text{Energía pagada}} = \frac{\text{Energía calorífica (W)}}{\text{Energía eléctrica (W)}}$$

Cuanto mayor sea este valor, más eficiente será la bomba de calor, normalmente si el COP supera el 4, la bomba de calor se considera eficaz. Qué el COP sea 4, quiere decir que el sistema de calefacción recibe 4 veces más de la cantidad que es suministrada al compresor de la bomba de calor, por lo tanto, la energía que no pagamos será $\frac{3}{4}$ de la cantidad de calor suministrada.

Para concluir, 1 kWh de gas produce 0.204352 kgCO₂/kWh mientras que para obtener la misma cantidad de calor necesitaríamos 0.25 kWh de gas produce 0.135255 kgCO₂/kWh; si usamos una bomba de calor con COP 4.

7.3.2.1 Tipo de bomba de calor

Se puede definir una bomba de calor como una máquina térmica capaz de transferir calor de una fuente fría a otra más caliente. Su funcionamiento está basado en tres circuitos cerrados como muestra la imagen siguiente:

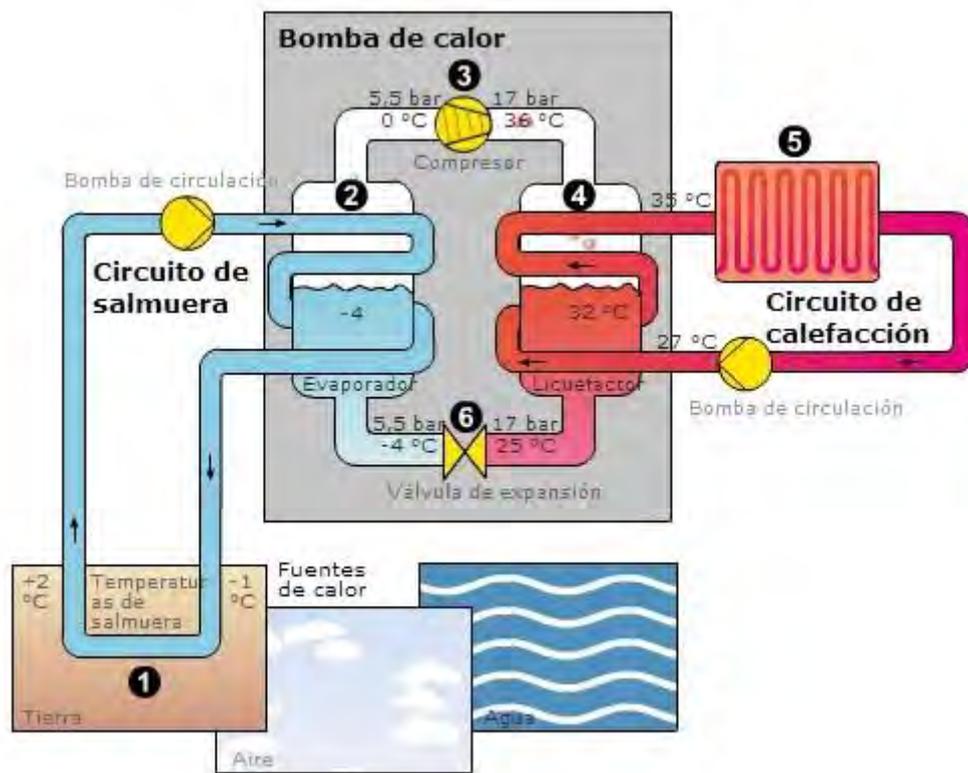


Figura XI. Esquema del funcionamiento de una bomba de calor. (Fuente: efitek.es)

Una bomba de calor está formada por 4 componentes que se conectan entre sí en un circuito cerrado por el que circula un fluido, llamado refrigerante.

- Evaporador: Intercambiador de calor, en él refrigerante, "líquido" a baja presión y temperatura, se evapora absorbiendo calor de un medio exterior más caliente (aire o agua)
- Compresor: Es el elemento que consume electricidad, ya que es el elemento que comprimiendo eleva la temperatura y la presión del refrigerante.
- Válvula de expansión: Aseguran la alimentación del evaporador en las condiciones de temperatura y presión apropiadas, de modo que se aproveche la totalidad del evaporador.
- Condensador: Intercambiador de calor en el que el refrigerante, vapor a alta presión y temperatura, se licua, liberando calor a un medio exterior más frío, aire o agua.



Para uso residencial y puesto que se necesita una bomba de calor que proporcione agua caliente sanitaria y calefacción, distinguimos dos tipos según su fuente de energía:

- De aire: Una bomba de calor de aire, utiliza y convierte el aire exterior en calor para el hogar, que puede ser usado tanto para calefacción como para agua caliente. La bomba de calor puede generar calor incluso a temperaturas exteriores de -20°C . El proceso es simple, efectivo y sostenible, por lo que es una solución buena para el medioambiente como para para nuestros bolsillos.

- Geotérmica: Son las que utilizan el calor procedente de la corteza terrestre, el cual calienta un líquido, no necesariamente agua, conocido con el nombre de "brine".

7.3.3 Instalación de paneles solares

Como complemento al gasto de electricidad que supondría la instalación de una bomba de calor o de una unidad de ventilación, se instalarán paneles solares fotovoltaicos en el tejado de la vivienda.

Los paneles fotovoltaicos capturan la energía del sol y usando células fotovoltaicas convierten la luz del sol en electricidad, incluso en días nublados.

Gracias a un inversor, esta electricidad usada será "vendida" a la compañía eléctrica con la que se tenga un contrato. La posibilidad de implantar una instalación fotovoltaica conectada a la red es posible mediante una interconexión eléctrica y una licencia urbanística. Por lo tanto, las dos primeras acciones que se debe realizar es la de solicitar un punto de conexión a la compañía eléctrica distribuidora de la zona y la licencia de obras al Ayuntamiento de Selaya. Posteriormente será necesario solicitar la autorización administrativa, así como la solicitud de inscripción provisoria en el Régimen Especial para una vez otorgadas, empezar a montar la instalación.



Por la tanto, estaríamos ante una vivienda unifamiliar con autoconsumo de tipo 2, definido en el RD 900/2015 que regula el suministro de energía eléctrica con autoconsumo y producción de autoconsumo.

El contrato establecido con la compañía eléctrica será de tipo de mercado libre, esto quiere decir que el valor del precio del kWh varía según el mercado, y cada mes será diferente.



8 CONCLUSIONES

El estudio que se ha desarrollado en este Trabajo Fin de Grado tenía como objetivo analizar las diversas formas de obtener un correcto aislamiento de los bloques de edificios de la urbanización Linares, aparte de la certificación energética que presenta actualmente, para finalmente evaluar la conveniencia o no acerca de un posible cambio en este sentido.

Dicha conclusión ya se ha mencionado y se llegó a la determinación de que si fuese necesario cumplir los requisitos que establece el CTE para los edificios de nueva edificación sería vital la reforma en térmicos energéticos de la vivienda. También sería una buena opción, si los habitantes de dichas viviendas buscasen un ahorro en sus facturas de calefacción mensuales o simplemente si buscan tener unas viviendas con una mejor certificación energética.

Esta reforma que se comenta sería muy importante energéticamente hablando ya que el edificio dista mucho de una calificación positiva, esto se debe a que el CTE está constantemente en desarrollo de su Documento Básico de Ahorro de energía y cada año se proponen aumentar las exigencias de cara a los edificios de nueva construcción, es más, como se ha comentado durante la elaboración de este proyecto, el CTE está preparando un cambio bastante revolucionario de su DB HE y una reestructuración entera del mismo. En esta situación se pueden encontrar edificios construidos hace diez años, como es el caso, que no están cumpliendo los requisitos mínimos que exige el CTE, casos en los que probablemente edificios con etiqueta A en el año 2008 actualmente no superan la D o incluso peor. Parte del trasfondo de esta reforma está motivado por el objetivo principal que persigue el CTE, y no es otro que el de hacer conciencia a todo el mundo de lo importante que es un edificio energéticamente eficiente y las consecuencias positivas que esto puede provocar. Un ejemplo claro es la imposición por parte de este organismo al uso obligatorio de ventanas con doble acristalamiento y unos valores de transmitancia máximos bastante reducidos.

Pero como nos encontramos ante un proyecto que abarcaría cuatro bloques de viviendas y que además se necesita modificar muchas partes de cada uno de los bloques (fachadas, ventanas, particiones verticales, etc.) para una buena calificación energética se ha llegado a la conclusión de que parte de las mejoras que se plantean aquí son inviables para su ejecución, aunque todas ellas aporten una mejora energética en los bloques de viviendas a estudio ya que supondría la realización de reformas importantes y con grandes cantidades de dinero. De esta forma queda patente que actualmente pocos edificios cumplirían los



Aparecen soluciones que aportan grandes mejoras respecto a la situación actual que presentan los bloques de viviendas, como es la instalación de un equipo de ventilación conjunto con recuperador de calor que desde luego es con diferencia la opción que mejores resultados aporta. También se aprecian soluciones medias, que mejoran bastante pero no tanto como el caso anterior, que es la mejora en el acristalamiento de las ventanas mejorando el doble acristalamiento añadiendo más espacio entre cristales o simplemente mejorando los marcos, pasando de unos marcos de PVC simples a unos marcos de PVC con triple cámara aislante.

Pese a todo lo nombrado anteriormente, también aparecen soluciones planteadas en este proyecto que no reflejan una mejora y que se deben descartar como una opción a analizar más a fondo para ver sus posibles consecuencias económicas, que son la mejora en el aislamiento del muro exterior de una de las fachadas, ya sea la Norte, Sur, Este y Oeste.

En este punto es cuestión de analizar las posibles soluciones y abordar una de ellas siempre y cuando la comunidad de vecinos este de acuerdo, aunque como ya se acaba de comentar resultan unas soluciones inviables ya que se está hablando de reformar por completo todos los edificios de arriba hasta abajo.

Finalmente, añadir que el siguiente paso a este estudio sería un análisis presupuestal de las mejoras explicadas anteriormente para poder llegar a una respuesta que se pueda fundamentar con datos económicos y así poder llegar a la mejor solución basándonos en el impacto térmico y económico de la posible actuación.



9 BIBLIOGRAFÍA

- Código técnico de la edificación, <http://www.codigotecnico.org/>
 - Fecha de acceso: 18/12/2016
- Documento Básico de Ahorro de Energía (DB HE)
- Documento Básico de Salubridad (DB HS)
- Eco-lógicos, www.eco-logicos.es
 - Fecha de acceso: 15/12/2016
- Hablemos de aluminio, www.hablemosdealuminio.com
 - Fecha de acceso: 28/01/2016
- Instituto de Innovación de Arquitectura Eficiente, <https://www.inarqe.es/>
 - Fecha de acceso: 22/01/2016
- Teoría sobre ventanas,
http://www.leroymerlin.es/productos/puertas_ventanas_y_escaleras/ventanas/ventanas_con_medida_estandar/como-elegir-ventanas.html
 - Fecha de acceso: 05/02/2017
- Mapas de Cantabria, <http://mapas.cantabria.es/>
 - Fecha de acceso: 12/01/2017
- Recuperadores de calor, www.recuperadoresdecalor.com
 - Fecha de acceso: 18/01/2017
- Solo Arquitectura: <https://www.soloarquitectura.com/>
 - Fecha de acceso: 23/01/2017



· Visualizador de resultados de la herramienta LIDER - CALENER

Autor: REDONDO RIVERA, OSCAR.

Disponible en: <http://www.oscarredondorivera.weebly.com>



APÉNDICE I: TERMINOLOGÍA



Terminología tomada del DB HE para una mejor comprensión del presente proyecto.

- **Absortividad (α):** fracción de la radiación solar incidente a una superficie que es absorbida por la misma. La absortividad va de 0,0 (0%) hasta 1,0 (100%).
- **Adiabático:** ver Cerramiento adiabático.
- **Calificación energética:** letra que indica la clase de eficiencia energética para un indicador determinado (por ejemplo, consumo energético). La escala de calificación energética se construye en base al valor del indicador para el edificio de referencia, el valor del indicador para el edificio objeto y la dispersión del indicador para la población de referencia. En edificios nuevos la escala comprende, en orden de mayor a menor eficiencia, las calificaciones o clases A, B, C, D y E, extendiéndose hasta las calificaciones F y G para edificios existentes.
- **Carga interna:** conjunto de solicitudes generadas en el interior del edificio, debidas, fundamentalmente, a los aportes de energía de los ocupantes, los equipos eléctricos y la iluminación.
- **Cerramiento:** elemento constructivo del edificio que lo separa del exterior, ya sea aire, terreno u otros edificios. Comprende las cubiertas, suelos, huecos, muros y medianeras. En la intervención en edificios existentes, cuando un elemento de cerramiento separe una zona ampliada respecto a otra existente, se considerará perteneciente a la zona ampliada
- **Cerramiento adiabático:** cerramiento a través del cual se considera que no se produce intercambio de calor.
- **Clima de referencia:** clima normalizado que define los parámetros climáticos (temperatura, radiación solar...) representativos de una zona climática concreta para el cálculo de la demanda. Permite estandarizar las solicitudes exteriores.
- **Condiciones operacionales:** conjunto de temperaturas de consigna y distribución horaria de las cargas internas definidas para cada perfil de uso.
- **Consumo energético:** es la energía necesaria para satisfacer la demanda energética de los servicios de calefacción, refrigeración, ACS y, en edificios de uso distinto al residencial privado, de iluminación, del edificio, teniendo en cuenta la eficiencia de los sistemas empleados. En el contexto de este documento, se expresa en términos de energía primaria y en unidades kW·h/m²·año, considerada la superficie útil de Los espacios habitables del edificio.
- **Cubierta:** cerramiento en contacto con el aire exterior en su cara superior cuya inclinación sea inferior a 60° respecto a la horizontal.



· **Demanda energética:** energía útil necesaria que tendrían que proporcionar los sistemas técnicos para mantener en el interior del edificio unas condiciones definidas reglamentariamente. Se puede dividir en demanda energética de calefacción, de refrigeración, de agua caliente sanitaria (ACS) y de iluminación, y se expresa en $\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2\cdot\text{año}$, considerada la superficie útil de los espacios habitables del edificio.

A los efectos del cálculo de los indicadores anteriores relacionados con la demanda y consumo energético, se considera que la inclusión de la superficie ocupada por la tabiquería interior es una simplificación aceptable en el cómputo de la superficie útil de los espacios habitables.

· **Demanda energética del edificio de referencia:** demanda energética obtenida para el edificio de referencia. Puede obtenerse para la demanda energética de calefacción, de refrigeración, conjunta (de calefacción y refrigeración) o global (que incluye la demanda de calefacción, refrigeración, ACS e iluminación). Se expresa en $\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2\cdot\text{año}$, considerada la superficie útil de los espacios habitables del edificio.

· **Demanda energética conjunta (de calefacción y refrigeración):** demanda energética obtenida como suma ponderada de la demanda energética de calefacción (D_C) y la demanda energética de refrigeración (D_R). Se expresa en $\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2\cdot\text{año}$, considerada la superficie útil de los espacios habitables del edificio.

· **Densidad de las fuentes internas:** promedio horario de la carga térmica total debida a las fuentes internas, repercutida sobre la superficie útil.

· **Edificio de referencia:** edificio obtenido a partir del edificio objeto que se define con su misma forma, tamaño, orientación, zonificación interior, uso de cada espacio, e iguales obstáculos, y unas soluciones constructivas con parámetros característicos iguales a los establecidos en el Apéndice D.

· **Edificio objeto:** edificio tal cual ha sido proyectado en geometría (forma, tamaño y orientación), construcción y condiciones de uso, del que se quiere verificar el cumplimiento de la reglamentación.

· **Envoltente (térmica):** La envoltente térmica del edificio está compuesta por todos los cerramientos que delimitan los espacios habitables con el aire exterior, el terreno u otro edificio, y por todas las particiones interiores que delimitan los espacios habitables con espacios no habitables en contacto con el ambiente exterior.



- **Energía final:** energía tal y como se utiliza en los puntos de consumo. Es la que compran los consumidores, en forma de electricidad, carburantes u otros combustibles usados de forma directa.
- **Energía primaria:** energía suministrada al edificio procedente de fuentes renovables y no renovables, que no ha sufrido ningún proceso previo de conversión o transformación. Es la energía contenida en los combustibles y otras fuentes de energía e incluye la energía necesaria para generar la energía final consumida, incluyendo las pérdidas por su transporte hasta el edificio, almacenamiento, etc.

$$\text{Energía primaria} = \text{Energía final} + \text{Pérdidas en transformación} + \text{Pérdidas en transporte}$$

- **Energía procedente de fuentes renovables:** energía procedente de fuentes renovables no fósiles, es decir, energía eólica, solar, aerotérmica, geotérmica, hidrotérmica y oceánica, hidráulica, biomasa, gases de vertedero, gases de plantas de depuración y biogás.
- **Espacio habitable:** espacio formado por uno o varios recintos habitables contiguos con el mismo uso y condiciones térmicas equivalentes agrupados a efectos de cálculo de la demanda energética.

En función de su densidad de las fuentes internas, los espacios habitables se clasifican en espacios habitables de muy alta, alta, media o baja carga interna.

En función de la disponibilidad de sistemas de calefacción y/o refrigeración, los espacios habitables se clasifican en acondicionados o no acondicionados.

- **Recinto habitable:** recinto interior destinado al uso de personas cuya densidad de ocupación y tiempo de estancia exigen unas condiciones acústicas, térmicas y de salubridad adecuadas. Se consideran recintos habitables los siguientes:

- a) habitaciones y estancias (dormitorios, comedores, bibliotecas, salones, etc.) en edificios residenciales;
- b) aulas, bibliotecas, despachos, en edificios de uso docente;
- c) quirófanos, habitaciones, salas de espera, en edificios de uso sanitario;
- d) oficinas, despachos; salas de reunión, en edificios de uso administrativo;
- e) cocinas, baños, aseos, pasillos y distribuidores, en edificios de cualquier uso;
- f) zonas comunes de circulación en el interior de los edificios;
- g) cualquier otro con un uso asimilable a los anteriores.

- **Recinto no habitable:** recinto interior no destinado al uso permanente de personas o cuya ocupación, por ser ocasional o excepcional y por ser bajo el tiempo de estancia, sólo exige unas condiciones de salubridad adecuadas. En esta categoría se incluyen explícitamente como no habitables los garajes, trasteros, las cámaras técnicas y desvanes no acondicionados, y sus zonas comunes.
- **Fachada:** cerramiento en contacto con el aire exterior cuya inclinación es superior a 60° respecto a la horizontal. La orientación de una fachada se caracteriza mediante el ángulo α que es el formado por el norte geográfico y la normal exterior de la fachada, medido en sentido horario. Se distinguen 8 orientaciones según los sectores angulares contenidos en la figura A.1.

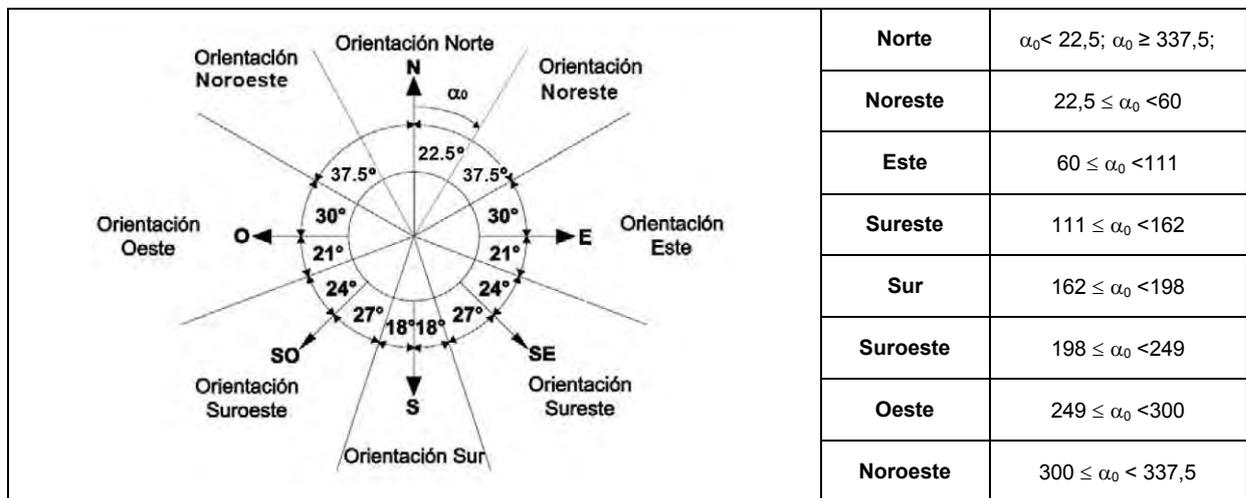


Figura A.1. Orientaciones de las Fachadas

- **Factor de sombra (F_s):** fracción de la radiación incidente en un hueco que no es bloqueada por la presencia de obstáculos de fachada, tales como: retranqueos, voladizos, toldos, salientes laterales u otros.
- **Factor solar (g_{\perp}):** cociente entre la radiación solar a incidencia normal que se introduce en el edificio a través del acristalamiento y la que se introduciría si el acristalamiento se sustituyese por un hueco perfectamente transparente. Se refiere exclusivamente a la parte semitransparente de un hueco.
- **Factor solar modificado (F):** fracción de la radiación incidente en un hueco que no es bloqueada por el efecto de obstáculos de fachada y las partes opacas del hueco. Se calcula a partir del factor de sombra del hueco (F_s), el factor solar de la parte semitransparente del



hueco (g_{\perp}), la absorptividad de la parte opaca (α) (normalmente el marco), su transmitancia térmica (U_m), y la fracción de la parte opaca (F_M), según la siguiente expresión:

$$F = F_S \cdot [(1 - F_M) \cdot g_{\perp} + F_M \cdot 0,04 \cdot U_m \cdot \alpha]$$

- **Hueco:** cualquier elemento transparente o semitransparente de la envolvente del edificio. Comprende las ventanas, lucernarios y claraboyas, así como las puertas acristaladas con una superficie semitransparente superior al 50%.
- **Lucernario:** cualquier hueco situado en una cubierta, por tanto su inclinación será menor de 60° respecto a la horizontal.
- **Masa térmica:** capacidad de los materiales de absorber y almacenar calor. Depende de la densidad del material, de su calor específico y su conductividad.
- **Material:** parte de un producto sin considerar su modo de entrega, forma y dimensiones, sin ningún revestimiento o recubrimiento.
- **Medianería:** cerramiento que linda con otro edificio ya construido o que se construya a la vez y que conforme una división común. Si el edificio se construye con posterioridad el cerramiento se considerará, a efectos térmicos, una fachada.
- **Muro parietodinámico:** cerramiento que aprovecha la energía solar para el precalentamiento del aire exterior de ventilación. Generalmente está formado por una hoja interior de fábrica, una cámara de aire y una hoja exterior acristalada o metálica que absorbe la radiación solar. La circulación del aire puede ser natural (termosifón) o forzada.
- **Muro Trombe:** cerramiento que aprovecha la energía solar para el calentamiento por recirculación del aire interior del edificio. Generalmente está formado por una hoja interior de fábrica, una cámara de aire y un acristalamiento exterior. La circulación del aire puede ser natural (termosifón) o forzada. También se denomina muro solar ventilado.
- **Parámetro característico:** magnitud que se suministra como dato de entrada a un procedimiento de cumplimentación.
- **Partición interior:** elemento constructivo del edificio que divide su interior en recintos independientes. Pueden ser verticales u horizontales. En la intervención en edificios existentes, cuando un elemento de cerramiento separe una zona ampliada respecto a otra existente, se considerará perteneciente a la zona ampliada.
- **Perfil de uso:** descripción hora a hora, para un año tipo, de las cargas internas (carga sensible por ocupación, carga latente por ocupación, equipos, iluminación y ventilación) y temperaturas de consigna (alta y baja) de un espacio habitable. Está determinado por el uso del espacio habitable, su nivel de cargas internas y su periodo de utilización.



- **Periodo de utilización:** tiempo característico de utilización de un espacio habitable o del edificio. A efectos de la definición de perfiles de uso se establecen periodos de utilización tipo de 8h, 12h, 16h y 24h. Para edificios de uso residencial privado se establece un periodo de utilización de 24h.
- **Permeabilidad al aire:** propiedad de una ventana o puerta de dejar pasar el aire cuando se encuentra sometida a una presión diferencial. La permeabilidad al aire se caracteriza por la capacidad de paso del aire, expresada en m^3/h , en función de la diferencia de presiones.
- **Transmitancia térmica:** flujo de calor, en régimen estacionario, para un área y diferencia de temperaturas unitarias de los medios situados a cada lado del elemento que se considera.
- **Transmitancia térmica lineal:** flujo de calor, en régimen estacionario, para una longitud y diferencia de temperaturas unitarias de los medios situados a cada lado del puente térmico que se considera.
- **Zona climática:** zona para la que se definen unas sollicitaciones exteriores comunes a efectos de cálculo de la demanda energética. Se identifica mediante una letra, correspondiente a la severidad climática de invierno, y un número, correspondiente a la severidad climática de verano.



