



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIEROS  
INDUSTRIALES VALENCIA

**TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA**

# **OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE DOS PLANTAS SITUADA EN BADALONA**

AUTOR: MUÑOZ LÓPEZ, ANA MARÍA

TUTOR: ROYO PASTOR, RAFAEL

**Curso Académico: 2017-18**



## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer, en primer lugar, a mis padres por haberme apoyado siempre en los estudios. No estaría aquí si no hubiera sido por ellos.

En segundo lugar, quiero dar las gracias a mis compañeros de la universidad por haber estado tanto tiempo a mi lado, ya fuera pasándolo bien o sufriendo para aprobar los exámenes.

También quiero agradecer a mi pareja por haberme apoyado de manera incondicional las veces que me hundía a mitad de camino.

Por último, quiero agradecer a mi profesor de Eficiencia Energética, a mi tutor del TFG y a los ocupantes del edificio, ya que sin ellos no hubiera sido posible realizar este trabajo.

# RESUMEN

En este proyecto se evalúa el consumo energético de una vivienda unifamiliar situada en Badalona. Para ello se realizará la definición y simulación del edificio mediante programas como nanoCAD, Genera3D y EnergyPlus. Gracias a esta metodología, se podrá observar cómo se está consumiendo la energía y dónde se está utilizando.

Por otra parte, se llevará a cabo un estudio del confort de los ocupantes de la vivienda. En algunos casos puede ocurrir que el consumo sea reducido, pero no se tenga en cuenta que sus habitantes no se encuentran en condiciones aceptables de confort. Aquí reside la importancia de la eficiencia energética: consumo energético mínimo con máximo confort de los ocupantes.

Por último, se plantearán medidas de mejora energética con el fin de reducir este consumo energético e intentar que el edificio sea más barato energéticamente. Estas medidas, por lo tanto, conllevan la necesidad de una inversión inicial. De manera que, con el ahorro obtenido gracias a la mejora, se podrá observar si resultan rentables mediante el cálculo de su período de retorno.

**Palabras Clave:** consumo energético, confort, medidas, mejora energética, inversión, período de retorno.

# RESUM

En este projecte s'avalua el consum energètic d'una vivenda unifamiliar situada a Badalona. Per a això es realitzarà la definició i simulació de l'edifici per mitjà de programes com nanoCAD, Genera3D i EnergyPlus. Gràcies a esta metodologia, es podrà observar com s'està consumint l'energia i on s'està utilitzant.

D'altra banda, es durà a terme un estudi del confort dels ocupants de la vivenda. En alguns casos pot ocórrer que el consum siga reduït, però no es tinga en compte que els seus habitants no es troben en condicions acceptables de confort. Ací residix la importància de l'eficiència energètica: consum energètic mínim amb màxim confort dels ocupants.

Finalment, es plantejaran mesures de millora energètica a fi de reduir este consum energètic i intentar que l'edifici siga més barat energèticament. Estes mesures, per tant, comporten la necessitat d'una inversió inicial. De manera que, amb l'estalvi obtingut gràcies a la millora, es podrà observar si resulten rendibles per mitjà del càlcul del seu període de retorn.

**Paraules clau:** consum energètic, confort, mesures, millora energètica, inversió, període de retorn.

# **ABSTRACT**

This project evaluates the energy consumption of a building located in Badalona. To do that, the definition and simulation of the building will be done through programmes such as nanoCAD, Genera3D and EnergyPlus. Thanks to this methodology, it will be possible to observe how the energy is being consumed and where it is used.

On the other hand, a study of the comfort of the occupants of the building will be done. In some cases, it can happen that the consumption is reduced, but acceptable comfort conditions for its inhabitants are not being considered. Here lies the importance of energy efficiency: minimum consumption with maximum comfort of the occupants.

Finally, measures for energy improvement will be raised to reduce energy consumption and try to make the building energetically cheaper. These measures, therefore, entail the need of an initial investment. So, with savings made through the improvement, their rentability will be observed through the calculation of the return period.

**Key words:** energy consumption, comfort, measures, energy improvement, investment, return period.



## **DOCUMENTOS CONTENIDOS EN EL TFG**

- **DOCUMENTO Nº 1:** Memoria
- **DOCUMENTO Nº 2:** Presupuesto
- **DOCUMENTO Nº 3:** Planos





## ÍNDICE DE LA MEMORIA

1.	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1.	Objetivo .....	1
1.2.	Justificación .....	1
2.	PROGRAMAS.....	2
2.1.	NanoCAD .....	2
2.2.	Genera3D <sup>(4)</sup> .....	2
2.3.	EnergyPlus <sup>(5)</sup> .....	2
3.	INSTALACIONES .....	3
3.1.	Introducción.....	3
3.2.	Cerramientos .....	3
3.3.	Ventanas y puertas.....	6
3.4.	Zonas .....	7
3.5.	Equipos .....	7
3.6.	Iluminación .....	8
4.	METODOLOGÍA.....	9
4.1.	Definición del edificio y sus zonas térmicas.....	9
4.2.	Proyección 3D y exportación .....	10
4.3.	EnergyPlus .....	10
4.3.1.	Simulation Parameters .....	10
4.3.2.	Climate.....	11
4.3.3.	Schedules .....	13
4.3.4.	Surface Construction Elements.....	15
4.3.5.	Thermal Zones and Surfaces.....	16
4.3.6.	Internal Gains .....	19
5.	RESULTADOS SIMULACIÓN INICIAL .....	20
5.1.	Consumo energético.....	20
5.2.	Ganancias y pérdidas. ....	22
5.3.	Emisiones de CO2. ....	24
5.4.	Confort.....	24
6.	SISTEMA IDEAL. ....	26
6.1.	Razón de su uso. ....	26
6.2.	Definición del Sistema Ideal en EnergyPlus. ....	26

6.3.	<i>Resultados</i> .....	27
7.	<b>MEDIDAS DE MEJORA ENERGÉTICA</b> .....	32
7.1.	<i>Sustitución de bombillas originales por bombillas LED</i> .....	32
7.1.1.	<i>Introducción</i> .....	32
7.1.2.	<i>Procedimiento e inversión</i> .....	32
7.1.3.	<i>Resultados</i> .....	32
7.2.	<i>Sustitución de los cristales originales por doble acristalamiento con bajo emisivo</i> .....	34
7.2.1.	<i>Introducción</i> .....	34
7.2.2.	<i>Procedimiento e inversión</i> .....	34
7.2.3.	<i>Resultados</i> .....	34
7.3.	<i>Sustitución de los toldos originales por toldos con tela acrílica</i> .....	36
7.3.1.	<i>Introducción</i> .....	36
7.3.2.	<i>Procedimiento e inversión</i> .....	36
7.3.3.	<i>Resultados</i> .....	36
7.4.	<i>Aumento del aislamiento</i> .....	37
7.4.1.	<i>Cerramientos verticales: adición de aislamiento térmico</i> .....	37
7.4.1.1.	<i>Sistema de aislamiento interior mediante trasdosado</i> .....	38
7.4.1.2.	<i>Sistema ETICS de aislamiento por el exterior de fachada</i> .....	40
7.4.2.	<i>Cerramientos horizontales: adición de aislamiento térmico</i> .....	42
7.4.2.1.	<i>Sistema de aislamiento por el exterior de cubierta plana no transitable</i> .....	42
7.5.	<i>Mejoras aplicables de manera conjunta</i> .....	43
7.5.1.	<i>Aislamiento</i> .....	43
7.5.2.	<i>Todas las medidas</i> .....	44
7.5.3.	<i>Todas las medidas menos el toldo</i> .....	45
7.6.	<i>Resultados medidas de mejora</i> .....	46
8.	<b>SISTEMA TÉCNICO. CLIMATIZACIÓN</b> .....	50
8.1.	<i>Introducción</i> .....	50
8.2.	<i>Procedimiento e inversión</i> .....	50
8.3.	<i>Resultados</i> .....	52
9.	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	56
10.	<b>ANEXOS</b> .....	59

## ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

1. Introducción.....	72
2. Presupuesto del proyecto .....	72
2.1. Mano obra ingeniero.....	72
2.2. Coste material utilizado.....	72
3. Presupuesto de las medidas de mejora .....	73
3.1. Sustitución bombillas.....	73
3.2. Sustitución acristalamiento.....	73
3.3. Sustitución toldos .....	74
3.4. Aislante fachada por el interior.....	75
3.5. Aislante fachada por el exterior .....	77
3.6. Aislante cubierta por el exterior.....	78
3.7. Todas las medidas .....	78
4. Presupuesto climatización.....	79
5. Presupuesto final.....	81

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Materiales que forman la cubierta.....	3
Tabla 2: Materiales que forman el forjado del terreno.....	4
Tabla 3: Materiales que forman el muro exterior de 30 cm.....	4
Tabla 4: Materiales que forman el muro exterior de 15 cm.....	4
Tabla 5: Materiales que forman el muro exterior de 10 cm.....	5
Tabla 6: Materiales que forman el techo interior .....	5
Tabla 7: Materiales que forman el suelo interior .....	5
Tabla 8: Materiales que forman la medianera de 10 cm .....	5
Tabla 9: Materiales que forman la medianera de 5 cm .....	5
Tabla 10: Dimensiones de las ventanas .....	6
Tabla 11: Dimensiones de las puertas.....	6
Tabla 12: Áreas de las zonas de la segunda planta.....	7
Tabla 13: Áreas de las zonas de la primera planta.....	7
Tabla 14: Equipos y sus potencias, divididos por zonas .....	7

<i>Tabla 15: Potencias de las bombillas, dividido por zonas .....</i>	8
<i>Tabla 16: Consumo de energía anual .....</i>	20
<i>Tabla 17: Consumos para cada mes del año .....</i>	20
<i>Tabla 18: Demanda energética dividida por zonas .....</i>	21
<i>Tabla 19: Ganancias y pérdidas de calor en el edificio por zonas y según el componente que lo provoca .....</i>	23
<i>Tabla 20: Emisiones de CO2 .....</i>	24
<i>Tabla 21: Porcentaje insatisfechos para el estado inicial.....</i>	24
<i>Tabla 22: Temperatura durante el año para el estado inicial .....</i>	24
<i>Tabla 23: Consumo energía con el sistema ideal .....</i>	27
<i>Tabla 24: Consumo por tipos a lo largo del año con el sistema ideal .....</i>	27
<i>Tabla 25: Demanda de calefacción y refrigeración, dividida por zonas en el sistema ideal .....</i>	28
<i>Tabla 26: Ganancias y pérdidas de calor en el edificio por zonas y según el componente que lo provoca, para el sistema ideal.....</i>	30
<i>Tabla 27: Comparación del porcentaje de insatisfechos del caso inicial y el sistema ideal .....</i>	31
<i>Tabla 28: Comparación de temperaturas del caso inicial y el sistema ideal.....</i>	31
<i>Tabla 29: Consumo y ahorro de la medida de sustitución por bombillas LED.....</i>	32
<i>Tabla 30: Ahorro económico, inversión y período de retorno de la medida de sustitución por bombillas LED.....</i>	33
<i>Tabla 31: Comparación de los consumos y ahorro de la medida de sustitución por bombillas LED.....</i>	33
<i>Tabla 32: Ahorro en emisiones de CO2 de la medida de sustitución por bombillas LED.....</i>	33
<i>Tabla 33: Consumo y ahorro de la medida de sustitución del acristalamiento.....</i>	34
<i>Tabla 34: Ahorro económico, inversión y período de retorno de la medida de sustitución del acristalamiento.....</i>	35
<i>Tabla 35: Comparación de los consumos y ahorro de la medida de sustitución del acristalamiento... </i>	35
<i>Tabla 36: Consumo y ahorro de la medida de sustitución de toldos.....</i>	36
<i>Tabla 37: Ahorro económico, inversión y período de retorno de la medida de sustitución de toldos ..</i>	37
<i>Tabla 38: Comparación de los consumos y ahorro de la medida de sustitución de toldos .....</i>	37
<i>Tabla 39: Consumo y ahorro de la medida de aislamiento por el interior .....</i>	39
<i>Tabla 40: Ahorro económico, inversión y periodo de retorno de la medida de aislamiento por el interior .....</i>	39
<i>Tabla 41: Comparación de los consumos y ahorro de la medida de aislamiento por el interior .....</i>	39
<i>Tabla 42: Consumo y ahorro de la medida de aislamiento por el exterior.....</i>	41

<i>Tabla 43: Ahorro económico, inversión y periodo de retorno de la medida de aislamiento por el exterior</i>	41
<i>Tabla 44: Comparación de los consumos y ahorro de la medida de aislamiento por el exterior</i>	41
<i>Tabla 45: Consumo y ahorro de la medida de aislamiento por la cubierta</i>	42
<i>Tabla 46: Ahorro económico, inversión y periodo de retorno de la medida de aislamiento por la cubierta</i>	42
<i>Tabla 47: Comparación de consumos y ahorro de la medida de aislamiento por la cubierta</i>	43
<i>Tabla 48: Consumo y ahorro de la medida de todo el aislamiento</i>	43
<i>Tabla 49: Ahorro económico, inversión y periodo de retorno de la medida de todo el aislamiento</i>	43
<i>Tabla 50: Comparación de los consumos y ahorro de la medida de todo el aislamiento</i>	44
<i>Tabla 51: Consumo y ahorro de aplicar todas las medidas</i>	44
<i>Tabla 52: Ahorro económico, inversión y periodo de retorno de todas las medidas</i>	44
<i>Tabla 53: Comparación de los consumos y ahorro de todas las medidas</i>	45
<i>Tabla 54: Consumo y ahorro de todas las medidas menos el toldo</i>	45
<i>Tabla 55: Ahorro económico, inversión y periodo de retorno de todas las medidas menos el toldo</i>	46
<i>Tabla 56: Comparación de consumos y ahorro de todas las medidas menos el toldo</i>	46
<i>Tabla 57: Comparación de las condiciones de confort para el estado inicial, el sistema ideal y el sistema ideal con mejoras</i>	46
<i>Tabla 58: Comparación de las temperaturas para el caso inicial, el sistema ideal y el sistema ideal con mejoras</i>	47
<i>Tabla 59: Comparación de todas las medidas</i>	49
<i>Tabla 60: Cargas de diseño para cada una de las zonas</i>	52
<i>Tabla 61: Consumo de energía con el sistema de climatización</i>	53
<i>Tabla 62: Demanda de calefacción y refrigeración, dividida por zonas con el sistema de climatización</i>	53
<i>Tabla 63: Emisiones de CO<sub>2</sub> con las mejoras y el sistema de climatización</i>	54
<i>Tabla 64: Emisiones de CO<sub>2</sub> debidas a la iluminación y equipos en el caso de todas las medidas y climatización</i>	54
<i>Tabla 65: Comparación del porcentaje de insatisfechos para el estado inicial, el sistema ideal con mejoras y las mejoras con el sistema de climatización</i>	54
<i>Tabla 66: Comparación de las temperaturas para el sistema inicial, el sistema ideal con mejoras y el fancoil con mejoras</i>	55
<i>Tabla 67: Presupuesto mano obra ingeniero</i>	72

<i>Tabla 68: Presupuesto del material utilizado</i> .....	72
<i>Tabla 69: Presupuesto del proyecto</i> .....	72
<i>Tabla 70: Presupuesto de la sustitución de bombillas</i> .....	73
<i>Tabla 71: Presupuesto de la sustitución del acristalamiento</i> .....	73
<i>Tabla 72: Presupuesto de la sustitución de los toldos de la terraza</i> .....	74
<i>Tabla 73: Presupuesto de la sustitución del toldo de la ventana grande</i> .....	74
<i>Tabla 74: Presupuesto de la sustitución del toldo de la ventana pequeña</i> .....	74
<i>Tabla 75: Presupuesto de la sustitución del toldo del balcón</i> .....	75
<i>Tabla 76: Presupuesto final de la sustitución de los toldos</i> .....	75
<i>Tabla 77: Presupuesto del aumento de aislamiento por el interior mediante trasdosado</i> .....	76
<i>Tabla 78: Presupuesto del aumento del aislamiento por exterior (ETICS)</i> .....	77
<i>Tabla 79: Presupuesto del aislamiento de la cubierta por el exterior</i> .....	78
<i>Tabla 80: Presupuesto todas las medidas</i> .....	79
<i>Tabla 81: Presupuesto de los 6 fancoils de 0,9 kW</i> .....	79
<i>Tabla 82: Presupuesto del fancoil de 2 kW</i> .....	80
<i>Tabla 83: Presupuesto final del sistema de climatización mediante fancoils</i> .....	80
<i>Tabla 84: Presupuesto final del trabajo</i> .....	81

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

<i>Ilustración 1: Objeto "Building"</i> .....	11
<i>Ilustración 2: Objeto "ShadowCalculation"</i> .....	11
<i>Ilustración 3: Condiciones de proyecto para refrigeración</i> .....	11
<i>Ilustración 4: Condiciones de proyecto para calefacción</i> .....	12
<i>Ilustración 5: Objeto "SizingPeriod:DesignDay"</i> .....	12
<i>Ilustración 6: Objeto "Schedule:Constant"</i> .....	13
<i>Ilustración 7: Perfil de uso residencial según DBHE</i> .....	13
<i>Ilustración 8: Objeto "Schedule:Compact" 1</i> .....	14
<i>Ilustración 9: Objeto "Schedule:Compact" 2</i> .....	15
<i>Ilustración 10: Objeto "Material"</i> .....	15
<i>Ilustración 11: Objeto "WindowMaterial:SimpleGlazingSystem"</i> .....	15

<i>Ilustración 12: Objeto "WindowMaterial:Shade"</i> .....	16
<i>Ilustración 13: Objeto "Construction"</i> .....	16
<i>Ilustración 14: Objeto "BuildingSurface:Detailed"</i> .....	16
<i>Ilustración 15: Objeto "FenestrationSurface:Detailed"</i> .....	17
<i>Ilustración 16: Objeto "WindowProperty:ShadingControl"</i> .....	17
<i>Ilustración 17: Objeto "Shading:Building"</i> .....	18
<i>Ilustración 18: Objeto "Shading:Overhang"</i> .....	18
<i>Ilustración 19: Objeto "Shading:Zone:Detailed"</i> .....	18
<i>Ilustración 20: Objeto "People"</i> .....	19
<i>Ilustración 21: Objeto "Lights"</i> .....	19
<i>Ilustración 22: Objeto "Equipment"</i> .....	19
<i>Ilustración 23: Objeto "HVACTemplate:Thermostat"</i> .....	26
<i>Ilustración 24: Objeto "HVACTemplate:Zone:IdealLoadsSystem"</i> .....	26
<i>Ilustración 25: Objeto "HVACTemplate:Plant:Chiller"</i> .....	50
<i>Ilustración 26: Objeto "HVACTemplate: Plant:Boiler"</i> .....	51
<i>Ilustración 27: Objetos "HVACTemplate:Plant:ChilledWaterLoop" y "HVACTemplate:Plant:HotWaterLoop"</i> .....	51
<i>Ilustración 28: Primera planta en nanoCAD</i> .....	59
<i>Ilustración 29: Segunda planta en nanoCAD</i> .....	59
<i>Ilustración 30: Fachada trasera en Genera3D</i> .....	60
<i>Ilustración 31: Fachada delantera en Genera3D</i> .....	60
<i>Ilustración 32: Diagrama psicométrico del programa SICRO</i> .....	60
<i>Ilustración 33: Bombilla LED de 3W</i> .....	61
<i>Ilustración 34: Bombilla LED de 5W</i> .....	61
<i>Ilustración 35: Bombilla LED de 7W 603 lm</i> .....	61
<i>Ilustración 36: Bombilla LED de 7W 700 lm</i> .....	62
<i>Ilustración 37: Bombilla LED de 10W</i> .....	62
<i>Ilustración 38: Bombilla LED de 12W</i> .....	62
<i>Ilustración 39: Bombilla LED de 15W</i> .....	63
<i>Ilustración 40: Vidrio con doble acristalamiento bajo emisivo</i> .....	64
<i>Ilustración 41: Toldos terraza</i> .....	64



<i>Ilustración 42: Toldo balcón .....</i>	65
<i>Ilustración 43: Toldo ventana pequeña .....</i>	65
<i>Ilustración 44: Toldo ventana grande .....</i>	65
<i>Ilustración 45: Aislamiento por el interior mediante trasdosado .....</i>	66
<i>Ilustración 46: Aislamiento exterior con sistema ETICS.....</i>	67
<i>Ilustración 47: Aislamiento de la cubierta por el exterior .....</i>	68
<i>Ilustración 48: Fancoil vertical de suelo de 2kW .....</i>	69
<i>Ilustración 49: Fancoil vertical de suelo de 0,9kW .....</i>	69

## **ÍNDICE DE GRÁFICAS**

<i>Gráfica 1: Representación gráfica del consumo por zonas .....</i>	22
--	----



# **DOCUMENTO 1:**

**MEMORIA**

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Objetivo

El objetivo de este trabajo consiste en la definición, análisis y reducción del consumo energético de un edificio unifamiliar de dos plantas situado en Badalona. Para llevarlo a cabo, se utilizarán programas que permitirán definir detalladamente todo el edificio, para después simularlo. Gracias a la simulación, se podrán observar los consumos energéticos según las zonas, según el tipo, etc. Esto permitirá observar qué consumos resultan más llamativos y averiguar cuál es la razón de ese resultado.

Después de haber realizado la primera simulación del edificio, se procederá a reducir el consumo energético, mediante medidas de mejora energética. Se explicará detalladamente cómo se llevan a cabo y se implementan en el edificio, para ver cuál es su repercusión sobre el consumo energético.

## 1.2. Justificación

Este proyecto se lleva a cabo para demostrar la importancia del consumo energético en las viviendas. Este consumo supone un coste económico muy elevado, además de unas emisiones de CO<sub>2</sub> perjudiciales para el medio ambiente. Por tanto, si se reduce este consumo, se obtendrán unos beneficios de gran interés. Para llevar a cabo esta reducción de consumo, se procederá a rehabilitar energéticamente la vivienda.

La *rehabilitación energética* <sup>(1)</sup> consiste en la reducción tanto de la cantidad de energía necesaria como de la energía que demandan las instalaciones. Algunas de las opciones para rehabilitar la vivienda son: aumento del aislamiento, renovación de las ventanas, mejorar las protecciones solares del edificio, etc. Además, también se pueden llevar a cabo cambios en las luces y los equipos, o su sustitución por otros con mejor rendimiento. Por tanto, si se llevan a cabo estas medidas se reducirá el consumo energético de la vivienda.

## **2. PROGRAMAS**

En este apartado se llevará a cabo un primer vistazo de los programas que se utilizarán a lo largo del proyecto de optimización.

### **2.1. NanoCAD**

Se trata de un programa de CAD <sup>(2)</sup> (diseño asistido por computadora), similar al AutoCAD. Este tipo de software utiliza las tecnologías informáticas para reemplazar los dibujos a mano. Gracias a este programa se realiza una nueva versión en CAD de los planos del edificio, ya que originalmente venían dibujados en papel.

Por otra parte, su principal función en este proyecto es la de definir los cerramientos de cada una de las plantas, que se llevará a cabo con la metodología recogida en el *manual* <sup>(3)</sup> del siguiente programa, el Genera3D. Cada cerramiento define una zona térmica diferente.

Después de dibujar las plantas del edificio, el siguiente paso será crear el edificio en 3D utilizando los archivos de salida que proporciona nanoCAD. La extensión de estos archivos es .dxf.

### **2.2. Genera3D <sup>(4)</sup>**

Mediante este programa se crea la geometría del edificio. Se introducen los ficheros .dxf de las plantas que se obtienen como ficheros de salida del nanoCAD. También se rellenan los siguientes campos: altura de cada planta, altura de las ventanas y altura del alféizar. Si en nanoCAD se han definido los nombres de las zonas térmicas, en Genera3D se verán reflejadas con los mismos nombres.

Después de generar el edificio en formato 3D, se exporta el resultado al programa principal del proyecto, EnergyPlus. Este archivo contiene información relativa a toda la estructura del edificio que se ha generado. Su extensión es .idf.

### **2.3. EnergyPlus <sup>(5)</sup>**

Este programa es la base principal del proyecto, ya que gracias a él se puede estudiar el consumo energético de los edificios. Esto es debido a que este software permite la simulación térmica de los edificios. Lo desarrolla el Departamento de Energía de Estados Unidos (DOE), y se utilizará la versión 8.8.

Con el archivo .idf que se ha exportado del Genera3D y la información climática del lugar donde se encuentra el edificio, se puede empezar a simular.

Por otra parte, para detallar la información del edificio, hay que abrir el IDF editor. Dentro de éste, se define todo el edificio y las condiciones que le afectan, como los días de diseño, los horarios de uso, las características de los cristales de las ventanas, los toldos que realizan sombras sobre las fachadas... Incluso los sistemas de climatización. Toda esta información se encuentra en una lista vacía, formada por objetos. Estos objetos están diferenciados por clases, según qué sean o cuál sea su función.

### 3. INSTALACIONES

#### 3.1. Introducción

El edificio en el que se va a centrar el proyecto se sitúa en Badalona. Concretamente su dirección es la siguiente: Carrer de València, 35, 08915, Badalona, Barcelona.

Se trata de un edificio con 23 años y dos plantas, con la fachada delantera orientada al Este. La vivienda mide 7,7 metros de ancho, 11 metros de largo y 7,5 metros de alto. El área total del edificio es de 170 m<sup>2</sup>. En la parte más elevada de la fachada trasera de la segunda planta hay un saliente con la misma anchura del edificio, con una profundidad de 1,2 metros.

Enfrente, al cruzar la calle, se encuentran otros edificios, los cuales tienen una altura de 15 metros. La calle tiene una anchura aproximada de 6,6 metros. En la parte trasera del edificio hay una pequeña terraza, y los laterales de la vivienda están en contacto con los edificios vecinos, de aproximadamente 18 metros de alto.

En cuanto al consumo energético, el edificio en cuestión no cuenta con ningún sistema de climatización, por lo que sólo existe demanda de iluminación y equipos.

A continuación, se evaluarán los elementos constructivos que forman el edificio.

#### 3.2. Cerramientos

En la vivienda existen cerramientos de diferente tipo. Ahora, se verá en detalle la composición de cada uno de ellos. El orden de los materiales está realizado de forma que la primera capa es la más profunda en el muro, mientras que la última es la que quedaría a la vista desde el interior.

Como se puede observar, la cubierta tiene un espesor total de 46 cm, siendo este uno de los espesores más elevados de los cerramientos. Este valor se debe a que la cubierta se encuentra completamente al aire libre, actuando de tejado para la vivienda.

<b>Cubierta</b>	
<b>Material</b>	<b>Espesor (cm)</b>
<b>Plaqueta o baldosa de gres</b>	2
<b>Mortero cemento 1cm</b>	1
<b>Betún fieltro o lámina</b>	2
<b>Mortero cemento 2cm</b>	2
<b>ESP Poliestireno Expandido</b>	8
<b>FU entrevigado</b>	30
<b>Enlucido 1cm</b>	1
	<b>46</b>

Tabla 1: Materiales que forman la cubierta

El forjado del terreno, al ser la separación entre el terreno y el edificio, además de la base de la construcción, tiene el espesor máximo, con un valor de 61 cm.

<b>Forjado terreno</b>	
<b>Material</b>	<b>Espesor (cm)</b>
<b>Tierra vegetal</b>	35
<b>Hormigón masa</b>	25
<b>Mortero cemento 1cm</b>	1
	<b>61</b>

Tabla 2: Materiales que forman el forjado del terreno

Para acabar con los cerramientos exteriores, se evaluará la composición de los muros. Éstos vienen definidos por tres espesores diferentes: 10, 15 y 30 cm. Por lo tanto, sus materiales son diferentes en cada caso.

