



Escola Politècnica Superior  
d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

# PROJECTE FI DE CARRERA

**TÍTOL: AUDITORIA ENERGÈTICA Y APLICACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÈTICA EN UN EDIFICIO DE OFICINAS SITUADO EN BARCELONA**

**AUTOR: ESTANISLAO D. NAVARRO-BELTRÁN VIÑUALES**

**TITULACIÓ: ENGINYERIA TÈCNICA INDUSTRIAL,  
ESPECIALITAT DE MECÀNICA -340ETIM 95**

**DIRECTOR: JOAN SANGRÀ MAS**

**DEPARTAMENT: 717, EXPRESSIÓ GRÀFICA A L'ENGINYERIA**

**TÍTOL: AUDITORIA ENERGÉTICA Y APLICACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA  
EN UN EDIFICIO DE OFICINAS SITUADO EN BARCELONA**

**COGNOMS: NAVARRO-BELTRÁN VIÑUALES      NOM: ESTANISLAO D.**

**TITULACIÓ: ENGINYERIA TÈCNICA INDUSTRIAL,**

**ESPECIALITAT: ESPECIALITAT DE MECÀNICA -340ETIM PLA: 95**

**DIRECTOR: JOAN SANGRÀ MAS**

**DEPARTAMENT: 717, EXPRESSIÓ GRÀFICA A L'ENGINYERIA**

**QUALIFICACIÓ DEL PFC**

**TRIBUNAL M2**

**PRESIDENT**

**VICTORIA  
ISMAEL BIOSCA**

**SECRETARI**

**JUAN  
SOLE ROVIRA**

**VOCAL**

**JORDI  
ORTIZ DOMÈNECH**

**DATA DE LECTURA:**

Aquest Projecte té en compte aspectes mediambientals:  Sí  No

## PROJECTE FI DE CARRERA

### RESUM (màxim 50 línies)

#### **Objetivos generales:**

Realizar un análisis exhaustivo del uso de la energía en un edificio, para comprender como se emplea, identificando las áreas en las cuales es posible hacer mejoras en pro de un uso eficiente de la energía.

#### **Objetivos específicos:**

Estudio del consumo energético que se realiza en el edificio, cómo, dónde y con qué fin se usa dicha energía.

Determinación del límite en la demanda del edificio sin afectar al confort y bienestar de los ocupantes.

Evaluar las posibles mejoras en las instalaciones en base a un ahorro del gasto energético.

#### **Descripción y Programación Temporal del Trabajo a Realizar**

Recopilación de información técnica y normativa relacionada con las exigencias básicas de ahorro de energía (HE) según el CTE.

Realizar un levantamiento de datos que permita describir su funcionamiento y su estado actual.

Determinar y calcular coeficientes significativos con el fin de establecer su eficiencia energética en los ejes principales de mejoras energéticas en un edificio como son:

La envolvente del edificio (muros, ventanas, cubiertas y soleras) y su transmisión térmica.

Los sistemas o aparatos que consumen recursos energéticos (sistemas de climatización, de luz, alumbrado y fuerza) y de agua caliente sanitaria (ACS).

La gestión energética del edificio, que es la suma de medidas tomadas para un uso eficiente de la energía, manteniendo los niveles de confort (comportamientos ocupantes, ocupación del edificio, aportaciones solares).

Analizar y comparar los resultados obtenidos con la idea de encontrar mejoras posibles.

Realización del presupuesto, estudio de la viabilidad y amortización económica.

Realización de la memoria, anexos y planos.

**Paraules clau (màxim 10):**

ENERGÍA	CONSUMO	DEMANDA	CONFORT
EFICIENCIA	ENVOLVENTE	GESTIÓN	AHORRO

# ÍNDICE

1 Prefacio.....	- 4 -
2 Introducción.....	- 7 -
2.1 Objetivo del proyecto.....	- 7 -
2.2 Levantamiento de datos: Factores previos a considerar en una auditoria energética.....	- 7 -
3 Datos técnicos del edificio.....	- 8 -
3.1 Envoltente térmica.....	- 9 -
3.1.1 Cerramientos con el exterior: Muros exteriores o fachadas .....	- 9 -
3.1.2 Cerramientos con el exterior: Cubierta .....	- 10 -
3.1.3 Cerramientos con el exterior: Suelos o forjados .....	- 11 -
3.1.4 Cerramientos con el exterior: Puertas y ventanas .....	- 12 -
3.2 Análisis .....	- 13 -
3.2.1 CTE Documento Básico HE Ahorro de energía .....	- 13 -
3.2.1.1 La opción simplificada .....	- 14 -
3.2.1.1.1 Determinación de la zona climática .....	- 14 -
3.2.1.1.2 Clasificación de los espacios del edificio .....	- 15 -
3.2.1.1.3 Definición de la envoltente térmica y cerramientos objeto .....	- 16 -
3.2.1.1.4 Cálculo de las transmitancias térmicas de los elementos constructivos de la envoltente del edificio-.....	- 16 -
3.2.1.1.5 Transmitancia térmica de los muros de fachada .....	- 18 -
3.2.1.1.6 Transmitancia térmica de la cubierta .....	- 20 -
3.2.1.1.7 Transmitancia térmica del suelo en contacto con el aire exterior- .....	- 21 -
3.2.1.1.8 Suelos en contacto con el terreno .....	- 22 -
3.2.1.1.9 Puentes térmicos .....	- 23 -
3.2.1.1.10 Puentes térmicos de contorno de huecos .....	- 23 -
3.2.1.1.11 Puentes térmicos de pilares de fachada .....	- 24 -
3.2.1.1.12 Transmitancia térmica de huecos .....	- 25 -
3.2.1.1.13 Factor solar modificado de huecos y lucernarios .....	- 27 -

3.3	Comparación de los parámetros característicos medios con los valores límite.....	30 -
3.4	Opción general .....	32 -
3.5	Diagnosís .....	34 -
3.6	Levantamiento de datos .....	36 -
3.6.1	Inventario .....	36 -
4	Los consumos eléctricos del edificio .....	59 -
4.1	Iluminación y fuerza .....	59 -
4.1.1	Análisis .....	60 -
4.1.2	Síntesis de iluminación .....	66 -
4.2	Consumos por iluminación .....	67 -
4.3	Consumos por Fuerza .....	70 -
4.3.1	Consumos totales de iluminación y fuerza .....	74 -
4.3.2	Diagnosís iluminación y fuerza .....	75 -
5	La Climatización .....	79 -
5.1	Descripción - .....	79 -
5.2	Síntesis - .....	79 -
5.2.1	Principios teóricos de las bombas de calor - .....	79 -
5.2.2	Determinación de los consumos energéticos debidos a la climatización .....	81 -
5.2.3	Calculo demanda energética edificio - .....	82 -
5.2.4	Transmisión térmica .....	83 -
5.2.5	Ventilación y renovación de aire .....	85 -
5.2.6	Calculo de las ganancias solares .....	86 -
5.2.7	Cálculo de Qs .....	89 -
5.2.8	Detalle del cálculo de las ganancias internas .....	103 -
5.2.8.1	La iluminación y los aparatos eléctricos .....	103 -
5.3	Detalle del cálculo de la demanda energética .....	113 -
5.4	Cálculos de los consumos eléctricos debidos a la climatización.....	128 -
5.5	Diagnosís .....	144 -

6	Cálculo de los consumos de electricidad del edificio.....	- 145 -
6.1	Comparativa Consumos reales y consumos teóricos.....	- 146 -
7	Resultados del estudio de las propuestas de mejoras posibles .....	- 147 -
7.1	Resumen de las mejoras propuestas y sus ahorros generados.....	- 147-
7.1.1	Parte semitransparente .....	- 148 -
7.1.2	Muros de Fachada.....	- 149 -
7.1.3	Cubierta.....	- 149 -
7.1.4	Suelo contacto aire exterior .....	- 150 -
7.1.5	Suelo contacto terreno.....	- 151 -
7.1.6	Iluminación .....	- 152 -
7.1.7	Fuerza .....	- 157 -
7.1.8	Climatización.....	- 157 -
7.2	Calculo ahorro económico.....	- 157 -
7.3	Calculo ahorro emisiones de CO2 .....	- 158 -
7.4	Cálculo inversión propuestas de mejora .....	- 158 -
7.5	Cálculos de los tiempos de reembolso .....	- 159 -
8	Conclusiones Finales: La buena gestión de la energía .....	- 165 -

# 1 Prefacio

En el ámbito mundial actual la energía, tal y como la entendemos para su consumo, desde la revolución industrial ha tenido un crecimiento exponencial tanto en su producción, conocida como energía primaria, como en su demanda o energía final.

En la actualidad hay una dependencia total de dicha energía final en todos los sectores de la sociedad, que han priorizado el desarrollo y la producción industrial a sus consecuencias, como son las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del cual el más emitido por el hombre es el dióxido de carbono o CO<sub>2</sub>, procedente en su mayor parte de la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas) y utilizados principalmente en la producción de energía y en el transporte, causantes del cambio climático.

La Agencia Internacional de la Energía (AIE) presentó el estudio “World Energy Outlook” (WEO), donde se revisan las perspectivas energéticas mundiales hasta el año 2030 y destaca que la tendencia energética actual tanto de suministro como de consumo es insostenible. Esta tendencia debe ser modificada y para ello es imprescindible una verdadera revolución energética a ámbito mundial. Durante el periodo comprendido entre 2006 – 2030 se prevé un aumento del 45% de su demanda de energía primaria actual, de la que un 50% serán responsables las dos superpotencias emergentes China e India.

Referente a fuentes de energía se estima que los combustibles fósiles, especialmente el petróleo, seguirán siendo la principal fuente de energía del planeta, y el disponible a nivel mundial es suficiente para soportar el crecimiento de su demanda hasta el 2030, ya que hasta la actualidad se ha extraído un tercio de su totalidad.

En términos absolutos la demanda de carbón será la que experimente una mayor subida, debido a su uso en la generación de energía eléctrica por parte de China. Como se aprecia en la Fig. 1.

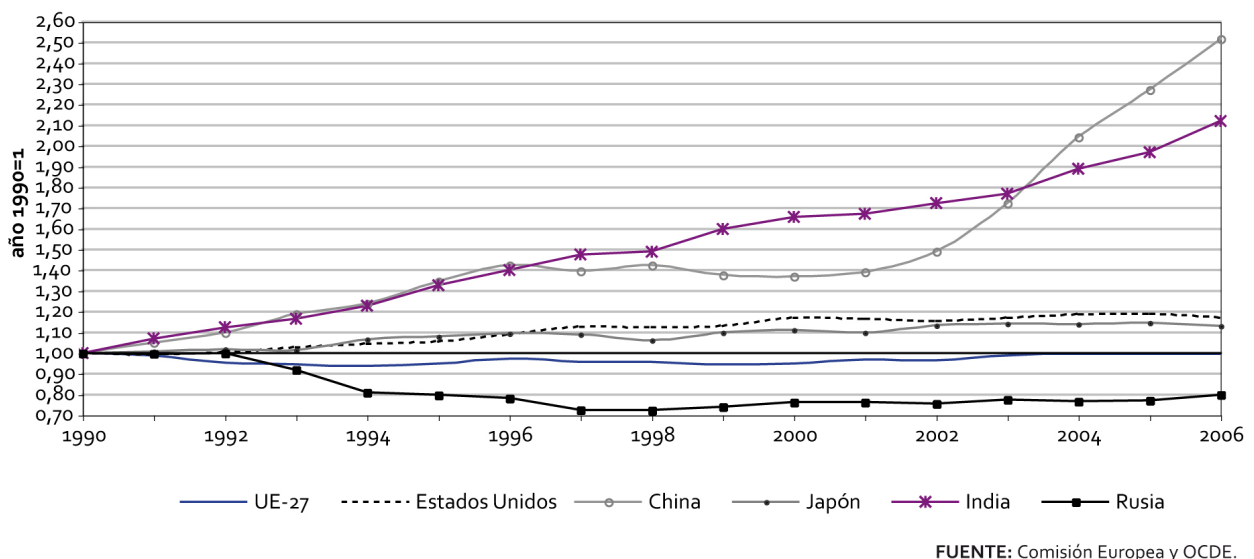


Fig1. Evolución Emisiones De CO<sub>2</sub>



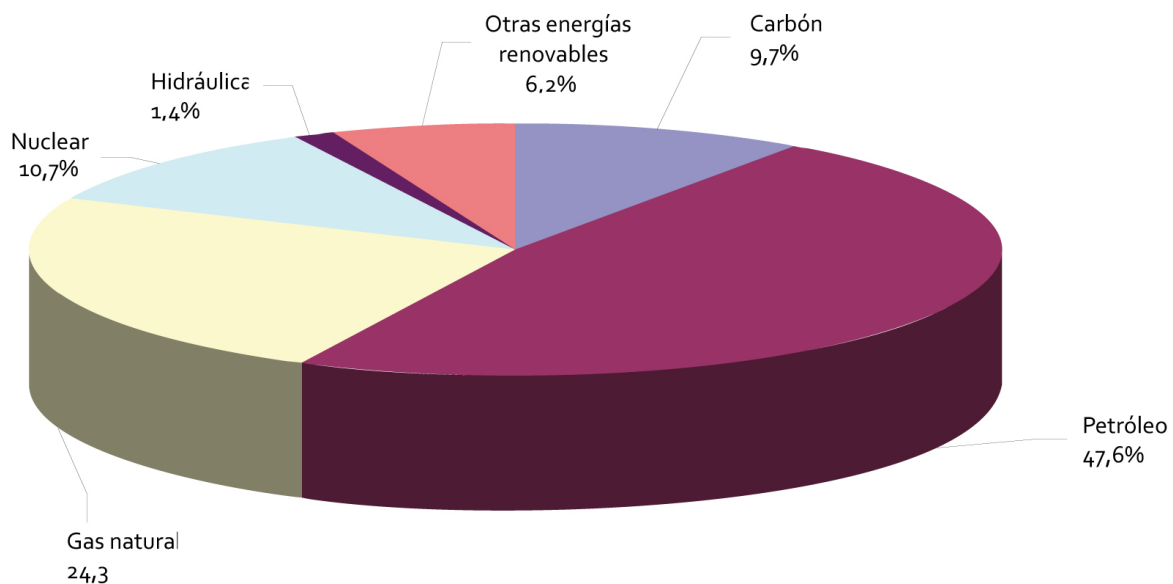
Una buena noticia es que a partir del 2010 las energías renovables se convertirán en la segunda fuente de producción de electricidad hasta llegar en el 2030 a un 40% de la producción eléctrica mundial.

En referencia a sus consecuencias, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y más concretamente las emisiones de CO<sub>2</sub> de origen energético aumentarían un 45% hasta el 2030 y si no hacemos algo al respecto se duplicarían las concentraciones de GEI actuales en la atmósfera a finales de siglo, provocando un aumento de la temperatura media del planeta de 6°C.

En España, el consumo de energía primaria durante el 2008 fue de 142.070 Kilotoneladas equivalentes de petróleo (Ktep) un descenso del 3,1% sobre el de 2007 final.

Las fuentes de la energía primaria en España se reparten de la siguiente manera:

Un 47,6 % de los derivados del petróleo, un 24,3% de gas natural, un 10,7 % de la energía nuclear, un 9,7% del carbón y el resto 7,6% de las energías renovables. Tal y como se aprecia en la Fig.2.



**Fig.2 Consumo Energía Primaria España 2008**

Tanto el petróleo como el gas son casi en su totalidad importados en España y en lo que se refiere a producción nacional de energía primaria durante el 2008 fue de 30.725 Ktep, tan solo del 21,6%, por lo que la hacen una de las naciones de la UE más dependientes de la importación energética con más de un 78% de energía primaria importada.

Por otro lado, el consumo de energía final durante el 2008 fue de 105.347 de Ktep un 2,3% inferior al de 2007, en parte debido al menor consumo en la industria y en el transporte y también por la recesión económica que actualmente padecemos. Para poder apreciar mejor el flujo de energías de primaria a final lo vemos a través del diagrama de Sankey, que es la representación gráfica de los caudales (cantidad por tiempo), en este caso de la energía a través de un diagrama. Normalmente los caudales son representados por flechas, en los cuales el ancho es proporcional al tamaño del caudal mostrado Tal y como se puede

apreciar en la Fig.3. Este consumo de energía final se reparte básicamente en un 37,9% al uso de transportes, un 34,5% al uso industrial y un 27,6% al uso residencial, comercial y de servicios.

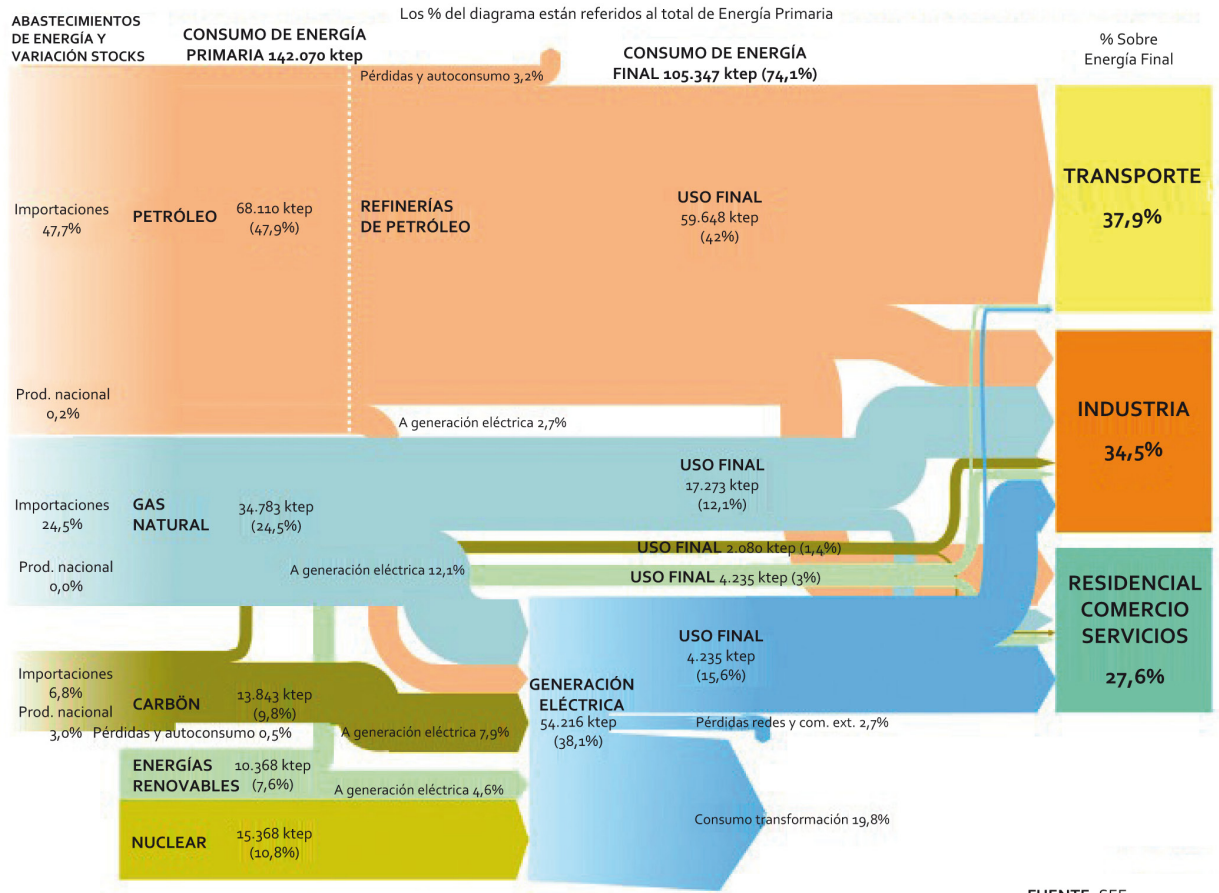


Fig.3 Diagrama de Sankey

## 2 Introducción

### 2.1 Objetivo del proyecto

El objetivo del proyecto es realizar una auditoría energética para poder analizar y valorar qué medidas a tomar son las oportunas para mejorar la eficiencia energética de un edificio de oficinas de la empresa Tele-4, S.L. con CIF A-96284321, domicilio fiscal en C/Salvador Espriu nº 25-33 en L'Hospitalet de Llobregat 08908 (Barcelona) dedicado su negocio al Tele marketing.. Con este análisis podemos conocer y saber el comportamiento energético del edificio y con dicho comportamiento establecer y valorar cuáles son las mejoras posibles y el ahorro energético que de ellas se derivan. Además se calculará las inversiones a realizar y su tiempo de amortización, así como la cantidad de CO<sub>2</sub> no liberada a la atmósfera por evitar dicho sobre consumo.

En un edificio las mejoras energéticas a realizar, como hemos comentado anteriormente, son: La envolvente térmica del edificio (el aislamiento de los diferentes cerramientos al exterior), las instalaciones que consumen energía (Alumbrado, fuerza, Climatización, ACS, etc.) y la gestión energética en el edificio.

La auditoría, consta de tres partes diferenciadas:

- **El levantamiento de datos** en el que realiza la anotación de todos los datos que directa o indirectamente influyen en el consumo energético del edificio de estudio.
- **Análisis y comparación** en el que se calculan y determinan los factores a estudio y se comparan con valores límite para establecer su eficiencia energética.
- **Diagnóstico y toma de decisiones** en el que se valoran los resultados obtenidos y se determinan las modificaciones a emprender en pro del ahorro energético.

### 2.2 Levantamiento de datos: Factores previos a considerar en una auditoría energética

Sin duda, una de las partes más importantes de una auditoría es el levantamiento de datos, ya que es la parte de la auditoría con más base empírica, que más tiempo y esfuerzos requiere, ya que cualquier objeción o dato erróneo repercutiría en la exactitud y fidelidad de los resultados obtenidos.

Por este motivo, es primordial disponer de dicha información y de la forma más fidedigna, para eso es necesario saber qué información necesitamos y a quién poder consultar dicha información.

Primero de todo, hay que considerar los factores intrínsecos al objeto de estudio, que en este caso es el edificio.

Del edificio hay que considerar, su geometría y el aprovechamiento máximo de la luz natural, que dependerá de los criterios que haya seguido el arquitecto en cuanto a orientación, disposición y construcción, es por este motivo que es imprescindible disponer, o bien levantar los planos del edificio (plantas, alzados y secciones), así como los de emplazamiento (para su orientación) y finalmente de los

planos de los detalles constructivos o datos de los procesos constructivos, para poder considerar el estado actual del edificio y su aislamiento térmico.

El levantamiento de datos, es un trabajo de campo y como tal necesita de la realización de unas tablas de campo o inventario en las que ir rellenando todos los datos.

La metodología a seguir para realizar este inventario es muy sencilla y consta básicamente de los siguientes pasos:

- **Recopilación de todos los datos técnicos del edificio en su estado actual.** Disponer de planos y datos técnicos necesarios para poder esclarecer cómo se comporta el edificio energéticamente y si sus cerramientos son suficientemente aislantes del exterior.
- **Recopilación de todas las facturas energéticas del edificio de al menos un año.** En nuestro caso solo necesitaremos las facturas de electricidad, ya que es la única fuente de energía y podemos despreciar el consumo de agua por su bajo efecto económico.
- **Recopilación de información sobre los equipos e instalaciones energéticas presentes en el centro de trabajo, así como de sus consumos.** Realización de un inventario de todos los equipos consumidores de energía en el que se recopilarán los datos técnicos más relevantes de las instalaciones
- **Recogida de información sobre horarios, comportamientos, hábitos de consumo y actitudes del personal de la oficina.** Consultar sus ámbitos de consumo en su horario laboral, (horarios de trabajo, periodo de vacaciones, aparatos utilizados (ya sea para uso ofimático, como cualquier otro uso), rutinas laborales diarias (desayuno, comida, café, hojas que imprime al día, fotocopias que realiza al día, ¿en ausencias en su lugar de trabajo, deja luz encendida, ordenador encendido o conectado a red?, etc.) para poder valorar los consumos energéticos e identificar las pautas de comportamiento de los trabajadores, y poder así realizar una estimación.

En resumen, se trata de conocer cuánta energía consume la empresa, dónde y cómo se utiliza.

### 3 Datos técnicos del edificio

El edificio de estudio está situado en C/Salvador Espriu nº 25-33 en L'Hospitalet de Llobregat (Barcelona). El edificio fue construido en 1962 y consta de 2 plantas, la planta baja tiene 117m<sup>2</sup> de superficie construida y 92,98m<sup>2</sup> de superficie útil, dispuestos en ocho espacios: recepción con 23,45m<sup>2</sup> servicio nº1 con 2,89m<sup>2</sup>, armario limpieza con 1,32m<sup>2</sup>, oficina nº1 con 9,2m<sup>2</sup>, office con 13,8m<sup>2</sup>, baños personal con 14,26m<sup>2</sup>, archivo con 11,5m<sup>2</sup> y oficina nº2 con 16,56m<sup>2</sup>. Además, para comunicar las dos plantas dispone de una escalera interior con 2,62m<sup>2</sup>, así como de otra exterior. La primera planta tiene 136,71m<sup>2</sup> de superficie construida y 117,26m<sup>2</sup> de superficie útil, dispuestos en trece espacios: sala de juntas con 21,6m<sup>2</sup>, servicio nº2 con 2,89m<sup>2</sup>, sala de espera nº1 con 13,13m<sup>2</sup>, despacho nº1 con 10,35m<sup>2</sup>, sala de espera nº2 con 6,63m<sup>2</sup>, despacho nº2 con 10,35m<sup>2</sup>, servicio nº3 con 2,18m<sup>2</sup>, pasillo con 7,67m<sup>2</sup>, servicio nº4 con 2,02m<sup>2</sup>, servicio nº5 con 2,33m<sup>2</sup>, pasillo servicio con 1,25m<sup>2</sup>, sala de reuniones con 7,52m<sup>2</sup> y oficina nº3 con 27,02m<sup>2</sup>. En total el edificio consta de 253,71m<sup>2</sup> de superficie construida y 210,24m<sup>2</sup> de superficie útil.



**Fig.3 Emplazamiento escala 1/20000**



**Fig.4 Emplazamiento escala 1/2000**

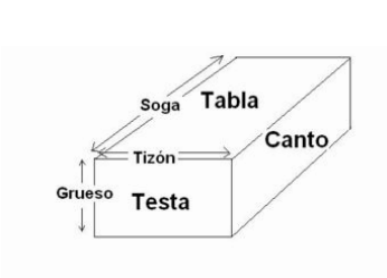
Se realiza un levantamiento de planos del edificio y se consigue las técnicas constructivas gracias al proyecto original del arquitecto ubicado en el archivo municipal.

### 3.1 Envoltente térmica

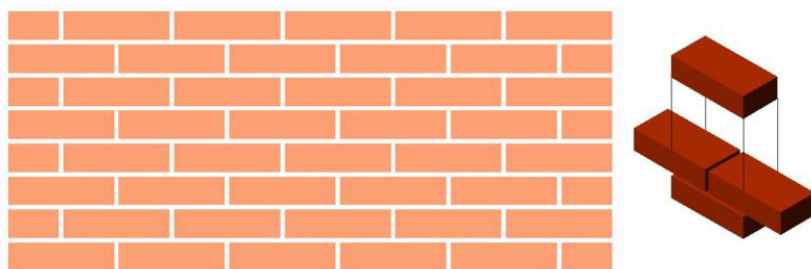
La envoltente térmica, o también denominada “piel térmica”, es la parte del edificio que nos protege y aísla de las inclemencias del tiempo y de la temperatura exterior para una mayor temperatura de confort interior, como son los cerramientos con el exterior. También pertenecen a la envoltente térmica aquellos factores arquitectónicos o de diseño que afecten a la variación de este confort interior como son en nuestro proyecto: retranqueos de puertas y ventanas, puentes térmicos y por su incidencia en la protección solar, voladizos, pantallas laterales y cortinas.

#### 3.1.1 Cerramientos con el exterior: Muros exteriores o fachadas

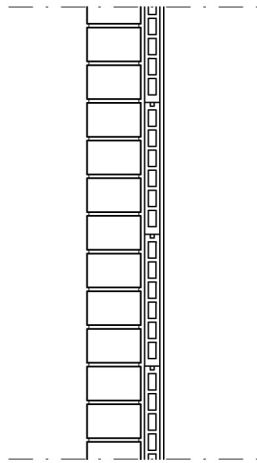
Los muros exteriores o fachadas son los cerramientos verticales con el exterior, y en este caso, son iguales en ambas plantas y sin partes soterradas en la planta inferior. El cerramiento exterior del muro esta realizado con un cerramiento de  $\frac{1}{2}$  pie de ladrillo perforado cara vista o también denominado “catalán” o comúnmente “gero”, de medidas 270x140x90mm y se realiza de forjado a forjado. El aparejo, que es la disposición de los ladrillos en un muro, es a sogas, es decir que se forman con las sogas del ladrillo y tiene un espesor de  $\frac{1}{2}$  pie (tizón), que en este caso es de 14 cm. En este caso se ha empleado un aparejo de llagas convencionales de 1cm de grueso, dando resistencia y estanqueidad al cerramiento.



**Fig.5 Detalle partes ladrillo**



**Fig.6 Aparejo a sogas**



1. ENVOLVENTE VERTICAL  
(FACHADAS)

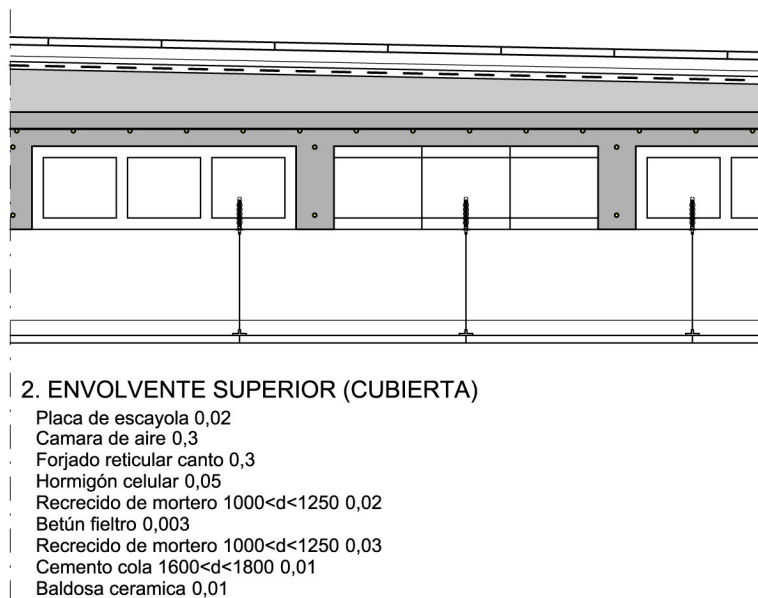
enlucido de yeso 600<d<900 0,01  
 Fab. Ladrillo hueco sencillo 0,04  
 Mortero revoco 1450<d<1600 0,01 Fab.  
 Ladrillo perforado cara vista 0,14

**Fig.7 detalle fachada estado actual**

Posteriormente se le aplica un revoco en la parte interior del cerramiento con mortero para asegurar dicha estanqueidad de 1 cm de espesor. Finalmente se levanta un tabique con ladrillo hueco sencillo de 4cm de grueso, al que se aplica un acabado de enlucido con yeso de 1cm de espesor.

**3.1.2 Cerramientos con el exterior: Cubierta**

La cubierta es el cerramiento horizontal en contacto superior con el exterior, y en este edificio es plana transitable y está formada de exterior a interior por: baldosa cerámica de 1 cm de espesor, cemento cola o también denominada “pasta de agarre”, que se encarga de unir los dos materiales de contacto de 1 cm de espesor, recrecido de mortero o “chapa de protección” de 3cm de espesor, dos capas de lamina bituminosa (de betún) soldadas con soplete de 1,5 mm de grueso para la impermeabilización de la cubierta, en total 3mm de grueso, recrecido de mortero o “chapa de nivelación”, con el fin de regularizar y nivelar el terreno de 2cm de grosor, hormigón celular que su base es cemento tipo portland añadiéndole aire a presión, esto forma una mezcla esponjosa que al secar rápidamente no deja escapar las burbujas de aire de su interior dándole con ese acabado como de célula, una buena resistencia a la compresión y un mayor aligeramiento en su densidad, de 5 cm de espesor.



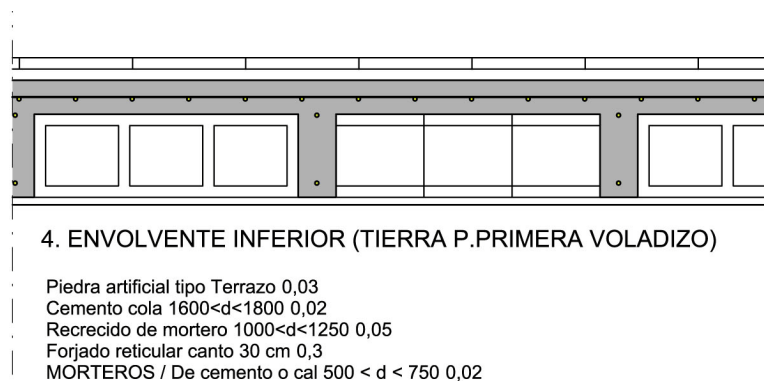
**Fig.8 detalle cubierta estado actual**

El forjado es reticular, es decir una estructura de nervios o vigas de hormigón armado, separadas a poca distancia en las dos direcciones de un plano, de tal forma que las cargas se transmiten en estas dos direcciones pudiendo aligerar las zonas entrenervios o entrevigas, denominados “casetones”, de distintos modos, en este caso los entrenervios o entrevigas son de hormigón aligerado con un grueso de 30cm. E interiormente, disponemos de una cámara no ventilada de 30cm y un falso techo de escayola de 2cm.

### 3.1.3 Cerramientos con el exterior: Suelos o forjados

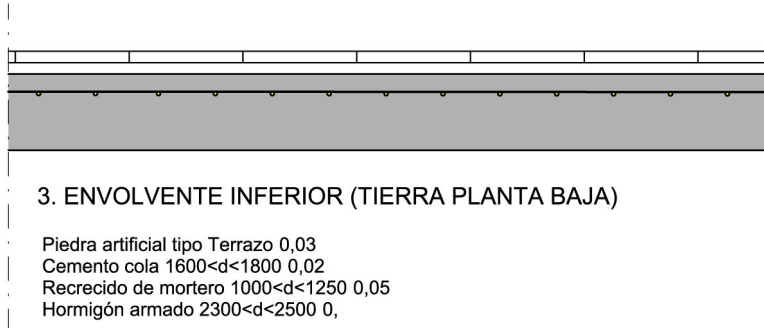
Los suelos o forjados aplicados en el estudio son los cerramientos horizontales en contacto inferior con el exterior, ya sea en contacto al aire exterior o en contacto al terreno, ya que en nuestro proyecto no disponemos de espacios no habitables de ningún tipo a contemplar tal y como recoge el CTE.

El suelo en contacto con el aire exterior de estudio está formado de exterior a interior por: una aplicación de capa de mortero de cal (“morter de calç”) de 2cm de espesor, un forjado reticular con entrevigas de hormigón aligerado de 30cm de espesor, un recrecido de mortero o “chapa de nivelación” de 5cm de grosor, capa de cemento cola de 2cm de espesor y un acabado de piedra artificial tipo terrazo de 3 cm de espesor de color rojo vino.



**Fig.9 detalle suelo contacto aire exterior**

El suelo en contacto con el terreno, de nuestro proyecto, está formado de exterior a interior por: un forjado de hormigón armado de 30cm de espesor, un recocado de mortero o “chapa de nivelación” de 5cm de grosor, capa de cemento cola de 2cm de espesor y un acabado de piedra artificial tipo terrazo de 3 cm de espesor.



**Fig.10 detalle suelo contacto terreno**

### 3.1.4 Cerramientos con el exterior: Puertas y ventanas

Las puertas exteriores de este edificio son de dos tipos:

- **De madera** en toda su totalidad, en este caso madera de pino, de la familia de las coníferas de 4,5 cm de espesor.



**Fig.11 Puerta de madera**

- **Con marco de madera y vidrio** marco exterior de madera de pino o conífera de 4,5 cm de espesor y vidrio monolítico interior de 4 mm de grosor.



**Fig.12 Puerta de madera y vidrio**



En cambio ventanas, en lo que se refiere a su composición, solo tenemos de un tipo:

- **Con marco de madera y vidrio** marco exterior de madera de pino o conífera de 4,5 cm de espesor y vidrio monolítico interior de 4mm de grosor.



**Fig.13 Carpintería de madera**

## 3.2 Análisis

Para poder proceder con el cálculo de los valores estudio y compararlo con los valores límite de referencia que nos marca la norma, debemos utilizar las herramientas de cálculo que la normativa nos dispone y en el caso del estudio de la envolvente térmica en España la normativa que está en vigor es:

- **Documento Básico HE.** Ahorro de energía versión de 20 abril de 2009 del Código Técnico de la Edificación (DB HE del CTE) de ámbito comunitario.

El objetivo es aplicar la normativa al edificio de estudio y si se ajustan los valores calculados a los límites que marca la norma. Cabe recordar que dicha norma sólo es aplicable a los edificios de nueva construcción o rehabilitados, como no es nuestro caso.

### 3.2.1 CTE Documento Básico HE Ahorro de energía

El, recoge en primera instancia la “Exigencia básica HE 1: Limitación de la demanda energética” que dispone textualmente:

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

Para poder comprobar que se cumple con la norma el Documento Básico HE Ahorro de energía proporciona dos procedimientos alternativos de verificación como son:

- **La opción Simplificada.** Basada en el control indirecto de la demanda energética de los edificios mediante la limitación de los parámetros característicos de los *cerramientos y particiones interiores* que componen su envolvente térmica, comparando los parámetros característicos obtenidos (coeficientes de transmisión térmica U) con los límite permitidos.
- **La opción General.** Basada en la evaluación de la demanda energética de los edificios mediante la comparación de ésta con la correspondiente a un edificio de referencia que define la propia opción. En esta opción la comparación de los valores obtenidos se comparan automáticamente, mediante un programa informático, con los límites al introducir los datos característicos del edificio que solicita el programa. Este programa es un documento reconocido y de carácter oficial, denominado Limitación de la Demanda Energética, LIDER.

### 3.2.1.1 La opción simplificada

El objeto de la opción simplificada es, entre otros, limitar la demanda energética de los edificios, de una manera indirecta, mediante el establecimiento de determinados valores límite de los parámetros de transmitancia térmica U y del factor solar modificado F de los componentes de la envolvente térmica.

Es aplicable, siempre y cuando la superficie de los huecos en cada fachada sea inferior al 60% de su superficie, que se cumple en este edificio.

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

- determinación de la zona climática.
- clasificación de los espacios del edificio.
- definición de la envolvente térmica y cerramientos objeto.
- cálculo de los parámetros característicos de los distintos componentes de los cerramientos y particiones interiores.
- comprobación de que cada una de las transmitancias térmicas de los cerramientos y particiones interiores que conforman la envolvente térmica es inferior al valor máximo.
- cálculo de la media de los distintos parámetros característicos.
- comprobación de que los parámetros característicos son inferiores a los valores límite.

#### 3.2.1.1.1 Determinación de la zona climática

Según la Tabla D.1 del Apéndice D. Zonas climáticas del DB HE1, determina que Barcelona es zona climática C2 y según la Tabla 2.2 del DB HE1 nos da los valores límite de los parámetros característicos medios que son:

Transmitancia límite de muros de fachada  $U_{Mlim}: 0,94 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Transmitancia límite de suelos  $U_{Slim}: 0,53 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Transmitancia límite de cubiertas  $U_{Clim}: 0,50 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Transmitancia y Factor solar modificado límite de huecos ira en función de su porcentaje de huecos en cada fachada, así como la orientación de su normal según criterio de la figura 3.1 del DB HE1.

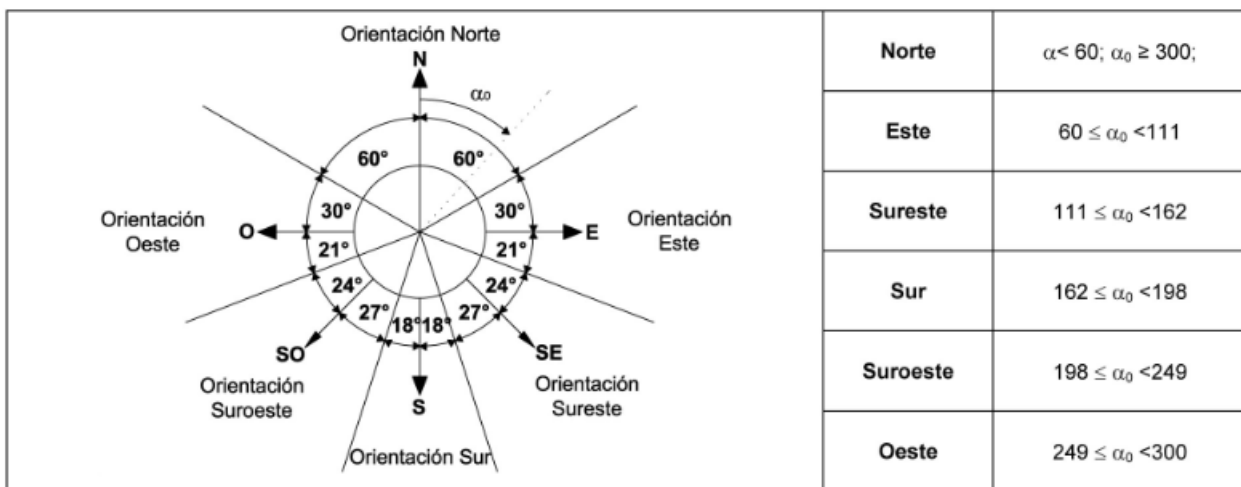


Fig.14 roseta orientación fachadas según DB HE1

En nuestro caso:

En nuestro caso la fachada principal, por donde se accede al edificio, su normal o perpendicular tiene orientación sureste (SE), es decir que  $\alpha_0 = 113^\circ$  respecto al Norte, en sentido horario

Orientación SE Transmitancia límite de huecos  $U_{Hlim}: 4,3 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Orientación SE Factor solar modificado límite de huecos no tiene valor en este proyecto

Orientación N Transmitancia límite de huecos  $U_{Hlim}: 2,9 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Orientación N Factor solar modificado límite de huecos  $F_{Hlim}: 0$  no se tiene en consideración

Orientación O Transmitancia límite de huecos  $U_{Hlim}: 3,3 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Orientación O Factor solar modificado límite de huecos  $F_{Hlim}: 0,6 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Orientación SO Transmitancia límite de huecos  $U_{Hlim}: 4,4 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Orientación SO Factor solar modificado límite de huecos no tiene valor en este proyecto

### 3.2.1.1.2 Clasificación de los espacios del edificio

Los espacios interiores de los edificios se clasifican en espacios habitables y espacios no habitables. A efectos de cálculo de la demanda energética, los espacios habitables se clasifican en función de la

cantidad de calor disipada en su interior, debido a la actividad realizada y al periodo de utilización de cada espacio, en las siguientes categorías:

- **espacios con baja carga interna:** espacios en los que se disipa poco calor. Son los espacios destinados principalmente a residir en ellos, con carácter eventual o permanente. En esta categoría se incluyen todos los espacios de edificios de viviendas y aquellas zonas o espacios de edificios asimilables a éstos en uso y dimensión, tales como habitaciones de hotel, habitaciones de hospitales y salas de estar, así como sus zonas de circulación vinculadas.
- **espacios con alta carga interna:** espacios en los que se genera gran cantidad de calor por causa de su ocupación, iluminación o equipos existentes. Son aquellos espacios no incluidos en la definición de espacios con baja carga interna. El conjunto de estos espacios conforma la zona de alta carga interna del edificio.

En nuestro proyecto al tratarse de oficinas no se puede considerar un espacio de baja carga interna o compararse con un uso residencial, además en él se genera gran cantidad de energía como es la producida por la iluminación, equipos ofimáticos, trabajadores etc. Es por este motivo que se considera de alta carga interna.

### 3.2.1.1.3 Definición de la envolvente térmica y cerramientos objeto

La envolvente térmica del edificio está compuesta por todos los cerramientos que limitan espacios habitables con el ambiente exterior (aire o terreno u otro edificio) y por todas las particiones interiores que limitan los espacios habitables con los espacios no habitables que a su vez estén en contacto con el ambiente exterior.