APÉNDICE II: TABLAS ZONAS CLIMÁTICAS



Tabla B.1.- Zonas climáticas de la Península Ibérica

| Zonas climáticas Península Ibérica | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|------|---------|---------|----|----|----|---------|---------|----|----|----------|----------|---------|---------|----------|----------|----------|-----------|
| Capital | Z.C. | Altitud | A4 | A3 | A2 | A1 | B4 | B3 | B2 | B1 | C4 | C3 | C2 | C1 | D3 | D2 | D1 | E1 |
| Albacete | D3 | 677 | | | | | | | | | | h < 450 | | | h < 950 | | | h >= 950 |
| Alicante/Alacant | B4 | 7 | | | | | h < 250 | | | | | h < 700 | | | h >= 700 | | | |
| Almería | A4 | 0 | h < 100 | | | | h < 250 | h < 400 | | | | h < 800 | | | h >= 800 | | | |
| Ávila | E1 | 1054 | | | | | | | | | | | | | | h < 550 | h < 850 | h >= 850 |
| Badajoz | C4 | 168 | | | | | | | | | h < 400 | h < 450 | | | h >= 450 | | | |
| Barcelona | C2 | 1 | | | | | | | | | | | h < 250 | | | h < 450 | h < 750 | h >= 750 |
| Bilbao/Bilbo | C1 | 214 | | | | | | | | | | | | h < 250 | | | | h >= 250 |
| Burgos | E1 | 861 | | | | | | | | | | | | | | | | h >= 600 |
| Cáceres | C4 | 385 | | | | | | | | | h < 600 | | | | h < 1050 | | | h >= 1050 |
| Cádiz | A3 | 0 | h < 150 | | | | | h < 450 | | | | h < 600 | h < 850 | | | h >= 850 | | |
| Castellón/Castelló | B3 | 18 | | | | | | h < 50 | | | | h < 500 | | | h < 600 | h < 1000 | | h >= 1000 |
| Ceuta | B3 | 0 | | | | | | h < 50 | | | | | | | | | | h >= 1000 |
| Ciudad Real | D3 | 630 | | | | | | | | | h < 450 | h < 500 | | | h >= 500 | | | |
| Córdoba | B4 | 113 | | | | | h < 150 | | | | h < 550 | | | | h >= 550 | | | |
| Coruña, La/ A Coruña | C1 | 0 | | | | | | | | | | | | h < 200 | | | h >= 200 | |
| Cuenca | D2 | 975 | | | | | | | | | | | | | h < 800 | h < 1050 | | h >= 1050 |
| Gerona/Girona | D2 | 143 | | | | | | | | | | | h < 100 | | h < 600 | | | h >= 600 |
| Granada | C3 | 754 | h < 50 | | | | h < 350 | | | | h < 600 | h < 800 | | | h < 1300 | | | h >= 1300 |
| Guadalajara | D3 | 708 | | | | | | | | | | | | | h < 950 | h < 1000 | | h >= 1000 |
| Huelva | A4 | 50 | h < 50 | | | | h < 150 | h < 350 | | | | h < 800 | | | h < 800 | | | |
| Huesca | D2 | 432 | | | | | | | | | h < 200 | | | | h < 400 | h < 700 | | h >= 700 |
| Jaén | C4 | 436 | | | | | h < 350 | | | | h < 750 | | | | h < 1250 | | | h >= 1250 |
| León | E1 | 346 | | | | | | | | | | | | | | | | h >= 1250 |
| Lérida/Leida | D3 | 131 | | | | | | | | | | h < 100 | | | h < 600 | | | h >= 600 |
| Logroño | D2 | 379 | | | | | | | | | | | h < 200 | | | h < 700 | | h >= 700 |
| Lugo | D1 | 412 | | | | | | | | | | | | | | | h < 500 | h >= 500 |
| Madrid | D3 | 589 | | | | | | | | | | h < 500 | | | h < 950 | h < 1000 | | h >= 1000 |
| Málaga | A3 | 0 | | | | | | h < 300 | | | | h < 700 | | | h >= 700 | | | |
| Melilla | A3 | 130 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Murcia | B3 | 25 | | | | | h < 100 | | | | | h < 550 | | | h >= 550 | | | |
| Orense/Ourense | D2 | 327 | | | | | | | | | | h < 150 | h < 300 | | | h < 800 | | h >= 800 |
| Oviedo | D1 | 214 | | | | | | | | | | | h < 50 | | | | h < 550 | h >= 550 |
| Palencia | D1 | 722 | | | | | | | | | | | | | | | h < 800 | h >= 800 |
| Palma de Mallorca | B3 | 1 | | | | | | h < 250 | | | | h >= 250 | | | | | | |
| Pamplona/Iruña | D1 | 456 | | | | | | | | | | | h < 100 | | | h < 300 | h < 600 | h >= 600 |
| Pontevedra | C1 | 77 | | | | | | | | | | | | h < 350 | | | h >= 350 | |
| Salamanca | D2 | 770 | | | | | | | | | | | | | | h < 800 | | h >= 800 |
| San Sebastián/Donostia | D1 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | h < 400 | h >= 400 |
| Santander | C1 | 1 | | | | | | | | | | | | h < 150 | | | h < 650 | h >= 650 |
| Segovia | D2 | 1013 | | | | | | | | | | | | | | h < 1000 | | h >= 1000 |
| Sevilla | B4 | 9 | | | | | h < 200 | | | | h >= 200 | | | | | | | |
| Soria | E1 | 984 | | | | | | | | | | | | | | h < 750 | h < 800 | h >= 800 |
| Taragona | B3 | 1 | | | | | | h < 50 | | | | h < 500 | | | h >= 500 | | | |
| Teruel | D2 | 995 | | | | | | | | | | h < 450 | h < 500 | | | h < 1000 | | h >= 1000 |
| Toledo | C4 | 445 | | | | | | | | | h < 500 | | | | h >= 500 | | | |
| Valencia/València | B3 | 8 | | | | | | h < 50 | | | | h < 300 | | | h < 950 | | | h >= 950 |
| Valladolid | D2 | 704 | | | | | | | | | | | | | h < 800 | | | h >= 800 |
| Vitoria/Gasteiz | D1 | 512 | | | | | | | | | | | | | | | h < 500 | h >= 500 |
| Zamora | D2 | 617 | | | | | | | | | | | | | | h < 800 | | h >= 800 |
| Zaragoza | D3 | 207 | | | | | | | | | | h < 200 | | | h < 650 | | | h >= 650 |

Tabla B.2.- Zonas climáticas de las Islas Canarias

| Zonas climáticas Canarias | | | | | | |
|-----------------------------|------|---------|---------|---------|----------|-----------|
| Capital | Z.C. | Altitud | A3 | A2 | B2 | C2 |
| Palmas de Gran Canaria, Las | A3 | 114 | h < 350 | h < 750 | h < 1000 | h >= 1000 |
| Santa Cruz de Tenerife | A3 | 0 | h < 350 | h < 750 | h < 1000 | h >= 1000 |



APÉNDICE III: VERIFICACIÓN ENERGÉTICA POR LA HULC

VERIFICACIÓN DE REQUISITOS DE CTE-HE0 Y HE1

Nueva construcción o ampliación, en uso residencial privado

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE VERIFICA:

| | | | |
|---|-------------------------------|--------------------|-------------|
| Nombre del edificio | Estudio Energético "Linares" | | |
| Dirección | C/La Prosperidad -7 - - - - - | | |
| Municipio | selaya | Código Postal | 39696 |
| Provincia | Cantabria | Comunidad Autónoma | Cantabria |
| Zona climática | D1 | Año construcción | 2006 - 2013 |
| Normativa vigente (construcción / rehabilitación) | CTE HE 2006 | | |
| Referencia/s catastral/es | 4556614VN3845N | | |

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

| | |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Edificio de nueva construcción | <input type="checkbox"/> Edificio Existente |
| <input checked="" type="checkbox"/> Vivienda <input type="checkbox"/> Unifamiliar <input checked="" type="checkbox"/> Bloque <input checked="" type="checkbox"/> Bloque completo <input type="checkbox"/> Vivienda individual | <input type="checkbox"/> Terciario <input type="checkbox"/> Edificio completo <input type="checkbox"/> Local |

DATOS DEL TÉCNICO VERIFICADOR:

| | | | |
|--|---|--------------------|-----------|
| Nombre y Apellidos | Jonathan España Herrero | NIF/NIE | - |
| Razón social | Estudiante | NIF | - |
| Domicilio | La Campera -5 - 5 - 1 Dcha | | |
| Municipio | selaya | Código Postal | 39696 |
| Provincia | Cantabria | Comunidad Autónoma | Cantabria |
| e-mail: | jeh68@alumnos.unican.es | Teléfono | - |
| Titulación habilitante según normativa vigente | - | | |
| Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión: | HU CTE-HE y CEE Versión 1.0.1558.1124, de fecha 17-dic-2016 | | |

Demandas energéticas de calefacción y de refrigeración*

| | | | | | | |
|-----------|------------------------------------|------------------------|---------------|------------------------------------|------------------------|--|
| D_{cal} | <input type="text" value="63.26"/> | kWh/m ² año | $D_{cal,lim}$ | <input type="text" value="28.77"/> | kWh/m ² año | <input type="text" value="No cumple"/> |
| D_{ref} | <input type="text" value="0.48"/> | kWh/m ² año | $D_{ref,lim}$ | <input type="text" value="15.00"/> | kWh/m ² año | <input type="text" value="Sí cumple"/> |

Consumo de energía primaria no renovable*

| | | | | | | |
|----------|------------------------------------|------------------------|--------------|------------------------------------|------------------------|--|
| C_{ep} | <input type="text" value="91.35"/> | kWh/m ² año | $C_{ep,lim}$ | <input type="text" value="62.65"/> | kWh/m ² año | <input type="text" value="No cumple"/> |
|----------|------------------------------------|------------------------|--------------|------------------------------------|------------------------|--|

| | |
|---------------|---|
| D_{cal} | Demanda energética de calefacción del edificio objeto |
| D_{ref} | Demanda energética de refrigeración del edificio objeto |
| $D_{cal,lim}$ | Valor límite para la demanda energética de calefacción según el apartado 2.2.1.1.1 de la sección HE1 |
| $D_{ref,lim}$ | Valor límite para la demanda energética de refrigeración según el apartado 2.2.1.1.1. de la sección HE1 |
| C_{ep} | Consumo de energía primaria no renovable del edificio objeto |
| $C_{ep,lim}$ | Valor límite para el consumo de energía primaria no renovable según el apartado 2.2.1 de la sección HE0 |

*Esta aplicación únicamente permite, para el caso expuesto, la comprobación de las exigencias del apartado 2.2.1.1.1 de la sección DB-HE1 y del apartado 2.2.1 de la sección DB-HE0. Se recuerda que otras exigencias de las secciones DB-HE0 y DB-HE1 que resulten de aplicación deben asimismo verificarse, así como el resto de las secciones del DB-HE

El técnico abajo firmante certifica que ha realizado la verificación del edificio o de la parte que se verifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha 28/01/2017

Firma del técnico verificador

Anexo I. Descripción de las características energéticas del edificio.

Registro del Organo Territorial Competente:

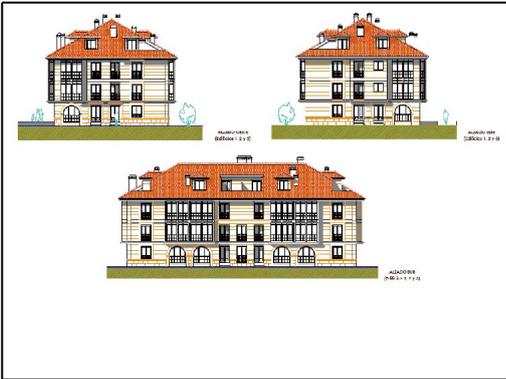
ANEXO I

DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

| | |
|--|---------|
| Superficie habitable (m ²) | 1131.77 |
|--|---------|

| Imagen del edificio | Plano de situación |
|---|--|
|  |  |

2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

| Nombre | Tipo | Superficie (m ²) | Transmitancia (W/m ² K) | Modo de obtención |
|------------------------|----------|------------------------------|------------------------------------|-------------------|
| FORJADO_GARAJES | Suelo | 1083.00 | 0.56 | Usuario |
| FORJADO_PISO | Suelo | 63.23 | 1.20 | Usuario |
| CUBIERTA | Cubierta | 463.01 | 0.54 | Usuario |
| CUBIERTA | Cubierta | 59.78 | 0.54 | Usuario |
| CUBIERTA | Fachada | 18.40 | 0.54 | Usuario |
| CUBIERTA | Suelo | 238.59 | 0.54 | Usuario |
| CERRAMIENTO_D-3 | Fachada | 226.92 | 0.27 | Usuario |
| CERRAMIENTO_D-3 | Fachada | 156.77 | 0.27 | Usuario |
| CERRAMIENTO_D-3 | Fachada | 239.61 | 0.27 | Usuario |
| CERRAMIENTO_D-3 | Fachada | 165.30 | 0.27 | Usuario |
| CERRAMIENTO_GARAJES | Suelo | 87.60 | 0.73 | Usuario |
| CERRAMIENTO_GARAJES | Suelo | 100.80 | 0.73 | Usuario |
| CERRAMIENTO_GARAJES | Suelo | 87.60 | 0.73 | Usuario |
| CERRAMIENTO_GARAJES | Suelo | 114.30 | 0.73 | Usuario |
| TABIQUES | Fachada | 109.68 | 0.74 | Usuario |
| TABIQUES | Suelo | 10.80 | 0.74 | Usuario |
| TABIQUES | Fachada | 8.98 | 0.74 | Usuario |
| TABIQUES | Suelo | 10.80 | 0.74 | Usuario |
| TABIQUES | Fachada | 48.44 | 0.74 | Usuario |
| TABIQUES | Suelo | 10.80 | 0.74 | Usuario |
| TABIQUES | Fachada | 6.02 | 0.74 | Usuario |
| TABIQUES | Suelo | 10.80 | 0.74 | Usuario |
| FORJADO_PISO_VIVIENDAS | Suelo | 348.15 | 1.14 | Usuario |
| FORJADO_PISO_VIVIENDAS | Fachada | 20.46 | 1.14 | Usuario |

Huecos y lucernarios

| Nombre | Tipo | Superficie (m ²) | Transmitancia (W/m ² K) | Factor Solar | Modo de obtención transmitancia | Modo de obtención factor solar |
|------------------------|-------|------------------------------|------------------------------------|--------------|---------------------------------|--------------------------------|
| VIDRIO_SIMPLE_CON_ROTU | Hueco | 40.08 | 5.26 | 0.77 | Usuario | Usuario |
| VIDRIO_SIMPLE_CON_ROTU | Hueco | 41.34 | 5.26 | 0.77 | Usuario | Usuario |
| VIDRIO_SIMPLE_CON_ROTU | Hueco | 45.79 | 5.26 | 0.77 | Usuario | Usuario |
| VIDRIO_SIMPLE_CON_ROTU | Hueco | 25.35 | 5.26 | 0.77 | Usuario | Usuario |
| PUERTA_MADERA | Hueco | 10.20 | 2.21 | 0.07 | Usuario | Usuario |
| PUERTA_MADERA | Hueco | 5.30 | 2.21 | 0.07 | Usuario | Usuario |
| PUERTA_MADERA | Hueco | 14.40 | 2.21 | 0.07 | Usuario | Usuario |
| PUERTA_MADERA | Hueco | 3.60 | 2.21 | 0.07 | Usuario | Usuario |
| PUERTA_GARAJE | Hueco | 1.70 | 4.02 | 0.12 | Usuario | Usuario |

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

| Nombre | Tipo | Potencia nominal (kW) | Rendimiento Estacional (%) | Tipo de Energía | Modo de obtención |
|------------------------------|---|-----------------------|----------------------------|-----------------|-------------------|
| Caldera_Convencional_Defecto | Caldera eléctrica o de combustible | 27.00 | 98.00 | GasNatural | Usuario |
| Sistema de sustitución | Sistema de rendimiento estacional constante | - | 98.00 | GasNatural | PorDefecto |

Generadores de refrigeración

| Nombre | Tipo | Potencia Nominal (kW) | Rendimiento Estacional (%) | Tipo energía | Modo de obtención |
|------------------------|---|-----------------------|----------------------------|------------------------|-------------------|
| Sistema de sustitución | Sistema de rendimiento estacional constante | - | 200.00 | ElectricidadPeninsular | PorDefecto |

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

| Nombre | Tipo | Potencia Nominal (kW) | Rendimiento Estacional (%) | Tipo energía | Modo de obtención |
|------------------------------|------------------------------------|-----------------------|----------------------------|--------------|-------------------|
| Caldera_Convencional_Defecto | Caldera eléctrica o de combustible | 27.00 | 85.00 | GasNatural | Usuario |



APÉNDICE IV: CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA POR LA HULC

CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

| | | | |
|---|-------------------------------|--------------------|-------------|
| Nombre del edificio | Estudio Energético "Linares" | | |
| Dirección | C/La Prosperidad -7 - - - - - | | |
| Municipio | selaya | Código Postal | 39696 |
| Provincia | Cantabria | Comunidad Autónoma | Cantabria |
| Zona climática | D1 | Año construcción | 2006 - 2013 |
| Normativa vigente (construcción / rehabilitación) | CTE HE 2006 | | |
| Referencia/s catastral/es | 4556614VN3845N | | |

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

| | |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Edificio de nueva construcción | <input type="checkbox"/> Edificio Existente |
| <input checked="" type="checkbox"/> Vivienda <input type="checkbox"/> Unifamiliar <input checked="" type="checkbox"/> Bloque <input checked="" type="checkbox"/> Bloque completo <input type="checkbox"/> Vivienda individual | <input type="checkbox"/> Terciario <input type="checkbox"/> Edificio completo <input type="checkbox"/> Local |

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

| | | | |
|--|---|--------------------|-----------|
| Nombre y Apellidos | Jonathan España Herrero | NIF/NIE | - |
| Razón social | Estudiante | NIF | - |
| Domicilio | La Campera -5 - 5 - 1 Dcha | | |
| Municipio | selaya | Código Postal | 39696 |
| Provincia | Cantabria | Comunidad Autónoma | Cantabria |
| e-mail: | jeh68@alumnos.unican.es | Teléfono | - |
| Titulación habilitante según normativa vigente | - | | |
| Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión: | HU CTE-HE y CEE Versión 1.0.1558.1124, de fecha 17-dic-2016 | | |

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

| CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año) | EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año) |
|--|---|
| <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="width: 100%;"><37.50 A</div> <div style="width: 100%;">37.50-57.7 B</div> <div style="width: 100%;">57.70-86.10 C</div> <div style="width: 100%;">86.10-128.20 D</div> <div style="width: 100%;">128.20-271.90 E</div> <div style="width: 100%;">271.90-318.10 F</div> <div style="width: 100%;">=>318.10 G</div> </div> <div style="margin-top: 20px; text-align: center;"> 91.35D </div> | <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="width: 100%;"><8.40 A</div> <div style="width: 100%;">8.40-12.90 B</div> <div style="width: 100%;">12.90-19.30 C</div> <div style="width: 100%;">19.30-28.70 D</div> <div style="width: 100%;">28.70-59.90 E</div> <div style="width: 100%;">59.90-71.80 F</div> <div style="width: 100%;">=>71.80 G</div> </div> <div style="margin-top: 20px; text-align: center;"> 19.33D </div> |

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha 28/01/2017

Firma del técnico certificador:

- Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.
- Anexo II.** Calificación energética del edificio.
- Anexo III.** Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.
- Anexo IV.** Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Organismo Territorial Competente:

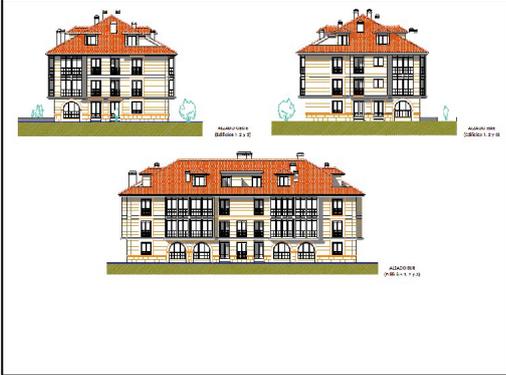
ANEXO I

DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

| | |
|---|---------|
| Superficie habitable (m²) | 1131.77 |
|---|---------|

| Imagen del edificio | Plano de situación |
|---|--|
|  |  |

2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

| Nombre | Tipo | Superficie (m ²) | Transmitancia (W/m ² K) | Modo de obtención |
|------------------------|----------|------------------------------|------------------------------------|-------------------|
| FORJADO_GARAJES | Suelo | 1083.00 | 0.56 | Usuario |
| FORJADO_PISO | Suelo | 63.23 | 1.20 | Usuario |
| CUBIERTA | Cubierta | 463.01 | 0.54 | Usuario |
| CUBIERTA | Cubierta | 59.78 | 0.54 | Usuario |
| CUBIERTA | Fachada | 18.40 | 0.54 | Usuario |
| CUBIERTA | Suelo | 238.59 | 0.54 | Usuario |
| CERRAMIENTO_D-3 | Fachada | 226.92 | 0.27 | Usuario |
| CERRAMIENTO_D-3 | Fachada | 156.77 | 0.27 | Usuario |
| CERRAMIENTO_D-3 | Fachada | 239.61 | 0.27 | Usuario |
| CERRAMIENTO_D-3 | Fachada | 165.30 | 0.27 | Usuario |
| CERRAMIENTO_GARAJES | Suelo | 87.60 | 0.73 | Usuario |
| CERRAMIENTO_GARAJES | Suelo | 100.80 | 0.73 | Usuario |
| CERRAMIENTO_GARAJES | Suelo | 87.60 | 0.73 | Usuario |
| CERRAMIENTO_GARAJES | Suelo | 114.30 | 0.73 | Usuario |
| TABIQUES | Fachada | 109.68 | 0.74 | Usuario |
| TABIQUES | Suelo | 10.80 | 0.74 | Usuario |
| TABIQUES | Fachada | 8.98 | 0.74 | Usuario |
| TABIQUES | Suelo | 10.80 | 0.74 | Usuario |
| TABIQUES | Fachada | 48.44 | 0.74 | Usuario |
| TABIQUES | Suelo | 10.80 | 0.74 | Usuario |
| TABIQUES | Fachada | 6.02 | 0.74 | Usuario |
| TABIQUES | Suelo | 10.80 | 0.74 | Usuario |
| FORJADO_PISO_VIVIENDAS | Suelo | 348.15 | 1.14 | Usuario |
| FORJADO_PISO_VIVIENDAS | Fachada | 20.46 | 1.14 | Usuario |

Huecos y lucernarios

| Nombre | Tipo | Superficie (m ²) | Transmitancia (W/m ² K) | Factor Solar | Modo de obtención transmitancia | Modo de obtención factor solar |
|--------------------------|-------|------------------------------|------------------------------------|--------------|---------------------------------|--------------------------------|
| VIDRIO_SIMPLE_CON_ROTURA | Hueco | 40.08 | 5.26 | 0.77 | Usuario | Usuario |
| VIDRIO_SIMPLE_CON_ROTURA | Hueco | 41.34 | 5.26 | 0.77 | Usuario | Usuario |
| VIDRIO_SIMPLE_CON_ROTURA | Hueco | 45.79 | 5.26 | 0.77 | Usuario | Usuario |
| VIDRIO_SIMPLE_CON_ROTURA | Hueco | 25.35 | 5.26 | 0.77 | Usuario | Usuario |
| PUERTA_MADERA | Hueco | 10.20 | 2.21 | 0.07 | Usuario | Usuario |
| PUERTA_MADERA | Hueco | 5.30 | 2.21 | 0.07 | Usuario | Usuario |
| PUERTA_MADERA | Hueco | 14.40 | 2.21 | 0.07 | Usuario | Usuario |
| PUERTA_MADERA | Hueco | 3.60 | 2.21 | 0.07 | Usuario | Usuario |
| PUERTA_GARAJE | Hueco | 1.70 | 4.02 | 0.12 | Usuario | Usuario |

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

| Nombre | Tipo | Potencia nominal (kW) | Rendimiento Estacional (%) | Tipo de Energía | Modo de obtención |
|------------------------------|---|-----------------------|----------------------------|-----------------|-------------------|
| Caldera_Convencional_Defecto | Caldera eléctrica o de combustible | 27.00 | 98.00 | GasNatural | Usuario |
| Sistema de sustitución | Sistema de rendimiento estacional constante | - | 98.00 | GasNatural | PorDefecto |
| TOTALES | | 27.00 | | | |

Generadores de refrigeración

| Nombre | Tipo | Potencia nominal (kW) | Rendimiento Estacional (%) | Tipo de Energía | Modo de obtención |
|------------------------|---|-----------------------|----------------------------|------------------------|-------------------|
| Sistema de sustitución | Sistema de rendimiento estacional constante | - | 200.00 | ElectricidadPeninsular | PorDefecto |
| TOTALES | | 0.00 | | | |

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

| | |
|---|---------|
| Demanda diaria de ACS a 60° C (litros/día) | 1344.00 |
|---|---------|

| Nombre | Tipo | Potencia nominal (kW) | Rendimiento Estacional (%) | Tipo de Energía | Modo de obtención |
|------------------------------|------------------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------|-------------------|
| Caldera_Convencional_Defecto | Caldera eléctrica o de combustible | 27.00 | 85.00 | GasNatural | Usuario |

4. INSTALACIÓN DE ILUMINACION

(No aplicable)

5. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y OCUPACIÓN

(No aplicable)

6. ENERGÍAS RENOVABLES

Térmica

| Nombre | Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado (%) | | | Demanda de ACS cubierta (%) |
|-----------------------|---|---------------|-------------|-----------------------------|
| | Calefacción | Refrigeración | ACS | |
| Sistema solar térmico | - | - | - | 60.00 |
| TOTALES | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 60.00 |

Eléctrica

| Nombre | Energía eléctrica generada y autoconsumida (kWh/año) |
|--------------------|--|
| Panel fotovoltaico | 0.00 |
| TOTALES | 0 |

ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

| | | | |
|-----------------------|----|------------|--------------------------------|
| Zona climática | D1 | Uso | CertificacionVerificacionNuevo |
|-----------------------|----|------------|--------------------------------|

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

| INDICADOR GLOBAL | INDICADORES PARCIALES | | | |
|--|---|---|---|---|
| | CALEFACCIÓN | | ACS | |
| | <i>Emisiones calefacción (kgCO₂/m² año)</i> | D | <i>Emisiones ACS (kgCO₂/m² año)</i> | C |
| | 16.34 | | 2.91 | |
| | REFRIGERACIÓN | | ILUMINACIÓN | |
| <i>Emisiones globales (kgCO₂/m² año)¹</i> | <i>Emisiones refrigeración (kgCO₂/m² año)</i> | G | <i>Emisiones iluminación (kgCO₂/m² año)</i> | - |
| | 0.08 | | - | |

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

| | kgCO ₂ /m ² .año | kgCO ₂ /año |
|--|--|------------------------|
| <i>Emisiones CO₂ por consumo eléctrico</i> | 0.08 | 89.54 |
| <i>Emisiones CO₂ por combustibles fósiles</i> | 19.25 | 21782.73 |

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

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

| INDICADOR GLOBAL | INDICADORES PARCIALES | | | |
|---|---|---|---|---|
| | CALEFACCIÓN | | ACS | |
| | <i>Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m²año)</i> | D | <i>Energía primaria no renovable ACS (kWh/m²año)</i> | C |
| | 77.14 | | 13.74 | |
| | REFRIGERACIÓN | | ILUMINACIÓN | |
| <i>Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m²año)¹</i> | <i>Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m²año)</i> | G | <i>Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m²año)</i> | - |
| | 0.47 | | - | |

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

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

| DEMANDA DE CALEFACCIÓN | DEMANDA DE REFRIGERACIÓN |
|--|--|
| | |
| <i>Demanda de calefacción (kWh/m²año)</i> | <i>Demanda de refrigeración (kWh/m²año)</i> |

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

ANEXO III

RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL

| CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² •año) | EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² •año) |
|---|--|
| <div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div style="background-color: #4CAF50; color: white; padding: 2px; text-align: center;"><37.50 A</div> <div style="background-color: #4CAF50; color: white; padding: 2px; text-align: center;">37.50-57.7 B</div> <div style="background-color: #8BC34A; color: white; padding: 2px; text-align: center;">57.70-86.10 C</div> <div style="background-color: #FFEB3B; color: white; padding: 2px; text-align: center;">86.10-128.20 D</div> <div style="background-color: #FFC107; color: white; padding: 2px; text-align: center;">128.20-271.90 E</div> <div style="background-color: #FF9800; color: white; padding: 2px; text-align: center;">271.90-318.10 F</div> <div style="background-color: #F44336; color: white; padding: 2px; text-align: center;">=>318.10 G</div> </div> | <div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div style="background-color: #4CAF50; color: white; padding: 2px; text-align: center;"><8.40 A</div> <div style="background-color: #4CAF50; color: white; padding: 2px; text-align: center;">8.40-12.90 B</div> <div style="background-color: #8BC34A; color: white; padding: 2px; text-align: center;">12.90-19.30 C</div> <div style="background-color: #FFEB3B; color: white; padding: 2px; text-align: center;">19.30-28.70 D</div> <div style="background-color: #FFC107; color: white; padding: 2px; text-align: center;">28.70-59.90 E</div> <div style="background-color: #FF9800; color: white; padding: 2px; text-align: center;">59.90-71.80 F</div> <div style="background-color: #F44336; color: white; padding: 2px; text-align: center;">=>71.80 G</div> </div> |

CALIFICACIONES ENERGÉTICAS

| DEMANDA DE CALEFACCIÓN (kWh/m ² •año) | DEMANDA DE REFRIGERACIÓN (kWh/m ² •año) |
|---|---|
| <div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div style="background-color: #4CAF50; color: white; padding: 2px; text-align: center;"><11.70 A</div> <div style="background-color: #4CAF50; color: white; padding: 2px; text-align: center;">11.70-27.0 B</div> <div style="background-color: #8BC34A; color: white; padding: 2px; text-align: center;">27.00-48.70 C</div> <div style="background-color: #FFEB3B; color: white; padding: 2px; text-align: center;">48.70-81.60 D</div> <div style="background-color: #FFC107; color: white; padding: 2px; text-align: center;">81.60-144.10 E</div> <div style="background-color: #FF9800; color: white; padding: 2px; text-align: center;">144.10-157.10 F</div> <div style="background-color: #F44336; color: white; padding: 2px; text-align: center;">=>157.10 G</div> </div> | <div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div style="background-color: #4CAF50; color: white; padding: 2px; text-align: center;">A</div> <div style="background-color: #4CAF50; color: white; padding: 2px; text-align: center;">B</div> <div style="background-color: #8BC34A; color: white; padding: 2px; text-align: center;">C</div> <div style="background-color: #FFEB3B; color: white; padding: 2px; text-align: center;">D</div> <div style="background-color: #FFC107; color: white; padding: 2px; text-align: center;">E</div> <div style="background-color: #FF9800; color: white; padding: 2px; text-align: center;">F</div> <div style="background-color: #F44336; color: white; padding: 2px; text-align: center;">G</div> </div> |

ANÁLISIS TÉCNICO

| Indicador | Calefacción | | Refrigeración | | ACS | | Iluminación | | Total | |
|---|-------------|------------------------|---------------|------------------------|-------|------------------------|-------------|------------------------|-------|------------------------|
| | Valor | % respecto al anterior | Valor | % respecto al anterior | Valor | % respecto al anterior | Valor | % respecto al anterior | Valor | % respecto al anterior |
| Consumo Energía primaria (kWh/m ² •año) | | | | | | | | | | |
| Consumo Energía final (kWh/m ² •año) | | | | | | | | | | |
| Emisiones de CO ₂ (kgCO ₂ /m ² •año) | | | | | | | | | | |
| Demanda (kWh/m ² •año) | | | | | | | | | | |

Nota: Los indicadores energéticos anteriores están calculados en base a coeficientes estándar de operación y funcionamiento del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el análisis económico de las medidas de ahorro y eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar las condiciones reales y datos históricos de consumo del edificio.