<b>Muro exterior 30</b>	
<b>Material</b>	<b>Espesor (cm)</b>
<b>1/2 Pie LP métrico o catalán</b>	11,5
<b>ESP Poliestireno Expandido 6cm</b>	6
<b>Tabique de LH triple gran formato</b>	10,5
<b>Enlucido de yeso</b>	2
	<b>30</b>

Tabla 3: Materiales que forman el muro exterior de 30 cm

<b>Muro exterior 15</b>	
<b>Material</b>	<b>Espesor (cm)</b>
<b>Tabique de LH sencillo 5cm</b>	5
<b>ESP Poliestireno Expandido 4cm</b>	4
<b>Tabique de LH sencillo 4cm</b>	4
<b>Enlucido de yeso</b>	2
	<b>15</b>

Tabla 4: Materiales que forman el muro exterior de 15 cm

<b>Muro exterior 10</b>	
<b>Material</b>	<b>Espesor (cm)</b>
<b>Mortero cemento 2cm</b>	2
<b>ESP Poliestireno Expandido 4cm</b>	4
<b>Mortero cemento 2cm</b>	2
<b>Enlucido de yeso</b>	2
	<b>10</b>

Tabla 5: Materiales que forman el muro exterior de 10 cm

Los siguientes cerramientos son el techo interior y el suelo interior, que tienen la misma composición, pero en orden contrario. Esto se debe a que el techo interior de la primera planta corresponde con el suelo interior de la planta superior. Su espesor final será de 33,5 cm.

<b>Techo interior</b>	
<b>Material</b>	<b>Espesor (cm)</b>
<b>Plaqueta o baldosa de gres</b>	2
<b>FU entrevigado cerámico</b>	30
<b>Enlucido de yeso</b>	1,5
	<b>33,5</b>

Tabla 6: Materiales que forman el techo interior

<b>Suelo interior</b>	
<b>Material</b>	<b>Espesor (cm)</b>
<b>Enlucido de yeso</b>	1,5
<b>FU entrevigado cerámico</b>	30
<b>Plaqueta o baldosa de gres</b>	2
	<b>33,5</b>

Tabla 7: Materiales que forman el suelo interior

Por último, se encuentran las medianeras. Estos cerramientos dividen las zonas térmicas desde el interior. Vienen definidas en dos espesores, de 5 y de 10 cm.

<b>Medianera 5</b>	
<b>Material</b>	<b>Espesor (cm)</b>
<b>Enlucido de yeso</b>	1,5
<b>Mortero cemento 2cm</b>	2
<b>Enlucido de yeso</b>	1,5
	<b>5</b>

Tabla 9: Materiales que forman la medianera de 5 cm

<b>Medianera 10</b>	
<b>Material</b>	<b>Espesor (cm)</b>
<b>Enlucido de yeso</b>	2
<b>Tabique de LH doble</b>	6
<b>Enlucido de yeso</b>	2
	<b>10</b>

Tabla 8: Materiales que forman la medianera de 10 cm



### 3.3. Ventanas y puertas

Respecto a ventanas y puertas, en el edificio hay 4 ventanas estándar, 5 puertas de cristal, 1 puerta de garaje y 1 puerta de la calle. Ésta última es la única cuyo material es diferente, ya que es de madera.

	<b>Anchura (cm)</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Distancia alféizar (cm)</b>
<b>Ventana estándar 1</b>	150	110	120
<b>Ventana estándar 2</b>	240	120	85
<b>Ventana estándar 3</b>	200	120	85
<b>Ventana estándar 4</b>	100	80	130

Tabla 10: Dimensiones de las ventanas

	<b>Anchura (cm)</b>	<b>Altura (cm)</b>
<b>Puerta cristal 1</b>	150	200
<b>Puerta cristal 2</b>	240	200
<b>Puerta cristal 3</b>	180	210
<b>Puerta cristal 4</b>	180	210
<b>Puerta cristal 5</b>	90	210
<b>Puerta calle</b>	95	230
<b>Puerta garaje</b>	240	230

Tabla 11: Dimensiones de las puertas

Hay un espacio de 240 cm de alto y 230 cm de ancho en la segunda planta en el que no hay ningún tipo de ventana o cristal, está al aire libre. Por tanto, el área de cristalería sería de unos 32,685 m<sup>2</sup>. Si se añade el hueco sin cristal, serían 38,305 m<sup>2</sup>.

El cristal de las ventanas se trata de un vidrio monolítico transparente de 6mm de espesor. Las propiedades del vidrio son las siguientes:

Transmitancia térmica:  $U_{\text{vidrio}} = 5,7 \text{ W/m}^2\text{K}$

Factor solar:  $g = 0,85$

En cuanto al marco, su material es metálico de color blanco, por lo que sus propiedades son las siguientes:

Transmitancia térmica:  $U_{\text{marco}} = 4 \text{ W/m}^2\text{K}$

Absortividad radiación solar = 0,25

Además, en algunas ventanas y puertas se observan toldos o cortinas. Los toldos se sitúan en las ventanas estándar 2, 3 y 4, en las puertas de cristal 3, 4 y 5, también en el hueco de la segunda planta. Se supondrá que el toldo deja pasar un 70% de la radiación solar. Las cortinas están situadas en todas las puertas de cristal y ventanas, excepto la puerta de cristal 5. Se trata de una cortina muy translúcida en color blanco, por lo que su transmitancia solar será de 0,39.

### 3.4. Zonas

En cuanto a las zonas que forman la vivienda, encontramos las siguientes, separadas en plantas:

Zona	Área (m <sup>2</sup> )
Salón-comedor	27,63
Garaje	20,92
Hall 1	4,73
Habitación 1	10,81
Aseo 1	3,94
Cocina	14,74

Tabla 13: Áreas de las zonas de la primera planta

Zona	Área (m <sup>2</sup> )
Habitación 5	22,61
Hall 2	9,2
Habitación 2	14,36
Habitación 4	15,9
Aseo 2	6,07
Habitación 3	5,18
Lavandería	12,03

Tabla 12: Áreas de las zonas de la segunda planta

Como se puede observar, se trata de una vivienda con 5 habitaciones y 2 baños, además de un gran salón - comedor. Incluso dispone de garaje completamente privado y una lavandería.

### 3.5. Equipos

Respecto al equipamiento del edificio, se observa que la mayoría de los electrodomésticos residen en la cocina y en la lavandería, exceptuando el caso de la televisión y el ordenador.

	Equipo	Potencia (W)	Potencia por zona (W)
Salón-comedor	Televisión	104	104
Cocina	Microondas	900	4390
	Horno	2700	
	Frigorífico	300	
	Congelador	250	
	Extractor	240	
Habitación 2	Pantalla	24	224
	Ordenador	200	
Lavandería	Lavadora	1150	5300
	Secadora	4150	
			<b>10018</b>

Tabla 14: Equipos y sus potencias, divididos por zonas

### 3.6. Iluminación

A continuación, se va a evaluar la iluminación de cada una de las zonas del edificio.

	<i>Potencia por bombilla (W)</i>	<i>Número bombillas</i>	<i>Potencia (W)</i>	<i>Potencia por zona (W)</i>
<b>Salón-comedor</b>	5	5	25	25
<b>Garaje</b>	15	3	45	45
<b>Hall 1</b>	50	3	150	150
<b>Habitación 1</b>	20	1	20	20
<b>Aseo 1</b>	21	2	42	52
	5	2	10	
<b>Cocina</b>	25	2	50	50
<b>Habitación 5</b>	21	2	42	92
	10	5	50	
<b>Hall 2</b>	21	2	42	42
<b>Habitación 2</b>	3	1	3	45
	21	2	42	
<b>Habitación 4</b>	21	1	21	21
<b>Aseo 2</b>	10	1	10	20
	5	2	10	
<b>Habitación 3</b>	15	2	30	30
<b>Lavandería</b>	15	1	15	15
				<b>607</b>

*Tabla 15: Potencias de las bombillas, dividido por zonas*

Como se puede observar, hay zonas donde la potencia consumida por la iluminación es bastante elevada, como es el caso del Hall 1, el Aseo 1 y la Habitación 5.

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1. Definición del edificio y sus zonas térmicas

A la hora de definir el edificio hay que tener en cuenta la nomenclatura que utiliza el programa que proporcionará la proyección tridimensional, el Genera3D. Esta información queda recogida en el manual del programa. A continuación, se explica la metodología recogida en dicho manual.

Para definir los espacios, se ha de utilizar el elemento gráfico de la polilínea. Además, la capa en la que se deben encontrar se llamará LIDER.

En cuanto a la definición de las ventanas, se utilizará la línea. En este caso la línea debe ir dibujada encima de una polilínea existente. La capa que se utilizará será la de V\_LIDER. Si se quiere definir la dimensión de las ventanas, se puede cambiar el nombre de la capa usando la nomenclatura siguiente:

*V\_LIDER [altura ventana] [altura desde el suelo]*

Por lo que, si hay ventanas con diferentes dimensiones, tendrán que haber tantas capas como ventanas diferentes haya. También se pueden definir las dimensiones en el Genera3D. Para el caso de las puertas, sería el mismo funcionamiento. Sin embargo, al estar a ras de suelo, la altura desde el suelo sería cero.

Por último, se encuentra la herramienta MText. Ésta se utiliza para nombrar los espacios dibujados. La capa en la que se escribe se llamará TEXTO\_LIDER. Al llevar a cabo este paso, el Genera3D asignará los nombres a las zonas.

Ya se ha visto la nomenclatura que se ha de utilizar para el correcto funcionamiento de los programas. Ahora se pasará a la propia definición del edificio.

En primer lugar, se creará una capa auxiliar llamada ESQUELETO. Para diferenciar visualmente las capas, se elegirán colores diferentes. Se comienza colocando en nanoCAD los planos del edificio en el fondo y, situándose en la capa auxiliar, se delimita el contorno y las habitaciones del edificio. Una vez realizado esto, se irá a la capa LIDER y se utilizará el comando Boundary. Su objetivo es confirmar que las zonas térmicas están cerradas, para evitar problemas posteriores. Para utilizarlo, se seleccionará la opción "Pick points", con lo que se irá haciendo clic y seleccionando los interiores de cada una de las zonas. Al ir seleccionándolos, las zonas cambiarán del color de la capa ESQUELETO al de la capa LIDER. Cuando se hayan seleccionado todas las habitaciones, la definición de los espacios habrá concluido.

En segundo lugar, hay que definir las ventanas y las puertas. Como se ha comentado anteriormente, la altura de la ventana y la distancia al suelo queda definida por el nombre de la capa, por lo que habrá que crear las capas necesarias. Si existen varias ventanas iguales, podrán estar en la misma capa. En el caso de este proyecto, casi todas las ventanas son diferentes, por lo que este método nos resulta más práctico que definirlo posteriormente en el Genera3D. Sin embargo, la anchura de estos elementos no queda definida por la capa, sino por la longitud de las líneas que dibujemos en dicha capa.

Para finalizar, se nombran los espacios. Para esto se utilizará la herramienta MText, como se ha comentado anteriormente. Se hará clic en cada una de las zonas que se quieran nombrar, y se abrirá un cuadro de texto donde se podrá escribir y editar el texto.

Todo este procedimiento se hará para cada una de las plantas del edificio, en diferentes archivos, con extensión .dxf del año 2000.

#### **4.2. Proyección 3D y exportación**

Para dibujar el edificio en formato tridimensional, se introducirán los ficheros .dxf de las plantas. Para cada una, habrá que definir su altura relativa y, si no se ha definido anteriormente en el programa nanoCAD, la altura de las ventanas y la distancia al alféizar. Además, si existen espacios que sean térmicamente iguales y su nombre es el mismo, se puede seleccionar la opción de “unir espacios con el mismo nombre”. También habrá que elegir un nombre para el proyecto.

Cuando ya se hayan introducido todas las plantas, se hará clic en el botón “Crea 3D”. Posteriormente, se mostrará una imagen 3D del edificio con las puertas y ventanas que se hayan definido. En la parte izquierda se podrá ver las plantas y las zonas que hay en cada una de ellas. Además, dentro de las zonas se podrán ver los cerramientos que las definen.

Por último, en la parte de arriba a la izquierda hay dos apartados. Uno de ellos es el editor, donde se observaban las plantas y sus zonas. El otro se llama “Sistemas EnergyPlus”, el cual se utilizará para exportar el edificio. Aquí se puede seleccionar la versión de EnergyPlus, que en este caso será la más reciente, la 8.6. Cuando ya se haya elegido, en la parte superior se hará clic en el botón que indica “Exportar a EnergyPlus”, con el símbolo del propio programa. De esta manera, se creará un archivo .idf con el nombre del proyecto que se haya elegido anteriormente, por lo que ya se pasará a utilizar el siguiente programa.

#### **4.3. EnergyPlus**

Conforme se crea el archivo .idf proveniente del Genera3D, se abrirá el programa EP-Launch, que se trata del lanzador del EnergyPlus. En éste, existen dos apartados que rellenar. Uno de ellos se trata del “Input File” donde se seleccionará el fichero .idf recién creado. El otro se llama “Weather File”, en el cual se pondrán los archivos climatológicos de Barcelona.

Antes de empezar habrá que entrar al apartado “IDF Editor”, para cambiar la versión del archivo .idf para que corresponda con la del EnergyPlus, que es la 8.8.

A continuación, se verá en detalle cómo se ha ido editando el proyecto para que representara, de la manera más aproximada posible, la realidad del edificio. Para organizarlo, se dividirán los grupos en apartados y se verán algunos de los objetos que se han usado. La información de cada grupo y objeto queda recogida en el archivo *I/O Reference* <sup>(6)</sup> que proporciona el EnergyPlus.

##### **4.3.1. Simulation Parameters**

En este grupo se encuentran los parámetros que definirán la simulación. Algunos de los objetos que forman parte de esta clase son los siguientes:

- **Version:** en este grupo se especificará la versión de EnergyPlus que se va a utilizar, la 8.8.

- **Building:** aquí se define el nombre del proyecto, la orientación, el tipo de terreno y la distribución solar. Éste último campo se refiere al cálculo de las sombras. La orientación es 90° respecto al Norte, lo que corresponde al Este. Como el edificio tiene muchas maneras de producir sombra (toldos, cortinas), se seleccionará una distribución solar que lo refleje.

Field	Units	Obj1
Name		PROYECTO
North Axis	deg	90
Terrain		City
Loads Convergence Tolerance Value		0,5
Temperature Convergence Tolerance Value	deltaC	0,5
Solar Distribution		FullExterior
Maximum Number of Warmup Days		25
Minimum Number of Warmup Days		

Ilustración 1: Objeto "Building"

- **ShadowCalculation:** este objeto se ha creado para controlar más la radiación solar y las sombras que se provocan. Se elige el método de cálculo más detallado, pero también el más lento, con el fin de que los resultados sean más precisos.

Field	Units	Obj1
Calculation Method		TimeStepFrequency
Calculation Frequency		20
Maximum Figures in Shadow Overlap Calculations		15000
Polygon Clipping Algorithm		SutherlandHodgman
Sky Diffuse Modeling Algorithm		DetailedSkyDiffuseModeling
External Shading Calculation Method		InternalCalculation
Output External Shading Calculation Results		No

Ilustración 2: Objeto "ShadowCalculation"

#### 4.3.2. Climate

En esta clase se definirán los días de diseño de verano e invierno. Para ello, se empezará buscando información climática del observatorio más cercano a Badalona. Los datos que se verán a continuación quedan recogidos en la *Guía técnica de condiciones climáticas exteriores de proyecto, de la IDAE* <sup>(7)</sup>. La estación seleccionada será la del Aeropuerto del Prat, cuya altura sobre el nivel del mar (asnm) es de 6m.

Se definirá en primer lugar el día de verano. Por lo tanto, habrá que evaluar la información del apartado de refrigeración. El día de verano se definirá con la temperatura seca y la húmeda. Para evaluar la temperatura seca, se buscará el caso más desfavorable, que se trata de la temperatura que ocurre un 0,4 % de las veces,  $TS_{0,4} = 31$  °C.

En cuanto a la temperatura húmeda, se buscará la que corresponda al 0,4% de las veces, obteniendo que la temperatura húmeda coincidente es  $THC_{0,4} = 24,8$  °C. Por último, también es necesario saber la Oscilación Media Diaria de Refrigeración (OMDR), teniendo  $OMDR = 9,2$  °C. Para verano se supondrá que el cielo está completamente despejado.

#### CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÁXIMA)

TSMAX (°C)	TS <sub>0,4</sub> (°C)	THC <sub>0,4</sub> (°C)	TS <sub>1</sub> (°C)	THC <sub>1</sub> (°C)	TS <sub>2</sub> (°C)	THC <sub>2</sub> (°C)	OMDR (°C)
37,3	31,0	24,8	30,0	24,6	28,9	24,1	9,2

Ilustración 3: Condiciones de proyecto para refrigeración

El día de invierno se definirá con la temperatura seca y la humedad relativa. Para obtener la humedad relativa será necesario hacer uso de un programa externo, llamado *SICRO* <sup>(8)</sup>. Se trata de un software que, dadas determinadas condiciones de temperatura o humedad, te señala en el diagrama psicrométrico el punto en el que se cumplen las condiciones que se han introducido.

Partiendo esta vez del apartado de calefacción, se comienza buscando una vez más el caso desfavorable. En este caso, se trata de la temperatura seca que ocurre el 99,6 % de las veces,  $TS_{99,6} = 1,3$  °C. Ahora la Oscilación Media Diaria por Calefacción tiene un valor próximo al de refrigeración, siendo  $OMDC = 9,1$  °C.

**CONDICIONES PROYECTO CALEFACCIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÍNIMA)**

TSMIN (°C)	TS <sub>99,6</sub> (°C)	TS <sub>99</sub> (°C)	OMDC (°C)	HUMcoin (%)	OMA (°C)
-3,6	1,3	2,7	9,1	70,2	29,7

*Ilustración 4: Condiciones de proyecto para calefacción*

Para obtener la humedad relativa, se introducirá en *SICRO* la temperatura seca y la humedad coincidente, cuyo valor es del 70,2 %. Al dibujar el punto en el programa psicrométrico, se puede observar que en dicho punto la humedad relativa es de 0,0029 kg agua/kg aire seco. Para invierno, se supondrá que cielo está despejado un 10 % de las veces.

Por último, falta la información referente a la velocidad del viento y su dirección. Se observa en el documento que la velocidad media es de 3,42 m/s, y que su dirección predominante es el Norte, lo que corresponde con 0°. Por lo tanto, se crearán dos objetos del tipo *SizingPeriod:DesingDay*, invierno y verano.

- *SizingPeriod:DesingDay*: los objetos se llamarán INV\_BCN y VER\_BCN, y en ellos se definirán los parámetros recientemente vistos.

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		INV_BCN	VER_BCN
Month		1	7
Day of Month		15	15
Day Type		WinterDesignDay	SummerDesignDay
Maximum Dry-Bulb Temperature	C	10,4	31
Daily Dry-Bulb Temperature Range	deltaC	9,1	9,2
Dry-Bulb Temperature Range Modifier Type		DefaultMultipliers	DefaultMultipliers
Dry-Bulb Temperature Range Modifier Day Schedule N.			
Humidity Condition Type		HumidityRatio	WetBulb
Wetbulb or DewPoint at Maximum Dry-Bulb	C		24,8
Humidity Condition Day Schedule Name			
Humidity Ratio at Maximum Dry-Bulb	kgWater/kgDryA	0,0029	
Enthalpy at Maximum Dry-Bulb	J/kg		
Daily Wet-Bulb Temperature Range	deltaC		
Barometric Pressure	Pa		
Wind Speed	m/s	3,42	3,42
Wind Direction	deg	0	0
Rain Indicator		No	No
Snow Indicator		No	No
Daylight Saving Time Indicator		No	No
Solar Model Indicator		ASHRAEClearSky	ASHRAEClearSky
Beam Solar Day Schedule Name			
Diffuse Solar Day Schedule Name			
ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Beam Irradiance (	dimensionless		
ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Diffuse Irradiance	dimensionless		
Sky Clearness		0,1	1

*Ilustración 5: Objeto "SizingPeriod:DesignDay"*

#### 4.3.3. Schedules

En esta clase se crean los objetos de los horarios más importantes, que son los siguientes: *Schedule:Compact* y *Schedule:Constant*.

- ***Schedule:Constant***: en este objeto se definen parámetros que tienen valores fijos. Se definen parámetros como las actividades para cada una de las zonas, el trabajo que realizan los ocupantes y la velocidad del aire en el interior de la vivienda. La actividad tendrá un valor de 100 en cada zona, la velocidad del aire será de 0,1 m/s y el trabajo, al ser un edificio de uso residencial, será 0.

Field	Units	Obj14	Obj15	Obj16
Name		Activity_Lavanderia	Work	Air_velocity
Schedule Type Limits Name			Fraction	Any Number
Hourly Value	varies	100	0	0,1

Ilustración 6: Objeto "Schedule:Constant"

- ***Schedule:Compact***: en este objeto se definen los elementos cuyo funcionamiento varía en algún momento. De base vienen creados objetos como *AlwaysOn* o *AlwaysOff*, los cuales hacen referencia a que siempre o nunca están activos, respectivamente. En este campo se crearán objetos según indican los perfiles de uso residencial que quedan recogidos en el *Documento Básico HE en el campo de ahorro de energía (DBHE)* <sup>(9)</sup>.

USO RESIDENCIAL	(24h, BAJA)						
	1-7	8	9-15	16-18	19	20-23	24
<b>Temp Consigna Alta (°C)</b>							
Enero a Mayo	–	–	–	–	–	–	–
Junio a Septiembre	27	–	–	25	25	25	27
Octubre a Diciembre	–	–	–	–	–	–	–
<b>Temp Consigna Baja (°C)</b>							
Enero a Mayo	17	20	20	20	20	20	17
Junio a Septiembre	–	–	–	–	–	–	–
Octubre a Diciembre	17	20	20	20	20	20	17
<b>Ocupación sensible (W/m²)</b>							
Laboral	2,15	0,54	0,54	1,08	1,08	1,08	2,15
Sábado y Festivo	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15
<b>Ocupación latente (W/m²)</b>							
Laboral	1,36	0,34	0,34	0,68	0,68	0,68	1,36
Sábado y Festivo	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36
<b>Iluminación (W/m²)</b>							
Laboral, Sábado y Festivo	0,44	1,32	1,32	1,32	2,20	4,40	2,2

Ilustración 7: Perfil de uso residencial según DBHE

Como se puede observar en la tabla, los dos primeros parámetros son los termostatos, los cuales se aplican en lugares de uso residencial. La temperatura de consigna alta sólo se activa cuando la temperatura es muy elevada, por lo que define los momentos en los que hace falta refrigerar. Esta consigna sólo se activará durante los meses de verano, en el caso que se cumpla la condición de temperatura para empezar a funcionar.



Para el caso de la temperatura de consigna baja, ocurre lo mismo, pero en calefacción. Por lo tanto, se activará cuando se cumplan las condiciones de temperatura baja, mientras no sean los meses de verano.

En cuanto a la ocupación latente y sensible, se sumarán ambos valores y se creará un único horario que se llamará Ocupación. Por lo tanto, al sumar obtendremos los valores siguientes: 3.51, 0.88 y 1.76. Si se quiere representar en fracción, serán 1, 0.25 y 0.5, respectivamente.

Para la iluminación también se escribirá en formato fracción, por lo que si los valores iniciales son 0.44, 1.32, 2.20 y 4.40, en el nuevo formato serán 0.1, 0.3, 0.5 y 1. Este horario se utiliza tanto para definir el consumo de luz como el de algunos aparatos electrónicos que se usan a lo largo del día, como el microondas, la televisión o el ordenador.

Field	Units	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6
Name		T_ALTA	T_BAJA	Ocupacion	Luz_equipos
Schedule Type Limits Name		Temperature	Temperature	Fraction	Fraction
Field 1	varies	Through: 5/31	Through: 5/31	Through: 12/31	Through: 12/31
Field 2	varies	For: AllDays	For: AllDays	For: Weekdays	For: AllDays
Field 3	varies	Until: 24:00	Until: 7:00	Until: 7:00	Until: 7:00
Field 4	varies	99	17	1	.1
Field 5	varies	Through: 9/30	Until: 23:00	Until: 15:00	Until: 18:00
Field 6	varies	For: AllDays	20	.25	.3
Field 7	varies	Until: 7:00	Until: 24:00	Until: 23:00	Until: 19:00
Field 8	varies	27	17	.5	.5
Field 9	varies	Until: 15:00	Through: 9/30	Until: 24:00	Until: 23:00
Field 10	varies	99	For: AllDays	1	1
Field 11	varies	Until: 23:00	Until: 24:00	For: Weekends holi	Until:24:00
Field 12	varies	25	-50	Until: 24:00	.5
Field 13	varies	Until: 24:00	Through: 12/31	1	
Field 14	varies	27	For: AllDays	For: SummerDesignI	
Field 15	varies	Through: 12/31	Until: 7:00	Until: 24:00	
Field 16	varies	For: AllDays	17	1	
Field 17	varies	Until: 24:00	Until: 23:00	For: WinterDesignD	
Field 18	varies	99	20	Until: 24:00	
Field 19	varies		Until: 24:00	.25	
Field 20	varies		17	For: AllOtherDays	
Field 21	varies			Until: 24:00	
Field 22	varies			0	

Ilustración 8: Objeto "Schedule:Compact" 1

Por otra parte, también se han creado otros horarios necesarios para definir apropiadamente el edificio. Para definir cómo de abrigados se encuentran los ocupantes de la vivienda, se crea el horario *Ropa*, el cual determina que el nivel de ropa es máximo durante todo el año, excepto en verano, donde su valor es la mitad.

Para definir cuándo actúan las sombras exteriores del edificio, se crea el horario *Toldo*. Su funcionamiento es tal que, durante todo el año deja pasar el 100% de la radiación solar, pero durante los meses de verano atrapa el 30%.

Por último, se observan dos horarios con el nombre *Mediodía*. Éstos se han creado para detallar el funcionamiento de algunos equipos. Uno de ellos es el llamado *BC*, debido a que representa a los equipos de bajo consumo. Su horario de uso es tal que sólo se utiliza durante el horario de las comidas, pero no durante el resto del día, como es el caso de la campana extractora.

El que recibe el nombre de AC, viene a referirse a los aparatos con alto consumo. Estos aparatos tienen la particularidad de que se usan 3 veces por semana, lo que corresponde a 0,42857 veces al día, o a 0,21428 si se quiere separar en dos momentos del día. Electrodomésticos como el frigorífico o el congelador quedan definidos por el horario de *AlwaysOn*, ya que funcionan durante todo el día.

Field	Units	Obj7	Obj8	Obj9	Obj10
Name		Ropa	Toldo	Mediodia_BC	Mediodia_AC
Schedule Type Limits Name		Fraction	Fraction	Fraction	Fraction
Field 1	varies	Through: 5/31	Through: 5/31	Through: 12/31	Through: 12/31
Field 2	varies	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays
Field 3	varies	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 13:00	Until: 13:00
Field 4	varies	1	1	0	0
Field 5	varies	Through: 9/30	Through: 9/30	Until: 15:00	Until: 15:00
Field 6	varies	For: AllDays	For: AllDays	1	.2142857
Field 7	varies	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 20:00	Until: 20:00
Field 8	varies	.5	.7	0	0
Field 9	varies	Through: 12/31	Through: 12/31	Until: 22:00	Until: 22:00
Field 10	varies	For: AllDays	For: AllDays	1	.2142857
Field 11	varies	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00
Field 12	varies	1	1	0	0

Ilustración 9: Objeto "Schedule:Compact" 2

#### 4.3.4. Surface Construction Elements

En esta clase se encontrarán objetos referidos a la construcción de las superficies. Éstos son: *Material*, *WindowMaterial:SimpleGlazingSystem*, *WindowMaterial:Shade* y *Construction*.