Los cerramientos y particiones interiores de los espacios habitables se clasifican según su situación en las siguientes categorías:

- **Cubiertas**, comprenden aquellos cerramientos superiores en contacto con el aire cuya inclinación sea inferior a 60° respecto a la horizontal.
- **Suelos**, comprenden aquellos cerramientos inferiores horizontales o ligeramente inclinados que estén en contacto con el aire, con el terreno, o con un espacio no habitable.
- **Fachadas**, comprenden los cerramientos exteriores en contacto con el aire cuya inclinación sea superior a 60° respecto a la horizontal. Se agrupan en 6 orientaciones según los sectores angulares de la figura 3.1 del DB HE1.

La orientación de una fachada se caracteriza mediante el ángulo  $\alpha$  que es el formado por el norte geográfico y la normal exterior de la fachada, medido en sentido horario.

- **Medianerías**, comprenden aquellos cerramientos que lindan con otros edificios ya construidos o que se construyan a la vez y que conformen una división común. Si el edificio se construye con posterioridad el cerramiento se considerará, a efectos térmicos, una fachada.
- **Cerramientos en contacto con el terreno**, comprenden aquellos cerramientos distintos a los anteriores que están en contacto con el terreno.

- **Particiones interiores**, comprenden aquellos elementos constructivos horizontales o verticales que separan el interior del edificio en diferentes recintos

#### 3.2.1.1.4 Cálculo de las transmitancias térmicas de los elementos constructivos de la envolvente del edificio

Para el cálculo de estas transmitancias se utilizan las ecuaciones que forman parte del apéndice E "Cálculo de los parámetros característicos de la demanda" del Documento básico HE – Ahorro de Energía.

Este cálculo es aplicable a la parte opaca de todos los *cerramientos* en contacto con el aire exterior tales como muros de fachada, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior. De la misma forma se calcularán los puentes térmicos integrados en los citados cerramientos cuya superficie sea superior a 0,5 m<sup>2</sup>, despreciándose en este caso los efectos multidimensionales del flujo de calor.

La transmitancia térmica U (W/m<sup>2</sup>K) viene dada por la siguiente expresión:

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

Siendo R<sub>T</sub> la resistencia térmica total del componente constructivo [m<sup>2</sup> K/ W].

La resistencia térmica total R<sub>T</sub> de un componente constituido por capas térmicamente homogéneas debe calcularse mediante la expresión:

$$R_t = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

Siendo R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>...R<sub>n</sub> las resistencias térmicas de cada capa definidas [m<sup>2</sup> K/ W].

R<sub>si</sub> y R<sub>se</sub> las resistencias térmicas superficiales correspondientes al aire interior y exterior respectivamente, tomadas de la tabla E.1 del DB HE1 de acuerdo a la posición del cerramiento, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio [m<sup>2</sup> K/W].

La resistencia térmica de una capa térmicamente homogénea viene definida por la expresión:

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

Siendo el espesor de la capa [m].

En caso de una capa de espesor variable se considerará el espesor medio.

$\lambda$  la conductividad térmica de diseño del material que compone la capa, calculada a partir de valores térmicos declarados según la norma UNE EN ISO 10 456:2001 o tomada de Documentos Reconocidos, [W/m]

#### *3.2.1.1.5 Transmitancia térmica de los muros de fachada*

En la siguiente tabla se pueden apreciar los valores obtenidos de dichos cálculos. A modo de aclaración, hemos nombrado los muros de la fachada en M1, M2, M3 y M4, según la orientación de estas empezando con la fachada principal M1 que su orientación es sureste (siglas SE) y en sentido anti horario se han ido dando su nomenclatura.

En la composición del tipo de cerramiento la  $d$  que sale entre valores se refiere a la densidad en  $\text{kg/m}^3$  y la reducción Fab. se refiere a fabrica. En el caso de cerramientos verticales las resistencias térmicas superficiales del aire interior y exterior son del siguiente modo  $R_{si} = 0,13$  y  $R_{se} = 0,04$ .

Tipo de cerramiento	Espesor e (m)	Conductividad térmica $\lambda$ (W/m <sup>2</sup> °K)	Resistencia térmica R (m <sup>2</sup> .°K/W)	$\Sigma R$	Transmitancia térmica U (W/m <sup>2</sup> °K)	Area del muro (m <sup>2</sup> )	Area de huecos (m <sup>2</sup> )	% huecos	S	U*S
<b>Fachadas</b>										
Fachada orientacion SE										
<b>M1</b>										
$R_{si}$			0,13							
enlucido de yeso	0,01	0,3	0,033333333							
Fab. Ladrillo hueco sencillo	0,04	0,444	0,09009009							
Mortero revoco 1450<d<1600	0,01	0,8	0,0125							
Fab. Ladrillo perforado cara vista	0,14	0,694	0,201729107							
$R_{se}$			0,04							
				0,5077	<b>1,96985131</b>	125,135	36,75	29,37%	88,385	174,105
Fachada orientacion N										
<b>M2</b>										
$R_{si}$			0,13							
enlucido de yeso	0,01	0,3	0,033333333							
Fab. Ladrillo hueco sencillo	0,04	0,444	0,09009009							
Mortero revoco 1450<d<1600	0,01	0,8	0,0125							
Fab. Ladrillo perforado cara vista	0,14	0,694	0,201729107							
$R_{se}$			0,04							
				0,5077	<b>1,96985131</b>	38,28	10,08	26,33%	28,2	55,5498
Fachada orientacion O										
<b>M3</b>										
$R_{si}$			0,13							
enlucido de yeso	0,01	0,3	0,033333333							
Fab. Ladrillo hueco sencillo	0,04	0,444	0,09009009							
Mortero revoco 1450<d<1600	0,01	0,8	0,0125							
Fab. Ladrillo perforado cara vista	0,14	0,694	0,201729107							
$R_{se}$			0,04							
				0,5077	<b>1,96985131</b>	125,135	37,52	29,98%	87,615	172,589
Fachada orientacion SO										
<b>M4</b>										
$R_{si}$			0,13							
enlucido de yeso	0,01	0,3	0,033333333							
Fab. Ladrillo hueco sencillo	0,04	0,444	0,09009009							
Mortero revoco 1450<d<1600	0,01	0,8	0,0125							
Fab. Ladrillo perforado cara vista	0,14	0,694	0,201729107							
$R_{se}$			0,04							
				0,5077	<b>1,96985131</b>	41,18	6,16	14,96%	35,02	68,9842
									239,22	471,228

Tabla 1 cálculo transmitancia fachada según orientación

Para de contornos de huecos se ha tenido en consideración el número y superficie de cada ventana o puerta para asegurar no que no se pasa del 50 % de huecos en fachada que marca la norma, que se aprecia en la tabla de arriba y para facilitar esta tarea hemos realizado otra tabla.

<u>Tipo de hueco</u>	<u>Unidades</u>	<u>Superficie del hueco (m2)</u>	<u>Superficie del hueco total (m2)</u>
V1	6	0,72	4,32
V2	1	1,44	1,44
V3	1	1,68	1,68
V4	2	1,96	3,92
V5	2	2,1	4,2
V6	2	2,52	5,04
V7	2	3,36	6,72
V8	1	3,92	3,92
V9	5	5,04	25,2
V10	2	2,64	5,28
V11	1	6,16	6,16
V12	1	7,92	7,92
P1	1	3,75	3,75
P2	1	2,16	2,16
P3	5	1,76	8,8

**Tabla 2 cálculo transmitancia fachada según orientación**

### 3.2.1.1.6 Transmitancia térmica de la cubierta

A modo de aclaración, hemos nombrado a la cubierta C1. En la composición del tipo de cerramiento de la que sale entre valores se refiere a la densidad en  $\text{kg/m}^3$ , donde pone betún fieltro se refiere a la lamina bituminosa para la impermeabilización de la cubierta, se han dejado estos nombres para facilitar la posterior entrada de datos en el programa LIDER.

En el caso de cerramientos horizontales con dirección del flujo de calor de interior a exterior en sentido ascendente las resistencias térmicas superficiales del aire interior y exterior son del siguiente modo:



$$R_{si} = 0,10 \text{ y } R_{se} = 0,04$$

Tipo de cerramiento	Espesor e (m)	Conductividad térmica $\lambda$ (W/m <sup>2</sup> K)	Resistencia térmica R (m <sup>2</sup> °K/W)	$\Sigma R$	Transmitancia térmica U (W/m <sup>2</sup> °K)	S	U*S
<b>Cubierta</b>							
<b>C1</b>							
$R_{si}$			0,1				
Placa de escayola	0,02	0,25	0,08				
Camara de aire	0,3		0,16				
Forjado reticular canto 30 cm	0,3	1,875	0,16				
Hormigón celular	0,05	0,168	0,29761905				
Recrecido de mortero 1000<d<1250	0,02	0,55	0,03636364				
Betún fieltro	0,003	0,23	0,01304348				
Recrecido de mortero 1000<d<1250	0,03	0,55	0,05454545				
Cemento cola 1600<d<1800	0,01	1	0,01				
Baldosa ceramica	0,01	1	0,01				
$R_{se}$			0,04				
				0,96157162	<b>1,039964141</b>	136,707	142,170378

**Tabla 3 cálculo transmitancia cubierta**

### 3.2.1.1.7 Transmitancia térmica del suelo en contacto con el aire exterior

A modo de aclaración, hemos nombrado a este suelo S2, por ser S1 el que está en contacto con el terreno. En la composición del tipo de cerramiento la d que sale entre valores se refiere a la densidad en kg/m<sup>3</sup>. En este caso de cerramientos horizontales con dirección del flujo de calor de interior a exterior en sentido descendente las resistencias térmicas superficiales del aire interior y exterior son del siguiente modo:

Tipo de cerramiento	Espesor e (m)	Conductividad térmica $\lambda$ (W/m <sup>2</sup> K)	Resistencia térmica R (m <sup>2</sup> °K/W)	$\Sigma R$	Transmitancia térmica U (W/m <sup>2</sup> °K)	S	U*S
<b>S2 Suelo contacto aire exterior</b>							
$R_{si}$			0,17				
Piedra artificial tipo Terrazo	0,03	1,3	0,02307692				
Cemento cola 1600<d<1800	0,02	1	0,02				
Recrecido de mortero 1000<d<1250	0,05	0,55	0,09090909				
Forjado reticular canto 30 cm	0,3	1,875	0,16				
MORTEROS / De cemento o cal 500 < d < 750	0,02	0,3	0,06666667				
$R_{se}$			0,04				
				0,57065268	<b>1,752379396</b>	27,5775	48,3262428

**Tabla 4 cálculo transmitancia suelo contacto exterior**

### 3.2.1.1.8 Suelos en contacto con el terreno

Para el cálculo de la transmitancia térmica de suelos en contacto con el terreno  $U_s$  ( $W/m^2K$ ) se consideran en este apartado dos casos:

**CASO 1** soleras o losas apoyadas sobre el nivel del terreno o como máximo 0,50 m por debajo de éste, que es nuestro caso pues la losa está apoyada al terreno y no supera los 0,50 por debajo.

**CASO 2** soleras o losas a una profundidad superior a 0,5 m respecto al nivel del terreno. Como no es nuestro caso lo obviaremos.

Referente al **caso 1** el DB HE1 dice que la transmitancia térmica  $U_s$  ( $W/m^2K$ ) se obtendrá de la tabla E.3 del apéndice E del DB HE1 en función del ancho  $D$  de la banda de aislamiento perimétrico, de la resistencia térmica del aislante  $R_a$  calculada y la longitud característica  $B'$  de la solera o losa y que los valores intermedios se pueden obtener por interpolación lineal.

Se define la longitud característica  $B'$  como el cociente entre la superficie del suelo y la longitud de su semiperímetro, según la expresión:

$$B' = \frac{A}{\frac{1}{2}P}$$

Siendo:

$P$  = la longitud del perímetro de la solera [m];

$A$  = el área de la solera [ $m^2$ ].

Para soleras o losas sin aislamiento térmico, la transmitancia térmica  $U_s$  se tomará de la columna  $R_a = 0$  en función de su longitud característica  $B'$ .

Para soleras o losas con aislamiento continuo en toda su superficie se tomarán los valores de la columna  $D \geq 1,5$  m.

La transmitancia térmica del primer metro de losa o solera se obtendrá de la fila  $B' = 1$ .

En nuestro caso el suelo en contacto con el terreno no dispone de aislamiento térmico tal y como se aprecia en la tabla adjunta, y por eso tal y como dice la norma se toma como resistencia térmica del aislamiento  $R_a = 0$ , y por interpolación conseguimos la  $U_s$ .

S1 Suelo contacto terreno

Tipo de aislamiento	Resistencia térmica aislamiento $R$ ( $m^2 \cdot K/W$ )	Ancho banda aislamiento (m)	Perímetro de suelo (m)	Área de suelo ( $m^2$ )	$B'$	Transmitancia térmica $U$ ( $W/m^2 \cdot K$ )	$S$	$U \cdot S$
ninguno	0	0	54,002	111,05	4,11281064	1,183312	111,05	131,406798

Tabla 5 cálculo transmitancia suelo contacto terreno

### 3.2.1.1.9 Puentes térmicos

En la opción simplificada los puentes térmicos a considerar son los de contorno de huecos, los de cajones de persiana, los de contorno de lucernario y los de los pilares de fachada siempre y cuando su superficie sea  $> 0,5\text{m}^2$ , y no se tienen en consideración los puentes térmicos de frente de forjado con fachada, ni de esquinas de fachada tanto interiores como exteriores, ni de fachada con suelo contacto terreno, ni de fachada en contacto con cubierta, ni por los diferentes tipos de encuentro de fachada con los contornos de huecos. En cambio la opción general sí que los tiene en consideración como veremos posteriormente con el LIDER. Su forma de cálculo es igual que en el caso de los cerramientos exteriores.

### 3.2.1.1.10 Puentes térmicos de contorno de huecos

Para facilitar el cálculo de los puentes térmicos de contorno de huecos hemos realizado una tabla donde se disponen los tipos de ventanas con sus medidas a fin de calcular las áreas de estos contornos de huecos al no diferenciarse en la opción simplificada las jambas, dintel y alfeizar de cada contorno de hueco. También se ha comprobado que cada contorno de hueco sea  $> 0,5\text{m}^2$  para cumplir con la exigencia básica de la limitación de la demanda energética.

Tipo de hueco	Altura del hueco(m)	Longitud del hueco(m)	Profundidad del hueco(m)	Superficie contorno de huecos (m2)	Superficie contorno de huecos $> 0,5\text{m}^2$	Unidades	Superficie contorno de huecos (m2)	
V1	0,6	1,2	0,155	0,558	0,558	6	3,348	
V2	0,6	2,4	0,155	0,93	0,93	1	0,93	
V3	1,4	1,2	0,155	0,806	0,806	1	0,806	
V4	1,4	1,4	0,155	0,868	0,868	2	1,736	
V5	1,4	1,5	0,155	0,899	0,899	2	1,798	
V6	1,4	1,8	0,155	0,992	0,992	2	1,984	
V7	1,4	2,4	0,155	1,178	1,178	2	2,356	
V8	1,4	2,8	0,155	1,302	1,302	1	1,302	
V9	1,4	3,6	0,155	1,55	1,55	5	7,75	
V10	2,2	1,2	0,155	1,054	1,054	2	2,108	
V11	2,2	2,8	0,155	1,55	1,55	1	1,55	
V12	2,2	3,6	0,155	1,798	1,798	1	1,798	
P1	2,5	1,5	0,155	1,0075	1,0075	1	1,0075	
P2	2,4	0,9	0,155	0,8835	0,8835	1	0,8835	
P3	2,2	0,8	0,155	0,806	0,806	5	4,03	
							33,387	<b>S Total</b>

**Tabla 6 cálculo superficie de contorno de huecos**

Como acabamos de decir en la opción simplificada no se diferencia entre dintel (parte superior del contorno de una ventana o puerta) y alfeizar (parte inferior del contorno de una ventana), pero en cambio si se tiene en consideración la orientación de los puentes térmicos de los contornos de huecos ya que también se consideran las orientaciones en los muros de fachada.

Y como al tratarse de un cerramiento con el exterior la metodología de cálculo es la misma nombrando las composiciones del cerramiento siguiendo el sentido del flujo de calor del interior al exterior, y la dirección es la normal de la superficie de estudio, en este caso jambas, dintel o alfeizar.

Puentes Térmicos contorno de huecos								
Tipo de cerramiento	Espesor (m)	e	Conductividad térmica $\lambda$ (W/m <sup>2</sup> K)	Resistencia térmica R (m <sup>2</sup> .°K/W)	$\Sigma R$	Transmitancia térmica U (W/m <sup>2</sup> °K)	Superficie contorno de huecos total (m <sup>2</sup> )	U*S
Jambas dinteles y alfeizares								
R <sub>si</sub>				0,13				
enlucido de yeso 600<d<900	0,01		0,3	0,03333333				
Mortero revoco 1450<d<1600	0,01		0,8	0,0125				
Fab. Ladrillo perforado cara vista	0,14		0,694	0,20172911				
R <sub>se</sub>				0,04				
TOTAL					0,41756244	<b>2,39485141</b>	33,387	79,9569042
					Fachada SE	<b>2,39485141</b>	13,671	32,7400137
					Fachada N	<b>2,39485141</b>	3,1	7,42403939
					Fachada O	<b>2,39485141</b>	15,066	36,0808314
					Fachada SO	<b>2,39485141</b>	1,55	3,71201969

**Tabla 7 cálculo transmitancia de contorno de huecos según su orientación**

### 3.2.1.1.11 Puentes térmicos de pilares de fachada

Su cálculo se realiza de forma similar al de los contornos de hueco y para realizarlo necesitamos de la misma manera la composición de las capas que forman el cerramiento en la superficie estudiada en el sentido del flujo de calor, también necesitaremos el número de pilares y superficie en cada fachada orientada.

**Puentes Térmicos Pilares**

Tipo de cerramiento	Espesor e (m)	Conductividad térmica $\lambda$ (W/m <sup>2</sup> K)	Resistencia térmica R (m <sup>2</sup> ·°K/W)	$\Sigma R$	Transmitancia térmica U	Altura del pilar (m)	Ancho del pilar (m)	Superficie pilar fachada (m <sup>2</sup> )	Uds.	Superficie pilares fachada	U*S
R <sub>si</sub>			0,13								
enlucido de yeso 600<d<90	0,01	0,3	0,03333333								
Hormigón armado 2300<d<2500	0,3	2,3	0,13043478								
Fab. Ladrillo perforado	0,05	0,694	0,07204611								
R <sub>se</sub>			0,04								
				0,4058	<b>2,464182</b>					21,75	53,596
			Fachada SE		<b>2,464182</b>	<b>2,9</b>	<b>0,3</b>	0,87	8	6,96	17,151
			Fachada N		<b>2,464182</b>	<b>2,9</b>	<b>0,3</b>	0,87	4	3,48	8,5754
			Fachada O		<b>2,464182</b>	<b>2,9</b>	<b>0,3</b>	0,87	9	7,83	19,295

**Tabla 8 cálculo transmitancia de puentes térmicos pilares según su orientación**

3.2.1.1.12 Transmitancia térmica de huecos

La transmitancia térmica de los huecos U<sub>H</sub> (W/m<sup>2</sup> K) se determinará mediante la siguiente expresión:

$$U_H = (1 - FM) \cdot U_{H,v} + FM \cdot U_{H,m}$$

Siendo:

U<sub>H,v</sub> la transmitancia térmica de la parte semitransparente [W/m<sup>2</sup>K];

U<sub>H,m</sub> la transmitancia térmica del marco de la ventana o lucernario, o puerta [W/m<sup>2</sup> K];

FM la fracción del hueco ocupada por el marco.

En ausencia de datos, la transmitancia térmica de la parte semitransparente U<sub>H,v</sub> podrá obtenerse según la norma UNE EN ISO 10 077-1:2001.

Calcularemos las transmitancias térmicas de la parte semitransparente U<sub>H,v</sub> y del marco de la ventana o puerta U<sub>H,m</sub> con la misma metodología realizada con los cerramientos exteriores al tratarse este de un cerramiento al exterior.

Tipo de cerramiento	Espesor e (m)	Conductividad térmica $\lambda$ (W/m <sup>2</sup> K)	Resistencia térmica R (m <sup>2</sup> ·°K/W)	$\Sigma R$	Transmitancia térmica U (W/m <sup>2</sup> °K)	
<b>Ventana</b>						
R <sub>si</sub>			0,13			
vidrio monolítico	0,004	1	0,004			
R <sub>se</sub>			0,04			
				0,174	<b>5,747126437</b>	<b>UH,v</b>
<b>Marco</b>						
R <sub>si</sub>			0,13			
MADERAS / Conífera, pesada 520 < d < 610	0,045	0,18	0,25			
R <sub>se</sub>			0,04			
				0,42	<b>2,380952381</b>	<b>UH,m</b>

**Tabla 9** cálculo transmitancia de marco y parte semitransparente

Ahora procedemos a calcular la fracción de hueco de ventana o puerta ocupada por el marco, es decir la superficie de marco que hay en cada ventana o puerta en relación a la superficie total del hueco.

Las ventanas las hemos diferenciado en V1, V2, etc. según sus medidas. En las ventanas V11 y V12 cada una está compuesta por dos ventanas abatibles, con dos hojas cada una en la parte superior y una ventana fija en la parte inferior, es por este motivo que para facilitar su cálculo las dos partes superior e inferior las hemos separado en V11' superior y V11' inferior, y lo mismo hemos realizado con la V12, al final como se aprecia se realiza su cálculo de ventana como unidad.

Tipo de hueco	Materiales	Espesor vidrio e (m)	Altura del hueco	Longitud del hueco(m)	Altura del vidrio(m)	Longitud del vidrio(m)	Nº de vidrios	Superficie del vidrio (m2)	Superficie del hueco (m2)	Superficie del marco (m2)	FM
V1	carpintería de madera y	0,004	0,6	1,2	0,36	0,405	2	0,2916	0,72	0,4284	<b>0,595</b>
V2	idem	0,004	0,6	2,4	0,36	0,405	4	0,5832	1,44	0,8568	<b>0,595</b>
V3	idem	0,004	1,4	1,2	1,16	0,405	2	0,9396	1,68	0,7404	<b>0,44071</b>
V4	idem	0,004	1,4	1,4	1,16	0,505	2	1,1716	1,96	0,7884	<b>0,40224</b>
V5	idem	0,004	1,4	1,5	1,16	0,555	2	1,2876	2,1	0,8124	<b>0,38686</b>
V6	idem	0,004	1,4	1,8	1,16	0,704	2	1,63328	2,52	0,88672	<b>0,35187</b>
V7	idem	0,004	1,4	2,4	1,16	0,405	4	1,8792	3,36	1,4808	<b>0,44071</b>
V8	idem	0,004	1,4	2,8	1,16	0,505	4	2,3432	3,92	1,5768	<b>0,40224</b>
V9	idem	0,004	1,4	3,6	1,16	0,704	4	3,26656	5,04	1,77344	<b>0,35187</b>
V10	idem	0,004	2,2	1,2	2,07	1,07	1	2,2149	2,64	0,4251	<b>0,16102</b>
V11' superior	idem	0,004	1,4	2,8	1,16	0,505	4	2,3432	3,92	1,5768	0,40224
V11' fijo inferior	idem	0,004	0,8	2,8	0,67	2,67	1	1,7889	2,24	0,4511	0,20138
V12' superior	idem	0,004	1,4	3,6	1,16	0,704	4	3,26656	5,04	1,77344	0,35187
V12' fijo inferior	idem	0,004	0,8	3,6	0,67	3,47	1	2,3249	2,88	0,5551	0,19274
P1	idem	0,004	2,5	1,5	2,325	0,565	2	2,62725	3,75	1,12275	<b>0,2994</b>
P2	idem	0,004	2,4	0,9	2,215	0,66	1	1,4619	2,16	0,6981	<b>0,32319</b>
P3	puerta	0	2,2	0,8	0	0	0	0	1,76	1,76	<b>1</b>

**Tabla 10** cálculo fracción de hueco ocupada por el marco (FM)

De esta manera ahora podemos calcular la transmitancia térmica de los huecos según sus fachadas orientadas.

Fachada	Tipo de hueco	FM	Uds-	UH,m (W/m <sup>2</sup> °K)	UH,v (W/m <sup>2</sup> °K)	Uh (W/m <sup>2</sup> °K)	Superficie del hueco (m2)	Superficie Total (m2)	U*S	Uh total (W/m°K)	
Fachada SE											
	V1	0,595	2	2,381	5,7471	<b>3,74425</b>	0,72	<b>1,44</b>	5,3917		
	V2	0,595	1	2,381	5,7471	<b>3,74425</b>	1,44	<b>1,44</b>	5,3917		
	V3	0,4407	1	2,381	5,7471	<b>4,26361</b>	1,68	<b>1,68</b>	7,1629		
	V4	0,4022	1	2,381	5,7471	<b>4,3931</b>	1,96	<b>1,96</b>	8,6105		
	V8	0,4022	1	2,381	5,7471	<b>4,3931</b>	3,92	<b>3,92</b>	17,221		
	V9	0,3519	3	2,381	5,7471	<b>4,56266</b>	5,04	<b>15,12</b>	68,987		
	V10	0,161	2	2,381	5,7471	<b>5,2051</b>	2,64	<b>5,28</b>	27,483		
	P1	0,2994	1	2,381	5,7471	<b>4,73929</b>	3,75	<b>3,75</b>	17,772		
	P2	0,3232	1	2,381	5,7471	<b>4,6592</b>	2,16	<b>2,16</b>	10,064		
								<b>36,75</b>	168,08	<b>4,5737</b>	
Fachada N											
	V9	0,3519	2	2,381	5,7471	<b>4,56266</b>	5,04	<b>10,08</b>	45,992	<b>4,5627</b>	
Fachada O											
	V4	0,4022	1	2,381	5,7471	<b>4,3931</b>	1,96	<b>1,96</b>	8,6105		
	V5	0,3869	2	2,381	5,7471	<b>4,4449</b>	2,1	<b>4,2</b>	18,669		
	V6	0,3519	2	2,381	5,7471	<b>4,56266</b>	2,52	<b>5,04</b>	22,996		
	V7	0,4407	2	2,381	5,7471	<b>4,26361</b>	3,36	<b>6,72</b>	28,651		
	V12	0,3519	1	2,381	5,7471	<b>4,56266</b>	5,04	<b>5,04</b>	22,996		
	V12 fijo inferior	0,1927	1	2,381	5,7471	<b>5,09832</b>	2,88	<b>2,88</b>	14,683		
	P3	1	2	No se incluyen puertas cuyo porcentaje de superficie semitransparente sea inferior al 50% según apartado 3.2.1.3.3 del HE1					25,84	116,61	<b>4,5126</b>
Fachada SO											
	V11	0,4022	1	2,381	5,7471	<b>4,3931</b>	3,92	<b>3,92</b>	17,221		
	V11fijo inferior	0,2014	1	2,381	5,7471	<b>5,06923</b>	2,24	<b>2,24</b>	11,355		
								<b>6,16</b>	<b>28,576</b>	<b>4,639</b>	

Tabla 11 cálculo transmitancia térmica huecos según su orientación

### 3.2.1.1.13 Factor solar modificado de huecos y lucernarios

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

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

Siendo:

$F_s$  el factor de sombra del hueco o lucernario obtenido de las tablas E.11 a E.15 del apéndice E del DB HE1 en función del dispositivo de sombra o mediante simulación.

En caso de que no se justifique adecuadamente el valor de  $F_s$  se debe considerar igual a la unidad.

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

$g_{\perp}$  el factor solar de la parte semitransparente del hueco o lucernario a incidencia normal.

El factor solar puede ser obtenido por el método descrito en la norma UNE EN 410:1998.

$U_m$  la transmitancia térmica del marco del hueco o lucernario [ $W/m^2 K$ ].

$\alpha$  la absorptividad del marco obtenida de la tabla E.10 del apéndice E del DB HE1 en función de su color.

En nuestro caso la absorptividad  $\alpha = 0,75$  al ser la carpintería de un color marrón medio y el factor solar de la parte semitransparente del hueco a incidencia normal  $g_{\perp} = 0,85$ .

Procedemos a calcular el factor de sombra de los huecos producido por el obstáculo que crea el retranqueo de la carpintería en referencia a la fachada. También se dispone en sus fachadas orientadas, ya que afecta directamente de ahí que la fachada orientación norte no se tenga en consideración por su nula incidencia solar directa

Fachada SE							
Tipo de hueco	Altura del hueco H	Longitud del hueco W	Retranqueo del hueco R	R/W	R/H	Unidades	Factor de sombra retranqueo $F_s$
V1	0,6	1,2	0,155	0,12916667	0,25833333	2	0,56
V2	0,6	2,4	0,155	0,06458333	0,25833333	1	0,59
V3	1,4	1,2	0,155	0,12916667	0,11071429	1	0,74
V4	1,4	1,4	0,155	0,11071429	0,11071429	1	0,74
V8	1,4	2,8	0,155	0,05535714	0,11071429	1	0,79
V9	1,4	3,6	0,155	0,04305556	0,11071429	3	0,79
V10	2,2	1,2	0,155	0,12916667	0,07045455	2	0,81
P1	2,5	1,5	0,155	0,10333333	0,062	1	0,81
P2	2,4	0,9	0,155	0,17222222	0,06458333	1	0,81

Fachada N							
Tipo de hueco	Altura del hueco H	Longitud del hueco W	Retranqueo del hueco R	R/W	R/H	Unidades	Factor de sombra retranqueo $F_s$
V9	1,4	3,6	No se tiene en consideración por la nula incidencia solar directa				

Fachada O							
Tipo de hueco	Altura del hueco H	Longitud del hueco W	Retranqueo del hueco R	R/W	R/H	Unidades	Factor de sombra retranqueo $F_s$
V4	1,4	1,4	0,155	0,11071429	0,11071429	1	0,82
V5	1,4	1,5	0,155	0,10333333	0,11071429	2	0,82
V6	1,4	1,8	0,155	0,08611111	0,11071429	2	0,86
V7	1,4	2,4	0,155	0,06458333	0,11071429	2	0,86
V12	2,2	3,6	0,155	0,04305556	0,07045455	1	0,91



Fachada SO							
Tipo de hueco	Altura del hueco H	Longitud del hueco W	Retranqueo del hueco R	R/W	R/H	Unidades	Factor de sombra retranqueo Fs
V11	2,2	2,8	0,155	0,05535714	0,07045455	1	0,86

**Tabla 12** cálculo factor de sombra por retranqueo según orientación

En el caso de las fachadas con orientación sureste y oeste, en algunas de sus ventanas tienen la particularidad de tener factor de sombra por retranqueo, que es la separación a la línea de fachada y factor de sombra por voladizo, que es el creado por una parte opaca saliente que le hace obstáculo a la incidencia solar, en este caso, es por este motivo que al no poder realizar la suma se escogerá la más desfavorable en cada caso.

Fachada SE									
Tipo de hueco	Altura del hueco H	Longitud del voladizo L	Altura del dintel D	L/H	D/H	Uds.	Factor de sombra voladizo Fs	Factor de sombra retranqueo Fs	Factor de sombra Hueco Fs
V1	0,6	1,155	0,3	1,925	0,5	2	0,6	0,56	0,6
V2	0,6	1,155	0,3	1,925	0,5	1	0,6	0,59	0,6
V4	1,4	1,155	0,3	0,825	0,21429	1	0,82	0,74	0,82
V8	1,4	1,155	0,3	0,825	0,21429	1	0,82	0,79	0,82
V10	2,2	1,155	0,3	0,525	0,13636	2	0,71	0,81	0,81
P1	2,5	1,155	0,3	0,462	0,12	1	0,9	0,81	0,9

Fachada O									
Tipo de hueco	Altura del hueco H	Longitud del voladizo L	Altura del dintel D	L/H	D/H	Uds.	Factor de sombra voladizo $g_{\perp}$	Factor de sombra retranqueo Fs	Factor de sombra Hueco Fs
V5	1,4	1,155	0,3	0,825	0,21429	2	0,86	0,82	0,86

**Tabla 13** cálculo factor de sombra mayor retranqueo o voladizo según orientación

De esta manera obtenemos los factores solares en cada orientación y su factor solar de hueco medio.

Fachada SE									
Tipo de hueco	Factor de sombra Hueco $F_s$	FM	Factor solar vidrio $g_{\perp}$	Transmitancia térmica $U_m$ (W/m <sup>2</sup> °K)	Absortividad del marco $\alpha$	Factor solar de Hueco $F_H$	Superficie del Hueco $A_h$	$A_h F_h$	Factor solar de Hueco medio $F_{Hm}$
V1	0,6	0,595	0,85	2,380952	0,75	0,23205	1,44	0,33415	
V2	0,6	0,595	0,85	2,380952	0,75	0,23205	1,44	0,33415	
V3	0,74	0,44071	0,85	2,380952	0,75	0,37509	1,68	0,63014	
V4	0,82	0,40224	0,85	2,380952	0,75	0,4402	1,96	0,86278	
V8	0,82	0,40224	0,85	2,380952	0,75	0,4402	3,92	1,72557	
V9	0,79	0,35187	0,85	2,380952	0,75	0,45507	15,12	6,8807	
V10	0,81	0,16102	0,85	2,380952	0,75	0,58695	5,28	3,09911	
P1	0,9	0,2994	0,85	2,380952	0,75	0,55521	3,75	2,08202	
P2	0,81	0,32319	0,85	2,380952	0,75	0,48468	2,16	1,04691	
							36,75	16,9955	0,4625

Fachada O									
Tipo de hueco	Factor de sombra Hueco $F_s$	FM	Factor solar vidrio $g_{\perp}$	Transmitancia térmica $U_m$ (W/m <sup>2</sup> °K)	Absortividad del marco $\alpha$	Factor solar de Hueco $F_H$	Superficie del Hueco $A_h$	$A_h F_h$	Factor solar de Hueco medio $F_{Hm}$
V4	0,82	0,40224	0,85	2,380952	0,75	0,4402	1,96	0,86278	
V5	0,86	0,38686	0,85	2,380952	0,75	0,47197	4,2	1,98228	
V6	0,86	0,35187	0,85	2,380952	0,75	0,4954	5,04	2,4968	
V7	0,86	0,44071	0,85	2,380952	0,75	0,43591	6,72	2,92932	
V12	0,91	0,29401	0,85	2,380952	0,75	0,5652	7,92	4,47635	
							25,84	12,7475	0,4933

Fachada SO									
Tipo de hueco	Factor de sombra Hueco $F_s$	FM	Factor solar vidrio $g_{\perp}$	Transmitancia térmica $U_m$ (W/m <sup>2</sup> °K)	Absortividad del marco $\alpha$	Factor solar de Hueco $F_H$	Superficie del Hueco $A_h$	$A_h F_h$	Factor solar de Hueco medio $F_{Hm}$
V11	0,86	0,16102	0,85	2,380952	0,75	0,62318	6,16	3,83881	0,6232

Tabla 14 cálculo factor solar de hueco medio  $F_{Hm}$  según orientación

### 3.3 Comparación de los parámetros característicos medios con los valores límite

En la siguiente tabla realizaremos las comparaciones y comprobaciones de si los diferentes parámetros característicos obtenidos con la opción simplificada de cada una de las transmitancias térmicas de los cerramientos que conforman la envolvente térmica son inferiores al valor máximo.

En la misma tabla calcularemos la media de los distintos parámetros característicos y, finalmente los compararemos con los valores límite si son inferiores a los valores límite para cumplir con la norma. Para hacerlo más fácil al lector los valores comprobados que cumplan con la norma su color de fuente será verde y si no cumple roja.

Cerramientos y particiones interiores	Componentes		Orientación	% huecos	Area (m <sup>2</sup> )	Transmitancia termica U (W/m <sup>2</sup> °K)	Ulim (W/m <sup>2</sup> °K)	A*U (W/°K)	U <sub>m</sub> (W/m <sup>2</sup> °K)	U <sub>Lim</sub> (W/m <sup>2</sup> °K)
CUBIERTAS	C1	En contacto con el aire			136,707	1,039964141	0,53	142,17	1,03996	0,41
	C2	En contacto con espacio no habitable			0	0		0		
FACHADAS	M1	Muro en contacto con el aire			239,22	1,969851307	0,95	471,23	2,05458	0,73
	P <sub>F1</sub>	Puente Térmico (contorno de huecos>0,5 m <sup>2</sup> )			33,387	2,394851415	0,95	79,957		
	P <sub>F2</sub>	Puente Térmico (pilares de fachada>0,5 m <sup>2</sup> )			21,75	2,46418173	0,95	53,596		
	P <sub>F3</sub>	Puente Térmico (cajas de persiana>0,5 m <sup>2</sup> )			0	0		0		
	U <sub>H</sub>	Transmitancia térmica huecos	SE	29,37%	36,75	4,573722127	4,4	168,08	4,57372	4,3
	U <sub>H</sub>	Transmitancia térmica huecos	N	26,33%	10,08	4,56266062	4,4	45,992	4,56266	2,9
	U <sub>H</sub>	Transmitancia térmica huecos	O	29,98%	25,84	4,512587313	4,4	116,61	4,51259	3,3
	U <sub>H</sub>	Transmitancia térmica huecos	SO	14,96%	6,16	4,638966637	4,4	28,576	4,63897	4,4
	F <sub>H</sub>	Transmitancia factor solar huecos	SE	29,37%	36,75	0,462463631		16,996	0,46246	-
	F <sub>H</sub>	Transmitancia factor solar huecos	N	26,33%	0	0		0	0	0
	F <sub>H</sub>	Transmitancia factor solar huecos	O	29,98%	25,84	0,493325277		12,748	0,49333	0,6
	F <sub>H</sub>	Transmitancia factor solar huecos	SO	14,96%	6,16	0,623183782		3,8388	0,62318	-
SUELOS	S1	Apoyados sobre el terreno			111,05	1,183312	0,65	131,41	1,29652	0,5
	S2	En contacto con espacio no habitable			0	0		0		
	S3	En contacto con el aire			27,5775	1,752379396	0,65	48,326		

**Tabla 15 comparativa de los parámetros medios con los valores límite**

Excepto la transmitancia del factor solar de huecos todos los cerramientos del edificio no cumplen el nuevo código técnico.

Las diferencias son muy grandes y vienen debidas a que no existen en la composición de los diferentes cerramientos materiales aislantes propiamente dichos.

### 3.4 Opción general

Procedemos a introducir los datos solicitados por el programa de Limitación de la Demanda Energética, LIDER v 1.0.

Las características de los distintos cerramientos y su composición de materiales son las mismas que las utilizadas en la opción simplificada, así que del mismo modo se incluyen en el programa.

Las dimensiones de los cerramientos se toman de los planos, se crean las plantas y los espacios y de ahí se procede a un levantamiento en 3D dimensionando todos los cerramientos exteriores (muros exteriores, cubierta, suelos, ventanas y puertas), incluido los voladizos y pantallas laterales existentes. En la opción simplificada no se tenían en cuenta estas últimas.

El programa nos solicita que tipo de carga interna y dentro de la alta diferencia según el uso horario, nosotros hemos escogido alta carga interna 12h. También nos solicita el grado higrométrico que en nuestro caso es de clase 3.

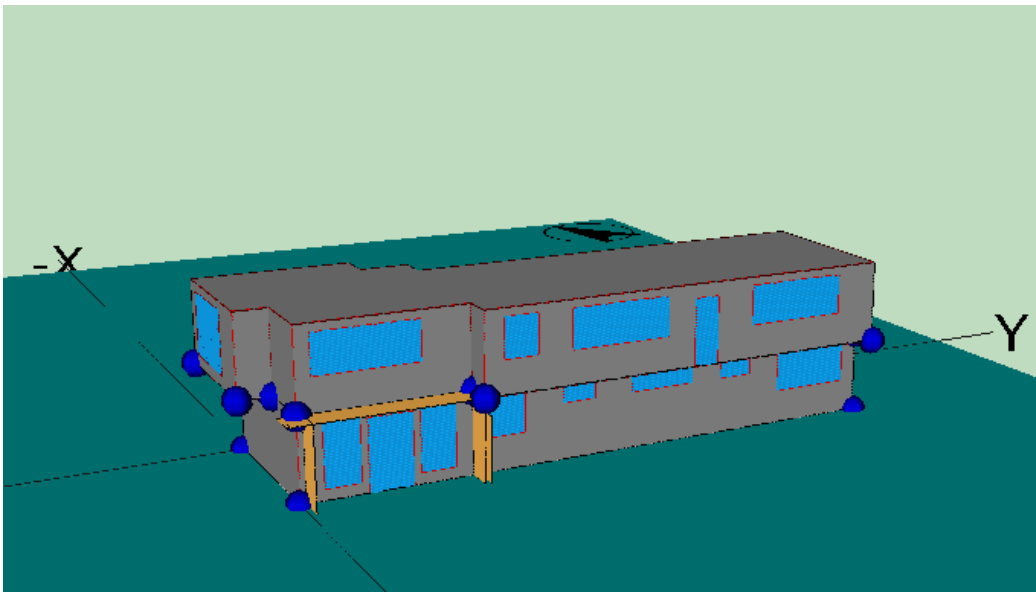
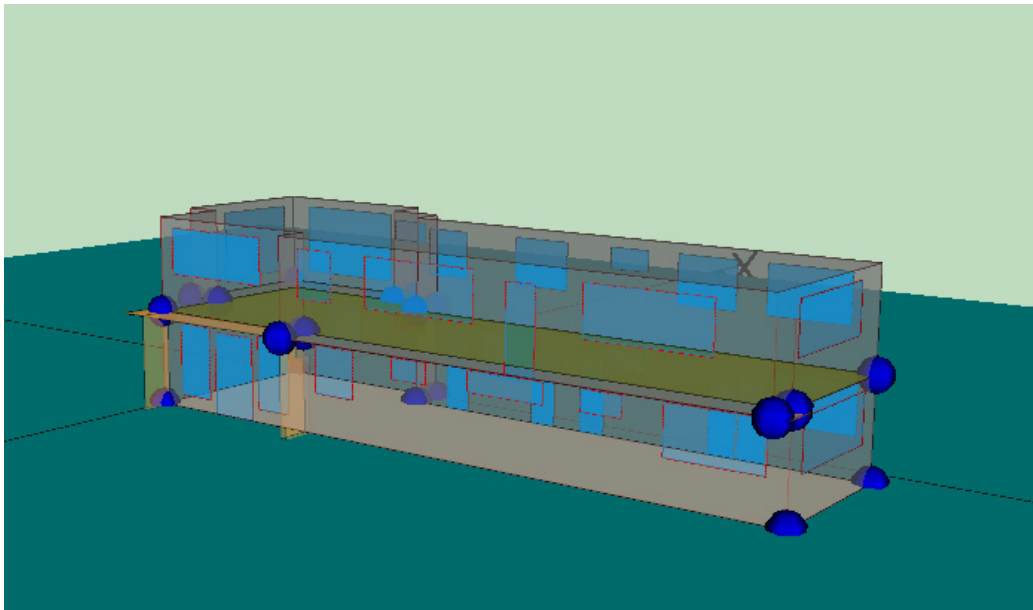


Fig. 1 modelización del edificio mediante programa LIDER



**Fig. 2 modelización del edificio mediante programa LIDER cerramientos transparentes**

Los valores obtenidos por el programa LIDER no dejan lugar a dudas en que no se cumple la norma en la gran mayoría de exigencias básicas en la limitación de la demanda energética del edificio. Al final del proceso nos da la demanda de refrigeración (verano) que estima en  $163,5 \text{ W/m}^2$  y de calefacción (invierno)  $67,5 \text{ W/m}^2$ . Tan solo se cumple la norma en algunas ventanas, parecido a lo obtenido en la opción simplificada ya que era el factor solar de los huecos y en el LIDER, el programa al modelar un edificio de referencia para calcular los parámetros de un hueco no separa el factor solar y la transmitancia térmica del hueco, sino que los calcula en el conjunto del mismo hueco, por otra parte la opción simplificada es más genérica ya que une todos los parámetros por fachadas orientadas, y en cambio el LIDER lo hace hueco por hueco, es por este motivo que hay varias ventanas que si que nos cumplen en LIDER.

Otras comprobaciones realizadas por el LIDER y no efectuadas por la opción simplificada son la permeabilidad de los huecos, así como las condensaciones superficiales.

A continuación realizaremos una comparación entre los valores obtenidos por la opción simplificada y por la opción general para poder comentarlos.

	U ( $\text{W/m}^2\text{°K}$ ) opción simplificada	U ( $\text{W/m}^2\text{°K}$ ) opción general	Ulim ( $\text{W/m}^2\text{°K}$ )
Fachada	1,96985131	1,95	0,73
Cubierta	1,03996414	0,88	

			0,41
Suelo contacto terreno	1,183312	0,89	0,5
Suelo contacto aire exterior	1,7523794	1,87	0,5

**Tabla 16 comparativa de los parámetros medios opción simplificada y general con los valores límite**

De los datos obtenidos en las dos opciones podemos observar, que contrariamente a lo que se esperaba los datos obtenidos del LIDER son mejores que los de la opción simplificada, aunque hay que destacar que la diferencia entre ellos no son muy importantes.