DESCRIPCIÓN DE MEDIDA DE MEJORA

| |
|---|
| Características técnicas de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos) |
| |
| Coste estimado de la medida |
| |
| Otros datos de interés |
| |

ANEXO IV

PRUEBAS, COMPROBACIONES E INSPECCIONES REALIZADAS POR EL TÉCNICO CERTIFICADOR

Se describen a continuación las pruebas, comprobaciones e inspecciones llevadas a cabo por el técnico certificador durante el proceso de toma de datos y de calificación de la eficiencia energética del edificio, con la finalidad de establecer la conformidad de la información de partida contenida en el certificado de eficiencia energética.

| | |
|--|----------|
| Fecha de realización de la visita del técnico certificador | 11/01/17 |
|--|----------|



CÁLCULOS



ÍNDICE

| | | |
|-------|---|-----|
| 1 | ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL ESTADO ACTUAL..... | 90 |
| 1.1 | INTRODUCCIÓN..... | 90 |
| 1.2 | ANÁLISIS CLIMATOLÓGICO | 90 |
| 1.3 | RESULTADOS | 91 |
| 2 | ANÁLISIS ENERGÉTICO MEJORANDO LAS FACHADAS PRINCIPALES..... | 96 |
| 2.1 | INTRODUCCIÓN..... | 96 |
| 2.2 | MEJORA DE LA FACHADA NORTE..... | 96 |
| 2.3 | MEJORA DE LA FACHADA SUR | 99 |
| 2.4 | MEJORA DE LA FACHADA ESTE..... | 101 |
| 2.5 | MEJORA DE LA FACHADA OESTE | 103 |
| 3 | ANÁLISIS ENERGÉTICO CON DIFERENTES MEJORAS..... | 106 |
| 3.1 | INTRODUCCIÓN..... | 106 |
| 3.2 | MEJORA EN LOS TABIQUES | 106 |
| 3.3 | CAMBIO DE ENRGÍA: GLP | 108 |
| 3.4 | MODIFICACIÓN DE LOS ACRISTALAMIENTOS..... | 110 |
| 3.4.1 | Bajo emisivos | 110 |
| 3.4.2 | Acristalamiento doble | 112 |
| 3.4.3 | Mejora acristalamiento | 113 |
| 3.5 | MEJORA DE LA VENTILACIÓN | 115 |
| 3.6 | MEJORA DE LOS MUROS EXTERIORES | 117 |



1 ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL ESTADO ACTUAL

1.1 INTRODUCCIÓN

Como ya se ha indicado anteriormente para el desarrollo de este proyecto se utilizará la HULC, ya que actualmente es la herramienta oficial por parte del CTE para realizar las certificaciones energéticas. A partir de ahora se irán analizando los resultados que se han obtenido por parte de dicha herramienta a la vez que se explica de manera general la teoría que hay detrás de todo. La HULC es una herramienta de descarga libre, por lo que cualquier ciudadano español se la puede descargar en la página web del CTE, además del tutorial correspondiente elaborado conjuntamente por el CTE y el IDEAE.

El consumo energético de un edificio, es la energía necesaria para satisfacer la demanda energética de los servicios de calefacción, refrigeración y ACS. La demanda energética es la energía necesaria que tendrían que proporcionar los sistemas técnicos para mantener en el interior del edificio unas condiciones definidas reglamentariamente.

1.2 ANÁLISIS CLIMATOLÓGICO

La ubicación y el clima son factores esenciales para el cálculo del consumo energético. Como se ha mencionado anteriormente, la zona climática correspondiente al bloque de viviendas de estudio es la D1.

El consumo energético de los edificios viene limitado en función de la zona climática de la localidad en la que se ubica. Según el DB-HE, sección HE 0, el consumo energético de energía primaria no renovable del edificio no debe superar el valor límite $C_{ep,lim}$, medido en $\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2$ por año, que viene definido por la siguiente expresión:

$$C_{ep,lim} = C_{ep,base} + \frac{F_{ep,sup}}{S}$$

Donde:

· $C_{ep,lim}$ es el valor límite del consumo energético de energía primaria no renovable para los servicios de calefacción, refrigeración y ACS, expresada en $\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2\cdot\text{año}$, considerada la superficie útil de los espacios habitables;



- $C_{ep,base}$ es el valor base del consumo energético de energía primaria no renovable, dependiente de la zona climática de invierno correspondiente a la ubicación del edificio, que
- toma los valores de la *Tabla XX*;

$F_{ep,sup}$ es el factor corrector por superficie del consumo energético de energía primaria no renovable, que toma los valores de la *Tabla XX*;

- S es la superficie útil de los espacios habitables del edificio, o la parte ampliada, en m^2 .

| | Zona climática de invierno | | | | | |
|--|----------------------------|------|------|------|------|------|
| | α | A* | B* | C* | D | E |
| $C_{ep,base}$ [$kW \cdot h/m^2 \cdot año$] | 40 | 40 | 45 | 50 | 60 | 70 |
| $F_{ep,sup}$ | 1000 | 1000 | 1000 | 1500 | 3000 | 4000 |

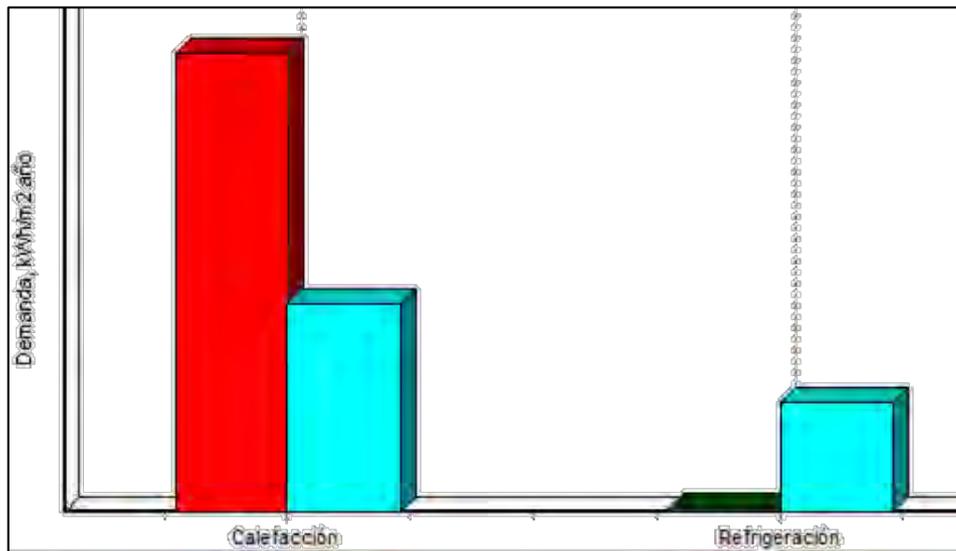
* Lo valores de $C_{ep,base}$ para las zonas climáticas A, B y C de Canarias, Baleares, Ceuta y Melilla se obtendrán multiplicando los valores de $C_{ep,base}$ de esta tapa por 1,2.

Tabla XX. Valor base y factor corrector por superficie del consumo energético (Fuente: DB HE, sección HE 0)

Esto quiere decir, que las restricciones que se tienen en cuenta para el cálculo de la demanda energética, como son las transmitancias térmicas de todos los elementos que forman la envolvente y el factor solar de los huecos y lucernarios serán más restrictivas para los edificios presentes en la zona climática E que para los de la D y así sucesivamente con todas las zonas climáticas.

1.3 RESULTADOS

Una vez el edificio, junto con la planta de garajes, ya está definido geométricamente, con la envolvente térmica y sistemas energéticos actuales, la HULC arroja los siguientes resultados:



| | Calefacción | Refrigeración |
|---|-------------|---------------|
| Demanda del edificio objeto (kW·h/m ² ·año) | 63.26 | 0.48 |
| Demanda límite (kW·h/m ² ·año) | 28.77 | 15.00 |

Gráfico I. Revisión de los requisitos mínimos CTE-HE 1, Demanda anual.

Con los primeros resultados que arroja el programa se puede afirmar que no cumple los requisitos mínimos de la sección HE 1 del DB HE, por más del doble, y además se evidencia la nula importancia que tiene para nuestro caso de estudio, debido a la localización geográfica, la refrigeración ya que tenemos una demanda en nuestro edificio objeto 30 veces inferior a la demanda límite.

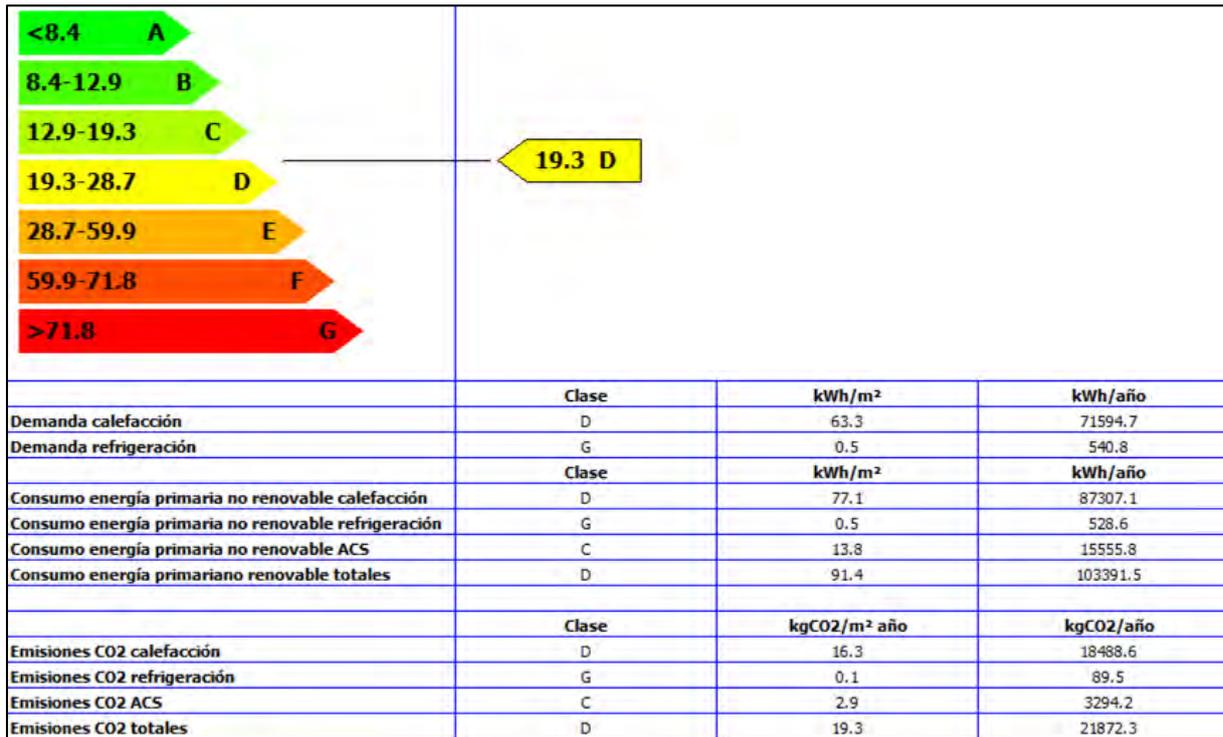


Gráfico II. Certificación energética del edificio, indicador kgCO₂/m²·año.

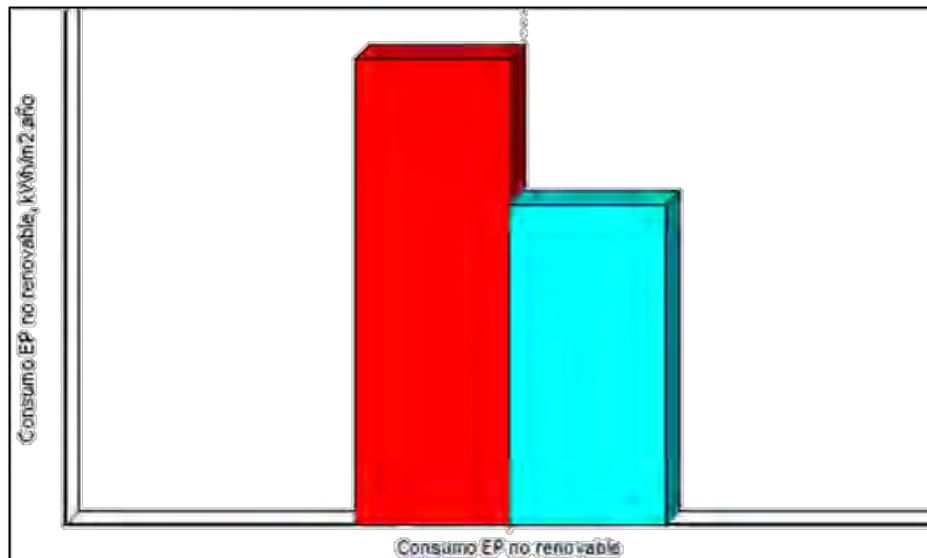
| Demandas | Edificio Objeto | |
|---------------|------------------------|---------|
| | kWh/m ² año | kWh/año |
| Calefacción | 63.3 | 71594.7 |
| Refrigeración | 0.5 | 540.8 |

| Consumos Energía Final | Edificio Objeto | |
|------------------------|------------------------|---------|
| | kWh/m ² año | kWh/año |
| Calefacción | 64.8 | 73367.3 |
| Refrigeración | 0.2 | 270.5 |
| ACS | 11.6 | 13072.1 |
| Global | 76.6 | 86709.9 |

| Consumos Energía Primaria No Renovable | Edificio Objeto | |
|--|------------------------|----------|
| | kWh/m ² año | kWh/año |
| Calefacción | 77.1 | 87307.1 |
| Refrigeración | 0.5 | 528.6 |
| ACS | 13.8 | 15555.8 |
| Global | 91.4 | 103391.5 |

| Emisiones | Edificio Objeto | |
|---------------|---------------------------------------|------------------------|
| | kgCO ₂ /m ² año | kgCO ₂ /año |
| Calefacción | 16.3 | 18488.6 |
| Refrigeración | 0.1 | 89.5 |
| ACS | 2.9 | 3294.2 |
| Global | 19.3 | 21872.3 |

Tabla XXI. Resultados de demandas, consumos y emisiones. (Fuente: HULC)



| | Consumo EP no renovable |
|--|-------------------------|
| Consumo EP no renovable del edificio Objeto (kW·h/m ² ·año) | 91.35 |
| Consumo EP no renovable límite (kW·h/m ² ·año) | 62.65 |

Gráfico III. Verificación de los requisitos mínimos del CTE-HE0.

Atendiendo a los resultados que aporta la HULC, indicados anteriormente, el bloque de viviendas y por consiguiente la urbanización Linares no cumple la demanda energética de calefacción, con unos valores de 63.26 kW·h/m²·año (letra D), tampoco cumple el consumo de energía primaria no renovable con un valor de 91.35 kW·h/m²·año (letra D) como se observa en el *Gráfico III*, pero si cumple la demanda energética de refrigeración con un valor de 0.48 kW·h/m²·año, pero como ya se ha comentado anteriormente, es un aspecto poco relevante en este estudio y al que no le vamos a dar mucha importancia a partir de ahora, y se centrará en la demanda energética de calefacción. Con todo esto la urbanización da una calificación energética en emisiones de 19.33 kgCO₂/m²·año y una letra D dentro del nuevo esquema que sigue el CTE.

A continuación, se refleja la *Tabla XXI* que nos servirá para resumir los resultados obtenidos para el caso del estado actual que presenta el bloque de viviendas y así acudir a ellos cuando sea necesario.



| | RESULTADO | CUMPLIMIENTO | LETRA |
|--|-----------|--------------|-------|
| Emisiones (kgCO ₂ /m ² ·año) | 19.33 | - | D |
| Consumo EP no renovable (kW·h/m ² ·año) | 91.35 | NO CUMPLE | D |
| Demanda energética de calefacción (kW·h/m ² ·año) | 63.26 | NO CUMPLE | D |
| Demanda energética de refrigeración (kW·h/m ² ·año) | 0.48 | CUMPLE | |

Tabla XXII. Cuadro resumen de los resultados obtenidos.

NOTA: La demanda energética de calefacción y refrigeración es, según el CTE, la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

Se observa claramente que actualmente la ejecución de este edificio sería inviable, necesitaría unas características energéticas más eficientes, por esto mismo se realiza el estudio con ñas posibles mejoras aplicables al edificio objeto.

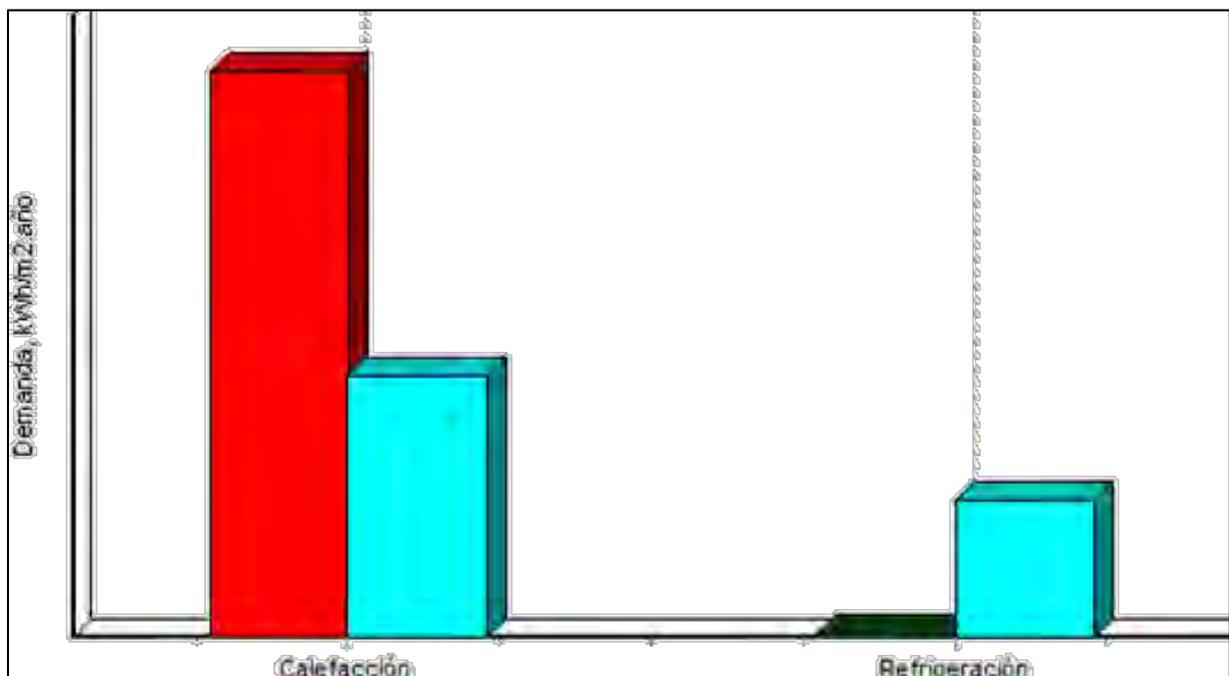
2 ANÁLISIS ENERGÉTICO MEJORANDO LAS FACHADAS PRINCIPALES

2.1 INTRODUCCIÓN

Como se ha explicado en la memoria de este proyecto, dentro del apartado 6.2 *Definición del edificio*, la orientación de la vivienda es vital y siempre se toma como referencia las fachadas Norte y Sur de un edificio, ya que dichas fachadas son las que menos luz del sol reciben a lo largo del día y las que menos, respectivamente, además, parte se ha estudiado el impacto de las otras dos fachadas para comparar resultados. Por eso se ha decidido analizar, antes que nada, como mejora la calificación energética del edificio si solo se mejora el cerramiento exterior de las citadas fachadas.

2.2 MEJORA DE LA FACHADA NORTE

Una vez modificado en la HULC todos los cerramientos que dan a la cara norte del edificio se han obtenido los siguientes resultados:





| | Calefacción | Refrigeración |
|---|-------------|---------------|
| Demanda del edificio objeto (kW·h/m ² ·año) | 62.46 | 0.49 |
| Demanda límite (kW·h/m ² ·año) | 28.77 | 15.00 |

Gráfico IV. Revisión de los requisitos mínimos CTE-HE 1, Demanda anual.

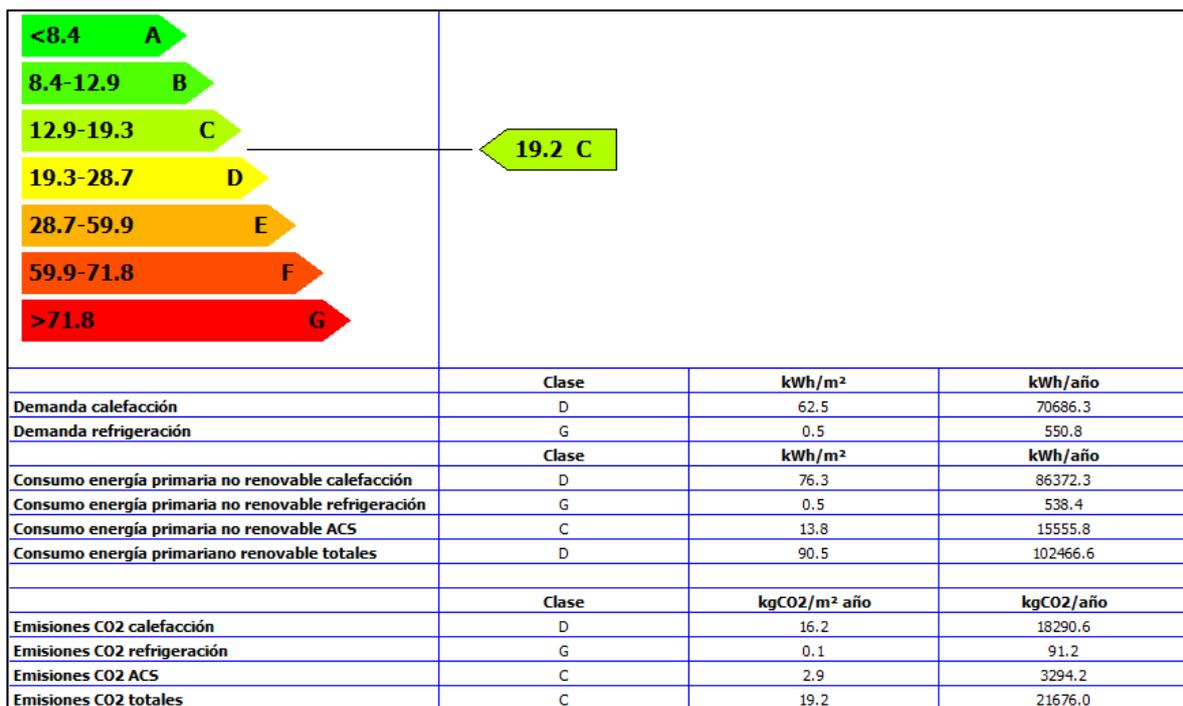
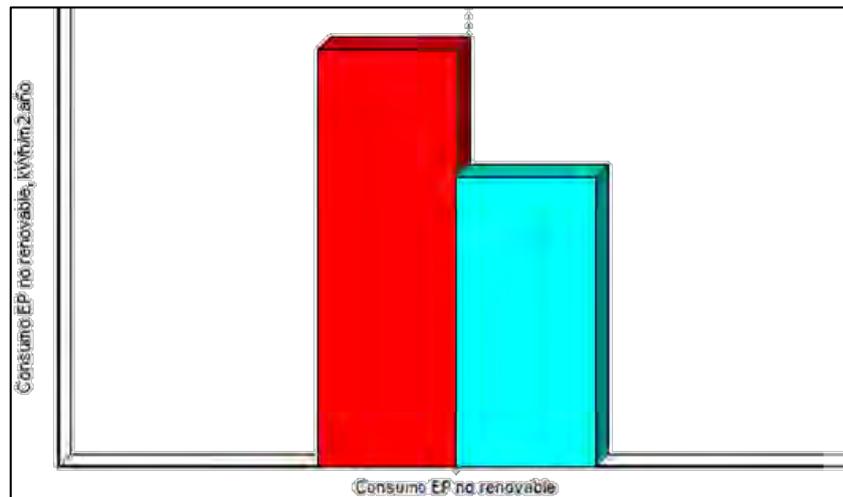


Gráfico V. Certificación energética del edificio, indicador kgCO₂/m²·año.



| | Consumo EP no renovable |
|--|-------------------------|
| Consumo EP no renovable del edificio Objeto (kW·h/m ² ·año) | 90.54 |
| Consumo EP no renovable límite (kW·h/m ² ·año) | 62.65 |

Gráfico VI. Verificación de los requisitos mínimos del CTE-HE0.

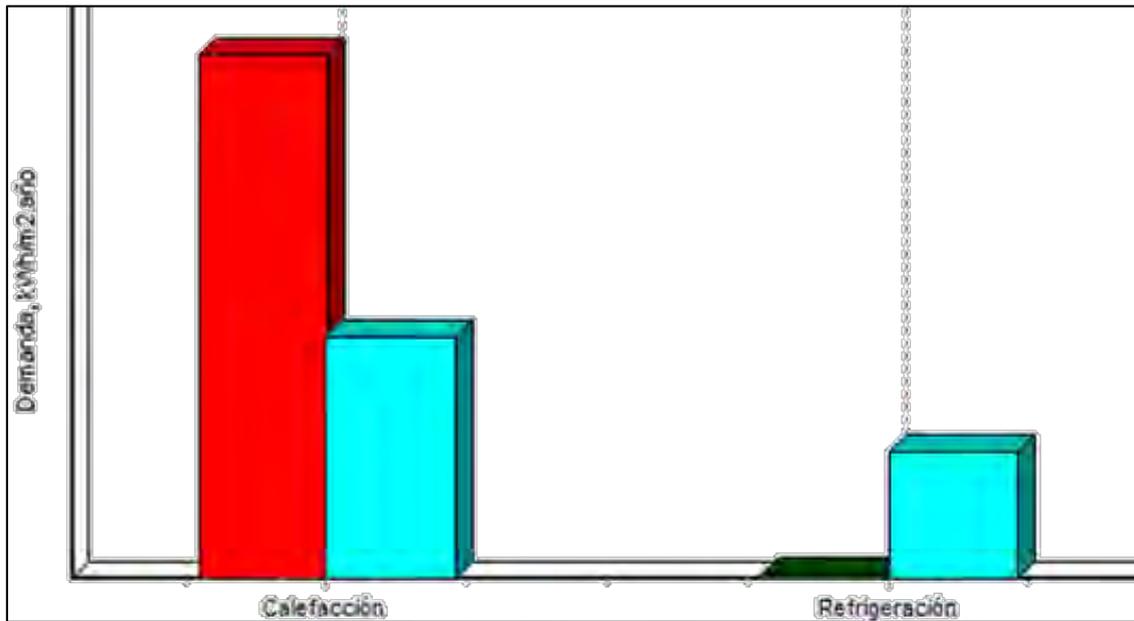
Los resultados no varían mucho, el edificio sigue teniendo una calificación negativa que no supera los requisitos mínimos de DB HE, lo único que se reducen muy levemente las emisiones lo que provoca que pase de una letra D a una C en cuanto a emisiones (ver *Tabla XXIII*). Por lo se observa que existe una mejoría, pero dicha mejoría es mínima.

| | RESULTADO | CUMPLIMIENTO | LETRA |
|--|-----------|--------------|-------|
| Emisiones (kgCO ₂ /m ² ·año) | 19.15 | - | C |
| Consumo EP no renovable (kW·h/m ² ·año) | 90.54 | NO CUMPLE | D |
| Demanda energética de calefacción (kW·h/m ² ·año) | 62.46 | NO CUMPLE | D |
| Demanda energética de refrigeración (kW·h/m ² ·año) | 0.49 | CUMPLE | |

Tabla XXIII. Cuadro resumen de los resultados obtenidos mejorando la fachada Norte.