- **Material:** en este objeto se definen las propiedades de los materiales que se utilizan en el proyecto. En la imagen se ven algunos de ellos.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6
Name		MADERA	Mortero_cemento_1	Mortero_cemento_2	ESP_poliestireno_3	Fu_entrevigado	Enlucido_1
Roughness		MediumSmooth	Rough	Rough	Rough	MediumRough	MediumRough
Thickness	m	0,04	0,01	0,02	0,02	0,3	0,01
Conductivity	W/m-K	0,15	0,55	0,55	0,029	0,846	0,57
Density	kg/m3	608	1125	1125	30	1110	1150
Specific Heat	J/kg-K	1630	1000	1000	1000	1000	1000

Ilustración 10: Objeto "Material"

- **WindowMaterial:SimpleGlazingSystem:** se trata de un método para definir los cristales de las ventanas, cuando no se dispone de mucha información. Se define el cristal inicial visto anteriormente, con sus valores de factor solar y transmitancia térmica.

Field	Units	Obj1
Name		MONOLITICO 6
U-Factor	W/m2-K	5,7
Solar Heat Gain Coefficient		0,85

Ilustración 11: Objeto "WindowMaterial:SimpleGlazingSystem"

- **WindowMaterial:Shade:** este objeto define las propiedades de los materiales que provocan sombra en las ventanas. Para este proyecto se trata de las cortinas, de ahí su nombre de *Sombra\_interna*. El parámetro de mayor interés es la transmitancia solar.

Field	Units	Obj1
Name		Sombra_interna
Solar Transmittance	dimensionless	0,39

Ilustración 12: Objeto "WindowMaterial:Shade"

- **Construction:** aquí se encuentra la composición y distribución por capas de los cerramientos, como se indicaba en apartados anteriores. "Outside Layer" corresponde con la zona más alejada de la zona, mientras que la última capa corresponde a la que está más próxima. Se muestran algunos de ellos.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6
Name		Cubierta	Forjado_terreno	Muro_exterior (15)	Medianera (5)	Techo_interior	Suelo_interior
Outside Layer		PBGres	Tierra_vegetal	Tabique de LH sen	Enlucido de yeso 1C	Plaqueta o baldosa	Enlucido de yeso 1C
Layer 2		Mortero_cemento_1	Hormigon masa	ESP_poliestireno_2	Mortero_cemento_2	FU entrevigado cer:	FU entrevigado cer:
Layer 3		Betun_f_lamina	Mortero_cemento_1	Tabique de LH sen	Enlucido de yeso 1C	Enlucido de yeso 1C	Plaqueta o baldosa
Layer 4		Mortero_cemento_2		Enlucido de yeso 1C			
Layer 5		ESP_poliestireno_1					
Layer 6		Fu_entrevigado					
Layer 7		Enlucido_1					

Ilustración 13: Objeto "Construction"

#### 4.3.5. Thermal Zones and Surfaces

En esta clase se definen las características de las zonas térmicas, así como los detalles de cada una de las superficies que se van a modelar. También se incluyen las superficies que provocan sombra. Dentro de esta clase encontramos los siguientes objetos:

- **BuildingSurface:Detailed:** los objetos que se crean aquí definen cada una de las superficies, ya sean interiores, exteriores, tejados o suelos.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5
Name		C9	CA	CB	CC	CD
Surface Type		Wall	Wall	Wall	Wall	Wall
Construction Name		Medianera (5)	Medianera (10)	Medianera (10)	Muro_exterior (15)	Muro_exterior (30)
Zone Name		Salon - Comedor	Salon - Comedor	Salon - Comedor	Salon - Comedor	Salon - Comedor
Outside Boundary Condition		Surface	Outdoors	Surface	Outdoors	Outdoors
Outside Boundary Condition Object		EE		D6		
Sun Exposure		NoSun	SunExposed	NoSun	SunExposed	SunExposed
Wind Exposure		NoWind	WindExposed	NoWind	WindExposed	WindExposed
View Factor to Ground						
Number of Vertices		4	4	4	4	4
Vertex 1 X-coordinate	m	0	5,5	5,5	5,5	0
Vertex 1 Y-coordinate	m	2,674	2,674	3,799	7,698	7,698
Vertex 1 Z-coordinate	m	0	0	0	0	0
Vertex 2 X-coordinate	m	5,5	5,5	5,5	0	0
Vertex 2 Y-coordinate	m	2,674	3,799	7,698	7,698	2,674
Vertex 2 Z-coordinate	m	0	0	0	0	0
Vertex 3 X-coordinate	m	5,5	5,5	5,5	0	0
Vertex 3 Y-coordinate	m	2,674	3,799	7,698	7,698	2,674
Vertex 3 Z-coordinate	m	4	4	4	4	4
Vertex 4 X-coordinate	m	0	5,5	5,5	5,5	0
Vertex 4 Y-coordinate	m	2,674	2,674	3,799	7,698	7,698
Vertex 4 Z-coordinate	m	4	4	4	4	4

Ilustración 14: Objeto "BuildingSurface:Detailed"

Como se observa en la imagen, para cada superficie se indica cuál es su tipo, cómo está construida, en qué zona se encuentra, si se encuentra en el interior o en el exterior, si está expuesta a viendo o sol y, por último, los vértices que la forman.

- **FenestrationSurface:Detailed:** estos objetos son similares a los del apartado anterior, pero en este caso se definen las ventanas y puertas. Para cada superficie se elige si es *Window*, *GlassDoor* o *Door*, que se corresponde con ventana, puerta de cristal o puerta. Además, se elige también cuál es su construcción (*Ventana\_inicial*), su marco, en qué superficie del edificio se encuentra y si tiene algún tipo de sombreado (*Sombra\_interna*). Por último, se definen los vértices que forman la superficie. Para el hueco en el que no hay ventana, se crea una construcción llamada *Ventana\_sincristal*, la cual deja pasar toda la radiación incidente.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5
Name		CE	CF	D7	E0	E7
Surface Type		GlassDoor	GlassDoor	Door	Door	Window
Construction Name		Ventana_inicial	Ventana_inicial	Puerta	Puerta	Ventana_inicial
Building Surface Name		CD	CD	D4	DB	E2
Outside Boundary Condition Object						
View Factor to Ground						
Shading Control Name		Sombra_interna	Sombra_interna			Sombra_interna
Frame and Divider Name		marco_CE	marco_CF	marco_D7	marco_E0	marco_E7
Multiplier						
Number of Vertices		4	4	4	4	4
Vertex 1 X-coordinate	m	0	0	11	9,595	11
Vertex 1 Y-coordinate	m	7,074	4,974	4,65	2,75	0,649
Vertex 1 Z-coordinate	m	0	0	0	0	1
Vertex 2 X-coordinate	m	0	0	11	9,595	11
Vertex 2 Y-coordinate	m	5,275	3,174	7,05	3,75	2,15
Vertex 2 Z-coordinate	m	0	0	0	0	1
Vertex 3 X-coordinate	m	0	0	11	9,595	11
Vertex 3 Y-coordinate	m	5,275	3,174	7,05	3,75	2,15
Vertex 3 Z-coordinate	m	2,1	2,1	2,3	2	2,1
Vertex 4 X-coordinate	m	0	0	11	9,595	11
Vertex 4 Y-coordinate	m	7,074	4,974	4,65	2,75	0,649
Vertex 4 Z-coordinate	m	2,1	2,1	2,3	2	2,1

Ilustración 15: Objeto "FenestrationSurface:Detailed"

- **WindowProperty:ShadingControl:** esta tipología de objetos se utiliza para especificar el tipo y la localización del elemento que provoca sombra. Se trata de una sombra interior, que siempre está activa, cuyo material se ha definido antes con el mismo nombre, *Sombra\_interna*.

Field	Units	Obj1
Name		Sombra_interna
Shading Type		InteriorShade
Construction with Shading Name		
Shading Control Type		AlwaysOn
Schedule Name		
Setpoint	W/m2, W or deg	
Shading Control Is Scheduled		
Glare Control Is Active		No
Shading Device Material Name		Sombra_interna
Type of Slat Angle Control for Blinds		FixedSlatAngle
Slat Angle Schedule Name		
Setpoint 2	W/m2 or deg C	

Ilustración 16: Objeto "WindowProperty:ShadingControl"

- **Shading:Building:** en este objeto se definen elementos rectangulares que provocan sombra al edificio de manera exterior. Son opacos, por lo que estos objetos son los indicados para modelar el sombreado que provocan los vecinos de los alrededores.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3
Name		Vecino_Este	Vecino_Sur	Vecino_Norte
Azimuth Angle	deg	90	180	180
Tilt Angle	deg	90	90	90
Starting X Coordinate	m	21,15	0	-7,7
Starting Y Coordinate	m	17,6	-5	-5
Starting Z Coordinate	m	0	0	0
Length	m	50	16	16
Height	m	15	18	18

Ilustración 17: Objeto "Shading:Building"

- **Shading:Overhang:** en la fachada trasera hay un saliente, que se utiliza para reducir la radiación solar incidente en las ventanas de la segunda planta. Es perpendicular a la fachada, y su anchura total es de 7,7 metros, con una profundidad de 1,2 metros.

Field	Units	Obj1
Name		Saliente
Window or Door Name		F8
Height above Window or Door	m	1,25
Tilt Angle from Window/Door	deg	90
Left extension from Window/Door Width	m	2,85
Right extension from Window/Door Width	m	2,85
Depth	m	1,2

Ilustración 18: Objeto "Shading:Overhang"

- **Shading:Zone:Detailed:** estos objetos también se usan para definir elementos que provocan sombra, pero en este caso existe la opción de elegir en qué momento actúan, mediante un horario. Por lo tanto, aquí se utilizará el horario creado anteriormente, *Toldo*.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4
Name		Toldo_1P_cocina	Toldo_1P_salon	Toldo_2P_lav	Toldo_2P_hab5
Base Surface Name		EF	CD	118	F6
Transmittance Schedule Name		Toldo	Toldo	Toldo	Toldo
Number of Vertices		4	4	4	4
Vertex 1 X-coordinate	m	0	0	0	0
Vertex 1 Y-coordinate	m	0	2,6	0	2,6
Vertex 1 Z-coordinate	m	2,75	2,75	6,5	6,5
Vertex 2 X-coordinate	m	0	0	0	0
Vertex 2 Y-coordinate	m	2,6	7,7	2,6	7,7
Vertex 2 Z-coordinate	m	2,75	2,75	6,5	6,5
Vertex 3 X-coordinate	m	-2,75	-2,75	-1,5	-1,5
Vertex 3 Y-coordinate	m	2,6	7,7	2,6	7,7
Vertex 3 Z-coordinate	m	2,25	2,25	6	6
Vertex 4 X-coordinate	m	-2,75	-2,75	-1,5	-1,5
Vertex 4 Y-coordinate	m	0	2,6	0	2,6
Vertex 4 Z-coordinate	m	2,25	2,25	6	6

Ilustración 19: Objeto "Shading:Zone:Detailed"

#### 4.3.6. Internal Gains

No todo el consumo energético del edificio viene determinado por las condiciones exteriores. Esta clase se utiliza para definir las cargas internas, como son los ocupantes, las luces y los equipos.

- **People:** este objeto se crea para modelar el efecto de los ocupantes en cada una de las zonas. Se utiliza el horario ocupación definido anteriormente, y se supone un nivel de ocupación para cada habitación, con una fracción radiante del 30%. Además, existe la posibilidad de definir la actividad en cada zona (*Activity*), el nivel de trabajo de los ocupantes (*Work*), cuánta ropa llevan (*Ropa*) y la velocidad del aire (*Air\_velocity*). Todo esto son horarios definidos en apartados anteriores. Por último, también se define cual es el modelo de confort térmico que se aplica a los ocupantes, para poder apreciar las condiciones en el interior de cada zona.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4
Name		Ocupantes_Salon	Ocupantes_Garaje	Ocupantes_Hall 1	Ocupantes_Hab 1
Zone or ZoneList Name		Salon - Comedor	Garaje	Hall 1	Hab 1
Number of People Schedule Name		Ocupacion	Ocupacion	Ocupacion	Ocupacion
Number of People Calculation Method		Area/Person	Area/Person	Area/Person	Area/Person
Number of People					
People per Zone Floor Area	person/m2				
Zone Floor Area per Person	m2/person	50	50	50	50
Fraction Radiant		0,3	0,3	0,3	0,3
Sensible Heat Fraction		autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate
Activity Level Schedule Name		Activity_Salon - Con	Activity_Garaje	Activity_Hall 1	Activity_Hab 1
Carbon Dioxide Generation Rate	m3/s-W	0,0000000382	0,0000000382	0,0000000382	0,0000000382
Enable ASHRAE 55 Comfort Warnings		No	No	No	No
Mean Radiant Temperature Calculation Type		ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged
Surface Name/Angle Factor List Name					
Work Efficiency Schedule Name		Work	Work	Work	Work
Clothing Insulation Calculation Method		ClothingInsulationSc	ClothingInsulationSc	ClothingInsulationSc	ClothingInsulationSc
Clothing Insulation Calculation Method Schedule Name					
Clothing Insulation Schedule Name		Ropa	Ropa	Ropa	Ropa
Air Velocity Schedule Name		Air_velocity	Air_velocity	Air_velocity	Air_velocity
Thermal Comfort Model 1 Type		Fanger	Fanger	Fanger	Fanger

Ilustración 20: Objeto "People"

- **Lights:** aquí se especifica la información sobre el sistema de iluminación de cada zona. Se introducirán los valores vistos anteriormente, y la forma en la que se consume viene definida por el horario de *Luz\_equipos*.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6
Name		Luces_Salon - Com	Luces_Garaje	Luces_Hall 1	Luces_Hab 1	Luces_Aseo 1	Luces_Cocina
Zone or ZoneList Name		Salon - Comedor	Garaje	Hall 1	Hab 1	Aseo 1	Cocina
Schedule Name		Luz_equipos	Luz_equipos	Luz_equipos	Luz_equipos	Luz_equipos	Luz_equipos
Design Level Calculation Method		LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel
Lighting Level	W	25	45	150	20	52	50

Ilustración 21: Objeto "Lights"

- **Equipment:** este objeto modela los equipos que consumen electricidad. Como solo hay equipos en algunas zonas, se organizará por equipos en vez de por zonas. Se define la zona en la que se encuentra, el horario que define su consumo y la potencia de cada uno, que se ha visto anteriormente.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6
Name		Television	Microondas	Ordenador_pantalla	Lavadora	Homo	Frigorifico
Zone or ZoneList Name		Salon - Comedor	Cocina	Hab 2	Lavanderia	Cocina	Cocina
Schedule Name		Luz_equipos	Luz_equipos	Luz_equipos	Mediodia_AC	Mediodia_AC	Always On
Design Level Calculation Method		EquipmentLevel	EquipmentLevel	EquipmentLevel	EquipmentLevel	EquipmentLevel	EquipmentLevel
Design Level	W	104	900	224	1150	2700	300

Ilustración 22: Objeto "Equipment"

## 5. RESULTADOS SIMULACIÓN INICIAL

En este apartado se van a evaluar los resultados de la simulación que se acaba de detallar. Esta información proviene del archivo HTML que se genera al realizar la simulación en el EP-Launch.

### 5.1. Consumo energético.

Lo primero que se observa en este archivo es el consumo total anual de energía en kWh, dividido según su uso, como se ve a continuación:

	<b>Consumo anual energía (kWh)</b>	<b>Proporción sobre total</b>
<b>Luz</b>	1.993,99	14,55%
<b>Equipos</b>	11.705,24	85,44%
<b>TOTAL</b>	<b>13.699,23</b>	

Tabla 16: Consumo de energía anual

En esta tabla se puede observar que un 85% de la energía que se consume va destinada al uso de equipos. Respecto a los consumos a lo largo del año:

	<b>Iluminación (kWh)</b>	<b>Equipos (kWh)</b>
<b>Enero</b>	169,35	994,14
<b>Febrero</b>	152,96	897,94
<b>Marzo</b>	169,35	994,14
<b>Abril</b>	163,89	962,07
<b>Mayo</b>	169,35	994,14
<b>Junio</b>	163,89	962,07
<b>Julio</b>	169,35	994,14
<b>Agosto</b>	169,35	994,14
<b>Septiembre</b>	163,89	962,07
<b>Octubre</b>	169,35	994,14
<b>Noviembre</b>	163,89	962,07
<b>Diciembre</b>	169,35	994,14
	1.993,97	11.705,2

Tabla 17: Consumos para cada mes del año

Ya que el edificio no dispone de climatización, el consumo energético no sufre variaciones notables a lo largo del año.

Por otra parte, también se evalúa la demanda energética por zonas. La demanda energética se define como la energía útil que tienen que proporcionar los sistemas técnicos para mantener unas condiciones aceptables en el interior, mientras que el consumo energético es la energía necesaria para satisfacer esta demanda. Para este caso, no existen sistemas técnicos, por lo que los valores de consumo y demanda son iguales. En la siguiente tabla se puede observar la demanda de energía final:

<b><i>Demanda de energía final por zonas</i></b>		
<b><i>Zona</i></b>	<b><i>Demanda (kWh)</i></b>	<b><i>% Respecto total</i></b>
<b><i>Salón-comedor</i></b>	423,77	3,09%
<b><i>Garaje</i></b>	147,83	1,08%
<b><i>Hall 1</i></b>	492,75	3,60%
<b><i>Habitación 1</i></b>	65,70	0,48%
<b><i>Aseo 1</i></b>	170,82	1,25%
<b><i>Cocina</i></b>	9.133,87	66,67%
<b><i>Habitación 5</i></b>	302,22	2,21%
<b><i>Hall 2</i></b>	137,97	1,01%
<b><i>Habitación 2</i></b>	883,67	6,45%
<b><i>Habitación 4</i></b>	68,99	0,50%
<b><i>Aseo 2</i></b>	65,70	0,48%
<b><i>Habitación 3</i></b>	98,55	0,72%
<b><i>Lavandería</i></b>	1.707,42	12,46%
	<b>13.699,26</b>	

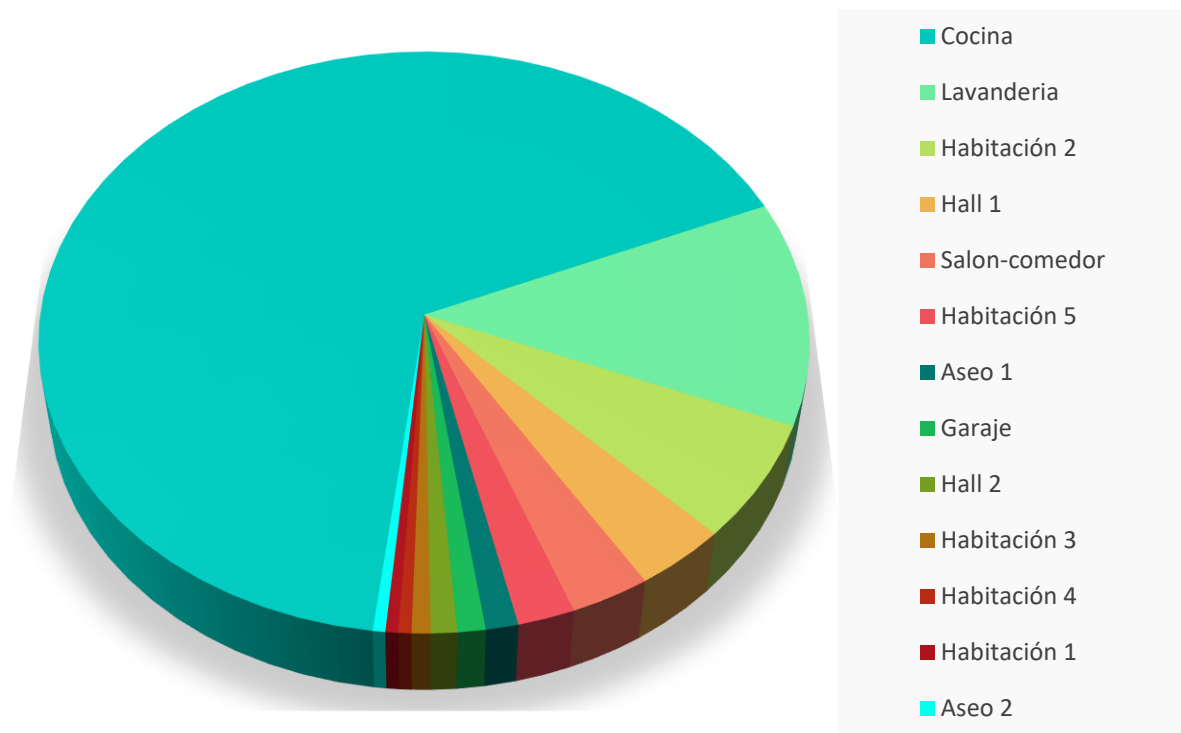
*Tabla 18: Demanda energética dividida por zonas*

Se puede apreciar que la mayor demanda energética reside en la *Cocina*, debido a la gran cantidad de equipos en una misma zona. En segundo lugar, se encuentra la *Lavandería*, en la cual se encuentran la lavadora y secadora. Estos tienen una alta demanda energética, incluso con un uso de 3 veces por semana.

En cuanto a la tercera demanda más elevada, aunque no llega ni al 10% del total, se encuentra en la *Habitación 2*, en la cual se encuentra el ordenador. La demanda del ordenador no es excesivamente elevada, pero su uso durante todo el día acaba resultando considerable a lo largo del año. Por otra parte, la cuarta demanda corresponde con el *Hall 1*, que precisamente no tiene ningún equipo, por lo que toda la energía demandada viene de la iluminación, como ocurre en la mayoría de las zonas.

Si se visualiza mediante una gráfica circular, se puede ver mejor la diferencia que supone la demanda energética de la cocina con relación al resto:





Gráfica 1: Representación gráfica del consumo por zonas

## 5.2. Ganancias y pérdidas.

Dentro del archivo HTML, también se encuentra información respecto a las ganancias de calor sensible, dividido en función de cuál sea el componente que lo provoca. En cuanto a los componentes, encontramos personas, luces, equipos, ventanas y conducción. Como era de esperar, sólo hay ganancia y pérdida de calor por las ventanas en las habitaciones que disponen de ventanas. De la misma forma, solo hay ganancia de calor por equipos en las zonas que los poseen.

En primer lugar, el calor que se produce debido a los ocupantes viene definido por la cantidad de personas que haya en cada zona. Por lo tanto, como se ha calculado la ocupación en función de la superficie de cada zona, cuanto más grande sea el área del lugar, más calor sensible por personas habrá en dicha zona. El calor sensible producido por las luces es proporcional a los vatios que consume cada bombilla y las horas de uso que tienen.

Se observa que la ganancia de calor sensible debido a las ventanas es bastante elevada, sin embargo, también lo es la pérdida de calor a través de éstas, por lo que en cierto modo se equilibra.

Por otra parte, llama la atención también que la ganancia de calor por conducción es prácticamente nula, mientras que la pérdida alcanza unos valores muy elevados. Esto se debe a que todo el calor que se produce en el interior de la vivienda se transmite al exterior a través de los muros y las ventanas. De esta forma, si se suman todas las ganancias y las pérdidas, se puede ver como éstas se compensan.

<b>Componentes de la ganancia de calor sensible anual del edificio</b>							
<b>Zona</b>	<b>Ganancia calor sensible personas (kWh)</b>	<b>Ganancia calor sensible luces (kWh)</b>	<b>Ganancia calor sensible equipos (kWh)</b>	<b>Ganancia calor ventanas (kWh)</b>	<b>Ganancia conducción y otros (kWh)</b>	<b>Pérdida calor ventanas (kWh)</b>	<b>Pérdida de calor conducción y otros (kWh)</b>
<b>Salón-comedor</b>	240,446	82,125	341,640	1.528,133	0,021	-1255,76	-936,58
<b>Garaje</b>	205,886	147,825	0,000	0,000	0,000	0	-353,71
<b>Hall 1</b>	48,033	492,750	0,000	0,000	0,000	0	-540,78
<b>Habitación 1</b>	113,256	65,700	0,000	164,824	0,001	-136,52	-207,26
<b>Aseo 1</b>	40,899	170,820	0,000	0,000	0,000	0	-211,72
<b>Cocina</b>	80,090	164,250	8.969,621	630,076	0,000	-840,42	-9003,62
<b>Habitación 5</b>	185,378	302,220	0,000	979,039	0,022	-867,34	-599,29
<b>Hall 2</b>	80,683	137,970	0,000	0,000	0,000	0	-218,65
<b>Habitación 2</b>	131,598	147,825	735,841	431,565	0,007	-656,37	-790,46
<b>Habitación 4</b>	151,825	68,985	0,000	282,980	0,015	-405,27	-98,52
<b>Aseo 2</b>	55,120	65,700	0,000	0,000	0,000	0	-120,82
<b>Habitación 3</b>	42,831	98,550	0,000	0,000	0,000	0	-141,38
<b>Lavandería</b>	84,068	49,275	1.658,144	2.025,603	0,054	-1943,42	-1873,67
<b>TOTAL</b>	1.460,113	1.993,995	11.705,246	6.042,220	0,120	-6.105,100	-15.096,470

Tabla 19: Ganancias y pérdidas de calor en el edificio por zonas y según el componente que lo provoca

### 5.3. Emisiones de CO<sub>2</sub>.

Todos los consumos vistos anteriormente conllevan unas emisiones de CO<sub>2</sub>, cuyo valor se ve reflejado en la tabla siguiente. Este valor se calcula utilizando el *factor de emisiones de CO<sub>2</sub>* <sup>(10)</sup> de la electricidad, con un valor de 0,357 kg CO<sub>2</sub>/kWh de energía final.

<b>Emisiones CO<sub>2</sub></b>	
<b>Valor anual (kg)</b>	4.890,62

Tabla 20: Emisiones de CO<sub>2</sub>

### 5.4. Confort.

Por último, en cuanto al confort de los ocupantes, en el fichero HTML se puede observar información relativa a la temperatura, y el porcentaje de insatisfechos por zona. Originalmente, el archivo HTML da la información por habitación y mes del año, pero para simplificar se ha obtenido el valor medio anual para el porcentaje de insatisfechos en cada una de las zonas. Sin embargo, para el caso de la temperatura se estudiará su valor por meses. Se considerará que la temperatura para invierno no debe bajar de 20°C, y en verano no debe sobrepasar los 25°C. A continuación, se muestran los resultados de la simulación:

	<b>% Insatisfechos</b>
<b>Inicial sin climatización</b>	<b>50,69</b>

Tabla 21: Porcentaje insatisfechos para el estado inicial

	<b>Temperatura estado inicial (°C)</b>
<b>Enero</b>	14,56
<b>Febrero</b>	15,54
<b>Marzo</b>	17,54
<b>Abril</b>	19,99
<b>Mayo</b>	22,79
<b>Junio</b>	26,93
<b>Julio</b>	29,71
<b>Agosto</b>	29,31
<b>Septiembre</b>	27,25
<b>Octubre</b>	22,64
<b>Noviembre</b>	18,59
<b>Diciembre</b>	15,29

Tabla 22: Temperatura durante el año para el estado inicial

Como se puede comprobar, la temperatura del edificio durante el año es baja en los meses de invierno y alta en los meses de verano. Durante los meses de primavera y otoño la temperatura se encuentra en rangos aceptables. Esto, por lo tanto, conlleva que las condiciones sean incómodas para la mitad de los ocupantes. Esto se representa mediante el porcentaje de insatisfechos, que es de casi el 51 %. También se puede visualizar al contrario, de forma que el confort es menor del 50%. Más adelante, esto provocará la necesidad de instalar un sistema de climatización.