Únicamente en el caso del suelo en contacto con el aire exterior es mejor el resultado obtenido con la opción simplificada. El parámetro que dista más de una opción a otra es el de suelo en contacto en terreno, pero podríamos asegurar que se debe a que en el LIDER, se tiene en cuenta la transmitancia térmica de la solera con el terreno, en cambio en la opción simplificada solo da énfasis a si la solera dispone de banda aislante perimetral.

Además el LIDER separa la transmitancia por un lado y el aislamiento perimetral de la solera por otro y no realiza los cálculos de los valores medios de las transmitancias de los cerramientos si no cumple en toda su totalidad con los valores límite.

En resumen, cabe destacar que de las dos opciones la opción simplificada es la de mayor simplicidad de cálculo. Por otro lado, en la opción general al utilizar el programa LIDER uno debe antes familiarizarse con este programa y es una herramienta eficaz, al realizar automáticamente los cálculos pero en su contra tenemos que realizar varios procesos previos como es el de volver a dibujar la distribución de las plantas, crear los cerramientos y composición de los mismos en la base de datos. Además la opción general evalúa la demanda energética de una forma directa y tanto para periodos invernales (calefacción) como estivales (refrigeración), en cambio la opción simplificada lo hace de una forma indirecta estableciendo ciertos parámetros límite.

### **3.5 Diagnósis**

Los resultados obtenidos nos muestran ciertas desviaciones en la eficiencia energética de la envolvente térmica del edificio. Entender las causas posibles son las bases para proponer las mejoras a realizar, en pro del ahorro energético. Posteriormente se estudiarían su viabilidad económica y sus tiempos de reembolso.

Cerramientos	Desviaciones	Causas posibles	Propuesta de mejoras
Fachada	Las transmitancias térmicas son muy elevadas en comparación con los valores límite de la norma	La inexistencia de material aislante en la composición de sus muros	Aislar los muros interiormente
Cubierta	Las transmitancias térmicas son muy elevadas en comparación con los valores límite de la norma	La inexistencia de material aislante en la composición de su cerramiento al exterior.	Levantar la cubierta y volver a realizar una cubierta invertida, en la que el aislante queda por encima de la impermeabilización, y no transitable, ya que el uso que se realiza de ella es únicamente técnico para mantenimiento de las maquinas de clima.
Suelos en contacto con el aire	Las transmitancias térmicas son muy elevadas en comparación con los valores límite de la norma	La inexistencia de material aislante en la composición de su cerramiento al exterior.	Aislar exteriormente los suelos
Suelos en contacto con el terreno	Las transmitancias térmicas son bastante elevadas en comparación con los valores límite de la norma	La inexistencia de material aislante en la composición de su cerramiento al contacto con el terreno	Aislar el contacto directo del terreno al suelo
Huecos de Fachada	Las transmitancias térmicas son elevadas en comparación con los valores límite de la norma, pero no tanto gracias al buen comportamiento aislante de la madera	El acristalamiento simple de las ventanas	Reemplazar el acristalamiento simple por uno doble

**Tabla 17** diagnóstico de envolvente térmica del edificio y propuestas de mejora

### 3.6 Levantamiento de datos

Para poder realizar los cálculos de los consumos eléctricos en la oficina se ha realizado un inventario que nos servirá como herramienta de trabajo para poder cuantificar los consumos, en que se utilizan y donde se realizan. Los datos recogidos en el inventario son una herramienta muy útil para conocer a fondo el consumo que se realiza, a continuación diferenciaremos algunos puntos estudiados como son:

- **Horarios**, tanto generales del espacio estudiado como en particular del uso que realizan los trabajadores con los diferentes aparatos eléctricos
- **Nº de usuarios**, aquí se engloban los trabajadores y sus hábitos horarios, como las visitas que se realizan diariamente.
- **Potencia de iluminación**, tanto la del alumbrado instalado como la de los aparatos de apoyo
- **Potencia de aparatos de fuerza**, todo el resto de aparatos eléctricos que generan consumo en la oficina, así como sus tiempos de utilización,
- **Potencia de aparatos de climatización**, cabe recordar que se consideran los climatizadores individuales de apoyo como consumo de fuerza.

#### 3.6.1 Inventario

El inventario no deja de ser mas que una hoja de campo con la que anotar las observaciones y características de los comportamientos de los trabajadores y uso de las instalaciones.

Este levantamiento de datos se realiza en cada espacio y está compuesto por las siguientes especificaciones:

- Uso del espacio
- Nº de usuarios habituales
- Horarios
- Superficie
- Potencia de iluminación instalada (tanto la instalada como la de refuerzo)
- Potencia de fuerza de los aparatos usados (ordenadores, impresoras, etc..)
- Potencia de los aparatos climatizadores individuales (estufas, ventiladores, etc.)



Tablas 18 Hojas de inventario para cada espacio

<b>Espacio</b>
Código n°:01

**INVENTARIO DEL CONSUMO DE LAS INSTALACIONES**

Uso del espacio	Recepción
N° de usuarios habituales	1 + publico
Horarios	7h-20h
m2	23,45

<b>1 ILUMINACIONN</b>			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Fluorescente	8	72	576
b. Mesa	2	30	60
<b>Potencia Total</b>			636

<b>2 FUERZA</b>			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Ordenadores	1	260	260
b. Impresoras	2	50	100
c. Fotocopiadora/Fax	1	100	100
d. Centralita	1	45	45
e. Router/Servidor	1	25	25
<b>Potencia Total</b>			530

<b>3 ACOND. CLIMATICO Generador de Frio</b>			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Difusor	2		
b. Retorno	1		
<b>Potencia Total</b>			0

<b>3 ACOND. CLIMATICO Generador de Calor</b>			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Radiador	1	1000	1000
b. Difusor	2		
c. Retorno	1		
<b>Potencia Total</b>			1000

<b>Espacio</b>
Código n°:02

Uso del espacio	Armario limpieza
N° de usuarios habituales	
Horarios	5 min/dia
m2	1,32

**INVENTARIO DEL CONSUMO DE LAS INSTALACIONES**

<u>1</u> <b>ILUMINACION</b>			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Incandescente	1	25	25
<b>Potencia Total</b>			25

<b>2 FUERZA</b>			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
			0
<b>Potencia Total</b>			0

<b>3 ACOND. CLIMATICO Generador de Frio</b>			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
<b>Potencia Total</b>			0

<b>3 ACOND. CLIMATICO Generador de Calor</b>			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
<b>Potencia Total</b>			0

Espacio
Código n°:03

INVENTARIO DEL CONSUMO DE LAS  
INSTALACIONES

Uso del espacio	Servicio 1
N° de usuarios habituales	1
Horarios	3-4 min/h
m2	2,89

1 ILUMINACION			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Halógeno	1	50	50
Potencia Total			50

2 FUERZA			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Secador manos	1	1300	1300
b. Extractor	1	350	350
Potencia Total			1650

3 ACOND. CLIMATICO Generador de Frio			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
Potencia Total			0

3 ACOND. CLIMATICO Generador de Calor			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
Potencia Total			0

Espacio
Código n°:04

INVENTARIO DEL CONSUMO DE LAS  
INSTALACIONES

Uso del espacio	Oficina 1
N° de usuarios habituales	3
Horarios	9h/dia
m2	9,2

1 ILUMINACION			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Fluorescente	4	72	288
b. Mesa	3	30	90
Potencia Total			378

2 FUERZA			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Ordenadores	3	260	780
b. Impresoras	1	50	50
Potencia Total			830

3 ACOND. CLIMATICO Generador de Frio			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Difusor	1		
b. Retorno			
Potencia Total			0

3 ACOND. CLIMATICO Generador de Calor			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Radiador	1	1000	1000
b. Difusor	1		
c. Retorno	1		
Potencia Total			1000

Espacio
Código n°:05

INVENTARIO DEL CONSUMO DE LAS  
INSTALACIONES

Uso del espacio	Office
N° de usuarios habituales	
Horarios	7h-20h
m2	13,8

1 ILUMINACION			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Fluorescente	4	72	288
Potencia Total			288

2 FUERZA			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Microondas	1	900	900
b. Nevera	1	200	200
c. Maquina café	1	1000	1000
d. Disp. Bebidas	1	750	750
Potencia Total			2850

3 ACOND. CLIMATICO Generador de Frio			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Difusor	1		
b. Retorno	1		
Potencia Total			0

3 ACOND. CLIMATICO Generador de Calor			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Difusor	1		
b. Retorno	1		
Potencia Total			0

Espacio
Código n°:06

INVENTARIO DEL CONSUMO DE LAS INSTALACIONES

Uso del espacio	Baños Personal
N° de usuarios habituales	
Horarios	8-10 min/h
m2	14,26

1 ILUMINACION			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Fluorescente	6	72	432
b. Halógeno	3	50	150
Potencia Total			582

2 FUERZA			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Secador manos	2	1300	2600
b. Extractor	3	350	1050
c. Caldera electr.	1	1200	1200
Potencia Total			4850

3 ACOND. CLIMATICO Generador de Frio			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Difusor	1		
b. Retorno	1		
Potencia Total			0

3 ACOND. CLIMATICO Generador de Calor			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Difusor	1		
b. Retorno	1		
Potencia Total			0

Espacio
Código n°:07

INVENTARIO DEL CONSUMO DE LAS  
INSTALACIONES

Uso del espacio	Almacén
N° de usuarios habituales	
Horarios	5 min/día
m2	11,5

1 ILUMINACION			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Fluorescente	2	72	144
Potencia Total			144

2 FUERZA			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
			0
Potencia Total			0

3 ACOND. CLIMATICO Generador de Frio			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
Potencia Total			0

3 ACOND. CLIMATICO Generador de Calor			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
Potencia Total			0

Espacio
Código n°:08

INVENTARIO DEL CONSUMO DE LAS  
INSTALACIONES

Uso del espacio	Oficina 2
N° de usuarios habituales	4
Horarios	9h/dia
m2	16,56

1 ILUMINACION			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Fluorescente	6	72	432
b. Mesa	4	30	120
Potencia Total			552

2 FUERZA			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Ordenadores	4	260	1040
b. Impresoras	2	50	100
Potencia Total			1140

3 ACOND. CLIMATICO Generador de Frio			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Difusor	1		
b. Retorno	1		
Potencia Total			0

3 ACOND. CLIMATICO Generador de Calor			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Radiador	2	1000	2000
b. Difusor	1		
c. Retorno	1		
Potencia Total			2000



Espacio
Código n°:09

INVENTARIO DEL CONSUMO DE LAS  
INSTALACIONES

Uso del espacio	Escalera
N° de usuarios habituales	
Horarios	7h-20h
m2	2,62

1 ILUMINACION			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Incandescente	1	60	60
Potencia Total			60

2 FUERZA			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
			0
Potencia Total			0

3 ACOND. CLIMATICO Generador de Frio			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
Potencia Total			0

3 ACOND. CLIMATICO Generador de Calor			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
Potencia Total			0

Espacio
Código n°:10

INVENTARIO DEL CONSUMO DE LAS  
INSTALACIONES

Uso del espacio	Sala de Juntas
N° de usuarios habituales	
Horarios	1h/día
m2	21,6

1 ILUMINACION			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Fluorescente	4	72	288
b. Halógenos	4	50	200
Potencia Total			488

2 FUERZA			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. TV+video	1	25	25
			0
Potencia Total			25

3 ACOND. CLIMATICO Generador de Frio			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Difusor	2		
b. Retorno	1		
Potencia Total			0

3 ACOND. CLIMATICO Generador de Calor			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Difusor	2		
b. Retorno	1		
Potencia Total			0

Espacio
Código n°:10bis

Uso del espacio	Servicio 2
N° de usuarios habituales	1
Horarios	24-32 min/mes
m2	2,89

INVENTARIO DEL CONSUMO DE LAS INSTALACIONES

1 ILUMINACION			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Halógeno	1	50	50
Potencia Total			50

2 FUERZA			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Secador manos	1	1300	1300
b. Extractor	1	350	350
Potencia Total			1650

3 ACOND. CLIMATICO Generador de Frio			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
Potencia Total			0

3 ACOND. CLIMATICO Generador de Calor			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
Potencia Total			0

Espacio
Código n°:11

INVENTARIO DEL CONSUMO DE LAS  
INSTALACIONES

Uso del espacio	Sala de espera 1
N° de usuarios habituales	
Horarios	7h-20h
m2	13,13

1 ILUMINACION			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Fluorescente	2	72	144
b. Mesa	1	60	60
Potencia Total			204

2 FUERZA			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Maquina café	1	1000	1000
			0
Potencia Total			1000

3 ACOND. CLIMATICO Generador de Frio			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Difusor	1		
b. Retorno	1		
Potencia Total			0

3 ACOND. CLIMATICO Generador de Calor			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Difusor	1		
b. Retorno	1		
Potencia Total			0

Espacio
Código n°:12

INVENTARIO DEL CONSUMO DE LAS  
INSTALACIONES

Uso del espacio	Sala de espera 2
N° de usuarios habituales	
Horarios	7h-20h
m2	6,63

1 ILUMINACION			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Fluorescente	2	72	144
Potencia Total			144

2 FUERZA			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
			0
Potencia Total			0

3 ACOND. CLIMATICO Generador de Frio			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Difusor	1		
Potencia Total			0

3 ACOND. CLIMATICO Generador de Calor			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Difusor	1		
Potencia Total			0

Espacio
Código n°:13

Uso del espacio	Despacho n° 1
N° de usuarios habituales	1
Horarios	9h/dia
m2	10,35

INVENTARIO DEL CONSUMO DE LAS INSTALACIONES

1 ILUMINACION			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Fluorescente	4	72	288
b. Mesa	1	30	30
Potencia Total			318

2 FUERZA			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Ordenadores	1	400	400
b. Impresoras	1	50	50
Potencia Total			450

3 ACOND. CLIMATICO Generador de Frio			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Difusor	1		
b. Retorno	1		
Potencia Total			0

3 ACOND. CLIMATICO Generador de Calor			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Difusor	1		
b. Retorno	1		
Potencia Total			0

Espacio
Código n°:14

INVENTARIO DEL CONSUMO DE LAS  
INSTALACIONES

Uso del espacio	Pasillo
N° de usuarios habituales	
Horarios	7h/20h
m2	7,67

1 ILUMINACION			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Fluorescente	2	72	144
Potencia Total			144

2 FUERZA			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
			0
Potencia Total			0

3 ACOND. CLIMATICO Generador de Frio			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Retorno	1		
Potencia Total			0

3 ACOND. CLIMATICO Generador de Calor			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Retorno	1		
Potencia Total			0

Espacio
Código n°:15

Uso del espacio	Despacho n° 2
N° de usuarios habituales	1
Horarios	9h/dia
m2	10,35

INVENTARIO DEL CONSUMO DE LAS INSTALACIONES

1 ILUMINACION			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Fluorescente	4	72	288
b. Mesa	1	30	30
Potencia Total			318

2 FUERZA			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Ordenadores	1	400	400
b. Impresoras	1	50	50
Potencia Total			450

3 ACOND. CLIMATICO Generador de Frio			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Difusor	1		
b. Retorno	1		
Potencia Total			0

3 ACOND. CLIMATICO Generador de Calor			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Difusor	1		
b. Retorno	1		
Potencia Total			0



Espacio
Código n°:15bis

INVENTARIO DEL CONSUMO DE LAS  
INSTALACIONES

Uso del espacio	Servicio 3
N° de usuarios habituales	1
Horarios	2 min/h
m2	2,18

1 ILUMINACION			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Halógeno	1	50	50
Potencia Total			50

2 FUERZA			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Secador manos	1	1300	1300
b. Extractor	1	350	350
Potencia Total			1650

3 ACOND. CLIMATICO Generador de Frio			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
Potencia Total			0

3 ACOND. CLIMATICO Generador de Calor			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
Potencia Total			0

Espacio
Código n°:16

Uso del espacio	Servicio 4
N° de usuarios habituales	1
Horarios	3-4 min/h
m2	2,02

INVENTARIO DEL CONSUMO DE LAS INSTALACIONES

1 ILUMINACION			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Halógeno	1	50	50
Potencia Total			50

2 FUERZA			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Secador manos	1	1300	1300
b. Extractor	1	350	350
Potencia Total			1650

3 ACOND. CLIMATICO Generador de Frio			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
Potencia Total			0

3 ACOND. CLIMATICO Generador de Calor			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
Potencia Total			0

Espacio
Código n°:17

INVENTARIO DEL CONSUMO DE LAS  
INSTALACIONES

Uso del espacio	Servicio 5
N° de usuarios habituales	1
Horarios	3-4 min/h
m2	2,33

1 ILUMINACION			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Halógeno	1	50	50
Potencia Total			50

2 FUERZA			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Secador manos	1	1300	1300
b. Extractor	1	350	350
Potencia Total			1650

3 ACOND. CLIMATICO Generador de Frio			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
Potencia Total			0

3 ACOND. CLIMATICO Generador de Calor			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
Potencia Total			0

Espacio
Código n°:18

Uso del espacio	Pasillo servicio
N° de usuarios habituales	1
Horarios	6-8 min/h
m2	1,25

INVENTARIO DEL CONSUMO DE LAS INSTALACIONES

1 ILUMINACION			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Halógeno	1	50	50
Potencia Total			50

2 FUERZA			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
			0
Potencia Total			0

3 ACOND. CLIMATICO Generador de Frio			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
Potencia Total			0

3 ACOND. CLIMATICO Generador de Calor			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
Potencia Total			0

Espacio
Código n°:19

Uso del espacio	Oficina 3
N° de usuarios habituales	8
Horarios	9h/dia
m2	27,02

INVENTARIO DEL CONSUMO DE LAS INSTALACIONES

1 ILUMINACION			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Fluorescente	8	72	576
b. Mesa	8	30	240
Potencia Total			816

2 FUERZA			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Ordenadores	8	400	3200
b. Impresoras	3	50	150
c. Fotocopiadora	1	800	800
Potencia Total			4150

3 ACOND. CLIMATICO Generador de Frio			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Difusor	2		
b. Retorno	1		
Potencia Total			0

3 ACOND. CLIMATICO Generador de Calor			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Radiador	3	1000	3000
b. Difusor	2		
c. Retorno	1		
Potencia Total			3000

Espacio
Código n°:20

INVENTARIO DEL CONSUMO DE LAS INSTALACIONES

Uso del espacio	Sala reuniones
N° de usuarios habituales	
Horarios	2h/dia
m2	7,52

1 ILUMINACION			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Fluorescente	2	72	144
Potencia Total			144

2 FUERZA			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
			0
Potencia Total			0

3 ACOND. CLIMATICO Generador de Frio			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Difusor	1		
b. Retorno	1		
Potencia Total			0

3 ACOND. CLIMATICO Generador de Calor			
Elemento	Unidades	Pot.unit. (W)	Pot. (W)
a. Difusor	1		
b. Retorno	1		
Potencia Total			0

## 4 Los consumos eléctricos del edificio

Los consumos eléctricos del edificio están compuestos por tres tipos, como son:

- **Iluminación y fuerza**, en el que se agrupa todos los consumos producidos por el alumbrado, ya sea el instalado o de apoyo y el de la suma de todos los aparatos eléctricos que enchufamos a la red (incluidos los aparatos adicionales de climatización como son las estufas, los radiadores, etc.), exceptuando los que se generan de los dos siguientes tipo.
- **Climatización**, en el que están agrupados todos los aparatos de climatización (excepto los mencionados anteriormente, que se consideran únicamente como consumo de fuerza).
- **Agua caliente sanitaria (ACS)**, en el que se agrupan aquellos aparatos destinados a calentar el agua de uso sanitario. (En nuestro caso como en el caso de los radiadores antes mencionados, solo lo tendremos en consideración como consumo de fuerza). En este proyecto no se ha considerado la instalación de energía solar térmica debido al poco consumo de agua caliente sanitaria (ACS).

En nuestro caso, como hemos mencionado anteriormente, solo se realiza consumo eléctrico y el consumo del uso de agua económicamente hablando es irrisorio en comparación con el eléctrico es por este motivo que no se tiene en consideración.

### 4.1 Iluminación y fuerza

La iluminación supone uno de los principales puntos de consumo energético de un edificio de oficinas, por lo que cualquier actuación dirigida a reducir este consumo tendrá una repercusión substancial en el consumo energético global. Hay que contar además con que los sistemas de iluminación también inciden sobre el consumo global de energía de la oficina a través de la energía disipada por las lámparas en forma de calor, lo cual contribuye a aumentar las temperaturas interiores y, por lo tanto, a incrementar las necesidades de refrigeración en época de verano.

Desde el punto de vista energético y medioambiental, podemos destacar que aunque el peso específico de la iluminación respecto al consumo total de energía de una oficina, varía entre un 20% y un 40% según la zona geográfica donde esté ubicada, hay que resaltar que el consumo en iluminación de este sector es de unos 3.900 GWh/año, lo que representa en torno al 2% del consumo eléctrico nacional y es responsable de la emisión a la atmósfera de 2.340.000 toneladas de CO<sub>2</sub>/año.

Pero lo más destacado del sector de la iluminación en oficinas, es que se estima que tiene un potencial de ahorro del 40%, lo que supondría reducir las emisiones en unas 936.000 toneladas de CO<sub>2</sub>/año.

Por tanto, es muy importante la utilización de iluminación eficiente, mediante luminarias de alto rendimiento, que incorporen equipos de bajo consumo y lámparas de alta relación lumen/watio, unidas al uso de sistemas de regulación y control adecuados a las necesidades del local a iluminar, lo que permitirá tener unos buenos niveles de confort sin sacrificar la eficiencia energética.

En el ámbito de uso de la fuerza cabe destacar que en la actualidad el tiempo de ocupación de una estación de trabajo en la oficina ha descendido hasta el 5%, lo que se traduce en un claro desaprovechamiento de las instalaciones.

La era digital en la que hemos entrado permite contemplar nuevos conceptos de oficinas en términos no ya espaciales sino en operacionales como equipo, combinación o simplificación. Unas instalaciones de oficinas tan flexibles que podrían ahorrar hasta el 50% del espacio y aumentar la productividad en más del 40%.

Casi todos los empleados utilizan ahora un ordenador en actividades como el tratamiento de textos, las bases de datos, las hojas de cálculo o el dibujo. Junto con el ordenador, las impresoras y los plotters han ido entrando en escena para sustituir progresivamente al papel y

al lápiz, del mismo modo el papel carbón ha sido reemplazado por las fotocopias. Además de usar los servicios de correo y mensajería, también enviamos mensajes por fax y por correo electrónico. En muchas ocasiones ya no es necesario que empleados que trabajan en diferentes ciudades o incluso países se desplacen para reunirse, pueden hacerlo mediante vídeo-conferencia.

Aparte de las instalaciones técnicas las de soporte han visto igualmente aumentar su presencia. Ahora se han generalizado las salas de reunión o de juntas, a menudo provistas de sofisticados equipos de presentaciones y las comodidades de servicios de cafetería.

Observando esta evolución sorprende lo poco que ha cambiado el concepto espacial de la oficina.

En nuestro proyecto no hemos considerado el cambio de las líneas eléctricas, ni tanto de alumbrado como de fuerza, porque nuestra intención es comparar el Valor de la Eficiencia Energética de la Instalación (VEEI) del proyecto con el VEEI máximo definido por el DB HE 3 del Código Técnico en cada espacio.

Por lo tanto, las líneas no se van a sobrecargar, con lo cual sería necesario hacer un redimensionamiento de las mismas según la norma (RITE), sino todo lo contrario, ya que al mejorar la eficiencia energética de la instalación estamos disminuyendo la potencia consumida, que es directamente proporcional con la intensidad eléctrica como dice la fórmula.

$$P = V \times I$$

Donde:

P es la potencia eléctrica (W)

V es el voltaje nominal de la carga (V)

I es la intensidad o corriente eléctrica (A)

#### 4.1.1 Análisis

Para poder realizar los cálculos de los consumos eléctricos en la oficina se ha realizado un inventario que nos servirá como herramienta de trabajo para poder cuantificar los consumos, en que se utilizan y donde se realizan. Los datos recogidos en el inventario útiles para este fin son:

- **Horarios** , tanto generales del espacio estudiado como en particular del uso que realizan los trabajadores con los diferentes aparatos eléctricos
- **Nº de usuarios** , aquí se engloban los trabajadores y sus hábitos horarios, como las visitas que se realizan diariamente.



- **Potencia de iluminación**, tanto la del alumbrado instalado como la de los aparatos de apoyo
- **Potencia de aparatos de fuerza**, todo el resto de aparatos eléctricos que generan consumo en la oficina, así como sus tiempos de utilización,
- **Potencia de aparatos de climatización**, cabe recordar que se consideran los climatizadores individuales de apoyo como consumo de fuerza.

#### 4.1.1.1 Valor de la Eficiencia Energética de la Instalación –VEEI

La eficiencia energética de una instalación de iluminación de una zona, se determinará mediante el valor de eficiencia energética de la instalación VEEI ( $\text{W/m}^2$ ) por cada 100 lux mediante la siguiente expresión:

$$\text{VEEI} = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m}$$

Siendo:

P la potencia de la lámpara más el equipo auxiliar [W];

S la superficie iluminada [ $\text{m}^2$ ];

$E_m$  la iluminancia media mantenida [lux]

Código Espacio	Uso	Ilum. recomendada (Lux)	Potencia instalada (W)	Área ( $\text{m}^2$ )	VEEI ( $\text{W/m}^2 \cdot 100\text{Lux}$ )	VEEI max. ( $\text{W/m}^2 \cdot 100\text{Lux}$ )
nº. 01	Recepción	300	636	23,45	9,04	3,5
nº. 02	Armario limpieza	100	25	1,32	18,94	3,5
nº. 03	Servicio 1	150	50	2,89	11,53	3,5
nº. 04	Oficina 1	500	378	9,2	8,22	3,5
nº. 05	Office	300	288	13,8	6,96	3,5
nº. 06	Baños Personal	150	582	14,26	27,21	3,5
nº. 07	Archivo	200	144	11,5	6,26	3,5
nº. 08	Oficina 2	500	552	16,56	6,67	3,5

nº. 09	Escalera	150	60	2,62	15,27	3,5
nº. 10	Sala de Juntas	500	488	21,6	4,52	3,5
nº. 10 bis	Servicio 2	150	50	2,89	11,53	3,5
nº. 11	Sala de espera 1	300	204	13,13	5,18	3,5
nº. 12	Sala de espera 2	300	144	6,63	7,24	3,5
nº. 13	Despacho nº 1	500	318	10,35	6,14	3,5
nº. 14	Pasillo	300	144	7,67	6,26	3,5
nº. 15	Despacho nº 2	500	318	10,35	6,14	3,5
nº. 15 bis	Servicio 3	150	50	2,18	15,29	3,5
nº. 16	Servicio 4	150	50	2,02	16,50	3,5
nº. 17	Servicio 5	150	50	2,33	14,31	3,5
nº. 18	Pasillo servicio	150	50	1,25	26,67	3,5
nº. 19	Oficina 3	500	816	27,02	6,04	3,5
nº. 20	Sala reuniones	500	144	7,52	3,83	3,5

**Tabla 1 Cálculo valores VEEI iluminación teórica existente**

Como podemos observar, la instalación del alumbrado es ineficiente, llegando en muchos espacios a ser un autentico despilfarro, en algunos puntos llegando a multiplicar por siete el VEEI máximo que nos da la norma.

Para poder realizar el cálculo de VEEI de la instalación, hemos tomado valores del Em que sale en la tabla 2.1 del DB HE3 Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación, así como también los valores aportados por la publicación “Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación-Oficinas” realizado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología, Instituto para la Diversificación y el Ahorro (IDAE) y el Comité Español de Iluminación.

Para poder observar la desviación que existe en el consumo eficiente de la instalación del alumbrado, calcularemos la potencia eficiente máxima para compararla con la instalada y la expndremos en otra tabla.

Código Espacio	Uso	Potencia luminaria instalada (W)	Potencia instalada (W)	Potencia eficiente máxima(W)
nº. 01	Recepción	8*72+2*30	636	246,225
nº. 02	Armario limpieza	1*25	25	4,62
nº. 03	Servicio 1	1*50	50	15,1725
nº. 04	Oficina 1	4*72+3*30	378	161
nº. 05	Office	4*72	288	144,9
nº. 06	Baños Personal	4*72+3*50	582	74,865
nº. 07	Archivo	2*72	144	80,5
nº. 08	Oficina 2	6*72+4*30	552	289,8
nº. 09	Escalera	1*60	60	13,755
nº. 10	Sala de Juntas	8*72+4*50	488	378
nº. 10 bis	Servicio 2	1*50	50	15,1725
nº. 11	Sala de espera 1	2*72+1*60	204	137,865
nº. 12	Sala de espera 2	2*72	144	69,615
nº. 13	Despacho nº 1	4*72+1*30	318	181,125
nº. 14	Pasillo	2*72	144	80,535
nº. 15	Despacho nº 2	4*72+1*30	318	181,125
nº. 15 bis	Servicio 3	1*50	50	11,445
nº. 16	Servicio 4	1*51	50	10,605
nº. 17	Servicio 5	1*52	50	12,2325
nº. 18	Pasillo servicio	1*53	50	6,5625
nº. 19	Oficina 3	8*72+8*30	816	472,85
nº. 20	Sala reuniones	2*72	144	131,6

**Tabla 2 Cálculo valores potencia eficiente máxima según VEEI norma**

Como ya hemos comentado todos los espacios son ineficientes en su iluminación, el único que se acerca al VEEI máximo es el alumbrado de la sala de reuniones

Codigo Espacio	Uso	Indice del Local (K)	Ilum. recomendada (Lux)	Potencia instalada (W)	Área (m <sup>2</sup> )	VEEI (W/m <sup>2</sup> .100Lux)	VEEI max. (W/m <sup>2</sup> .100Lux)
nº. 01	Recepción	1,411764	300	636	23,45	9,04	3,5
nº. 02	Armario limpieza	0,333333	100	25	1,32	18,94	3,5
nº. 03	Servicio 1	0,457142	150	50	2,89	11,53	3,5
nº. 04	Oficina 1	0,816326	500	378	9,2	8,22	3,5
nº. 05	Office	1,071428	300	288	13,8	6,96	3,5
nº. 06	Baños Personal	1,093474	150	582	14,26	27,21	3,5
nº. 07	Archivo	0,952381	200	144	11,5	6,26	3,5
nº. 08	Oficina 2	1,196013	500	552	16,56	6,67	3,5
nº. 09	Escalera	0,419047	150	60	2,62	15,27	3,5
nº. 10	Sala de Juntas	1,321044	500	488	21,6	4,52	3,5
nº. 10 bis	Servicio 2	0,457142	150	50	2,89	11,53	3,5
nº. 11	Sala de espera 1	0,918367	300	204	13,13	5,18	3,5
nº. 12	Sala de espera 2	0,715672	300	144	6,63	7,24	3,5
nº. 13	Despacho nº 1	0,916943	500	318	10,3	6,14	3,5
nº. 14	Pasillo	0,483516	300	144	7,67	6,26	3,5
nº. 15	Despacho nº 2	1,037594	500	318	10,3	6,14	3,5
nº. 15 bis	Servicio 3	0,4098522	150	50	2,18	15,29	3,5
nº. 16	Servicio 4	0,391836	150	50	2,02	16,50	3,5
nº. 17	Servicio 5	0,392857	150	50	2,33	14,31	3,5
nº. 18	Pasillo servicio	0,304761	150	50	1,25	26,67	3,5
nº. 19	Oficina 3	1,469387	500	816	27,0	6,04	3,5
nº. 20	Sala reuniones	0,777981	500	144	7,52	3,83	3,5

**Tabla 3 Cálculo valores potencia eficiente máxima según VEEI norma y índice K de cada espacio**

Para establecer los valores de la iluminancia media en un plano, (en el caso de oficinas, uno de los planos sobre los que estudia este nivel medio es el plano de trabajo de las mesas, por lo tanto, un plano horizontal paralelo al suelo y a una altura de 0.85m en nuestro caso), se tomarán medidas de iluminación en un número determinado de puntos distribuidos simétricamente sobre el plano en cuestión y posteriormente se realizará la media aritmética de estas medidas. Se establece el número de puntos a tomar en función del índice del local, un número que representa la geometría del local, cuya fórmula es:

$$K = \frac{L \times A}{H \times (L + A)}$$

Donde :

L y A es la longitud y anchura del recinto, respectivamente y h la altura de la luminaria sobre el plano de trabajo.

El número de puntos mínimos son:

$K < 1$  número de puntos = 4

$1 < K < 2$  número de puntos = 9

$2 < K < 3$  número de puntos = 16

$K > 3$  número de puntos = 25

Con ello se pretende asegurar, que no se va a tener una información errónea al hacer el sumatorio de los niveles de iluminación.

Visto la desmesurada ineficiencia de la iluminación se propone cambiar todas las luminarias, lámparas y equipos auxiliares, exceptuando los casos de las iluminaciones de apoyo, de la luminaria del armario de limpieza y de la escalera en las que solo cambiaremos las lámparas, ya que los hemos excluido del estudio lumínico por su poca incidencia en el consumo general.

#### 4.1.2 Síntesis de iluminación

La mayoría de la oficina está iluminada por luminarias adosadas con 2 lámparas fluorescentes lineales tipo T8 de 58 W y flujo inicial de 4600 lúmenes, equipo formado por 2 balastos electromagnéticos de altas pérdidas de 72 W con un consumo desperdiciado de 14 W cada uno, difusor formado por celosía reticular blanca. En la actualidad las lámparas están en el final de su vida media y por tanto su flujo ha decaído en más de un 30% , además las celosía está bastante deteriorada lo que hace que el nivel de iluminación esté muy por debajo de lo requerido para una oficina de estas características.



Imagen lámpara T8 y balasto

En las lámparas se denomina vida media a la vida media real, hasta que no funciona, de una lámpara y vida útil es la vida media útil en la que no disminuye en gran medida sus características lumínicas.

En alguna de las luminarias en que se ha llegado al final de la vida media de los tubos, que en este caso se estima de 13.000 h al tener un balasto electromagnético, y comienza el molesto intento de encendido de las lámparas sin conseguirse. El bajo nivel de iluminancia en el plano de trabajo, provoca que los trabajadores tengan que hacer un sobreesfuerzo visual para realizar las tareas, aumentando la fatiga y la ineficacia en su trabajo. La mayoría de la gente no cambia las lámparas hasta que estas se funden o empiezan a fallar, hasta que llegan a su vida media, pero la realidad es que la eficiencia lumínica de la lámpara disminuye cuando sobrepasa las 6.000h de uso, vida útil que en nuestro caso no llega a los 2 años, al estimar un uso de 13 h al día, como es en la mayoría de las estancias de esta oficina.

Además el índice de reproducción cromática de las lámparas no alcanza el  $Ra=80$ , especificado para zonas de trabajo donde existe permanencia de personas, tal y como dice nueva norma Europea EN 12464-1 referentes a la iluminación de los lugares de trabajo en interiores.

Se ha de tener precaución especial a que no se produzcan deslumbramientos molestos, que son las incomodidades en la visión producidas cuando partes del campo visual son muy brillantes en relación a las cercanías a las que el ojo está adaptado, por ejemplo en las pantallas de los ordenadores. Sin embargo, en nuestro caso dado el tamaño relativamente reducido de estas oficinas es probable que dichas molestias no se produzcan, y es por este motivo que no las consideraremos.

## 4.2 Consumos por iluminación

El inventario realizado nos da las horas de uso del alumbrado, ya sea general o de apoyo, y así poder saber las potencias utilizadas en cada espacio. Solo necesitamos multiplicar la potencia por el tiempo de utilización diario para obtener el consumo eléctrico por día. Cabe mencionar que existe una diferencia real en lo que se refiere a uso de la iluminación dependiendo del periodo anual en el que nos encontremos, ya que los tiempos de uso no son los mismos en verano que en invierno. En Verano los trabajadores realizan jornada intensiva, así como también es periodo vacacional y disfrutan de ellas, por lo cual hemos considerado que en los meses de julio y agosto, hay menos horas de uso del alumbrado. Por otro lado, en invierno al oscurecerse más temprano muchos trabajadores usan luminarias de mesa como apoyo lumínico, es por este motivo que hemos considerado que solo se usan estas luminarias de apoyo en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo en 2 horas al día. El consumo del alumbrado solo se realiza en días laborables, por ese motivo no se consideran ni los fines de semana, ni los días festivos en el cálculo del consumo total.

Espacio		Iluminación normal			Iluminación de apoyo		
Uso	Código	Horas de uso diario	Potencia (W)	Consumos eléctricos (Wh)	Horas de uso diario	Potencia (W)	Consumos eléctricos (Wh)
Recepción	nº:01	13	636	8268,00	2	60	120
Armario Limp.	nº:02	0	25	0,00			0
Servicio 1	nº:03	0,75	50	37,50			0
Oficina 1	nº:04	9	378	3402,00	2	90	180
Office	nº:05	13	288	3744,00			0
Baños personal	nº:06	1,35	732	988,20			0
Almacén	nº:07	0	144	0,00			0
Oficina 2	nº:08	9	552	4968,00	2	120	240
Escalera	nº:09	13	60	780,00			0
Sala de juntas	nº:10	0,4	688	275,20			0
Servicio 2	nº:10bis	0	50	0,00			0
Sala de espera 1	nº:11	13	204	2652,00			0
Sala de espera 2	nº:12	13	144	1872,00			0

Despacho 1	n°:13	9	318	2862,00	2	30	60
Pasillo	n°:14	13	144	1872,00			0
Despacho 2	n°:15	9	318	2862,00	2	30	60
Servicio 3	n°:15bis	0,3	50	15,00			0
Servicio 4	n°:16	0,525	50	26,25			0
Servicio 5	n°:17	0,525	50	26,25			0
Pasillo servicio	n°:18	1,05	50	52,50			0
Oficina 3	n°:19	9	816	7344,00	2	240	480
Sala de reuniones	n°:20	4	144	576,00			0
Total				42622,90			1140

**Tabla 4 Cálculo consumos eléctricos iluminación por espacios en invierno**

Espacio		Iluminación normal		
Uso	Código	Horas de uso diario	Potencia (W)	Consumos eléctricos (Wh)
Recepción	n°:01	13	636	8268,00
Armario Limp.	n°:02	0	25	0,00
Servicio 1	n°:03	0,41	50	20,50
Oficina 1	n°:04	7	378	2646,00
Office	n°:05	13	288	3744,00
Baños personal	n°:06	1,05	732	768,60
Almacén	n°:07	0	144	0,00
Oficina 2	n°:08	7	552	3864,00
Escalera	n°:09	13	60	780,00
Sala de juntas	n°:10	0,4	688	275,20



Servicio 2	nº:10bis	0	50	0,00
Sala de espera 1	nº:11	13	204	2652,00
Sala de espera 2	nº:12	13	144	1872,00
Despacho 1	nº:13	7	318	2226,00
Pasillo	nº:14	13	144	1872,00
Despacho 2	nº:15	7	318	2226,00
Servicio 3	nº:15bis	0,23	50	11,50
Servicio 4	nº:16	0,41	50	20,50
Servicio 5	nº:17	0,41	50	20,50
Pasillo servicio	nº:18	0,82	50	41,00
Oficina 3	nº:19	7	816	5712,00
<u>Sala de reuniones</u>	nº:20	3	144	432,00
Total				37451,80

**Tabla 5 Cálculo consumos eléctricos iluminación por espacios en verano**

Y se obtiene:

Meses	Consumo diario de iluminación en kWh
Diciembre/Enero/Febrero/Marzo	44
Mayo/Junio/Julio/Septiembre/Octubre/Noviembre	43
Julio/Agosto	37

**Tabla 6 Cálculo consumos eléctricos totales iluminación en días laborables**

### 4.3 Consumos por Fuerza

Para realizar los cálculos derivados del consumo de todos los aparatos eléctricos, y conocer sus horas de utilización por espacios se ha hecho uso del inventario, en el que también se han considerado los apoyos de climatización (radiadores en nuestro caso). Además se ha considerado los consumos de todos aquellos aparatos que disponen del estado Stand-by y también de aquellos que todo y estar apagados consumen energía (ordenadores y TV+video), así como los que se quedan encendidos, en Stand-by o apagados pero con consumo el fin de semana.

Para poder determinar el tiempo en modo Stand-by hay primero que considerar el tiempo de utilización y diferenciarlo con el que esta encendido pero sin uso (Stand-by).

Por ejemplo, para poder estimar el consumo de una fotocopiadora/fax, tendremos en cuenta el tiempo que se fotocopia o recibe/envía fax y que potencia necesita para así poder calcular su consumo en uso.

De modo que:

Utilización= 18 páginas por minuto (ppm) y se fotocopian una media de 50 páginas por hora, así dividiendo las paginas hora de uso estimado por las páginas por minuto que es capaz de fotocopiar, tenemos el tiempo de uso en una hora, es decir  $T_{on} = 50 / (18 \times 60) = 0,046296$  en horas, de ahí sabes el tiempo que está funcionando al día, al tiempo total le restamos el tiempo de uso y así sabemos el tiempo en Stand-by.

Para el caso de la máquina de café se estima que tarda 30 segundos en hacer un café y que se hacen 20 cafés al día o sea 10 minutos al día, del mismo modo para el microondas se estima que funciona 10 veces 3 minutos cada vez.

Para el secador de manos se estima que está usando 10 minutos al día y para el extractor se estima que se usa 5 minutos cada 2 horas.

	Ppm	Páginas/horas	Tiempo on (h)	Tiempo SB (h)	Tiempo total (h)
Ordenadores			6	3	9
impresoras	20	40	0,033333	8,966666667	9
Fotocopiadora	20	30	0,025	8,975	9
Fotocopiadora/Fax	18	50	0,046296	23,9537037	24
Microondas			0,5	23,5	24
Maq. Café			0,166667	23,83333333	24
TV+video			0,083333	0,916666667	1

**Tabla 7 Cálculo tiempo en uso (On) y en Stand-By en invierno**

	Ppm	Páginas/horas	Tiempo on (h)	Tiempo SB (h)	Tiempo total (h)
Ordenadores			5	2	7
impresoras	20	26	0,021667	6,978333333	7
Fotocopiadora	20	18	0,015	6,985	7
Fotocopiadora/Fax	18	50	0,046296	23,9537037	24
Microondas			0,5	23,5	24
Maq. Café			0,166667	23,5	23,66666667
TV+video			0,083333	0,916666667	1

**Tabla 8 Cálculo tiempo en uso (On) y en Stand-By en verano**

	Tiempo on (h)	Potencia On (W)	Tiempo SB (h)	Potencia SB (W)	Potencia apagado (W)	Unidades	Consumo (Wh)
Ordenadores	6	260	3	50	20	18	36180,00
impresoras	0,033333	442	8,9666667	20	0	10	1940,67
Fotocopiadora	0,025	1062	8,975	50	0	1	475,30
Fotocopiadora/Fax	0,046296	1062	23,953704	50	0	1	1246,85
Microondas	0,5	900	23,5	5	0	1	567,50
Maq. Café	0,166667	1000	23,833333	50	0	2	2716,67
TV+video	0,083333	120	0,9166667	25	15	1	377,92

**Tabla 9 Cálculo consumo eléctrico en uso (On), apagado y en Stand-By en invierno**

	Tiempo on (h)	Potencia On (W)	Tiempo SB (h)	Potencia SB (W)	Potencia apagado (W)	Unidades	Consumo (Wh)
Ordenadores	5	260	2	50	20	16	27840,00
impresoras	0,021667	442	6,9783333	20	0	10	1491,43
Fotocopiadora	0,015	1062	6,985	50	0	1	365,18
Fotocopiadora/Fax	0,046296	1062	23,953704	50	0	1	1246,85
Microondas	0,5	900	23,5	5	0	1	567,50
Maq. Café	0,166667	1000	23,5	50	0	2	2683,33
TV+video	0,083333	120	0,9166667	25	15	1	377,92

**Tabla 10 Cálculo consumo eléctrico en uso (On), apagado y en Stand-By en verano**

	Potencia (W)	Tiempo (h)	Unidades	Consumo (Wh)
Centralita	45	24	1	1080
Router/Servidor	25	24	1	600
Radiador	900	9	7	56700
Secador manos	1000	0,16	7	1120
Extractor	120	0,41	8	393,6
Caldera eléctrica	1800	10	1,00	18000
Disp- Bebidas	750	24	1,00	18000
Nevera	200	6	1,00	1200

97093,60

**Tabla 11 Cálculo consumo eléctrico resto de aparatos en invierno**

	Potencia (W)	Tiempo (h)	Unidades	Consumo (Wh)
Centralita	45	24	1	1080
Router/Servidor	25	24	1	600
Secador manos	1000	0,16	7	1120
Extractor	120	0,41	8	393,6
Caldera eléctrica	1800	10	1	18000
Disp- Bebidas	750	24	1	18000
Nevera	200	7	1	1400

40593,60

**Tabla 12 Cálculo consumo eléctrico resto de aparatos en verano**

	Potencia (W)	Tiempo (h)	Unidades	Consumo (Wh)
Ordenadores	20	24	18	8640
Centralita	45	24	1	1080
Router/Servidor	25	24	7	4200
Microondas	5	24	1	120
Disp- Bebidas	750	24	1	18000
Nevera	200	6	1	1200

**Tabla 13 Cálculo consumo eléctrico aparatos fin de semana**

Al final se obtiene los consumos diarios de fuerza en kWh

Meses	Consumo diario de fuerza en kWh
Diciembre/Enero/Febrero/Marzo	141
Abril / Mayo / Junio / Julio / Septiembre / Octubre / Noviembre	84
Julio/Agosto	75

**Tabla 14 Cálculo consumo total días laborables fuerza**

### 4.3.1 Consumos totales de iluminación y fuerza

Meses	Consumo diario de iluminación en kWh	Consumo diario de fuerza en kWh
Diciembre/Enero/Febrero/Marzo	32	141
Abril / Mayo / Junio / Julio / Septiembre / Octubre / Noviembre	31	84
Julio/Agosto	28	75

**Tabla 15 Cálculo consumo total iluminación y fuerza días laborables**

Meses	Consumo diario de fuerza en kWh	Consumo diario de iluminación en kWh
Todos	33,24	0

**Tabla 16 Cálculo consumo total iluminación y fuerza días no laborables**

Conociendo el número de días laborables y no laborables de un mes, se puede calcular los consumos mensuales y anuales de iluminación y fuerza. Según “el Pla de millora energètica de Barcelona”, el consumo eléctrico de iluminación y fuerza de una oficina de menos de 500 m<sup>2</sup> vale 130 kWh/m<sup>2</sup>.año. Nuestro edificio consume en media 180 kWh/m<sup>2</sup>.año, lo que es mucho más.