2.3 MEJORA DE LA FACHADA SUR

Mismo procedimiento que en el apartado anterior pero ahora con la fachada Sur del edificio.



| | Calefacción | Refrigeración |
|---|-------------|---------------|
| Demanda del edificio objeto (kW·h/m ² ·año) | 62.46 | 0.48 |
| Demanda límite (kW·h/m ² ·año) | 28.77 | 15.00 |

Gráfico VII. Revisión de los requisitos mínimos CTE-HE 1, Demanda anual.

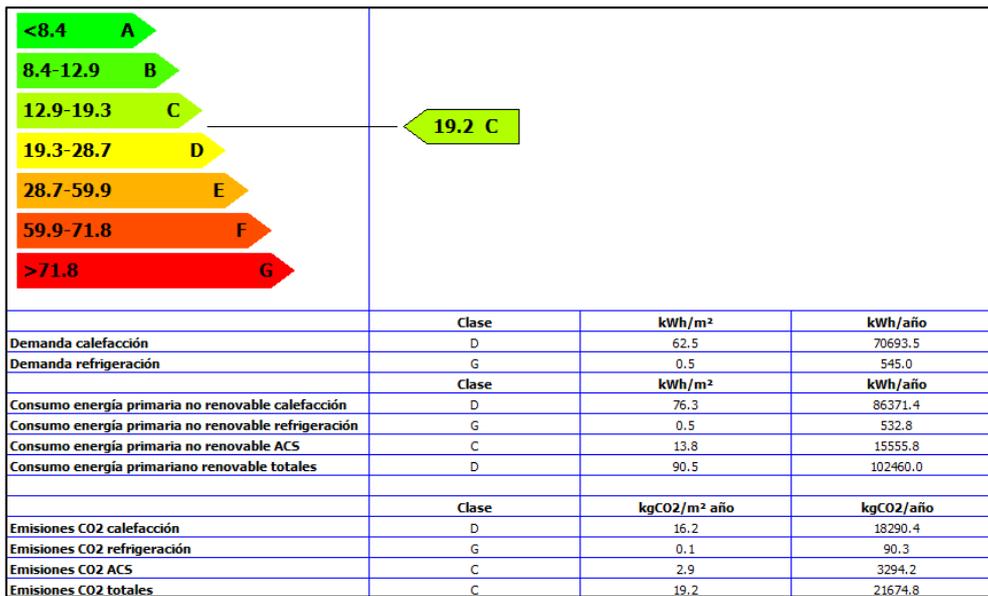
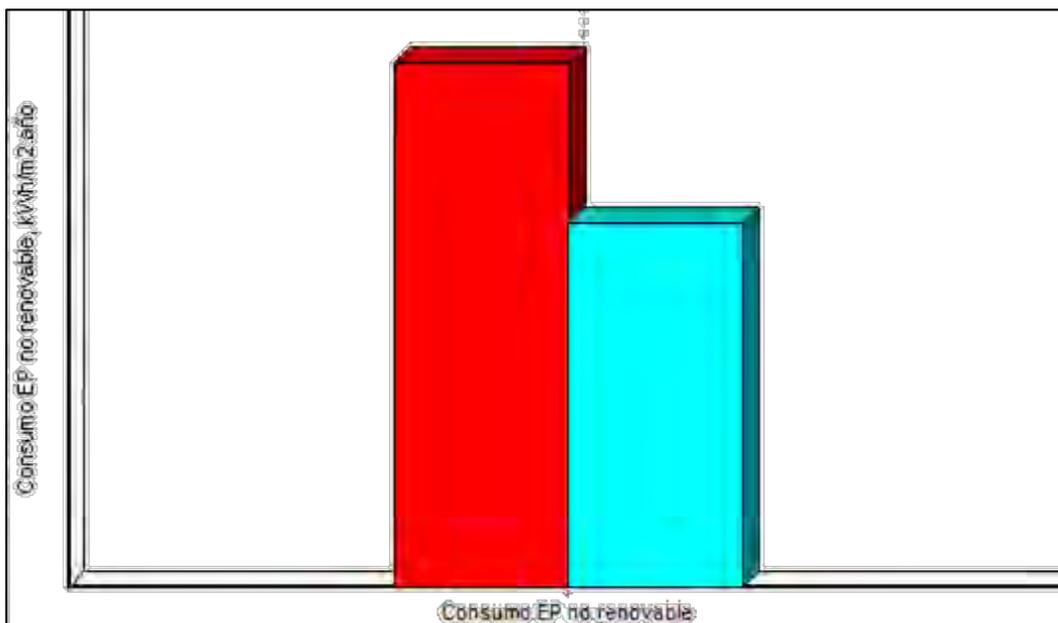


Gráfico VIII. Certificación energética del edificio, indicador kgCO₂/m²·año.



| | Consumo EP no renovable |
|--|-------------------------|
| Consumo EP no renovable del edificio Objeto (kW·h/m ² ·año) | 90.53 |
| Consumo EP no renovable límite (kW·h/m ² ·año) | 62.65 |

Gráfico IX. Verificación de los requisitos mínimos del CTE-HE0.

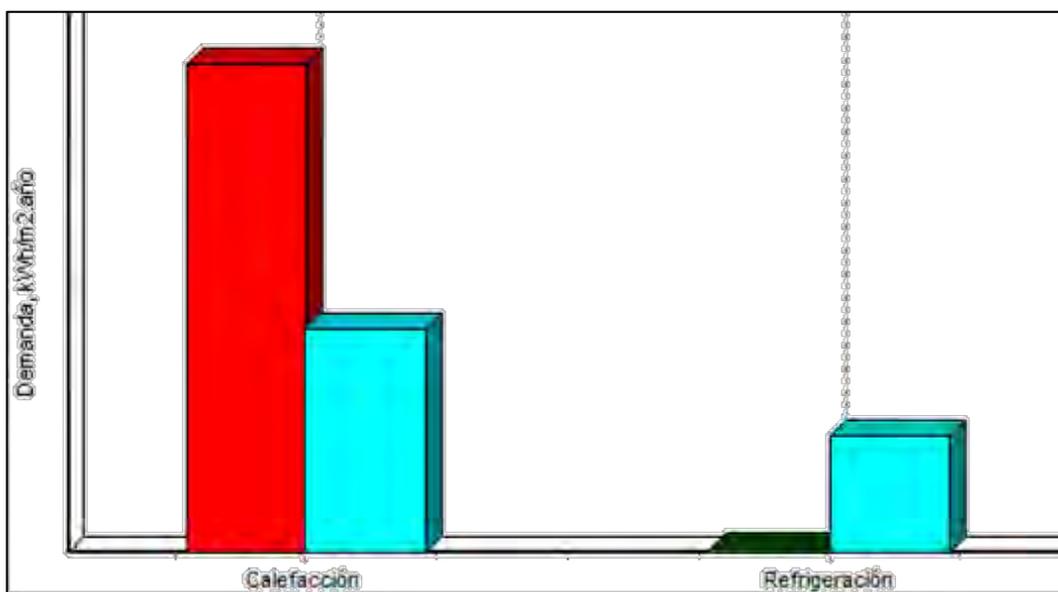
| | RESULTADO | CUMPLIMIENTO | LETRA |
|--|-----------|--------------|-------|
| Emisiones (kgCO ₂ /m ² ·año) | 19.15 | - | C |
| Consumo EP no renovable (kW·h/m ² ·año) | 90.53 | NO CUMPLE | D |
| Demanda energética de calefacción (kW·h/m ² ·año) | 62.46 | NO CUMPLE | D |
| Demanda energética de refrigeración (kW·h/m ² ·año) | 0.48 | CUMPLE | |

Tabla XXIV. Cuadro resumen de los resultados obtenidos mejorando la fachada Sur.

Los resultados obtenidos son exactamente los mismos que en el caso de la mejora de la fachada Norte.

Se procede a realizar los mismos cálculos para las fachadas Este y Oeste.

2.4 MEJORA DE LA FACHADA ESTE



| | Calefacción | Refrigeración |
|--|-------------|---------------|
| Demanda del edificio objeto (kW·h/m ² ·año) | 62.83 | 0.48 |
| Demanda límite (kW·h/m ² ·año) | 28.77 | 15.00 |

Gráfico X. Revisión de los requisitos mínimos CTE-HE 1, Demanda anual.

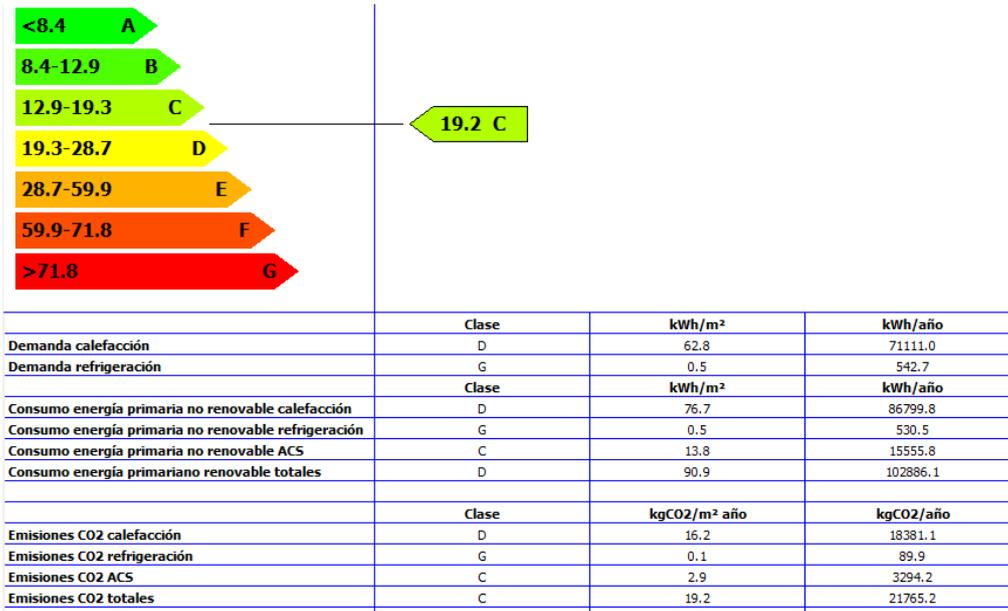
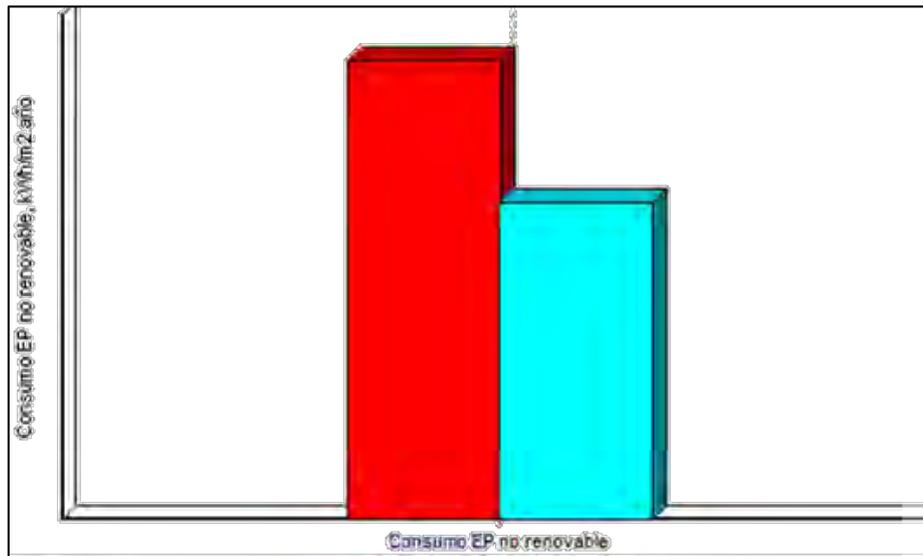


Gráfico XI. Certificación energética del edificio, indicador kgCO₂/m²·año.



| | Consumo EP no renovable |
|--|-------------------------|
| Consumo EP no renovable del edificio Objeto (kW·h/m ² ·año) | 90.53 |
| Consumo EP no renovable límite (kW·h/m ² ·año) | 62.65 |

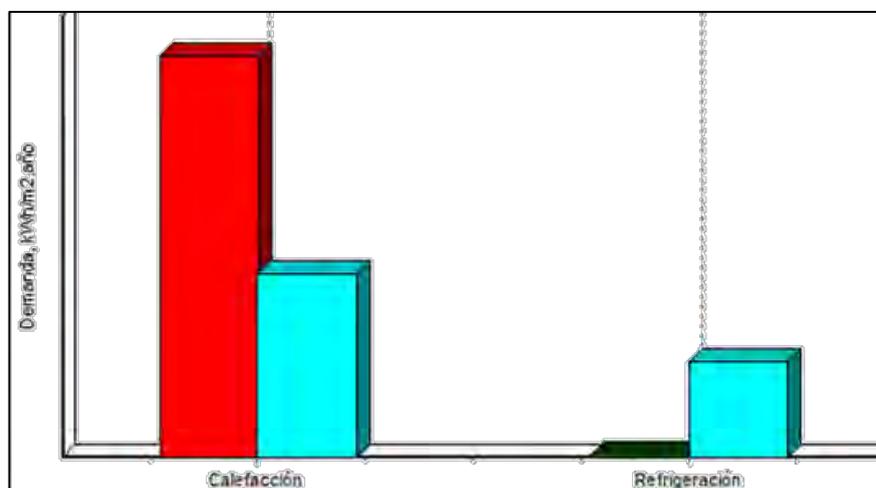
Gráfico. XII. Verificación de los requisitos mínimos del CTE-HE0.

| | RESULTADO | CUMPLIMIENTO | LETRA |
|--|-----------|--------------|-------|
| Emisiones (kgCO ₂ /m ² ·año) | 19.23 | - | C |
| Consumo EP no renovable (kW·h/m ² ·año) | 90.53 | NO CUMPLE | D |
| Demanda energética de calefacción (kW·h/m ² ·año) | 62.83 | NO CUMPLE | D |
| Demanda energética de refrigeración (kW·h/m ² ·año) | 0.48 | CUMPLE | |

Tabla XXV. Cuadro resumen de los resultados obtenidos mejorando la fachada Este.

Como sucedía para los dos casos anteriores, se obtienen mejoras poco apreciables o nulas. Además, que las fachadas Este y Oeste del edificio son más pequeñas que las que dan al Norte o al Sur, por lo que una mejora apreciable sería aún más difícil de apreciar si solo se actúa en una de estas dos fachadas.

2.5 MEJORA DE LA FACHADA OESTE



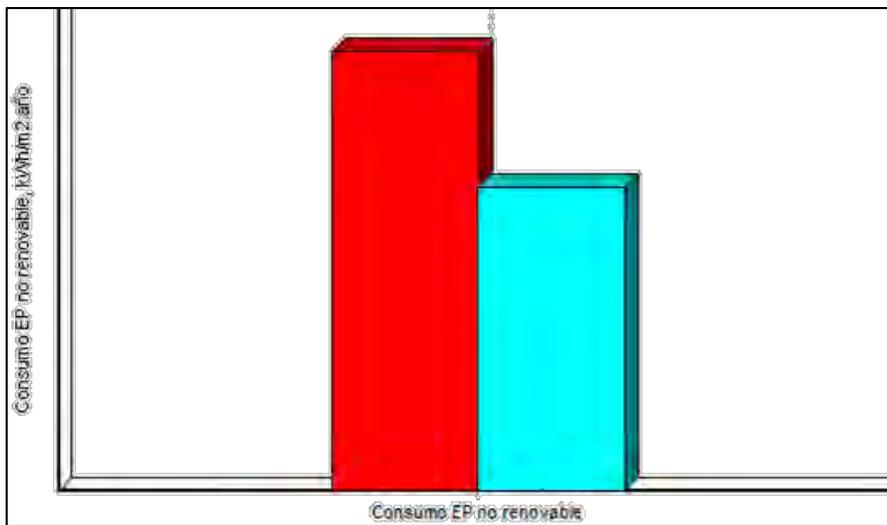
| | Calefacción | Refrigeración |
|--|-------------|---------------|
| Demanda del edificio objeto (kW·h/m ² ·año) | 62.85 | 0.48 |
| Demanda límite (kW·h/m ² ·año) | 28.77 | 15.00 |

Gráfico XIII. Revisión de los requisitos mínimos CTE-HE 1, Demanda anual.

| | | | |
|-----------|---|------|---|
| <8.4 | A | | |
| 8.4-12.9 | B | | |
| 12.9-19.3 | C | 19.2 | C |
| 19.3-28.7 | D | | |
| 28.7-59.9 | E | | |
| 59.9-71.8 | F | | |
| >71.8 | G | | |

| | Clase | kWh/m ² | kWh/año |
|---|-------|---------------------------------------|------------------------|
| Demanda calefacción | D | 62.9 | 71135.3 |
| Demanda refrigeración | G | 0.5 | 542.8 |
| | Clase | kWh/m ² | kWh/año |
| Consumo energía primaria no renovable calefacción | D | 76.7 | 86842.3 |
| Consumo energía primaria no renovable refrigeración | G | 0.5 | 530.6 |
| Consumo energía primaria no renovable ACS | C | 13.8 | 15555.8 |
| Consumo energía primario renovable totales | D | 91.0 | 102928.7 |
| | Clase | kgCO ₂ /m ² año | kgCO ₂ /año |
| Emisiones CO ₂ calefacción | D | 16.2 | 18390.1 |
| Emisiones CO ₂ refrigeración | G | 0.1 | 89.9 |
| Emisiones CO ₂ ACS | C | 2.9 | 3294.2 |
| Emisiones CO ₂ totales | C | 19.2 | 21774.2 |

Gráfico XIV. Certificación energética del edificio, indicador kgCO₂/m²·año.



| | Consumo EP no renovable |
|--|-------------------------|
| Consumo EP no renovable del edificio Objeto (kW·h/m ² ·año) | 90.53 |
| Consumo EP no renovable límite (kW·h/m ² ·año) | 62.65 |

Gráfico. XIV. Verificación de los requisitos mínimos del CTE-HE0.



| | RESULTADO | CUMPLIMIENTO | LETRA |
|--|-----------|--------------|-------|
| Emisiones (kgCO ₂ /m ² ·año) | 19.24 | - | C |
| Consumo EP no renovable (kW·h/m ² ·año) | 90.53 | NO CUMPLE | D |
| Demanda energética de calefacción (kW·h/m ² ·año) | 62.85 | NO CUMPLE | D |
| Demanda energética de refrigeración (kW·h/m ² ·año) | 0.48 | CUMPLE | |

Tabla XXV. Cuadro resumen de los resultados obtenidos mejorando la fachada Oeste.

Como sucedía en los tres primeros casos: resultados casi parejos y sin ninguna mejora apreciable. Llegando a la siguiente conclusión:

Se observa que en todos casos anteriores la mejora no es muy importante, ni tan si quiera el edificio se acerca al cumplimiento del DB HE, por lo que se ha decidido centrarse en mejorar de forma global la vivienda para poder así llegar a unos resultados favorables y que cumplan la normativa vigente y de esta forma ver como se podría llegar a cumplir la normativa vigente aunque a la vista de los resultados que se han ido obteniendo se puede decir que se necesitará mejorar casi que por completo el bloque de viviendas, algo que actualmente se perfila algo improbable.



3 ANÁLISIS ENERGÉTICO CON DIFERENTES MEJORAS

3.1 INTRODUCCIÓN

Se procede a explicar las diferentes mejoras aplicadas a este edificio y sus respectivos resultados, que no siempre aportan lo que se esperaba de antemano ya que hay muchos factores que intervienen: orientación del edificio, geometría, altitud, etc.

Para llevarlo a cabo dicho análisis se ha utilizado el "Visualizador de resultados de la herramienta LIDER – CALENER" creado por Oscar Redondo (Ver *Bibliografía*) que resume los resultados de la HULC en un gráfico de sectores y así poder analizar más a fondo y enfocarse en las zonas o motivos que provocan las pérdidas de calor.

Ahora se explicará las mejoras contempladas en el orden que se han realizado. Además, se prescindirá de los gráficos de barras que facilita la HULC y se proporcionarán gráficas realizadas por el usuario ya que los gráficos de barras aportados por la HULC son poco visuales y exactamente iguales, salvo que el edificio cumpla alguno de los requisitos del DB HE, ya que la barra del edificio objeto para a ser verde, en ese caso se mostrarán dichos gráficos.

3.2 MEJORA EN LOS TABIQUES

Con la modificación en los tabiques que se explica en el apartado 7.2.1 de la memoria de este proyecto se obtienen los siguientes resultados:

| | Calefacción | Refrigeración |
|---|-------------|---------------|
| Demanda del edificio objeto (kW·h/m ² ·año) | 59.15 | 0.55 |
| Demanda límite (kW·h/m ² ·año) | 28.77 | 15.00 |

Tabla XXVI. Revisión de los requisitos mínimos CTE-HE 1, Demanda anual.

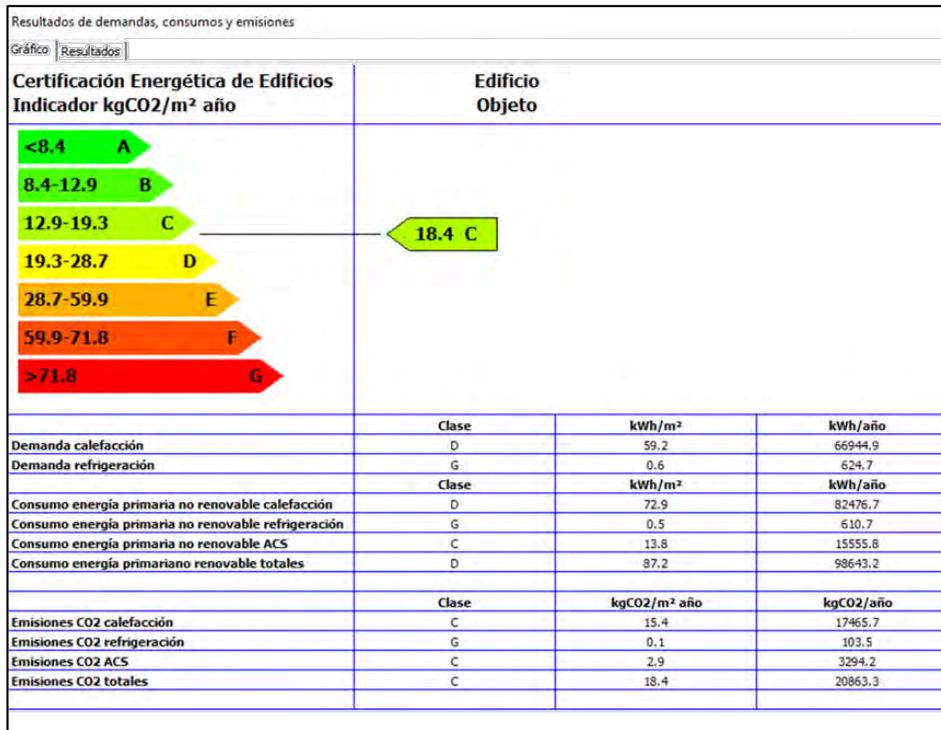


Gráfico XV. Certificación energética del edificio, indicador kgCO₂/m²·año.

| | Consumo EP no renovable |
|--|-------------------------|
| Consumo EP no renovable del edificio Objeto (kW·h/m ² ·año) | 87.16 |
| Consumo EP no renovable límite (kW·h/m ² ·año) | 62.65 |

Tabla XXVII. Verificación de los requisitos mínimos del CTE-HE0.

| | RESULTADO | CUMPLIMIENTO | LETRA |
|--|-----------|--------------|-------|
| Emisiones (kgCO ₂ /m ² ·año) | 18.4 | - | C |
| Consumo EP no renovable (kW·h/m ² ·año) | 87.16 | NO CUMPLE | D |
| Demanda energética de calefacción (kW·h/m ² ·año) | 59.15 | NO CUMPLE | D |
| Demanda energética de refrigeración (kW·h/m ² ·año) | 0.55 | CUMPLE | |

Tabla XXVIII. Cuadro resumen de los resultados obtenidos mejorando los tabiques.



3.3 CAMBIO DE ENRGÍA: GLP

Igual que el caso anterior, pero seleccionando GLP como tipo de energía a la hora de definir el sistema de calefacción.

| | Calefacción | Refrigeración |
|---|-------------|---------------|
| Demanda del edificio objeto (kW·h/m ² ·año) | 59.15 | 0.55 |
| Demanda límite (kW·h/m ² ·año) | 28.77 | 15.00 |

Tabla XXIX. Revisión de los requisitos mínimos CTE-HE 1, Demanda anual.

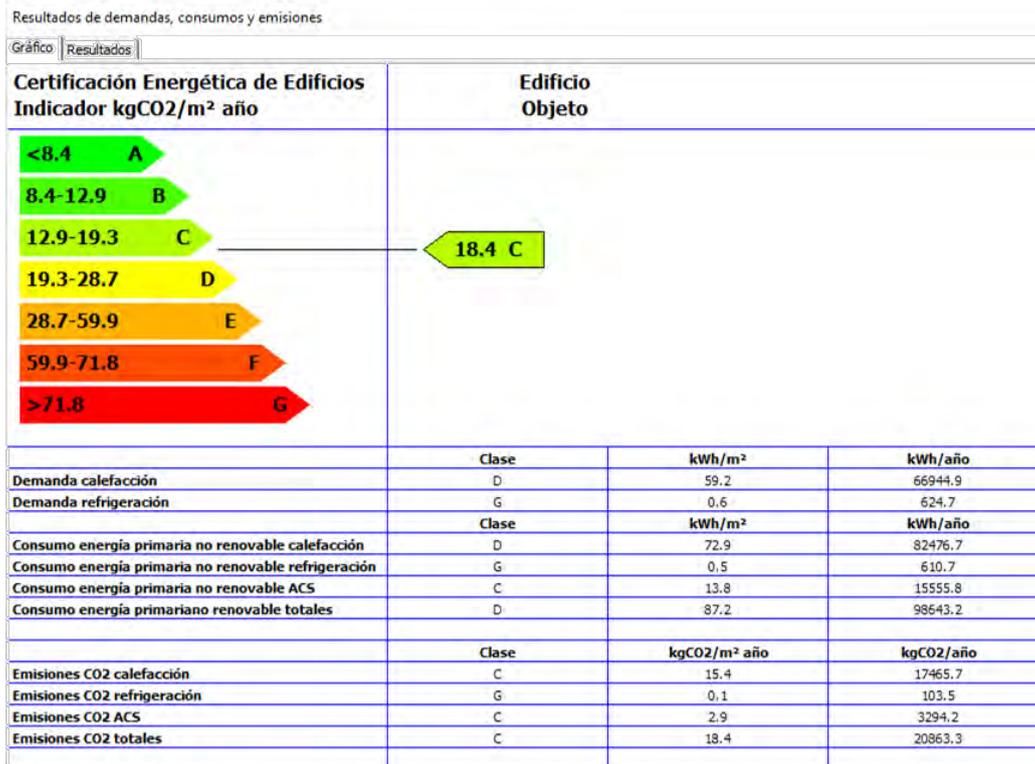


Gráfico XVI. Certificación energética del edificio, indicador kgCO₂/m²·año.

| | Consumo EP no renovable |
|--|-------------------------|
| Consumo EP no renovable del edificio Objeto (kW·h/m ² ·año) | 87.16 |
| Consumo EP no renovable límite (kW·h/m ² ·año) | 62.65 |

Tabla XXX. Verificación de los requisitos mínimos del CTE-HE0.

| | RESULTADO | CUMPLIMIENTO | LETRA |
|--|-----------|--------------|-------|
| Emisiones (kgCO ₂ /m ² ·año) | 18.44 | - | C |
| Consumo EP no renovable (kW·h/m ² ·año) | 87.16 | NO CUMPLE | D |
| Demanda energética de calefacción (kW·h/m ² ·año) | 59.15 | NO CUMPLE | D |
| Demanda energética de refrigeración (kW·h/m ² ·año) | 0.48 | CUMPLE | |

Tabla XXXI. Cuadro resumen de los resultados obtenidos modificando la energía utilizada.