En el caso de un edificio común, en este punto empezaría la realización de medidas de mejora energética, pero puesto que la vivienda como tal no tiene demanda energética de calefacción o refrigeración, hay algunas de las medidas que no se podrían cuantificar. Por tanto, se ha creado un apartado extra para solucionarlo.

## 6. SISTEMA IDEAL.

### 6.1. Razón de su uso.

Como se comentaba en el apartado anterior, este edificio solo tiene dos consumos: iluminación y equipos. Por lo tanto, si se aplicaran medidas en este punto, solo se podrían ver variaciones en esos dos campos, pero si las medidas van enfocadas a mejorar térmicamente el edificio, no hay manera en que se pudiera cuantificar la rentabilidad de éstas.

Para solucionar este problema, se hará uso de un sistema de EnergyPlus, llamado *HVACTemplate:Zone:IdealLoadsAirSystem*. Este sistema ideal proporciona aire acondicionado a la zona, de forma que cumple todos los requerimientos de cargas térmicas sin consumir energía. Se mantendrán unas temperaturas acordes al termostato que se creará a continuación, con los límites definidos por T\_ALTA y T\_BAJA.

### 6.2. Definición del Sistema Ideal en EnergyPlus.

Para crear el sistema ideal, se irá al grupo HVACTemplates dentro del IDF Editor. En este grupo existe la posibilidad de especificar los termostatos y los sistemas de climatización. Antes de crear los objetos que definirán al sistema, necesitamos crear los termostatos que definirán los rangos de temperatura en el que va a funcionar. Para ello se hará uso del siguiente objeto:

- [HVACTemplate:Thermostat](#): en este apartado se crean los termostatos para cada una de las zonas. Como se han definido dos termostatos anteriormente, T\_ALTA y T\_BAJA, se creará un nuevo termostato con esos límites, llamado T\_ALTA\_BAJA.

Field	Units	Obj15
Name		T_ALTA_BAJA
Heating Setpoint Schedule Name		T_BAJA
Constant Heating Setpoint	C	
Cooling Setpoint Schedule Name		T_ALTA
Constant Cooling Setpoint	C	

Ilustración 23: Objeto "HVACTemplate:Thermostat"

Ahora que ya está creado el termostato, se procederá a crear el sistema. Según el DBHE, los aseos se consideran recintos habitables y, al ser un edificio residencial privado, se considera que se deberían acondicionar. Ya que los aseos de la vivienda son pequeños y su tiempo de uso y ocupación son reducidos, se optará por no climatizarlos. Por tanto, el sistema no se aplicará en los baños. Además, también indica que los garajes y las lavanderías son recintos no habitables debido a su poca ocupación, por lo que tampoco se instalará el sistema en su caso.

- [HVACTemplate:Zone:IdealLoadsSystem](#): se definirán las zonas en las que se va a aplicar el sistema, y se definirá su termostato como T\_ALTA\_BAJA.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4
Zone Name		Salon - Comedor	Hall 1	Hab 1	Cocina
Template Thermostat Name		T_ALTA_BAJA	T_ALTA_BAJA	T_ALTA_BAJA	T_ALTA_BAJA
		Obj5	Obj6	Obj7	Obj8
		Hab 5	Hall 2	Hab 2	Hab 4
		T_ALTA_BAJA	T_ALTA_BAJA	T_ALTA_BAJA	T_ALTA_BAJA
		Obj9			
		Hab 3			
		T_ALTA_BAJA			

Ilustración 24: Objeto "HVACTemplate:Zone:IdealLoadsSystem"

### 6.3. Resultados.

#### 6.3.1. Consumo energético

A continuación, se va a evaluar las variaciones en el consumo energético anual de energía. Al haber colocado el sistema ideal, ahora si habrá un consumo energético referido a la climatización.

	<b>Consumo anual energía (kWh)</b>	<b>Proporción respecto total</b>
<b>Calefacción</b>	5.625,47	24,01%
<b>Refrigeración</b>	4.103,46	17,52%
<b>Iluminación</b>	1.993,99	8,51%
<b>Equipos</b>	11.705,24	49,96%
<b>TOTAL</b>	<b>23.428,16</b>	

Tabla 23: Consumo energía con el sistema ideal

En esta tabla se observa lo siguiente:

- El consumo energético por iluminación y equipos se mantiene constante.
- La proporción respecto al total del consumo debido a los equipos se reduce un 35%.
- La climatización supone un 41,53% del consumo total.
- Dentro de la climatización, la mayor parte se trata de consumo de calefacción.

Para evaluar los consumos a lo largo del año, se encuentra la siguiente tabla:

	<b>Iluminación (kWh)</b>	<b>Equipos (kWh)</b>	<b>Calefacción (kWh)</b>	<b>Refrigeración (kWh)</b>
<b>Enero</b>	169,35	994,14	1.497,49	0
<b>Febrero</b>	152,96	897,94	1.079,37	0
<b>Marzo</b>	169,35	994,14	731,53	0
<b>Abril</b>	163,89	962,07	303,08	0
<b>Mayo</b>	169,35	994,14	92,06	0
<b>Junio</b>	163,89	962,07	0	745,65
<b>Julio</b>	169,35	994,14	0	1.374,85
<b>Agosto</b>	169,35	994,14	0	1.249,46
<b>Septiembre</b>	163,89	962,07	0	733,5
<b>Octubre</b>	169,35	994,14	57,31	0
<b>Noviembre</b>	163,89	962,07	558,54	0
<b>Diciembre</b>	169,35	994,14	1.306,07	0
	1.993,97	11.705,2	5.625,45	4.103,46

Tabla 24: Consumo por tipos a lo largo del año con el sistema ideal

En ella se observa que el consumo energético debido a la calefacción se utiliza durante todo el año menos en verano, mientras que con la refrigeración ocurre al contrario, como era de esperar.

Como la demanda de iluminación y equipos no cambia, no se va a evaluar. Si se despliega la demanda energética en función de las zonas, se observa que:

- En la calefacción, no hay ninguna zona que sobresalga en gran medida respecto al resto. Las demandas más elevadas en este campo vienen de la *Habitación 1* y el *Hall 1*, debido a que son zonas que apenas reciben radiación solar por culpa de las sombras provocadas por los vecinos. Si el garaje se hubiera acondicionado, se vería afectado de la misma forma.
- En la refrigeración, la *Cocina* supone un 45% de la demanda. Esto se debe a que en esta zona se encuentran la mayoría de los equipos de la vivienda, por lo que la zona se calienta normalmente.

Para este caso se observa que las demandas de calefacción y refrigeración no coincide con el valor de su consumo. Esto es debido a lo que se ha comentado anteriormente: la demanda se trata de la energía útil que tienen que proporcionar los sistemas técnicos, mientras que el consumo representa la energía necesaria para satisfacer dicha demanda. Por lo tanto, no representan lo mismo.

<b><i>Demanda de energía final por zonas</i></b>				
<b><i>Zona</i></b>	<b><i>Demanda calefacción (kWh)</i></b>	<b><i>% Respecto total</i></b>	<b><i>Demanda refrigeración (kWh)</i></b>	<b><i>% Respecto total</i></b>
<b><i>Salón-comedor</i></b>	687,76	13,21%	547,96	12,81%
<b><i>Garaje</i></b>	-	-	-	-
<b><i>Hall 1</i></b>	1.124,50	21,60%	109,98	2,73%
<b><i>Habitación 1</i></b>	1.488,92	28,60%	61,23	1,52%
<b><i>Aseo 1</i></b>	-	-	-	-
<b><i>Cocina</i></b>	5,72	0,11%	1965,00	44,94%
<b><i>Habitación 5</i></b>	494,55	9,50%	812,85	17,68%
<b><i>Hall 2</i></b>	239,37	4,60%	194,82	4,53%
<b><i>Habitación 2</i></b>	462,02	8,87%	277,37	6,78%
<b><i>Habitación 4</i></b>	572,08	10,99%	161,63	3,92%
<b><i>Aseo 2</i></b>	-	-	-	-
<b><i>Habitación 3</i></b>	131,58	2,53%	242,29	5,08%
<b><i>Lavandería</i></b>	-	-	-	-
	<b><i>5.206,5</i></b>		<b><i>4.373,13</i></b>	

*Tabla 25: Demanda de calefacción y refrigeración, dividida por zonas en el sistema ideal*

### *6.3.2. Ganancias y pérdidas*

En cuanto a los componentes que provocan ganancias o pérdidas de calor, llama la atención lo siguiente:

- La ganancia de calor sensible por personas, luces, equipos y ventanas se mantiene. Además, las pérdidas de calor por las ventanas también conservan su valor.
- Al tener sistema de climatización, ahora hay dos componentes más: calentamiento y enfriamiento de las zonas. Ambos casi se compensan, y el calentamiento que sobra se equilibra debido a que la pérdida de calor por conducción y otros ha aumentado, por lo que vuelve a balancearse.



<b>Componentes de la ganancia de calor sensible anual del edificio</b>									
<b>Zona</b>	<b>Calentamiento por climatización (kWh)</b>	<b>Enfriamiento por climatización (kWh)</b>	<b>Ganancia calor sensible personas (kWh)</b>	<b>Ganancia calor sensible luces (kWh)</b>	<b>Ganancia calor sensible equipos (kWh)</b>	<b>Ganancia calor ventanas (kWh)</b>	<b>Ganancia conducción y otros (kWh)</b>	<b>Pérdida calor ventanas (kWh)</b>	<b>Pérdida de calor conducción y otros (kWh)</b>
<b>Salón-comedor</b>	687,767	-547,840	253,383	82,125	341,640	1572,286	0,110	-1.239,250	-1.150,110
<b>Hall 1</b>	1.124,503	-109,960	46,241	492,750	0,000	0,000	0,000	0,000	-1.553,540
<b>Habitación 1</b>	1.488,925	-61,210	106,853	65,700	0,000	144,649	0,001	-215,220	-1.529,690
<b>Cocina</b>	5,718	-1.964,900	103,152	164,250	8969,621	685,092	0,000	-731,420	-7.231,520
<b>Habitación 5</b>	494,550	-812,720	200,928	302,220	0,000	1.016,484	0,154	-852,270	-349,200
<b>Hall 2</b>	239,370	-194,780	83,497	137,970	0,000	0,000	0,000	0,000	-266,060
<b>Habitación 2</b>	462,024	-277,310	133,655	147,825	735,841	431,282	0,002	-737,790	-895,520
<b>Habitación 4</b>	572,084	-161,590	150,308	68,985	0,000	274,490	0,145	-501,740	-402,530
<b>Habitación 3</b>	131,581	-242,260	45,629	98,550	0,000	0,000	0,029	0,000	-33,500
<b>Garaje</b>	0,000	0,000	206,719	147,825	0,000	0,000	0,000	0,000	-354,540
<b>Aseo 1</b>	0,000	0,000	40,705	170,820	0,000	0,000	0,000	0,000	-211,530
<b>Aseo 2</b>	0,000	0,000	55,601	65,700	0,000	0,000	0,000	0,000	-121,300
<b>Lavandería</b>	0,000	0,000	87,835	49,275	1658,144	2.095,971	0,071	-1.895,860	-1.995,370
<b>TOTAL</b>	5.206,522	-4.372,580	1.514,506	1.993,997	11.705,246	6.220,254	0,511	-6.173,540	-16.094,410

Tabla 26: Ganancias y pérdidas de calor en el edificio por zonas y según el componente que lo provoca, para el sistema ideal

### 6.3.3. Emisiones CO<sub>2</sub>

Como el sistema ideal no conlleva consumo energético, las emisiones de CO<sub>2</sub> no se verán afectadas a menos que se varíe el consumo de electricidad.

### 6.3.4. Confort

Respecto a las condiciones en el interior de la vivienda, se aprecia que han mejorado al aplicar el sistema ideal. La temperatura de los meses de invierno ha aumentado, y la de los meses de verano ha disminuido. Para otoño y primavera, los valores de temperatura se mantienen en el rango aceptable.

Todo esto conlleva que el porcentaje de insatisfechos se haya reducido del 51% al 32%. Por lo tanto, aunque no se ha aplicado el sistema en todas las zonas, ha supuesto que el confort aumente en casi el 20%.

	<b>% Insatisfechos</b>
<b>Inicial sin climatización</b>	<b>50,69</b>
<b>Sistema ideal</b>	<b>32,02</b>

Tabla 27: Comparación del porcentaje de insatisfechos del caso inicial y el sistema ideal

	<b>Temperatura inicial sin clima (°C)</b>	<b>Temperatura sistema ideal (°C)</b>
<b>Enero</b>	14,56	18,67
<b>Febrero</b>	15,54	18,94
<b>Marzo</b>	17,54	19,52
<b>Abril</b>	19,99	20,60
<b>Mayo</b>	22,79	22,79
<b>Junio</b>	26,93	25,00
<b>Julio</b>	29,71	26,34
<b>Agosto</b>	29,31	26,19
<b>Septiembre</b>	27,25	25,11
<b>Octubre</b>	22,64	22,46
<b>Noviembre</b>	18,59	19,82
<b>Diciembre</b>	15,29	18,84

Tabla 28: Comparación de temperaturas del caso inicial y el sistema ideal

A continuación, se procederá a aplicar las medidas partiendo de los resultados de este apartado.

## 7. MEDIDAS DE MEJORA ENERGÉTICA

Para evaluar las medidas, se elige un precio de la energía de la página de *TarifaLuzHora* <sup>(11)</sup>, con un valor de 0,12 €/kWh.

### 7.1. Sustitución de bombillas originales por bombillas LED

#### 7.1.1. Introducción

Como se ha visto anteriormente, hay algunas zonas de la vivienda en las que la iluminación supone una cantidad de vatios muy elevada. Por lo tanto, se va a proceder a la sustitución de las bombillas originales por bombillas LED, lo que supondrá un ahorro en el consumo de iluminación. Debido a que los portalámparas ya están colocados, simplemente se cambiarán las bombillas.

#### 7.1.2. Procedimiento e inversión

Para llevar a cabo esta medida, en el IDF Editor del EnergyPlus, se irá al grupo donde se encuentran las luces, *Lights*. Para cada una, se introducirán los vatios correspondientes con las nuevas bombillas.

Se han seleccionado las siguientes bombillas:

- 14 bombillas de 3W, con un precio unitario de 1,95 €
- 2 bombillas de 5W, con un precio unitario de 0,99 €
- 3 bombillas de 7W, con un precio unitario de 1,29 €
- 3 bombillas de 7W, con un precio unitario de 6,95 €
- 2 bombillas de 10W, con un precio unitario de 1,49 €
- 2 bombillas de 12W, con un precio unitario de 1,89 €
- 2 bombillas de 15W, con un precio unitario de 3,95 €

Las bombillas elegidas son de la página web *EfectoLed* <sup>(12)</sup>, y suponen una inversión total de 68,66 €.

#### 7.1.3. Resultados

Esta medida supone un ahorro de 927,60 kWh, la cual conlleva un ahorro económico de 111,31 €/año. Por lo tanto, como la inversión es de 68,66 €, el período de retorno es de 0,62 años, es decir, unos 7,44 meses. El ahorro total será de casi un 4%.

Consumo inicial (kWh)	Consumo final (kWh)	Ahorro (kWh)
23.428,16	22.500,56	<b>927,60</b>

Tabla 29: Consumo y ahorro de la medida de sustitución por bombillas LED

<b>% Ahorro</b>	<b>Ahorro económico (€/año)</b>	<b>Inversión (€)</b>	<b>Período de retorno (años)</b>
3,95%	111,31	<b>68,66</b>	<b>0,62</b>

Tabla 30: Ahorro económico, inversión y período de retorno de la medida de sustitución por bombillas LED

Si se evalúan los consumos por tipos, se puede observar la repercusión específica de la mejora. Aquí se puede observar que la mejora de la iluminación conlleva un aumento del consumo de la calefacción. Esto se debe a que, al tener menos vatios las bombillas, el calor que proporcionan al edificio es menor, por lo que el sistema ideal debe aportar esa calefacción que ahora falta. El consumo de refrigeración es menor por el mismo motivo, por lo que no se necesitará enfriar tanto.

Sin embargo, el parámetro más interesante es el ahorro en el caso de la propia iluminación. Se observa que la mejora supone un ahorro de casi un 60% en el consumo de iluminación. Este resultado, respecto al total, no es muy llamativo ya que el consumo de iluminación no llega a los 2.000 kWh, pero evaluado de manera individual, se observa su verdadero potencial. Además, debido a que su inversión no es muy alta, supone que el periodo de retorno sea menor a un año, por lo que se trata de una medida muy rentable.

	<b>Inicial</b>	<b>LED</b>
<b>Calefacción (kWh)</b>	5.625,47	6.100,00
<b>Ahorro (kWh)</b>	-	-474,53
<b>Ahorro (%)</b>		<b>-8,44%</b>
<b>Refrigeración (kWh)</b>	4.103,46	3.867,50
<b>Ahorro (kWh)</b>	-	235,96
<b>Ahorro (%)</b>	-	<b>5,75%</b>
<b>Iluminación (kWh)</b>	1.993,99	827,82
<b>Ahorro (kWh)</b>	-	1.166,17
<b>Ahorro (%)</b>	-	<b>58,48%</b>
<b>Equipos (kWh)</b>	11.705,24	11.705,24
<b>TOTAL</b>	23.428,16	22.500,56

Tabla 31: Comparación de los consumos y ahorro de la medida de sustitución por bombillas LED

En el campo de las emisiones, se puede comprobar que se lleva a cabo una reducción de 416,32 kg de CO<sub>2</sub>, lo que supone casi un 9% del valor inicial de emisiones.

<b>Emisiones CO2 (kg)</b>		
<b>Inicial</b>	<b>Final</b>	<b>Ahorro</b>
4.890,62	4.474,30	<b>416,32</b>

Tabla 32: Ahorro en emisiones de CO2 de la medida de sustitución por bombillas LED

## 7.2. Sustitución de los cristales originales por doble acristalamiento con bajo emisivo

### 7.2.1. Introducción

Los cristales originales se tratan de cristales monolíticos, los cuales tienen una transmitancia térmica de 5,7 W/m<sup>2</sup>K y un factor solar de 0,85. Se buscarán unos cristales cuyas características térmicas sean más adecuadas para las condiciones de radiación solar a las que el edificio está sometido. Gracias a esto, se planea reducir tanto la demanda de calefacción como la de refrigeración.

### 7.2.2. Procedimiento e inversión

Se elige sustituir los cristales originales por vidrios con doble acristalamiento con control solar y bajo emisivo. Estos cristales permitirán el paso de un pequeño porcentaje de la radiación solar, y al tener un cristal de baja emisividad en la parte interior del vidrio exterior, mantendrán el calor dentro de la vivienda.

Se trata de un doble acristalamiento SGG CLIMALIT PLUS “Saint Gobain”, con una distribución de 4/16Ar/4 low-e. Esta distribución indica que tiene 4 mm de espesor en el vidrio interior, una capa de gas argón de 16 mm y luego 4 mm de vidrio exterior con control solar y baja emisividad. Todo esto supone que el cristal tenga una transmitancia térmica de 1 W/m<sup>2</sup>K, con un factor solar de 0,38. Este acristalamiento se ha obtenido de la página web de *Generador de precios de la construcción en España de CYPE Ingenieros, en el apartado de Carpintería, cerrajería, vidrios y protecciones solares, Vidrios*<sup>(13)</sup>.

Para definir dicho cristal en EnergyPlus, se creará un nuevo cristal en el apartado de *WindowMaterial:SimpleGlazingSystem*, con los valores citados anteriormente. Además, al colocar un vidrio doble, el efecto de la cortina interior es diferente. Inicialmente, se consideraba que la transmitancia solar de la cortina era de 0,39 ya que el cristal era simple, pero ahora, con el doble acristalamiento, su valor será de 0,3.

En dicha página web se indica que su precio es de 90,42 €/m<sup>2</sup>. El edificio trata de 38,303 m<sup>2</sup> de acristalamiento, teniendo en cuenta que se colocará ventana en el hueco vacío existente. Por lo tanto, la inversión a realizar será de 3.463,28 €.

### 7.2.3. Resultados

El cambio del acristalamiento supone un ahorro de 2.086,20 kWh, lo que se traduce en un ahorro económico anual de 250,34 €. Para este caso, la inversión es más elevada, siendo ésta de 3.463,28 €, por lo que el periodo de retorno será de 13,83 años. El ahorro total será de casi un 9%.

Consumo inicial (kWh)	Consumo final (kWh)	Ahorro (kWh)
23.428,16	21.341,96	<b>2.086,20</b>

Tabla 33: Consumo y ahorro de la medida de sustitución del acristalamiento

<b>% Ahorro</b>	<b>Ahorro económico (€/año)</b>	<b>Inversión (€)</b>	<b>Período de retorno (años)</b>
8,90%	250,34	<b>3.463,28</b>	<b>13,83</b>

Tabla 34: Ahorro económico, inversión y período de retorno de la medida de sustitución del acristalamiento

Calculando los ahorros energéticos por separado, se puede comprobar que esta medida ha afectado tanto a la calefacción como a la refrigeración. Al tener cristales de bajo emisivo, el calor que entra se mantiene en el interior, por lo que se evita parte de la calefacción. Además, como los cristales transmiten menos, la necesidad de enfriar el edificio disminuye. En cuanto a números, se observa que la calefacción se ha reducido en un 28%, mientras que la refrigeración en un 12%. Por lo tanto, se podría decir que ha tenido más repercusión en la reducción de la calefacción.

Como se trata de un edificio de uso residencial con aproximadamente 23 años y más de 50 años de vida útil, llevar a cabo una mejora con un período de retorno de 13,83 años es aceptable visto las repercusiones positivas en los consumos energéticos.

	<b>Inicial</b>	<b>Ventanas</b>
<b>Calefacción (kWh)</b>	5.625,47	4.044,60
<b>Ahorro (kWh)</b>	-	1.580,87
<b>Ahorro (%)</b>	-	<b>28,10%</b>
<b>Refrigeración (kWh)</b>	4.103,46	3.598,13
<b>Ahorro (kWh)</b>	-	505,33
<b>Ahorro (%)</b>	-	<b>12,31%</b>
<b>Iluminación (kWh)</b>	1.993,99	1.993,99
<b>Ahorro (kWh)</b>	-	0,00
<b>Ahorro (%)</b>	-	<b>0,00%</b>
<b>Equipos (kWh)</b>	11.705,24	11.705,24
<b>TOTAL</b>	23.428,16	21.341,96

Tabla 35: Comparación de los consumos y ahorro de la medida de sustitución del acristalamiento

### 7.3. Sustitución de los toldos originales por toldos con tela acrílica

#### 7.3.1. Introducción

En la fachada trasera del edificio se recibe una gran cantidad de radiación solar, ya que no hay ningún elemento que la evite. Esta radiación solar ayuda levemente a calentar el edificio, pero resulta un problema a la hora de refrigerar el edificio en verano.

Sin embargo, existen toldos situados en las ventanas de la parte trasera del edificio. Se han definido los toldos de manera que transmite el 70% de la radiación solar. Se plantea la opción de cambiar estos toldos por unos cuya tela transmita menos radiación. Se colocarán toldos con tela acrílica, la cual evita el 80% de la radiación solar.

#### 7.3.2. Procedimiento e inversión

Para simular este cambio de toldo, se creará un nuevo horario llamado *Toldo\_nuevo* que funcionará igual que el primero, pero en vez de dejar pasar el 70% de la radiación, dejará pasar sólo el 20% de ésta. Este nuevo horario sustituirá entonces al *Toldo* anterior en los toldos de la terraza, la ventana grande, la pequeña y el balcón.

Los nuevos toldos vienen de la página web de *Generador de precios de la construcción en España de CYPE Ingenieros, en el apartado de Carpintería, cerrajería, vidrios y protecciones solares, Protecciones solares, Toldos* <sup>(14)</sup>, y se eligen los siguientes:

- **Toldos terraza:** 2 toldos estor fijo, de 3500 mm de línea y 3400 mm de salida con accionamiento manual, con precio unitario de 493,92 €.
- **Toldo ventana grande:** 1 toldo estor fijo, de 2500 mm de línea y 1900 mm de salida con accionamiento manual, con precio unitario de 381,81 €.
- **Toldo ventana pequeña:** 1 toldo estor fijo, de 2000 mm de línea y 1900 mm de salida con accionamiento manual, con precio unitario de 350,38 €.
- **Toldo balcón:** 1 toldo estor fijo, de 2500 mm de línea y 2400 mm de salida con accionamiento manual, con precio unitario de 393,54 €.

Por lo tanto, la inversión de la mejora de los toldos asciende a 2.113,57 €.

#### 7.3.3. Resultados

Esta medida conlleva un ahorro de 682,11 kWh, lo que lleva a un ahorro económico anual de 81,85 €. Con una inversión de 2.113,57 €, el período de retorno asciende a 25,82 años. En este caso, el ahorro total es de casi un 3%.

Consumo inicial (kWh)	Consumo final (kWh)	Ahorro (kWh)
23.428,16	22.746,05	<b>682,11</b>

Tabla 36: Consumo y ahorro de la medida de sustitución de toldos

<b>% Ahorro</b>	<b>Ahorro económico (€/año)</b>	<b>Inversión (€)</b>	<b>Período de retorno (años)</b>
2,91%	81,85	<b>2.113,57</b>	<b>25,82</b>

Tabla 37: Ahorro económico, inversión y período de retorno de la medida de sustitución de toldos

Esta medida va enfocada a la reducción del consumo energético de refrigeración, y se puede observar en el despliegue de consumos que el ahorro ha sido de casi un 17%. Hay una pequeña repercusión a modo de incremento en consumo de calefacción, pero no llega ni a un 0,02%.

En este caso el ahorro se encuentra alrededor de 82 €/año, por lo que, aunque la inversión no es especialmente elevada, se tardan casi 26 años en recuperar la inversión. Por lo tanto, aunque la vida útil del edificio sea mayor a los 50 años, esta medida no resulta muy rentable.

	<b>Inicial</b>	<b>Toldos</b>
<b>Calefacción (kWh)</b>	5.625,47	5.625,91
<b>Ahorro (kWh)</b>	-	-0,44
<b>Ahorro (%)</b>		<b>-0,01%</b>
<b>Refrigeración (kWh)</b>	4.103,46	3.421,01
<b>Ahorro (kWh)</b>	-	682,45
<b>Ahorro (%)</b>	-	<b>16,63%</b>
<b>Iluminación (kWh)</b>	1.993,99	1.993,99
<b>Ahorro (kWh)</b>	-	0,00
<b>Ahorro (%)</b>	-	<b>0,00%</b>
<b>Equipos (kWh)</b>	11.705,24	11.705,24
<b>TOTAL</b>	23.428,16	22.746,15

Tabla 38: Comparación de los consumos y ahorro de la medida de sustitución de toldos

#### 7.4. Aumento del aislamiento

El edificio no tiene apenas aislamiento y, puesto que el consumo de calefacción es bastante elevado, se propone disminuir ese consumo mediante la adición de aislamiento. Se van a exponer tres maneras diferentes de aumentar el aislamiento: interior, exterior y cubierta.

##### 7.4.1. Cerramientos verticales: adición de aislamiento térmico



#### 7.4.1.1. Sistema de aislamiento interior mediante trasdosado

##### o Introducción

El *aislamiento interior mediante trasdosado* <sup>(15)</sup> consiste en la adición de placas delgadas de yeso que se fijan a muros rígidos para mejorar las prestaciones, ya que en la cara oculta incorporan aislamiento térmico. Pueden ser directos (aplicados directamente sobre la base de apoyo) o autoportantes (se coloca una estructura auxiliar de apoyo). Se utiliza generalmente en dos circunstancias:

- No se puede actuar por el exterior del cerramiento.
- El cerramiento no dispone de cámara de aire para rellenar.