Se puede apreciar la gran importancia del consumo de los aparatos eléctricos, ya que aunque parezca mentira, se consume más al día en fuerza en un día no laborable que el consumo del alumbrado en un día laboral, es por este motivo que se considerarán realizar mejoras, pero al mismo también tenemos que ser realistas que aunque muchos de dichos consumos son evitables, dependen en gran medida del grado de concienciación de los trabajadores, en el desconectado de la red de los ordenadores que es más difícil de conseguir ya que se trata de una labor educacional, es por este motivo que en el cálculo de los ahorros solo consideraremos un 10% de los ordenadores se desconectan durante el fin de semana.

### 4.3.2 Diagnósis iluminación y fuerza

Desviación	Descripción	Causas posibles	Propuesta de mejoras
Potencia de iluminación instalada	Las luminarias son muy ineficientes al tener un consumo muy elevado	Las lámparas estaban sobredimensionadas y los balastos electromagnéticos son de alta pérdida	Hacer un planificación de la iluminación para sustituir las luminarias por otras más eficientes
Niveles de iluminancia	Las luminarias tiene un nivel muy bajo de iluminancia, provocando fatiga y siendo perjudiciales para la salud de los trabajadores	Las lámparas habían llegado al final de su vida media o perdiendo gran parte de su luminancia	Cambiar las luminarias por otras más eficientes
Consumo fuerza	El consumo de los aparatos eléctricos son enormes, en comparación con la iluminación	Aparatos enchufados directamente a la red sin sistema de control y aparatos con consumo días no laborables	Colocar regletas de base enchufes con interruptor homologado para facilitar su desconexión de la red
Luz natural	No se aprovecha luz natural, a pesar del gran numero de ventanas	No disponer de dispositivos de regulación de la iluminación	Colocar células fotoeléctricas y balastos regulables

**Tabla 17 Diagnósis iluminación y fuerza y propuestas de mejora**

Referente a la iluminación, hemos visto que el alumbrado era ineficiente en todos sus espacios y estaba siendo perjudicial para la salud de los trabajadores al alargar la vida de las lámparas fluorescentes, y es por este motivo que necesitamos proponer la sustitución por unas luminarias más eficientes. Para poder realizar dicho cálculo hemos utilizado un software para la planificación de la iluminación de los varios que hay en el mercado hemos escogido DIALux ©, por su facilidad en su utilización y disponer de una gran base de datos.

En este caso dentro de las empresas líderes en iluminación, de las que dispone la biblioteca de DIALux © nos hemos decidido por las luminarias de la casa PHILIPS ©, por ser de las más conocidas y tener un abanico de productos mayor.

Al no disponer de una oficina diáfana se ha decidido realizar los cálculos espacio por espacio, para ser más precisos en la elección de la mejor luminaria para cada uno de los diferentes espacios, al mismo tiempo se ha priorizado la eficiencia energética al diseño, escogiendo siempre, en la medida de lo posible

las luminarias más eficientes. También cabe destacar, de lo contrario se estaría faltando a la razón, que no se han considerado las luces tipo LED (acrónimo del inglés de Light-Emitting Diode). Referente a la iluminación, hemos visto que el alumbrado era ineficiente en todos sus espacios y estaba siendo perjudicial para la salud de los trabajadores al alargar la vida de las lámparas fluorescentes, y es por este motivo que necesitamos proponer la sustitución por unas luminarias más eficientes. Para poder realizar dicho cálculo hemos utilizado un software para la planificación de la iluminación de los varios que hay en el mercado hemos escogido DIALux ©, por su facilidad en su utilización y disponer de una gran base de datos.

En este caso dentro de las empresas líderes en iluminación, de las que dispone la biblioteca de DIALux © nos hemos decidido por las luminarias de la casa PHILIPS ©, por ser de las más conocidas y tener un abanico de productos mayor.

Al no disponer de una oficina diáfana se ha decidido realizar los cálculos espacio por espacio, para ser más precisos en la elección de la mejor luminaria para cada uno de los diferentes espacios, al mismo tiempo se ha priorizado la eficiencia energética al diseño, escogiendo siempre, en la medida de lo posible las luminarias más eficientes. También cabe destacar, de lo contrario se estaría faltando a la razón, que no se han considerado las luces tipo LED (acrónimo del inglés de Light-Emitting Diode).

\_LED's , o diodos emisores de luz, son las fuentes de iluminación más eficientes que se han descubierto hasta la actualidad, pero todo y ya estar en el mercado, incluso potenciado su consumo por las administraciones ( varios ayuntamientos los utilizan para renovar la flota de semáforos, iluminaciones navideñas, et.), no deja de ser la versión “supereficiente” de las lámparas incandescentes.

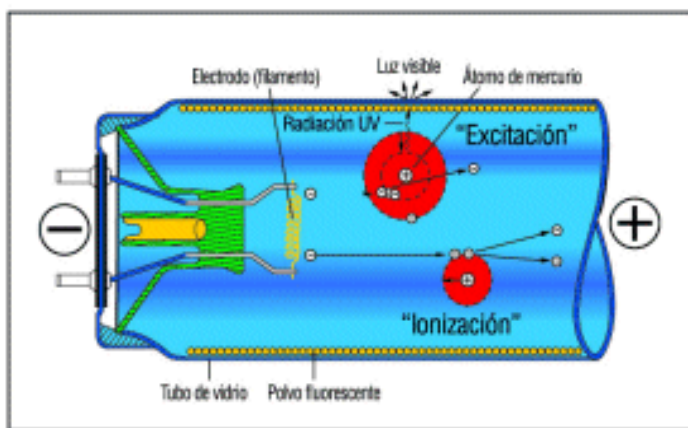
Las lámparas incandescentes deben su nombre a que básicamente se fundamentan por hacer pasar una corriente eléctrica a través un filamento, (normalmente de tungsteno, por su altísima temperatura de fusión, 3655 °K), que actúa como resistencia, hasta llegar a la incandescencia. Además, la tecnología LED en el ámbito de la iluminación general es bastante novedoso lo que encarece su precio, aunque su vida útil puede llegar a las 50.000h, que sumado a su bajo consumo hace que finalmente se amortice su inversión.

Es por estos motivos, que para la iluminación de unas oficinas los LED's , no son la solución optima.

Tal y como aconsejan las administraciones, así como es extendido su uso se propone el adquirir la luminaria tipo fluorescente, también denominada tubo fluorescente, es una luminaria que cuenta con una lámpara de vapor de mercurio a baja presión y que es utilizada normalmente para la iluminación en el sector doméstico, terciario e industrial. Su gran ventaja frente a otro tipo de lámparas, como las incandescentes, es su eficiencia energética.

Está formada por un tubo o bulbo fino de vidrio revestido interiormente con una sustancia que contiene fósforo (en nuestro caso como se verá las lámparas fluorescentes elegidas son en su mayoría tipo T-5, de las denominadas trifósforo) y otros elementos que emiten luz al recibir una radiación ultravioleta de onda corta. El tubo contiene una pequeña cantidad de vapor de mercurio y un gas inerte, habitualmente argón o neón, el cual hace que la presión en el interior sea ligeramente inferior a la presión atmosférica. Asimismo, en los extremos del tubo existen dos filamentos hechos de tungsteno para provocar la descarga en su interior.





**Principio de la generación de luz en las lámparas fluorescentes.**

**Fig. 1 Detalle de funcionamiento tubo fluorescente**

Finalmente después de la elección del tipo de lámpara a utilizar, utilizamos el software DIALux<sup>®</sup> para estudiar el modelo y tipo de luminaria a instalar, el programa te solicita valores como son:

- Dimensiones del local, geometría del local y altura del techo
- Grado de reflexión de los techos, paredes y suelos, por defecto es 70%, 50% y 20% respectivamente en nuestro caso, es 70%, 50% y 10 %, porque nuestro suelo es un terrazo liso de grano pequeño, de 30x30 cm de color rojo vino, de ahí esa variación en su grado reflexión.
- Factor de degradación, que se refiere al grado de degradación de las lámparas dependiendo del ambiente en el que se encuentran.(en nuestro caso el ambiente es muy limpio, al limpiarse la oficina una vez por semana y hemos escogido 0,85 de factor de degradación)
- Plano útil, altura del plano trabajo.
- Montaje de Luminarias, si están adosadas al techo o suspendidas.
- Selección de luminarias, selección en la base de datos del tipo de luminaria según disposición (empotrada, adosada) tipo (downlight, industrial, estanca), modelo, tipo de reflector, composición de lámparas y equipos auxiliares (balastos), color de la luz, etc. En la que nos enseña los diagramas polares de emisión de luz.
- Distribución geométrica de las luminarias, con opción de orientación de las mismas mediante rotación en el plano bidimensional, así como la disposición de separación entre ellas, y entre ellas y las paredes, según en los ejes X e Y.
- Parámetros de cálculo, Em planeado que es el valor de la iluminancia media mantenida [lux] que depende según el uso que se realiza en el espacio, se toma como valor máximo según tabla 2.1 del DB HE3 Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación en cada espacio , así como también los valores aportados por la publicación “Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación-Oficinas”.

Le damos a calcular y nos sale las líneas Isolux del espacio y nos calcula las iluminancias promedio, máxima y mínima y las desviaciones Emin/Eprom y Emin/Emax .

Finalmente genera los outputs, que son las hojas resultado de los diferentes cálculos que realiza con todas las características de las luminarias.

Las hojas del resultado de los diferentes espacios se añaden en el anexo.

## 5 La Climatización

### 5.1 Descripción

La climatización del edificio se realiza mediante dos bombas de calor reversibles aire-aire.

Los dos conjuntos de bombas de calor son compartidas marca Carrier, de la serie Teide modelo 40JX060, la interior y 38YL60, la exterior. El conjunto es de una potencia calorífica de 15.2 kW y de una potencia frigorífica de 14.4 kW y se instalaron ambas en el año 2000, una para climatizar la planta baja y la otra para la planta primera.

### 5.2 Síntesis

#### 5.2.1 Principios teóricos de las bombas de calor

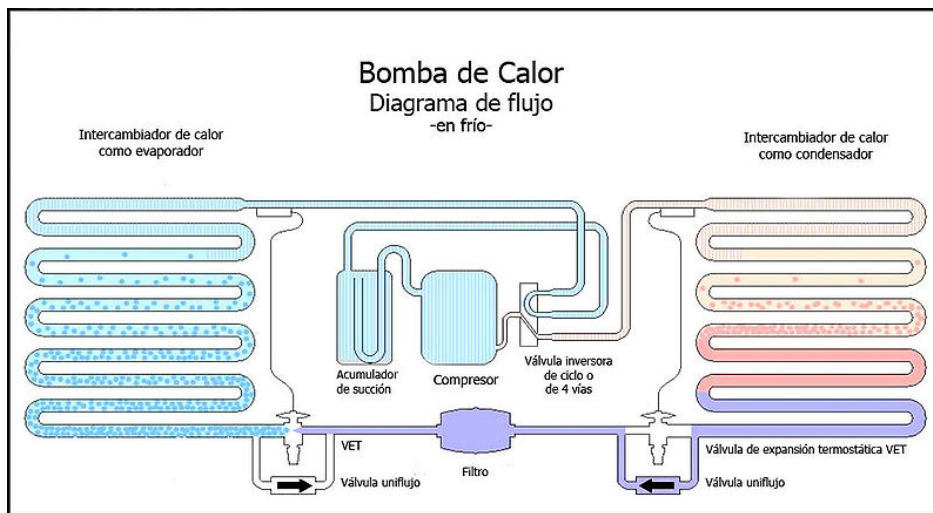
Antes de introducirnos en la diagnosis del sistema de climatización, hay que recordar lo que es una bomba de calor.

Una bomba de calor es una máquina térmica que coge calor de un medio a baja temperatura y lo transfiere a otro que está a mayor temperatura, siendo el mantenimiento de esta última el efecto deseado. Está formada por los elementos de un circuito frigorífico clásico (compresor, condensador, sistema de expansión y evaporador) cerrado, por el que circula un fluido refrigerante.

Esta máquina térmica se basa en que esta realiza un ciclo, denominado ciclo de Carnot (su creador) en la que la maquina. Trabaja absorbiendo una cantidad de calor  $Q_1$  de la fuente de alta temperatura y cede un calor  $Q_2$  a la de baja temperatura produciendo un trabajo  $W$  sobre el exterior. El rendimiento viene definido, como en todo ciclo, por:

$$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

Como todos los procesos que tienen lugar en el ciclo ideal son reversibles, el ciclo puede invertirse. Entonces la máquina absorbe calor de la fuente fría y cede calor a la fuente caliente, teniendo que suministrar trabajo a la máquina. Si el objetivo de esta máquina es extraer calor de la fuente fría se denomina máquina frigorífica, y si es aportar calor a la fuente caliente bomba de calor.



**Fig. 1 Esquema de circuito de Bomba de calor en refrigeración**

Como hemos dicho antes, las bombas de calor son reversibles, es decir que pueden producir alternativa calor o frío, esto lo consigue mediante una válvula inversora de ciclo o de 4 vías que permite la inversión de la circulación del fluido frigorífico.

En nuestro caso se tratan de bombas de calor aire-aire compartidas, lo que quiere decir, que hay una maquina interior y otra exterior, ambas unidas mediante tuberías aisladas por donde va el liquido refrigerante y conectadas eléctricamente con la maniobra, que hace de comunicador entre una maquina y otra.

Tanto la impulsión como el retorno van conducidos mediante conductos tipo Climaver. Su impulsión llega a las estancias mediante difusores circulares de Ø 250mm y los retornos son rejillas rectangulares de 200x120mm.

Se define el coeficiente de prestación de una Bomba de Calor COP (Coefficient of performance) como el cociente entre la energía térmica cedida por el sistema y la energía consumida. El compresor, y los equipos auxiliares (ventiladores) son los únicos elementos que consumen energía, en forma de electricidad

$$COP = \frac{\text{energía consumida por el compresor y los equipos auxiliares}}{\text{calor suministrado por el condensador}}$$

Una bomba de calor aire/aire eléctrica suele tener un COP que vale entre 2.5 y 4.

## 5.2.2 Determinación de los consumos energéticos debidos a la climatización

Cuando no existe un sistema de gestión de la climatización es muy difícil conocer con precisión los consumos de las bombas de calor. En efecto el COP, así como la potencia útil de una bomba, varía con la diferencia de temperatura exterior/interior, con lo que la potencia absorbida por el compresor varía de la misma manera. Para saber exactamente los consumos eléctricos del sistema de climatización, necesitaríamos conocer en cada instante la demanda del edificio, la potencia útil y el COP de cada bomba.

Como no hay un sistema de gestión de la climatización, se desconoce la evolución de estos parámetros a lo largo del tiempo.

Sin embargo, se puede hacer una aproximación de los consumos eléctricos de las bombas a partir de las características de las mismas. En efecto, los constructores nos dan unos valores de la potencia útil y del COP de las máquinas en función de las temperaturas exteriores e interiores. Conociendo estos parámetros así como la demanda energética del edificio se puede deducir el consumo eléctrico mediante la fórmula:

$$\text{Consumo} = (P_c + P_{aux})T$$

Siendo:

$P_c$  la potencia absorbida por el compresor en kW

$P_{aux}$  la potencia de los equipos auxiliares en kW

$T$  el tiempo de funcionamiento de las bombas en h

Para conocer el tiempo real de funcionamiento de las bombas se calcula un factor de tiempo, que exprese el porcentaje del tiempo durante el que la bomba está funcionando. Se calcula de la manera siguiente:

$$\tau = \frac{D}{P_u}$$

Siendo:

$\tau$  el factor de tiempo

D la demanda teórica en W

Pu la potencia útil de las bombas en W

Así, considerando un día como la suma de varios intervalos de tiempos, y conociendo el valor de la temperatura exterior, interior, de la demanda energética, de la potencia útil y del COP de las bombas para cada intervalo de tiempo se calcula el consumo diario de las bombas.

$$\text{Consumo} = \sum (P_c + P_{aux})_{\tau} \times t$$

Donde t es el valor del intervalo de tiempo en horas.

Para realizar este cálculo, se debe primero determinar la demanda energética del edificio. Para obtener un resultado lo más preciso posible, y considerando que las características de las bombas de calor varían con la temperatura exterior, se debe evaluar la demanda energética para intervalos de tiempos los más pequeños posibles, para considerar que dentro de estos intervalos la demanda así como las características de las bombas prácticamente no varíen.

Decidimos considerar intervalos de media hora para nuestro cálculo

### 5.2.3 Cálculo demanda energética edificio

La estimación de la demanda energética de un edificio consiste en evaluar la cantidad de energía que es necesario suministrar o extraer del edificio para mantener las condiciones de confort térmico deseadas. No se debe confundir la demanda energética de un edificio con la energía consumida por el mismo, que está afectada por la ineficiencia de los sistemas.

Básicamente, se trata de efectuar un balance de pérdidas y ganancias de todos los flujos de calor que intervienen en un edificio.

El edificio intercambia calor con el exterior mediante:

- La conducción a través de los cerramientos
- La renovación de aire
- La radiación solar

- Las radiaciones interiores debidas a las personas y a los aparatos eléctricos

En invierno la transmisión térmica (cerramientos y renovación de aire) representa un flujo de calor saliente del edificio mientras que las ganancias solares e internas representan un flujo entrante que tiende a compensar las pérdidas. En verano, los flujos de la transmisión térmica son salientes así como las ganancias solares e interiores.

Sin embargo, las características dinámicas del edificio traen como consecuencia que los flujos de calor no sean constantes y existan ciertos desfases entre los valores máximos y mínimos, y que por tanto la simple adición de los valores medios no responda a la realidad. Para considerar esta situación se introduce un factor denominado factor útil, que tiene por objeto determinar sólo la parte realmente utilizada de las ganancias (en invierno) o de la transmisión térmica (en verano) para mantener la temperatura interior del edificio.

Haciendo estas consideraciones obtenemos la demanda energética en régimen de invierno o de calefacción, y la demanda energética en régimen de verano o de refrigeración.

$$D_{\text{invierno}} = Qt + Qv - (Qs + Qi)\eta$$

$$D_{\text{verano}} = (Qt + Qv)\eta - (Qs + Qi)$$

Donde:

QT son las transmisiones térmicas debidas a los cerramientos en W

QV son las transmisiones térmicas debidas a las infiltraciones y renovación de aire en W

Qs las ganancias solares en W

Qi las ganancias internas en W

$\eta$  el factor útil

A continuación, se explica como se calculan los diferentes flujos de calor por el edificio.

#### 5.2.4 Transmisión térmica

La transmisión térmica entre el interior del edificio y el exterior se puede evaluar fácilmente a partir de los diferentes coeficientes de transmisión térmica que hemos calculados previamente, sus respectivas superficies y las temperaturas interior y exterior. Para los elementos que están en contacto con locales no

habitables, el problema es el de evaluar la temperatura del local. Se propone un método aproximado consistente en evaluar el salto térmico como un porcentaje del salto térmico interior-exterior en función del uso del local.

Con este propósito, se define un coeficiente de exposición  $\tau$ .

Los flujos de calor por transmisión térmica de los cerramientos se expresan mediante la expresión siguiente, donde los sumatorios se extienden a todos los cerramientos del edificio:

$$Q_t = \sum K \times S \times \tau(\theta_i - \theta_e) = Ht(\theta_i - \theta_e)$$

Siendo:

K el coeficiente de transmisión térmica de los cerramientos en W/m<sup>2</sup>.K

S la superficie de los cerramientos en m<sup>2</sup>

t el coeficiente de exposición

qi la temperatura interior del edificio en K

qe la temperatura exterior del edificio en K

HT el coeficiente global de transmisión de calor que representa la cantidad de calor intercambiado entre el edificio y el exterior para una diferencia de temperatura unitaria, en W/K.

Tipo de cerramiento	Transmitancia térmica U (W/m <sup>2</sup> °K)	Área (m <sup>2</sup> )	tau	U*S*tau	
Muro en contacto con el aire	1,96985131	239,22	1	471,22783	
Suelo apoyado sobre el terreno	1,183312	110,05	1	130,223486	
Suelo en contacto con el aire	1,7523794	27,57	1	48,3131	
Cubierta en contacto con el aire	1,04952294	136,7	1	143,469786	
Huecos exteriores (ventanas y puertas)	4,55759482	78,83	1	359,2752	
			Total	<b>1152,5094</b>	<b>Ht</b>

**Tabla 1 Cálculo del coeficiente global del edificio Ht en W/°K**



De esta manera obtenemos:

$$H_{T \text{ edificio}} = 1152 \text{ W/K}$$

Qt depende de las temperaturas exteriores e interiores, y es por este motivo que para no caer en la repetición de tablas se calculara en las tablas del cálculo final de la demanda energética del edificio.

### 5.2.5 Ventilación y renovación de aire

Debido a la diferencia de temperaturas, entre el exterior y el interior, y a la necesidad de realizar renovaciones de aire de carácter higiénico, así como por el defecto en la estanqueidad de los cerramientos, es por estos motivos que se produce un intercambio de calor a considerar en el cálculo de la demanda energética del edificio.

La transmisión térmica debida a la renovación de aire se puede evaluar mediante:

$$Qv = n \times V \times \rho_a \times C_a (\theta_i - \theta_e) = Hv (\theta_i - \theta_e)$$

Siendo:

n el número de renovaciones hora de aire

V el volumen interior del edificio en m<sup>3</sup>

$\rho_a$  la densidad del aire en kg/m<sup>3</sup>

$C_a$  el calor específico del aire en J/kg.K

HV el coeficiente de transmisión térmica por ventilación en W/K

La realidad es que es difícil valorar la cantidad de ventilación que se produce de forma incontrolada a través de la permeabilidad de sus cerramientos, normalmente por los remates y encuentros de los cerramientos ya que dependen muchos factores aleatorios difíciles de controlar (diferencia de temperaturas, vientos, comportamiento de los habitantes, etc.). Por este motivo, se procede a hacer una estimación de las renovaciones por hora de aire no controladas en función del grado de exposición del edificio y de la permeabilidad del mismo (fundamentalmente la carpintería, ya que es el encuentro entre diferentes materiales más permeable).

En nuestro caso consideramos al edificio como expuesto, al estar alejado de edificios que los resguarden y de baja estanqueidad debido al mal estado de la carpintería, así el número de renovaciones por hora del edificio es 1,1

$$H_{v \text{ edificio}} = 976 \text{ W/K}$$

Los cálculos de  $Q_v$  también se darán con el cálculo final de la demanda energética.

### 5.2.6 Cálculo de las ganancias solares

Los edificios están no sólo expuestos a la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior sino también están expuestos a la radiación solar. Esta radiación se transforma en un flujo de calor adicional que no se puede obviar. En invierno este flujo de calor tiende a reducir la demanda energética, mientras tiende a incrementarla en verano.

Se consideran como superficies captadoras de la radiación solar únicamente las superficies transparentes, ya que los elementos constructivos opacos dejan pasar un flujo de calor despreciable en comparación con las superficies no opacas.

Con el fin de controlar las aportaciones solares al interior del edificio se utilizan diferentes medios capaces de reducir la cantidad de radiación solar que atraviesa los elementos captadores, tal como:

- Cortinas o persianas
- Cornisas o aleros
- Pantallas laterales
- Sombras provocadas por otros edificios (que en nuestro caso no ocurre)

Cada uno de estos tipos de protección puede caracterizarse mediante un factor de sombra.

Este factor de sombra es un coeficiente inferior a uno que multiplicado por la área captadora disminuya el valor aprovechable de la misma. La superficie captadora total equivalente se puede calcular como:

$$A_s = F_s \times F_c \times F_f \times g$$

Siendo:

As la superficie captadora equivalente en m<sup>2</sup>

Fs el factor de sombra debido a las obstrucciones

Fc el factor de sombra debido a los cortinajes

Ff el factor de carpintería definido como el cociente entre el área transparente y el área total del hueco

g el factor solar del acristalamiento

Tomamos como factor solar del acristalamiento de 4 mm monolítico g=0,85

Y como factor solar de cortina, en nuestro caso es 0,65.

Como la radiación solar varía según la inclinación de los cerramientos y su orientación, se debe sumar las aportaciones de las radiaciones por cada orientación e inclinación. En consecuencia, el flujo de calor que penetra en el edificio debido a la radiación solar puede evaluarse como:

$$Q_s = \sum A_s \times I_s = \sum H_s$$

Siendo Is la radiación solar incidente sobre la superficie para una orientación e inclinación dada, en W/m<sup>2</sup>.

Se toman como valores de las radiaciones las dadas por el ICAEN en el “Atlas de Radiació Solar a Catalunya” y se calcula el valor de Qs para cada media hora de un día tipo de cada mes de un año tipo.

#### Fachada SE

Tipo de hueco	Longitud del hueco (m)	Superficie del vidrio (m <sup>2</sup> )	Unidades	Superficie total (m <sup>2</sup> )	Espesor del muro (m)	Alpha pantalla	Longitud cornisa (m)
V1	1,2	0,2916	2	0,5832	0,2	18,43494882	1,155
V2	2,4	0,5832	1	0,5832	0,2	9,462322208	1,155
V3	1,2	0,9396	1	0,9396	0,2	18,43494882	0
V4	1,4	1,1716	1	1,1716	0,2	15,9453959	1,155
V8	2,8	2,3432	1	2,3432	0,2	8,130102354	1,155
V9	3,6	3,26656	3	9,79968	0,2	6,340191746	0
V10	1,2	2,2149	2	4,4298	0,2	18,43494882	1,155

Fachada O

Tipo de hueco	Longitud del hueco (m)	Superficie del vidrio (m <sup>2</sup> )	Unidades	Superficie total (m <sup>2</sup> )	Espesor del muro (m)	Alpha pantalla	Longitud cornisa (m)
V4	1,4	1,1716	1	1,1716	0,2	15,9453959	0
V5	1,5	1,2876	2	2,5752	0,2	14,93141718	1,155
V6	1,8	1,63328	2	3,26656	0,2	12,52880771	0
V7	2,4	1,8792	2	3,7584	0,2	9,462322208	0
V12	3,6	5,59146	1	5,59146	0,2	6,340191746	0

Fachada SO

Tipo de hueco	Longitud del hueco (m)	Superficie del vidrio (m <sup>2</sup> )	Unidades	Superficie total (m <sup>2</sup> )	Espesor del muro (m)	Alpha pantalla	Longitud cornisa (m)
V11	2,8	4,1321	1	4,1321	0,2	8,130102354	0

**Tablas 2 Cálculo del factor de sombra debido a las obstrucciones según tipo ventana y orientación**

Fachada SE

Tipo de hueco	Longitud del hueco (m)	Alpha cornisa	Factor solar pantalla (Fsp)	Factor solar cornisa (Fsc)	Factor solar cortina (Fc)	Factor solar vidrio $g_{\perp}$	Superficie captadora As (m <sup>2</sup> )
V1	1,2	62,54900223	0,9569	0,52	0,65	0,85	0,16033181
V2	2,4	43,90530941	0,9779	0,7606	0,65	0,85	0,239662765
V3	1,2	0	0,9569	1	0,65	0,85	0,49675454
V4	1,4	58,78159724	0,9628	0,557	0,65	0,85	0,347138612
V8	2,8	39,52263127	0,981	0,8029	0,65	0,85	1,019699265
V9	3,6	0	0,9852	1	0,65	0,85	5,334191217
V10	1,2	62,54900223	0,9569	0,52	0,65	0,85	1,217828966

$\Sigma A_s$       **8,815607174**

Fachada O

Tipo de hueco	Longitud del hueco (m)	Alpha cornisa	Factor solar pantalla (Fsp)	Factor solar cornisa (Fsc)	Factor solar cortina (Fc)	Factor solar vidrio $g_{\perp}$	Superficie captadora $A_s$ (m <sup>2</sup> )
V4	1,4	0	0,9628	1	0,65	0,85	0,623229105
V5	1,5	57,0022949	0,9652	0,582	0,65	0,85	0,799251654
V6	1,8	0	0,9708	1	0,65	0,85	1,752074988
V7	2,4	0	0,9779	1	0,65	0,85	2,030624996
V12	3,6	0	0,9852	1	0,65	0,85	3,043560282

$\Sigma A_s$       **8,248741025**

Fachada SO

Tipo de hueco	Longitud del hueco (m)	Alpha cornisa	Factor solar pantalla (Fsp)	Factor solar cornisa (Fsc)	Factor solar cortina (Fc)	Factor solar vidrio $g_{\perp}$	Superficie captadora $A_s$ (m <sup>2</sup> )
V11	2,8	0	0,981	1	0,65	0,85	<b>2,23960853</b>

**Tablas 3 Cálculo de la superficie captadora según tipo ventana y orientación**

**5.2.7 Cálculo de  $Q_s$**

Se toman como valores de las radiaciones las dadas por el ICAEN y se calcula el valor de  $Q_s$  para cada media hora de un día tipo de cada mes de un año tipo. Idealmente se debería tener en cuenta las variaciones de las radiaciones solares de un año a otro, pero como no se dispone de tal información hacemos la aproximación que la radiación solar no varía mucho de un año a otro. Para cada orientación se obtiene  $H_s$  multiplicando  $I_s$  por el  $A_s$  que le corresponde, así de esta manera obtendremos para cada intervalo los siguientes resultados:

**Tablas 4 Cálculo de las ganancias solares por intervalos de media hora en un día y mes tipo**

Enero	Is SE (W/m2)	Hs SE (W)	Is O (W/m2)	Hs O (W)	Is SO (W/m2)	Hs SO (W)	Hs Total (W)
07:00 - 07:30	5	44	1	8	5	11	64
07:30 - 08:00	37	305	8	66	37	83	454
08:00 - 08:30	93	208	21	173	93	208	590
08:30 - 09:00	147	1296	33	272	147	329	1897
09:00 - 09:30	189	1666	43	355	189	423	2444
09:30 - 10:00	244	2151	55	454	244	546	3151
10:00 - 10:30	281	2477	63	520	281	629	3626
10:30 - 11:00	313	2759	70	577	313	701	4038
11:00 - 11:30	337	2971	76	627	337	755	4353
11:30 - 12:00	348	3068	78	643	348	779	4491
12:00 - 12:30	354	3121	80	660	354	793	4573
12:30 - 13:00	343	3024	77	635	343	768	4427
13:00 - 13:30	324	2856	73	602	324	726	4184
13:30 - 14:00	289	2548	65	536	289	647	3731
14:00 - 14:30	253	2230	57	470	253	567	3267
14:30 - 15:00	213	1878	48	396	213	477	2751
15:00 - 15:30	168	1481	38	313	168	376	2171
15:30 - 16:00	114	1005	26	214	114	255	1475
16:00 - 16:30	53	467	12	99	53	119	685
16:30 - 17:00	9	79	2	16	9	20	116
17:00 - 17:30	0	1	0	0	0	0	1
17:30 - 18:00	0	0	0	0	0	0	0
18:00 - 18:30	0	1	0	0	0	0	1
18:30 - 19:00	0	0	0	0	0	0	0
19:00 - 19:30	0	0	0	0	0	0	0
19:30 - 20:00	0	0	0	0	0	0	0

Febrero	Is SE (W/m <sup>2</sup> )	Hs SE (W)	Is O (W/m <sup>2</sup> )	Hs O (W)	Is SO (W/m <sup>2</sup> )	Hs SO (W)	Hs Total (W)
07:00 - 07:30	29	256	9	74	29	65	395
07:30 - 08:00	70	577	21	173	70	157	907
08:00 - 08:30	119	267	35	289	119	267	822
08:30 - 09:00	170	1499	50	412	170	381	2292
09:00 - 09:30	223	1966	65	536	223	499	3001
09:30 - 10:00	266	2345	78	643	266	596	3584
10:00 - 10:30	309	2724	91	751	309	692	4167
10:30 - 11:00	328	2892	96	792	328	735	4418
11:00 - 11:30	335	2953	98	808	335	750	4512
11:30 - 12:00	360	3174	106	874	360	806	4854
12:00 - 12:30	359	3165	105	866	359	804	4835
12:30 - 13:00	354	3121	104	858	354	793	4771
13:00 - 13:30	330	2909	97	800	330	739	4448
13:30 - 14:00	298	2627	87	718	298	667	4012
14:00 - 14:30	277	2442	81	668	277	620	3730
14:30 - 15:00	239	2107	70	577	239	535	3220
15:00 - 15:30	189	1666	56	462	189	423	2551
15:30 - 16:00	137	1208	40	330	137	307	1845
16:00 - 16:30	92	811	27	223	92	206	1240
16:30 - 17:00	43	379	13	107	43	96	583
17:00 - 17:30	12	106	3	25	12	27	157
17:30 - 18:00	0	1	0	1	0	0	2
18:00 - 18:30	0	0	0	0	0	0	0
18:30 - 19:00	0	0	0	0	0	0	0
19:00 - 19:30	0	0	0	0	0	0	0
19:30 - 20:00	0	0	0	0	0	0	0

Marzo	Is SE	Hs SE (W)	Is O (W/m <sup>2</sup> )	Hs O (W)	Is SO (W/m <sup>2</sup> )	Hs SO (W)	Hs Total
-------	-------	-----------	--------------------------	----------	---------------------------	-----------	----------

	(W/m2)						(W)
07:00 - 07:30	91	802	39	322	91	204	1328
07:30 - 08:00	141	1163	60	495	141	316	1974
08:00 - 08:30	184	412	78	643	184	412	1468
08:30 - 09:00	221	1948	93	767	221	495	3210
09:00 - 09:30	252	2222	106	874	252	564	3660
09:30 - 10:00	294	2592	124	1023	294	658	4273
10:00 - 10:30	323	2847	136	1122	323	723	4693
10:30 - 11:00	364	3209	154	1270	364	815	5294
11:00 - 11:30	369	3253	156	1287	369	826	5366
11:30 - 12:00	371	3271	156	1287	371	831	5388
12:00 - 12:30	349	3077	147	1213	349	782	5071
12:30 - 13:00	337	2971	142	1171	337	755	4897
13:00 - 13:30	314	2768	132	1089	314	703	4560
13:30 - 14:00	297	2618	125	1031	297	665	4314
14:00 - 14:30	275	2424	116	957	275	616	3997
14:30 - 15:00	261	2301	110	907	261	585	3793
15:00 - 15:30	224	1975	94	775	224	502	3252
15:30 - 16:00	177	1560	75	619	177	396	2575
16:00 - 16:30	128	1128	54	445	128	287	1860
16:30 - 17:00	80	705	34	280	80	179	1165
17:00 - 17:30	38	335	16	132	38	85	552
17:30 - 18:00	10	88	4	33	10	22	144
18:00 - 18:30	1	9	0	3	1	2	14
18:30 - 19:00	0	2	0	2	0	1	5
19:00 - 19:30	0	1	0	1	0	0	2
19:30 - 20:00	0	1	0	0	0	0	1



Abril	Is SE (W/m <sup>2</sup> )	Hs SE (W)	Is O (W/m <sup>2</sup> )	Hs O (W)	Is SO (W/m <sup>2</sup> )	Hs SO (W)	Hs Total (W)
07:00 - 07:30	137	1208	83	685	137	307	2199
07:30 - 08:00	179	1477	109	899	179	401	2777
08:00 - 08:30	215	482	131	1081	215	482	2044
08:30 - 09:00	250	2204	152	1254	250	560	4018
09:00 - 09:30	280	2468	171	1411	280	627	4506
09:30 - 10:00	315	2777	192	1584	315	705	5066
10:00 - 10:30	318	2803	194	1600	318	712	5116
10:30 - 11:00	309	2724	188	1551	309	692	4967
11:00 - 11:30	336	2962	205	1691	336	753	5406
11:30 - 12:00	340	2997	207	1707	340	761	5466
12:00 - 12:30	338	2980	206	1699	338	757	5436
12:30 - 13:00	326	2874	199	1641	326	730	5245
13:00 - 13:30	326	2874	199	1641	326	730	5245
13:30 - 14:00	307	2706	187	1543	307	688	4936
14:00 - 14:30	271	2389	165	1361	271	607	4357
14:30 - 15:00	232	2045	142	1171	232	520	3736
15:00 - 15:30	216	1904	132	1089	216	484	3477
15:30 - 16:00	172	1516	105	866	172	385	2768
16:00 - 16:30	117	1031	71	586	117	262	1879
16:30 - 17:00	103	908	63	520	103	231	1658
17:00 - 17:30	71	626	44	363	71	159	1148
17:30 - 18:00	38	335	23	190	38	85	610
18:00 - 18:30	10	88	6	49	10	22	160
18:30 - 19:00	1	8	1	8	1	2	18
19:00 - 19:30	0	2	0	2	0	1	5
19:30 - 20:00	0	1	0	1	0	0	2

Mayo	Is SE (W/m2)	Hs SE (W)	Is O (W/m2)	Hs O (W)	Is SO (W/m2)	Hs SO (W)	Hs Total (W)
07:00 - 07:30	139	1225	110	907	139	311	2444
07:30 - 08:00	175	1444	139	1147	175	392	2982
08:00 - 08:30	203	455	161	1328	203	455	2237
08:30 - 09:00	232	2045	184	1518	232	520	4083
09:00 - 09:30	257	2266	204	1683	257	576	4524
09:30 - 10:00	278	2451	220	1815	278	623	4888
10:00 - 10:30	281	2477	223	1839	281	629	4946
10:30 - 11:00	305	2689	242	1996	305	683	5368
11:00 - 11:30	319	2812	253	2087	319	714	5614
11:30 - 12:00	329	2900	261	2153	329	737	5790
12:00 - 12:30	321	2830	255	2103	321	719	5652
12:30 - 13:00	314	2768	249	2054	314	703	5525
13:00 - 13:30	301	2653	238	1963	301	674	5291
13:30 - 14:00	280	2468	222	1831	280	627	4927
14:00 - 14:30	258	2274	205	1691	258	578	4543
14:30 - 15:00	228	2010	180	1485	228	511	4005
15:00 - 15:30	139	1225	110	907	139	311	2444
15:30 - 16:00	142	1252	112	924	142	318	2494
16:00 - 16:30	137	1208	108	891	137	307	2405
16:30 - 17:00	107	943	85	701	107	240	1884
17:00 - 17:30	84	741	66	544	84	188	1473
17:30 - 18:00	56	494	44	363	56	125	982
18:00 - 18:30	26	229	21	173	26	58	461
18:30 - 19:00	6	53	5	41	6	13	108
19:00 - 19:30	1	9	1	8	1	2	19
19:30 - 20:00	0	1	0	1	0	1	3

Junio	Is SE (W/m2)	Hs SE (W)	Is O (W/m2)	Hs O (W)	Is SO (W/m2)	Hs SO (W)	Hs Total (W)
07:00 - 07:30	147	1296	132	1089	147	329	2714
07:30 - 08:00	164	1353	147	1213	164	367	2933
08:00 - 08:30	185	414	166	1369	185	414	2198
08:30 - 09:00	214	1887	192	1584	214	479	3950
09:00 - 09:30	233	2054	210	1732	233	522	4308
09:30 - 10:00	252	2222	227	1872	252	564	4658
10:00 - 10:30	275	2424	247	2037	275	616	5078
10:30 - 11:00	278	2451	250	2062	278	623	5136
11:00 - 11:30	285	2512	256	2112	285	638	5262
11:30 - 12:00	296	2609	266	2194	296	663	5467
12:00 - 12:30	293	2583	263	2169	293	656	5409
12:30 - 13:00	285	2512	256	2112	285	638	5262
13:00 - 13:30	274	2415	247	2037	274	614	5067
13:30 - 14:00	253	2230	228	1881	253	567	4678
14:00 - 14:30	245	2160	221	1823	245	549	4531
14:30 - 15:00	231	2036	208	1716	231	517	4269
15:00 - 15:30	127	1120	114	940	127	284	2344
15:30 - 16:00	175	1543	157	1295	175	392	3230
16:00 - 16:30	130	1146	117	965	130	291	2402
16:30 - 17:00	121	1067	109	899	121	271	2237
17:00 - 17:30	92	811	83	685	92	206	1702
17:30 - 18:00	64	564	58	478	64	143	1186
18:00 - 18:30	35	309	31	256	35	78	643
18:30 - 19:00	15	132	13	107	15	34	273
19:00 - 19:30	4	35	3	25	4	9	69
19:30 - 20:00	1	9	1	8	1	2	19

Julio	Is SE (W/m2)	Hs SE (W)	Is O (W/m2)	Hs O (W)	Is SO (W/m2)	Hs SO (W)	Hs Total (W)
07:00 - 07:30	130	1146	111	916	130	291	2353
07:30 - 08:00	162	1336	138	1138	162	363	2837
08:00 - 08:30	204	457	173	1427	204	457	2341
08:30 - 09:00	224	1975	190	1567	224	502	4044
09:00 - 09:30	239	2107	202	1666	239	535	4308
09:30 - 10:00	259	2283	220	1815	259	580	4678
10:00 - 10:30	279	2460	237	1955	279	625	5039
10:30 - 11:00	298	2627	253	2087	298	667	5381
11:00 - 11:30	307	2706	261	2153	307	688	5547
11:30 - 12:00	312	2750	264	2178	312	699	5627
12:00 - 12:30	303	2671	257	2120	303	679	5470
12:30 - 13:00	296	2609	251	2070	296	663	5343
13:00 - 13:30	299	2636	254	2095	299	670	5401
13:30 - 14:00	267	2354	226	1864	267	598	4816
14:00 - 14:30	257	2266	218	1798	257	576	4639
14:30 - 15:00	242	2133	205	1691	242	542	4366
15:00 - 15:30	149	1314	126	1039	149	334	2687
15:30 - 16:00	128	1128	109	899	128	287	2314
16:00 - 16:30	149	1314	126	1039	149	334	2687
16:30 - 17:00	122	1076	104	858	122	273	2207
17:00 - 17:30	92	811	78	643	92	206	1660
17:30 - 18:00	67	591	57	470	67	150	1211
18:00 - 18:30	46	406	39	322	46	103	830
18:30 - 19:00	17	150	14	115	17	38	303
19:00 - 19:30	4	35	4	33	4	9	77
19:30 - 20:00	1	9	1	8	1	2	19