Como se puede observar el cambio de tipo de energía es indiferente, por lo que se continúa analizando las siguientes mejoras con gas natural, que es la que se dispone en el bloque de viviendas.

A partir de ahora se utilizará la herramienta que sirve como visor de los resultados de la HULC y en dicha herramienta se puede ver que partes del edificio provocan las pérdidas, ya bien sea las ventanas, los puentes térmicos, las paredes exteriores, suelos, cubiertas o la propia ventilación.

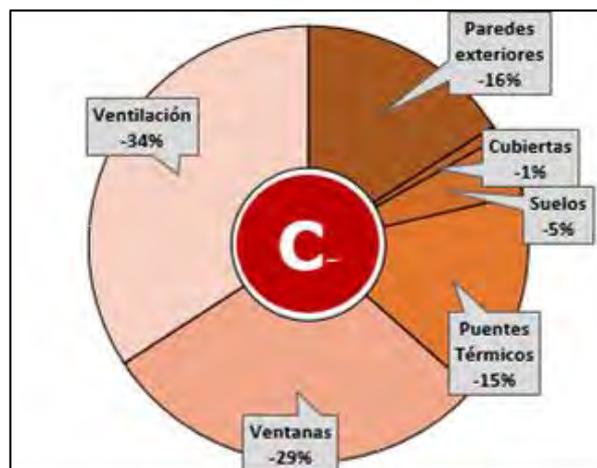


Gráfico XVII. Resultados obtenidos con el visualizador.



En el *Gráfico XVII* se aprecia que las ventanas son uno de los motivos junto con la ventilación de las pérdidas. Por eso, una vez se han mejorado los tabiques, se procede a modificar el acristalamiento de las ventanas y ver qué solución es la óptima.

3.4 MODIFICACIÓN DE LOS ACRISTALAMIENTOS

A continuación, se exponen las diferentes modificaciones en los acristalamientos llevadas a cabo.

3.4.1 Bajo emisivos

Se han pasado de tener ventanas con doble acristalamiento normal, a unas ventanas con doble acristalamiento de bajo emisivo y un marco PVC con dos cámaras aislantes, se espera que se mejora en bastante medida los resultados obtenidos hasta ahora ya que una modificación como la explicada ahora supone un cambio importante.

| | Calefacción | Refrigeración |
|---|-------------|---------------|
| Demanda del edificio objeto (kW·h/m ² ·año) | 46.42 | 0.75 |
| Demanda límite (kW·h/m ² ·año) | 28.77 | 15.00 |

Tabla XXXII. Revisión de los requisitos mínimos CTE-HE 1, Demanda anual.

Observamos que la demanda de calefacción del edificio objeto se ha reducido prácticamente la mitad, estos son buenos resultados ya que implican que se va por el buen camino para poder llegar a cumplir los requisitos del DB HE.

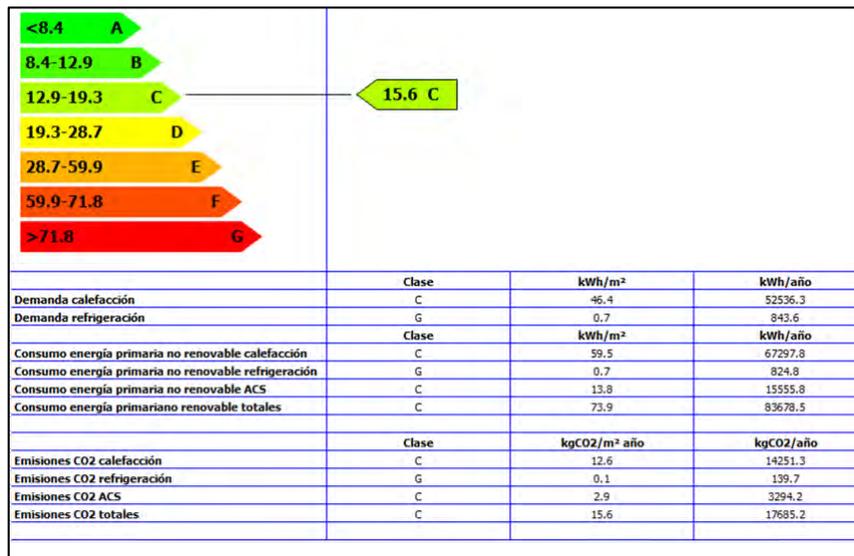
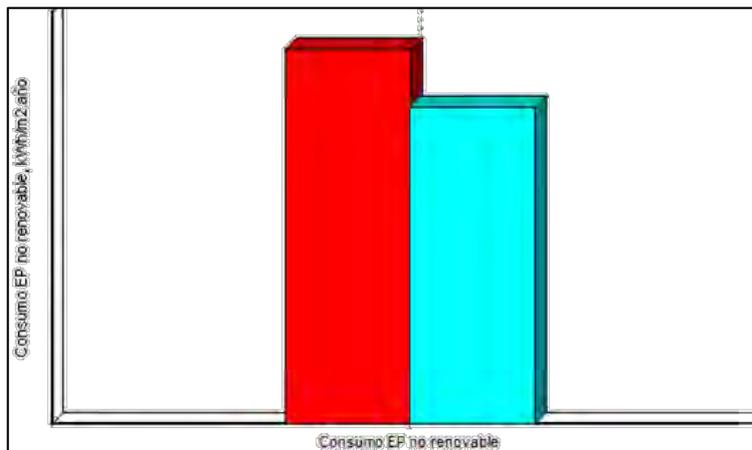


Gráfico XVIII. Certificación energética del edificio, indicador $kgCO_2/m^2 \cdot año$.



| | Consumo EP no renovable |
|--|-------------------------|
| Consumo EP no renovable del edificio Objeto ($kW \cdot h/m^2 \cdot año$) | 73.94 |
| Consumo EP no renovable límite ($kW \cdot h/m^2 \cdot año$) | 62.65 |

Gráfico XIX. Verificación de los requisitos mínimos del CTE-HE0.

Como se ha dicho, se han obtenido unos resultados que ya se acercan cada vez más a los que exige el CTE a través del DB HE.

3.4.2 Acristalamiento doble

Se va a probar con una ventana con doble acristalamiento 4-8-4 y marco de PVC, pero en este caso el marco con tres cámaras de aire. De primeras, sin resultados de por medio, se puede afirmar que esta nueva opción conlleva mejores resultados ya que, de alguna manera, se está mejorando el aislamiento térmico de cada uno de los acristalamientos.

Se obtienen los siguientes resultados:

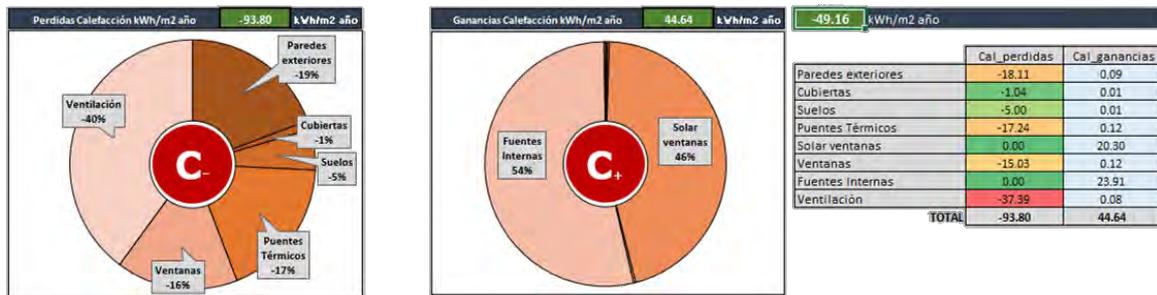


Gráfico XX. Resultados obtenidos con el visualizador.

Observándose una mejora considerable en cuanto a pérdidas debidas a las ventanas, de todas formas, vamos a probar con otro tipo de acristalamiento a ver si mejora o empeora.

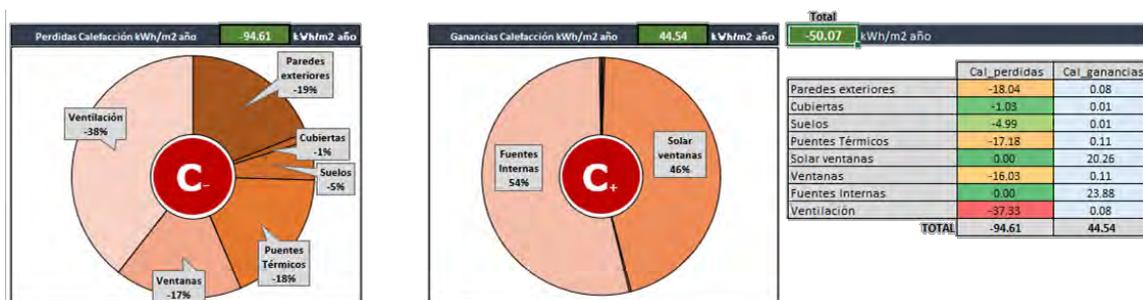


Gráfico XXI. Resultados obtenidos con el visualizador.

Observamos que empeora levemente, pasa de 15,03 a 16,03 kW·h/m²·año, por lo que esto indica que la configuración 4-12-4 y PVC con tres cámaras supera a esta última.

3.4.3 Mejora acristalamiento

En este caso, se ha pasado de un acristalamiento doble de 4-8-4- a uno de 4-12-4, opción que a priori es mas

Se obtienen los siguientes resultados:

| | Calefacción | Refrigeración |
|---|-------------|---------------|
| Demanda del edificio objeto (kW·h/m ² ·año) | 46.71 | 0.70 |
| Demanda límite (kW·h/m ² ·año) | 28.77 | 15.00 |

Tabla XXXIII. Revisión de los requisitos mínimos CTE-HE 1, Demanda anual.

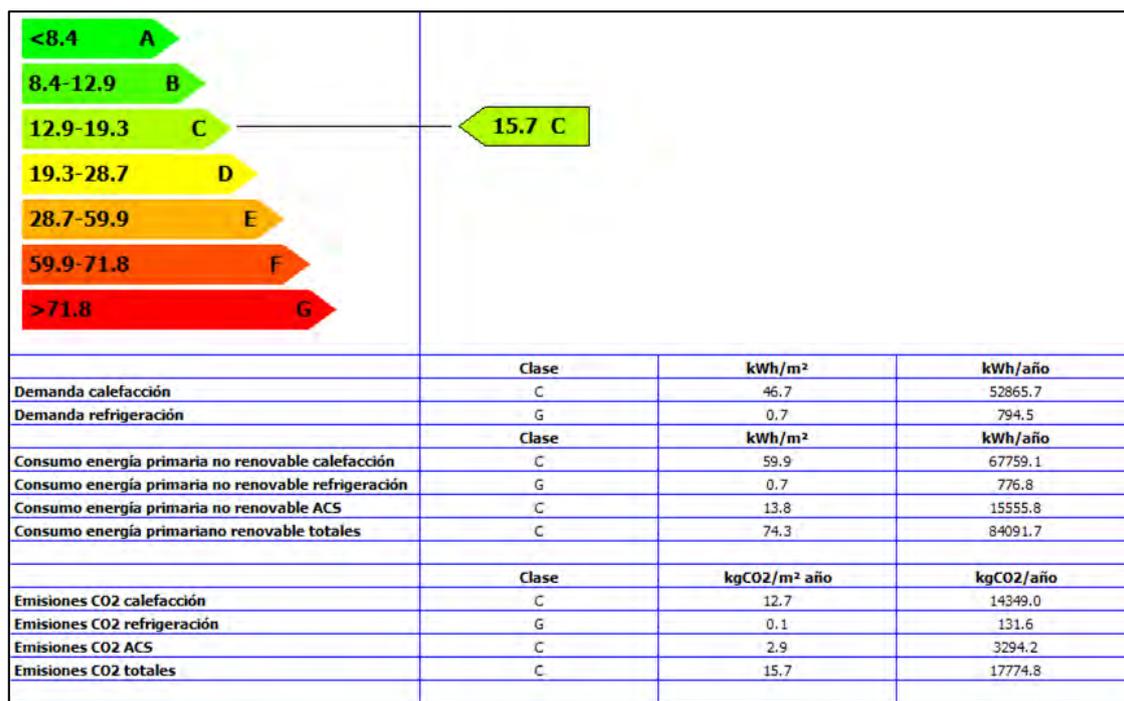


Gráfico XXII. Certificación energética del edificio, indicador kgCO₂/m²·año.

| | |
|--|-------------------------|
| | Consumo EP no renovable |
| Consumo EP no renovable del edificio Objeto (kW·h/m ² ·año) | 74.30 |
| Consumo EP no renovable límite (kW·h/m ² ·año) | 62.65 |

Gráfico XXIII. Verificación de los requisitos mínimos del CTE-HE0.

Se observa una mejora en las pérdidas debidas a las ventanas con respecto a veces anteriores considerable. Ahora el gran problema es el tema de ventilación, la cual contribuye al 40% de las pérdidas por calefacción con un total de 37.48 kW·h/m²·año, como se observa en el Gráfico XXIV.

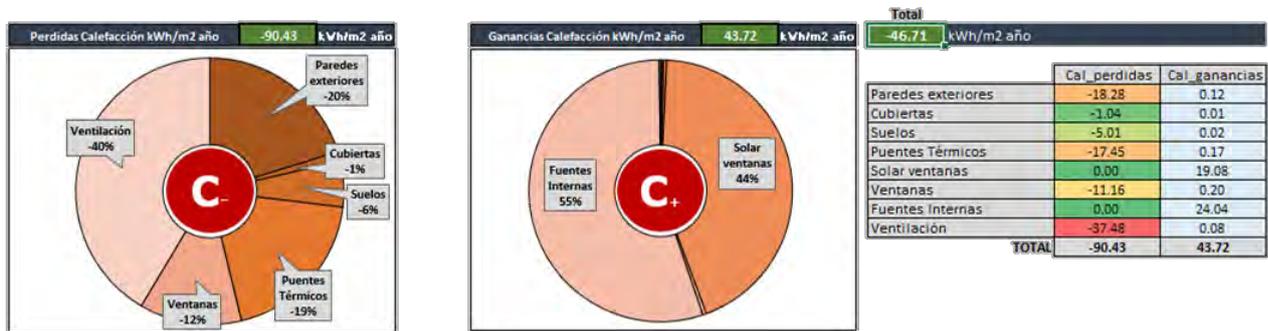


Gráfico XXI. Resultados obtenidos con el visualizador.

Por estos motivos finalmente se decide mejorar la ventilación mediante el uso de un sistema de ventilación. Como se ha explicado anteriormente esto se modelaría bajando las renovaciones de aire que vienen por defecto en la HULC.



3.5 MEJORA DE LA VENTILACIÓN

Se procede a reducir la ventilación a un valor de 0.4 ya que con un sistema de ventilación con recuperador de calor se puede llegar a reducir las renovaciones hasta un 40%, en nuestro caso eso significa que podríamos poner un valor de 0.378 renovaciones y seguiríamos dentro de ese 40%.

| | Calefacción | Refrigeración |
|---|-------------|---------------|
| Demanda del edificio objeto (kW·h/m ² ·año) | 28.85 | 0.74 |
| Demanda límite (kW·h/m ² ·año) | 28.77 | 15.00 |

Tabla XXXIV. Revisión de los requisitos mínimos CTE-HE 1, Demanda anual.

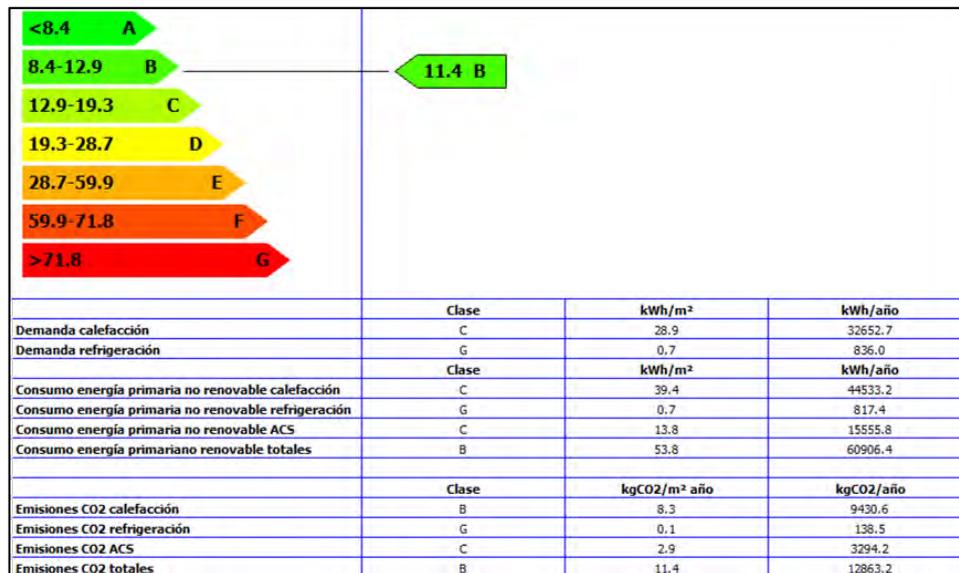
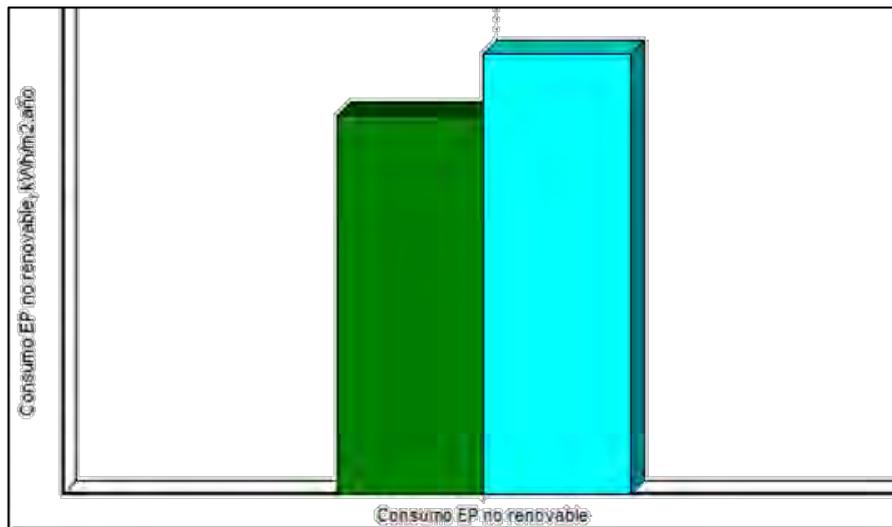


Gráfico XXII. Certificación energética del edificio, indicador kgCO₂/m²·año.



| | Consumo EP no renovable |
|---|-------------------------|
| Consumo EP no renovable del edificio Objeto (kW·h/m²·año) | 53.82 |
| Consumo EP no renovable límite (kW·h/m²·año) | 62.65 |

Gráfico XXIV. Verificación de los requisitos mínimos del CTE-HE0.

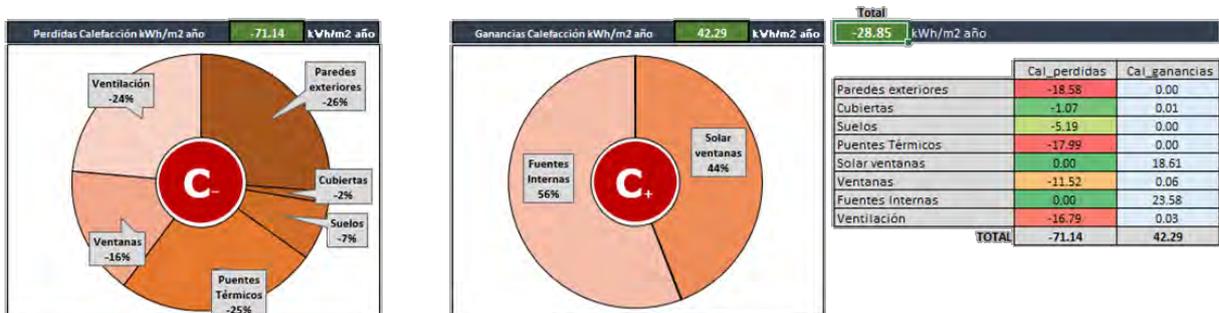
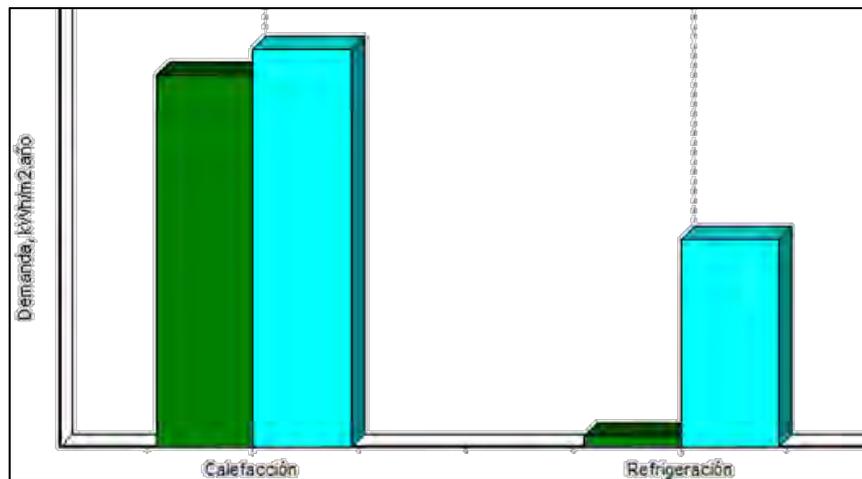


Gráfico XXV. Resultados obtenidos con el visualizador.

Los resultados que se observan son claramente mejores y sorprendentes reduciendo la demanda de calefacción a un valor próximo al que exige el CTE. Una vez se han tocado en bastantes puntos para ir mejorando el edificio energéticamente se decide hacer una última mejora.

3.6 MEJORA DE LOS MUROS EXTERIORES

A la vista de los resultados obtenidos vemos que una vez reducidas las pérdidas debidas a la ventilación a fin de obtener una calificación positiva se busca reducir los muros exteriores ya que actualmente contribuyen al 26% de las pérdidas de calefacción, por lo que se procederá a la mejora del muro exterior y acto seguido se verán los resultados. Dicha mejora en el muro exterior se puede consultar en el apartado 7.2.3 de la memoria del presente proyecto.



| | Calefacción | Refrigeración |
|--|-------------|---------------|
| Demanda del edificio objeto (kW·h/m²·año) | 26.96 | 0.77 |
| Demanda límite (kW·h/m²·año) | 28.77 | 15.00 |

Gráfico XXVI. Revisión de los requisitos mínimos CTE-HE 1, Demanda anual.

Finalmente se tiene un modelo que cumple los requisitos mínimos impuestos por el CTE. Esta mejora va ligada a un leve, muy leve, aumento de la demanda en la refrigeración, esto se puede deber a que, debido a la mejora del aislamiento de todo el edificio, al calor le es menos fácil salir al exterior y en épocas de verano puede ser un aspecto negativo.

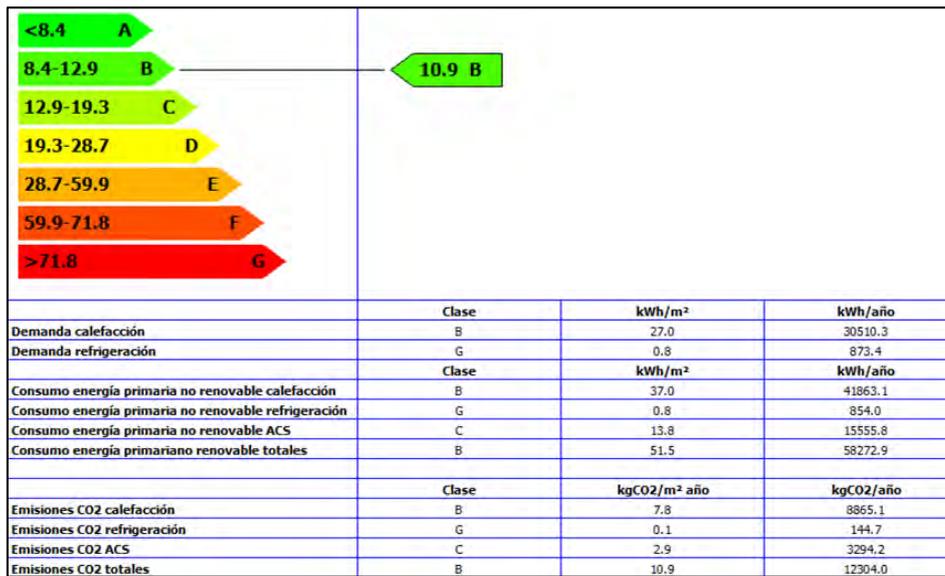
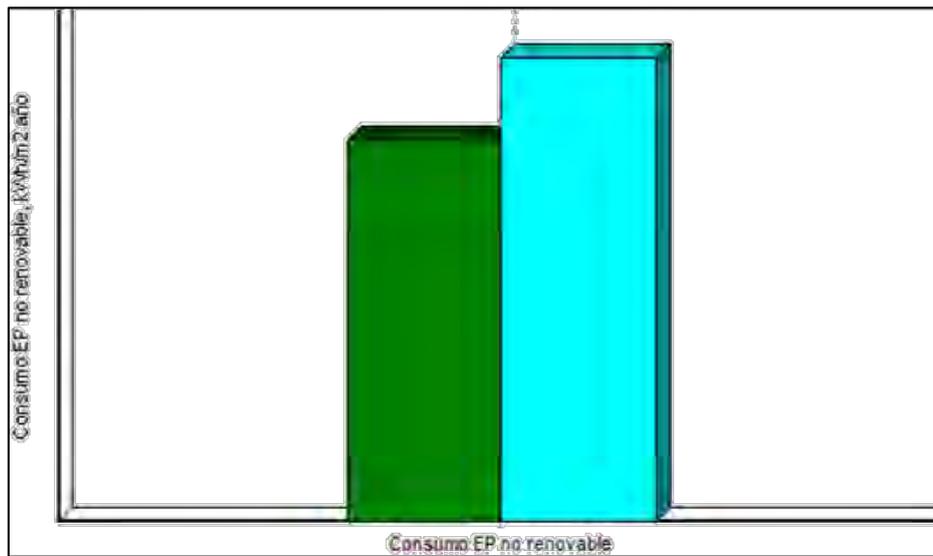


Gráfico XXVII. Certificación energética del edificio, indicador kgCO₂/m²·año



| | Consumo EP no renovable |
|--|-------------------------|
| Consumo EP no renovable del edificio Objeto (kW·h/m ² ·año) | 51.49 |
| Consumo EP no renovable límite (kW·h/m ² ·año) | 62.65 |

Gráfico XXVIII. Verificación de los requisitos mínimos del CTE-HE0.

Por lo que la última mejora de este proyecto y la única hasta la fecha que cumple el DB HE tiene las siguientes características en calefacción:

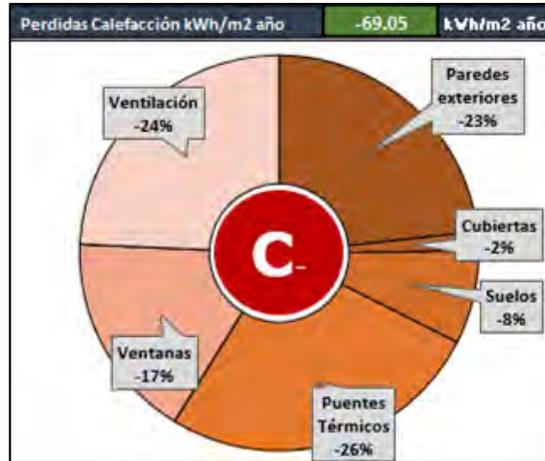


Gráfico XXVIII. Pérdidas Calefacción.