En el edificio se dan ambas situaciones, ya que los muros que se van a aislar están en contacto con los muros vecinos, y no hay cámara de aire.

##### o Procedimiento e inversión

Para llevar a cabo esta medida, se irá al apartado de *Construction* y se añadirán nuevos conjuntos de capas. Como los muros en los que se va a añadir aislamiento son los muros exteriores de 10 y 15 cm, se crearán dos objetos: *Aislado (10)* y *Aislado (15)*. Para aislar, se usará el *Sistema "URSA IBÉRICA AISLANTES" de aislamiento termoacústico y trasdosado autoportante interior*. Este sistema está formado principalmente por un adhesivo, una capa de aislante de lana mineral y una placa de yeso. Por lo tanto, la composición que tendrán los muros aislados será igual que la inicial, pero añadiendo las siguientes capas:

- Lana mineral URSA, 3 cm.
- Placa de yeso laminado, 1,8 cm.

Por lo que se perderán 4,8 cm de espesor hacia el interior. Se ha considerado añadir más espesor, pero suponía un aumento de la inversión con una reducción del consumo mínima, por lo que no se ha aplicado.

En cuanto al coste de la mejora, se acudirá a la página web de *Generador de precios de la construcción en España de CYPE Ingenieros, en el apartado de Rehabilitación energética, Cerramientos verticales: adición de aislamiento térmico, Aislamiento interior* <sup>(16)</sup>. Aquí se observa que el precio del aislamiento es de 34,57 €/m<sup>2</sup>. En cuanto al área a aislar, se decide que los muros exteriores del garaje, la lavandería y los aseos no aumenten su aislamiento, ya que se tratan de zonas con poca ocupación. Por lo tanto, considerando una altura de 2,6 m en cada una de las plantas, las áreas son las siguientes:

- Muro aislado 10 cm,  $A_{10} = 5,77 \text{ m}^2$ .
- Muro aislado 15 cm,  $A_{15} = 78,91 \text{ m}^2$ .

Por lo que el área total a aislar por el interior será de 84,68 m<sup>2</sup>. Al multiplicar por el precio por metro, se obtiene que la inversión es de 2.928,33 €.

##### o Resultados

Esta medida conlleva un ahorro de 1.465,81 kWh, lo que supone un ahorro económico de 175,90 €/año. Debido a que la inversión es de casi 3.000 euros, el período de retorno asciende a 16,65 años. El ahorro sobre el total será del 6%.

<i>Consumo inicial (kWh)</i>	<i>Consumo final (kWh)</i>	<i>Ahorro (kWh)</i>
23.428,16	21.962,35	<b>1.465,81</b>

*Tabla 39: Consumo y ahorro de la medida de aislamiento por el interior*

<i>% Ahorro</i>	<i>Ahorro económico (€/año)</i>	<i>Inversión (€)</i>	<i>Período de retorno (años)</i>
6,26%	175,90	<b>2.928,33</b>	<b>16,65</b>

*Tabla 40: Ahorro económico, inversión y periodo de retorno de la medida de aislamiento por el interior*

Si se separan los consumos, se puede ver que la repercusión del aumento del aislamiento por el interior reside principalmente en la reducción del consumo de calefacción. Se observa que esta reducción es del 30 % del consumo total de calefacción.

Sin embargo, esta medida conlleva una parte negativa, que se trata del aumento del consumo de refrigeración. Esto se debe a que, al haber aumentado el espesor total de los muros, evita que el frío entre en invierno, pero a su vez hace que al edificio le cueste más enfriarse en verano. Cabe decir que esta repercusión no llega a un 6% del consumo de refrigeración, por lo que, aunque es un punto negativo, es aceptable.

En este caso ocurre similar a la medida de las ventanas: la casa todavía tiene muchos años de vida útil por delante, por tanto, aunque la medida suponga 16,65 años para recuperarse, se considerará aceptable.

	<i>Inicial</i>	<i>Aislamiento interior</i>
<b><i>Calefacción (kWh)</i></b>	5.625,47	3.936,07
<b><i>Ahorro (kWh)</i></b>	-	1.689,40
<b><i>Ahorro (%)</i></b>		<b>30,03%</b>
<b><i>Refrigeración (kWh)</i></b>	4.103,46	4.327,04
<b><i>Ahorro (kWh)</i></b>	-	-223,58
<b><i>Ahorro (%)</i></b>	-	<b>-5,45%</b>
<b><i>Iluminación (kWh)</i></b>	1.993,99	1.993,99
<b><i>Ahorro (kWh)</i></b>	-	0,00
<b><i>Ahorro (%)</i></b>	-	<b>0,00%</b>
<b><i>Equipos (kWh)</i></b>	11.705,24	11.705,24
<b><i>TOTAL</i></b>	23.428,16	21.962,34

*Tabla 41: Comparación de los consumos y ahorro de la medida de aislamiento por el interior*

#### 7.4.1.2. Sistema ETICS de aislamiento por el exterior de fachada

##### ○ Introducción

El sistema *ETICS* <sup>(17)</sup> (*External Thermal Insulation Composite Systems*), llamado en español SATE (Sistemas de Aislamiento Térmico por el Exterior), consiste en un producto aislante adherido o fijado sobre un muro, que se protege con un revestimiento exterior. Se utiliza para mejorar el funcionamiento térmico evitando los puentes térmicos, convirtiendo al muro en un acumulador de calor, mejorando la inercia térmica del edificio. Además, protege las fachadas de las condiciones climatológicas.

En el edificio existen dos fachadas que se encuentran al aire libre, por lo que este sistema es conveniente para aumentar el aislamiento en esos casos. En la fachada delantera existe un límite en el espesor, debido a que el aislamiento no puede introducirse en la calle. La trasera ocupa el espacio de la vivienda, por lo que no habrá un límite.

##### ○ Procedimiento e inversión

En este caso, se irá al apartado de *Construction* y se creará un nuevo objeto. Ese objeto sustituirá al muro exterior de 30 cm, por lo que su nombre será *Aislado (30)*. El sistema que se utilizará para aislar será el *Sistema ETICS BAUSATE-I "BAUPANEL SYSTEM" de aislamiento térmico por el exterior de fachada existente*. Este sistema se crea mediante una capa de aislante de poliestireno expandido, una capa de hormigón armado y un acabado en mortero acrílico. Por lo tanto, este nuevo objeto estará formado por las mismas capas que el muro inicial, añadiendo las necesarias para simular el SATE:

- EPS Poliestireno Expandido, 4 cm.
- Hormigón armado, 2 cm.

Por lo que el espesor total será de 6 cm. Se ha considerado añadir más espesor, pero suponía un aumento de la inversión con una reducción del consumo mínima, por lo que no se ha aplicado.

El coste de esta medida está definido en la página web de *Generador de precios de la construcción en España de CYPE Ingenieros*, en el apartado de *Rehabilitación energética, Cerramientos verticales: adición de aislamiento térmico, Sistemas ETICS* <sup>(18)</sup>. Su precio, por tanto, será de 56,36 €/m<sup>2</sup>.

Respecto al área a aislar, se procederá de la misma manera que el caso anterior, ignorando las áreas de baños, garaje y lavandería. Por lo tanto, teniendo en cuenta una altura de 2,6 metros en cada planta, el área a aislar con SATE es de 57,33 m<sup>2</sup>. En consecuencia, la inversión de esta medida asciende a 3.231,50 €.

##### ○ Resultados

El ahorro energético de esta medida es de 1.414,68 kWh, lo que se traduce en un ahorro económico de 169,76 €/año. Esto, con una inversión de 3.231,50 €, conlleva un período de retorno de 19,04 años. El ahorro total será de un 6%.

<i>Consumo inicial (kWh)</i>	<i>Consumo final (kWh)</i>	<i>Ahorro (kWh)</i>
23.428,16	22.013,48	<b>1.414,68</b>

Tabla 42: Consumo y ahorro de la medida de aislamiento por el exterior

<i>% Ahorro</i>	<i>Ahorro económico (€/año)</i>	<i>Inversión (€)</i>	<i>Período de retorno (años)</i>
6,04%	169,76	<b>3.231,50</b>	<b>19,04</b>

Tabla 43: Ahorro económico, inversión y periodo de retorno de la medida de aislamiento por el exterior

Como se puede observar, el desglose de consumos es muy similar al caso anterior, obteniendo casi un 30% de ahorro en la calefacción, pero suponiendo un incremento de un 6% de la refrigeración. Para ambos casos la razón y el funcionamiento son los mismos, la única diferencia son los materiales y el método que se utiliza para aislar.

Por lo tanto, el resultado es similar pero la inversión es más elevada, lo que conlleva que el período de retorno sea mayor. Aun así, como la vida útil de la casa es de más de 50 años, resulta una medida rentable.

	<i>Inicial</i>	<i>Aislamiento exterior</i>
<i>Calefacción (kWh)</i>	5.625,47	3.964,09
<i>Ahorro (kWh)</i>	-	1.661,38
<i>Ahorro (%)</i>		<b>29,53%</b>
<i>Refrigeración (kWh)</i>	4.103,46	4.350,16
<i>Ahorro (kWh)</i>	-	-246,70
<i>Ahorro (%)</i>	-	<b>-6,01%</b>
<i>Iluminación (kWh)</i>	1.993,99	1.993,99
<i>Ahorro (kWh)</i>	-	0,00
<i>Ahorro (%)</i>	-	<b>0,00%</b>
<i>Equipos (kWh)</i>	11.705,24	11.705,24
<b>TOTAL</b>	23.428,16	22.013,48

Tabla 44: Comparación de los consumos y ahorro de la medida de aislamiento por el exterior

#### 7.4.2. Cerramientos horizontales: adición de aislamiento térmico

##### 7.4.2.1. Sistema de aislamiento por el exterior de cubierta plana no transitable

###### ○ Introducción

La cubierta del edificio es plana, no transitable y se encuentra a la intemperie, por lo que aumentar el aislamiento en esta superficie puede resultar muy ventajoso. Al ser aislamiento por el exterior, no se reducirá el área útil de la vivienda.

###### ○ Procedimiento e inversión

Como en este caso sólo existe una única cubierta, simplemente se añadirán las capas necesarias para simular el funcionamiento del sistema. Se trata del Sistema "KNAUF INSULATION" de aislamiento térmico por el exterior en cubierta plana no transitable. Está compuesto por un panel de lana mineral y una lámina de betún. Por lo tanto, las capas que se han de añadir son:

- Betún fieltro o lámina, 0,35 cm.
- Lana mineral KNAUF, 4 cm.

Por lo que el espesor exterior añadido será de 4,35 cm. Se ha considerado añadir más espesor, pero suponía un aumento de la inversión con una reducción del consumo mínima, por lo que no se ha aplicado.

El coste de la medida viene determinado en la página web de *Generador de precios de la construcción en España de CYPE Ingenieros*, en el apartado de *Rehabilitación energética, Cerramientos horizontales: adición de aislamiento térmico, Aislamiento exterior de cubierta* <sup>(19)</sup>. Su precio será de 31,74 €/m<sup>2</sup>. La planta del edificio es de 11 x 7,7 metros, por lo que el área de la cubierta es de 84,7 m<sup>2</sup>. Por tanto, la inversión de esta medida es de 2.689,40 €.

###### ○ Resultados

Esta medida tiene un ahorro energético de 1.420,64 kWh, lo que conlleva un ahorro económico de 170,48 €/año. Como la inversión es de 2.689,40 €, el período de retorno será de 15,78 años. El porcentaje de ahorro sobre el total es de un 6%.

Consumo inicial (kWh)	Consumo final (kWh)	Ahorro (kWh)
23.428,16	22.007,52	<b>1.420,64</b>

Tabla 45: Consumo y ahorro de la medida de aislamiento por la cubierta

% Ahorro	Ahorro económico (€/año)	Inversión (€)	Período de retorno (años)
6,06%	170,48	<b>2.689,40</b>	<b>15,78</b>

Tabla 46: Ahorro económico, inversión y periodo de retorno de la medida de aislamiento por la cubierta

Al desplegar los consumos por tipos, se vuelve a observar el mismo resultado. La calefacción se reduce casi en un 30%, mientras que la refrigeración aumenta en casi un 6%. En este caso, el período de retorno es más reducido ya que la inversión es menos elevada. Por lo tanto, esta medida también resulta rentable.

	<i>Inicial</i>	<i>Aislamiento cubierta</i>
<b>Calefacción (kWh)</b>	5.625,47	3.959,11
<b>Ahorro (kWh)</b>	-	1.666,36
<b>Ahorro (%)</b>		<b>29,62%</b>
<b>Refrigeración (kWh)</b>	4.103,46	4.349,18
<b>Ahorro (kWh)</b>	-	-245,72
<b>Ahorro (%)</b>	-	<b>-5,99%</b>
<b>Iluminación (kWh)</b>	1.993,99	1.993,99
<b>Ahorro (kWh)</b>	-	0,00
<b>Ahorro (%)</b>	-	<b>0,00%</b>
<b>Equipos (kWh)</b>	11.705,24	11.705,24
<b>TOTAL</b>	23.428,16	22.007,52

Tabla 47: Comparación de consumos y ahorro de la medida de aislamiento por la cubierta

## 7.5. Mejoras aplicables de manera conjunta

### 7.5.1. Aislamiento

Si se aplican todos los aislamientos al mismo tiempo, se obtendrá un ahorro de 1.465,29 kWh, lo que supone un ahorro económico de 175,83 €/año. Sin embargo, la inversión asciende a 8.849,23€, por lo que la inversión tardará 50,33 años en recuperarse. Supone un ahorro del 6%.

<i>Consumo inicial (kWh)</i>	<i>Consumo final (kWh)</i>	<i>Ahorro (kWh)</i>
23.428,16	21.962,87	<b>1.465,29</b>

Tabla 48: Consumo y ahorro de la medida de todo el aislamiento

<i>% Ahorro</i>	<i>Ahorro económico (€/año)</i>	<i>Inversión (€)</i>	<i>Período de retorno (años)</i>
6,25%	175,83	<b>8.849,23</b>	<b>50,33</b>

Tabla 49: Ahorro económico, inversión y periodo de retorno de la medida de todo el aislamiento

	<i>Inicial</i>	<i>Aislamiento total</i>
<b>Calefacción (kWh)</b>	5.625,47	3.928,99
<b>Ahorro (kWh)</b>	-	1.696,48
<b>Ahorro (%)</b>		<b>30,16%</b>
<b>Refrigeración (kWh)</b>	4.103,46	4.334,65
<b>Ahorro (kWh)</b>	-	-231,19
<b>Ahorro (%)</b>	-	<b>-5,63%</b>
<b>Iluminación (kWh)</b>	1.993,99	1.993,99
<b>Ahorro (kWh)</b>	-	0,00
<b>Ahorro (%)</b>	-	<b>0,00%</b>
<b>Equipos (kWh)</b>	11.705,24	11.705,24
<b>TOTAL</b>	23.428,16	21.962,87

Tabla 50: Comparación de los consumos y ahorro de la medida de todo el aislamiento

La repercusión de aplicar todos los aislamientos a la vez en el edificio es prácticamente la misma que si se realiza de manera individual, pero con la inversión de los tres juntos. Por lo tanto, como la inversión es de 8.849,23 €, el período de retorno asciende a 50 años, lo que no resulta rentable.

#### 7.5.2. Todas las medidas

Si se aplican todas las medidas a la vez, el ahorro energético será de 4.819,36 kWh. Esto supone un ahorro económico de 578,32 €/año, por lo que, aunque la inversión es de 14.494,74 €, toda la inversión se recupera en 25 años. El ahorro total es de casi el 21%.

<i>Consumo inicial (kWh)</i>	<i>Consumo final (kWh)</i>	<i>Ahorro (kWh)</i>
23.428,16	18.608,80	<b>4.819,36</b>

Tabla 51: Consumo y ahorro de aplicar todas las medidas

<i>% Ahorro</i>	<i>Ahorro económico (€/año)</i>	<i>Inversión (€)</i>	<i>Período de retorno (años)</i>
20,57%	578,32	<b>14.494,74</b>	<b>25,06</b>

Tabla 52: Ahorro económico, inversión y periodo de retorno de todas las medidas

	<i>Inicial</i>	<i>Todas</i>
<b>Calefacción (kWh)</b>	5.625,47	2.800,58
<b>Ahorro (kWh)</b>	-	2.824,89
<b>Ahorro (%)</b>		<b>50,22%</b>
<b>Refrigeración (kWh)</b>	4.103,46	3.275,16
<b>Ahorro (kWh)</b>	-	828,30
<b>Ahorro (%)</b>	-	<b>20,19%</b>
<b>Iluminación (kWh)</b>	1.993,99	827,82
<b>Ahorro (kWh)</b>	-	1.166,17
<b>Ahorro (%)</b>	-	<b>58,48%</b>
<b>Equipos (kWh)</b>	11.705,24	11.705,24
<b>TOTAL</b>	23.428,16	18.608,80

Tabla 53: Comparación de los consumos y ahorro de todas las medidas

Al desplegar los consumos, se puede observar que esta medida tiene los siguientes beneficios:

- El consumo de calefacción se reduce en un 50%
- El consumo de refrigeración se reduce en un 20%.
- El consumo de iluminación se reduce casi en un 60%.

Por lo tanto, conseguir reducir tanto el consumo energético y recuperarlo en 25 años, resulta muy rentable para el edificio.

### 7.5.3. Todas las medidas menos el toldo

Como inicialmente el toldo supone una de las medidas que se descartarían, se va a ver cuál es la repercusión de llevar a cabo todas las medidas, pero sin tener en cuenta el toldo.

Para este caso se obtiene un ahorro energético de 4.473,14 kWh, que se traduce en un ahorro económico de 563,77 €/año. El periodo de retorno será de 23 años, ya que la inversión es de 12.381,17 €. Supone un ahorro del 19%.

<i>Consumo inicial (kWh)</i>	<i>Consumo final (kWh)</i>	<i>Ahorro (kWh)</i>
28.428,16	18.955,02	<b>4.473,14</b>

Tabla 54: Consumo y ahorro de todas las medidas menos el toldo



<b>% Ahorro</b>	<b>Ahorro económico (€/año)</b>	<b>Inversión (€)</b>	<b>Período de retorno (años)</b>
19,09%	536,77	<b>12.381,17</b>	<b>23,06</b>

Tabla 55: Ahorro económico, inversión y periodo de retorno de todas las medidas menos el toldo

	<b>Inicial</b>	<b>Todas sin toldo</b>
<b>Calefacción (kWh)</b>	5.625,47	2.800,31
<b>Ahorro (kWh)</b>	-	2.825,16
<b>Ahorro (%)</b>		<b>50,22%</b>
<b>Refrigeración (kWh)</b>	4.103,46	3.621,65
<b>Ahorro (kWh)</b>	-	481,81
<b>Ahorro (%)</b>	-	<b>11,74%</b>
<b>Iluminación (kWh)</b>	1.993,99	827,82
<b>Ahorro (kWh)</b>	-	1.166,17
<b>Ahorro (%)</b>	-	<b>58,48%</b>
<b>Equipos (kWh)</b>	11.705,24	11.705,24
<b>TOTAL</b>	23.428,16	18.955,02

Tabla 56: Comparación de consumos y ahorro de todas las medidas menos el toldo

Los resultados de eliminar el toldo son muy similares, excepto en el ahorro del consumo de refrigeración, que para el caso sin toldo se reduce en casi un 12%, mientras que anteriormente se encontraba alrededor del 20%. Sin embargo, al tener menos inversión el período de retorno es dos años menor. También resulta una medida rentable.

### 7.6. Resultados medidas de mejora

En cuanto al confort de los ocupantes, los resultados obtenidos con las mejoras son los siguientes:

	<b>Insatisfechos (%)</b>
<b>Inicial sin climatización</b>	<b>50,69</b>
<b>Sistema ideal</b>	<b>32,02</b>
<b>Sistema ideal con mejoras</b>	<b>27,49</b>

Tabla 57: Comparación de las condiciones de confort para el estado inicial, el sistema ideal y el sistema ideal con mejoras

Como se puede ver en la tabla, el porcentaje medio de ocupantes insatisfechos a lo largo del año era de la mitad del total. Al aplicar el sistema ideal, el porcentaje de insatisfechos bajó al 32%. Cuando se aplicaron las mejoras, el porcentaje de satisfechos mejoró aproximadamente en un 4,5%.

En cuanto a la temperatura, las mejoras han ayudado a que durante los meses de invierno se sitúen más próximas a los 20°C y, en verano, rondando los 25°C.

	<i>Temperatura inicial sin clima (°C)</i>	<i>Temperatura sistema ideal (°C)</i>	<i>Temperatura sistema ideal con mejoras (°C)</i>
<b>Enero</b>	14,56	18,67	19,77
<b>Febrero</b>	15,54	18,94	20,02
<b>Marzo</b>	17,54	19,52	20,87
<b>Abril</b>	19,99	20,60	22,34
<b>Mayo</b>	22,79	22,79	24,16
<b>Junio</b>	26,93	25,00	25,08
<b>Julio</b>	29,71	26,34	24,64
<b>Agosto</b>	29,31	26,19	24,62
<b>Septiembre</b>	27,25	25,11	23,86
<b>Octubre</b>	22,64	22,46	23,53
<b>Noviembre</b>	18,59	19,82	22,67
<b>Diciembre</b>	15,29	18,84	23,76

Tabla 58: Comparación de las temperaturas para el caso inicial, el sistema ideal y el sistema ideal con mejoras

A continuación, se observa una tabla comparativa en la que se refleja la repercusión de cada una de las medidas. Se considera que las medidas más rentables son las siguientes:

- **LED:** con una inversión reducida y periodo de retorno corto, se obtiene un ahorro en el consumo de iluminación de casi un 60%.
- **Ventana:** gracias a una inversión media, el consumo total de climatización se reduce en un 40%, por lo que el periodo de retorno es de casi 14 años.
- **Aislamiento cubierta:** con una inversión media, se reduce el consumo de calefacción en casi un 30%, aunque aumenta el consumo de refrigeración en un 6%. Esto supone un período de retorno de casi 16 años.
- **Aislamiento interior:** con una inversión más elevada que el aislamiento de cubierta, obtiene unos resultados prácticamente iguales, por lo que el período de retorno es de casi 17 años.
- **Aislamiento exterior:** con la inversión más cara de todo el aislamiento, sus resultados son muy similares a los casos anteriores. Sin embargo, en este caso el periodo de retorno es de 19 años.
- **Todas las medidas:** con una inversión elevada, se consiguen ahorros del 50% en calefacción, 20% en refrigeración y casi 60% en iluminación, por lo que, después de 25 años, se recuperaría la inversión. Por lo tanto, resulta una medida rentable.
- **Todas las medidas sin el toldo:** muy similar a la anterior, pero con un ahorro en refrigeración el 12%, y una inversión un poco más barata. Esto conlleva un período de retorno de 23 años, lo que resulta rentable.

Algunas medidas no resultan rentables:

- **Toldo:** con casi un 17% de reducción del consumo de refrigeración, su inversión es bastante elevada para lo que aporta, por lo que su período de retorno es de casi 26 años.
- **Aislamiento total:** la repercusión en términos energéticos es la misma que cualquiera de los aislamientos individuales. Por lo tanto, teniendo en cuenta la elevada inversión de esta medida, no resulta rentable. Dicha inversión se recuperaría en 50 años.

Por último, se ha de decidir si se llevan a cabo todas las medidas, o si se eliminará el toldo. Si la preferencia fuera recuperar la inversión cuanto antes, se elegiría la opción sin el toldo. Si la preferencia fuera reducir al máximo el consumo energético, se elegiría la opción con toldo. Sin embargo, dado que sólo son dos años de diferencia y que el toldo supone un ahorro extra aproximado del 8% de la refrigeración, la opción que se elige es la de aplicar todas las medidas.

Optimización energética de una vivienda unifamiliar de dos plantas situada en Badalona

	<i>LED</i>	<i>Ventana</i>	<i>Toldo</i>	<i>Aisl interior</i>	<i>Aisl exterior</i>	<i>Aisl cubierta</i>	<i>Aisl total</i>	<i>Todas</i>	<i>Todas sin toldo</i>
<i>Calefacción (kWh)</i>	6.100,00	4.044,60	5.625,91	3.936,07	3.964,09	3.959,11	3.928,99	2.800,58	2.800,31
<i>Ahorro (kWh)</i>	-474,53	1.580,87	-0,44	1.689,40	1.661,38	1.666,36	1.696,48	2.824,89	2.825,16
<i>Ahorro (%)</i>	<b>-8,44%</b>	<b>28,10%</b>	<b>-0,01%</b>	<b>30,03%</b>	<b>29,53%</b>	<b>29,62%</b>	<b>30,16%</b>	<b>50,22%</b>	<b>50,22%</b>
<i>Refrigeración (kWh)</i>	3.867,50	3.598,13	3.421,01	4.327,04	4.350,16	4.349,18	4.334,65	3.275,16	3.621,65
<i>Ahorro (kWh)</i>	235,96	505,33	682,45	-223,58	-246,70	-245,72	-231,19	828,30	481,81
<i>Ahorro (%)</i>	<b>5,75%</b>	<b>12,31%</b>	<b>16,63%</b>	<b>-5,45%</b>	<b>-6,01%</b>	<b>-5,99%</b>	<b>-5,63%</b>	<b>20,19%</b>	<b>11,74%</b>
<i>Iluminación (kWh)</i>	827,82	1.993,99	1.993,99	1.993,99	1.993,99	1.993,99	1.993,99	827,82	827,82
<i>Ahorro (kWh)</i>	1.166,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.166,17	1.166,17
<i>Ahorro (%)</i>	<b>58,48%</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,00%</b>	<b>58,48%</b>	<b>58,48%</b>
<i>Equipos (kWh)</i>	11.705,24	11.705,24	11.705,24	11.705,24	11.705,24	11.705,24	11.705,24	11.705,24	11.705,24
<b>TOTAL</b>	22.500,56	21.341,96	22.746,15	21.962,34	22.013,48	22.007,52	21.962,87	18.608,80	18.955,02
<i>Inversión (€)</i>	68,66	3.463,28	2.113,57	2.928,33	3.231,50	2.689,40	8.849,23	14.494,74	12.381,17
<i>Período de retorno (años)</i>	<b>0,62</b>	<b>13,83</b>	<b>25,83</b>	<b>16,65</b>	<b>19,04</b>	<b>15,78</b>	<b>50,33</b>	<b>25,06</b>	<b>23,07</b>

Tabla 59: Comparación de todas las medidas

## 8. SISTEMA TÉCNICO. CLIMATIZACIÓN

### 8.1. Introducción

Ya se han aplicado todas las medidas al edificio y se ha reducido en gran parte su consumo energético. Sin embargo, los ocupantes del edificio, inicialmente, se encontraban en unas condiciones de confort bastante pésimas, como se muestra en la tabla 21 vista anteriormente.

Sin embargo, este sistema ideal se ha utilizado para cuantificar las mejoras, pero no se puede aplicar en la realidad. Por lo tanto, ahora se eliminará el sistema ideal y se colocará un nuevo sistema de climatización, el fancoil.

Un *fancoil* <sup>(20)</sup> (traducido al español como ventiloconvector) posee un ventilador (fan) y una batería de intercambio térmico (coil) por la cual circula agua fría o caliente. Se puede utilizar tanto para dar frío como calor de forma simultánea, ya que el ventilador toma aire de la zona y lo dirige hacia la batería de intercambio térmico donde circula agua fría o caliente.