Agosto	Is SE (W/m <sup>2</sup> )	Hs SE (W)	Is O (W/m <sup>2</sup> )	Hs O (W)	Is SO (W/m <sup>2</sup> )	Hs SO (W)	Hs Total (W)
07:00 - 07:30	146	1287	98	808	146	327	2422
07:30 - 08:00	188	1551	126	1039	188	421	3011
08:00 - 08:30	215	482	1244	10261	215	482	11224
08:30 - 09:00	251	2213	168	1386	251	562	4161
09:00 - 09:30	272	2398	183	1510	272	609	4517
09:30 - 10:00	300	2645	201	1658	300	672	4975
10:00 - 10:30	318	2803	214	1765	318	712	5281
10:30 - 11:00	323	2847	216	1782	323	723	5353
11:00 - 11:30	340	2997	228	1881	340	761	5639
11:30 - 12:00	333	2936	223	1839	333	746	5521
12:00 - 12:30	314	2768	210	1732	314	703	5204
12:30 - 13:00	296	2609	199	1641	296	663	4914
13:00 - 13:30	301	2653	202	1666	301	674	4994
13:30 - 14:00	284	2504	190	1567	284	636	4707
14:00 - 14:30	268	2363	180	1485	268	600	4448
14:30 - 15:00	229	2019	154	1270	229	513	3802
15:00 - 15:30	215	1895	144	1188	215	482	3565
15:30 - 16:00	170	1499	114	940	170	381	2820
16:00 - 16:30	133	1172	89	734	133	298	2204
16:30 - 17:00	113	996	75	619	113	253	1868
17:00 - 17:30	82	723	55	454	82	184	1360
17:30 - 18:00	52	458	35	289	52	116	864
18:00 - 18:30	25	220	17	140	25	56	417
18:30 - 19:00	9	79	6	49	9	20	149
19:00 - 19:30	5	44	3	25	5	11	80
19:30 - 20:00	5	44	3	25	5	11	80

Septiembre	Is SE (W/m2)	Hs SE (W)	Is O (W/m2)	Hs O (W)	Is SO (W/m2)	Hs SO (W)	Hs Total (W)
07:00 - 07:30	126	1111	59	487	126	282	1880
07:30 - 08:00	163	1345	77	635	163	365	2345
08:00 - 08:30	197	441	93	767	197	441	1650
08:30 - 09:00	221	1948	104	858	221	495	3301
09:00 - 09:30	257	2266	121	998	257	576	3839
09:30 - 10:00	278	2451	131	1081	278	623	4154
10:00 - 10:30	304	2680	143	1180	304	681	4540
10:30 - 11:00	323	2847	152	1254	323	723	4825
11:00 - 11:30	337	2971	159	1312	337	755	5037
11:30 - 12:00	332	2927	156	1287	332	744	4957
12:00 - 12:30	355	3130	167	1378	355	795	5302
12:30 - 13:00	334	2944	157	1295	334	748	4987
13:00 - 13:30	343	3024	161	1328	343	768	5120
13:30 - 14:00	331	2918	156	1287	331	741	4946
14:00 - 14:30	293	2583	138	1138	293	656	4378
14:30 - 15:00	262	2310	124	1023	262	587	3919
15:00 - 15:30	220	1939	104	858	220	493	3290
15:30 - 16:00	170	1499	80	660	170	381	2539
16:00 - 16:30	127	1120	60	495	127	284	1899
16:30 - 17:00	70	617	33	272	70	157	1046
17:00 - 17:30	41	361	19	157	41	92	610
17:30 - 18:00	16	141	8	66	16	36	243
18:00 - 18:30	7	62	3	25	7	16	102
18:30 - 19:00	6	53	3	25	6	13	91
19:00 - 19:30	6	53	3	25	6	13	91
19:30 - 20:00	6	53	3	25	6	13	91

Octubre	Is SE (W/m <sup>2</sup> )	Hs SE (W)	Is O (W/m <sup>2</sup> )	Hs O (W)	Is SO (W/m <sup>2</sup> )	Hs SO (W)	Hs Total (W)
07:00 - 07:30	96	846	31	256	96	215	1317
07:30 - 08:00	147	1213	47	388	147	329	1929
08:00 - 08:30	190	426	61	503	190	426	1354
08:30 - 09:00	226	1992	73	602	226	506	3101
09:00 - 09:30	277	2442	89	734	277	620	3796
09:30 - 10:00	309	2724	99	817	309	692	4233
10:00 - 10:30	324	2856	104	858	324	726	4440
10:30 - 11:00	349	3077	112	924	349	782	4782
11:00 - 11:30	345	3041	111	916	345	773	4730
11:30 - 12:00	345	3041	111	916	345	773	4730
12:00 - 12:30	329	2900	106	874	329	737	4512
12:30 - 13:00	306	2698	98	808	306	685	4191
13:00 - 13:30	307	2706	99	817	307	688	4211
13:30 - 14:00	265	2336	85	701	265	593	3631
14:00 - 14:30	225	1984	72	594	225	504	3081
14:30 - 15:00	193	1701	62	511	193	432	2645
15:00 - 15:30	145	1278	47	388	145	325	1991
15:30 - 16:00	108	952	35	289	108	242	1483
16:00 - 16:30	66	582	21	173	66	148	903
16:30 - 17:00	30	264	10	82	30	67	414
17:00 - 17:30	11	97	3	25	11	25	146
17:30 - 18:00	7	62	2	16	7	16	94
18:00 - 18:30	7	62	2	16	7	16	94
18:30 - 19:00	7	62	2	16	7	16	94
19:00 - 19:30	7	62	2	16	7	16	94
19:30 - 20:00	7	62	2	16	7	16	94

Noviembre	Is SE (W/m2)	Hs SE (W)	Is O (W/m2)	Hs O (W)	Is SO (W/m2)	Hs SO (W)	Hs Total (W)
07:00 - 07:30	35	309	8	66	35	78	453
07:30 - 08:00	90	742	22	181	90	202	1125
08:00 - 08:30	143	320	34	280	143	320	921
08:30 - 09:00	192	1693	46	379	192	430	2502
09:00 - 09:30	254	2239	61	503	254	569	3311
09:30 - 10:00	294	2592	71	586	294	658	3836
10:00 - 10:30	326	2874	78	643	326	730	4247
10:30 - 11:00	346	3050	83	685	346	775	4510
11:00 - 11:30	386	3403	93	767	386	864	5034
11:30 - 12:00	372	3279	90	742	372	833	4855
12:00 - 12:30	379	3341	91	751	379	849	4941
12:30 - 13:00	345	3041	83	685	345	773	4499
13:00 - 13:30	316	2786	76	627	316	708	4120
13:30 - 14:00	273	2407	66	544	273	611	3562
14:00 - 14:30	225	1984	54	445	225	504	2933
14:30 - 15:00	170	1499	41	338	170	381	2218
15:00 - 15:30	112	987	27	223	112	251	1461
15:30 - 16:00	64	564	15	124	64	143	831
16:00 - 16:30	19	167	5	41	19	43	251
16:30 - 17:00	2	18	0	8	2	4	30
17:00 - 17:30	0	7	0	2	0	1	10
17:30 - 18:00	0	7	0	2	0	1	10
18:00 - 18:30	0	7	0	2	0	1	10
18:30 - 19:00	0	7	0	2	0	1	10
19:00 - 19:30	0	7	0	2	0	0	9
19:30 - 20:00	0	7	0	2	0	0	9



Diciembre	Is SE (W/m2)	Hs SE (W)	Is O (W/m2)	Hs O (W)	Is SO (W/m2)	Hs SO (W)	Hs Total (W)
07:00 - 07:30	5	44	1	8	5	11	64
07:30 - 08:00	39	322	8	66	39	87	475
08:00 - 08:30	97	217	20	165	97	217	599
08:30 - 09:00	160	1410	33	272	160	358	2041
09:00 - 09:30	232	2045	47	388	232	520	2953
09:30 - 10:00	280	2468	57	470	280	627	3566
10:00 - 10:30	306	2698	62	511	306	685	3894
10:30 - 11:00	363	3200	74	610	363	813	4623
11:00 - 11:30	365	3218	74	610	365	817	4646
11:30 - 12:00	364	3209	74	610	364	815	4635
12:00 - 12:30	329	2900	67	553	329	737	4190
12:30 - 13:00	317	2795	65	536	317	710	4041
13:00 - 13:30	289	2548	59	487	289	647	3682
13:30 - 14:00	271	2389	55	454	271	607	3450
14:00 - 14:30	222	1957	45	371	222	497	2825
14:30 - 15:00	168	1481	34	280	168	376	2138
15:00 - 15:30	111	979	23	190	111	249	1417
15:30 - 16:00	55	485	11	91	55	123	699
16:00 - 16:30	9	79	2	16	9	20	116
16:30 - 17:00	0	0	0	0	0	0	0
17:00 - 17:30	0	0	0	0	0	0	0
17:30 - 18:00	0	0	0	0	0	0	0
18:00 - 18:30	0	0	0	0	0	0	0
18:30 - 19:00	0	0	0	0	0	0	0
19:00 - 19:30	0	0	0	0	0	0	0
19:30 - 20:00	0	0	0	0	0	0	0

	Ganancias solares Qs (W)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
07:00 - 07:30	64	395	1328	2199	2444	2714	2353	2422	1880	1317	453	64
07:30 - 08:00	454	907	1974	2777	2982	2933	2837	3011	2345	1929	1125	475
08:00 - 08:30	590	822	1468	2044	2237	2198	2341	11224	1650	1354	921	599
08:30 - 09:00	1897	2292	3210	4018	4083	3950	4044	4161	3301	3101	2502	2041
09:00 - 09:30	2444	3001	3660	4506	4524	4308	4308	4517	3839	3796	3311	2953
09:30 - 10:00	3151	3584	4273	5066	4888	4658	4678	4975	4154	4233	3836	3566
10:00 - 10:30	3626	4167	4693	5116	4946	5078	5039	5281	4540	4440	4247	3894
10:30 - 11:00	4038	4418	5294	4967	5368	5136	5381	5353	4825	4782	4510	4623
11:00 - 11:30	4353	4512	5366	5406	5614	5262	5547	5639	5037	4730	5034	4646
11:30 - 12:00	4491	4854	5388	5466	5790	5467	5627	5521	4957	4730	4855	4635
12:00 - 12:30	4573	4835	5071	5436	5652	5409	5470	5204	5302	4512	4941	4190
12:30 - 13:00	4427	4771	4897	5245	5525	5262	5343	4914	4987	4191	4499	4041
13:00 - 13:30	4184	4448	4560	5245	5291	5067	5401	4994	5120	4211	4120	3682
13:30 - 14:00	3731	4012	4314	4936	4927	4678	4816	4707	4946	3631	3562	3450
14:00 - 14:30	3267	3730	3997	4357	4543	4531	4639	4448	4378	3081	2933	2825
14:30 - 15:00	2751	3220	3793	3736	4005	4269	4366	3802	3919	2645	2218	2138
15:00 - 15:30	2171	2551	3252	3477	2444	2344	2687	3565	3290	1991	1461	1417
15:30 - 16:00	1475	1845	2575	2768	2494	3230	2314	2820	2539	1483	831	699
16:00 - 16:30	685	1240	1860	1879	2405	2402	2687	2204	1899	903	251	116
16:30 - 17:00	116	583	1165	1658	1884	2237	2207	1868	1046	414	30	0
17:00 - 17:30	1	157	552	1148	1473	1702	1660	1360	610	146	10	0
17:30 - 18:00	0	2	144	610	982	1186	1211	864	243	94	10	0
18:00 - 18:30	1	0	14	160	461	643	830	417	102	94	10	0
18:30 - 19:00	0	0	5	18	108	273	303	149	91	94	10	0
19:00 - 19:30	0	0	2	5	19	69	77	80	91	94	9	0
19:30 - 20:00	0	0	1	2	3	19	19	80	91	94	9	0

**Tabla 5 Cálculo de las ganancias solares anuales por intervalos de media hora para un día y mes tipo**

## 5.2.8 Detalle del cálculo de las ganancias internas

### 5.2.8.1 La iluminación y los aparatos eléctricos

El calor desprendido por los aparatos de luz y fuerza se puede aproximar por los consumos eléctricos de los mismos. Anteriormente, hemos calculado los consumos diarios de iluminación y fuerza. Ahora necesitamos saber que potencia está siendo utilizada cada media hora del día.

Las potencias de luz se pueden determinar fácilmente con el inventario, conociendo los horarios de cada estancia y considerando que se encienden las luces cada vez que una estancia se utiliza.

Diciembre / Enero / Febrero /Marzo	Luz				
	Siempre encendido (W)	Oficinas / Despachos (W)	Otros (W)	Apoyo (W)	Total (W)
07:00 - 07:30	1476	238		0	<b>1714</b>
07:30 - 08:00	1476	476		0	<b>1952</b>
08:00 - 08:30	1476	1667	78	0	<b>3222</b>
08:30 - 09:00	1476	2382	78	0	<b>3936</b>
09:00 - 09:30	1476	2382	78	0	<b>3936</b>
09:30 - 10:00	1476	2382	78	0	<b>3936</b>
10:00 - 10:30	1476	2382	78	0	<b>3936</b>
10:30 - 11:00	1476	2382	78	0	<b>3936</b>
11:00 - 11:30	1476	2382	78	0	<b>3936</b>
11:30 - 12:00	1476	2382	78	0	<b>3936</b>
12:00 - 12:30	1476	2382	78	0	<b>3936</b>
12:30 - 13:00	1476	2382	78	0	<b>3936</b>
13:00 - 13:30	1476	2382	78	0	<b>3936</b>
13:30 - 14:00	1476	2382	78	0	<b>3936</b>
14:00 - 14:30	1476		78	0	<b>1554</b>
14:30 - 15:00	1476		78	0	<b>1554</b>
15:00 - 15:30	1476		78	0	<b>1554</b>
15:30 - 16:00	1476	2382	78	0	<b>3936</b>
16:00 - 16:30	1476	2382	78	0	<b>3936</b>
16:30 - 17:00	1476	2382	78	0	<b>3936</b>
17:00 - 17:30	1476	2144	78	570	<b>4268</b>
17:30 - 18:00	1476	2144	78	570	<b>4268</b>
18:00 - 18:30	1476	1429	78	570	<b>3553</b>
18:30 - 19:00	1476	476	78	570	<b>2601</b>
19:00 - 19:30	1476	476		0	<b>1952</b>
19:30 - 20:00	1476	476		0	<b>1952</b>

**Tabla 5** Cálculo de las ganancias internas provocadas por la iluminación según meses

<b>Abril / Mayo / Junio / Septiembre / Octubre / Noviembre</b>	<b>Luz</b>				<b>Total (W)</b>
	<b>Siempre encendido (W)</b>	<b>Oficinas / Despachos (W)</b>	<b>Otros (W)</b>	<b>Apoyo (W)</b>	
07:00 - 07:30	1476	238		0	<b>1714</b>
07:30 - 08:00	1476	476		0	<b>1952</b>
08:00 - 08:30	1476	1667	78	0	<b>3222</b>
08:30 - 09:00	1476	2382	78	0	<b>3936</b>
09:00 - 09:30	1476	2382	78	0	<b>3936</b>
09:30 - 10:00	1476	2382	78	0	<b>3936</b>
10:00 - 10:30	1476	2382	78	0	<b>3936</b>
10:30 - 11:00	1476	2382	78	0	<b>3936</b>
11:00 - 11:30	1476	2382	78	0	<b>3936</b>
11:30 - 12:00	1476	2382	78	0	<b>3936</b>
12:00 - 12:30	1476	2382	78	0	<b>3936</b>
12:30 - 13:00	1476	2382	78	0	<b>3936</b>
13:00 - 13:30	1476	2382	78	0	<b>3936</b>
13:30 - 14:00	1476	2382	78	0	<b>3936</b>
14:00 - 14:30	1476		78	0	<b>1554</b>
14:30 - 15:00	1476		78	0	<b>1554</b>
15:00 - 15:30	1476		78	0	<b>1554</b>
15:30 - 16:00	1476	2382	78	0	<b>3936</b>
16:00 - 16:30	1476	2382	78	0	<b>3936</b>
16:30 - 17:00	1476	2382	78	0	<b>3936</b>
17:00 - 17:30	1476	2144	78	0	<b>3698</b>
17:30 - 18:00	1476	2144	78	0	<b>3698</b>
18:00 - 18:30	1476	1429	78	0	<b>2983</b>
18:30 - 19:00	1476	476	78	0	<b>2031</b>
19:00 - 19:30	1476	476		0	<b>1952</b>
19:30 - 20:00	1476	476		0	<b>1952</b>

**Tabla 7 Cálculo de las ganancias internas provocadas por la iluminación según meses**

	<b>Luz</b>				
<b>Julio / Agosto</b>	<b>Siempre encendido (W)</b>	<b>Oficinas / Despachos (W)</b>	<b>Otros (W)</b>	<b>Apoyo (W)</b>	<b>Total (W)</b>
07:00 - 07:30	1476	238		0	<b>1714</b>
07:30 - 08:00	1476	238		0	<b>1714</b>
08:00 - 08:30	1476	238	56	0	<b>1770</b>
08:30 - 09:00	1476	1667	56	0	<b>3200</b>
09:00 - 09:30	1476	2382	56	0	<b>3914</b>
09:30 - 10:00	1476	2382	56	0	<b>3914</b>
10:00 - 10:30	1476	2382	56	0	<b>3914</b>
10:30 - 11:00	1476	2382	56	0	<b>3914</b>
11:00 - 11:30	1476	2382	56	0	<b>3914</b>
11:30 - 12:00	1476	2382	56	0	<b>3914</b>
12:00 - 12:30	1476	2382	56	0	<b>3914</b>
12:30 - 13:00	1476	2382	56	0	<b>3914</b>
13:00 - 13:30	1476	2382	56	0	<b>3914</b>
13:30 - 14:00	1476	2382	56	0	<b>3914</b>
14:00 - 14:30	1476	2382	56	0	<b>3914</b>
14:30 - 15:00	1476	2382	56	0	<b>3914</b>
15:00 - 15:30	1476		56	0	<b>1532</b>
15:30 - 16:00	1476		56	0	<b>1532</b>
16:00 - 16:30	1476		56	0	<b>1532</b>
16:30 - 17:00	1476		56	0	<b>1532</b>
17:00 - 17:30	1476	476	56	0	<b>2009</b>
17:30 - 18:00	1476	476	56	0	<b>2009</b>
18:00 - 18:30	1476	476	56	0	<b>2009</b>
18:30 - 19:00	1476	476	56	0	<b>2009</b>

19:00 - 19:30	1476	238		0	<b>1714</b>
19:30 - 20:00	1476	238		0	<b>1714</b>

**Tabla 8 Cálculo de las ganancias internas provocadas por la iluminación según meses**

En cuanto a los aparatos, se dividen sus consumos diarios por sus tiempos de utilización y se reparten estas potencias medias calculadas a lo largo del día, en función de los horarios de utilización de estos aparatos. Para los aparatos que funcionan de manera intermitente, sin horarios definidos como los ordenadores o las impresoras, se definen factores de utilización que reparten las potencias medias de estos aparatos a lo largo del día, basándose en el sentido común y en los horarios del edificio.

Por ejemplo, para los ordenadores suponemos que durante el almuerzo, entre las dos y las cuatro de la tarde, los ordenadores no se usan pero están encendidos. La potencia que desprenden es igual a  $50 \times 45 = 2250 \text{ W}$ . El resto del tiempo, 8h, está encendido con una alternancia de uso y no uso. Durante este periodo la potencia media usada por los ordenadores es de  $(260 \times 6 \times 45 + 50 \times 2 \times 45) / 8 = 9338 \text{ W}$ . El factor de utilización nos permite repartir las potencias a lo largo del día para tener en cuenta el hecho de que los horarios de las oficinas son variables. Por eso hará ordenadores encendidos de las 7 h de la mañana a las 8 h de la tarde, lo que supera las 9h de funcionamiento que hemos considerado. Como consideramos un día dividido en media horas, la suma de todos los factores de utilización debe ser igual al doble de las horas de funcionamiento. Así obtenemos las reparticiones de las potencias siguientes:

Diciembre / Enero / Febrero	Factor de uso	Orden adores (W)	Factor de uso	Impresor as/Fotoc opias (W)	Resto aparatos 24 h	Resto aparato s 13h	Micrond as (W)	Radiado res (W)	Total (W)
07:00 - 07:30	0,1	392	0,1	27	1801	116	5		<b>2342</b>
07:30 - 08:00	0,2	785	0,2	43	1801	116	5		<b>2750</b>
08:00 - 08:30	0,7	2747	0,6	129	1801	116	5		<b>4799</b>
08:30 - 09:00	1,0	3924	0,8	173	1801	116	5	6300	<b>12319</b>
09:00 - 09:30	1,0	3924	1,0	216	1801	116	5	6300	<b>12362</b>
09:30 - 10:00	1,0	3924	1,0	216	1801	116	5	6300	<b>12362</b>
10:00 - 10:30	1,0	3924	1,0	216	1801	116	5	6300	<b>12362</b>
10:30 - 11:00	1,0	3924	1,0	216	1801	116	5	6300	<b>12362</b>
11:00 - 11:30	1,0	3924	1,0	216	1801	116	5	6300	<b>12362</b>
11:30 - 12:00	1,0	3924	1,0	216	1801	116	5	6300	<b>12362</b>
12:00 - 12:30	1,0	3924	1,0	216	1801	116	5	6300	<b>12362</b>
12:30 - 13:00	1,0	3924	1,0	216	1801	116	5	6300	<b>12362</b>
13:00 - 13:30	0,8	3139	1,0	216	1801	116	5	6300	<b>11577</b>
13:30 - 14:00	0,8	3139	1,0	216	1801	116	5	6300	<b>11577</b>
14:00 - 14:30		900	0,8	173	1801	116	900	6300	<b>10190</b>
14:30 - 15:00		900	0,8	173	1801	116	5	6300	<b>9295</b>
15:00 - 15:30		900	0,8	173	1801	116	5	6300	<b>9295</b>
15:30 - 16:00	0,2	785	0,8	173	1801	116	5	6300	<b>9180</b>
16:00 - 16:30	0,8	3139	0,8	173	1801	116	5	6300	<b>11534</b>
16:30 - 17:00	0,8	3139	0,8	173	1801	116	5	6300	<b>11534</b>
17:00 - 17:30	0,6	2354	0,6	129	1801	116	5	6300	<b>10706</b>
17:30 - 18:00	0,4	1570	0,4	86	1801	116	5		<b>3578</b>
18:00 - 18:30	0,2	785	0,2	43	1801	116	5		<b>2750</b>
18:30 - 19:00	0,2	785	0,1	22	1801	116	5		<b>2729</b>
19:00 - 19:30	0,1	392	0,1	22	1801	116	5		<b>2336</b>
19:30 - 20:00	0,1	392	0,1	22	1801	116	5		<b>2336</b>

Tabla 9 Cálculo de las ganancias internas provocadas por fuerza según meses

<b>Marzo / Abril / Mayo / Junio / Julio / Septiembre / Octubre / Noviembre</b>	<b>Factor de uso</b>	<b>Ordenadores (W)</b>	<b>Factor de uso</b>	<b>Impresoras/Fotocopias (W)</b>	<b>Resto aparatos 24 h</b>	<b>Resto aparatos 13h</b>	<b>Micróondas (W)</b>	<b>Radiadores (W)</b>	<b>Total (W)</b>
07:00 - 07:30	0,1	392	0,1	27	1801	116	5		<b>2342</b>
07:30 - 08:00	0,2	785	0,2	43	1801	116	5		<b>2750</b>
08:00 - 08:30	0,7	2747	0,6	129	1801	116	5		<b>4799</b>
08:30 - 09:00	1,0	3924	0,8	173	1801	116	5		<b>6019</b>
09:00 - 09:30	1,0	3924	1,0	216	1801	116	5		<b>6062</b>
09:30 - 10:00	1,0	3924	1,0	216	1801	116	5		<b>6062</b>
10:00 - 10:30	1,0	3924	1,0	216	1801	116	5		<b>6062</b>
10:30 - 11:00	1,0	3924	1,0	216	1801	116	5		<b>6062</b>
11:00 - 11:30	1,0	3924	1,0	216	1801	116	5		<b>6062</b>
11:30 - 12:00	1,0	3924	1,0	216	1801	116	5		<b>6062</b>
12:00 - 12:30	1,0	3924	1,0	216	1801	116	5		<b>6062</b>
12:30 - 13:00	1,0	3924	1,0	216	1801	116	5		<b>6062</b>
13:00 - 13:30	0,8	3139	1,0	216	1801	116	5		<b>5277</b>
13:30 - 14:00	0,8	3139	1,0	216	1801	116	5		<b>5277</b>
14:00 - 14:30		900	0,8	173	1801	116	900		<b>3890</b>
14:30 - 15:00		900	0,8	173	1801	116	5		<b>2995</b>
15:00 - 15:30		900	0,8	173	1801	116	5		<b>2995</b>
15:30 - 16:00	0,2	785	0,8	173	1801	116	5		<b>2880</b>
16:00 - 16:30	0,8	3139	0,8	173	1801	116	5		<b>5234</b>
16:30 - 17:00	0,8	3139	0,8	173	1801	116	5		<b>5234</b>
17:00 - 17:30	0,6	2354	0,6	129	1801	116	5		<b>4406</b>
17:30 - 18:00	0,4	1570	0,4	86	1801	116	5		<b>3578</b>
18:00 - 18:30	0,2	785	0,2	43	1801	116	5		<b>2750</b>
18:30 - 19:00	0,2	785	0,1	22	1801	116	5		<b>2729</b>
19:00 - 19:30	0,1	392	0,1	22	1801	116	5		<b>2336</b>
19:30 - 20:00	0,1	392	0,1	22	1801	116	5		<b>2336</b>

**Tabla 10 Cálculo de las ganancias internas provocadas por fuerza según meses**



Julio / Agosto	Factor de uso	Ordenadores (W)	Factor de uso	Impresoras/Fotocopias (W)	Resto aparatos 24 h	Resto aparatos 13h	Micróondas (W)	Radiadores (W)	Total (W)
07:00 - 07:30	0,10	332	0,10	27	1808	116	5		2288
07:30 - 08:00	0,10	332	0,10	27	1808	116	5		2288
08:00 - 08:30	0,10	332	0,10	27	1808	116	5		2288
08:30 - 09:00	0,70	2326	0,70	186	1808	116	5		4441
09:00 - 09:30	1,00	3323	1,00	265	1808	116	5		5517
09:30 - 10:00	1,00	3323	1,00	265	1808	116	5		5517
10:00 - 10:30	1,00	3323	1,00	265	1808	116	5		5517
10:30 - 11:00	1,00	3323	1,00	265	1808	116	5		5517
11:00 - 11:30	1,00	3323	1,00	265	1808	116	5		5517
11:30 - 12:00	1,00	3323	1,00	265	1808	116	5		5517
12:00 - 12:30	1,00	3323	1,00	265	1808	116	5		5517
12:30 - 13:00	1,00	3323	1,00	265	1808	116	5		5517
13:00 - 13:30	1,00	3323	1,00	265	1808	116	5		5517
13:30 - 14:00	1,00	3323	1,00	265	1808	116	5		5517
14:00 - 14:30	1,00	3323	1,00	265	1808	116	900		6412
14:30 - 15:00	0,50	1662	0,50	133	1808	116	5		3723
15:00 - 15:30		450	0,50	133	1808	116	5		2512
15:30 - 16:00		450	0,30	80	1808	116	5		2459
16:00 - 16:30		450	0,20	53	1808	116	5		2432
16:30 - 17:00		450	0,15	40	1808	116	5		2419
17:00 - 17:30	0,10	332	0,10	27	1808	116	5		2288
17:30 - 18:00	0,10	332	0,05	13	1808	116	5		2275
18:00 - 18:30	0,10	332	0,05	13	1808	116	5		2275
18:30 - 19:00	0,10	332	0,05	13	1808	116	5		2275
19:00 - 19:30	0,05	166	0,05	13	1808	116	5		2109
19:30 - 20:00	0,05	166	0,05	13	1808	116	5		2109

**Tabla 11 Cálculo de las ganancias internas provocadas por fuerza según meses**

Para los aparatos que funcionan durante 13h o más, se divide su consumo por las horas de funcionamiento. Se obtiene la potencia media desprendida y se reparte esta potencia uniformemente a lo largo del día. Para los aparatos que funcionan durante un tiempo determinado y conocido y que no tienen un modo Stand By, se reparte las potencias durante las horas de funcionamiento.

En cuanto a las personas, el calor que desprenden depende del esfuerzo que realizan. Se considera que una persona sentada haciendo un trabajo de oficina, o una persona de pie que no se mueva desprende 120 W, con lo cual conociendo los horarios de los trabajadores y visitas tenemos.

Resto año	Trabajadores	Calor persona (W)	Visitas	Calor persona (W)	Calor Total (W)
07:00 - 07:30	2,0	240	0	0	240
07:30 - 08:00	4,0	480	0	12	492
08:00 - 08:30	13,0	1560	0	12	1572
08:30 - 09:00	18,0	2160	0	0	2160
09:00 - 09:30	18,0	2160	0	0	2160
09:30 - 10:00	18,0	2160	1	120	2280
10:00 - 10:30	18,0	2160	0	0	2160
10:30 - 11:00	18,0	2160	0	0	2160
11:00 - 11:30	18,0	2160	3	360	2520
11:30 - 12:00	18,0	2160	4	480	2640
12:00 - 12:30	18,0	2160	4	480	2640
12:30 - 13:00	18,0	2160	2	240	2400
13:00 - 13:30	14,0	1680	1	120	1800
13:30 - 14:00	14,0	1680	1	120	1800
14:00 - 14:30	7,0	840	0	36	876
14:30 - 15:00	3,0	360	0	36	396
15:00 - 15:30	2,0	240	0	36	276
15:30 - 16:00	4,0	480	0	36	516
16:00 - 16:30	14,0	1680	2	240	1920
16:30 - 17:00	14,0	1680	2	240	1920
17:00 - 17:30	11,0	1320	2	240	1560
17:30 - 18:00	7,0	840	1	120	960
18:00 - 18:30	7,0	840	0	6	846
18:30 - 19:00	7,0	840	0	6	846
19:00 - 19:30	2,0	240	0	6	246
19:30 - 20:00	2,0	240	0	6	246

Tabla 12 Cálculo de las ganancias internas provocadas por personas según meses

Julio / Agosto	Trabajadores	Calor persona (W)	Visitas	Calor persona (W)	Calor Total (W)
07:00 - 07:30	2	240	0	0	<b>240</b>
07:30 - 08:00	2	240	0	12	<b>252</b>
08:00 - 08:30	2	240	0	12	<b>252</b>
08:30 - 09:00	11	1320	0	0	<b>1320</b>
09:00 - 09:30	16	1920	0	0	<b>1920</b>
09:30 - 10:00	16	1920	1	120	<b>2040</b>
10:00 - 10:30	16	1920	0	0	<b>1920</b>
10:30 - 11:00	16	1920	0	0	<b>1920</b>
11:00 - 11:30	16	1920	2	240	<b>2160</b>
11:30 - 12:00	16	1920	2	240	<b>2160</b>
12:00 - 12:30	16	1920	0	0	<b>1920</b>
12:30 - 13:00	16	1920	1	120	<b>2040</b>
13:00 - 13:30	16	1920	1	120	<b>2040</b>
13:30 - 14:00	16	1920	1	120	<b>2040</b>
14:00 - 14:30	16	1920	0	36	<b>1956</b>
14:30 - 15:00	8	960	0	36	<b>996</b>
15:00 - 15:30	3	360	0	36	<b>396</b>
15:30 - 16:00	2	240	0	36	<b>276</b>
16:00 - 16:30	2	240	0	24	<b>264</b>
16:30 - 17:00	2	240	0	18	<b>258</b>
17:00 - 17:30	2	240	0	12	<b>252</b>
17:30 - 18:00	2	240	0	6	<b>246</b>
18:00 - 18:30	2	240	0	6	<b>246</b>
18:30 - 19:00	2	240	0	6	<b>246</b>
19:00 - 19:30	1	120	0	6	<b>126</b>
19:30 - 20:00	1	120	0	6	<b>126</b>

**Tabla 13 Cálculo de las ganancias internas provocadas por personas en verano**

	Diciembre / Enero / Febrero	Julio / Agosto	Resto año
07:00 - 07:30	4296	4242	4296
07:30 - 08:00	5195	4254	5195
08:00 - 08:30	9592	4310	9592
08:30 - 09:00	18415	8961	12115
09:00 - 09:30	18458	11352	12158
09:30 - 10:00	18578	11472	12278
10:00 - 10:30	18458	11352	12158
10:30 - 11:00	18458	11352	12158
11:00 - 11:30	18818	11592	12518
11:30 - 12:00	18938	11592	12638
12:00 - 12:30	18938	11352	12638
12:30 - 13:00	18698	11472	12398
13:00 - 13:30	17313	11472	11013
13:30 - 14:00	17313	11472	11013
14:00 - 14:30	12620	12283	6320
14:30 - 15:00	11245	8634	4945
15:00 - 15:30	11125	4440	4825
15:30 - 16:00	13632	4267	7332
16:00 - 16:30	17390	4228	11090
16:30 - 17:00	17390	4209	11090
17:00 - 17:30	16534	4549	9664
17:30 - 18:00	8806	4529	8236
18:00 - 18:30	7150	4529	6580
18:30 - 19:00	6175	4529	5605
19:00 - 19:30	4535	3949	4535
19:30 - 20:00	4535	3949	4535

**Tabla 14 Sumatorio de las ganancias internas provocadas por iluminación, fuerza y personas según meses**

### 5.3 Detalle del cálculo de la demanda energética

Para el cálculo de la demanda energética se han tomado las temperaturas exteriores dadas por la estación meteorológica situada en la terraza de la Facultad de Física. Las temperaturas interiores las consideramos constantes a lo largo del día e igual a 21°C en régimen de invierno y 23°C en régimen de verano, porque son las temperaturas a las que se suele regular los termostatos de las bombas de calor, o bien eso es lo que hemos deducido preguntando a los trabajadores, aunque cabe mencionar que puede ser que estos valores aportados no se asemejen fielmente a la realidad.

#### 5.3.1 Características dinámicas del edificio

Todas las consideraciones efectuadas previamente consideran los flujos como si sólo existiese un intercambio de calor directo e instantáneo entre el interior y el exterior. La realidad resulta ser más compleja, lo que obliga a considerar de alguna manera estas características.

Un punto crucial en el comportamiento dinámico del edificio es la capacidad que tiene en retener el calor es sus cerramientos y liberarlo más tarde de forma más o menos desfasada en el tiempo. El cálculo preciso de estas características obliga a la utilización de métodos matriciales de caracterización de las capas y de los cerramientos, lo que supera nuestro objetivo. Es suficiente una consideración aproximada y simplificada de esta característica mediante la siguiente fórmula:

$$C = \sum \rho \times d \times c \times A$$

Siendo:

C la capacidad de acumulación de calor del edificio en J/K

$\rho$  la densidad del material en kg/m<sup>3</sup>

d el espesor entre el aislante y el interior pero siempre inferior a 10 cm, en m

c el calor específico del material en J/kg.K

A la superficie del cerramiento en m<sup>2</sup>

El sumatorio se extiende a todos los elementos constructivos que forman el edificio considerando sólo las capas internas que son las que realmente acumulan y liberan el calor.

El análisis de la formulación anterior (confirmado por los cálculos más detallados) lleva a la conclusión de que sólo los materiales relativamente pesados (de alta densidad) aportan valores sensibles de capacidad de acumulación de calor. Por lo tanto sólo se consideran los cerramientos opacos.

Además, la mayoría de los materiales tiene un calor específico del orden de 900/1000 J/kg.K. Se puede calcular la masa interna de los cerramientos (en kg) siguiendo las mismas reglas de determinación de espesor mencionadas anteriormente, multiplicando la densidad del material que compone el cerramiento por el espesor y el área y luego multiplicar la suma de estas masas internas por 900. Los cálculos se resumen en las tablas siguientes:

Elemento constructivo	Composicion	Espesor e (m)	Densidad (kg/m3)	Masa de inercia (kg/m2)	Area (m2)	Masa interna (kg)	C (kJ/K)
Muros de fachada	Fab. Ladrillo hueco sencillo	0,04	1000	40	239,22	9568,8	
	enlucido de yeso	0,01	800	8	239,22	1913,76	
	Fab. Ladrillo perforado cara vista	0,04	1140	45,6	239,22	10908,432	
	Mortero revoco	0,01	1525	15,25	239,22	3648,105	
Cubierta	Placa de escayola	0,02	825	16,5	136,7	2255,55	
	Forjado reticular canto 30 cm	0,08	1570	125,6	136,7	17169,52	
Suelo	Piedra artificial tipo Terrazo	0,03	1700	51	110,05	5612,55	
	recrecido mortero de cemento	0,07	1600	112	110,05	12325,6	
<b>Total</b>						<b>51076,717</b>	<b>45969,0453</b>

**Tabla 15** Calculo de la capacidad de acumulaci3n de calor del edificio C

Obtenemos:

$$C_{\text{edificio}} = 45969.04 \text{ kJ/K}$$

Otra caracterstica importante para determinar el comportamiento dinámico del edificio es la constante de tiempo. Básicamente es el cociente entre la capacidad de acumulaci3n de calor y la transmisi3n t3rmica del edificio o zona. Representa el tiempo necesario para disipar el calor acumulado. Se obtiene mediante la siguiente f3rmula:

$$\tau = \frac{C}{Ht + Hv}$$

Siendo  $\tau$  la constante de tiempo.

Despu3s del c3lculo obtenemos:

$$\tau_{\text{edificio}} = 21,6\text{h}$$

Finalmente, para calcular el factor 3til, se utiliza las expresiones siguientes:

$$\eta = \frac{(1 - \gamma^a)}{(1 - \gamma^{a+1})}$$

$$\gamma = \frac{Q_i + Q_r}{Q_r + Q_v}$$

$$a = a_0 + \frac{\tau}{\tau_0}$$

Donde  $a_0=1$  y  $\tau_0=15\text{h}$  en régimen de invierno y  $a_0 =1,83$  y  $\tau_0 =83\text{h}$  en régimen de verano.

El factor útil depende de las temperaturas exteriores e interiores que varían a lo largo del día.

Se calculan los valores de  $\eta$  para cada media hora de cada día tipo, de cada mes, de cada año del periodo de tiempo y los resultados aparecen en el cálculo final de la demanda energética

Tablas 16 Calculo de la demanda energética del edificio por intervalos de media hora y meses

Enero	T <sup>a</sup> INT (°C)	T <sup>a</sup> EXT (°C)	ΔT (°C)	Q <sub>t</sub> (kW)	Q <sub>v</sub> (kW)	Q <sub>s</sub> (kW)	Q <sub>i</sub> (kW)	γ	η invierno	η verano	Demanda teórica (kW)
07:00 - 07:30	21	8,12	12,88	14,84	12,57	0,06	4,30	0,16	0,99	0,99	23
07:30 - 08:00	21	8,35	12,65	14,58	12,34	0,45	5,19	0,21	0,98	0,98	21
08:00 - 08:30	21	9,06	11,94	13,76	11,65	0,59	9,59	0,40	0,93	0,92	16
08:30 - 09:00	21	9,48	11,52	13,28	11,24	1,90	18,42	0,83	0,77	0,75	9
09:00 - 09:30	21	9,90	11,10	12,79	10,83	2,44	18,46	0,88	0,75	0,73	8
09:30 - 10:00	21	10,74	10,26	11,82	10,01	3,15	18,58	1,00	0,71	0,69	6
10:00 - 10:30	21	12,60	8,40	9,68	8,20	3,63	18,46	1,24	0,63	0,62	4
10:30 - 11:00	21	13,75	7,25	8,36	7,07	4,04	18,46	1,46	0,57	0,55	3
11:00 - 11:30	21	14,84	6,16	7,10	6,01	4,35	18,82	1,77	0,49	0,48	2
11:30 - 12:00	21	15,86	5,14	5,92	5,02	4,49	18,94	2,14	0,43	0,42	1
12:00 - 12:30	21	16,58	4,42	5,09	4,31	4,57	18,94	2,50	0,37	0,37	1
12:30 - 13:00	21	17,51	3,49	4,02	3,41	4,43	18,70	3,11	0,31	0,30	0
13:00 - 13:30	21	18,18	2,82	3,25	2,75	4,18	17,31	3,58	0,27	0,27	0
13:30 - 14:00	21	18,20	2,80	3,23	2,73	3,73	17,31	3,53	0,27	0,27	0
14:00 - 14:30	21	17,64	3,36	3,87	3,28	3,27	12,62	2,22	0,41	0,41	1
14:30 - 15:00	21	16,49	4,51	5,20	4,40	2,75	11,25	1,46	0,57	0,55	2
15:00 - 15:30	21	15,97	5,03	5,80	4,91	2,17	11,13	1,24	0,63	0,61	2
15:30 - 16:00	21	15,67	5,33	6,14	5,20	1,47	13,63	1,33	0,60	0,59	2
16:00 - 16:30	21	14,41	6,59	7,60	6,43	0,68	17,39	1,29	0,62	0,60	3
16:30 - 17:00	21	13,03	7,97	9,19	7,78	0,12	17,39	1,03	0,70	0,68	5
17:00 - 17:30	21	12,44	8,56	9,87	8,35	0,00	16,53	0,91	0,74	0,72	6
17:30 - 18:00	21	12,21	8,79	10,13	8,58	0,00	8,81	0,47	0,91	0,89	11
18:00 - 18:30	21	12,19	8,81	10,15	8,60	0,00	7,15	0,38	0,94	0,92	12
18:30 - 19:00	21	12,07	8,93	10,29	8,71	0,00	6,18	0,32	0,96	0,94	13
19:00 - 19:30	21	11,86	9,14	10,53	8,92	0,00	4,53	0,23	0,98	0,97	15
19:30 - 20:00	21	11,93	9,07	10,45	8,85	0,00	4,53	0,23	0,98	0,97	15



Febrero	T <sup>a</sup> INT (°C)	T <sup>a</sup> EXT (°C)	ΔT (°C)	Qt (kW)	Qv (kW)	Qs (kW)	Qi (kW)	gamma	η invierno	η verano	Demanda teórica (kW)
07:00 - 07:30	21	6,39	14,61	16,84	14,26	0,39	4,30	0,15	0,99	0,99	26
07:30 - 08:00	21	6,81	14,19	16,35	13,85	0,91	5,19	0,20	0,98	0,98	24
08:00 - 08:30	21	7,11	13,89	16,01	13,55	0,82	9,59	0,35	0,95	0,93	20
08:30 - 09:00	21	7,89	13,11	15,11	12,79	2,29	18,42	0,74	0,81	0,79	11
09:00 - 09:30	21	8,91	12,09	13,93	11,80	3,00	18,46	0,83	0,77	0,75	9
09:30 - 10:00	21	10,35	10,65	12,27	10,39	3,58	18,58	0,98	0,72	0,70	7
10:00 - 10:30	21	12,21	8,79	10,13	8,58	4,17	18,46	1,21	0,64	0,62	4
10:30 - 11:00	21	13,83	7,17	8,26	7,00	4,42	18,46	1,50	0,56	0,54	3
11:00 - 11:30	21	15,07	5,93	6,83	5,79	4,51	18,82	1,85	0,48	0,47	1
11:30 - 12:00	21	16,24	4,76	5,49	4,64	4,85	18,94	2,35	0,39	0,39	1
12:00 - 12:30	21	17,30	3,70	4,26	3,61	4,83	18,94	3,02	0,32	0,31	0
12:30 - 13:00	21	18,14	2,86	3,30	2,79	4,77	18,70	3,86	0,25	0,25	0
13:00 - 13:30	21	18,56	2,44	2,81	2,38	4,45	17,31	4,19	0,23	0,23	0
13:30 - 14:00	21	18,39	2,61	3,01	2,55	4,01	17,31	3,84	0,25	0,25	0
14:00 - 14:30	21	18,43	2,57	2,96	2,51	3,73	12,62	2,99	0,32	0,31	0
14:30 - 15:00	21	17,82	3,18	3,66	3,10	3,22	11,25	2,14	0,43	0,42	1
15:00 - 15:30	21	16,68	4,32	4,98	4,22	2,55	11,13	1,49	0,56	0,55	2
15:30 - 16:00	21	14,99	6,01	6,93	5,86	1,84	13,63	1,21	0,64	0,62	3
16:00 - 16:30	21	14,01	6,99	8,06	6,82	1,24	17,39	1,25	0,63	0,61	3
16:30 - 17:00	21	12,78	8,22	9,47	8,02	0,58	17,39	1,03	0,70	0,68	5
17:00 - 17:30	21	11,53	9,47	10,91	9,24	0,16	16,53	0,83	0,77	0,75	7
17:30 - 18:00	21	11,00	10,00	11,53	9,76	0,00	8,81	0,41	0,93	0,91	13
18:00 - 18:30	21	10,73	10,27	11,84	10,02	0,00	7,15	0,33	0,96	0,94	15
18:30 - 19:00	21	10,55	10,45	12,04	10,20	0,00	6,18	0,28	0,97	0,96	16
19:00 - 19:30	21	10,20	10,80	12,45	10,54	0,00	4,53	0,20	0,98	0,98	19
19:30 - 20:00	21	9,83	11,17	12,87	10,90	0,00	4,53	0,19	0,99	0,98	19