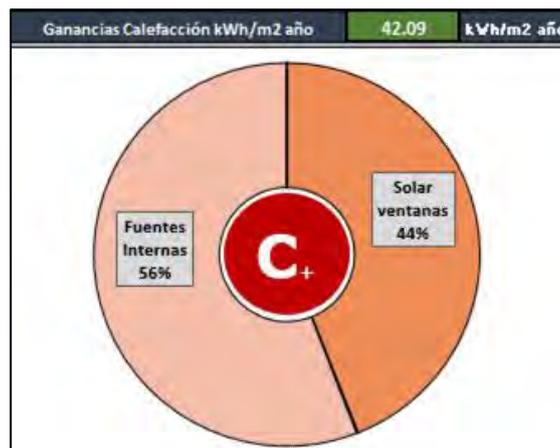


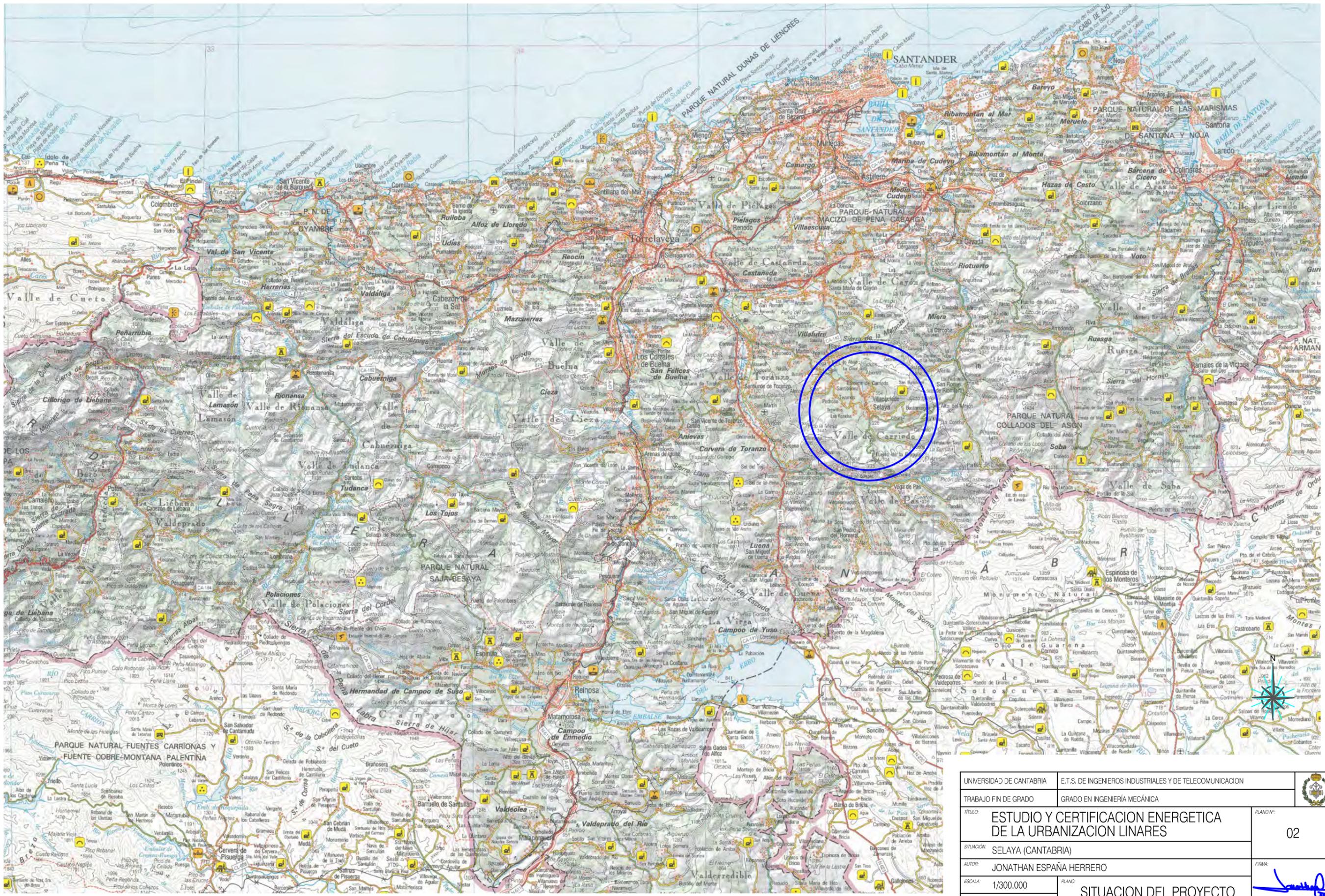
Gráfico XXIX. Pérdidas Calefacción.

| Total | | |
|--------------------|-------------------|---------------|
| | -26.96 kWh/m2 año | |
| | Cal_pérdidas | Cal_ganancias |
| Paredes exteriores | -16.07 | 0.00 |
| Cubiertas | -1.08 | 0.00 |
| Suelos | -5.25 | 0.00 |
| Puentes Térmicos | -18.19 | 0.00 |
| Solar ventanas | 0.00 | 18.51 |
| Ventanas | -11.68 | 0.05 |
| Fuentes Internas | 0.00 | 23.50 |
| Ventilación | -16.77 | 0.03 |
| TOTAL | -69.05 | 42.09 |

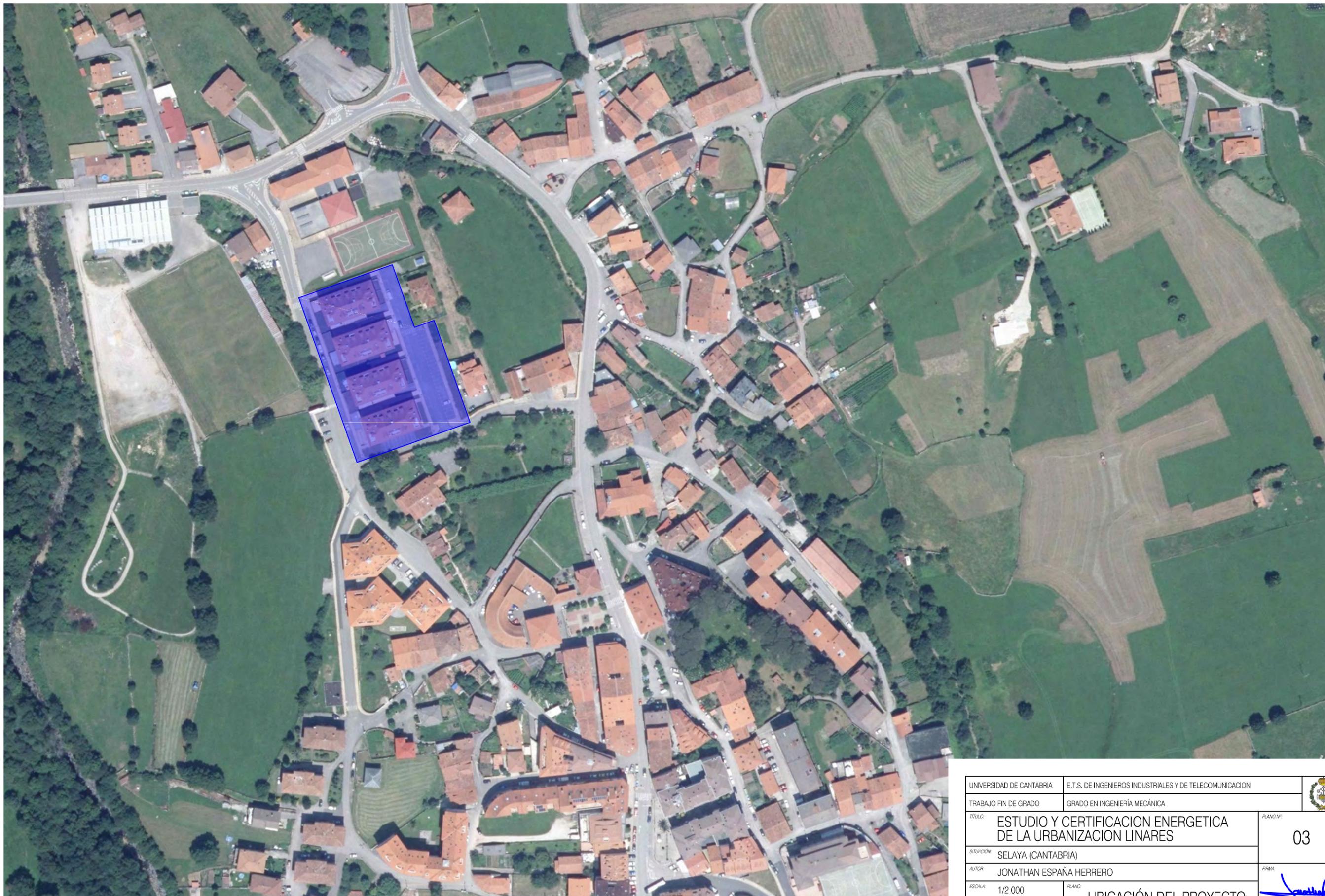
Tabla XXXV. Tabla resumen calefacción.



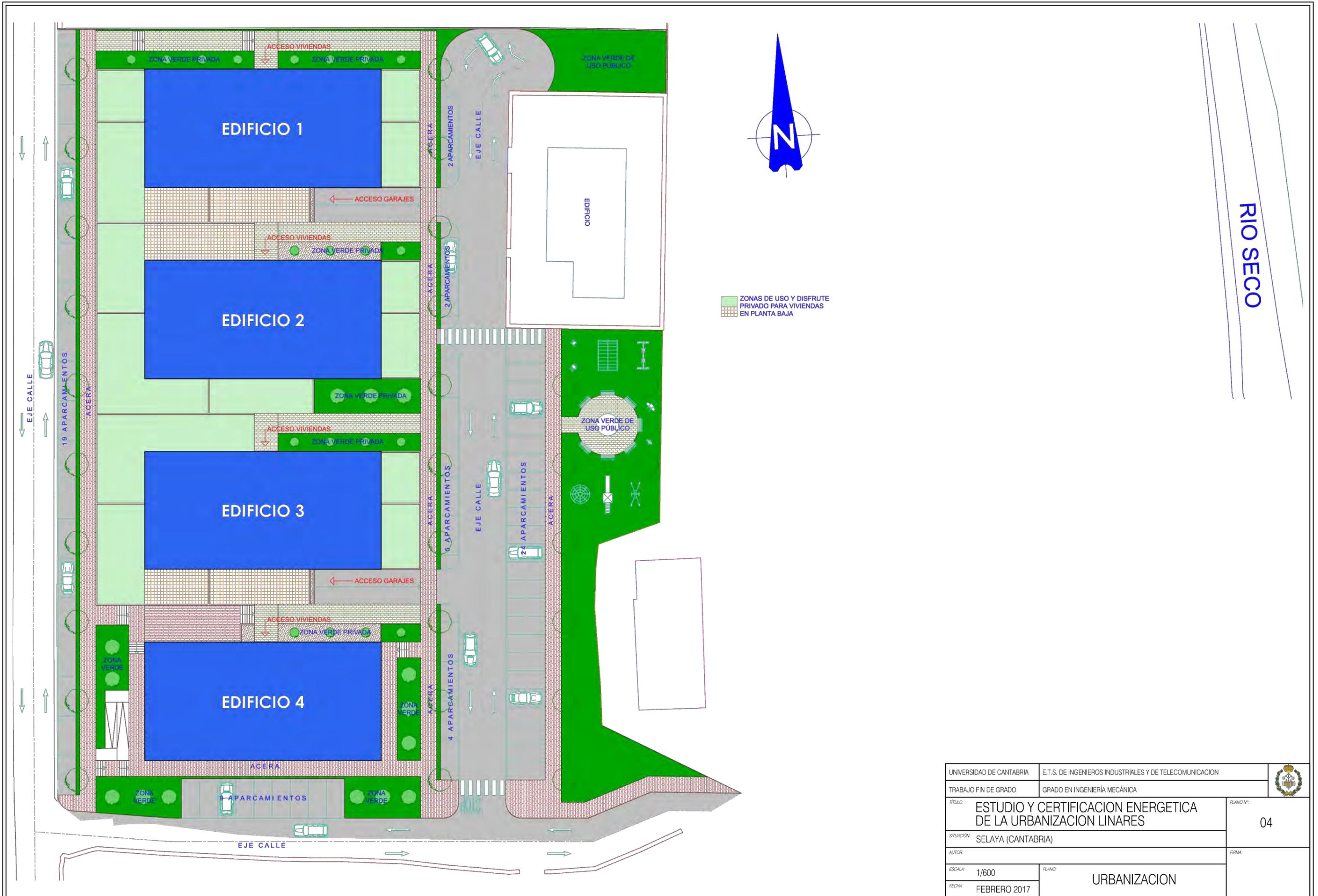
PLANOS



| | | | | |
|--|--|---|--|--|
| UNIVERSIDAD DE CANTABRIA | | E.T.S. DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACION | |  |
| TRABAJO FIN DE GRADO | | GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA | | |
| TÍTULO: ESTUDIO Y CERTIFICACION ENERGETICA DE LA URBANIZACION LINARES | | | | PLANO N.º: 02 |
| SITUACION: SELAYA (CANTABRIA) | | | | |
| AUTOR: JONATHAN ESPAÑA HERRERO | | | | FIRMA:  |
| ESCALA: 1/300.000 | | PLANO: SITUACION DEL PROYECTO | | |
| FECHA: FEBRERO 2017 | | | | |



| | | |
|--------------------------|---|---|
| UNIVERSIDAD DE CANTABRIA | E.T.S. DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACION |  |
| TRABAJO FIN DE GRADO | GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA | |
| TÍTULO: | ESTUDIO Y CERTIFICACION ENERGETICA DE LA URBANIZACION LINARES | |
| SITUACION: | SELAYA (CANTABRIA) | PLANO N.º: 03 |
| AUTOR: | JONATHAN ESPAÑA HERRERO | FIRMA: |
| ESCALA: | 1/2.000 | UBICACIÓN DEL PROYECTO  |
| FECHA: | FEBRERO 2017 | |

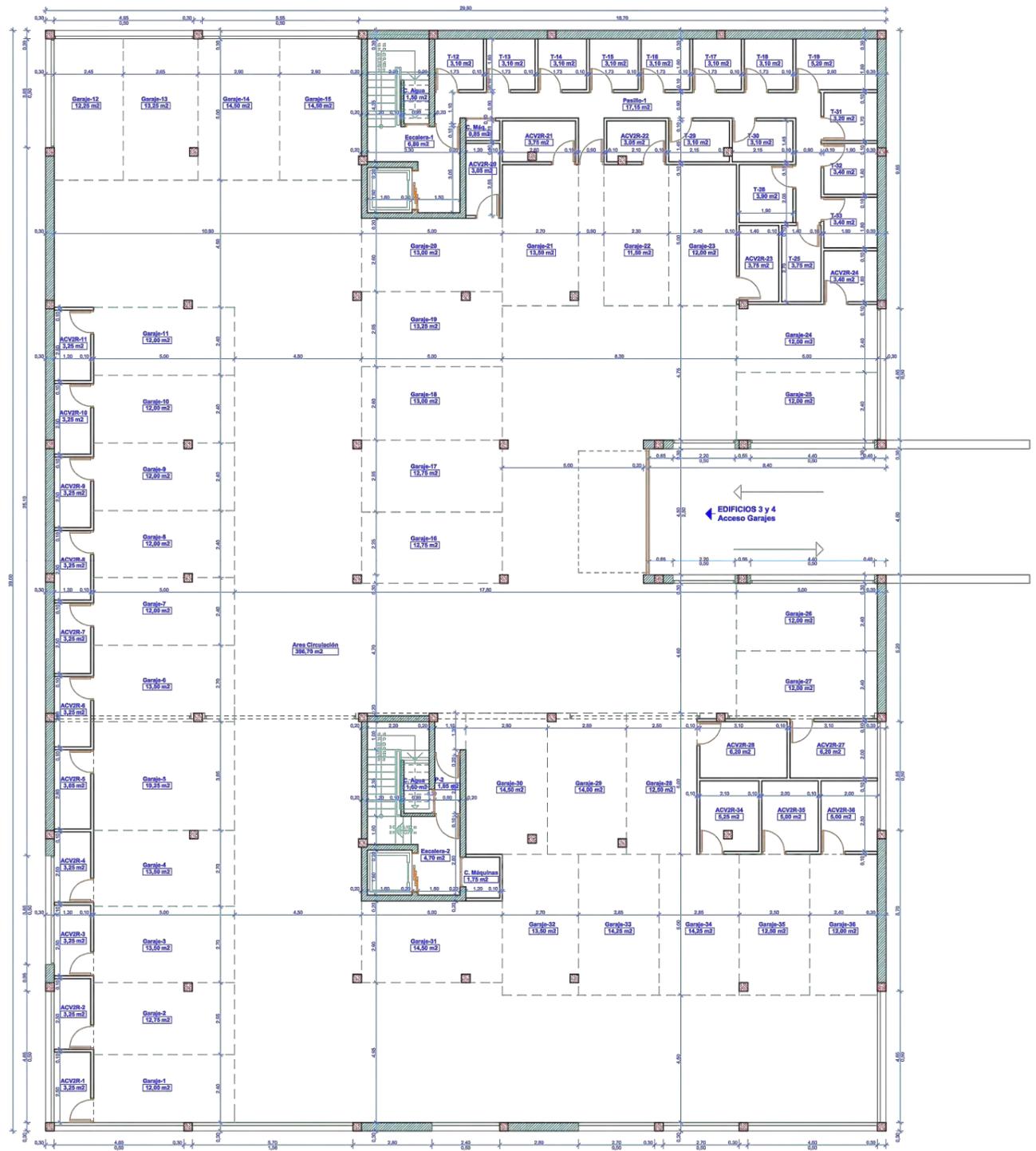


RIO SECO

| | | |
|--------------------------|---|---|
| UNIVERSIDAD DE CANTABRIA | E.T.S. DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACION |  |
| TRABAJO FIN DE GRADO | GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA | |
| TÍTULO: | ESTUDIO Y CERTIFICACION ENERGETICA DE LA URBANIZACION LINARES | PLANO N.º: 04 |
| SITUACION: | SELAYA (CANTABRIA) | |
| AUTOR: | | FRMA: |
| ESCALA: 1/600 | PLANO: URBANIZACION | |
| FECHA: FEBRERO 2017 | | |

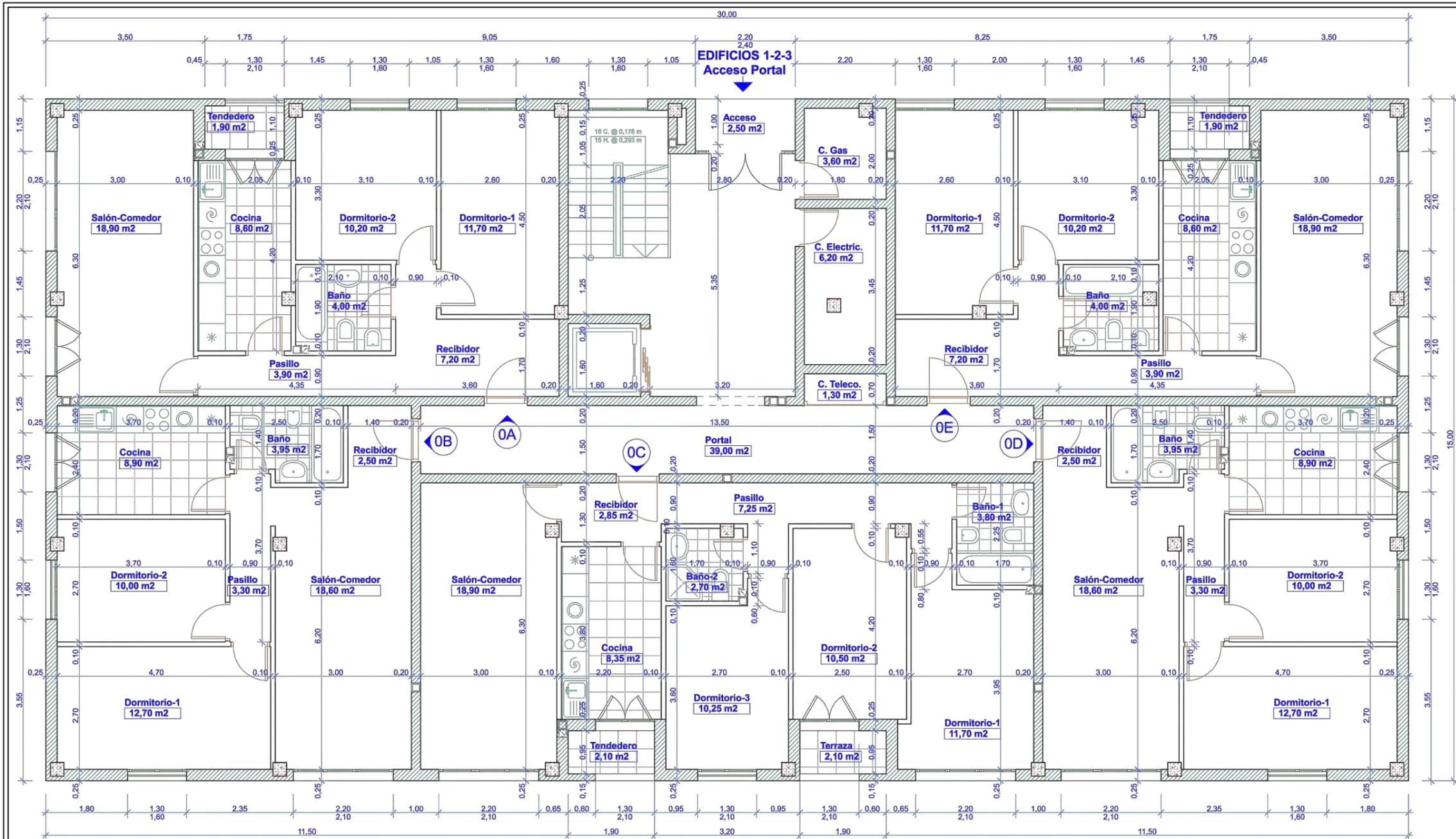


PLANTA SOTANO
(Edificios 1 y 2)



PLANTA SOTANO
(Edificios 3 y 4)

| | | |
|---|---|---|
| UNIVERSIDAD DE CANTABRIA | E.T.S. DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACION |  |
| TRABAJO FIN DE GRADO | GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA | |
| TÍTULO: ESTUDIO Y CERTIFICACION ENERGETICA DE LA URBANIZACION LINARES | | PLANO Nº: 05 |
| SITUACION: SELAYA (CANTABRIA) | | FIRMA: |
| AUTOR: | ESCALA: 1/200 | PLANTA SOTANO |
| FECHA: FEBRERO 2017 | PLANO: | |



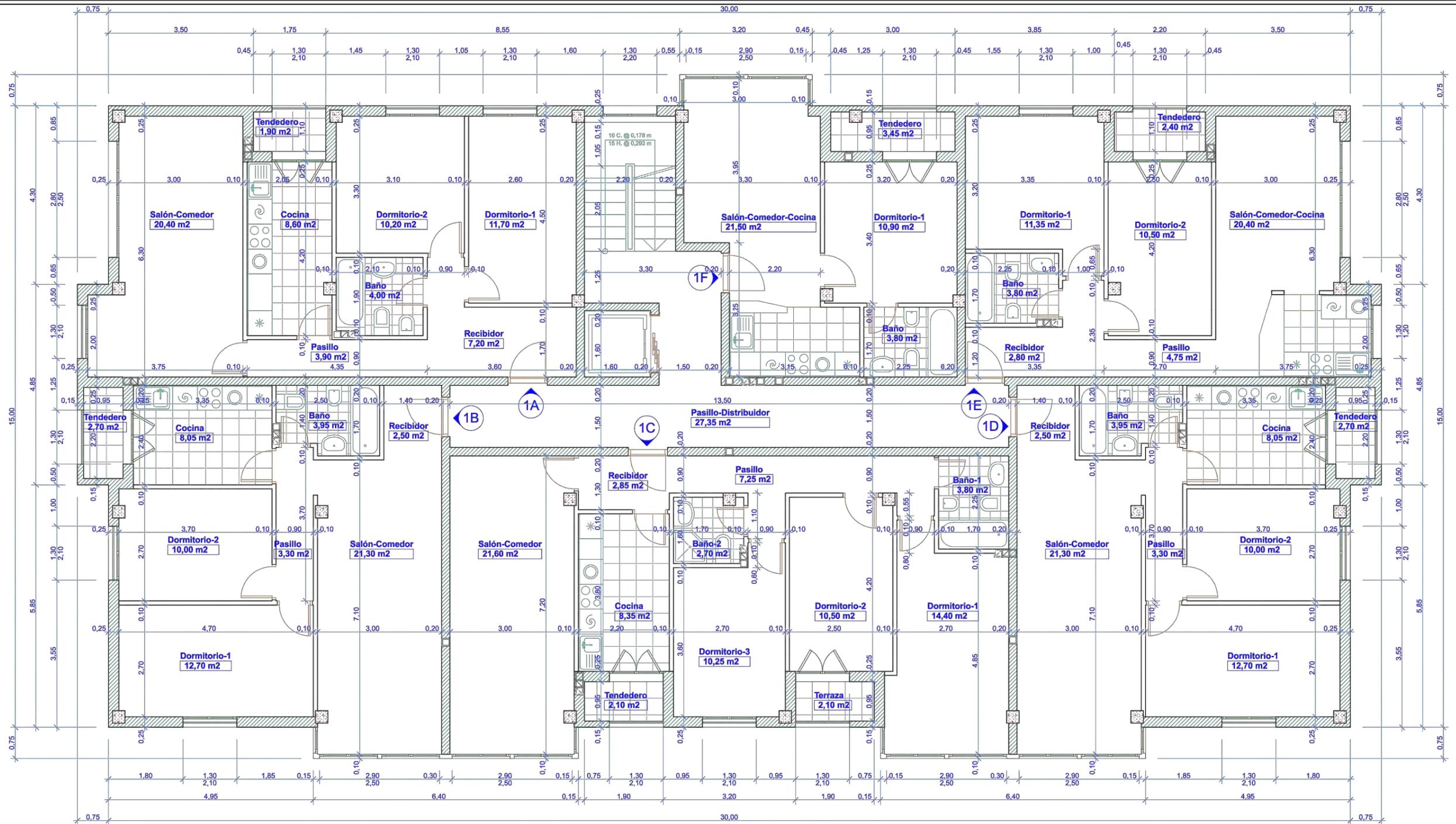
| CUADRO GENERAL DE SUPERFICIES | | SUPERFICIE CONSTRUIDA PROYECTO | SUPERFICIE COMPUTABLE PROYECTO |
|-------------------------------|-----------------|--------------------------------|--------------------------------|
| PLANTA SOTANO | EDIFICIO 1 y 2 | 1.124,40 m² | 0,00 m² |
| | EDIFICIO 3 y 4 | 1.124,40 m² | 0,00 m² |
| Total p. sótano | | 2.248,80 m² | 0,00 m² |
| PLANTA BAJA | EDIFICIO 1 | 450,00 m² | 450,00 m² |
| | EDIFICIO 2 | 450,00 m² | 450,00 m² |
| | EDIFICIO 3 | 450,00 m² | 450,00 m² |
| | EDIFICIO 4 | 450,00 m² | 372,00 m² |
| | Total p. Baja | 1.800,00 m² | 1.722,00 m² |
| PLANTA PRIMERA | EDIFICIO 1 | 469,25 m² | 469,25 m² |
| | EDIFICIO 2 | 469,25 m² | 469,25 m² |
| | EDIFICIO 3 | 469,25 m² | 469,25 m² |
| | EDIFICIO 4 | 469,25 m² | 469,25 m² |
| | Total p. 1ª | 1.877,00 m² | 1.877,00 m² |
| PLANTA SEGUNDA | EDIFICIO 1 | 469,25 m² | 469,25 m² |
| | EDIFICIO 2 | 469,25 m² | 469,25 m² |
| | EDIFICIO 3 | 469,25 m² | 469,25 m² |
| | EDIFICIO 4 | 469,25 m² | 469,25 m² |
| | Total p. 2ª | 1.877,00 m² | 1.877,00 m² |
| PLANTA B/CUBIERTA | EDIFICIO 1 | 236,80 m² | 0,00 m² |
| | EDIFICIO 2 | 236,80 m² | 0,00 m² |
| | EDIFICIO 3 | 236,80 m² | 0,00 m² |
| | EDIFICIO 4 | 236,80 m² | 0,00 m² |
| | Total p. b/cub. | 947,20 m² | 0,00 m² |
| SUPERFICIE TOTAL PROYECTO | | 8.750,00 m² | 5.476,00 m² |

| EDIFICIO 1-2-3 | TIPO | NUMERO DE VIVIENDAS | SUPERFICIE UTIL | SUPERFICIE CONSTRUIDA | SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDA |
|---|------|---------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------|
| OA* | | 3 | 66,40 m² | 75,80 m² | 227,40 m² |
| OB* | | 3 | 59,95 m² | 68,05 m² | 204,15 m² |
| OC* | | 3 | 80,50 m² | 91,10 m² | 273,30 m² |
| OD* | | 3 | 59,95 m² | 68,05 m² | 204,15 m² |
| OE* | | 3 | 66,40 m² | 75,80 m² | 227,40 m² |
| 1A | | 3 | 67,90 m² | 77,55 m² | 232,65 m² |
| 1B - 1D | | 6 | 64,50 m² | 72,30 m² | 433,80 m² |
| 1C | | 3 | 85,90 m² | 95,90 m² | 287,70 m² |
| 1E | | 3 | 56,00 m² | 64,25 m² | 192,75 m² |
| 1F | | 3 | 39,65 m² | 44,05 m² | 132,15 m² |
| 2A | | 3 | 67,90 m² | 77,55 m² | 232,65 m² |
| Dúplex 2B - 2E | | 6 | 96,80 m² | 109,60 m² + 9,90 m² terraza | 657,60 m² |
| Dúplex 2C - 2D | | 6 | 87,95 m² | 101,95 m² + 6,50 m² terraza | 611,70 m² |
| 2F | | 3 | 56,00 m² | 64,25 m² | 192,75 m² |
| Dúplex 2G | | 3 | 84,30 m² | 98,25 m² | 294,75 m² |
| SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDA EN VIVIENDAS | | | | | 4.405,50 m² |
| SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDA EN ZONAS COMUNES | | | | | 470,40 m² |
| SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDO EN EDIFICIO 1, 2 Y 3: | | | | | 4.875,90 m² |