Existen diferentes tipos: pared, suelo, techo, cassette y conductos. Además, se puede instalar con dos o cuatro tubos. La de dos tubos tiene una tubería de ida y otra de vuelta, por lo que por ambas pasa el agua fría y caliente. Esta instalación conviene utilizarla en viviendas particulares. La instalación de 4 tubos tiene ida y vuelta para el agua fría, e ida y vuelta para el agua caliente. Por lo tanto, permite que unos aparatos trabajen en frío y otros en caliente. Se decide a usar un fancoil vertical de suelo con dos tubos.

### 8.2. Procedimiento e inversión

Para simular el funcionamiento del fancoil en EnergyPlus, habrá que ir una vez más al IDF Editor. En éste, se eliminarán los objetos del sistema ideal y se crearán objetos de 5 tipos diferentes. Se necesitará una caldera, una enfriadora, un circuito de agua fría, otro de agua caliente y los fancoils. Estos objetos se encuentran dentro del grupo *HVAC Templates*.

- *HVACTemplate:Plant:Chiller*: en este objeto se creará la enfriadora, que será de tipo eléctrico y se dejará que su capacidad se autocalcule.

Field	Units	Obj1
Name		Enfriadora
Chiller Type		ElectricReciprocating
Capacity	W	autosize
Nominal COP	W/W	2.75
Condenser Type		AirCooled
Priority		
Sizing Factor		1
Minimum Part Load Ratio		
Maximum Part Load Ratio		1
Optimum Part Load Ratio		1
Minimum Unloading Ratio		0.25
Leaving Chilled Water Lower Temperature Limit	C	5

Ilustración 25: Objeto "HVACTemplate:Plant:Chiller"

- *HVACTemplate:Plant:Boiler*: aquí se crea la caldera, que también será eléctrica y se calculará su capacidad automáticamente.

Field	Units	Obj1
Name		Caldera
Boiler Type		HotWaterBoiler
Capacity	W	autosize
Efficiency		0,8
Fuel Type		Electricity
Priority		
Sizing Factor		1
Minimum Part Load Ratio		
Maximum Part Load Ratio		1,1
Optimum Part Load Ratio		1
Water Outlet Upper Temperature Limit	C	100
Template Plant Loop Type		HotWater

Ilustración 26: Objeto "HVACTemplate:Plant:Boiler"

- **HVACTemplate:Plant:ChilledWaterLoop:** aquí se define el circuito de agua fría (CAF)
- **HVACTemplate:Plant:HotWaterLoop:** aquí se define el circuito de agua caliente (CAC)

Field	Units	Obj1	Field	Units	Obj1
Name		CAC	Name		CAF
Pump Schedule Name			Pump Schedule Name		
Pump Control Type		Intermittent	Pump Control Type		Intermittent
Hot Water Plant Operation Scheme Type		Default	Chiller Plant Operation Scheme Type		Default
Hot Water Plant Equipment Operation Schemes Name			Chiller Plant Equipment Operation Schemes Name		
Hot Water Setpoint Schedule Name			Chilled Water Setpoint Schedule Name		
Hot Water Design Setpoint	C	82	Chilled Water Design Setpoint	C	7,22
Hot Water Pump Configuration		ConstantFlow	Chilled Water Pump Configuration		ConstantPrimaryNoS
Hot Water Pump Rated Head	Pa	179352	Primary Chilled Water Pump Rated Head	Pa	179352
Hot Water Setpoint Reset Type		None	Secondary Chilled Water Pump Rated Head	Pa	179352
Hot Water Setpoint at Outdoor Dry-Bulb Low	C	82,2	Condenser Plant Operation Scheme Type		Default
Hot Water Reset Outdoor Dry-Bulb Low	C	-6,7	Condenser Equipment Operation Schemes Name		
Hot Water Setpoint at Outdoor Dry-Bulb High	C	65,6	Condenser Water Temperature Control Type		
Hot Water Reset Outdoor Dry-Bulb High	C	10	Condenser Water Setpoint Schedule Name		
Hot Water Pump Type		SinglePump	Condenser Water Design Setpoint	C	29,4
Supply Side Bypass Pipe		Yes	Condenser Water Pump Rated Head	Pa	179352
Demand Side Bypass Pipe		Yes	Chilled Water Setpoint Reset Type		None
Fluid Type		Water	Chilled Water Setpoint at Outdoor Dry-Bulb Low	C	12,2
Loop Design Delta Temperature	deltaC	11	Chilled Water Reset Outdoor Dry-Bulb Low	C	15,6
Maximum Outdoor Dry Bulb Temperature	C		Chilled Water Setpoint at Outdoor Dry-Bulb High	C	6,7
Load Distribution Scheme		SequentialLoad	Chilled Water Reset Outdoor Dry-Bulb High	C	26,7
			Chilled Water Primary Pump Type		SinglePump
			Chilled Water Secondary Pump Type		SinglePump
			Condenser Water Pump Type		SinglePump
			Chilled Water Supply Side Bypass Pipe		Yes
			Chilled Water Demand Side Bypass Pipe		Yes
			Condenser Water Supply Side Bypass Pipe		Yes
			Condenser Water Demand Side Bypass Pipe		Yes
			Fluid Type		Water
			Loop Design Delta Temperature	deltaC	6,67
			Minimum Outdoor Dry Bulb Temperature	C	
			Chilled Water Load Distribution Scheme		SequentialLoad
			Condenser Water Load Distribution Scheme		SequentialLoad

Ilustración 27: Objetos "HVACTemplate:Plant:ChilledWaterLoop" y "HVACTemplate:Plant:HotWaterLoop"

- **HVACTemplate:Plant:FanCoil:** finalmente se definen los fancoils. Estos se van a situar en el salón, la cocina y las habitaciones. Los halls se van a dejar sin climatización, debido a que son zonas de paso bastante reducidas.

Ahora ya se puede realizar la nueva simulación. Se ha de observar cuantos vatios están siendo necesarios para cada zona, por lo que se acudirá al archivo HTML. En este archivo se pueden observar las cargas de diseño para cada una de las zonas, como se muestra a continuación:

	Refrigeración (kW)	Calefacción (kW)
<b>Salón-comedor</b>	0,606	0,308
<b>Habitación 1</b>	0,265	0,805
<b>Cocina</b>	1,942	0,000
<b>Habitación 5</b>	0,719	0,071
<b>Habitación 2</b>	0,373	0,134
<b>Habitación 4</b>	0,251	0,187
<b>Habitación 3</b>	0,255	0,032

Tabla 60: Cargas de diseño para cada una de las zonas

Se buscará el fancoil en la página web de *Generador de precios de la construcción en España de CYPE Ingenieros, en el apartado de Instalaciones, Calefacción, climatización y A.C.S., Unidades no autónomas para climatización* <sup>(21)</sup>. Sin embargo, al buscar un fancoil de suelo vertical con dos tubos, se observa que el aparato de menor potencia es de 0,9 kW. Este aparato, a velocidad mínima, aporta una potencia frigorífica de 0,63 kW y calorífica de 0,72 kW. A velocidad máxima, su potencia frigorífica es de 0,87 kW y calorífica de 1,06 kW. Por lo tanto, se puede utilizar en todas las zonas menos en la cocina.

Para esta zona, se usará un fancoil de mayor potencia, siendo ésta de 2kW. A velocidad máxima, su potencia frigorífica es de 2 kW, y la calorífica de 2,36 kW.

En consecuencia, se seleccionarán:

- 6 Fancoils modelo RFR, con potencia de 0,9 kW y precio unitario de 487,84 €.
- 1 Fancoil modelo RFT, con potencia de 2 kW y precio unitario de 607,63 €.

Por lo tanto, la inversión total del sistema de climatización será de 3.534,67 €.

### 8.3. Resultados

Como se puede observar a continuación, el consumo real total del edificio con las mejoras y el sistema de climatización es menor que el caso ideal. Hay que tener en cuenta que el caso ideal es gratis, por lo que se ha climatizado también los dos halls.

Sin embargo, la climatización real sí requiere un precio, y dado que cada fancoil supone aproximadamente 500€ para una zona con un área muy reducida, se ha decidido no acondicionar esas zonas. Por lo tanto, al condicionar menos zonas, el consumo de climatización es menor. Además, como en este caso el sistema hace uso de ventiladores y bombas, también hay un consumo derivado de estos aparatos. Sin embargo, este consumo es menor del 3% del total.

Se observa que el mayor consumo energético es debido a los equipos, siendo éste de casi el 70% del total. En segundo lugar, se encuentran la calefacción y refrigeración, que suponen prácticamente la misma proporción, siendo juntos un 24% del consumo global.

	<b>Consumo anual energía (kWh)</b>	<b>Proporción respecto total (%)</b>
<b>Calefacción</b>	2.165,50	12,57%
<b>Refrigeración</b>	2.087,81	12,12%
<b>Iluminación</b>	827,82	4,80%
<b>Equipos</b>	11.705,24	67,94%
<b>Ventiladores</b>	291,30	1,69%
<b>Bomba</b>	151,21	0,88%
<b>TOTAL</b>	17.228,88	

Tabla 61: Consumo de energía con el sistema de climatización

En cuanto a los consumos por zonas, se observa que la *Habitación 1* es la principal consumidora de calefacción, con un consumo de casi 80% respecto del total. Esto se debe a que dicha habitación se encuentra mirando a la calle, por lo que recibe sombra prácticamente todas las horas del día. La *Habitación 4* se encuentra justo encima de ésta, y se trata de la segunda en consumo de calefacción, aunque en este caso se trata solo del 10%. Esta zona, al estar más elevada y tener la parte superior al aire libre, recibe menos sombras y se calienta más de manera natural.

Sobre la refrigeración, la *Cocina* resulta el 47% del consumo de refrigeración, ya que los equipos provocan que la temperatura en su interior aumente. El resto del consumo se reparte entre las habitaciones, pero unas de las que más se calientan son la *Habitación 5* y el *Salón-comedor*. Esto se debe a que son habitaciones situadas en la parte trasera, donde incide el sol de manera directa.

<b>Demanda de energía final por zonas</b>				
<b>Zona</b>	<b>Demanda calefacción (kWh)</b>	<b>% Respecto total</b>	<b>Demanda refrigeración (kWh)</b>	<b>% Respecto total</b>
<b>Salón-comedor</b>	67,98	4,43%	560,39	14,18%
<b>Habitación 1</b>	1.212,15	78,92%	34,05	0,86%
<b>Cocina</b>	13,45	0,88%	1.848,77	46,80%
<b>Habitación 5</b>	8,30	0,54%	754,81	19,11%
<b>Habitación 2</b>	59,63	3,88%	373,42	9,45%
<b>Habitación 4</b>	154,95	10,09%	222,91	5,64%
<b>Habitación 3</b>	19,44	1,27%	156,36	3,96%
	1.535,90		3.950,71	

Tabla 62: Demanda de calefacción y refrigeración, dividida por zonas con el sistema de climatización



Una vez más, la demanda de energía no coincide con el consumo, ya que no representan lo mismo.

Si se evalúan las emisiones de CO<sub>2</sub>, se observa que el valor ha aumentado. Esto se debe a que anteriormente no existía ningún sistema de climatización, pero ahora sí lo hay. Por lo tanto, esto supone un aumento del consumo eléctrico y en consecuencia produce más emisiones.

<b>Emisiones CO<sub>2</sub></b>	
<b>Valor anual (kg)</b>	6.150,71

Tabla 63: Emisiones de CO<sub>2</sub> con las mejoras y el sistema de climatización

Sin embargo, si se evalúa lo mismo que en el caso inicial, iluminación y equipos, su valor es más representativo:

<b>Emisiones CO<sub>2</sub></b>	
<b>Iluminación y equipos (kg)</b>	4.474,30

Tabla 64: Emisiones de CO<sub>2</sub> debidas a la iluminación y equipos en el caso de todas las medidas y climatización

Su valor inicial era de 4.890,62 kg, por lo que supone un ahorro de 416,32 kg de CO<sub>2</sub>. Este ahorro es el que supone la medida de mejora de sustitución mediante LEDs.

Este sistema de climatización se usa para que los ocupantes de la vivienda se encuentren en mejores condiciones. Por lo tanto, se ha de evaluar las condiciones de confort en las que se encuentran después de aplicarlo.

	<b>Insatisfechos (%)</b>
<b>Inicial sin climatización</b>	<b>50,69</b>
<b>Sistema ideal con mejoras</b>	<b>27,49</b>
<b>Mejoras con fancoil</b>	<b>28,73</b>

Tabla 65: Comparación del porcentaje de insatisfechos para el estado inicial, el sistema ideal con mejoras y las mejoras con el sistema de climatización

En esta tabla se puede comprobar que los ocupantes han mejorado su confort en un 22%. Esto se ha producido gracias a las medidas aplicadas en el edificio y a la adición del sistema de climatización. El sistema ideal consigue unos valores muy similares de porcentaje de insatisfechos, pero se necesita aplicar un sistema real.

Si se observan las nuevas temperaturas, se puede apreciar que con el sistema de climatización se han obtenido unos resultados próximos al sistema ideal. La mayor diferencia reside en que en los meses de invierno la temperatura es aproximadamente un grado menor, pero en los meses de verano la temperatura es prácticamente igual.

Con respecto al estado inicial, se puede decir que la mejora ha sido notable, ya que hay un aumento de casi 4°C en todos los meses fríos y una reducción de entre 1,8°C y 3°C en los meses calientes.

	<i>Temperatura inicial sin clima (°C)</i>	<i>Temperatura sistema ideal con mejoras (°C)</i>	<i>Temperatura fancoil con mejoras (°C)</i>
<b>Enero</b>	14,56	19,77	19,07
<b>Febrero</b>	15,54	20,02	19,38
<b>Marzo</b>	17,54	20,87	20,35
<b>Abril</b>	19,99	22,34	21,96
<b>Mayo</b>	22,79	24,16	23,98
<b>Junio</b>	26,93	25,08	25,14
<b>Julio</b>	29,71	24,64	26,18
<b>Agosto</b>	29,31	24,62	26,12
<b>Septiembre</b>	27,25	23,86	25,35
<b>Octubre</b>	22,64	23,53	24,02
<b>Noviembre</b>	18,59	22,67	21,37
<b>Diciembre</b>	15,29	23,76	19,31

*Tabla 66: Comparación de las temperaturas para el sistema inicial, el sistema ideal con mejoras y el fancoil con mejoras*

Por tanto, se puede concluir que la realización de medidas de mejora energética junto con la aplicación de un sistema de climatización ha mejorado tanto los consumos energéticos como el confort en el edificio. Todo esto supone una inversión total de 23.738,24 €. Con todas las mejoras se obtiene un ahorro anual de 578,32 €, por lo que se recuperaría toda la inversión en 41 años. El período de retorno ha aumentado respecto al caso de todas las medidas, debido a que la inversión aumenta al añadir el coste del sistema de climatización. Este sistema proporciona principalmente una mejora del confort, pero no supone un ahorro económico, de ahí que se tarde tanto tiempo en recuperar toda la inversión.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

Se ha consultado los apuntes de la asignatura optativa de Eficiencia energética en edificios. En éstos se encuentra:

- Materiales que componen los muros y sus propiedades.
- Transmitancia térmica y factor solar para diferentes vidrios
- Coeficiente de reducción del factor solar de cortina según el vidrio que se encuentre delante.
- Transmitancia térmica y absortividad del marco de los huecos según material y color.
- Archivos referentes al clima de Barcelona.

La siguiente información ha sido proporcionada por los ocupantes del edificio:

- Dimensiones de puertas y ventanas.
- Potencia de luces y equipos.
- Planos del edificio.

(1) Factorenergía. (22 de Enero de 2018). Rehabilitación energética de los edificios. Obtenido de <https://www.factorenergia.com/es/blog/eficiencia-energetica/rehabilitacion-energetica-edificios/>

(2) Autodesk. (s.f.). Autodesk. Obtenido de Software CAD: <https://latinoamerica.autodesk.com/solutions/cad-software>

(3) Atecyr. (s.f.). Clima. Obtenido de Manual Genera3D: [http://vpclima2.ter.upv.es/?page\\_id=434&lang=es](http://vpclima2.ter.upv.es/?page_id=434&lang=es)

(4) Atecyr. (s.f.). Calcula con Atecyr. Obtenido de Genera3D: <http://www.calculaconatecyr.com/genera3d.php>

(5) Efinovatic. (s.f.). Efinovatic. Obtenido de EnergyPlus: <https://www.efinovatic.es/energyPlus/>

(6) EnergyPlus. (s.f.). EnergyPlus. Obtenido de Input Output Reference: [https://energyplus.net/sites/default/files/pdfs/pdfs\\_v8.3.0/InputOutputReference.pdf](https://energyplus.net/sites/default/files/pdfs/pdfs_v8.3.0/InputOutputReference.pdf)

(7) Acetyr (Asociación técnica Española de Climatización y Refrigeración). (Junio de 2010). Guía técnica de condiciones climáticas exteriores de proyecto. Obtenido de [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_12\\_Guia\\_tecnica\\_condiciones\\_climaticas\\_exteriores\\_de\\_proyecto\\_e4e5b769.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_12_Guia_tecnica_condiciones_climaticas_exteriores_de_proyecto_e4e5b769.pdf)

(8) Atecyr. (s.f.). Calcula con Atecyr. Obtenido de Sicro: <http://www.calculaconatecyr.com/psicro.php>

(9) CTE (Código técnico de la edificación). (Junio de 2017). Documento básico HE (DBHE). Obtenido de Ahorro de energía: <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DBHE.pdf>

(10) Ministerio de Industria, Energía y Turismo, y Ministerio de Fomento. (20 de Julio de 2014). Factores de emisión de CO<sub>2</sub> y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes

de energía final consumidas en el sector de edificios de España. Obtenido de [http://www.mincotur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Otros%20documentos/Factores\\_emision\\_CO2.pdf](http://www.mincotur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Otros%20documentos/Factores_emision_CO2.pdf)

- (11) Tarifaluzhora. (s.f.). Tarifaluzhora. Obtenido de <https://tarifaluzhora.es/>
- (12) Efectoled. (s.f.). Efectoled. Obtenido de <https://www.efectoled.com/es/6-comprar-bombillas-lamparas-led>
- (13) CYPE Ingenieros, S.A. (s.f.). Generador de precios . Obtenido de Carpintería, cerrajería, vidrios y protecciones solares. Vidrios. Doble acristalamiento.: [http://www.generadordeprecios.info/rehabilitacion/L\\_Carpinteria\\_\\_cerrajeria\\_\\_vidrios\\_y\\_/Vidrios/Doble\\_acristalamiento/Doble\\_acristalamiento\\_\\_SAINT\\_GOBAIN\\_.html](http://www.generadordeprecios.info/rehabilitacion/L_Carpinteria__cerrajeria__vidrios_y_/Vidrios/Doble_acristalamiento/Doble_acristalamiento__SAINT_GOBAIN_.html)
- (14) CYPE Ingenieros, S.A. (s.f.). Generador de precios . Obtenido de Carpintería, cerrajería, vidrios y protecciones solares. Protecciones solares. Toldos.: [http://www.generadordeprecios.info/rehabilitacion/L\\_Carpinteria\\_\\_cerrajeria\\_\\_vidrios\\_y\\_/Protecciones\\_solares/Toldos/Toldo\\_de\\_lona\\_acrilica.html](http://www.generadordeprecios.info/rehabilitacion/L_Carpinteria__cerrajeria__vidrios_y_/Protecciones_solares/Toldos/Toldo_de_lona_acrilica.html)
- (15) Construmática. (s.f.). Construmática. Obtenido de Trasdosado: <https://www.construmatica.com/construpedia/Trasdosado>
- (15) Yuste, P. S. (04 de Abril de 2014). Certificados Energéticos. Obtenido de Rehabilitación energética de la envolvente mediante aislamiento trasdosado interior: <https://www.certificadosenergeticos.com/rehabilitacion-energetica-envolvente-termica-aislamiento-trasdosado-interior-ce3x>
- (16) CYPE Ingenieros, S.A. (s.f.). Generador de precios. Obtenido de Rehabilitación energética. Cerramientos verticales: adición de aislamiento térmico. Sistema de aislamiento interior mediante trasdosado: [http://www.generadordeprecios.info/rehabilitacion/Rehabilitacion\\_energetica/ZF\\_Cerramientos\\_verticales\\_\\_adici/ZFT\\_Sistemas\\_de\\_aislamiento\\_interi/ZFT031\\_Sistema\\_\\_URSA\\_IBERICA\\_AISLANTES\\_\\_de.html](http://www.generadordeprecios.info/rehabilitacion/Rehabilitacion_energetica/ZF_Cerramientos_verticales__adici/ZFT_Sistemas_de_aislamiento_interi/ZFT031_Sistema__URSA_IBERICA_AISLANTES__de.html)
- (17) Construmatica. (s.f.). Construmatica. Obtenido de ETICS: <https://www.construmatica.com/construpedia/ETICS>
- (18) CYPE Ingenieros, S.A. (s.f.). Generador de precios. Obtenido de Rehabilitación energética. Cerramientos verticales: adición de aislamiento térmico. Sistema ETICS de aislamiento exterior de fachada: [http://www.generadordeprecios.info/rehabilitacion/Rehabilitacion\\_energetica/ZF\\_Cerramientos\\_verticales\\_\\_adici/ZFF\\_Sistemas\\_ETICS\\_de\\_aislamiento\\_/ZFF100\\_Sistema\\_ETICS\\_BAUSA TE-I\\_\\_BAUPANEL\\_S.html](http://www.generadordeprecios.info/rehabilitacion/Rehabilitacion_energetica/ZF_Cerramientos_verticales__adici/ZFF_Sistemas_ETICS_de_aislamiento_/ZFF100_Sistema_ETICS_BAUSA TE-I__BAUPANEL_S.html)
- (19) CYPE Ingenieros, S.A. (s.f.). Generador de precios . Obtenido de Rehabilitación energética. Cerramientos horizontales: adición de aislamiento térmico. Sistemas de aislamiento por el exterior de cubierta plana: [http://www.generadordeprecios.info/rehabilitacion/Rehabilitacion\\_energetica/ZH\\_Cerramientos\\_horizontales\\_\\_adici/ZHT\\_Sistemas\\_de\\_aislamiento\\_por\\_el\\_exterior\\_de\\_cubierta\\_plana.html](http://www.generadordeprecios.info/rehabilitacion/Rehabilitacion_energetica/ZH_Cerramientos_horizontales__adici/ZHT_Sistemas_de_aislamiento_por_el_exterior_de_cubierta_plana.html)

ntos\_horizontales\_\_adi/ZHA\_Sistemas\_de\_aislamiento\_por\_el/ZHA010\_Sistema\_\_KNAUF\_I  
NSULATION\_\_de\_aisla.html

(20) Cenit climatización. (22 de Febrero de 2016). Cenit climatización. Obtenido de ¿Qué es un fan-coil?: <http://www.cenitclimatizacion.com/fan-coil/>

(21) CYPE Ingenieros, S.A. (s.f.). Generador de precios. Obtenido de Instalaciones. Calefacción, climatización y A.C.S. Unidades no autónomas para climatización: [http://www.generadordeprecios.info/obra\\_nueva/calculaprecio.asp?Valor=5\\_0\\_1\\_2\\_3\\_4\\_5\\_6\\_7\\_8|0|1|ICF040|icf\\_040:c12\\_0\\_1c6\\_0\\_10\\_40\\_0\\_200\\_55c6\\_0](http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/calculaprecio.asp?Valor=5_0_1_2_3_4_5_6_7_8|0|1|ICF040|icf_040:c12_0_1c6_0_10_40_0_200_55c6_0)