Marzo	T <sup>a</sup> INT (°C)	T <sup>a</sup> EXT (°C)	ΔT (°C)	Qt (kW)	Qv (kW)	Qs (kW)	Qi (kW)	gamma	η invierno	η verano	Demanda teórica (kW)
07:00 - 07:30	21	9,25	11,75	13,54	11,47	1,33	4,30	0,22	0,98	0,97	19
07:30 - 08:00	21	9,72	11,28	13,00	11,01	1,97	5,19	0,30	0,96	0,95	17
08:00 - 08:30	21	10,30	10,70	12,33	10,44	1,47	9,59	0,49	0,90	0,89	13
08:30 - 09:00	21	10,86	10,14	11,69	9,89	3,21	12,12	0,71	0,82	0,80	9
09:00 - 09:30	21	11,72	9,28	10,70	9,06	3,66	12,16	0,80	0,78	0,76	7
09:30 - 10:00	21	12,63	8,37	9,65	8,17	4,27	12,28	0,93	0,73	0,72	6
10:00 - 10:30	21	13,78	7,22	8,32	7,05	4,69	12,16	1,10	0,68	0,66	4
10:30 - 11:00	21	14,94	6,06	6,98	5,91	5,29	12,16	1,35	0,60	0,58	2
11:00 - 11:30	21	15,75	5,25	6,05	5,12	5,37	12,52	1,60	0,53	0,52	2
11:30 - 12:00	21	16,12	4,88	5,62	4,76	5,39	12,64	1,74	0,50	0,49	1
12:00 - 12:30	21	16,24	4,76	5,49	4,64	5,07	12,64	1,75	0,50	0,49	1
12:30 - 13:00	21	16,46	4,54	5,23	4,43	4,90	12,40	1,79	0,49	0,48	1
13:00 - 13:30	21	16,33	4,67	5,38	4,56	4,56	11,01	1,57	0,54	0,53	2
13:30 - 14:00	21	16,30	4,70	5,42	4,59	4,31	11,01	1,53	0,55	0,54	2
14:00 - 14:30	21	16,06	4,94	5,69	4,82	4,00	6,32	0,98	0,72	0,70	3
14:30 - 15:00	21	15,89	5,11	5,89	4,99	3,79	4,95	0,80	0,78	0,76	4
15:00 - 15:30	21	14,95	6,05	6,97	5,90	3,25	4,83	0,63	0,85	0,83	6
15:30 - 16:00	21	13,93	7,07	8,15	6,90	2,58	7,33	0,66	0,84	0,82	7
16:00 - 16:30	21	13,35	7,65	8,82	7,46	1,86	11,09	0,80	0,79	0,77	6
16:30 - 17:00	21	12,54	8,46	9,75	8,26	1,16	11,09	0,68	0,83	0,81	8
17:00 - 17:30	21	11,63	9,37	10,80	9,14	0,55	9,66	0,51	0,89	0,88	11
17:30 - 18:00	21	10,94	10,06	11,59	9,82	0,14	8,24	0,39	0,94	0,92	14
18:00 - 18:30	21	10,46	10,54	12,15	10,29	0,01	6,58	0,29	0,96	0,95	16
18:30 - 19:00	21	10,29	10,71	12,34	10,45	0,01	5,61	0,25	0,98	0,97	17
19:00 - 19:30	21	10,29	10,71	12,34	10,45	0,00	4,53	0,20	0,98	0,98	18
19:30 - 20:00	21	10,16	10,84	12,49	10,58	0,00	4,53	0,20	0,98	0,98	19

Abril	T <sup>a</sup> INT (°C)	T <sup>a</sup> EXT (°C)	ΔT (°C)	Qt (kW)	Qv (kW)	Qs (kW)	Qi (kW)	gamma	η invierno	η verano	Demanda teórica (kW)
07:00 - 07:30	21	12,91	8,09	9,32	7,89	2,20	4,30	0,38	0,94	0,93	11
07:30 - 08:00	21	13,70	7,30	8,41	7,12	2,78	5,19	0,51	0,89	0,88	8
08:00 - 08:30	21	14,52	6,48	7,47	6,32	2,04	9,59	0,84	0,77	0,75	5
08:30 - 09:00	21	15,57	5,43	6,26	5,30	4,02	12,12	1,40	0,58	0,57	2
09:00 - 09:30	21	16,61	4,39	5,06	4,28	4,51	12,16	1,78	0,49	0,48	1
09:30 - 10:00	21	17,40	3,60	4,15	3,51	5,07	12,28	2,26	0,41	0,40	1
10:00 - 10:30	21	18,04	2,96	3,41	2,89	5,12	12,16	2,74	0,34	0,34	0
10:30 - 11:00	21	18,28	2,72	3,13	2,65	4,97	12,16	2,96	0,32	0,32	0
11:00 - 11:30	21	18,96	2,04	2,35	1,99	5,41	12,52	4,13	0,24	0,23	0
11:30 - 12:00	21	19,41	1,59	1,83	1,55	5,47	12,64	5,35	0,18	0,18	0
12:00 - 12:30	21	19,77	1,23	1,42	1,20	5,44	12,64	6,90	0,14	0,14	0
12:30 - 13:00	21	19,89	1,11	1,28	1,08	5,25	12,40	7,47	0,13	0,13	0
13:00 - 13:30	21	20,00	1,00	1,15	0,98	5,25	11,01	7,64	0,13	0,13	0
13:30 - 14:00	21	19,92	1,08	1,24	1,05	4,94	11,01	6,94	0,14	0,14	0
14:00 - 14:30	21	19,37	1,63	1,88	1,59	4,36	6,32	3,08	0,31	0,31	0
14:30 - 15:00	21	18,78	2,22	2,56	2,17	3,74	4,95	1,84	0,48	0,47	1
15:00 - 15:30	21	18,34	2,66	3,07	2,60	3,48	4,83	1,47	0,57	0,55	1
15:30 - 16:00	21	17,64	3,36	3,87	3,28	2,77	7,33	1,41	0,58	0,57	1
16:00 - 16:30	21	16,73	4,27	4,92	4,17	1,88	11,09	1,43	0,58	0,56	2
16:30 - 17:00	21	15,77	5,23	6,03	5,10	1,66	11,09	1,15	0,66	0,64	3
17:00 - 17:30	21	14,67	6,33	7,30	6,18	1,15	9,66	0,80	0,78	0,76	5
17:30 - 18:00	21	13,78	7,22	8,32	7,05	0,61	8,24	0,58	0,87	0,85	8
18:00 - 18:30	21	13,18	7,82	9,01	7,63	0,16	6,58	0,40	0,93	0,92	10
18:30 - 19:00	21	12,82	8,18	9,43	7,98	0,02	5,61	0,32	0,96	0,94	12
19:00 - 19:30	21	12,64	8,36	9,63	8,16	0,01	4,53	0,26	0,97	0,96	13
19:30 - 20:00	21	12,46	8,54	9,84	8,33	0,00	4,53	0,25	0,97	0,97	14

Mayo	T <sup>a</sup> INT (°C)	T <sup>a</sup> EXT (°C)	ΔT (°C)	Qt (kW)	Qv (kW)	Qs (kW)	Qi (kW)	gamma	η invierno	η verano	Demanda teórica (kW)
07:00 - 07:30	21	16,09	4,91	5,66	4,79	2,44	4,30	0,64	0,84	0,82	5
07:30 - 08:00	21	16,80	4,20	4,84	4,10	2,98	5,19	0,91	0,74	0,72	3
08:00 - 08:30	21	17,70	3,30	3,80	3,22	2,24	9,59	1,68	0,51	0,50	1
08:30 - 09:00	21	18,52	2,48	2,86	2,42	4,08	12,12	3,07	0,31	0,31	0
09:00 - 09:30	21	19,39	1,61	1,86	1,57	4,52	12,16	4,87	0,20	0,20	0
09:30 - 10:00	21	20,16	0,84	0,97	0,82	4,89	12,28	9,60	0,10	0,10	0
10:00 - 10:30	21	20,89	0,11	0,13	0,11	4,95	12,16	73,06	0,01	0,01	0
10:30 - 11:00	21	21,38	-0,38	-0,44	-0,37	5,37	12,16	21,67	0,05	0,05	0
11:00 - 11:30	21	21,85	-0,85	-0,98	-0,83	5,61	12,52	10,02	0,10	0,10	0
11:30 - 12:00	21	22,45	-1,45	-1,67	-1,41	5,79	12,64	5,97	0,17	0,16	0
12:00 - 12:30	21	22,53	-1,53	-1,76	-1,49	5,65	12,64	5,62	0,18	0,17	0
12:30 - 13:00	21	22,54	-1,54	-1,77	-1,50	5,53	12,40	5,47	0,18	0,18	0
13:00 - 13:30	21	22,35	-1,35	-1,56	-1,32	5,29	11,01	5,67	0,17	0,17	0
13:30 - 14:00	21	22,03	-1,03	-1,19	-1,01	4,93	11,01	7,27	0,14	0,14	0
14:00 - 14:30	21	21,63	-0,63	-0,73	-0,61	4,54	6,32	8,10	0,12	0,12	0
14:30 - 15:00	21	21,14	-0,14	-0,16	-0,14	4,01	4,95	30,04	0,03	0,03	0
15:00 - 15:30	21	20,63	0,37	0,43	0,36	2,44	4,83	9,23	0,11	0,11	0
15:30 - 16:00	21	20,02	0,98	1,13	0,96	2,49	7,33	4,71	0,21	0,21	0
16:00 - 16:30	21	19,13	1,87	2,16	1,82	2,41	11,09	3,39	0,28	0,28	0
16:30 - 17:00	21	18,31	2,69	3,10	2,62	1,88	11,09	2,27	0,41	0,40	0
17:00 - 17:30	21	17,37	3,63	4,18	3,54	1,47	9,66	1,44	0,57	0,56	1
17:30 - 18:00	21	16,32	4,68	5,39	4,57	0,98	8,24	0,93	0,74	0,72	3
18:00 - 18:30	21	15,58	5,42	6,25	5,29	0,46	6,58	0,61	0,86	0,84	6
18:30 - 19:00	21	15,14	5,86	6,75	5,72	0,11	5,61	0,46	0,91	0,90	7
19:00 - 19:30	21	14,85	6,15	7,09	6,00	0,02	4,53	0,35	0,95	0,94	9
19:30 - 20:00	21	14,64	6,36	7,33	6,21	0,00	4,53	0,34	0,95	0,94	9

Junio	T <sup>a</sup> INT (°C)	T <sup>a</sup> EXT (°C)	ΔT (°C)	Qt (kW)	Qv (kW)	Qs (kW)	Qi (kW)	gamma	η invierno	η verano	Demanda teórica (kW)
07:00 - 07:30	23	21,95	1,05	1,21	1,02	2,71	4,30	3,14	0,31	0,30	-6
07:30 - 08:00	23	22,71	0,29	0,33	0,28	2,93	5,19	13,17	0,08	0,08	-8
08:00 - 08:30	23	23,55	-0,55	-0,63	-0,54	2,20	9,59	10,07	0,10	0,10	-12
08:30 - 09:00	23	24,24	-1,24	-1,43	-1,21	3,95	12,12	6,09	0,16	0,16	-16
09:00 - 09:30	23	24,90	-1,90	-2,19	-1,85	4,31	12,16	4,07	0,24	0,24	-17
09:30 - 10:00	23	25,48	-2,48	-2,86	-2,42	4,66	12,28	3,21	0,30	0,30	-18
10:00 - 10:30	23	26,21	-3,21	-3,70	-3,13	5,08	12,16	2,52	0,37	0,36	-20
10:30 - 11:00	23	26,62	-3,62	-4,17	-3,53	5,14	12,16	2,24	0,41	0,40	-20
11:00 - 11:30	23	26,98	-3,98	-4,59	-3,88	5,26	12,52	2,10	0,43	0,42	-21
11:30 - 12:00	23	27,27	-4,27	-4,92	-4,17	5,47	12,64	1,99	0,45	0,44	-22
12:00 - 12:30	23	27,49	-4,49	-5,17	-4,38	5,41	12,64	1,89	0,47	0,46	-22
12:30 - 13:00	23	27,64	-4,64	-5,35	-4,53	5,26	12,40	1,79	0,49	0,48	-22
13:00 - 13:30	23	27,65	-4,65	-5,36	-4,54	5,07	11,01	1,62	0,53	0,51	-21
13:30 - 14:00	23	27,42	-4,42	-5,09	-4,31	4,68	11,01	1,67	0,52	0,50	-20
14:00 - 14:30	23	27,19	-4,19	-4,83	-4,09	4,53	6,32	1,22	0,64	0,62	-16
14:30 - 15:00	23	27,09	-4,09	-4,71	-3,99	4,27	4,95	1,06	0,69	0,67	-15
15:00 - 15:30	23	26,71	-3,71	-4,28	-3,62	2,34	4,83	0,91	0,74	0,72	-13
15:30 - 16:00	23	26,02	-3,02	-3,48	-2,95	3,23	7,33	1,64	0,52	0,51	-14
16:00 - 16:30	23	25,30	-2,30	-2,65	-2,24	2,40	11,09	2,76	0,34	0,34	-15
16:30 - 17:00	23	24,53	-1,53	-1,76	-1,49	2,24	11,09	4,09	0,24	0,24	-14
17:00 - 17:30	23	23,50	-0,50	-0,58	-0,49	1,70	9,66	10,68	0,09	0,09	-11
17:30 - 18:00	23	22,41	0,59	0,68	0,58	1,19	8,24	7,50	0,13	0,13	-9
18:00 - 18:30	23	21,33	1,67	1,92	1,63	0,64	6,58	2,03	0,44	0,44	-6
18:30 - 19:00	23	20,81	2,19	2,52	2,14	0,27	5,61	1,26	0,62	0,61	-3
19:00 - 19:30	23	20,35	2,65	3,05	2,59	0,07	4,53	0,82	0,78	0,76	0
19:30 - 20:00	23	20,15	2,85	3,28	2,78	0,02	4,53	0,75	0,80	0,78	0

Julio	T <sup>a</sup> INT (°C)	T <sup>a</sup> EXT (°C)	ΔT (°C)	Qt (kW)	Qv (kW)	Qs (kW)	Qi (kW)	gamma	η invierno	η verano	Demanda teórica (kW)
07:00 - 07:30	23	22,50	0,50	0,58	0,49	2,35	4,24	6,20	0,16	0,16	-6
07:30 - 08:00	23	23,06	-0,06	-0,07	-0,06	2,84	4,25	55,53	0,02	0,02	-7
08:00 - 08:30	23	24,19	-1,19	-1,37	-1,16	2,34	4,31	2,63	0,36	0,35	-8
08:30 - 09:00	23	24,86	-1,86	-2,14	-1,82	4,04	8,96	3,28	0,29	0,29	-14
09:00 - 09:30	23	25,99	-2,99	-3,45	-2,92	4,31	11,35	2,46	0,38	0,37	-18
09:30 - 10:00	23	26,76	-3,76	-4,33	-3,67	4,68	11,47	2,02	0,45	0,44	-20
10:00 - 10:30	23	27,42	-4,42	-5,09	-4,31	5,04	11,35	1,74	0,50	0,49	-21
10:30 - 11:00	23	27,98	-4,98	-5,74	-4,86	5,38	11,35	1,58	0,54	0,53	-22
11:00 - 11:30	23	28,65	-5,65	-6,51	-5,51	5,55	11,59	1,43	0,58	0,56	-24
11:30 - 12:00	23	29,15	-6,15	-7,09	-6,00	5,63	11,59	1,32	0,61	0,59	-25
12:00 - 12:30	23	29,23	-6,23	-7,18	-6,08	5,47	11,35	1,27	0,62	0,61	-25
12:30 - 13:00	23	29,11	-6,11	-7,04	-5,96	5,34	11,47	1,29	0,61	0,60	-25
13:00 - 13:30	23	29,41	-6,41	-7,39	-6,25	5,40	11,47	1,24	0,63	0,61	-25
13:30 - 14:00	23	28,98	-5,98	-6,89	-5,84	4,82	11,47	1,28	0,62	0,60	-24
14:00 - 14:30	23	28,82	-5,82	-6,71	-5,68	4,64	12,28	1,37	0,59	0,58	-24
14:30 - 15:00	23	28,64	-5,64	-6,50	-5,50	4,37	8,63	1,08	0,68	0,66	-21
15:00 - 15:30	23	28,00	-5,00	-5,76	-4,88	2,69	4,44	0,67	0,83	0,81	-16
15:30 - 16:00	23	27,25	-4,25	-4,90	-4,15	2,31	4,27	0,73	0,81	0,79	-14
16:00 - 16:30	23	26,78	-3,78	-4,36	-3,69	2,69	4,23	0,86	0,76	0,74	-13
16:30 - 17:00	23	26,13	-3,13	-3,61	-3,05	2,21	4,21	0,96	0,72	0,70	-11
17:00 - 17:30	23	25,27	-2,27	-2,62	-2,22	1,66	4,55	1,29	0,62	0,60	-9
17:30 - 18:00	23	24,35	-1,35	-1,56	-1,32	1,21	4,53	2,00	0,45	0,44	-7
18:00 - 18:30	23	23,40	-0,40	-0,46	-0,39	0,83	4,53	6,30	0,16	0,16	-5
18:30 - 19:00	23	22,76	0,24	0,28	0,23	0,30	4,53	9,46	0,11	0,11	-5
19:00 - 19:30	23	22,33	0,67	0,77	0,65	0,08	3,95	2,82	0,34	0,33	-4
19:30 - 20:00	23	22,01	0,99	1,14	0,97	0,02	3,95	1,88	0,47	0,46	-3

Agosto	T <sup>a</sup> INT (°C)	T <sup>a</sup> EXT (°C)	ΔT (°C)	Qt (kW)	Qv (kW)	Qs (kW)	Qi (kW)	gamma	η invierno	η verano	Demanda teórica (kW)
07:00 - 07:30	23	24,36	-1,36	-1,57	-1,33	2,42	4,24	2,30	0,40	0,39	-8
07:30 - 08:00	23	25,04	-2,04	-2,35	-1,99	3,01	4,25	1,67	0,52	0,50	-9
08:00 - 08:30	23	25,84	-2,84	-3,27	-2,77	11,22	4,31	2,57	0,36	0,36	-18
08:30 - 09:00	23	26,72	-3,72	-4,29	-3,63	4,16	8,96	1,66	0,52	0,51	-17
09:00 - 09:30	23	27,69	-4,69	-5,41	-4,58	4,52	11,35	1,59	0,53	0,52	-21
09:30 - 10:00	23	28,56	-5,56	-6,41	-5,43	4,97	11,47	1,39	0,59	0,57	-23
10:00 - 10:30	23	29,36	-6,36	-7,33	-6,21	5,28	11,35	1,23	0,63	0,62	-25
10:30 - 11:00	23	30,05	-7,05	-8,13	-6,88	5,35	11,35	1,11	0,67	0,65	-27
11:00 - 11:30	23	30,80	-7,80	-8,99	-7,61	5,64	11,59	1,04	0,70	0,68	-28
11:30 - 12:00	23	31,12	-8,12	-9,36	-7,92	5,52	11,59	0,99	0,71	0,69	-29
12:00 - 12:30	23	30,94	-7,94	-9,15	-7,75	5,20	11,35	0,98	0,72	0,70	-28
12:30 - 13:00	23	30,89	-7,89	-9,09	-7,70	4,91	11,47	0,98	0,72	0,70	-28
13:00 - 13:30	23	30,98	-7,98	-9,20	-7,79	4,99	11,47	0,97	0,72	0,70	-28
13:30 - 14:00	23	30,86	-7,86	-9,06	-7,67	4,71	11,47	0,97	0,72	0,70	-28
14:00 - 14:30	23	30,65	-7,65	-8,82	-7,46	4,45	12,28	1,03	0,70	0,68	-28
14:30 - 15:00	23	30,12	-7,12	-8,21	-6,95	3,80	8,63	0,82	0,78	0,76	-24
15:00 - 15:30	23	29,83	-6,83	-7,87	-6,66	3,56	4,44	0,55	0,88	0,86	-21
15:30 - 16:00	23	29,39	-6,39	-7,36	-6,24	2,82	4,27	0,52	0,89	0,87	-19
16:00 - 16:30	23	28,86	-5,86	-6,75	-5,72	2,20	4,23	0,52	0,89	0,88	-17
16:30 - 17:00	23	27,89	-4,89	-5,64	-4,77	1,87	4,21	0,58	0,87	0,85	-15
17:00 - 17:30	23	26,95	-3,95	-4,55	-3,85	1,36	4,55	0,70	0,82	0,80	-13
17:30 - 18:00	23	26,06	-3,06	-3,53	-2,99	0,86	4,53	0,83	0,77	0,75	-10
18:00 - 18:30	23	25,23	-2,23	-2,57	-2,18	0,42	4,53	1,04	0,69	0,68	-8
18:30 - 19:00	23	24,63	-1,63	-1,88	-1,59	0,15	4,53	1,35	0,60	0,58	-7
19:00 - 19:30	23	24,40	-1,40	-1,61	-1,37	0,08	3,95	1,35	0,60	0,58	-6
19:30 - 20:00	23	24,18	-1,18	-1,36	-1,15	0,08	3,95	1,60	0,53	0,52	-5

Septiembre	T <sup>a</sup> INT (°C)	T <sup>a</sup> EXT (°C)	ΔT (°C)	Qt (kW)	Qv (kW)	Qs (kW)	Qi (kW)	gamma	η invierno	η verano	Demanda teórica (kW)
07:00 - 07:30	23	21,09	1,91	2,20	1,86	1,88	4,30	1,52	0,55	0,54	-4
07:30 - 08:00	23	21,61	1,39	1,60	1,36	2,34	5,19	2,55	0,37	0,36	-6
08:00 - 08:30	23	22,24	0,76	0,88	0,74	1,65	9,59	6,95	0,14	0,14	-11
08:30 - 09:00	23	22,74	0,26	0,30	0,25	3,30	12,12	27,86	0,04	0,04	-15
09:00 - 09:30	23	23,57	-0,57	-0,66	-0,56	3,84	12,16	13,19	0,08	0,08	-16
09:30 - 10:00	23	24,28	-1,28	-1,48	-1,25	4,15	12,28	6,03	0,16	0,16	-17
10:00 - 10:30	23	25,08	-2,08	-2,40	-2,03	4,54	12,16	3,77	0,26	0,25	-18
10:30 - 11:00	23	25,80	-2,80	-3,23	-2,73	4,82	12,16	2,85	0,33	0,33	-19
11:00 - 11:30	23	26,28	-3,28	-3,78	-3,20	5,04	12,52	2,51	0,37	0,37	-20
11:30 - 12:00	23	26,54	-3,54	-4,08	-3,45	4,96	12,64	2,34	0,40	0,39	-21
12:00 - 12:30	23	26,95	-3,95	-4,55	-3,85	5,30	12,64	2,13	0,43	0,42	-21
12:30 - 13:00	23	27,07	-4,07	-4,69	-3,97	4,99	12,40	2,01	0,45	0,44	-21
13:00 - 13:30	23	27,47	-4,47	-5,15	-4,36	5,12	11,01	1,70	0,51	0,50	-21
13:30 - 14:00	23	27,55	-4,55	-5,24	-4,44	4,95	11,01	1,65	0,52	0,51	-21
14:00 - 14:30	23	27,33	-4,33	-4,99	-4,23	4,38	6,32	1,16	0,65	0,64	-17
14:30 - 15:00	23	26,98	-3,98	-4,59	-3,88	3,92	4,95	1,05	0,69	0,68	-15
15:00 - 15:30	23	25,76	-2,76	-3,18	-2,69	3,29	4,83	1,38	0,59	0,57	-11
15:30 - 16:00	23	25,14	-2,14	-2,47	-2,09	2,54	7,33	2,17	0,42	0,41	-12
16:00 - 16:30	23	24,82	-1,82	-2,10	-1,78	1,90	11,09	3,35	0,29	0,28	-14
16:30 - 17:00	23	23,67	-0,67	-0,77	-0,65	1,05	11,09	8,51	0,12	0,12	-12
17:00 - 17:30	23	22,90	0,10	0,12	0,10	0,61	9,66	48,27	0,02	0,02	-10
17:30 - 18:00	23	22,38	0,62	0,71	0,61	0,24	8,24	6,43	0,15	0,15	-8
18:00 - 18:30	23	22,12	0,88	1,01	0,86	0,10	6,58	3,57	0,27	0,27	-6
18:30 - 19:00	23	22,03	0,97	1,12	0,95	0,09	5,61	2,76	0,34	0,34	-5
19:00 - 19:30	23	22,01	0,99	1,14	0,97	0,09	4,53	2,20	0,42	0,41	-4
19:30 - 20:00	23	22,01	0,99	1,14	0,97	0,09	4,53	2,20	0,42	0,41	-4



Octubre	T <sup>a</sup> INT (°C)	T <sup>a</sup> EXT (°C)	ΔT (°C)	Qt (kW)	Qv (kW)	Qs (kW)	Qi (kW)	gamma	η invierno	η verano	Demanda teórica (kW)
07:00 - 07:30	21	18,61	2,39	2,75	2,33	1,32	4,30	1,10	0,67	0,66	1
07:30 - 08:00	21	19,05	1,95	2,25	1,90	1,93	5,19	1,72	0,51	0,49	1
08:00 - 08:30	21	19,82	1,18	1,36	1,15	1,35	9,59	4,36	0,22	0,22	0
08:30 - 09:00	21	20,39	0,61	0,70	0,60	3,10	12,12	11,72	0,09	0,09	0
09:00 - 09:30	21	21,25	-0,25	-0,29	-0,24	3,80	12,16	29,99	0,03	0,03	0
09:30 - 10:00	21	22,35	-1,35	-1,56	-1,32	4,23	12,28	5,75	0,17	0,17	0
10:00 - 10:30	21	23,12	-2,12	-2,44	-2,07	4,44	12,16	3,68	0,26	0,26	0
10:30 - 11:00	21	23,86	-2,86	-3,30	-2,79	4,78	12,16	2,78	0,34	0,34	0
11:00 - 11:30	21	24,38	-3,38	-3,90	-3,30	4,73	12,52	2,40	0,39	0,38	0
11:30 - 12:00	21	24,63	-3,63	-4,18	-3,54	4,73	12,64	2,25	0,41	0,40	0
12:00 - 12:30	21	24,89	-3,89	-4,48	-3,80	4,51	12,64	2,07	0,44	0,43	0
12:30 - 13:00	21	24,90	-3,90	-4,49	-3,81	4,19	12,40	2,00	0,45	0,44	0
13:00 - 13:30	21	25,17	-4,17	-4,81	-4,07	4,21	11,01	1,72	0,51	0,49	0
13:30 - 14:00	21	25,03	-4,03	-4,64	-3,93	3,63	11,01	1,71	0,51	0,50	0
14:00 - 14:30	21	24,65	-3,65	-4,21	-3,56	3,08	6,32	1,21	0,64	0,62	0
14:30 - 15:00	21	24,06	-3,06	-3,53	-2,99	2,65	4,95	1,17	0,65	0,64	0
15:00 - 15:30	21	22,87	-1,87	-2,16	-1,82	1,99	4,83	1,71	0,51	0,50	0
15:30 - 16:00	21	22,46	-1,46	-1,68	-1,42	1,48	7,33	2,84	0,33	0,33	0
16:00 - 16:30	21	21,89	-0,89	-1,03	-0,87	0,90	11,09	6,33	0,16	0,16	0
16:30 - 17:00	21	20,87	0,13	0,15	0,13	0,41	11,09	41,58	0,02	0,02	0
17:00 - 17:30	21	20,10	0,90	1,04	0,88	0,15	9,66	5,12	0,19	0,19	0
17:30 - 18:00	21	19,83	1,17	1,35	1,14	0,09	8,24	3,35	0,29	0,28	0
18:00 - 18:30	21	19,68	1,32	1,52	1,29	0,09	6,58	2,38	0,39	0,38	0
18:30 - 19:00	21	19,57	1,43	1,65	1,40	0,09	5,61	1,87	0,47	0,46	0
19:00 - 19:30	21	19,45	1,55	1,79	1,51	0,09	4,53	1,40	0,58	0,57	1
19:30 - 20:00	21	19,47	1,53	1,76	1,49	0,09	4,53	1,42	0,58	0,56	1

Noviembre	T <sup>a</sup> INT (°C)	T <sup>a</sup> EXT (°C)	ΔT (°C)	Qt (kW)	Qv (kW)	Qs (kW)	Qi (kW)	gamma	η invierno	η verano	Demanda teórica (kW)
07:00 - 07:30	21	11,26	9,74	11,23	9,50	0,45	4,30	0,23	0,98	0,97	16
07:30 - 08:00	21	11,51	9,49	10,94	9,26	1,13	5,19	0,31	0,96	0,95	14
08:00 - 08:30	21	11,90	9,10	10,49	8,88	0,92	9,59	0,54	0,88	0,86	10
08:30 - 09:00	21	12,39	8,61	9,92	8,40	2,50	12,12	0,80	0,78	0,76	7
09:00 - 09:30	21	12,94	8,06	9,29	7,87	3,31	12,16	0,90	0,74	0,73	6
09:30 - 10:00	21	14,12	6,88	7,93	6,71	3,84	12,28	1,10	0,67	0,66	4
10:00 - 10:30	21	14,93	6,07	7,00	5,92	4,25	12,16	1,27	0,62	0,61	3
10:30 - 11:00	21	15,52	5,48	6,32	5,35	4,51	12,16	1,43	0,58	0,56	2
11:00 - 11:30	21	16,45	4,55	5,24	4,44	5,03	12,52	1,81	0,49	0,48	1
11:30 - 12:00	21	17,05	3,95	4,55	3,85	4,85	12,64	2,08	0,44	0,43	1
12:00 - 12:30	21	17,75	3,25	3,75	3,17	4,94	12,64	2,54	0,37	0,36	0
12:30 - 13:00	21	18,13	2,87	3,31	2,80	4,50	12,40	2,77	0,34	0,34	0
13:00 - 13:30	21	18,37	2,63	3,03	2,57	4,12	11,01	2,70	0,35	0,34	0
13:30 - 14:00	21	18,19	2,81	3,24	2,74	3,56	11,01	2,44	0,38	0,38	0
14:00 - 14:30	21	17,77	3,23	3,72	3,15	2,93	6,32	1,35	0,60	0,58	1
14:30 - 15:00	21	17,33	3,67	4,23	3,58	2,22	4,95	0,92	0,74	0,72	3
15:00 - 15:30	21	16,67	4,33	4,99	4,23	1,46	4,83	0,68	0,83	0,81	4
15:30 - 16:00	21	15,92	5,08	5,85	4,96	0,83	7,33	0,76	0,80	0,78	4
16:00 - 16:30	21	14,97	6,03	6,95	5,88	0,25	11,09	0,88	0,75	0,73	4
16:30 - 17:00	21	14,35	6,65	7,66	6,49	0,03	11,09	0,79	0,79	0,77	5
17:00 - 17:30	21	14,20	6,80	7,84	6,64	0,01	9,66	0,67	0,83	0,81	6
17:30 - 18:00	21	14,06	6,94	8,00	6,77	0,01	8,24	0,56	0,88	0,86	8
18:00 - 18:30	21	13,94	7,06	8,14	6,89	0,01	6,58	0,44	0,92	0,90	9
18:30 - 19:00	21	13,79	7,21	8,31	7,04	0,01	5,61	0,37	0,94	0,93	10
19:00 - 19:30	21	13,75	7,25	8,36	7,07	0,01	4,53	0,29	0,96	0,95	11
19:30 - 20:00	21	13,62	7,38	8,51	7,20	0,01	4,53	0,29	0,97	0,95	11

Diciembre	T <sup>a</sup> INT (°C)	T <sup>a</sup> EXT (°C)	ΔT (°C)	Qt (kW)	Qv (kW)	Qs (kW)	Qi (kW)	gamma	η invierno	η verano	Demanda teórica (kW)
07:00 - 07:30	21	10,43	10,57	12,18	10,31	0,06	4,30	0,19	0,99	0,98	18
07:30 - 08:00	21	10,63	10,37	11,95	10,12	0,48	5,19	0,26	0,97	0,96	17
08:00 - 08:30	21	10,84	10,16	11,71	9,91	0,60	9,59	0,47	0,91	0,89	12
08:30 - 09:00	21	11,01	9,99	11,51	9,75	2,04	18,42	0,96	0,72	0,70	6
09:00 - 09:30	21	11,42	9,58	11,04	9,35	2,95	18,46	1,05	0,69	0,67	6
09:30 - 10:00	21	12,06	8,94	10,30	8,72	3,57	18,58	1,16	0,65	0,64	5
10:00 - 10:30	21	12,72	8,28	9,54	8,08	3,89	18,46	1,27	0,62	0,61	4
10:30 - 11:00	21	13,36	7,64	8,81	7,46	4,62	18,46	1,42	0,58	0,56	3
11:00 - 11:30	21	13,78	7,22	8,32	7,05	4,65	18,82	1,53	0,55	0,54	2
11:30 - 12:00	21	14,04	6,96	8,02	6,79	4,63	18,94	1,59	0,53	0,52	2
12:00 - 12:30	21	14,36	6,64	7,65	6,48	4,19	18,94	1,64	0,52	0,51	2
12:30 - 13:00	21	14,61	6,39	7,36	6,24	4,04	18,70	1,67	0,52	0,50	2
13:00 - 13:30	21	14,67	6,33	7,30	6,18	3,68	17,31	1,56	0,54	0,53	2
13:30 - 14:00	21	14,77	6,23	7,18	6,08	3,45	17,31	1,57	0,54	0,53	2
14:00 - 14:30	21	14,29	6,71	7,73	6,55	2,83	12,62	1,08	0,68	0,66	4
14:30 - 15:00	21	13,71	7,29	8,40	7,11	2,14	11,25	0,86	0,76	0,74	5
15:00 - 15:30	21	13,44	7,56	8,71	7,38	1,42	11,13	0,78	0,79	0,77	6
15:30 - 16:00	21	13,24	7,76	8,94	7,57	0,70	13,63	0,87	0,76	0,74	6
16:00 - 16:30	21	12,54	8,46	9,75	8,26	0,12	17,39	0,97	0,72	0,70	5
16:30 - 17:00	21	12,17	8,83	10,18	8,62	0,00	17,39	0,93	0,74	0,72	6
17:00 - 17:30	21	12,08	8,92	10,28	8,70	0,00	16,53	0,87	0,76	0,74	6
17:30 - 18:00	21	11,88	9,12	10,51	8,90	0,00	8,81	0,45	0,91	0,90	11
18:00 - 18:30	21	11,74	9,26	10,67	9,04	0,00	7,15	0,36	0,94	0,93	13
18:30 - 19:00	21	11,73	9,27	10,68	9,05	0,00	6,18	0,31	0,96	0,95	14
19:00 - 19:30	21	11,65	9,35	10,78	9,12	0,00	4,53	0,23	0,98	0,97	15
19:30 - 20:00	21	11,54	9,46	10,90	9,23	0,00	4,53	0,23	0,98	0,97	16

Para obtener la demanda energética diaria en kwh, se multiplica por 0,5 el sumatorio de cada demanda teórica en intervalos para el mes correspondiente y si lo multiplicamos por los días laborables de cada mes obtenemos la demanda energética mensual en kwh del que tenemos los resultados en la siguiente tabla:

	Demanda teórica diaria (kWh)	Días laborables mes	Demanda teórica mensual (kWh)
Año 2008			
Enero	90,1211	22	1982,6646
Febrero	105,1193	21	2207,5061
Marzo	107,5515	19	2043,4789
Abril	49,3324	22	1085,3128
Mayo	22,4107	20	448,2143
Junio	-182,9964	20	-3659,9277
Julio	-197,6152	23	-4545,1501
Agosto	-245,3160	20	-4906,3203
Septiembre	-174,8479	20	-3496,9586
Octubre	1,8871	23	43,4031
Noviembre	71,0028	20	1420,0570
Diciembre	95,5888	21	2007,3653

**Tabla 17** Calculo de la demanda energética mensual del edificio en kWh

#### **5.4 Cálculos de los consumos eléctricos debidos a la climatización**

La demanda energética nos va a permitir calcular los consumos de las bombas siguiendo el método expuesto anteriormente. Sin embargo se deben hacer algunas precisiones sobre la metodología empleada para la total comprensión de esta.

Las especificaciones técnicas no nos dan los valores de la potencia útil y del COP para cada temperatura exterior e interior, sino para ciertos valores. Sin embargo se pueden deducir los valores intermedios haciendo interpolaciones. Las características de las bombas de calor dadas por los fabricantes se encuentran en el Anexo para mayor información.

Además, los compresores no tienen rendimientos isentrópicos del 100%, es decir que la entropía, que en termodinámica es la magnitud física que mide la parte de la energía que no puede utilizarse para producir trabajo, del fluido que forma el sistema no permanece constante. Esto viene a referirse que no existen fluidos refrigerantes ideales o perfectos, sino que la cantidad de estos al condensarse y evaporarse van disminuyendo en función del uso y del tiempo.

Al final del último mantenimiento realizado por el instalador se ha comprobado los rendimientos isentrópicos de cada compresor y son de 0,75 para la máquina que trabaja en la planta primera y 0,83 para la máquina de la planta baja. Esta diferencia, al ser las dos máquinas instaladas en la misma fecha, creemos que solo puede ser debido a la mayor demanda solicitada por la planta primera, al estar más solicitada que en la planta baja, haciéndola trabajar más que a la otra, produciéndose así una mayor degradación en su rendimiento.

Para los cálculos de los consumos de la climatización necesitamos saber la potencia real absorbida por el conjunto de compresores, dividiendo la potencia útil, interpolada de los datos dados por el fabricante, dividido por el COP de la máquina, datos dados por el fabricante e igualmente interpolados, restándole el consumo de los ventiladores (cada máquina tiene 2 en este caso) y dividiendo por el rendimiento isentrópico de cada compresor, hacemos el sumatorio de ambos compresores y se le añade el consumo de los ventiladores del conjunto de clima.

Las interpolaciones realizadas es en base a los siguientes datos dados por el fabricante y automatizadas con ayuda de la hoja de cálculo del programa Microsoft<sup>®</sup> Excell los datos utilizados son:

		Temp. Interior (°C)
		21
		Capacidad calorífica (Cap) (kW)
Temp exterior (°C)	6	15,1075
Temp exterior (°C)	12	18,3825
Temp exterior (°C)	18	20,82053333

**Tabla 18** tabla de valores a interpolar para conocer capacidad calorífica en función temperatura exterior

		Temp. Interior (°C)
		21
		COP
Temp exterior (°C)	6	3,205
Temp exterior (°C)	12	3,4625
Temp exterior (°C)	18	3,6825

**Tabla 19** tabla de valores a interpolar para conocer COP en función temperatura exterior

		Temp. Interior (°C)
		23
		Capacidad frigorífica CAP (kW)
Temp exterior (°C)	25	15,14
Temp exterior (°C)	30	14,87
Temp exterior (°C)	35	14,4
Temp exterior (°C)	40	13,45

**Tabla 20** tabla de valores a interpolar para conocer capacidad frigorífica en función temperatura exterior

		Temp. Interior (°C)
		23
		Consumo compresor (kW)
Temp exterior (°C)	25	3,83
Temp exterior (°C)	30	4,07
Temp exterior (°C)	35	4,3
Temp exterior (°C)	40	4,52

**Tabla 21** tabla de valores a interpolar para conocer consumo compresor en función temperatura exterior

Y así obtenemos los consumos para cada intervalo de media hora solicitado por el sistema de climatización, calculado en las tablas siguientes para cada mes y día tipo.