(*) Área de uso y disfrute privado aproximada

| CUADRO DE SUPERFICIES POR USOS | VIVIENDAS | ZONAS COMUNES O SOPORTAL | GARAJES O LOCALES COM. | SUPERFICIE CONSTRUIDA |
|--------------------------------|-------------|--------------------------|------------------------|-----------------------|
| EDIFICIO 1 Y EDIFICIO 2 | 0,00 m² | 0,00 m² | 1.124,40 m² | 1.124,40 m² |
| EDIFICIO 3 Y EDIFICIO 4 | 0,00 m² | 0,00 m² | 1.124,40 m² | 1.124,40 m² |
| EDIFICIO 1 | 1.468,50 m² | 156,80 m² | 0,00 m² | 1.625,30 m² |
| EDIFICIO 2 | 1.468,50 m² | 156,80 m² | 0,00 m² | 1.625,30 m² |
| EDIFICIO 3 | 1.468,50 m² | 156,80 m² | 0,00 m² | 1.625,30 m² |
| EDIFICIO 4 | 1.089,70 m² | 211,50 m² | 324,10 m² | 1.625,30 m² |
| TOTAL CONSTRUIDO EN PROYECTO | 5.495,20 m² | 681,90 m² | 2.572,90 m² | 8.750,00 m² |

| | | |
|--------------------------|---|---|
| UNIVERSIDAD DE CANTABRIA | E.T.S. DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACION |  |
| TRABAJO FIN DE GRADO | GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA | |
| TÍTULO: | ESTUDIO Y CERTIFICACION ENERGETICA DE LA URBANIZACION LINARES | PLANO Nº: 06 |
| SITUACION: | SELAYA (CANTABRIA) | |
| AUTOR: | | FIRMA: |
| ESCALA: | 1/100 | PLANO |
| FECHA: | FEBRERO 2017 | PLANTA BAJA |



| EDIFICIO 1-2-3 | TIPO | NUMERO DE VIVIENDAS | SUPERFICIE UTIL | SUPERFICIE CONSTRUIDA | SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDA |
|---|------|---------------------|-------------------------|---|-----------------------------|
| OA* | 3 | 3 | 66,40 m ² | 75,80 m ² | 227,40 m ² |
| OB* | 3 | 3 | 59,95 m ² | 68,05 m ² | 204,15 m ² |
| OC* | 3 | 3 | 80,50 m ² | 91,10 m ² | 273,30 m ² |
| OD* | 3 | 3 | 59,95 m ² | 68,05 m ² | 204,15 m ² |
| OE* | 3 | 3 | 66,40 m ² | 75,80 m ² | 227,40 m ² |
| 1A | 3 | 3 | 67,90 m ² | 77,55 m ² | 232,65 m ² |
| 1B - 1D | 6 | 6 | 64,50 m ² | 72,30 m ² | 433,80 m ² |
| 1C | 3 | 3 | 85,90 m ² | 95,90 m ² | 287,70 m ² |
| 1E | 3 | 3 | 56,00 m ² | 64,25 m ² | 192,75 m ² |
| 1F | 3 | 3 | 39,65 m ² | 44,05 m ² | 132,15 m ² |
| 2A | 3 | 3 | 67,90 m ² | 77,55 m ² | 232,65 m ² |
| Dúplex 2B - 2E | 6 | 6 | 96,80 m ² | 109,60 m ² + 9,90 m ² terraza | 657,60 m ² |
| Dúplex 2C - 2D | 6 | 6 | 87,95 m ² | 101,95 m ² + 6,50 m ² terraza | 611,70 m ² |
| 2F | 3 | 3 | 56,00 m ² | 64,25 m ² | 192,75 m ² |
| Dúplex 2G | 3 | 3 | 84,30 m ² | 98,25 m ² | 294,75 m ² |
| SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDA EN VIVIENDAS | | | 4.405,50 m ² | | |
| SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDA EN ZONAS COMUNES | | | 470,40 m ² | | |
| SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDO EN EDIFICIO 1, 2 Y 3: | | | 4.875,90 m ² | | |

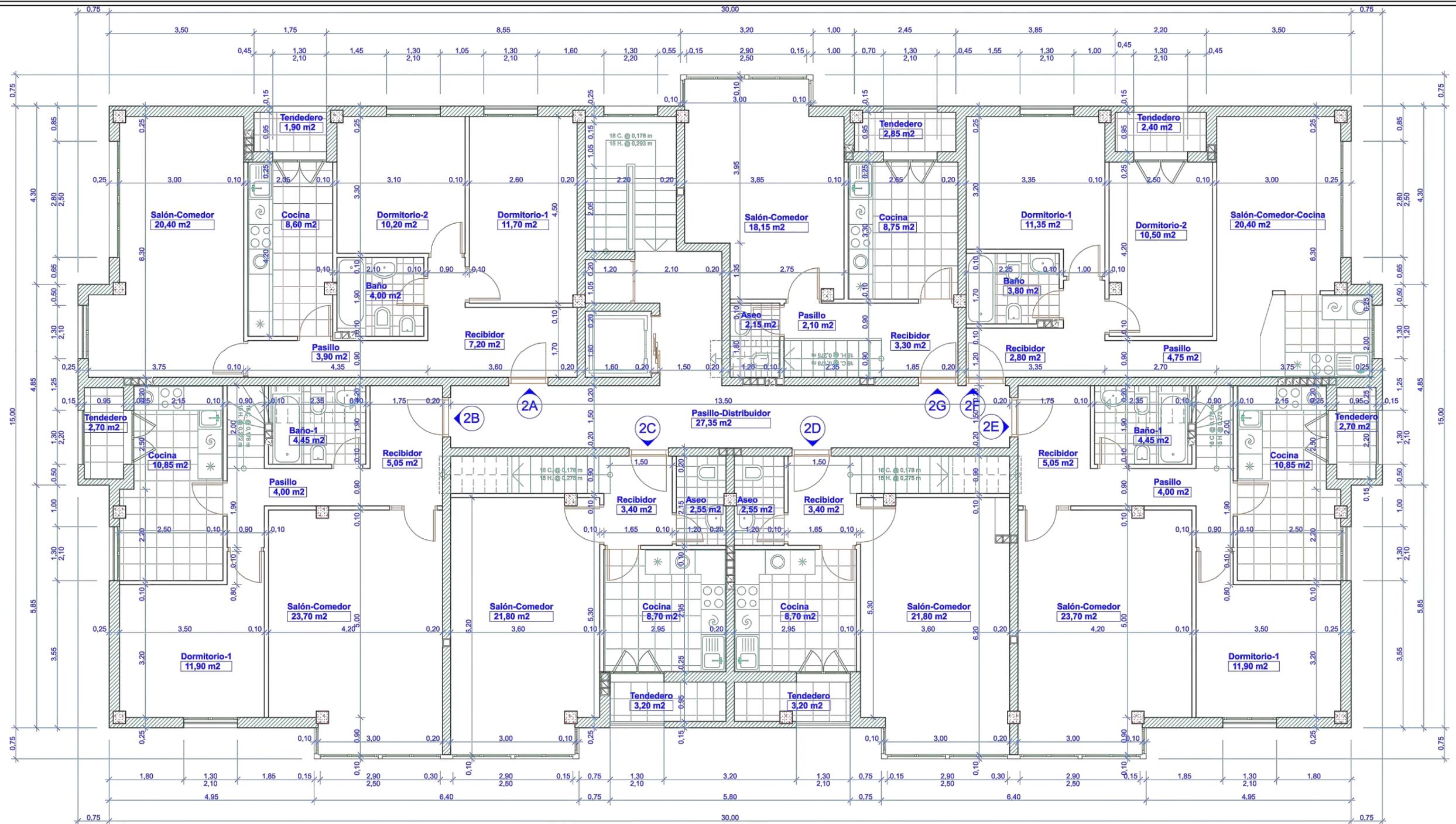
(*) Área de uso y disfrute privado aproximada

| EDIFICIO 4 | TIPO | NUMERO DE VIVIENDAS | SUPERFICIE UTIL | SUPERFICIE CONSTRUIDA | SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDA |
|--|------|---------------------|-------------------------|---|-----------------------------|
| 1A | 1 | 1 | 67,90 m ² | 77,55 m ² | 77,55 m ² |
| 1B - 1D | 2 | 2 | 64,50 m ² | 72,30 m ² | 144,60 m ² |
| 1C | 1 | 1 | 85,90 m ² | 95,90 m ² | 95,90 m ² |
| 1E | 1 | 1 | 56,00 m ² | 64,25 m ² | 64,25 m ² |
| 1F | 1 | 1 | 39,65 m ² | 44,05 m ² | 44,05 m ² |
| 2A | 1 | 1 | 67,90 m ² | 77,55 m ² | 77,55 m ² |
| Dúplex 2B - 2E | 2 | 2 | 96,80 m ² | 109,60 m ² + 9,90 m ² terraza | 219,20 m ² |
| Dúplex 2C - 2D | 2 | 2 | 87,95 m ² | 101,95 m ² + 6,50 m ² terraza | 203,90 m ² |
| 2F | 1 | 1 | 56,00 m ² | 64,25 m ² | 64,25 m ² |
| Dúplex 2G | 1 | 1 | 84,30 m ² | 98,25 m ² | 98,25 m ² |
| SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDA EN VIVIENDAS | | | 1.089,70 m ² | | |
| SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDA EN ZONAS COMUNES | | | 133,50 m ² | | |
| SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDA EN LOCALES COMERCIALES | | | 324,10 m ² | | |
| SUPERFICIE CONSTRUIDA EN SOPORTAL | | | 78,00 m ² | | |
| SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDO EN EDIFICIO - 4: | | | 1.625,30 m ² | | |

(*) Área de uso y disfrute privado aproximada

| CUADRO DE SUPERFICIES POR USOS | VIVIENDAS | ZONAS COMUNES O SOPORTAL | GARAJES O LOCALES COM. | SUPERFICIE CONSTRUIDA |
|--------------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| EDIFICIO 1 Y EDIFICIO 2 | 0,00 m ² | 0,00 m ² | 1.124,40 m ² | 1.124,40 m ² |
| EDIFICIO 3 Y EDIFICIO 4 | 0,00 m ² | 0,00 m ² | 1.124,40 m ² | 1.124,40 m ² |
| EDIFICIO 1 | 1.468,50 m ² | 156,80 m ² | 0,00 m ² | 1.625,30 m ² |
| EDIFICIO 2 | 1.468,50 m ² | 156,80 m ² | 0,00 m ² | 1.625,30 m ² |
| EDIFICIO 3 | 1.468,50 m ² | 156,80 m ² | 0,00 m ² | 1.625,30 m ² |
| EDIFICIO 4 | 1.089,70 m ² | 211,50 m ² | 324,10 m ² | 1.625,30 m ² |
| TOTAL CONSTRUIDO EN PROYECTO | 5.495,20 m ² | 681,90 m ² | 2.572,90 m ² | 8.750,00 m ² |

| | | |
|---|---|--------------|
| UNIVERSIDAD DE CANTABRIA | E.T.S. DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACION | |
| TRABAJO FIN DE GRADO | GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA | |
| TÍTULO: ESTUDIO Y CERTIFICACION ENERGETICA DE LA URBANIZACION LINARES | | PLANO Nº: 07 |
| SITUACION: SELAYA (CANTABRIA) | | FIRMA: |
| ESCALA: 1/100 | PLANO: PLANTA PRIMERA | |
| FECHA: FEBRERO 2017 | | |



| EDIFICIO 1-2-3 | NUMERO DE VIVIENDAS | SUPERFICIE UTIL | SUPERFICIE CONSTRUIDA | SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDA |
|---|---------------------|----------------------|---|-----------------------------|
| 0A' | 3 | 66,40 m ² | 75,80 m ² | 227,40 m ² |
| 0B' | 3 | 59,95 m ² | 68,05 m ² | 204,15 m ² |
| 0C' | 3 | 80,50 m ² | 91,10 m ² | 273,30 m ² |
| 0D' | 3 | 59,95 m ² | 68,05 m ² | 204,15 m ² |
| 0E' | 3 | 66,40 m ² | 75,80 m ² | 227,40 m ² |
| 1A | 3 | 67,90 m ² | 77,55 m ² | 232,65 m ² |
| 1B - 1D | 6 | 64,50 m ² | 72,30 m ² | 433,80 m ² |
| 1C | 3 | 85,90 m ² | 95,90 m ² | 287,70 m ² |
| 1E | 3 | 56,00 m ² | 64,25 m ² | 192,75 m ² |
| 1F | 3 | 39,65 m ² | 44,05 m ² | 132,15 m ² |
| 2A | 3 | 67,90 m ² | 77,55 m ² | 232,65 m ² |
| Dúplex 2B - 2E | 6 | 96,80 m ² | 109,60 m ² + 9,90 m ² terraza | 657,60 m ² |
| Dúplex 2C - 2D | 6 | 87,95 m ² | 101,95 m ² + 6,50 m ² terraza | 611,70 m ² |
| 2F | 3 | 56,00 m ² | 64,25 m ² | 192,75 m ² |
| Dúplex 2G | 3 | 84,30 m ² | 98,25 m ² | 294,75 m ² |
| SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDA EN VIVIENDAS | | | | 4.405,50 m ² |
| SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDA EN ZONAS COMUNES | | | | 470,40 m ² |
| SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDO EN EDIFICIO 1, 2 Y 3: | | | | 4.875,90 m ² |

(*) Área de uso y disfrute privado aproximada

| EDIFICIO 4 | NUMERO DE VIVIENDAS | SUPERFICIE UTIL | SUPERFICIE CONSTRUIDA | SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDA |
|--|---------------------|----------------------|---|-----------------------------|
| 1A | 1 | 67,90 m ² | 77,55 m ² | 77,55 m ² |
| 1B - 1D | 2 | 64,50 m ² | 72,30 m ² | 144,60 m ² |
| 1C | 1 | 85,90 m ² | 95,90 m ² | 95,90 m ² |
| 1E | 1 | 56,00 m ² | 64,25 m ² | 64,25 m ² |
| 1F | 1 | 39,65 m ² | 44,05 m ² | 44,05 m ² |
| 2A | 1 | 67,90 m ² | 77,55 m ² | 77,55 m ² |
| Dúplex 2B - 2E | 2 | 96,80 m ² | 109,60 m ² + 9,90 m ² terraza | 219,20 m ² |
| Dúplex 2C - 2D | 2 | 87,95 m ² | 101,95 m ² + 6,50 m ² terraza | 203,90 m ² |
| 2F | 1 | 56,00 m ² | 64,25 m ² | 64,25 m ² |
| Dúplex 2G | 1 | 84,30 m ² | 98,25 m ² | 98,25 m ² |
| SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDA EN VIVIENDAS | | | | 1.089,70 m ² |
| SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDA EN ZONAS COMUNES | | | | 133,50 m ² |
| SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDA EN LOCALES COMERCIALES | | | | 324,10 m ² |
| SUPERFICIE CONSTRUIDA EN SOPORTAL | | | | 78,00 m ² |
| SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDO EN EDIFICIO - 4: | | | | 1.625,30 m ² |

(*) Área de uso y disfrute privado aproximada

| CUADRO DE SUPERFICIES POR USOS | VIVIENDAS | ZONAS COMUNES O SOPORTAL | GARAJES O LOCALES COM. | SUPERFICIE CONSTRUIDA |
|--------------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| EDIFICIO 1 Y EDIFICIO 2 | 0,00 m ² | 0,00 m ² | 1.124,40 m ² | 1.124,40 m ² |
| EDIFICIO 3 Y EDIFICIO 4 | 0,00 m ² | 0,00 m ² | 1.124,40 m ² | 1.124,40 m ² |
| EDIFICIO 1 | 1.468,50 m ² | 156,80 m ² | 0,00 m ² | 1.625,30 m ² |
| EDIFICIO 2 | 1.468,50 m ² | 156,80 m ² | 0,00 m ² | 1.625,30 m ² |
| EDIFICIO 3 | 1.468,50 m ² | 156,80 m ² | 0,00 m ² | 1.625,30 m ² |
| EDIFICIO 4 | 1.089,70 m ² | 211,50 m ² | 324,10 m ² | 1.625,30 m ² |
| TOTAL CONSTRUIDO EN PROYECTO | 5.495,20 m ² | 681,90 m ² | 2.572,90 m ² | 8.750,00 m ² |

| | |
|--------------------------|---|
| UNIVERSIDAD DE CANTABRIA | E.T.S. DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACION |
| TRABAJO FIN DE GRADO | GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA |



TÍTULO: ESTUDIO Y CERTIFICACION ENERGETICA DE LA URBANIZACION LINARES

PLANO Nº:

08

SITUACION: SELAYA (CANTABRIA)

AUTOR:

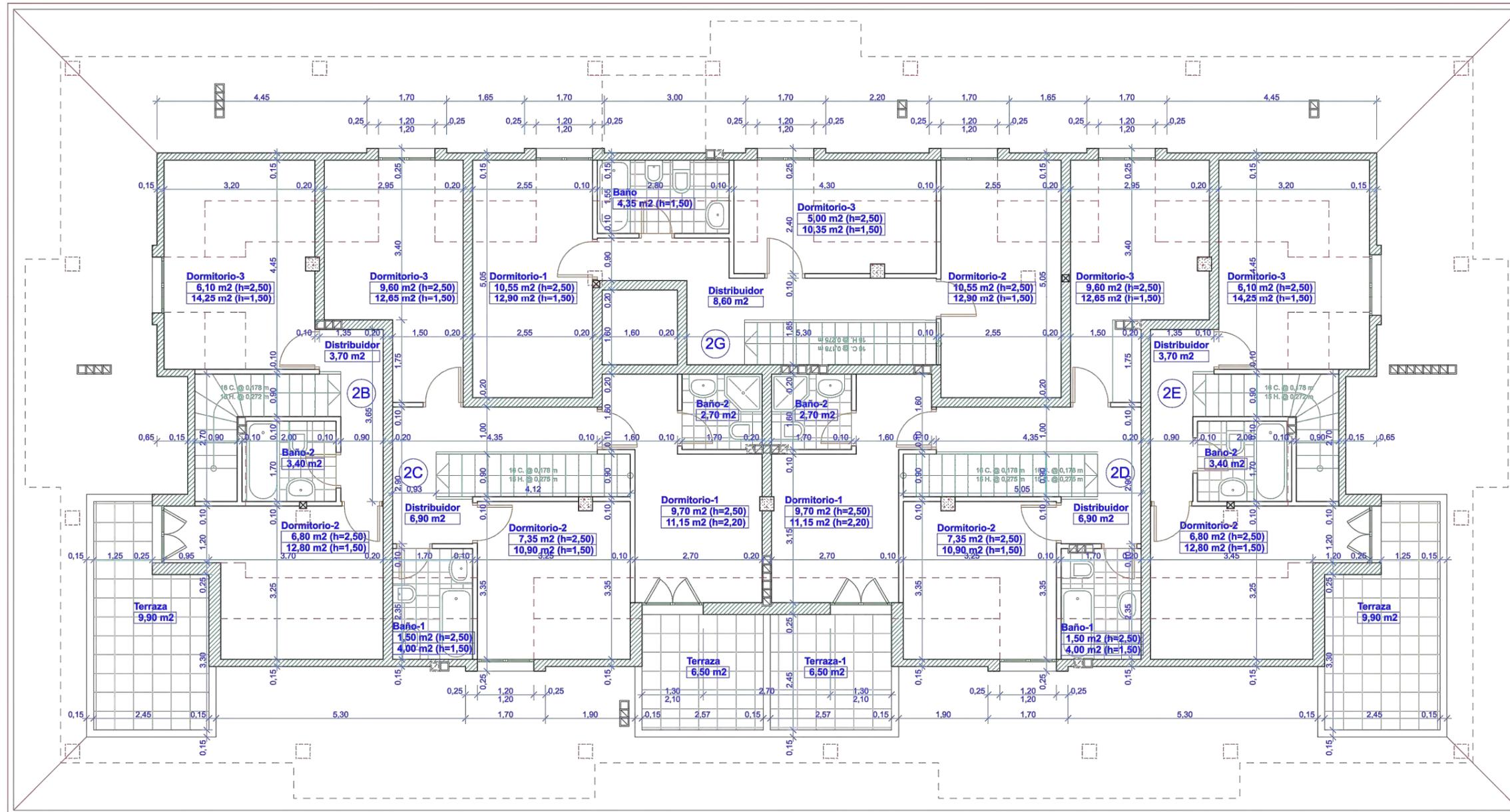
FIRMA:

ESCALA: 1/100

PLANO

PLANTA SEGUNDA

FECHA: FEBRERO 2017



| EDIFICIO 1-2-3 | NUMERO DE VIVIENDAS | SUPERFICIE UTIL | SUPERFICIE CONSTRUIDA | SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDA |
|--|---------------------|----------------------|---|-------------------------------|
| 0A' | 3 | 66,40 m ² | 75,80 m ² | 227,40 m ² |
| 0B' | 3 | 59,95 m ² | 68,05 m ² | 204,15 m ² |
| 0C' | 3 | 80,50 m ² | 91,10 m ² | 273,30 m ² |
| 0D' | 3 | 59,95 m ² | 68,05 m ² | 204,15 m ² |
| 0E' | 3 | 66,40 m ² | 75,80 m ² | 227,40 m ² |
| 1A | 3 | 67,90 m ² | 77,55 m ² | 232,65 m ² |
| 1B - 1D | 6 | 64,50 m ² | 72,30 m ² | 433,80 m ² |
| 1C | 3 | 85,90 m ² | 95,90 m ² | 287,70 m ² |
| 1E | 3 | 56,00 m ² | 64,25 m ² | 192,75 m ² |
| 1F | 3 | 39,65 m ² | 44,05 m ² | 132,15 m ² |
| 2A | 3 | 67,90 m ² | 77,55 m ² | 232,65 m ² |
| Dúplex 2B - 2E | 6 | 96,80 m ² | 109,60 m ² + 9,90 m ² terraza | 657,60 m ² |
| Dúplex 2C - 2D | 6 | 87,95 m ² | 101,95 m ² + 6,50 m ² terraza | 611,70 m ² |
| 2F | 3 | 56,00 m ² | 64,25 m ² | 192,75 m ² |
| Dúplex 2G | 3 | 84,30 m ² | 98,25 m ² | 294,75 m ² |
| SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDA EN VIVIENDAS | | | | 4.405,50 m² |
| SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDA EN ZONAS COMUNES | | | | 470,40 m² |
| SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDO EN EDIFICIO 1, 2 Y 3: | | | | 4.875,90 m² |

(*) Área de uso y disfrute privado aproximada

| EDIFICIO 4 | NUMERO DE VIVIENDAS | SUPERFICIE UTIL | SUPERFICIE CONSTRUIDA | SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDA |
|---|---------------------|----------------------|---|-------------------------------|
| 1A | 1 | 67,90 m ² | 77,55 m ² | 77,55 m ² |
| 1B - 1D | 2 | 64,50 m ² | 72,30 m ² | 144,60 m ² |
| 1C | 1 | 85,90 m ² | 95,90 m ² | 95,90 m ² |
| 1E | 1 | 56,00 m ² | 64,25 m ² | 64,25 m ² |
| 1F | 1 | 39,65 m ² | 44,05 m ² | 44,05 m ² |
| 2A | 1 | 67,90 m ² | 77,55 m ² | 77,55 m ² |
| Dúplex 2B - 2E | 2 | 96,80 m ² | 109,60 m ² + 9,90 m ² terraza | 219,20 m ² |
| Dúplex 2C - 2D | 2 | 87,95 m ² | 101,95 m ² + 6,50 m ² terraza | 203,90 m ² |
| 2F | 1 | 56,00 m ² | 64,25 m ² | 64,25 m ² |
| Dúplex 2G | 1 | 84,30 m ² | 98,25 m ² | 98,25 m ² |
| SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDA EN VIVIENDAS | | | | 1.089,70 m² |
| SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDA EN ZONAS COMUNES | | | | 133,50 m² |
| SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDA EN LOCALES COMERCIALES | | | | 324,10 m² |
| SUPERFICIE CONSTRUIDA EN SOPORTAL | | | | 78,00 m² |
| SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDO EN EDIFICIO - 4: | | | | 1.625,30 m² |

(*) Área de uso y disfrute privado aproximada

| CUADRO DE SUPERFICIES POR USOS | VIVIENDAS | ZONAS COMUNES O SOPORTAL | GARAJES O LOCALES COM. | SUPERFICIE CONSTRUIDA |
|-------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| EDIFICIO 1 Y EDIFICIO 2 | 0,00 m ² | 0,00 m ² | 1.124,40 m ² | 1.124,40 m² |
| EDIFICIO 3 Y EDIFICIO 4 | 0,00 m ² | 0,00 m ² | 1.124,40 m ² | 1.124,40 m² |
| EDIFICIO 1 | 1.468,50 m ² | 156,80 m ² | 0,00 m ² | 1.625,30 m² |
| EDIFICIO 2 | 1.468,50 m ² | 156,80 m ² | 0,00 m ² | 1.625,30 m² |
| EDIFICIO 3 | 1.468,50 m ² | 156,80 m ² | 0,00 m ² | 1.625,30 m² |
| EDIFICIO 4 | 1.089,70 m ² | 211,50 m ² | 324,10 m ² | 1.625,30 m² |
| TOTAL CONSTRUIDO EN PROYECTO | 5.495,20 m² | 481,90 m² | 2.572,90 m² | 8.750,00 m² |

| | | |
|---|---|----------------------|
| UNIVERSIDAD DE CANTABRIA | E.T.S. DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACION | |
| TRABAJO FIN DE GRADO | GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA | |
| TÍTULO: ESTUDIO Y CERTIFICACION ENERGETICA DE LA URBANIZACION LINARES | | PLANO Nº: 09 |
| SITUACION: SELAYA (CANTABRIA) | | FIRMA: |
| AUTOR: | ESCALA: 1/100 | PLANO: BAJO CUBIERTA |
| FECHA: FEBRERO 2017 | | |