## 10. ANEXOS

### 10.1. nanoCAD

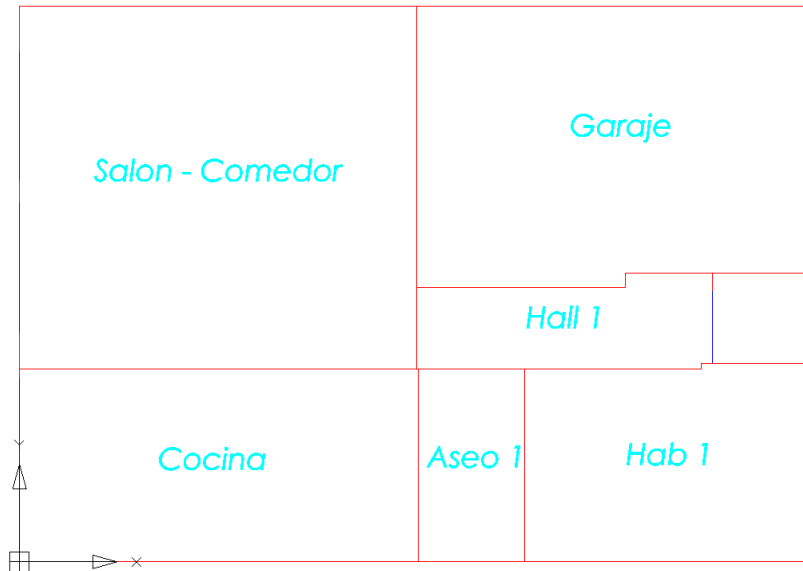


Ilustración 28: Primera planta en nanoCAD

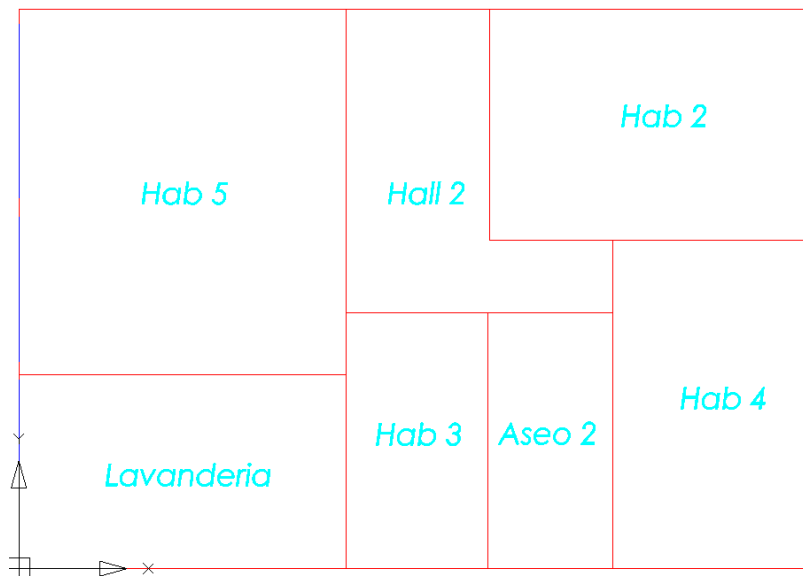


Ilustración 29: Segunda planta en nanoCAD

### 10.2. Genera3D

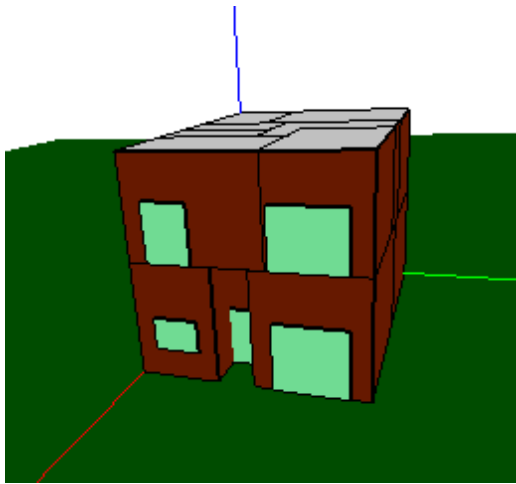


Ilustración 31: Fachada delantera en Genera3D

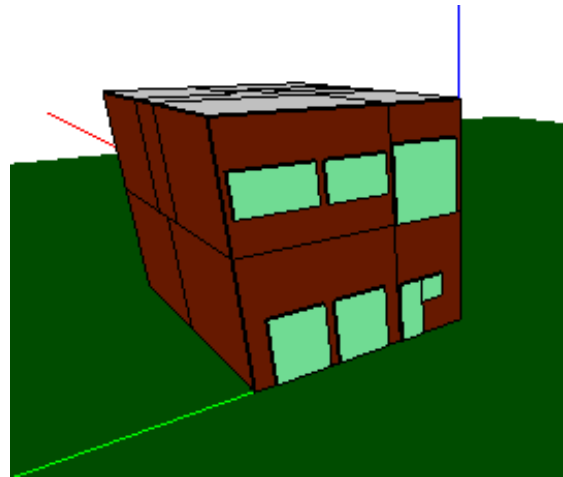


Ilustración 30: Fachada trasera en Genera3D

### 10.3. SICRO

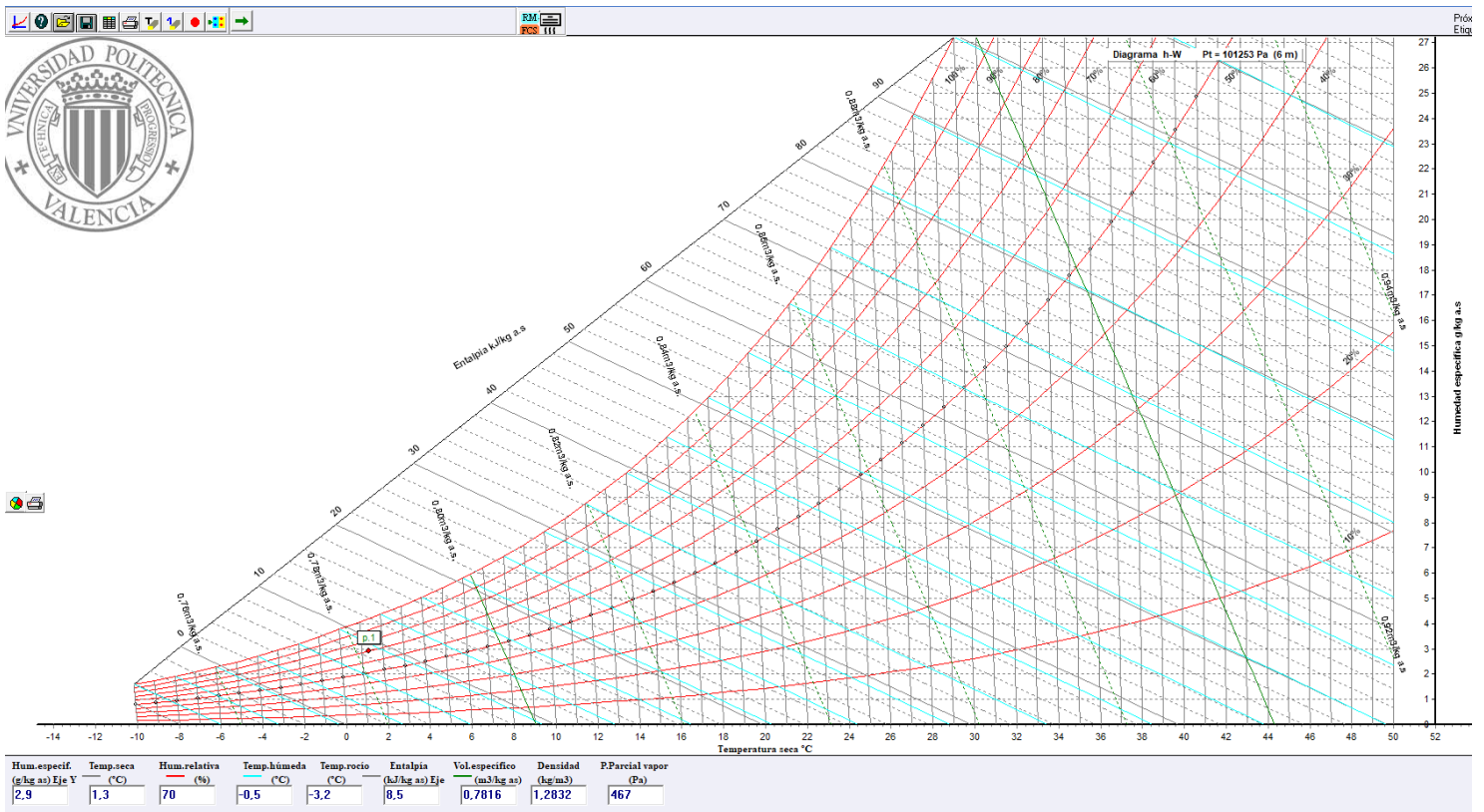


Ilustración 32: Diagrama psicrométrico del programa SICRO

#### 10.4. Bombillas LED

**¡EN DESCUENTO!**

**Bombilla LED G9 3W**



**1,95 €**  
*En Stock!*  
[Ver más ▶](#)

 3 W Potencia	 220/240V AC Alimentación	 Triac Regulable	 300 lm Luminosidad	 360° Ángulo	
--	--	---	--	---	---

Ilustración 33: Bombilla LED de 3W

**¡PRECIO REBAJADO!**

**Bombilla LED E27 A60 5W**



**Oferta!**  
**0,99 €**  
*En Stock!*  
[Ver más ▶](#)

 5 W Potencia	 85-265V AC Alimentación	 509 lm Luminosidad	 180° Ángulo	 Al./PC Material	
--	---	--	---	---	---

Ilustración 34: Bombilla LED de 5W

**¡PRECIO REBAJADO!**

**Bombilla LED E27 A60 7W**



**Oferta!**  
**1,29 €**  
*En Stock!*  
[Ver más ▶](#)

 7 W Potencia	 85-265V AC Alimentación	 603 lm Luminosidad	 180° Ángulo	 TUV Certificados	
--	---	--	---	--	---

Ilustración 35: Bombilla LED de 7W 603 lm



**Bombilla LED G24 Frost 7W**



**6,95 €**  
*En Stock!*  
[Ver más ▶](#)

 7 W Potencia	 85/265V AC Alimentación	 700 lm Luminosidad	 120° Ángulo	 CE & RoHS Certificados	
--	---	--	---	--	---

Ilustración 36: Bombilla LED de 7W 700 lm

**Bombilla LED E27 A60 10W**

¡PRECIO REBAJADO!



**Oferta!**  
**1,49 €**  
*En Stock!*  
[Ver más ▶](#)

 10 W Potencia	 85-265V AC Alimentación	 999 lm Luminosidad	 180° Ángulo	 TUV Certificados	
---	---	--	---	--	---

Ilustración 37: Bombilla LED de 10W

**Bombilla LED E27 A60 12W**

¡PRECIO REBAJADO!



**Oferta!**  
**1,89 €**  
*En Stock!*  
[Ver más ▶](#)

 12 W Potencia	 85-265V AC Alimentación	 1129 lm Luminosidad	 180° Ángulo	 TUV Certificados	
---	---	---	---	--	---

Ilustración 38: Bombilla LED de 12W

¡PRECIO REBAJADO!

**Bombilla LED E27 G95 15W**



**Oferta!**  
**3,95 €**  
En Stock!  
[Ver más ▶](#)

 15 W Potencia	 85-265V AC Alimentación	 1400 lm Luminosidad	 300° Ángulo	 Al./PC Material
---	---	---	---	---



Ilustración 39: Bombilla LED de 15W

### 10.5. Vidrio doble acristalamiento bajo emisivo

LVC030 m<sup>2</sup> Doble acristalamiento "SAINT GOBAIN". 90,42€

Doble acristalamiento SGG CLIMALIT PLUS PLANITHERM 4S F2 4/16 argón 90%/4 "SAINT GOBAIN", fijado sobre carpintería con calzos y sellado continuo.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>1 Materiales</b>					
mt21dsg020ja	m <sup>2</sup>	Doble acristalamiento SGG CLIMALIT PLUS "SAINT GOBAIN", conjunto formado por vidrio exterior PLANITHERM 4S de 4 mm, con capa de control solar y baja emisividad térmica incorporada en la cara interior, cámara de gas deshidratada con perfil separador de aluminio y doble sellado perimetral, de 16 mm, rellena de gas argón y vidrio interior PLANICLEAR de 4 mm de espesor; 24 mm de espesor total.	1,006	71,22	71,65
mt21sik010	Ud	Cartucho de 310 ml de silicona sintética incolora Elastosil WS-305-N "SIKA" (rendimiento aproximado de 12 m por cartucho).	0,580	2,47	1,43
mt21vva021	Ud	Material auxiliar para la colocación de vidrios.	1,000	1,26	1,26
<b>Subtotal materiales:</b>					<b>74,34</b>
<b>2 Mano de obra</b>					
mo055	h	Oficial 1º cristalero.	0,390	18,94	7,39
mo110	h	Ayudante cristalero.	0,390	17,75	6,92
<b>Subtotal mano de obra:</b>					<b>14,31</b>
<b>3 Costes directos complementarios</b>					
	%	Costes directos complementarios	2,000	88,65	1,77
Coste de mantenimiento decenal: 18,99€ en los primeros 10 años.			<b>Costes directos (1+2+3):</b>		<b>90,42</b>

Ilustración 40: Vidrio con doble acristalamiento bajo emisivo

### 10.6. Toldos acrílicos

LST010 Ud Toldo de lona acrílica. 493,92€

Toldo estor, de 3500 mm de línea y 3400 mm de salida, de lona acrílica, con accionamiento manual con manivela.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>1 Materiales</b>					
mt44tol010s	Ud	Toldo estor, de 3500 mm de línea y 3400 mm de salida, de lona acrílica, con herrajes y accesorios de fijación.	1,000	424,15	424,15
mt44tol100a	Ud	Manivela para accionamiento manual de toldos.	1,000	20,00	20,00
<b>Subtotal materiales:</b>					<b>444,15</b>
<b>2 Mano de obra</b>					
mo011	h	Oficial 1º montador.	1,160	18,13	21,03
mo080	h	Ayudante montador.	1,160	16,43	19,06
<b>Subtotal mano de obra:</b>					<b>40,09</b>
<b>3 Costes directos complementarios</b>					
	%	Costes directos complementarios	2,000	484,24	9,68
Coste de mantenimiento decenal: 419,83€ en los primeros 10 años.			<b>Costes directos (1+2+3):</b>		<b>493,92</b>

Ilustración 41: Toldos terraza

LST010 Ud Toldo de lona acrílica. 381,81€

Toldo estor, de 2500 mm de línea y 1900 mm de salida, de lona acrílica, con accionamiento manual con manivela.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>1 Materiales</b>					
mt44tol010f	Ud	Toldo estor, de 2500 mm de línea y 1900 mm de salida, de lona acrílica, con herrajes y accesorios de fijación.	1,000	314,23	314,23
mt44tol100a	Ud	Manivela para accionamiento manual de toldos.	1,000	20,00	20,00
<b>Subtotal materiales:</b>					<b>334,23</b>
<b>2 Mano de obra</b>					
mo011	h	Oficial 1º montador.	1,160	18,13	21,03
mo080	h	Ayudante montador.	1,160	16,43	19,06
<b>Subtotal mano de obra:</b>					<b>40,09</b>
<b>3 Costes directos complementarios</b>					
%		Costes directos complementarios	2,000	374,32	7,49
Coste de mantenimiento decenal: 324,54€ en los primeros 10 años.			<b>Costes directos (1+2+3):</b>		<b>381,81</b>

Ilustración 44: Toldo ventana grande

LST010 Ud Toldo de lona acrílica. 350,38€

Toldo estor, de 2000 mm de línea y 1900 mm de salida, de lona acrílica, con accionamiento manual con manivela.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>1 Materiales</b>					
mt44tol010a	Ud	Toldo estor, de 2000 mm de línea y 1900 mm de salida, de lona acrílica, con herrajes y accesorios de fijación.	1,000	283,42	283,42
mt44tol100a	Ud	Manivela para accionamiento manual de toldos.	1,000	20,00	20,00
<b>Subtotal materiales:</b>					<b>303,42</b>
<b>2 Mano de obra</b>					
mo011	h	Oficial 1º montador.	1,160	18,13	21,03
mo080	h	Ayudante montador.	1,160	16,43	19,06
<b>Subtotal mano de obra:</b>					<b>40,09</b>
<b>3 Costes directos complementarios</b>					
%		Costes directos complementarios	2,000	343,51	6,87
Coste de mantenimiento decenal: 297,82€ en los primeros 10 años.			<b>Costes directos (1+2+3):</b>		<b>350,38</b>

Ilustración 43: Toldo ventana pequeña

LST010 Ud Toldo de lona acrílica. 393,54€

Toldo estor, de 2500 mm de línea y 2400 mm de salida, de lona acrílica, con accionamiento manual con manivela.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>1 Materiales</b>					
mt44tol010g	Ud	Toldo estor, de 2500 mm de línea y 2400 mm de salida, de lona acrílica, con herrajes y accesorios de fijación.	1,000	325,73	325,73
mt44tol100a	Ud	Manivela para accionamiento manual de toldos.	1,000	20,00	20,00
<b>Subtotal materiales:</b>					<b>345,73</b>
<b>2 Mano de obra</b>					
mo011	h	Oficial 1º montador.	1,160	18,13	21,03
mo080	h	Ayudante montador.	1,160	16,43	19,06
<b>Subtotal mano de obra:</b>					<b>40,09</b>
<b>3 Costes directos complementarios</b>					
%		Costes directos complementarios	2,000	385,82	7,72
Coste de mantenimiento decenal: 334,51€ en los primeros 10 años.			<b>Costes directos (1+2+3):</b>		<b>393,54</b>

Ilustración 42: Toldo balcón

**10.7. Aislamiento por el interior**

 ZFT031 m<sup>2</sup> Sistema "URSA IBÉRICA AISLANTES" de aislamiento termoacústico y trasdosado autoportante interior. 34,57€

 Rehabilitación energética de fachadas y particiones mediante el sistema "URSA IBÉRICA AISLANTES" de aislamiento termoacústico y trasdosado autoportante, colocado en particiones interiores y por el interior de cerramientos verticales, formado por el trasdosado, con placa de yeso laminado A / UNE-EN 520 - 1200 / longitud / 18 / con los bordes longitudinales afinados, atomillada directamente a una estructura autoportante arriostrada; aislamiento con panel de lana mineral, T18R Ursa Terra "URSA IBÉRICA AISLANTES", no revestido, suministrado en rollos de 16,2 m de longitud, de 30 mm de espesor, colocado en el espacio entre el paramento y las maestras; y dos manos de pintura plástica, color blanco, acabado mate, textura lisa, (rendimiento: 0,1 l/m<sup>2</sup> cada mano); previa aplicación de una mano de imprimación a base de copolímeros acrílicos en suspensión acuosa. El precio incluye la resolución de encuentros y puntos singulares y las ayudas de albañilería para instalaciones.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>1 Materiales</b>					
mt12psg041a	m	Banda autoadhesiva desolidarizante de espuma de poliuretano de celdas cerradas, de 3,2 mm de espesor y 30 mm de anchura, resistencia térmica 0,10 m <sup>2</sup> K/W, conductividad térmica 0,032 W/(mK).	0,800	0,19	0,15
mt12pek020fa	Ud	Anclaje directo de 125 mm, para maestra 60/27.	0,700	0,59	0,41
mt12psg220	Ud	Fijación compuesta por taco y tornillo 5x27.	1,600	0,06	0,10
mt16lvp050aa	m <sup>2</sup>	Panel de lana mineral, T18R Ursa Terra "URSA IBÉRICA AISLANTES", no revestido, suministrado en rollos de 16,2 m de longitud, de 30 mm de espesor, resistencia térmica 0,85 m <sup>2</sup> K/W, conductividad térmica 0,036 W/(mK), según UNE-EN 13162. Euroclase A1 de reacción al fuego, con código de designación MW-UNE-EN 13162-T3-MU1-AFr5.	1,050	2,24	2,35
mt16aaa030	m	Cinta autoadhesiva para sellado de juntas.	0,440	0,30	0,13
mt12psg050c	m	Maestra 60/27 de chapa de acero galvanizado, de ancho 60 mm, según UNE-EN 14195.	1,750	1,44	2,52
mt12psg160a	m	Perfil de acero galvanizado, en U, de 30 mm.	1,220	1,26	1,54
mt12psg081a	Ud	Tornillo autoperforante 3,5x9,5 mm.	1,400	0,03	0,04
mt12psg010c	m <sup>2</sup>	Placa de yeso laminado A / UNE-EN 520 - 1200 / longitud / 18 / con los bordes longitudinales afinados.	1,050	8,04	8,44
mt12psg081c	Ud	Tornillo autoperforante 3,5x35 mm.	14,000	0,01	0,14
mt12psg030a	kg	Pasta para juntas, según UNE-EN 13963.	0,300	1,26	0,38
mt12psg040a	m	Cinta de juntas.	1,600	0,03	0,05
mt27pfp010b	l	Imprimación a base de copolímeros acrílicos en suspensión acuosa, para favorecer la cohesión de soportes poco consistentes y la adherencia de pinturas.	0,125	3,30	0,41
mt27pir020a	l	Pintura plástica para interior, a base de copolímeros acrílicos, pigmentos y aditivos especiales, color blanco, acabado mate, de gran resistencia al frote húmedo; para aplicar con brocha, rodillo o pistola.	0,200	4,70	0,94
<b>Subtotal materiales:</b>					<b>17,60</b>
<b>2 Mano de obra</b>					
mo054	h	Oficial 1 <sup>º</sup> montador de aislamientos.	0,118	18,13	2,14
mo101	h	Ayudante montador de aislamientos.	0,069	16,43	1,13
mo053	h	Oficial 1 <sup>º</sup> montador de prefabricados interiores.	0,354	18,13	6,42
mo100	h	Ayudante montador de prefabricados interiores.	0,206	16,43	3,38
mo038	h	Oficial 1 <sup>º</sup> pintor.	0,165	17,54	2,89
mo076	h	Ayudante pintor.	0,020	16,43	0,33
<b>Subtotal mano de obra:</b>					<b>16,29</b>
<b>3 Costes directos complementarios</b>					
	%	Costes directos complementarios	2,000	33,89	0,68
Coste de mantenimiento decenal: 10,92€ en los primeros 10 años.			<b>Costes directos (1+2+3): 34,57</b>		

Ilustración 45: Aislamiento por el interior mediante trasdosado

**10.8. Aislamiento por el exterior**

ZFF100 m<sup>2</sup> Sistema ETICS BAUSATE-I "BAUPANEL SYSTEM" de aislamiento térmico por el exterior de fachada existente. 56,36€

Rehabilitación energética de fachada, mediante aislamiento térmico por el exterior, con el sistema BAUSATE-I "BAUPANEL SYSTEM", con DIT nº 558-R, compuesto por: panel rígido de poliestireno expandido, BPS 40 "BAUPANEL SYSTEM", de color blanco, de forma ondulada, de 40 mm de espesor, armado en una de sus caras con una malla de acero galvanizado de alta resistencia, de 2,5 mm de diámetro y 6,5x13 cm de luz de malla, fijado al soporte con fijaciones mecánicas con taco de expansión de polipropileno; capa de regularización de 20 mm de espesor, de hormigón HA-25/P/4/IIa, proyectado por vía húmeda, acabado maestreado; capa de acabado de mortero acrílico color blanco, sobre imprimación acrílica. El precio incluye la ejecución de remates en los encuentros con paramentos, revestimientos u otros elementos recibidos en su superficie, pero no incluye la preparación de la superficie soporte.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>1 Materiales</b>					
mt16pes010a	m <sup>2</sup>	Panel rígido de poliestireno expandido, BPS 40 "BAUPANEL SYSTEM", de color blanco, de forma ondulada, de 40 mm de espesor, armado en una de sus caras con una malla de acero galvanizado de alta resistencia, de 2,5 mm de diámetro y 6,5x13 cm de luz de malla, según UNE-EN 13163, resistencia térmica 1,08 m <sup>2</sup> K/W, conductividad térmica 0,037 W/(mK), Euroclase E de reacción al fuego. Incluso conectores de acero galvanizado de 3 mm de diámetro.	1,000	8,67	8,67
mt16pep100a	Ud	Taco de expansión de polipropileno de 90 mm de longitud, para fijación de placas aislantes.	6,000	0,20	1,20
mt28mop070b	m	Perfil de esquina de PVC con malla, para refuerzo de cantos.	0,300	1,23	0,37
mt10heb010a	m <sup>2</sup>	Hormigón HA-25/P/4/IIa, acabado maestreado, con fibras de refuerzo de polipropileno de 12 mm de longitud, fabricado en central, para proyectar sobre paneles aislantes "BAUPANEL SYSTEM".	0,020	80,00	1,60
mt28mop320a	kg	Imprimación acrílica compuesta por resinas acrílicas, pigmentos minerales y aditivos orgánicos e inorgánicos, impermeable al agua de lluvia y permeable al vapor de agua, para aplicar con brocha, rodillo o pistola, para regularizar la absorción e incrementar la adherencia de morteros acrílicos.	0,200	3,69	0,74
mt28mop310ma	kg	Mortero acrílico color blanco, compuesto por resinas acrílicas, pigmentos minerales y aditivos orgánicos e inorgánicos, antimoho y antiverdín, permeable al vapor de agua y con resistencia al envejecimiento, a la contaminación urbana y a los rayos UV, para revestimiento de paramentos exteriores.	2,000	3,72	7,44
<b>Subtotal materiales:</b>					<b>20,02</b>
<b>2 Equipo y maquinaria</b>					
mq06gun010	h	Gunitadora de hormigón por vía húmeda 33 kW.	0,109	12,98	1,41
<b>Subtotal equipo y maquinaria:</b>					<b>1,41</b>
<b>3 Mano de obra</b>					
mo054	h	Oficial 1º montador de aislamientos.	0,165	18,13	2,99
mo101	h	Ayudante montador de aislamientos.	0,165	16,43	2,71
mo039	h	Oficial 1º revocador.	0,828	17,54	14,52
mo079	h	Ayudante revocador.	0,828	16,43	13,60
<b>Subtotal mano de obra:</b>					<b>33,82</b>
<b>4 Costes directos complementarios</b>					
	%	Costes directos complementarios	2,000	55,25	1,11
<b>Costes directos (1+2+3+4):</b>					<b>56,36</b>

Ilustración 46: Aislamiento exterior con sistema ETICS

### 10.9. Aislamiento por la cubierta

ZHA010 m<sup>2</sup> Sistema "KNAUF INSULATION" de aislamiento térmico por el exterior en cubierta plana no transitable. 31,74€

Rehabilitación energética de cubierta plana no transitable, mediante la incorporación de aislamiento termoacústico por el exterior de la cubierta, formado por panel de lana mineral natural (LMN), hidrófobo, no revestido, aglomerado con resinas, imputrescible, de alta resistencia a compresión (30 kPa), panel cubierta "KNAUF INSULATION", de 40 mm de espesor, fijado mecánicamente al soporte; capa de protección e impermeabilización monocapa adherida, mediante lámina de betún modificado con elastómero SBS, LBM(SBS)-50/G-FP, con autoprotección mineral.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>1 Materiales</b>					
mt16lki010rda	m <sup>2</sup>	Panel de lana mineral natural (LMN), hidrófobo, no revestido, aglomerado con resinas, imputrescible, de alta resistencia a compresión (30 kPa), panel cubierta "KNAUF INSULATION", de 40 mm de espesor, según UNE-EN 13162, resistencia térmica 1,05 m <sup>2</sup> K/W, conductividad térmica 0,039 W/(mK), Euroclase A1 de reacción al fuego, con código de designación MW-EN 13162-T5-DS(TH)-CS(10)30-WS-WL(P)-TR10-PL(5)500, de aplicación como aislante térmico y acústico en cubiertas Deck	1,050	11,29	11,85
mt16aaa020ag	Ud	Fijación mecánica para paneles aislantes de lana mineral, colocados directamente sobre la superficie soporte.	5,000	0,20	1,00
mt14lga010ea	m <sup>2</sup>	Lámina de betún modificado con elastómero SBS, LBM(SBS)-50/G-FP, de 3,5 mm de espesor, masa nominal 5 kg/m <sup>2</sup> , con armadura de fieltro de poliéster reforzado y estabilizado de 150 g/m <sup>2</sup> , con autoprotección mineral de color rojo. Según UNE-EN 13707.	1,100	8,24	9,06
mt14pap100b	kg	Emulsión asfáltica no iónica, tipo ED según UNE 104231.	1,000	2,42	2,42
<b>Subtotal materiales:</b>					<b>24,33</b>
<b>2 Mano de obra</b>					
mo054	h	Oficial 1º montador de aislamientos.	0,110	18,13	1,99
mo101	h	Ayudante montador de aislamientos.	0,110	16,43	1,81
mo029	h	Oficial 1º aplicador de láminas impermeabilizantes.	0,088	17,54	1,54
mo067	h	Ayudante aplicador de láminas impermeabilizantes.	0,088	16,43	1,45
<b>Subtotal mano de obra:</b>					<b>6,79</b>
<b>3 Costes directos complementarios</b>					
	%	Costes directos complementarios	2,000	31,12	0,62
Coste de mantenimiento decenal: 2,13€ en los primeros 10 años.			<b>Costes directos (1+2+3):</b>		<b>31,74</b>

Ilustración 47: Aislamiento de la cubierta por el exterior

### 10.10 Fancoil

ICF040 Ud Fancoil vertical de suelo, sistema de dos tubos.

487,84€

Fancoil vertical, modelo RFR 1 MV "YORK", sistema de dos tubos, potencia frigorífica total nominal de 0,88 kW (temperatura húmeda de entrada del aire: 19°C; temperatura de entrada del agua: 7°C, salto térmico: 5°C), potencia calorífica nominal de 1,2 kW (temperatura de entrada del aire: 20°C; temperatura de entrada del agua: 50°C), con válvula de tres vías con bypass (4 vías), "HIDROFIVE".

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>1 Materiales</b>					
mt42fr200yb	Ud	Fancoil vertical, modelo RFR 1 MV "YORK", sistema de dos tubos, potencia frigorífica total nominal de 0,88 kW (temperatura húmeda de entrada del aire: 19°C; temperatura de entrada del agua: 7°C, salto térmico: 5°C), potencia calorífica nominal de 1,2 kW (temperatura de entrada del aire: 20°C; temperatura de entrada del agua: 50°C), de 3 velocidades, caudal de agua nominal de 0,151 m³/h, caudal de aire nominal de 180 m³/h y potencia sonora nominal de 42 dBA.	1,000	282,00	282,00
mt42vsi010Ga	Ud	Válvula de tres vías con bypass (4 vías), modelo VMP47.10-0,63, "HIDROFIVE", con actuador STP71HDF; incluso conexiones.	1,000	108,00	108,00
mt37sve010b	Ud	Válvula de esfera de latón niquelado para roscar de 1/2".	2,000	4,13	8,26
<b>Subtotal materiales:</b>					<b>398,26</b>
<b>2 Mano de obra</b>					
mo005	h	Oficial 1ª instalador de climatización.	2,317	18,13	42,01
mo104	h	Ayudante instalador de climatización.	2,317	16,40	38,00
<b>Subtotal mano de obra:</b>					<b>80,01</b>
<b>3 Costes directos complementarios</b>					
	%	Costes directos complementarios	2,000	478,27	9,57
Coste de mantenimiento decenal: 136,60€ en los primeros 10 años.			<b>Costes directos (1+2+3):</b>		<b>487,84</b>

Ilustración 49: Fancoil vertical de suelo de 0,9kW

ICF040 Ud Fancoil vertical de suelo, sistema de dos tubos.