Tablas 22 Cálculo de consumo eléctrico del sistema de climatización según intervalo de tiempo y meses

Enero	T <sup>a</sup> INT (°C)	T <sup>a</sup> EXT (°C)	Demand a teorica (kW)	Potenci a útil maquina (kW)	COP maquina	Potenci a teórica absorbi da	Rendi miento compr esor1	Rendi miento compr esor2	consum o ventilad ores conjunto	Potencia real absorbida conjunto (kW)	COP real	Potenci a útil conjunt o (kW)	Fact or de tiempo	Consu mo eléctric o (kWh)
07:00 - 07:30	21	8,12	23,09	16,26	3,30	9,87	0,75	0,83	2,24	11,92	2,73	32,53	0,71	4,23
07:30 - 08:00	21	8,35	21,37	16,39	3,31	9,92	0,75	0,83	2,24	11,98	2,74	32,78	0,65	3,91
08:00 - 08:30	21	9,06	15,91	16,78	3,34	10,06	0,75	0,83	2,24	12,16	2,76	33,56	0,47	2,88
08:30 - 09:00	21	9,48	8,83	17,01	3,35	10,14	0,75	0,83	2,24	12,27	2,77	34,01	0,26	1,59
09:00 - 09:30	21	9,90	7,92	17,24	3,37	10,22	0,75	0,83	2,24	12,37	2,79	34,47	0,23	1,42
09:30 - 10:00	21	10,74	6,39	17,69	3,41	10,38	0,75	0,83	2,24	12,57	2,81	35,39	0,18	1,13
10:00 - 10:30	21	12,60	3,94	18,63	3,48	10,69	0,75	0,83	2,24	12,96	2,87	37,25	0,11	0,68
10:30 - 11:00	21	13,75	2,66	19,09	3,53	10,83	0,75	0,83	2,24	13,14	2,91	38,19	0,07	0,46
11:00 - 11:30	21	14,84	1,65	19,54	3,57	10,96	0,75	0,83	2,24	13,30	2,94	39,07	0,04	0,28
11:30 - 12:00	21	15,86	0,98	19,95	3,60	11,07	0,75	0,83	2,24	13,45	2,97	39,90	0,02	0,17
12:00 - 12:30	21	16,58	0,63	20,24	3,63	11,15	0,75	0,83	2,24	13,55	2,99	40,49	0,02	0,11
12:30 - 13:00	21	17,51	0,32	20,62	3,66	11,25	0,75	0,83	2,24	13,68	3,01	41,24	0,01	0,05
13:00 - 13:30	21	18,18	0,19	20,89	3,69	11,33	0,75	0,83	2,24	13,77	3,03	41,79	0,00	0,03
13:30 - 14:00	21	18,20	0,20	20,90	3,69	11,33	0,75	0,83	2,24	13,78	3,03	41,80	0,00	0,03
14:00 - 14:30	21	17,64	0,60	20,67	3,67	11,27	0,75	0,83	2,24	13,70	3,02	41,35	0,01	0,10
14:30 - 15:00	21	16,49	1,65	20,21	3,63	11,14	0,75	0,83	2,24	13,54	2,99	40,41	0,04	0,28
15:00 - 15:30	21	15,97	2,34	20,00	3,61	11,08	0,75	0,83	2,24	13,46	2,97	39,99	0,06	0,39
15:30 - 16:00	21	15,67	2,24	19,87	3,60	11,05	0,75	0,83	2,24	13,42	2,96	39,75	0,06	0,38
16:00 - 16:30	21	14,41	2,91	19,36	3,55	10,91	0,75	0,83	2,24	13,24	2,93	38,72	0,08	0,50
16:30 - 17:00	21	13,03	4,74	18,80	3,50	10,74	0,75	0,83	2,24	13,03	2,89	37,60	0,13	0,82
17:00 - 17:30	21	12,44	5,94	18,56	3,48	10,67	0,75	0,83	2,24	12,94	2,87	37,12	0,16	1,03
17:30 - 18:00	21	12,21	10,70	18,47	3,47	10,64	0,75	0,83	2,24	12,90	2,86	36,94	0,29	1,87
18:00 - 18:30	21	12,19	12,04	18,46	3,47	10,64	0,75	0,83	2,24	12,90	2,86	36,92	0,33	2,10
18:30 - 19:00	21	12,07	13,10	18,41	3,47	10,63	0,75	0,83	2,24	12,88	2,86	36,82	0,36	2,29
19:00 - 19:30	21	11,86	15,02	18,31	3,46	10,59	0,75	0,83	2,24	12,84	2,85	36,61	0,41	2,63
19:30 - 20:00	21	11,93	14,87	18,34	3,46	10,61	0,75	0,83	2,24	12,86	2,85	36,69	0,41	2,61
			180,24											31,99

Febrero	Tª INT (°C)	Tª EXT (°C)	Demand a teorica (kW)	Potenci a útil maquina (kW)	COP maquina	Potenci a teórica absorbi da conjunto (kW)	Rendi miento compresor1	Rendi miento compresor2	consum o ventiladores conjunto (kW)	Potencia real absorbida conjunto (kW)	COP real	Potenci a útil conjunto (kW)	Fact or de tiempo	Consu mo eléctrico (kWh)
07:00 - 07:30	21	6,39	26,44	15,32	3,22	9,51	0,75	0,83	2,24	11,47	2,67	30,64	0,86	4,95
07:30 - 08:00	21	6,81	24,20	15,55	3,24	9,60	0,75	0,83	2,24	11,58	2,69	31,10	0,78	4,50
08:00 - 08:30	21	7,11	19,69	15,71	3,25	9,66	0,75	0,83	2,24	11,66	2,70	31,43	0,63	3,65
08:30 - 09:00	21	7,89	11,22	16,14	3,29	9,82	0,75	0,83	2,24	11,86	2,72	32,28	0,35	2,06
09:00 - 09:30	21	8,91	9,20	16,70	3,33	10,03	0,75	0,83	2,24	12,12	2,75	33,39	0,28	1,67
09:30 - 10:00	21	10,35	6,77	17,48	3,39	10,31	0,75	0,83	2,24	12,48	2,80	34,96	0,19	1,21
10:00 - 10:30	21	12,21	4,24	18,47	3,47	10,64	0,75	0,83	2,24	12,90	2,86	36,94	0,11	0,74
10:30 - 11:00	21	13,83	2,52	19,13	3,53	10,84	0,75	0,83	2,24	13,15	2,91	38,25	0,07	0,43
11:00 - 11:30	21	15,07	1,47	19,63	3,58	10,98	0,75	0,83	2,24	13,33	2,94	39,26	0,04	0,25
11:30 - 12:00	21	16,24	0,76	20,11	3,62	11,11	0,75	0,83	2,24	13,50	2,98	40,21	0,02	0,13
12:00 - 12:30	21	17,30	0,36	20,54	3,66	11,23	0,75	0,83	2,24	13,65	3,01	41,07	0,01	0,06
12:30 - 13:00	21	18,14	0,17	20,88	3,69	11,32	0,75	0,83	2,24	13,77	3,03	41,75	0,00	0,03
13:00 - 13:30	21	18,56	0,12	21,05	3,70	11,37	0,75	0,83	2,24	13,82	3,05	42,10	0,00	0,02
13:30 - 14:00	21	18,39	0,16	20,98	3,70	11,35	0,75	0,83	2,24	13,80	3,04	41,96	0,00	0,03
14:00 - 14:30	21	18,43	0,26	21,00	3,70	11,35	0,75	0,83	2,24	13,81	3,04	41,99	0,01	0,04
14:30 - 15:00	21	17,82	0,61	20,75	3,68	11,29	0,75	0,83	2,24	13,72	3,02	41,49	0,01	0,10
15:00 - 15:30	21	16,68	1,54	20,28	3,63	11,16	0,75	0,83	2,24	13,56	2,99	40,57	0,04	0,26
15:30 - 16:00	21	14,99	2,90	19,60	3,57	10,97	0,75	0,83	2,24	13,32	2,94	39,19	0,07	0,49
16:00 - 16:30	21	14,01	3,21	19,20	3,54	10,86	0,75	0,83	2,24	13,18	2,91	38,40	0,08	0,55
16:30 - 17:00	21	12,78	4,92	18,70	3,49	10,71	0,75	0,83	2,24	12,99	2,88	37,40	0,13	0,85
17:00 - 17:30	21	11,53	7,26	18,13	3,44	10,53	0,75	0,83	2,24	12,76	2,84	36,25	0,20	1,28
17:30 - 18:00	21	11,00	13,11	17,84	3,42	10,43	0,75	0,83	2,24	12,64	2,82	35,67	0,37	2,32
18:00 - 18:30	21	10,73	15,03	17,69	3,41	10,38	0,75	0,83	2,24	12,57	2,81	35,38	0,42	2,67
18:30 - 19:00	21	10,55	16,26	17,59	3,40	10,35	0,75	0,83	2,24	12,53	2,81	35,18	0,46	2,90
19:00 - 19:30	21	10,20	18,52	17,40	3,39	10,28	0,75	0,83	2,24	12,44	2,80	34,80	0,53	3,31
19:30 - 20:00	21	9,83	19,30	17,20	3,37	10,21	0,75	0,83	2,24	12,35	2,78	34,40	0,56	3,47
			210,24											37,97



Marzo	T <sup>a</sup> INT (°C)	T <sup>a</sup> EXT (°C)	Demanda teorica (kW)	Potencia útil maquina (kW)	COP maquina	Potencia teórica absorbida conjunto (kW)	Rendimiento compresor1	Rendimiento compresor2	consumo ventiladores conjunto (kW)	Potencia real absorbida conjunto (kW)	COP real	Potencia útil conjunto (kW)	Factor de tiempo	Consumo eléctrico (kWh)
07:00 - 07:30	21	9,25	19,50	16,88	3,34	10,10	0,75	0,83	2,24	12,21	2,77	33,76	0,58	3,53
07:30 - 08:00	21	9,72	17,11	17,14	3,36	10,19	0,75	0,83	2,24	12,33	2,78	34,28	0,50	3,08
08:00 - 08:30	21	10,30	12,78	17,45	3,39	10,30	0,75	0,83	2,24	12,47	2,80	34,91	0,37	2,28
08:30 - 09:00	21	10,86	9,04	17,76	3,41	10,41	0,75	0,83	2,24	12,60	2,82	35,52	0,25	1,60
09:00 - 09:30	21	11,72	7,36	18,23	3,45	10,57	0,75	0,83	2,24	12,81	2,85	36,46	0,20	1,29
09:30 - 10:00	21	12,63	5,65	18,64	3,49	10,69	0,75	0,83	2,24	12,97	2,87	37,28	0,15	0,98
10:00 - 10:30	21	13,78	3,98	19,11	3,53	10,83	0,75	0,83	2,24	13,14	2,91	38,21	0,10	0,68
10:30 - 11:00	21	14,94	2,49	19,58	3,57	10,97	0,75	0,83	2,24	13,31	2,94	39,15	0,06	0,42
11:00 - 11:30	21	15,75	1,66	19,91	3,60	11,06	0,75	0,83	2,24	13,43	2,96	39,81	0,04	0,28
11:30 - 12:00	21	16,12	1,35	20,06	3,61	11,10	0,75	0,83	2,24	13,48	2,97	40,11	0,03	0,23
12:00 - 12:30	21	16,24	1,30	20,11	3,62	11,11	0,75	0,83	2,24	13,50	2,98	40,21	0,03	0,22
12:30 - 13:00	21	16,46	1,19	20,19	3,63	11,14	0,75	0,83	2,24	13,53	2,98	40,39	0,03	0,20
13:00 - 13:30	21	16,33	1,53	20,14	3,62	11,12	0,75	0,83	2,24	13,51	2,98	40,28	0,04	0,26
13:30 - 14:00	21	16,30	1,59	20,13	3,62	11,12	0,75	0,83	2,24	13,51	2,98	40,26	0,04	0,27
14:00 - 14:30	21	16,06	3,13	20,03	3,61	11,09	0,75	0,83	2,24	13,48	2,97	40,06	0,08	0,53
14:30 - 15:00	21	15,89	4,04	19,96	3,61	11,07	0,75	0,83	2,24	13,45	2,97	39,93	0,10	0,68
15:00 - 15:30	21	14,95	6,01	19,58	3,57	10,97	0,75	0,83	2,24	13,32	2,94	39,16	0,15	1,02
15:30 - 16:00	21	13,93	6,74	19,17	3,53	10,85	0,75	0,83	2,24	13,17	2,91	38,33	0,18	1,16
16:00 - 16:30	21	13,35	6,11	18,93	3,51	10,78	0,75	0,83	2,24	13,08	2,89	37,86	0,16	1,06
16:30 - 17:00	21	12,54	7,84	18,60	3,48	10,68	0,75	0,83	2,24	12,96	2,87	37,20	0,21	1,36
17:00 - 17:30	21	11,63	10,81	18,18	3,45	10,55	0,75	0,83	2,24	12,79	2,84	36,36	0,30	1,90
17:30 - 18:00	21	10,94	13,57	17,80	3,42	10,42	0,75	0,83	2,24	12,62	2,82	35,61	0,38	2,41
18:00 - 18:30	21	10,46	16,08	17,54	3,40	10,33	0,75	0,83	2,24	12,51	2,81	35,08	0,46	2,87
18:30 - 19:00	21	10,29	17,32	17,45	3,39	10,30	0,75	0,83	2,24	12,47	2,80	34,90	0,50	3,09
19:00 - 19:30	21	10,29	18,33	17,45	3,39	10,30	0,75	0,83	2,24	12,47	2,80	34,90	0,53	3,27
19:30 - 20:00	21	10,16	18,60	17,38	3,38	10,27	0,75	0,83	2,24	12,43	2,80	34,76	0,54	3,33
			215,10											37,99

Abril	Tª INT (°C)	Tª EXT (°C)	Demand a teorica (kW)	Potenci a útil maquina (kW)	COP maquina	Potenci a teórica absorbi da conjunto (kW)	Rendi miento compresor1	Rendi miento compresor2	consum o ventilad ores conjunto (kW)	Potencia real absorbida conjunto (kW)	COP real	Potenci a útil conjunt o (kW)	Fact or de tiempo	Consu mo eléctrico (kWh)
07:00 - 07:30	21	12,91	11,11	18,75	3,50	10,73	0,75	0,83	2,24	13,01	2,88	37,50	0,30	1,93
07:30 - 08:00	21	13,70	8,41	19,07	3,52	10,82	0,75	0,83	2,24	13,13	2,90	38,15	0,22	1,45
08:00 - 08:30	21	14,52	4,87	19,41	3,55	10,92	0,75	0,83	2,24	13,25	2,93	38,81	0,13	0,83
08:30 - 09:00	21	15,57	2,13	19,83	3,59	11,04	0,75	0,83	2,24	13,41	2,96	39,67	0,05	0,36
09:00 - 09:30	21	16,61	1,16	20,26	3,63	11,16	0,75	0,83	2,24	13,55	2,99	40,51	0,03	0,19
09:30 - 10:00	21	17,40	0,62	20,58	3,66	11,24	0,75	0,83	2,24	13,66	3,01	41,15	0,02	0,10
10:00 - 10:30	21	18,04	0,35	20,84	3,68	11,31	0,75	0,83	2,24	13,75	3,03	41,67	0,01	0,06
10:30 - 11:00	21	18,28	0,28	20,93	3,69	11,34	0,75	0,83	2,24	13,79	3,04	41,87	0,01	0,05
11:00 - 11:30	21	18,96	0,10	21,21	3,72	11,41	0,75	0,83	2,24	13,88	3,06	42,42	0,00	0,02
11:30 - 12:00	21	19,41	0,05	21,39	3,73	11,46	0,75	0,83	2,24	13,94	3,07	42,79	0,00	0,01
12:00 - 12:30	21	19,77	0,02	21,54	3,75	11,50	0,75	0,83	2,24	13,99	3,08	43,08	0,00	0,00
12:30 - 13:00	21	19,89	0,02	21,59	3,75	11,51	0,75	0,83	2,24	14,00	3,08	43,18	0,00	0,00
13:00 - 13:30	21	20,00	0,01	21,63	3,76	11,52	0,75	0,83	2,24	14,02	3,09	43,27	0,00	0,00
13:30 - 14:00	21	19,92	0,02	21,60	3,75	11,51	0,75	0,83	2,24	14,01	3,08	43,20	0,00	0,00
14:00 - 14:30	21	19,37	0,15	21,38	3,73	11,45	0,75	0,83	2,24	13,93	3,07	42,75	0,00	0,03
14:30 - 15:00	21	18,78	0,56	21,14	3,71	11,39	0,75	0,83	2,24	13,85	3,05	42,27	0,01	0,09
15:00 - 15:30	21	18,34	0,97	20,96	3,69	11,34	0,75	0,83	2,24	13,79	3,04	41,92	0,02	0,16
15:30 - 16:00	21	17,64	1,29	20,67	3,67	11,27	0,75	0,83	2,24	13,70	3,02	41,35	0,03	0,21
16:00 - 16:30	21	16,73	1,62	20,30	3,64	11,17	0,75	0,83	2,24	13,57	2,99	40,61	0,04	0,27
16:30 - 17:00	21	15,77	2,72	19,91	3,60	11,06	0,75	0,83	2,24	13,43	2,96	39,83	0,07	0,46
17:00 - 17:30	21	14,67	5,01	19,47	3,56	10,94	0,75	0,83	2,24	13,28	2,93	38,93	0,13	0,85
17:30 - 18:00	21	13,78	7,67	19,11	3,53	10,83	0,75	0,83	2,24	13,14	2,91	38,21	0,20	1,32
18:00 - 18:30	21	13,18	10,37	18,86	3,51	10,76	0,75	0,83	2,24	13,05	2,89	37,72	0,27	1,79
18:30 - 19:00	21	12,82	12,03	18,72	3,49	10,72	0,75	0,83	2,24	13,00	2,88	37,43	0,32	2,09
19:00 - 19:30	21	12,64	13,37	18,64	3,49	10,70	0,75	0,83	2,24	12,97	2,87	37,29	0,36	2,33
19:30 - 20:00	21	12,46	13,76	18,57	3,48	10,67	0,75	0,83	2,24	12,94	2,87	37,14	0,37	2,40
			98,66											17,00

Mayo	T <sup>a</sup> INT (°C)	T <sup>a</sup> EXT (°C)	Demand a teorica (kW)	Potenci a útil maquina (kW)	COP maquina	Potenci a teórica absorbi da conjunt o (kW)	Rendi miento compresor1	Rendi miento compresor2	consum o ventiladores conjunt o (kW)	Potencia real absorbida conjunt o (kW)	COP real	Potenci a útil conjunt o (kW)	Fact or de tiempo	Consu mo eléctrico (kWh)
07:00 - 07:30	21	16,09	4,76	20,04	3,61	11,10	0,75	0,83	2,24	13,48	2,97	40,09	0,12	0,80
07:30 - 08:00	21	16,80	2,89	20,33	3,64	11,18	0,75	0,83	2,24	13,58	2,99	40,67	0,07	0,48
08:00 - 08:30	21	17,70	0,96	20,70	3,67	11,28	0,75	0,83	2,24	13,71	3,02	41,40	0,02	0,16
08:30 - 09:00	21	18,52	0,24	21,03	3,70	11,36	0,75	0,83	2,24	13,82	3,04	42,06	0,01	0,04
09:00 - 09:30	21	19,39	0,06	21,39	3,73	11,46	0,75	0,83	2,24	13,94	3,07	42,77	0,00	0,01
09:30 - 10:00	21	20,16	0,01	21,70	3,76	11,54	0,75	0,83	2,24	14,04	3,09	43,40	0,00	0,00
10:00 - 10:30	21	20,89	0,00	21,99	3,79	11,61	0,75	0,83	2,24	14,13	3,11	43,99	0,00	0,00
10:30 - 11:00	21	21,38	0,00	22,19	3,81	11,66	0,75	0,83	2,24	14,20	3,13	44,39	0,00	0,00
11:00 - 11:30	21	21,85	0,00	22,38	3,82	11,71	0,75	0,83	2,24	14,26	3,14	44,77	0,00	0,00
11:30 - 12:00	21	22,45	0,00	22,63	3,85	11,77	0,75	0,83	2,24	14,33	3,16	45,26	0,00	0,00
12:00 - 12:30	21	22,53	0,00	22,66	3,85	11,78	0,75	0,83	2,24	14,34	3,16	45,32	0,00	0,00
12:30 - 13:00	21	22,54	0,00	22,67	3,85	11,78	0,75	0,83	2,24	14,34	3,16	45,33	0,00	0,00
13:00 - 13:30	21	22,35	0,00	22,59	3,84	11,76	0,75	0,83	2,24	14,32	3,15	45,18	0,00	0,00
13:30 - 14:00	21	22,03	0,00	22,46	3,83	11,73	0,75	0,83	2,24	14,28	3,15	44,92	0,00	0,00
14:00 - 14:30	21	21,63	0,00	22,30	3,82	11,69	0,75	0,83	2,24	14,23	3,13	44,59	0,00	0,00
14:30 - 15:00	21	21,14	0,00	22,10	3,80	11,64	0,75	0,83	2,24	14,17	3,12	44,19	0,00	0,00
15:00 - 15:30	21	20,63	0,00	21,89	3,78	11,58	0,75	0,83	2,24	14,10	3,10	43,78	0,00	0,00
15:30 - 16:00	21	20,02	0,04	21,64	3,76	11,52	0,75	0,83	2,24	14,02	3,09	43,28	0,00	0,01
16:00 - 16:30	21	19,13	0,14	21,28	3,72	11,43	0,75	0,83	2,24	13,90	3,06	42,56	0,00	0,02
16:30 - 17:00	21	18,31	0,46	20,95	3,69	11,34	0,75	0,83	2,24	13,79	3,04	41,89	0,01	0,08
17:00 - 17:30	21	17,37	1,35	20,56	3,66	11,24	0,75	0,83	2,24	13,66	3,01	41,13	0,03	0,22
17:30 - 18:00	21	16,32	3,17	20,14	3,62	11,12	0,75	0,83	2,24	13,51	2,98	40,28	0,08	0,53
18:00 - 18:30	21	15,58	5,50	19,84	3,59	11,04	0,75	0,83	2,24	13,41	2,96	39,67	0,14	0,93
18:30 - 19:00	21	15,14	7,25	19,66	3,58	10,99	0,75	0,83	2,24	13,34	2,95	39,32	0,18	1,23
19:00 - 19:30	21	14,85	8,77	19,54	3,57	10,96	0,75	0,83	2,24	13,30	2,94	39,08	0,22	1,49
19:30 - 20:00	21	14,64	9,21	19,46	3,56	10,93	0,75	0,83	2,24	13,27	2,93	38,91	0,24	1,57
			44,82											7,58

Junio	Tª INT (°C)	Tª EXT (°C)	Demanda teorica (kW)	Potencia útil maquina (kW)	COP maquina	Potencia teórica absorbida conjunto (kW)	Rendimiento compresor1	Rendimiento compresor2	consumo ventiladores conjunto (kW)	Potencia real absorbida conjunto (kW)	EER real	Potencia útil conjunto (kW)	Factor de tiempo	Consumo eléctrico (kWh)
07:00 - 07:30	23	21,95	-6,34	15,30	0,00	7,37	0,75	0,83	2,24	8,06	3,80	30,61	0,21	0,83
07:30 - 08:00	23	22,71	-8,08	15,26	0,00	7,44	0,75	0,83	2,24	8,12	3,76	30,53	0,26	1,07
08:00 - 08:30	23	23,55	-11,91	15,22	0,00	7,52	0,75	0,83	2,24	8,18	3,72	30,44	0,39	1,60
08:30 - 09:00	23	24,24	-16,49	15,18	0,00	7,59	0,75	0,83	2,24	8,23	3,69	30,36	0,54	2,24
09:00 - 09:30	23	24,90	-17,43	15,15	0,00	7,65	0,75	0,83	2,24	8,28	3,66	30,29	0,58	2,38
09:30 - 10:00	23	25,48	-18,50	15,11	0,00	7,71	0,75	0,83	2,24	8,33	3,63	30,23	0,61	2,55
10:00 - 10:30	23	26,21	-19,73	15,07	0,00	7,78	0,75	0,83	2,24	8,38	3,60	30,15	0,65	2,74
10:30 - 11:00	23	26,62	-20,39	15,05	0,00	7,82	0,75	0,83	2,24	8,41	3,58	30,11	0,68	2,85
11:00 - 11:30	23	26,98	-21,37	15,03	0,00	7,85	0,75	0,83	2,24	8,44	3,56	30,07	0,71	3,00
11:30 - 12:00	23	27,27	-22,12	15,02	0,00	7,88	0,75	0,83	2,24	8,46	3,55	30,03	0,74	3,12
12:00 - 12:30	23	27,49	-22,45	15,01	0,00	7,90	0,75	0,83	2,24	8,48	3,54	30,01	0,75	3,17
12:30 - 13:00	23	27,64	-22,40	15,00	0,00	7,91	0,75	0,83	2,24	8,49	3,53	29,99	0,75	3,17
13:00 - 13:30	23	27,65	-21,17	15,00	0,00	7,91	0,75	0,83	2,24	8,49	3,53	29,99	0,71	3,00
13:30 - 14:00	23	27,42	-20,44	15,01	0,00	7,89	0,75	0,83	2,24	8,47	3,54	30,02	0,68	2,89
14:00 - 14:30	23	27,19	-16,39	15,02	0,00	7,87	0,75	0,83	2,24	8,46	3,55	30,04	0,55	2,31
14:30 - 15:00	23	27,09	-15,06	15,03	0,00	7,86	0,75	0,83	2,24	8,45	3,56	30,05	0,50	2,12
15:00 - 15:30	23	26,71	-12,88	15,05	0,00	7,82	0,75	0,83	2,24	8,42	3,57	30,10	0,43	1,80
15:30 - 16:00	23	26,02	-13,84	15,08	0,00	7,76	0,75	0,83	2,24	8,37	3,61	30,17	0,46	1,92
16:00 - 16:30	23	25,30	-15,15	15,12	0,00	7,69	0,75	0,83	2,24	8,31	3,64	30,25	0,50	2,08
16:30 - 17:00	23	24,53	-14,10	15,17	0,00	7,61	0,75	0,83	2,24	8,26	3,67	30,33	0,46	1,92
17:00 - 17:30	23	23,50	-11,47	15,22	0,00	7,52	0,75	0,83	2,24	8,18	3,72	30,44	0,38	1,54
17:30 - 18:00	23	22,41	-9,26	15,28	0,00	7,41	0,75	0,83	2,24	8,09	3,78	30,56	0,30	1,23
18:00 - 18:30	23	21,33	-5,68	15,34	0,00	7,31	0,75	0,83	2,24	8,01	3,83	30,68	0,19	0,74
18:30 - 19:00	23	20,81	-3,05	15,37	0,00	7,26	0,75	0,83	2,24	7,97	3,85	30,73	0,10	0,40
19:00 - 19:30	23	20,35	-0,33	15,39	0,00	7,21	0,75	0,83	2,24	7,94	3,88	30,78	0,01	0,04
19:30 - 20:00	23	20,15	0,00	15,40	0,00	7,19	0,75	0,83	2,24	7,92	3,89	30,80	0,00	0,00

-365,99

50,70

Julio	T <sup>a</sup> INT (°C)	T <sup>a</sup> EXT (°C)	Demand a teorica (kW)	Potenci a útil maquina (kW)	COP maquina	Potenci a teórica absorbi da conjunto (kW)	Rendi miento compresor1	Rendi miento compresor2	consum o ventilad ores conjunto (kW)	Potencia real absorbida conjunto (kW)	EER real	Potenci a útil conjunt o (kW)	Fact or de tiempo	Consu mo eléctrico (kWh)
07:00 - 07:30	23	22,50	-6,43	15,28	0,00	7,42	0,75	0,83	2,24	8,10	3,77	30,55	0,21	0,85
07:30 - 08:00	23	23,06	-7,09	15,24	0,00	7,47	0,75	0,83	2,24	8,14	3,74	30,49	0,23	0,95
08:00 - 08:30	23	24,19	-7,54	15,18	0,00	7,58	0,75	0,83	2,24	8,23	3,69	30,37	0,25	1,02
08:30 - 09:00	23	24,86	-14,15	15,15	0,00	7,65	0,75	0,83	2,24	8,28	3,66	30,30	0,47	1,93
09:00 - 09:30	23	25,99	-18,03	15,09	0,00	7,76	0,75	0,83	2,24	8,37	3,61	30,17	0,60	2,50
09:30 - 10:00	23	26,76	-19,65	15,04	0,00	7,83	0,75	0,83	2,24	8,42	3,57	30,09	0,65	2,75
10:00 - 10:30	23	27,42	-20,99	15,01	0,00	7,89	0,75	0,83	2,24	8,47	3,54	30,02	0,70	2,96
10:30 - 11:00	23	27,98	-22,30	14,98	0,00	7,95	0,75	0,83	2,24	8,52	3,52	29,96	0,74	3,17
11:00 - 11:30	23	28,65	-23,90	14,94	0,00	8,01	0,75	0,83	2,24	8,57	3,49	29,89	0,80	3,43
11:30 - 12:00	23	29,15	-24,97	14,92	0,00	8,06	0,75	0,83	2,24	8,61	3,47	29,83	0,84	3,60
12:00 - 12:30	23	29,23	-24,85	14,91	0,00	8,07	0,75	0,83	2,24	8,61	3,46	29,82	0,83	3,59
12:30 - 13:00	23	29,11	-24,60	14,92	0,00	8,05	0,75	0,83	2,24	8,60	3,47	29,84	0,82	3,55
13:00 - 13:30	23	29,41	-25,26	14,90	0,00	8,08	0,75	0,83	2,24	8,63	3,46	29,80	0,85	3,66
13:30 - 14:00	23	28,98	-23,95	14,93	0,00	8,04	0,75	0,83	2,24	8,59	3,47	29,85	0,80	3,45
14:00 - 14:30	23	28,82	-24,09	14,93	0,00	8,03	0,75	0,83	2,24	8,58	3,48	29,87	0,81	3,46
14:30 - 15:00	23	28,64	-20,96	14,94	0,00	8,01	0,75	0,83	2,24	8,57	3,49	29,89	0,70	3,00
15:00 - 15:30	23	28,00	-15,79	14,98	0,00	7,95	0,75	0,83	2,24	8,52	3,52	29,96	0,53	2,25
15:30 - 16:00	23	27,25	-13,74	15,02	0,00	7,88	0,75	0,83	2,24	8,46	3,55	30,04	0,46	1,94
16:00 - 16:30	23	26,78	-12,88	15,04	0,00	7,83	0,75	0,83	2,24	8,43	3,57	30,09	0,43	1,80
16:30 - 17:00	23	26,13	-11,10	15,08	0,00	7,77	0,75	0,83	2,24	8,38	3,60	30,16	0,37	1,54
17:00 - 17:30	23	25,27	-9,11	15,13	0,00	7,69	0,75	0,83	2,24	8,31	3,64	30,25	0,30	1,25
17:30 - 18:00	23	24,35	-7,01	15,18	0,00	7,60	0,75	0,83	2,24	8,24	3,68	30,35	0,23	0,95
18:00 - 18:30	23	23,40	-5,49	15,23	0,00	7,51	0,75	0,83	2,24	8,17	3,73	30,45	0,18	0,74
18:30 - 19:00	23	22,76	-4,78	15,26	0,00	7,44	0,75	0,83	2,24	8,12	3,76	30,52	0,16	0,64
19:00 - 19:30	23	22,33	-3,55	15,28	0,00	7,40	0,75	0,83	2,24	8,09	3,78	30,57	0,12	0,47
19:30 - 20:00	23	22,01	-3,00	15,30	0,00	7,37	0,75	0,83	2,24	8,06	3,79	30,60	0,10	0,39

-395,23

55,84

Agosto	Tª INT (°C)	Tª EXT (°C)	Demand a teorica (kW)	Potenci a útil maquina (kW)	COP maquina	Potenci a teórica absorbi da conjunto (kW)	Rendi miento compresor1	Rendi miento compresor2	consum o ventiladores conjunto (kW)	Potencia real absorbida conjunto (kW)	EER real	Potenci a útil conjunto (kW)	Fact or de tiempo	Consum o eléctrico (kWh)
07:00 - 07:30	23	24,36	-7,80	15,17	0,00	7,60	0,75	0,83	2,24	8,24	3,68	30,35	0,26	1,06
07:30 - 08:00	23	25,04	-9,45	15,14	0,00	7,66	0,75	0,83	2,24	8,29	3,65	30,28	0,31	1,29
08:00 - 08:30	23	25,84	-17,70	15,09	0,00	7,74	0,75	0,83	2,24	8,36	3,61	30,19	0,59	2,45
08:30 - 09:00	23	26,72	-17,14	15,05	0,00	7,83	0,75	0,83	2,24	8,42	3,57	30,09	0,57	2,40
09:00 - 09:30	23	27,69	-21,08	14,99	0,00	7,92	0,75	0,83	2,24	8,50	3,53	29,99	0,70	2,99
09:30 - 10:00	23	28,56	-23,21	14,95	0,00	8,00	0,75	0,83	2,24	8,56	3,49	29,90	0,78	3,32
10:00 - 10:30	23	29,36	-24,99	14,90	0,00	8,08	0,75	0,83	2,24	8,62	3,46	29,81	0,84	3,61
10:30 - 11:00	23	30,05	-26,50	14,87	0,00	8,14	0,75	0,83	2,24	8,67	3,43	29,73	0,89	3,87
11:00 - 11:30	23	30,80	-28,49	14,79	0,00	8,21	0,75	0,83	2,24	8,73	3,39	29,59	0,96	4,20
11:30 - 12:00	23	31,12	-29,11	14,76	0,00	8,24	0,75	0,83	2,24	8,75	3,37	29,53	0,99	4,31
12:00 - 12:30	23	30,94	-28,35	14,78	0,00	8,23	0,75	0,83	2,24	8,74	3,38	29,56	0,96	4,19
12:30 - 13:00	23	30,89	-28,13	14,79	0,00	8,22	0,75	0,83	2,24	8,74	3,39	29,57	0,95	4,15
13:00 - 13:30	23	30,98	-28,38	14,78	0,00	8,23	0,75	0,83	2,24	8,74	3,38	29,56	0,96	4,20
13:30 - 14:00	23	30,86	-27,93	14,79	0,00	8,22	0,75	0,83	2,24	8,73	3,39	29,58	0,94	4,12
14:00 - 14:30	23	30,65	-27,83	14,81	0,00	8,20	0,75	0,83	2,24	8,72	3,40	29,62	0,94	4,10
14:30 - 15:00	23	30,12	-23,89	14,86	0,00	8,15	0,75	0,83	2,24	8,68	3,42	29,72	0,80	3,49
15:00 - 15:30	23	29,83	-20,53	14,88	0,00	8,12	0,75	0,83	2,24	8,66	3,44	29,76	0,69	2,99
15:30 - 16:00	23	29,39	-18,96	14,90	0,00	8,08	0,75	0,83	2,24	8,62	3,46	29,81	0,64	2,74
16:00 - 16:30	23	28,86	-17,35	14,93	0,00	8,03	0,75	0,83	2,24	8,58	3,48	29,86	0,58	2,49
16:30 - 17:00	23	27,89	-14,91	14,98	0,00	7,94	0,75	0,83	2,24	8,51	3,52	29,97	0,50	2,12
17:00 - 17:30	23	26,95	-12,65	15,03	0,00	7,85	0,75	0,83	2,24	8,44	3,56	30,07	0,42	1,77
17:30 - 18:00	23	26,06	-10,30	15,08	0,00	7,76	0,75	0,83	2,24	8,37	3,60	30,17	0,34	1,43
18:00 - 18:30	23	25,23	-8,16	15,13	0,00	7,68	0,75	0,83	2,24	8,31	3,64	30,26	0,27	1,12
18:30 - 19:00	23	24,63	-6,70	15,16	0,00	7,62	0,75	0,83	2,24	8,26	3,67	30,32	0,22	0,91
19:00 - 19:30	23	24,40	-5,76	15,17	0,00	7,60	0,75	0,83	2,24	8,25	3,68	30,34	0,19	0,78
19:30 - 20:00	23	24,18	-5,33	15,18	0,00	7,58	0,75	0,83	2,24	8,23	3,69	30,37	0,18	0,72

-490,63

70,84

Septiembre	Tª INT (°C)	Tª EXT (°C)	Demand a teorica (kW)	Potenci a útil maquina (kW)	COP maquina	Potenci a teórica absorbi da conjunto (kW)	Rendi miento compresor1	Rendi miento compresor2	consum o ventiladores conjunto (kW)	Potencia real absorbida conjunto (kW)	EER real	Potenci a útil conjunto (kW)	Fact or de tiempo	Consu mo eléctrico (kWh)
07:00 - 07:30	23	21,09	-3,98	15,35	0,00	7,28	0,75	0,83	2,24	7,99	3,84	30,70	0,13	0,52
07:30 - 08:00	23	21,61	-6,47	15,32	0,00	7,33	0,75	0,83	2,24	8,03	3,81	30,65	0,21	0,85
08:00 - 08:30	23	22,24	-11,01	15,29	0,00	7,40	0,75	0,83	2,24	8,08	3,78	30,58	0,36	1,46
08:30 - 09:00	23	22,74	-15,40	15,26	0,00	7,44	0,75	0,83	2,24	8,12	3,76	30,52	0,50	2,05
09:00 - 09:30	23	23,57	-16,09	15,22	0,00	7,52	0,75	0,83	2,24	8,18	3,72	30,43	0,53	2,16
09:30 - 10:00	23	24,28	-16,88	15,18	0,00	7,59	0,75	0,83	2,24	8,24	3,69	30,36	0,56	2,29
10:00 - 10:30	23	25,08	-17,83	15,14	0,00	7,67	0,75	0,83	2,24	8,30	3,65	30,27	0,59	2,44
10:30 - 11:00	23	25,80	-18,94	15,10	0,00	7,74	0,75	0,83	2,24	8,35	3,62	30,19	0,63	2,62
11:00 - 11:30	23	26,28	-20,11	15,07	0,00	7,78	0,75	0,83	2,24	8,39	3,59	30,14	0,67	2,80
11:30 - 12:00	23	26,54	-20,53	15,06	0,00	7,81	0,75	0,83	2,24	8,41	3,58	30,11	0,68	2,87
12:00 - 12:30	23	26,95	-21,46	15,03	0,00	7,85	0,75	0,83	2,24	8,44	3,56	30,07	0,71	3,01
12:30 - 13:00	23	27,07	-21,19	15,03	0,00	7,86	0,75	0,83	2,24	8,45	3,56	30,06	0,71	2,98
13:00 - 13:30	23	27,47	-20,88	15,01	0,00	7,90	0,75	0,83	2,24	8,48	3,54	30,01	0,70	2,95
13:30 - 14:00	23	27,55	-20,89	15,00	0,00	7,90	0,75	0,83	2,24	8,48	3,54	30,00	0,70	2,95
14:00 - 14:30	23	27,33	-16,58	15,01	0,00	7,88	0,75	0,83	2,24	8,47	3,55	30,03	0,55	2,34
14:30 - 15:00	23	26,98	-14,58	15,03	0,00	7,85	0,75	0,83	2,24	8,44	3,56	30,07	0,49	2,05
15:00 - 15:30	23	25,76	-11,49	15,10	0,00	7,73	0,75	0,83	2,24	8,35	3,62	30,20	0,38	1,59
15:30 - 16:00	23	25,14	-11,75	15,13	0,00	7,67	0,75	0,83	2,24	8,30	3,65	30,26	0,39	1,61
16:00 - 16:30	23	24,82	-14,09	15,15	0,00	7,64	0,75	0,83	2,24	8,28	3,66	30,30	0,46	1,92
16:30 - 17:00	23	23,67	-12,30	15,21	0,00	7,53	0,75	0,83	2,24	8,19	3,71	30,42	0,40	1,66
17:00 - 17:30	23	22,90	-10,27	15,25	0,00	7,46	0,75	0,83	2,24	8,13	3,75	30,51	0,34	1,37
17:30 - 18:00	23	22,38	-8,28	15,28	0,00	7,41	0,75	0,83	2,24	8,09	3,78	30,56	0,27	1,10
18:00 - 18:30	23	22,12	-6,18	15,30	0,00	7,38	0,75	0,83	2,24	8,07	3,79	30,59	0,20	0,82
18:30 - 19:00	23	22,03	-5,00	15,30	0,00	7,37	0,75	0,83	2,24	8,07	3,79	30,60	0,16	0,66
19:00 - 19:30	23	22,01	-3,76	15,30	0,00	7,37	0,75	0,83	2,24	8,06	3,79	30,60	0,12	0,50
19:30 - 20:00	23	22,01	-3,76	15,30	0,00	7,37	0,75	0,83	2,24	8,06	3,79	30,60	0,12	0,50

-349,70

48,04

Octubre	Tª INT (°C)	Tª EXT (°C)	Demand a teorica (kW)	Potenci a útil maquina (kW)	COP maquina	Potenci a teórica absorbi da conjunto (kW)	Rendi miento compresor1	Rendi miento compresor2	consum o ventilad ores conjunto (kW)	Potencia real absorbida conjunto (kW)	COP real	Potenci a útil conjunt o (kW)	Fact or de tiempo	Consu mo eléctrico (kWh)
07:00 - 07:30	21	18,61	1,31	21,07	3,70	11,37	0,75	0,83	2,24	13,83	3,05	42,14	0,03	0,21
07:30 - 08:00	21	19,05	0,55	21,25	3,72	11,42	0,75	0,83	2,24	13,89	3,06	42,49	0,01	0,09
08:00 - 08:30	21	19,82	0,05	21,56	3,75	11,50	0,75	0,83	2,24	13,99	3,08	43,12	0,00	0,01
08:30 - 09:00	21	20,39	0,00	21,79	3,77	11,56	0,75	0,83	2,24	14,07	3,10	43,58	0,00	0,00
09:00 - 09:30	21	21,25	0,00	22,14	3,80	11,65	0,75	0,83	2,24	14,18	3,12	44,28	0,00	0,00
09:30 - 10:00	21	22,35	0,00	22,59	3,84	11,76	0,75	0,83	2,24	14,32	3,15	45,18	0,00	0,00
10:00 - 10:30	21	23,12	0,00	22,90	3,87	11,83	0,75	0,83	2,24	14,42	3,18	45,80	0,00	0,00
10:30 - 11:00	21	23,86	0,00	23,20	3,90	11,91	0,75	0,83	2,24	14,51	3,20	46,40	0,00	0,00
11:00 - 11:30	21	24,38	0,00	23,41	3,92	11,96	0,75	0,83	2,24	14,57	3,21	46,83	0,00	0,00
11:30 - 12:00	21	24,63	0,00	23,51	3,93	11,98	0,75	0,83	2,24	14,60	3,22	47,03	0,00	0,00
12:00 - 12:30	21	24,89	0,00	23,62	3,94	12,00	0,75	0,83	2,24	14,63	3,23	47,24	0,00	0,00
12:30 - 13:00	21	24,90	0,00	23,62	3,94	12,01	0,75	0,83	2,24	14,63	3,23	47,25	0,00	0,00
13:00 - 13:30	21	25,17	0,00	23,73	3,95	12,03	0,75	0,83	2,24	14,67	3,24	47,47	0,00	0,00
13:30 - 14:00	21	25,03	0,00	23,68	3,94	12,02	0,75	0,83	2,24	14,65	3,23	47,35	0,00	0,00
14:00 - 14:30	21	24,65	0,00	23,52	3,93	11,98	0,75	0,83	2,24	14,60	3,22	47,05	0,00	0,00
14:30 - 15:00	21	24,06	0,00	23,28	3,90	11,93	0,75	0,83	2,24	14,53	3,20	46,57	0,00	0,00
15:00 - 15:30	21	22,87	0,00	22,80	3,86	11,81	0,75	0,83	2,24	14,38	3,17	45,60	0,00	0,00
15:30 - 16:00	21	22,46	0,00	22,63	3,85	11,77	0,75	0,83	2,24	14,33	3,16	45,27	0,00	0,00
16:00 - 16:30	21	21,89	0,00	22,40	3,83	11,71	0,75	0,83	2,24	14,26	3,14	44,80	0,00	0,00
16:30 - 17:00	21	20,87	0,00	21,99	3,79	11,61	0,75	0,83	2,24	14,13	3,11	43,97	0,00	0,00
17:00 - 17:30	21	20,10	0,03	21,67	3,76	11,53	0,75	0,83	2,24	14,03	3,09	43,35	0,00	0,00
17:30 - 18:00	21	19,83	0,09	21,56	3,75	11,50	0,75	0,83	2,24	13,99	3,08	43,13	0,00	0,02
18:00 - 18:30	21	19,68	0,21	21,50	3,74	11,49	0,75	0,83	2,24	13,97	3,08	43,01	0,00	0,03
18:30 - 19:00	21	19,57	0,35	21,46	3,74	11,47	0,75	0,83	2,24	13,96	3,07	42,92	0,01	0,06
19:00 - 19:30	21	19,45	0,60	21,41	3,74	11,46	0,75	0,83	2,24	13,94	3,07	42,82	0,01	0,10
19:30 - 20:00	21	19,47	0,58	21,42	3,74	11,46	0,75	0,83	2,24	13,95	3,07	42,84	0,01	0,09

3,77

0,62



Noviembre	Tª INT (°C)	Tª EXT (°C)	Demanda teorica (kW)	Potencia útil maquina (kW)	COP maquina	Potencia teórica absorbida conjunto (kW)	Rendimiento compresor1	Rendimiento compresor2	consumo ventiladores conjunto (kW)	Potencia real absorbida conjunto (kW)	COP real	Potencia útil conjunto (kW)	Factor de tiempo	Consumo eléctrico (kWh)
07:00 - 07:30	21	11,26	16,08	17,98	3,43	10,48	0,75	0,83	2,24	12,70	2,83	35,96	0,45	2,84
07:30 - 08:00	21	11,51	14,14	18,12	3,44	10,53	0,75	0,83	2,24	12,76	2,84	36,23	0,39	2,49
08:00 - 08:30	21	11,90	10,09	18,33	3,46	10,60	0,75	0,83	2,24	12,85	2,85	36,66	0,28	1,77
08:30 - 09:00	21	12,39	6,86	18,54	3,48	10,67	0,75	0,83	2,24	12,93	2,87	37,08	0,18	1,20
09:00 - 09:30	21	12,94	5,63	18,76	3,50	10,73	0,75	0,83	2,24	13,02	2,88	37,53	0,15	0,98
09:30 - 10:00	21	14,12	3,77	19,24	3,54	10,87	0,75	0,83	2,24	13,19	2,92	38,49	0,10	0,65
10:00 - 10:30	21	14,93	2,74	19,57	3,57	10,97	0,75	0,83	2,24	13,31	2,94	39,15	0,07	0,47
10:30 - 11:00	21	15,52	2,07	19,81	3,59	11,03	0,75	0,83	2,24	13,40	2,96	39,63	0,05	0,35
11:00 - 11:30	21	16,45	1,17	20,19	3,63	11,14	0,75	0,83	2,24	13,53	2,98	40,38	0,03	0,20
11:30 - 12:00	21	17,05	0,79	20,43	3,65	11,20	0,75	0,83	2,24	13,62	3,00	40,87	0,02	0,13
12:00 - 12:30	21	17,75	0,45	20,72	3,67	11,28	0,75	0,83	2,24	13,71	3,02	41,44	0,01	0,07
12:30 - 13:00	21	18,13	0,34	20,87	3,69	11,32	0,75	0,83	2,24	13,77	3,03	41,75	0,01	0,06
13:00 - 13:30	21	18,37	0,32	20,97	3,70	11,35	0,75	0,83	2,24	13,80	3,04	41,94	0,01	0,05
13:30 - 14:00	21	18,19	0,42	20,90	3,69	11,33	0,75	0,83	2,24	13,77	3,03	41,80	0,01	0,07
14:00 - 14:30	21	17,77	1,34	20,73	3,67	11,28	0,75	0,83	2,24	13,72	3,02	41,45	0,03	0,22
14:30 - 15:00	21	17,33	2,52	20,55	3,66	11,23	0,75	0,83	2,24	13,66	3,01	41,10	0,06	0,42
15:00 - 15:30	21	16,67	4,00	20,28	3,63	11,16	0,75	0,83	2,24	13,56	2,99	40,56	0,10	0,67
15:30 - 16:00	21	15,92	4,27	19,98	3,61	11,08	0,75	0,83	2,24	13,46	2,97	39,95	0,11	0,72
16:00 - 16:30	21	14,97	4,31	19,59	3,57	10,97	0,75	0,83	2,24	13,32	2,94	39,18	0,11	0,73
16:30 - 17:00	21	14,35	5,38	19,34	3,55	10,90	0,75	0,83	2,24	13,23	2,92	38,67	0,14	0,92
17:00 - 17:30	21	14,20	6,40	19,28	3,54	10,88	0,75	0,83	2,24	13,21	2,92	38,55	0,17	1,10
17:30 - 18:00	21	14,06	7,54	19,22	3,54	10,86	0,75	0,83	2,24	13,19	2,92	38,44	0,20	1,29
18:00 - 18:30	21	13,94	8,96	19,17	3,53	10,85	0,75	0,83	2,24	13,17	2,91	38,34	0,23	1,54
18:30 - 19:00	21	13,79	10,05	19,11	3,53	10,83	0,75	0,83	2,24	13,14	2,91	38,22	0,26	1,73
19:00 - 19:30	21	13,75	11,05	19,09	3,53	10,83	0,75	0,83	2,24	13,14	2,91	38,19	0,29	1,90
19:30 - 20:00	21	13,62	11,32	19,04	3,52	10,81	0,75	0,83	2,24	13,12	2,90	38,08	0,30	1,95

142,01

24,50

Diciembre	Tª INT (°C)	Tª EXT (°C)	Demand a teorica (kW)	Potenci a útil maquina (kW)	COP maquina	Potenci a teórica absorbi da conjunto (kW)	Rendi miento compresor1	Rendi miento compresor2	consum o ventiladores conjunto (kW)	Potencia real absorbida conjunto (kW)	COP real	Potenci a útil conjunto (kW)	Fact or de tiempo	Consu mo eléctrico (kWh)
07:00 - 07:30	21	10,43	18,20	17,53	3,40	10,32	0,75	0,83	2,24	12,50	2,80	35,05	0,52	3,25
07:30 - 08:00	21	10,63	16,56	17,63	3,40	10,36	0,75	0,83	2,24	12,55	2,81	35,27	0,47	2,94
08:00 - 08:30	21	10,84	12,36	17,75	3,41	10,40	0,75	0,83	2,24	12,60	2,82	35,50	0,35	2,19
08:30 - 09:00	21	11,01	6,47	17,84	3,42	10,43	0,75	0,83	2,24	12,64	2,82	35,68	0,18	1,15
09:00 - 09:30	21	11,42	5,58	18,07	3,44	10,51	0,75	0,83	2,24	12,74	2,84	36,13	0,15	0,98
09:30 - 10:00	21	12,06	4,55	18,41	3,46	10,63	0,75	0,83	2,24	12,88	2,86	36,81	0,12	0,80
10:00 - 10:30	21	12,72	3,74	18,68	3,49	10,71	0,75	0,83	2,24	12,98	2,88	37,35	0,10	0,65
10:30 - 11:00	21	13,36	2,92	18,94	3,51	10,78	0,75	0,83	2,24	13,08	2,90	37,87	0,08	0,50
11:00 - 11:30	21	13,78	2,46	19,11	3,53	10,83	0,75	0,83	2,24	13,14	2,91	38,21	0,06	0,42
11:30 - 12:00	21	14,04	2,22	19,21	3,54	10,86	0,75	0,83	2,24	13,18	2,91	38,42	0,06	0,38
12:00 - 12:30	21	14,36	2,02	19,34	3,55	10,90	0,75	0,83	2,24	13,23	2,92	38,68	0,05	0,35
12:30 - 13:00	21	14,61	1,88	19,44	3,56	10,93	0,75	0,83	2,24	13,27	2,93	38,89	0,05	0,32
13:00 - 13:30	21	14,67	2,09	19,47	3,56	10,94	0,75	0,83	2,24	13,28	2,93	38,93	0,05	0,36
13:30 - 14:00	21	14,77	2,04	19,51	3,56	10,95	0,75	0,83	2,24	13,29	2,94	39,02	0,05	0,35
14:00 - 14:30	21	14,29	3,76	19,31	3,55	10,89	0,75	0,83	2,24	13,22	2,92	38,63	0,10	0,64
14:30 - 15:00	21	13,71	5,35	19,08	3,53	10,82	0,75	0,83	2,24	13,13	2,91	38,15	0,14	0,92
15:00 - 15:30	21	13,44	6,16	18,97	3,52	10,79	0,75	0,83	2,24	13,09	2,90	37,94	0,16	1,06
15:30 - 16:00	21	13,24	5,66	18,89	3,51	10,77	0,75	0,83	2,24	13,06	2,89	37,77	0,15	0,98
16:00 - 16:30	21	12,54	5,42	18,60	3,48	10,68	0,75	0,83	2,24	12,96	2,87	37,20	0,15	0,94
16:30 - 17:00	21	12,17	5,99	18,45	3,47	10,64	0,75	0,83	2,24	12,90	2,86	36,90	0,16	1,05
17:00 - 17:30	21	12,08	6,48	18,42	3,47	10,63	0,75	0,83	2,24	12,88	2,86	36,83	0,18	1,13
17:30 - 18:00	21	11,88	11,35	18,32	3,46	10,60	0,75	0,83	2,24	12,84	2,85	36,63	0,31	1,99
18:00 - 18:30	21	11,74	12,95	18,24	3,45	10,57	0,75	0,83	2,24	12,81	2,85	36,48	0,36	2,27
18:30 - 19:00	21	11,73	13,81	18,24	3,45	10,57	0,75	0,83	2,24	12,81	2,85	36,47	0,38	2,42
19:00 - 19:30	21	11,65	15,46	18,19	3,45	10,55	0,75	0,83	2,24	12,79	2,84	36,38	0,42	2,72
19:30 - 20:00	21	11,54	15,69	18,13	3,44	10,53	0,75	0,83	2,24	12,76	2,84	36,26	0,43	2,76

191,18

33,54

Otra consideración que se debe hacer es la de las pérdidas debidas a los conductos que reparten el aire acondicionado por el edificio, así como distancias de las líneas frigoríficas entre maquina exterior e interior. Por este motivo, consideramos unas pérdidas del 10% que se aplican sobre los consumos totales eléctricos de las bombas.