ALZADO NORTE



ALZADO OESTE



ALZADO ESTE



ALZADO SUR

| | | |
|---|---|---|
| UNIVERSIDAD DE CANTABRIA | E.T.S. DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACION |  |
| TRABAJO FIN DE GRADO | GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA | |
| TÍTULO: ESTUDIO Y CERTIFICACION ENERGETICA DE LA URBANIZACION LINARES | | PLANO N.º: 10 |
| SITUACION: SELAYA (CANTABRIA) | | FIRMA: |
| AUTOR: | | |
| ESCALA: 1/200 | PLANO: ALZADOS | |
| FECHA: FEBRERO 2017 | | |



ALZADO NORTE



ALZADO OESTE

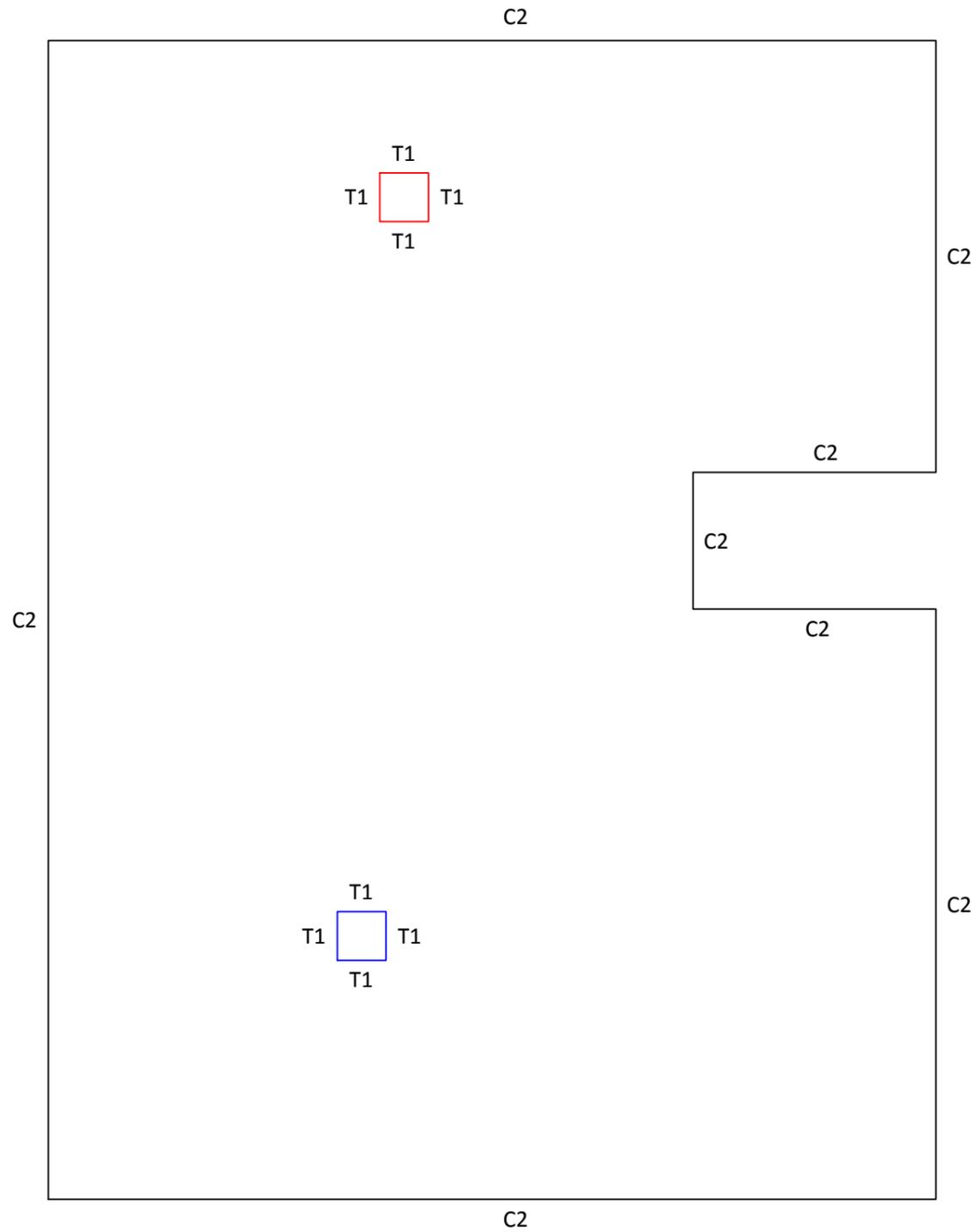


ALZADO ESTE



ALZADO SUR

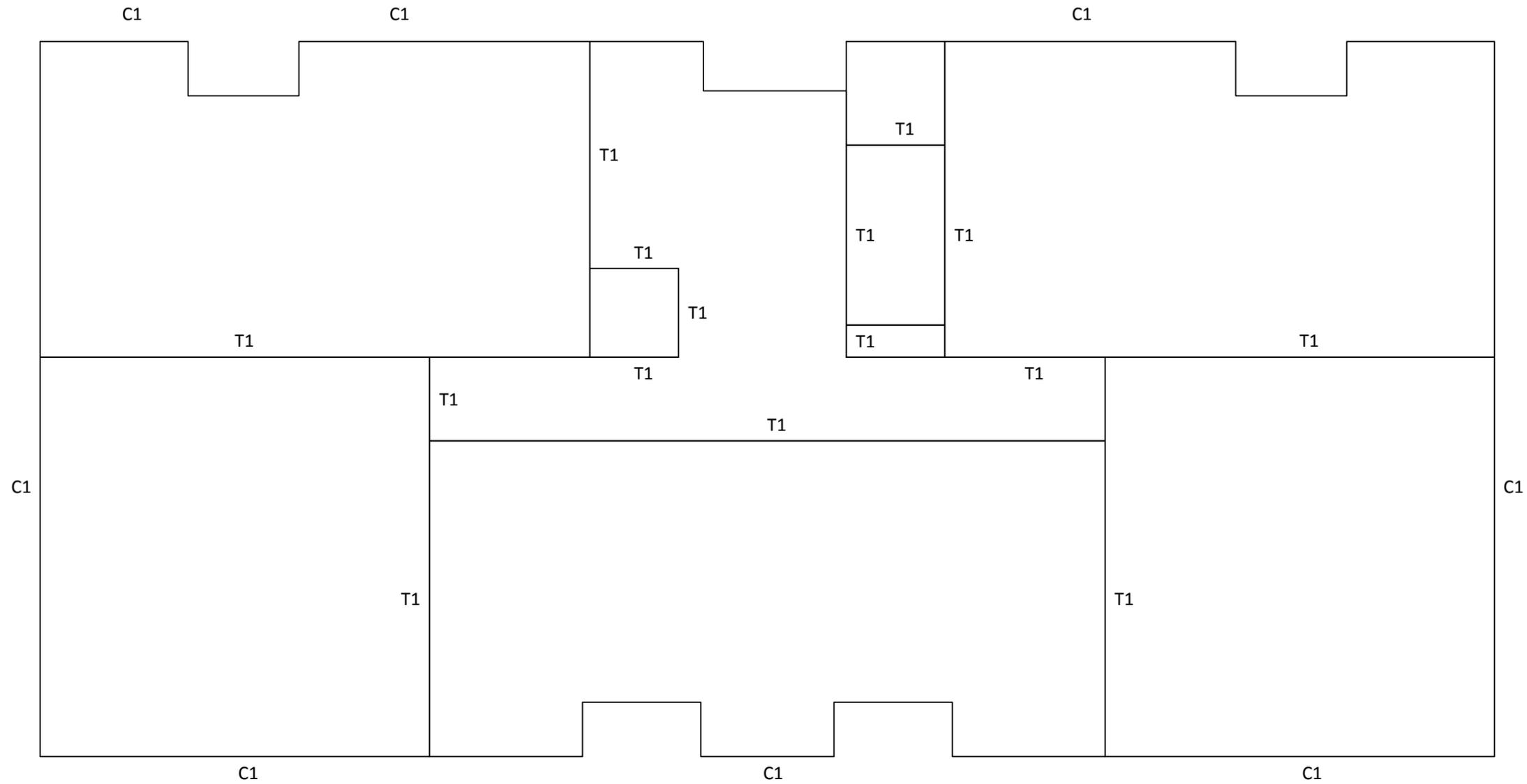
| | | |
|---|---|---|
| UNIVERSIDAD DE CANTABRIA | E.T.S. DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACION |  |
| TRABAJO FIN DE GRADO | GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA | |
| TÍTULO: ESTUDIO Y CERTIFICACION ENERGETICA DE LA URBANIZACION LINARES | | PLANO N.º: 10 |
| SITUACION: SELAYA (CANTABRIA) | | FIRMA: |
| AUTOR: | | |
| ESCALA: 1/200 | PLANO: ALZADOS | |
| FECHA: FEBRERO 2017 | | |



| CERRAMIENTOS | |
|--------------|------------------|
| C1 | Fachada exterior |
| C2 | Muro de sótano |
| TABIQUERÍA | |
| T1 | Tabique estándar |

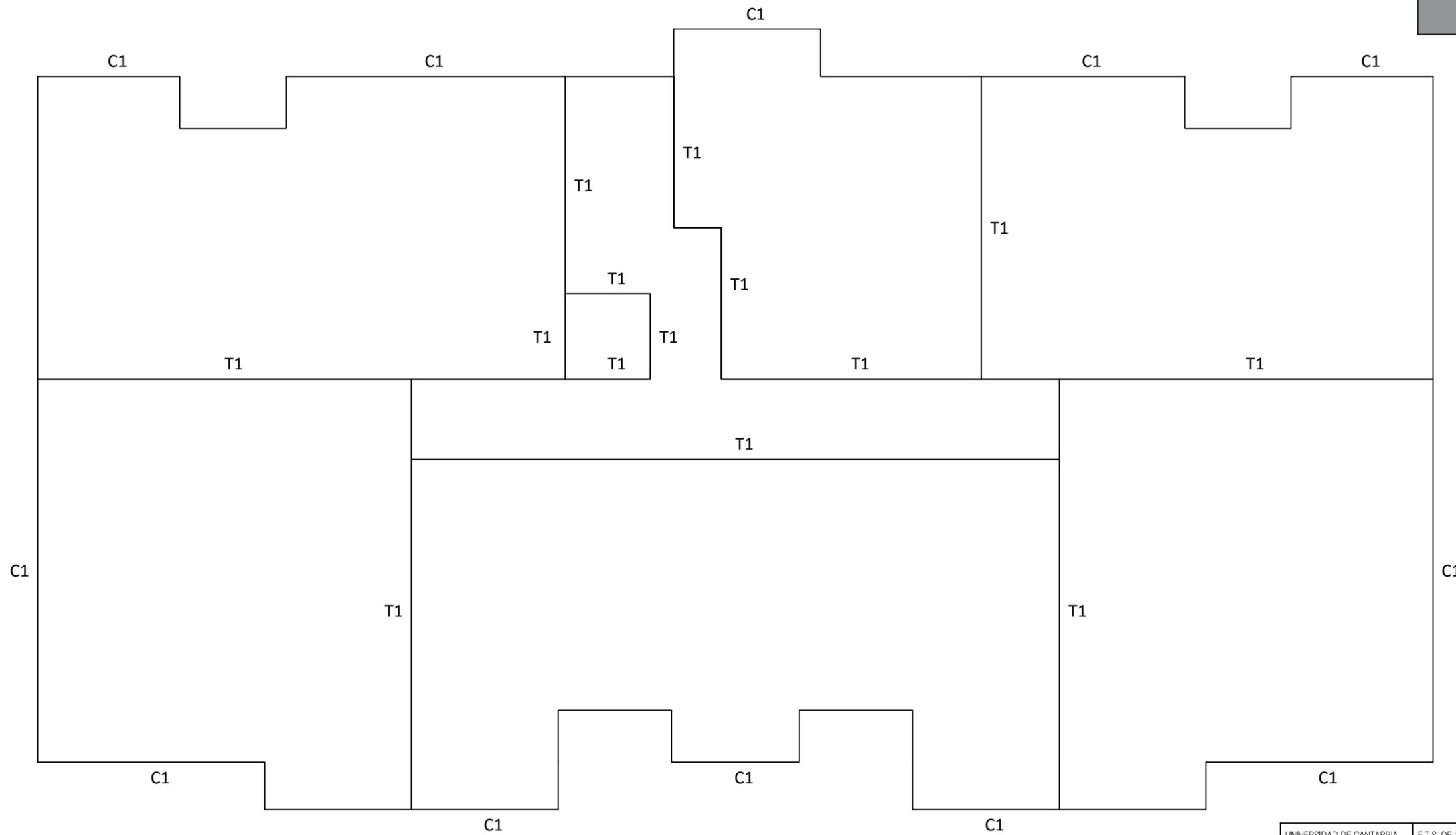
| | | |
|--------------------------|---|--------------|
| UNIVERSIDAD DE CANTABRIA | E.T.S. DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACION | |
| TRABAJO FIN DE GRADO | GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA | |
| TÍTULO: | ESTUDIO Y CERTIFICACION ENERGETICA DE LA URBANIZACION LINARES | PLANO Nº: 12 |
| SITUACION: | SELAYA (CANTABRIA) | FIRMA: |
| AUTOR: | JONATHAN ESPAÑA HERRERO | |
| ESCALA: | 1/200 | |
| FECHA: | FEBRERO 2017 | |
| MODELO PLANTA SOTANO | | |

| CERRAMIENTOS | |
|--------------|------------------|
| C1 | Fachada exterior |
| C2 | Muro de sótano |
| TABIQUERÍA | |
| T1 | Tabique estándar |



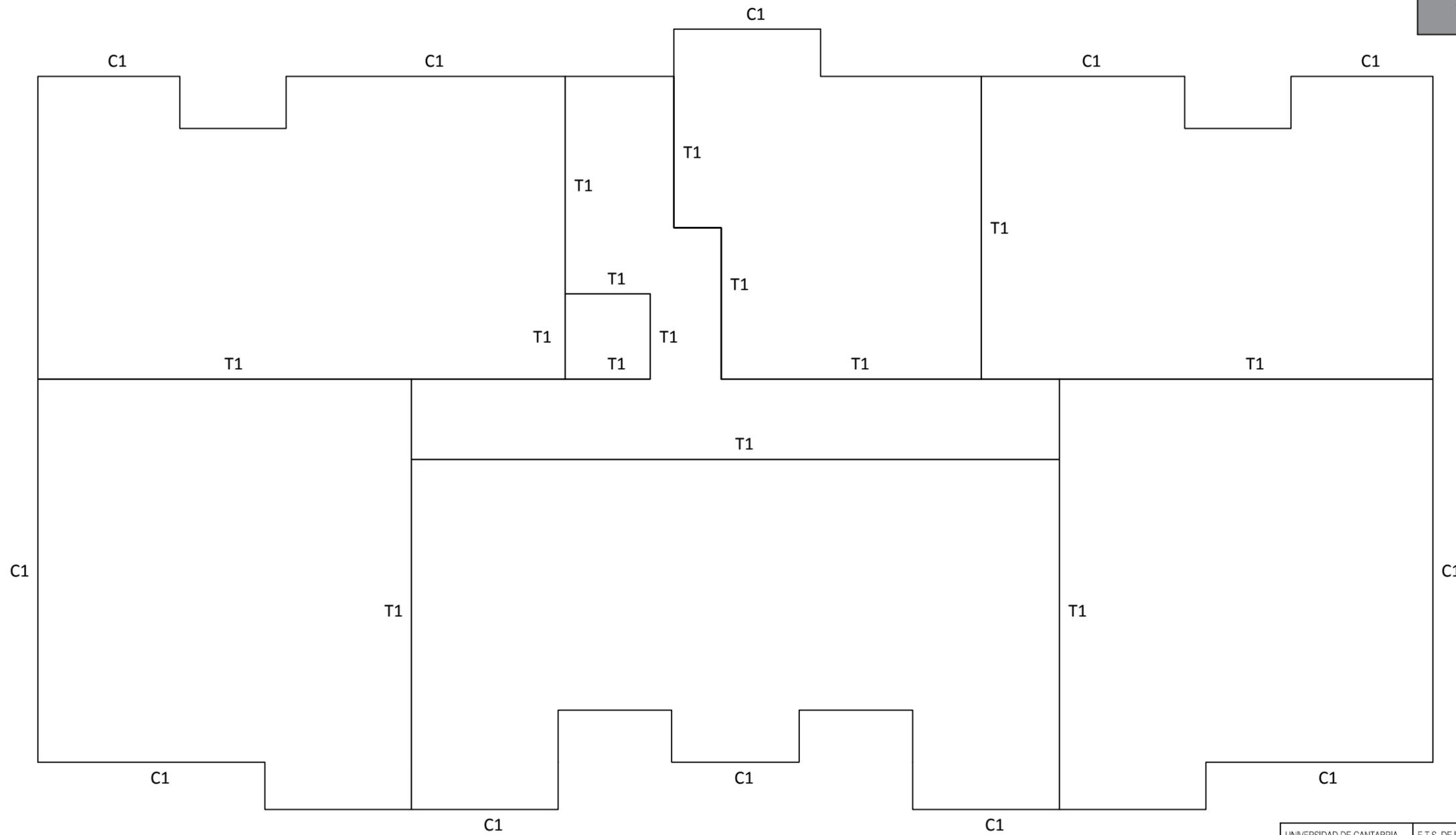
| | | |
|--------------------------|---|--|
| UNIVERSIDAD DE CANTABRIA | E.T.S. DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACION |  |
| TRABAJO FIN DE GRADO | GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA | |
| TÍTULO: | ESTUDIO Y CERTIFICACION ENERGETICA DE LA URBANIZACION LINARES | PLANO Nº: 13 |
| SITUACION: | SELAYA (CANTABRIA) | |
| AUTOR: | JONATHAN ESPAÑA HERRERO | FIRMA:  |
| ESCALA: | 1/100 | PLANO: MODELO PLANTA BAJA |
| FECHA: | FEBRERO 2017 | |

| CERRAMIENTOS | |
|--------------|------------------|
| C1 | Fachada exterior |
| C2 | Muro de sótano |
| TABIQUERÍA | |
| T1 | Tabique estándar |

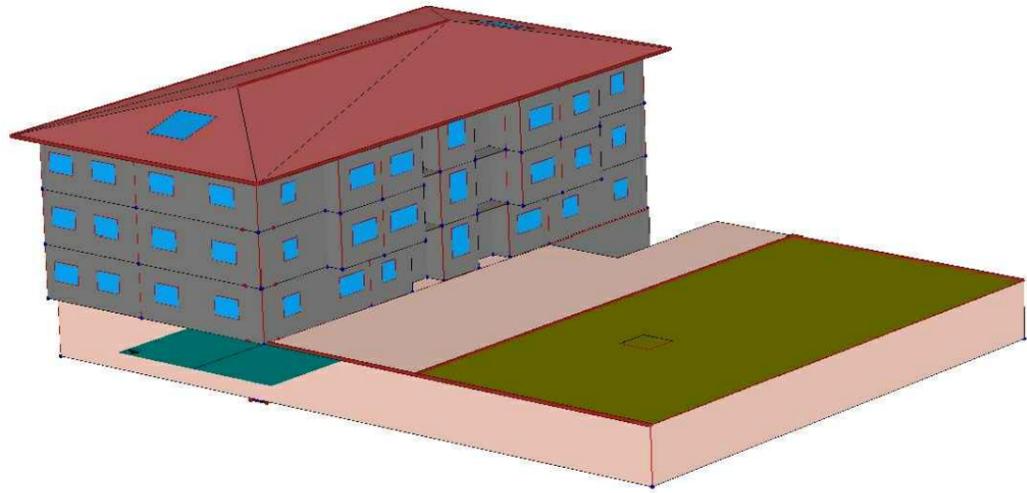


| | | |
|--------------------------|---|--|
| UNIVERSIDAD DE CANTABRIA | E.T.S. DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACION |  |
| TRABAJO FIN DE GRADO | GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA | |
| TÍTULO: | ESTUDIO Y CERTIFICACION ENERGETICA DE LA URBANIZACION LINARES | PLANO Nº: 14 |
| SITUACION: | SELAYA (CANTABRIA) | FIRMA:  |
| AUTOR: | JONATHAN ESPAÑA HERRERO | |
| ESCALA: | 1/100 | |
| FECHA: | FEBRERO 2017 | |
| MODELO PLANTA PRIMERA | | |

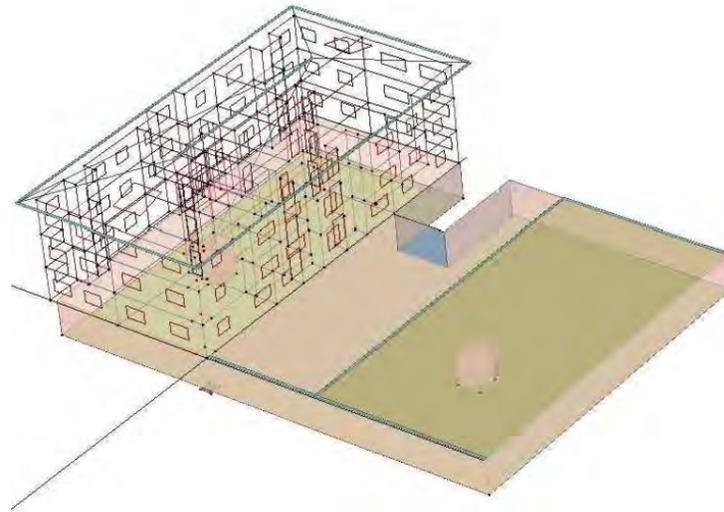
| CERRAMIENTOS | |
|--------------|------------------|
| C1 | Fachada exterior |
| C2 | Muro de sótano |
| TABIQUERÍA | |
| T1 | Tabique estándar |



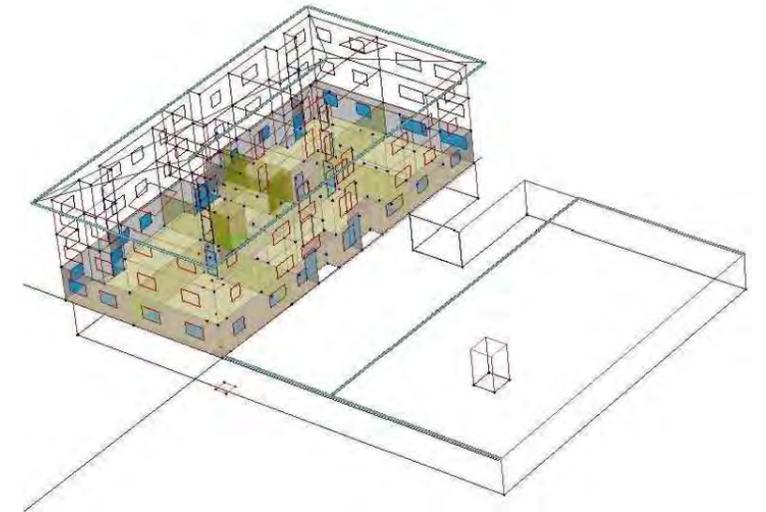
| | | |
|--------------------------|---|--|
| UNIVERSIDAD DE CANTABRIA | E.T.S. DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACION |  |
| TRABAJO FIN DE GRADO | GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA | |
| TÍTULO: | ESTUDIO Y CERTIFICACION ENERGETICA DE LA URBANIZACION LINARES | PLANO Nº: 15 |
| SITUACION: | SELAYA (CANTABRIA) | FIRMA:  |
| AUTOR: | JONATHAN ESPAÑA HERRERO | |
| ESCALA: | 1/100 | |
| FECHA: | FEBRERO 2017 | |
| MODELO PLANTA SEGUNDA | | |



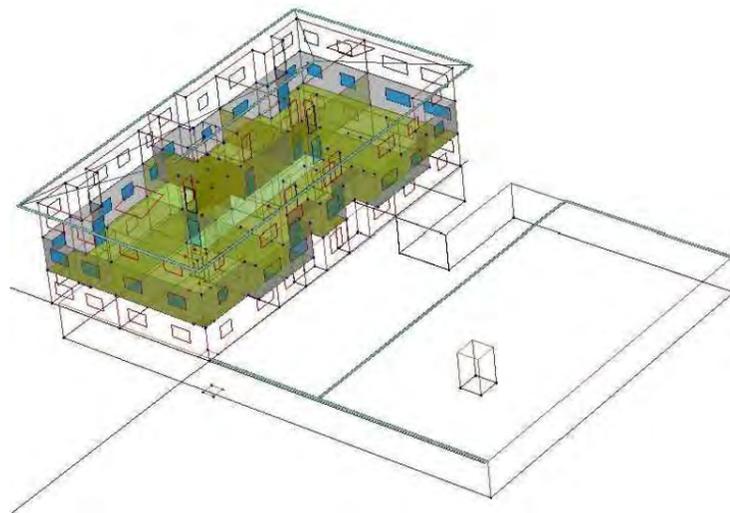
VISTA EN PERSPECTIVA



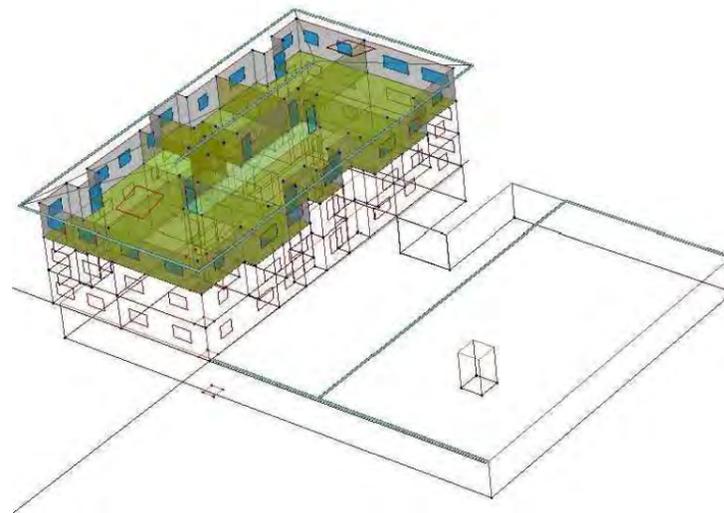
PLANTA SOTANO



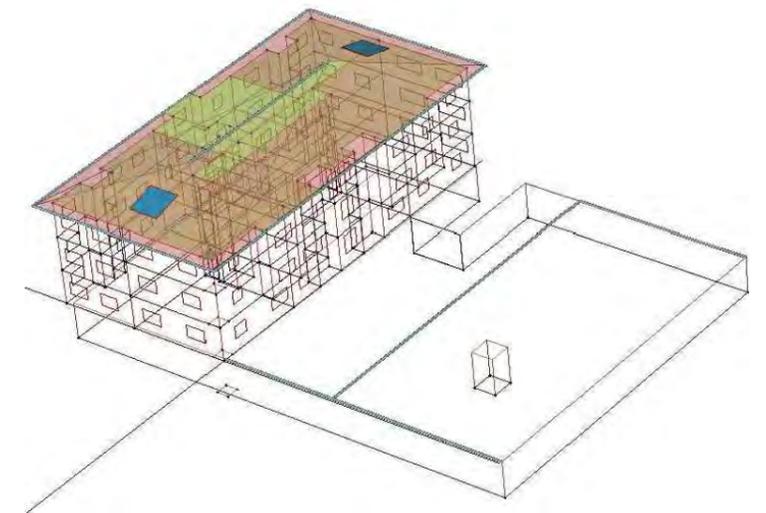
PLANTA BAJA



PLANTA +1



PLANTA +2



PLANTA BAJO CUBIERTA

| | | |
|---|---|--------------|
| UNIVERSIDAD DE CANTABRIA | E.T.S. DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACION | |
| TRABAJO FIN DE GRADO | GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA | |
| TÍTULO: ESTUDIO Y CERTIFICACION ENERGETICA DE LA URBANIZACION LINARES | | PLANO Nº: 16 |
| SITUACION: SELAYA (CANTABRIA) | | FIRMA: |
| AUTOR: JONATHAN ESPAÑA HERRERO | | |
| ESCALA: | PLANO: MODELO DEL EDIFICIO | |
| FECHA: FEBRERO 2017 | | |