607,63€

Fancoil vertical, modelo RFR 3 MV "YORK", sistema de dos tubos, potencia frigorífica total nominal de 2 kW (temperatura húmeda de entrada del aire: 19°C; temperatura de entrada del agua: 7°C, salto térmico: 5°C), potencia calorífica nominal de 2,6 kW (temperatura de entrada del aire: 20°C; temperatura de entrada del agua: 50°C), con válvula de tres vías con bypass (4 vías), "HIDROFIVE".

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>1 Materiales</b>					
mt42fr200Ab	Ud	Fancoil vertical, modelo RFR 3 MV "YORK", sistema de dos tubos, potencia frigorífica total nominal de 2 kW (temperatura húmeda de entrada del aire: 19°C; temperatura de entrada del agua: 7°C, salto térmico: 5°C), potencia calorífica nominal de 2,6 kW (temperatura de entrada del aire: 20°C; temperatura de entrada del agua: 50°C), de 3 velocidades, caudal de agua nominal de 0,344 m³/h, caudal de aire nominal de 360 m³/h y potencia sonora nominal de 43 dBA.	1,000	341,00	341,00
mt42vsi010Gc	Ud	Válvula de tres vías con bypass (4 vías), modelo VMP47.10-1,6, "HIDROFIVE", con actuador STP71HDF; incluso conexiones.	1,000	108,00	108,00
mt37sve010b	Ud	Válvula de esfera de latón niquelado para roscar de 1/2".	2,000	4,13	8,26
<b>Subtotal materiales:</b>					<b>457,26</b>
<b>2 Mano de obra</b>					
mo005	h	Oficial 1ª instalador de climatización.	4,010	18,13	72,70
mo104	h	Ayudante instalador de climatización.	4,010	16,40	65,76
<b>Subtotal mano de obra:</b>					<b>138,46</b>
<b>3 Costes directos complementarios</b>					
	%	Costes directos complementarios	2,000	595,72	11,91
Coste de mantenimiento decenal: 170,14€ en los primeros 10 años.			<b>Costes directos (1+2+3):</b>		<b>607,63</b>

Ilustración 48: Fancoil vertical de suelo de 2kW





# **DOCUMENTO 2:**

## **PRESUPUESTO**

## 1. Introducción

Uno de los objetivos del TFG es valorar económicamente el trabajo realizado, por ello es necesario realizar un presupuesto de este. Este presupuesto se va a dividir en los siguientes apartados:

- Presupuesto del proyecto.
- Presupuesto de las medidas de mejora.
- Presupuesto del sistema de climatización.
- Presupuesto final.

Todos los precios son sin IVA, excepto en el caso de las bombillas LED de *Efectoled*.

## 2. Presupuesto del proyecto

Este presupuesto viene definido por la mano de obra del ingeniero y el coste del material utilizado para su desarrollo.

### 2.1. Mano obra ingeniero

Se calcula este presupuesto como el equivalente de 12 créditos, lo que corresponde a 300 horas efectivas.

<i>Cantidad</i>	<i>Unidad</i>	<i>Concepto</i>	<i>Precio por unidad</i>	<i>Importe</i>
<b>300</b>	Hora	<i>Mano obra ingeniero</i>	19 €/h	<b>5.700,00 €</b>

*Tabla 67: Presupuesto mano obra ingeniero*

### 2.2. Coste material utilizado

En cuanto al material utilizado, se ha aproximado el consumo del ordenador a 75 kWh. Se ha utilizado tanto para llevar a cabo las simulaciones como para redactar.

<i>Cantidad</i>	<i>Unidad</i>	<i>Concepto</i>	<i>Precio por unidad</i>	<i>Importe</i>
<b>75</b>	kWh	<i>Consumo luz ordenador durante 300horas</i>	0,11821	<b>8,87 €</b>

*Tabla 68: Presupuesto del material utilizado*

Por lo tanto, el presupuesto necesario para el desarrollo del proyecto es el siguiente:

<i>Cantidad</i>	<i>Unidad</i>	<i>Concepto</i>	<i>Precio por unidad</i>	<i>Importe</i>
<b>300</b>	Hora	<i>Mano obra ingeniero</i>	19 €/h	<b>5.700,00 €</b>
<b>75</b>	kWh	<i>Consumo luz ordenador durante 300horas</i>	0,11821	<b>8,87 €</b>
				<b>5.708,87 €</b>

*Tabla 69: Presupuesto del proyecto*

### 3. Presupuesto de las medidas de mejora

En este apartado se va a llevar a cabo el despliegue económico de cada una de las mejoras llevadas a cabo.

#### 3.1. Sustitución bombillas

Este presupuesto viene definido por los costes de la página de *Efectoled*. El cambio de bombillas no es una tarea muy difícil, por lo que se considera que los propios ocupantes la llevarán a cabo.

<i>Cantidad</i>	<i>Unidad</i>	<i>Concepto</i>	<i>Precio por unidad</i>	<i>Importe</i>
14	Ud	Bombilla LED G9 3W, 300 lm	1,95 €	27,30 €
2	Ud	Bombilla LED E27 A60 5W, 509 lm	0,99 €	1,98 €
3	Ud	Bombilla LED E27 A60 7W, 603 lm	1,29 €	3,87 €
3	Ud	Bombilla LED G24 Frost 7W, 700 lm	6,95 €	20,85 €
2	Ud	Bombilla LED E27 A60 10W, 999 lm	1,49 €	2,98 €
2	Ud	Bombilla LED E27 A60 12W, 1129 lm	1,89 €	3,78 €
2	Ud	Bombilla LED E27 G95 15W, 1400 lm	3,95 €	7,90 €
				<b>68,66 €</b>

Tabla 70: Presupuesto de la sustitución de bombillas

#### 3.2. Sustitución acristalamiento

El coste de esta medida proviene de la página web *Generador de precios de la construcción en España de CYPE Ingenieros*. La mano de obra está incluida.

<i>Cantidad</i>	<i>Unidad</i>	<i>Concepto</i>	<i>Precio por unidad</i>	<i>Importe</i>
38,53	m2	Doble acristalamiento SGG CLIMALIT PLUS "SAINT GOBAIN", conjunto formado por vidrio exterior PLANITHERM 4S de 4 mm, con capa de control solar y baja emisividad térmica incorporada en la cara interior, cámara de gas deshidratada con perfil separador de aluminio y doble sellado perimetral, de 16 mm, rellena de gas argón y vidrio interior PLANICLEAR de 4 mm de espesor; 24 mm de espesor total.	71,22 €	2.744,31 €
22,22	Ud	Cartucho de 310 ml de silicona sintética incolora Elastosil WS-305-N "SIKA" (rendimiento aproximado de 12 m por cartucho).	2,47 €	54,87 €
38,30	Ud	Material auxiliar para la colocación de vidrios.	1,26 €	48,26 €
14,94	h	Oficial 1ª cristalero	18,94 €	282,93 €
14,94	h	Ayudante cristalero	17,74 €	265,00 €
2,00	%	Costes directos complementarios	3.395,37 €	67,91 €
				<b>3.463,28 €</b>

Tabla 71: Presupuesto de la sustitución del acristalamiento

### 3.3. Sustitución toldos

El coste de esta medida proviene de la página web *Generador de precios de la construcción en España de CYPE Ingenieros*. El coste de los toldos se ha desplegado por toldo y, posteriormente, se obtiene el precio total de ellos. La mano de obra va incluida en cada uno de ellos. El presupuesto de los toldos de la terraza es el siguiente:

<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Concepto</b>	<b>Precio por unidad</b>	<b>Importe</b>
<b>2</b>	Ud	<i>Toldo estor, de 3500 mm de línea y 3400 mm de salida, de lona acrílica, con herrajes y accesorios de fijación.</i>	424,15 €	<b>848,30 €</b>
<b>2</b>	Ud	<i>Manivela para accionamiento manual de toldos.</i>	20,00 €	<b>40,00 €</b>
<b>2,32</b>	h	<i>Oficial 1ª montador</i>	18,13 €	<b>42,06 €</b>
<b>2,32</b>	h	<i>Ayudante montador</i>	16,43 €	<b>38,12 €</b>
<b>2</b>	%	<i>Costes directos complementarios</i>	484,24 €	<b>19,37 €</b>
				<b>987,85 €</b>

*Tabla 72: Presupuesto de la sustitución de los toldos de la terraza*

El presupuesto del toldo de la ventana grande es el siguiente:

<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Concepto</b>	<b>Precio por unidad</b>	<b>Importe</b>
<b>1</b>	Ud	<i>Toldo estor, de 2500 mm de línea y 1900 mm de salida, de lona acrílica, con herrajes y accesorios de fijación.</i>	314,23 €	<b>314,23 €</b>
<b>1</b>	Ud	<i>Manivela para accionamiento manual de toldos.</i>	20,00 €	<b>20,00 €</b>
<b>1,16</b>	h	<i>Oficial 1ª montador</i>	18,13 €	<b>21,03 €</b>
<b>1,16</b>	h	<i>Ayudante montador</i>	16,43 €	<b>19,06 €</b>
<b>2</b>	%	<i>Costes directos complementarios</i>	374,32 €	<b>7,49 €</b>
				<b>381,81 €</b>

*Tabla 73: Presupuesto de la sustitución del toldo de la ventana grande*

El presupuesto del toldo de la ventana pequeña es el siguiente:

<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Concepto</b>	<b>Precio por unidad</b>	<b>Importe</b>
<b>1</b>	Ud	<i>Toldo estor, de 2000 mm de línea y 1900 mm de salida, de lona acrílica, con herrajes y accesorios de fijación.</i>	283,42 €	<b>283,42 €</b>
<b>1</b>	Ud	<i>Manivela para accionamiento manual de toldos.</i>	20,00 €	<b>20,00 €</b>
<b>1,16</b>	h	<i>Oficial 1ª montador</i>	18,13 €	<b>21,03 €</b>
<b>1,16</b>	h	<i>Ayudante montador</i>	16,43 €	<b>19,06 €</b>
<b>2</b>	%	<i>Costes directos complementarios</i>	343,51 €	<b>6,87 €</b>
				<b>350,38 €</b>

*Tabla 74: Presupuesto de la sustitución del toldo de la ventana pequeña*

El presupuesto del toldo del balcón es el siguiente:

<i>Cantidad</i>	<i>Unidad</i>	<i>Concepto</i>	<i>Precio por unidad</i>	<i>Importe</i>
<b>1</b>	Ud	<i>Toldo estor, de 2500 mm de línea y 2400 mm de salida, de lona acrílica, con herrajes y accesorios de fijación.</i>	325,73 €	<b>325,73 €</b>
<b>1</b>	Ud	<i>Manivela para accionamiento manual de toldos.</i>	20,00 €	<b>20,00 €</b>
<b>1,16</b>	h	<i>Oficial 1ª montador</i>	18,13 €	<b>21,03 €</b>
<b>1,16</b>	h	<i>Ayudante montador</i>	16,43 €	<b>19,06 €</b>
<b>2</b>	%	<i>Costes directos complementarios</i>	385,82 €	<b>7,72 €</b>
				<b>393,54 €</b>

*Tabla 75: Presupuesto de la sustitución del toldo del balcón*

Por lo que el coste total de los toldos será:

<i>Cantidad</i>	<i>Unidad</i>	<i>Concepto</i>	<i>Importe</i>
<b>1</b>	Ud	<i>2 toldos estor, de 3500 mm de línea, 3400 mm de salida, lona acrílica</i>	<b>987,85 €</b>
<b>1</b>	Ud	<i>1 toldo estor, de 2500 mm de línea, 1900 mm de salida, lona acrílica</i>	<b>381,81 €</b>
<b>1</b>	Ud	<i>1 toldo estor, de 2500 mm de línea, 2400 mm de salida, lona acrílica</i>	<b>350,38 €</b>
<b>1</b>	Ud	<i>1 toldo estor, de 2500 mm de línea, 2400 mm de salida, lona acrílica</i>	<b>393,54 €</b>
			<b>2.113,57 €</b>

*Tabla 76: Presupuesto final de la sustitución de los toldos*

### 3.4. Aislante fachada por el interior

Este presupuesto también proviene de la página web *Generador de precios de la construcción en España de CYPE Ingenieros*. A continuación, se puede observar un despliegue muy amplio de todos los materiales que se van a necesitar. Además, está incluida la mano de obra necesaria.

<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Concepto</b>	<b>Precio por unidad</b>	<b>Importe</b>
<b>67,74</b>	m	<i>Banda autoadhesiva desolidarizante de espuma de poliuretano de celdas cerradas, de 3,2 mm de espesor y 30 mm de anchura, resistencia térmica 0,10 m<sup>2</sup>K/W, conductividad térmica 0,032 W/(mK)</i>	0,19 €	<b>12,87 €</b>
<b>59,28</b>	Ud	<i>Anclaje directo de 125 mm, para maestra 60/27.</i>	0,59 €	<b>34,97 €</b>
<b>135,49</b>	Ud	<i>Fijación compuesta por taco y tornillo 5x27.</i>	0,06 €	<b>8,13 €</b>
<b>88,91</b>	m2	<i>Panel de lana mineral, T18R Ursa Terra "URSA IBÉRICA AISLANTES", no revestido, suministrado en rollos de 16,2 m de longitud, de 30 mm de espesor, resistencia térmica 0,85 m<sup>2</sup>K/W, conductividad térmica 0,036 W/(mK), según UNE-EN 13162, Euroclase A1 de reacción al fuego, con código de designación MW-UNE-EN 13162-T3-MU1-AFr5.</i>	2,24 €	<b>199,17 €</b>
<b>37,26</b>	m	<i>Cinta autoadhesiva para sellado de juntas</i>	0,30 €	<b>11,18 €</b>
<b>148,19</b>	m	<i>Maestra 60/27 de chapa de acero galvanizado, de ancho 60 mm, según UNE-EN 14195.</i>	1,44 €	<b>213,39 €</b>
<b>103,31</b>	m	<i>Perfil de acero galvanizado, en U, de 30 mm.</i>	1,26 €	<b>130,17 €</b>
<b>118,55</b>	Ud	<i>Tornillo autoperforante 3,5x9,5 mm.</i>	0,03 €	<b>3,56 €</b>
<b>88,91</b>	m2	<i>Placa de yeso laminado A / UNE-EN 520 - 1200 / longitud / 18 / con los bordes longitudinales afinados.</i>	8,04 €	<b>714,87 €</b>
<b>1185,52</b>	Ud	<i>Tornillo autoperforante 3,5x35 mm.</i>	0,01 €	<b>11,86 €</b>
<b>25,40</b>	kg	<i>Pasta para juntas, según UNE-EN 13963.</i>	1,26 €	<b>32,01 €</b>
<b>135,49</b>	m	<i>Cinta de juntas</i>	0,03 €	<b>4,06 €</b>
<b>10,59</b>	l	<i>Imprimación a base de copolímeros acrílicos en suspensión acuosa, para favorecer la cohesión de soportes poco consistentes y la adherencia de pinturas.</i>	3,30 €	<b>34,93 €</b>
<b>16,94</b>	l	<i>Pintura plástica para interior, a base de copolímeros acrílicos, pigmentos y aditivos especiales, color blanco, acabado mate, de gran resistencia al frote húmedo; para aplicar con brocha, rodillo o pistola.</i>	4,70 €	<b>79,60 €</b>
<b>9,99</b>	h	<i>Oficial 1ª montador de aislamientos.</i>	18,13 €	<b>181,16 €</b>
<b>5,84</b>	h	<i>Ayudante montador de aislamientos.</i>	16,43 €	<b>96,00 €</b>
<b>29,98</b>	h	<i>Oficial 1ª montador de prefabricados interiores.</i>	18,13 €	<b>543,48 €</b>
<b>17,44</b>	h	<i>Ayudante montador de prefabricados interiores</i>	16,43 €	<b>286,61 €</b>
<b>13,97</b>	h	<i>Oficial 1ª pintor.</i>	17,54 €	<b>245,07 €</b>
<b>1,69</b>	h	<i>Ayudante pintor.</i>	16,43 €	<b>27,83 €</b>
<b>2,00</b>	%	<i>Costes directos complementarios</i>	2.870,91 €	<b>57,42 €</b>
				<b>2.928,33 €</b>

Tabla 77: Presupuesto del aumento de aislamiento por el interior mediante trasdosado

### 3.5. Aislante fachada por el exterior

Este presupuesto está definido en la página web *Generador de precios de la construcción en España de CYPE Ingenieros*. Mano de obra incluida.

<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Concepto</b>	<b>Precio por unidad</b>	<b>Importe</b>
<b>57,33</b>	m2	Panel rígido de poliestireno expandido, BPS 40 "BAUPANEL SYSTEM", de color blanco, de forma ondulada, de 40 mm de espesor, armado en una de sus caras con una malla de acero galvanizado de alta resistencia, de 2,5 mm de diámetro y 6,5x13 cm de luz de malla, según UNE-EN 13163, resistencia térmica 1,08 m <sup>2</sup> K/W, conductividad térmica 0,037 W/(mK), Euroclase E de reacción al fuego. Incluso conectores de acero galvanizado de 3 mm de diámetro.	8,67 €	<b>497,05 €</b>
<b>343,98</b>	Ud	Taco de expansión de polipropileno de 90 mm de longitud, para fijación de placas aislantes.	0,20 €	<b>68,80 €</b>
<b>17,19</b>	m2	Perfil de esquina de PVC con malla, para refuerzo de cantos.	1,23 €	<b>21,15 €</b>
<b>1,146</b>	m3	Hormigón HA-25/P/4/IIa, acabado maestreado, con fibras de refuerzo de polipropileno de 12 mm de longitud, fabricado en central, para proyectar sobre paneles aislantes "BAUPANEL SYSTEM".	80,00 €	<b>91,73 €</b>
<b>11,46</b>	kg	Imprimación acrílica compuesta por resinas acrílicas, pigmentos minerales y aditivos orgánicos e inorgánicos, impermeable al agua de lluvia y permeable al vapor de agua, para aplicar con brocha, rodillo o pistola, para regularizar la absorción e incrementar la adherencia de morteros acrílicos.	3,69 €	<b>42,31 €</b>
<b>114,6</b>	kg	Mortero acrílico color blanco, compuesto por resinas acrílicas, pigmentos minerales y aditivos orgánicos e inorgánicos, antimoho y antiverdín, permeable al vapor de agua y con resistencia al envejecimiento, a la contaminación urbana y a los rayos UV, para revestimiento de paramentos exteriores.	3,72 €	<b>426,54 €</b>
<b>6,24</b>	h	Gunitadora de hormigón por vía húmeda 33 kW.	12,98	<b>81,11 €</b>
<b>9,45</b>	h	Oficial 1ª montador de aislamientos.	18,13	<b>171,50 €</b>
<b>9,45</b>	h	Ayudante montador de aislamientos	16,43	<b>155,42 €</b>
<b>47,46</b>	h	Oficial 1ª revocador.	17,54	<b>832,61 €</b>
<b>47,46</b>	h	Ayudante revocador.	16,43	<b>779,92 €</b>
<b>114,66</b>	%	Costes directos complementarios	3.168,13 €	<b>63,36 €</b>
				<b>3.231,50 €</b>

Tabla 78: Presupuesto del aumento del aislamiento por exterior (ETICS)



### 3.6. Aislante cubierta por el exterior

El coste de esta medida está definido en la página web *Generador de precios de la construcción en España de CYPE Ingenieros*. La mano de obra está incluida.

<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Concepto</b>	<b>Precio por unidad</b>	<b>Importe</b>
<b>88,94</b>	m2	<i>Panel de lana mineral natural (LMN), hidrófobo, no revestido, aglomerado con resinas, imputrescible, de alta resistencia a compresión (30 kPa), panel cubierta "KNAUF INSULATION", de 40 mm de espesor, según UNE-EN 13162, resistencia térmica 1,05 m<sup>2</sup>K/W, conductividad térmica 0,039 W/(mK), Euroclase A1 de reacción al fuego, con código de designación MW-EN 13162-T5-DS(TH)-CS(10)30-WS-WL(P)-TR10-PL(5)500, de aplicación como aislante térmico y acústico en cubiertas Deck</i>	11,29 €	<b>1.004,08 €</b>
<b>423,50</b>	Ud	<i>Fijación mecánica para paneles aislantes de lana mineral, colocados directamente sobre la superficie soporte.</i>	0,20 €	<b>84,70 €</b>
<b>93,17</b>	m2	<i>Lámina de betún modificado con elastómero SBS, LBM(SBS)-50/G-FP, de 3,5 mm de espesor, masa nominal 5 kg/m<sup>2</sup>, con armadura de fieltro de poliéster reforzado y estabilizado de 150 g/m<sup>2</sup>, con autoprotección mineral de color rojo. Según UNE-EN 13707.</i>	8,24 €	<b>767,72 €</b>
<b>84,70</b>	kg	<i>Emulsión asfáltica no iónica, tipo ED según UNE 104231.</i>	2,42 €	<b>204,97 €</b>
<b>9,32</b>	h	<i>Oficial 1ª montador de aislamientos.</i>	18,13 €	<b>168,92 €</b>
<b>9,32</b>	h	<i>Ayudante montador de aislamientos.</i>	16,43 €	<b>153,08 €</b>
<b>7,45</b>	h	<i>Oficial 1ª aplicador de láminas impermeabilizantes.</i>	17,54 €	<b>130,74 €</b>
<b>7,45</b>	h	<i>Ayudante aplicador de láminas impermeabilizantes.</i>	16,43 €	<b>122,46 €</b>
<b>2,00</b>	%	<i>Costes directos complementarios</i>	2.636,67 €	<b>52,73 €</b>
				<b>2.689,40 €</b>

*Tabla 79: Presupuesto del aislamiento de la cubierta por el exterior*

### 3.7. Todas las medidas

En este apartado se calcula el precio final de todas las medidas que se aplican de manera conjunta, utilizando los valores calculados en apartados anteriores.

<i>Cantidad</i>	<i>Unidad</i>	<i>Concepto</i>	<i>Precio por unidad</i>	<i>Importe</i>
1	Ud	Sustitución bombillas	68,66 €	68,66 €
1	Ud	Sustitución acristalamiento	3.463,28 €	3.463,28 €
1	Ud	Sustitución toldos	2.113,57 €	2.113,57 €
1	Ud	Aislamiento fachada interior	2.928,33 €	2.928,33 €
1	Ud	Aislamiento fachada exterior	3.231,50 €	3.231,50 €
1	Ud	Aislamiento cubierta exterior	2.689,40 €	2.689,40 €
				<b>14.494,74 €</b>

Tabla 80: Presupuesto todas las medidas

#### 4. Presupuesto climatización

A continuación, se va a llevar a cabo el despliegue económico del sistema de climatización, los fancoils. Estos precios provienen de la página web *Generador de precios de la construcción en España de CYPE Ingenieros*. Como son dos modelos diferentes, se calculará su precio por separado y luego se calculará el coste total.

Por lo tanto, aquí se encuentra el presupuesto de los 6 fancoils de menor potencia:

<i>Cantidad</i>	<i>Unidad</i>	<i>Concepto</i>	<i>Precio por unidad</i>	<i>Importe</i>
6	Ud	Fancoil vertical, modelo RFR 1 MV "YORK", sistema de dos tubos, potencia frigorífica total nominal de 0,88 kW (temperatura húmeda de entrada del aire: 19°C; temperatura de entrada del agua: 7°C, salto térmico: 5°C), potencia calorífica nominal de 1,2 kW (temperatura de entrada del aire: 20°C; temperatura de entrada del agua: 50°C), de 3 velocidades, caudal de agua nominal de 0,151 m <sup>3</sup> /h, caudal de aire nominal de 180 m <sup>3</sup> /h y potencia sonora nominal de 42 dBA	282,00 €	1.692,00 €
6	Ud	Válvula de tres vías con bypass (4 vías), modelo VMP47.10-0,63, "HIDROFIVE", con actuador STP71HDF; incluso conexiones.	108,00 €	648,00 €
12	Ud	Válvula de esfera de latón niquelado para roscar de 1/2".	4,13 €	49,56 €
13,902	h	Oficial 1ª instalador de climatización.	18,13 €	252,04 €
13,902	h	Ayudante instalador de climatización.	16,40 €	227,99 €
2	%	Costes directos complementarios	478,27 €	57,39 €
				<b>2.926,99 €</b>

Tabla 81: Presupuesto de los 6 fancoils de 0,9 kW

Y aquí el presupuesto del de mayor potencia:

<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Concepto</b>	<b>Precio por unidad</b>	<b>Importe</b>
<b>1</b>	Ud	<i>Fancoil vertical, modelo RFR 3 MV "YORK", sistema de dos tubos, potencia frigorífica total nominal de 2 kW (temperatura húmeda de entrada del aire: 19°C; temperatura de entrada del agua: 7°C, salto térmico: 5°C), potencia calorífica nominal de 2,6 kW (temperatura de entrada del aire: 20°C; temperatura de entrada del agua: 50°C), de 3 velocidades, caudal de agua nominal de 0,344 m<sup>3</sup>/h, caudal de aire nominal de 360 m<sup>3</sup>/h y potencia sonora nominal de 43 dBA.</i>	341,00 €	<b>341,00 €</b>
<b>1</b>	Ud	<i>Válvula de tres vías con bypass (4 vías), modelo VMP47.10-0,63, "HIDROFIVE", con actuador STP71HDF; incluso conexiones.</i>	108,00 €	<b>108,00 €</b>
<b>2</b>	Ud	<i>Válvula de esfera de latón niquelado para roscar de 1/2".</i>	4,13 €	<b>8,26 €</b>
<b>2,317</b>	h	<i>Oficial 1ª instalador de climatización.</i>	18,13 €	<b>72,70 €</b>
<b>2,317</b>	h	<i>Ayudante instalador de climatización.</i>	16,40 €	<b>65,76 €</b>
<b>2</b>	%	<i>Costes directos complementarios</i>	595,72 €	<b>11,91 €</b>
				<b>607,64 €</b>

*Tabla 82: Presupuesto del fancoil de 2 kW*

Por lo que el presupuesto total del sistema de climatización es de:

<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Concepto</b>	<b>Precio por unidad</b>	<b>Importe</b>
<b>1</b>	Ud	<i>6 Fancoils verticales modelo RFR 0,9 kW</i>	2.926,99 €	<b>2.926,99 €</b>
<b>1</b>	Ud	<i>1 Fancoil vertical modelo RFR 2 kW</i>	607,64 €	<b>607,64 €</b>
				<b>3.534,63 €</b>

*Tabla 83: Presupuesto final del sistema de climatización mediante fancoils*

### 5. Presupuesto final

Por lo tanto, al sumar los presupuestos de todos los apartados anteriores se obtiene el presupuesto final:

<i>Cantidad</i>	<i>Unidad</i>	<i>Concepto</i>	<i>Precio por unidad</i>	<i>Importe</i>
<b>1</b>	Ud	<i>Proyecto</i>	5.708,87 €	<b>5.708,87 €</b>
<b>1</b>	Ud	<i>Medidas de mejora</i>	14.494,74 €	<b>14.494,74 €</b>
<b>1</b>	Ud	<i>Sistema climatización</i>	3.534,63 €	<b>3.534,63 €</b>
				<b>23.738,24 €</b>

*Tabla 84: Presupuesto final del trabajo*

El presupuesto final del trabajo asciende a:

VEINTITRÉS MIL SETECIENTOS TREINTA Y OCHO EUROS con VEINTICUATRO CÉNTIMOS.



# **DOCUMENTO 3:**

## **PLANOS**