Finalmente se obtiene:

	Consumo eléctrico clima diario (kWh)	Dias laborables mes	Consumo total clima mensual (kWh)	Consumo total clima + perdidas(10%) (kWh)
Año 2008				
Enero	15,9938	22	351,8632	387,0495732
Febrero	18,9857	21	398,6990	438,5689533
Marzo	18,9951	19	360,9060	396,9965508
Abril	8,5003	22	187,0060	205,706624
Mayo	3,7892	20	75,7835	83,36185865
Junio	25,3501	20	507,0018	557,7019886
Julio	27,9192	23	642,1411	706,3552059
Agosto	35,4195	20	708,3902	779,2291663
Septiembre	24,0188	20	480,3753	528,4127837
Octubre	0,3081	23	7,0872	7,795928501
Noviembre	12,2496	20	244,9920	269,4912025
Diciembre	16,7681	21	352,1309	387,3440082
				4748,013844

**Tabla 23 Cálculo de consumo eléctrico anual del sistema de climatización**

Con ayuda de estos cálculos realizados podemos saber cuál es el consumo que se realiza por calefacción y cual por refrigeración y lo obtenemos considerando, tal y como hemos hecho en el cálculo de consumo en climatización, que durante los meses de octubre a mayo el edificio demanda calefacción y durante los meses de junio a septiembre refrigeración. Así obtenemos que la **demanda por calefacción anual** es de **2176, 31 kWh** y la **de refrigeración** de **2571,70 kWh** si lo dividimos por la superficie útil del edificio que es 210,24m<sup>2</sup> podemos compararlo con lo obtenido por el LIDER que nos da el consumo anual/m<sup>2</sup>, así como también por la demanda anual estimada por metro cuadrado de una oficina media de superficie <500m<sup>2</sup> en calefacción y refrigeración que nos da el “Pla de Millora Energética de Barcelona”, como es nuestro caso. En nuestro cálculo realizado obtenemos que la demanda de calefacción es 10,35 kWh/m<sup>2</sup> y de refrigeración 12,23 kWh/m<sup>2</sup>, por el LIDER que la demanda de calefacción es 20,44 kWh/m<sup>2</sup> y de refrigeración 16,88 kWh/m<sup>2</sup> y finalmente el obtenido por el “Pla de Millora Energética de Barcelona” es de 45 kWh/m<sup>2</sup> de calefacción y 70 kWh/m<sup>2</sup> de refrigeración.

Comparándolos, vemos que nuestro cálculo teórico es el más optimista de los tres, nuestro gasto en refrigeración calculada se asemeja bastante más a la del LIDER, que la calefacción. Así mismo también vemos que tanto el consumo de calefacción, como el de refrigeración calculados están dentro de los valores de una oficina media en Barcelona dados por el “Pla de Millora Energética de Barcelona”, pero tal y como veremos más adelante los resultados de calefacción pueden ser no del todo realistas, y es que

en la realidad muchos trabajadores, como nos han comentado en las visitas realizadas para hacer el inventario que en invierno tienen frío, y es por este motivo que utilizan climatizadores de apoyo, disparando así el consumo real en climatización, debido al flujo insuficiente e inútil de calor emitido por las bombas que se disipa por la ineficaz envolvente térmica.

## 5.5 Diagnósis

Como hemos comentado anteriormente las dos maquinas tienen rendimientos isentrópicos diferentes, posiblemente por la mayor demanda energética en una de ellas, que afecta directamente en el COP de la maquina, y es por este motivo que para optimizar el consumo de climatización se propone sustituir una de las dos maquinas, a fin efecto de mejorar su eficiencia energética

Desviación	Descripción	Causas posibles	Propuesta de mejoras
Consumo diferente de las dos maquinas instaladas en la misma fecha, haciendo no sea óptimo.	El rendimiento isentrópico menor en una de ellas afecta es directamente proporcional al COP producido	La maquina con menor rendimiento isentrópico tiene más demanda energética que la otra.	Sustituir la máquina de menor rendimiento, a fin de optimizar el consumo de climatización.

**Tabla 24 Diagnósis del sistema de climatización y propuestas de mejora**

## 6 Cálculo de los consumos de electricidad del edificio

Los consumos eléctricos teóricos del edificio son la suma de todos los consumos calculados anteriormente. Sumándolos se obtienen los consumos eléctricos teóricos siguientes:

	Consumo eléctrico iluminación diario (kWh)	Consumo eléctrico fuerza diario (kWh)	Consumo iluminación + fuerza diario (kWh)	Días laborales mes	Consumo iluminación + fuerza mensual laborable	Consumo iluminación + fuerza mensual laborables (kWh)	Consumo eléctrico fuerza diario no laborables	Días no laborales mes	Consumo eléctrico fuerza mensual	Consumo total clima + pérdidas(10%) (kWh)	Consumo total mensual (kWh)
Año 2008											
Enero	43,7629	140,6	184,3614	22	962,784	4055,951	33,24	9	299,2	387,049573	4742,16037
Febrero	43,7629	140,6	184,3614	21	919,021	3871,589	33,24	8	265,9	438,568953	4576,07835
Marzo	43,7629	140,6	184,3614	19	831,495	3502,867	33,24	12	398,9	396,996551	4298,74315
Abril	42,6229	83,899	126,5214	22	937,704	2783,471	33,24	8	265,9	205,706624	3255,09742
Mayo	42,6229	83,899	126,5214	20	852,458	2530,428	33,24	11	365,6	83,3618586	2979,42986
Junio	42,6229	83,899	126,5214	20	852,458	2530,428	33,24	10	332,4	557,701989	3420,52999
Julio	37,4518	74,526	111,9776	23	861,391	2575,485	33,24	8	265,9	706,355206	3547,76047
Agosto	37,4518	74,526	111,9776	20	749,036	2239,552	33,24	11	365,6	779,229166	3384,42157
Septiembre	42,6229	83,899	126,5214	20	852,458	2530,428	33,24	10	332,4	528,412784	3391,24078
Octubre	42,6229	83,899	126,5214	23	980,327	2909,992	33,24	8	265,9	7,7959285	3183,70813
Noviembre	42,6229	83,899	126,5214	20	852,458	2530,428	33,24	10	332,4	269,491203	3132,3192
Diciembre	43,7629	140,6	184,3614	21	919,021	3871,589	33,24	10	332,4	387,344008	4591,33341
					10570,6						44502,8227

Tabla 1 Cálculo de los consumos teóricos eléctricos del edificio según mes y sumatorio anual

Gracias a los datos obtenidos podemos hacer una comparativa entre los consumos de iluminación + fuerza total mensual y los consumos total clima mensual, de la que sale la siguiente gráfica.

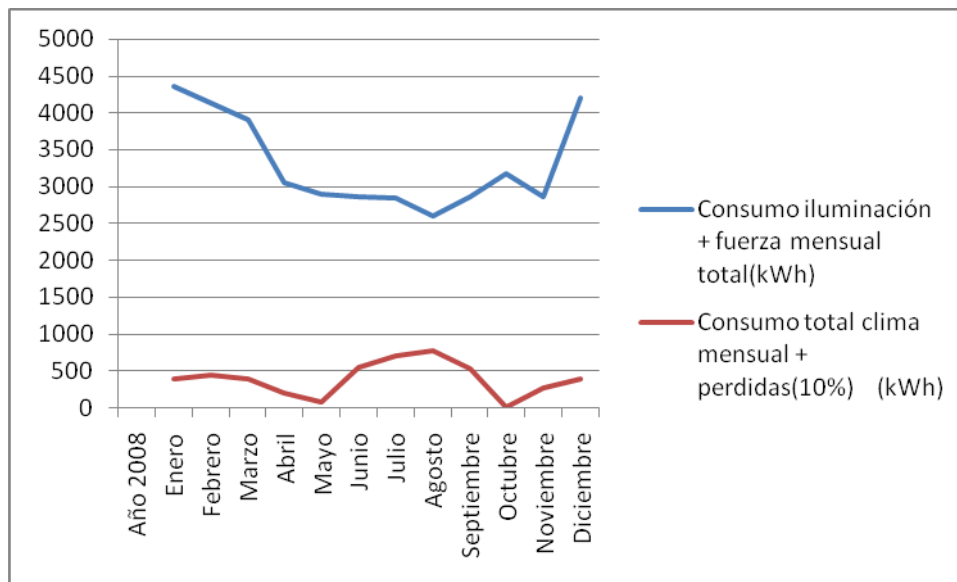


Fig.1 Gráfico comparativo del consumo de iluminación y fuerza en contra del de climatización

De la siguiente gráfica podemos observar que la demanda energética en climatización es mayor para la refrigeración (verano), que para la calefacción, casi un 50 % más. También podemos observar que la demanda de iluminación + fuerza es mucho mayor que la de climatización, siendo en sus demandas máximas la de electricidad + fuerza 6 veces mayor a la de climatización.

A parte, podemos observar que el consumo de electricidad + fuerza tiene un enorme aumento en periodo invernal, lo cual podríamos decir con certeza que es debido al uso descontrolado de calentadores ya que se nos había comentado que en dicho periodo en varias ocasiones habían saltado los plomos por sobrepasar la potencia contratada, que es de 25 kW, al conectar simultáneamente varios radiadores eléctricos.

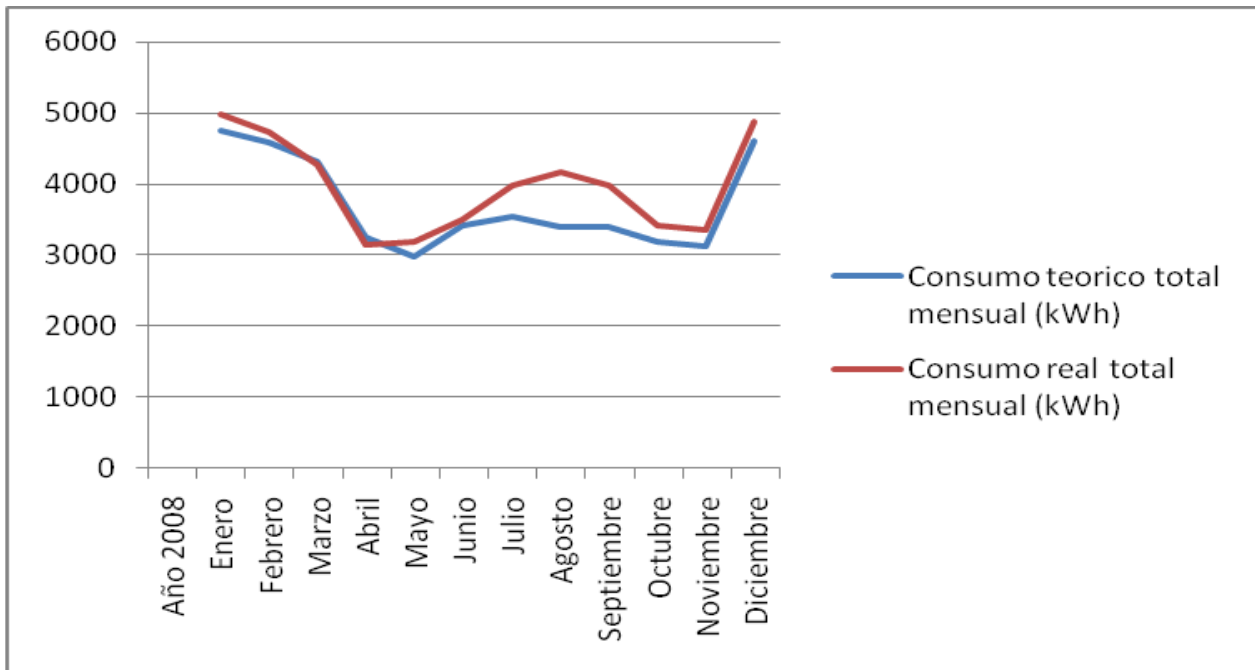
En su gran parte esta ineficiencia en la climatización podríamos asegurar que es debida a la casi inexistencia de aislamiento térmico en la envolvente del edificio, por este motivo creemos que una vez tomadas las medidas propuestas, dichas puntas de consumo no se producirán y no habrá el derroche desmesurado provocado por la ineficiente envolvente térmica.

## 6.1 Comparativa Consumos reales y consumos teóricos

Los consumos reales son aquellos que aparecen en la factura, es decir las lecturas de los contadores en intervalo de tiempo. En nuestro caso disponemos de las facturas del 2008, que es el mismo periodo del que se ha realizado el cálculo del consumo eléctrico teórico mensual y de esta manera poder realizar su comparación. Adjuntamos la tabla de los dos tipos de consumo y un grafico para facilitar la comparación entre ellos.

	Consumo teórico total mensual (kWh)	Consumo real total mensual (kWh)	Error relativo (%)
Año 2008			
Enero	4742,16037	4974	4,77%
Febrero	4576,07835	4726	3,22%
Marzo	4298,74315	4273	0,60%
Abril	3255,09742	3148	3,35%
Mayo	2979,42986	3197	7,05%
Junio	3420,52999	3508	2,52%
Julio	3547,76047	3971	11,26%
Agosto	3384,42157	4167	20,73%
Septiembre	3391,24078	3976	15,87%
Octubre	3183,70813	3415	7,01%
Noviembre	3132,3192	3351	6,75%
Diciembre	4591,33341	4875	5,99%
		Error medio	7,43%

**Tabla 2 Comparativa de consumo eléctrico teórico y real y cálculo de su error relativo**



**Fig. 1 Gráfico de la comparativa de consumo eléctrico teórico y real**

Con ayuda del grafico podemos apreciar que los consumos teóricos se ajustan muy bien a los reales. Existe un 6,77% de error relativo medio entre el consumo real y el teórico, así mismo gracias al grafico podemos apreciar que la mayor desviación entre los dos consumos es en agosto con un 20,73% de error relativo. Tal y como podemos comprobar, en los meses de verano es donde hay más diferencia entre el consumo real y el teórico calculado, seguramente es debido a que la estimación realizada del consumo de la climatización no se asemeja tanto a la realidad. Pero todo y con eso podemos estar satisfechos del resultado, ya que los resultados calculados de la demanda eléctrica se asemeja mucho a la realidad.

## **7 Resultados del estudio de las propuestas de mejoras posibles**

El objetivo final de esta auditoría energética es, al previamente haber analizado y calculado los consumos energéticos teóricos del edificio de oficinas, que se generan, preguntándonos el dónde, el cómo y el porqué se producen, la de plantear todas aquellas mejoras posibles en todos los ámbitos de consumo energético, para optimizar su consumo y conseguir la máxima eficiencia posible de la misma, sin, por ese motivo, afectar al confort o bienestar de los trabajadores. Y finalmente valorar económicamente, tanto las propuestas como los ahorros que de estas se derivan, para así, poder ver el tiempo que es necesario (años) para su reembolso o amortización, es decir que estas mejoras quedaran saldadas por su propio ahorro generado Y finalmente podremos realizar un cálculo de los ahorros en emisiones de CO<sub>2</sub>, generados por este ahorro en el consumo energético.

### **7.1 Resumen de las mejoras propuestas y sus ahorros generados**

Como se ha comentado anteriormente, el criterio que se ha tomado para discernir las propuestas de mejoras posibles en este edificio son aquellas en las que se consiguen un mayor potencial de ahorro

energético sin disminuir el confort de los que la habitan, utilizando los diferentes parámetros y directrices, que en sus diferentes ámbitos nos dan las administraciones gubernamentales, a través, de sus normas o planes estratégicos, en pro de un consumo energético más eficiente.

Las propuestas de mejoras posibles en este edificio son:

Ámbitos de las propuestas	Conjunto de propuestas
Envolvente térmica	<b>Parte semitransparente:</b> Cambio de carpintería exterior, por una con mejores características aislantes y más estancas para disminuir el flujo calórico.
	<b>Muros de fachada:</b> Modificación de la composición de los muros, poniéndoles aislamiento térmico con placas de poliestireno expandido de 4cm de grosor en la parte interior del edificio para mejorar su transmitancia térmica y posterior levantamiento de un trasdosado de pladur.
	<b>Cubierta:</b> Derribo de la anterior cubierta y realización de una nueva cubierta plana invertida no transitable para mejorar su aislamiento con el interior del edificio, colocando un aislamiento térmico con placas de poliestireno extruido de alta densidad de 4cm de grosor.
	<b>Suelo contacto terreno:</b> Levantado del pavimento y repicado del recrecido de mortero, para colocar un aislamiento térmico con placas de poliestireno extruido de alta densidad de 4 cm de grosor y posterior colocación del pavimento tipo terrazo.
	<b>Suelo contacto aire exterior:</b> Colocación de aislamiento térmico con placas de poliestireno extruido de 4 cm de grosor mediante fijación mecánica y posterior colocación del pavimento tipo terrazo
Iluminación	<b>Eficiencia energética del alumbrado:</b> Sustitución de las luminarias, lámparas y equipos auxiliares (balastos), así como dotarlos de sistema de regulación mediante fotocélula para un aprovechamiento de aportación luz natural, mejorando su eficiencia.
Fuerza	Colocar regletas base de enchufe, en los ordenadores con dispositivo de apagado para facilitar su desconexión a la red por los trabajadores.
Climatización	Substitución de una de las bombas de calor por su menor rendimiento, y así optimizar el consumo de las mismas.

**Tabla 1 Ámbitos de estudio y conjunto de propuestas para una eficiencia energética**

### 7.1.1 Parte semitransparente

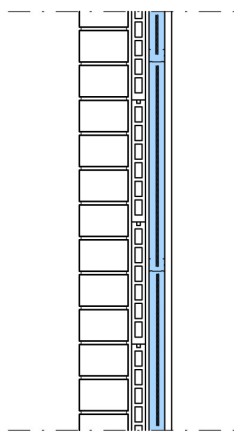
La propuesta realizada es la substitución de las ventanas y puertas existentes con parte semitransparente, por encontrarse la madera en mal estado, creando juntas entre si y el muro no siendo eficiente en su comportamiento estanco de cerramiento y los vidrios por ser simples monolíticos de 4mm de espesor que provocan que se aumente considerablemente la transmitancia térmica del conjunto de cerramiento semitransparente hasta valores ineficientes. Por esto se cambian las ventanas por otras de madera, es decir con misma transmitancia térmica, pero en perfecto estado y con junta de goma alrededor de sus hojas para mejorar la estanqueidad en su cerramiento y el vidrio pasa a ser uno doble de baja emisividad de composición 4/8/4, que hace que pase de  $5,74\text{W/m}^2\text{K}$  a  $2,1\text{W/m}^2\text{K}$ . Con este cambio las transmitancias térmicas de los huecos pasan a ser de una media de  $2,13\text{W/m}^2\text{K}$ , haciendo que cumpla incluso en los huecos de la fachada más desfavorable, que como es de esperar es la orientación Norte, que en nuestro caso climático es  $2,9\text{W/m}^2\text{K}$  que dispone el DB HE1 del CTE. Lo que genera un ahorro de energético



anual de 2780 kWh. Todos los residuos generados serán debidamente gestionados por el instalador según la normativa estatal de gestión de residuos de construcción y demolición RD 105/2008, de 1 de febrero.

### 7.1.2 Muros de Fachada

La propuesta realizada es la de aislamiento térmico en la parte interior del edificio mediante planchas de poliestireno expandido EPS según UNE-EN 13163, de 40 mm de grueso, de 100 kPa de tensión a la compresión y de 0.029 mK/W de conductividad térmica con caras lisas y cantos lisos y posteriormente la realización de un trasdosado auto portante de placa de yeso laminado formado por estructura sencilla con perfiles de acero galvanizado con un grueso total de 63 mm con montantes cada 600 mm de 48 mm de ancho con 1 placa estándar de 15 mm de espesor y canales de 48 mm de ancho fijadas mecánicamente, así como el posterior acabado de pintura. Esta nueva composición de fachada pasa de 1,97W/m<sup>2</sup>K a 0,51W/m<sup>2</sup>K haciendo que cumpla con lo dispuesto por la norma que en nuestra zona climática es 0,73 W/m<sup>2</sup>K tal y como dispone el DB HE1 del CTE. Lo que genera un ahorro de energético anual de 3919 kWh. Así mismo, aquellos residuos que se generan serán gestionados y llevados a vertedero para su reciclaje por el instalador.



#### 1. ENVOLVENTE VERTICAL

##### (FACHADAS)

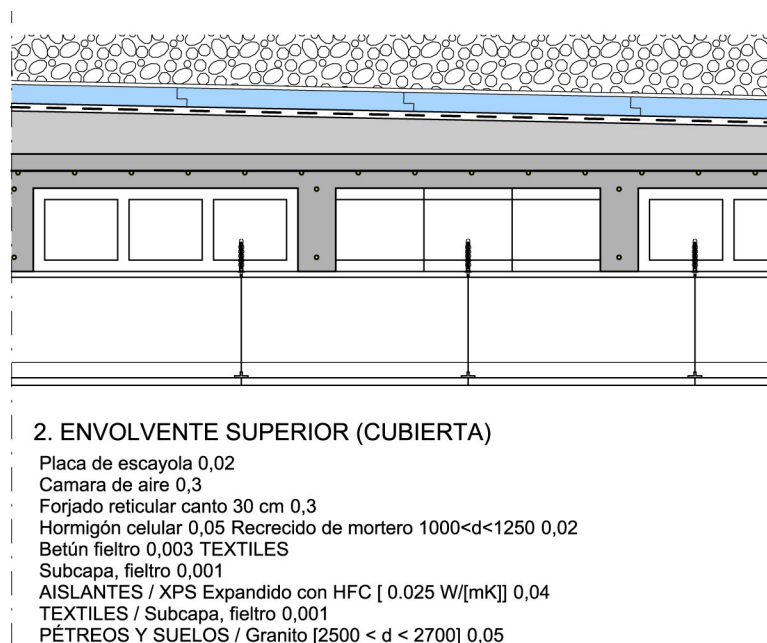
YESOS / Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900 0,015  
AISLANTES / EPS Poliestireno Expandido [ 0.029 W/[mK]] 0,04  
enlucido de yeso 600<d<900 0,01  
Fab. Ladrillo hueco sencillo 0,04  
Mortero revoco 1450<d<1600 0,01  
Fab. Ladrillo perforado cara vista 0,14

**Fig. 1 Detalle de composición final de la fachada una vez implantadas las propuestas de mejora**

### 7.1.3 Cubierta

La propuesta realizada es la de realizar un aislamiento térmico, para eso tenemos que hacer el repicado de la cubierta original mediante medios manuales, para poder realizar una cubierta invertida no transitable con pendientes de hormigón celular de 5cm de espesor medio, capa separadora, impermeabilización con una membrana de densidad superficial 3.8 kg/m<sup>2</sup> con lamina de betún modificado LBM (SBS)-40-FP de 160 g/m<sup>2</sup>, aislamiento realizado con placas de poliestireno extruido (XPS) UNE-EN 13164 de 40 mm, y con resistencia a la compresión  $\geq$  300kPa, y de 0,25mK/W de conductividad térmica con superficie lisa y cantos de media madera (en L), capa separadora con geotextil y acabado de protección de grava de río 20/40. Esta nueva composición de cubierta pasa de 1,04W/m<sup>2</sup>K a 0,40W/m<sup>2</sup>K haciendo que cumpla con lo dispuesto por la norma que en nuestra zona climática es 0,41W/m<sup>2</sup>K tal y como dispone el DB

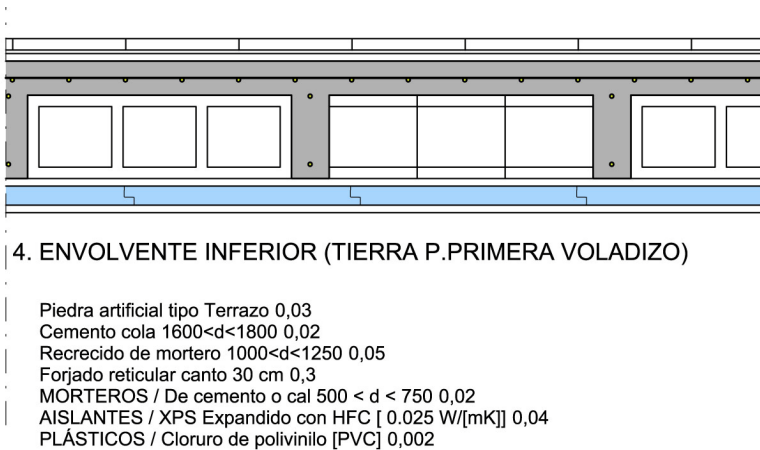
HE1 del CTE. Lo que genera un ahorro de energético anual de 2008 kWh. Así mismo, aquellos residuos que se generan serán gestionados y llevados a vertedero para su reciclaje por la empresa de derribos.



**Fig. 2 Detalle de composición final de la cubierta una vez implantadas las propuestas de mejora**

#### 7.1.4 Suelo contacto aire exterior

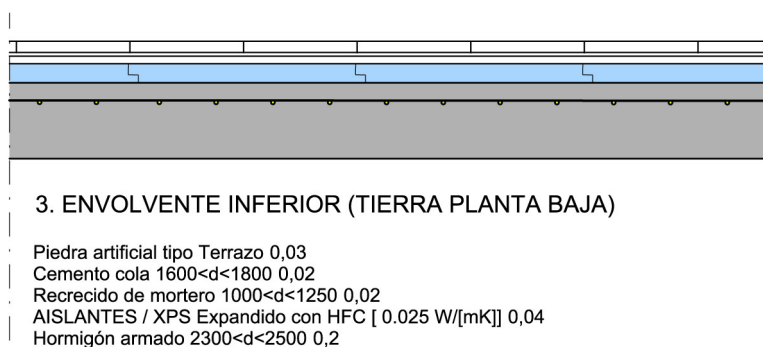
La propuesta realizada es la de aislamiento térmico mediante la colocación de placas de poliestireno extruido (XPS) UNE-EN 13164 de 40 mm, y con resistencia a la compresión  $\geq 100$  kPa, y de 0,25 mK/W de conductividad térmica con superficie lisa y cantos machihembrados para su correcta colocación mediante tornillería y arandelas de sujeción, para posteriormente realizar un falso techo de PVC de lamas horizontales de 9 cm de ancho y de 2 mm de espesor, mediante fijación mecánica al techo, en esta partida se encuentran incluidas las piezas de remate, alquiler de andamios o otros elementos elevadores y la tornillería o pequeño material para su correcta colocación. Esta nueva composición de suelo en contacto con aire exterior pasa de 1,75 W/m<sup>2</sup>°K a 0,46 W/m<sup>2</sup>°K haciendo que cumpla con lo dispuesto por la norma que en nuestra zona climática es 0,5 W/m<sup>2</sup>°K tal y como dispone el DB HE1 del CTE. Lo que genera un ahorro de energético anual de 1602 kWh. Así mismo, aquellos residuos que se generan serán gestionados y llevados a vertedero para su reciclaje por el instalador.



**Fig. 3 Detalle de composición final del suelo en contacto aire exterior una vez implantadas las propuestas de mejora**

### 7.1.5 Suelo contacto terreno

La propuesta realizada es la de realizar un aislamiento térmico en el suelo y mediante el levantamiento de pavimento tipo terrazo de 30x30cm y el repicado de 5cm de recrecido de morteros, para la colocación de aislamiento realizado con placas de poliestireno extruido (XPS) UNE-EN 13164 de 40 mm, y con resistencia a la compresión  $\geq 300$ kPa, y de 0,25mK/W de conductividad térmica con superficie lisa y cantos de media madera (en L), para posteriormente realizar un recrecido de 2cm, y colocación del pavimento terrazo con 2cm de cemento cola. Esta nueva composición de suelo en contacto con el terreno pasa de 1,18W/m<sup>2</sup>K a 0,50W/m<sup>2</sup>K haciendo que cumpla con lo dispuesto por la norma que en nuestra zona climática es 0,5W/m<sup>2</sup>K tal y como dispone el DB HE1 del CTE. Lo que genera un ahorro de energético anual de 1892 kWh. Así mismo, aquellos residuos que se generan serán gestionados y llevados a vertedero para su reciclaje por la empresa de derribos. No se ha contemplado el levantamiento de los aseos, por su sobrecoste que llevaría al estar en buen estado dichas instalaciones.



**Fig. 4 Detalle de composición final del suelo en contacto con el terreno una vez implantadas las propuestas de mejora**

### 7.1.6 Iluminación

La propuesta realizada es la de mejorar la eficiencia energética mediante la ayuda del programa DIALux<sup>®</sup>. Las hojas de cálculo generadas por el programa se adjuntan en el anexo. En la siguiente tabla hemos hecho una comparación entre las luminarias propuestas y su consumo, y el máximo de potencia eficiente calculada según los parámetros VEEI del DB HE3 del CTE en los diferentes espacios.

Codigo Espacio	Uso	Potencia instalada eficiente (W)	Potencia propuesta eficiente (W)	Potencia eficiente máxima(W)
nº. 01	Recepción	3*78+2*5	244	246,225
nº. 02	Armario limpieza	1+5	5	4,62
nº. 03	Servicio 1	1*25	25	15,1725
nº. 04	Oficina 1	4*32+3*5	143	161
nº. 05	Office	2*54	108	144,9
nº. 06	Baños Personal	2*36	72	74,865
nº. 07	Archivo	2*36	72	80,5
nº. 08	Oficina 2	3*64+3*5	207	289,8
nº. 09	Escalera	1*12	12	13,755
nº. 10	Sala de Juntas	4*78	312	378
nº. 10 bis	Servicio 2	1*25	25	15,1725
nº. 11	Sala de espera 1	3*32+1*12	108	137,865
nº. 12	Sala de espera 2	2*32	64	69,615
nº. 13	Despacho nº 1	2*64+1*5	133	181,125
nº. 14	Pasillo	2*32	64	80,535
nº. 15	Despacho nº 2	2*64+1*5	133	181,125
nº. 15 bis	Servicio 3	1*25	25	11,445
nº. 16	Servicio 4	1*25	25	10,605
nº. 17	Servicio 5	1*25	25	12,2325
nº. 18	Pasillo servicio	1*25	25	6,5625
nº. 19	Oficina 3	5*64+5*5	345	472,85
nº. 20	Sala reuniones	1*64	64	131,6

**Tabla 2 Cálculo de la potencia propuesta eficiente y comparación con la potencia máxima eficiente calculada a través de los valores VEEI del DB HE3 del CTE**

Podemos apreciar que tan solo no se cumple con la potencia eficiente máxima conseguida por el Valor de Eficiencia Energética de la Iluminación (VEEI), en los aseos y pasillo aseos debido a su poca superficie en relación a los Lux recomendados.

Uso	Uds.	modelo luminaria nueva
Recepción	3	Philips X-tendolight TCS398 H1L WH C6-H 2xTL5-35W/830
Armario limpieza		
Servicio 1	1	Philips Trilogy 170 FBS170 C-60FR 1xPL-C/2P18W/830
Oficina 1	4	Philips X-tendolight TCS398 H1L WH C6-H 2xTL5-28W/830
Office	2	Philips X-tendolight TCS398 WH M2 1xTL5-49W/830
Baños Personal	2	Philips TCW 079/179/279 TCW279 HS 1xTL-D36W/830
Archivo	2	Philips Centura TCS098 C3 1xTL-D36W/830
Oficina 2	3	Philips X-tendolight TCS398 H1L WH C6-H 2xTL5-28W/830
Escalera		
Sala de Juntas	4	Philips X-tendolight TCS398 H1L WH C6-H 2xTL5-35W/830
Servicio 2	1	Philips Trilogy 170 FBS170 C-60FR 1xPL-C/2P18W/830
Sala de espera 1	3	Philips X-tendolight TCS398 WH C6 1xTL5-28W/830
Sala de espera 2	2	Philips X-tendolight TCS398 WH C6 1xTL5-28W/830
Despacho nº 1	2	Philips X-tendolight TCS398 H1L WH C6-H 2xTL5-28W/830
Pasillo	2	Philips X-tendolight TCS398 WH C6 1xTL5-28W/830
Despacho nº 2	2	Philips X-tendolight TCS398 H1L WH C6-H 2xTL5-28W/830
Servicio 3	1	Philips Trilogy 170 FBS170 C-60FR 1xPL-C/2P18W/830
Servicio 4	1	Philips Trilogy 170 FBS170 C-60FR 1xPL-C/2P18W/830
Servicio 5	1	Philips Trilogy 170 FBS170 C-60FR 1xPL-C/2P18W/830
Pasillo servicio	1	Philips Trilogy 170 FBS170 C-60FR 1xPL-C/2P18W/830
Oficina 3	5	Philips X-tendolight TCS398 H1L WH C6-H 2xTL5-28W/830

Sala reuniones	1	Philips X-tendolight TCS398 H1L WH C6-H 2xTL5-28W/830
----------------	---	---

**Tabla 3 número y tipo de luminarias propuestas con su marca, modelo y composición**

Las siglas de los diferentes tipos de luminaria se refieren a la composición de la misma, por ejemplo la luminaria Philips X-tendolight TCS398 WH C6 1xTL5-28W/830 dice marca (Philips), modelo (modelo), código modelo (TCS398), color (WH= blanco, del inglés White), al tipo de balasto o equipo auxiliar que incluye (H1L) y al tipo de óptica, que es material semitransparente o refractario que es capaz de modificar las características lumínicas de la lámpara, (C6), numero de lámparas y tipo que incluye la luminaria, así como su consumo y gama de color emitida ( 1xTL5-28W/830).

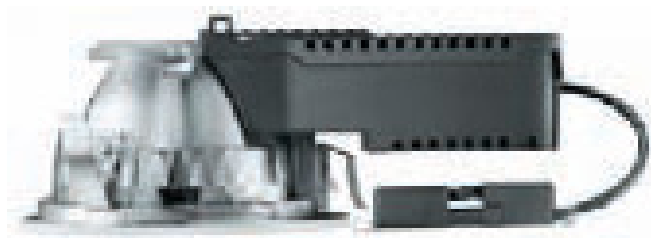
Estas son las imágenes de los diferentes modelos de luminarias y lámparas a colocar.



**Fig. 5 luminaria X-tendolight**



**Fig. 6 lámpara Softone ESaver 5W 12W**



**Fig. 7 Trilogy (downlight) (downlight)**



**Fig. 8 Centura**

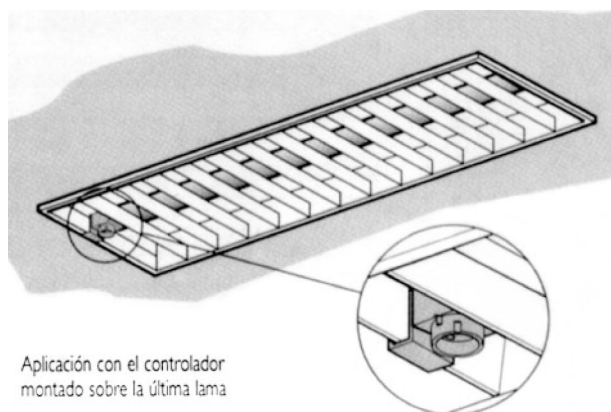
Uso	Uds.	modelo lampara apoyo nueva
Recepción	2	Softone ESaver 5W WW E27 230-240V T60 1PF
Armario limpieza	1	Softone ESaver 5W WW E27 230-240V T60 1PF
Servicio 1		
Oficina 1	3	Softone ESaver 5W WW E27 230-240V T60 1PF
Office		
Baños Personal		
Archivo		
Oficina 2	3	Softone ESaver 5W WW E27 230-240V T60 1PF
Escalera	1	Softone ESaver12W WW E27 230-240V T60 1PF
Sala de Juntas		
Servicio 2		
Sala de espera 1	1	Softone ESaver 12W WW E27 230-240V T60 1PF
Sala de espera 2		
Despacho nº 1	1	Softone ESaver 5W WW E27 230-240V T60 1PF
Pasillo		
Despacho nº 2	1	Softone ESaver 5W WW E27 230-240V T60 1PF
Servicio 3		
Servicio 4		
Servicio 5		
Pasillo servicio		
Oficina 3	5	Softone ESaver 5W WW E27 230-240V T60 1PF
Sala reuniones		

**Tabla 4 número y tipo de lámparas a colocar luz de apoyo, escalera y armario limpieza**

Además, se propone por tanto instalar una fotocélula que nos permita realizar una regulación durante el tiempo que, bien por la juventud del sistema o bien por la contribución de luz natural, sobrepasemos el nivel de 500 lux establecidos para esta oficina.

En combinación con un balasto de regulación, la fotocélula añade la capacidad de regulación automática de luminarias en función de la luz solar.

Se instala en la lámpara con un clip especial, sin la necesidad de cableado adicional, por lo que es ideal en instalaciones de reformas, como se puede apreciar en la imagen.



**Fig. 9 Detalle colocación de fotocélula en luminaria**

Puede regular hasta 20 balastos electrónicos regulables y el punto de ajuste de sensibilidad se regula por medio de un diafragma giratorio, por mediante el cual podemos ajustar la iluminancia necesario que en el caso de oficinas es de 500lux, así optimizará su uso teniendo en cuenta la aportación realizada por la luz natural.

Otra propuesta, a tener en consideración, es la de colocar unos pulsadores temporizadores o interruptores temporales en los servicios y pasillo servicios en lugar de los sencillos existentes, pues debido a su poco lapso de uso, es una buena forma de controlar posibles derroches al olvidarse el usuario de apagar la luz del mismo espacio, ya que estudios aseguran que más de un 40% de los usuarios lo hacen, es por este motivo, que para que los cálculos teóricos no tengan desviaciones inesperadas proponemos dicha mejora, no por su potencial en su ahorro energético, sino, por controlar dicho consumo no provocando desviaciones no estimadas.

En el mercado se disponen de interruptores temporizadores programables, que van en el mismo mecanismo de luz, es decir que lo único a realizar es cambiar el mecanismo, entiéndase como mecanismo del interruptor la base empotrable (o no) del mismo que hace interrumpir o establecer un circuito, a la que está conectado. Para eso es necesario haberlo programado previamente en un intervalo a escoger entre 30s y 10 min aprox. Y en nuestro caso lo programaremos a 2 min por ser la media de uso de los servicios.



**Fig. 10 interruptor con temporizador programable**



Estas medidas permiten disminuir los consumos de iluminación, y al mismo tiempo también influye en la demandas energética, disminuyendo las aportaciones internas debidas a su menor consumo. De esta manera se obtiene un ahorro energético anual de 6371 kWh.

### 7.1.7 Fuerza

La propuesta es la de colocar unas regletas de base de enchufes con interruptor homologado para cada puesto de trabajo a fin de intentar facilitar, el apagado de los ordenadores el fin de semana y se prevé que solo un 10% de los trabajadores realizara esta acción. De esta medida se obtiene un ahorro energético anual de 111 kWh.

### 7.1.8 Climatización

Se propone cambiar la bomba de calor de menor rendimiento por una nueva de la marca Carrier modelo “Teide Plus” 40DMC060 maquina interior y 38YY-060G9 de capacidad frigorífica de 13,77 kW y de capacidad calorífica de 20,9 kW, de características similares a la anterior, ya que sino de lo contrario sería necesario re estudiar la climatización y quizás tener que modificar la red de conductos. Este cambio va a provocar un ahorro energético anual de 1231 kW.

## 7.2 Calculo ahorro económico

Para poder calcular el ahorro económico que se produce del energético es necesario saber el precio del kWh, en nuestro caso al tener contratados 25 kW de potencia la tarifa media en 2009 es de 0,095576 y el incremento que hubo de 2008 a 2009 fue del 2,8%. Aunque no se puede estimar con seguridad la variación de los precios en el futuro tomamos como bueno un incremento de un 2% obtenemos los precios para los próximos 30 años.

nº años	Precio del kWh (€/kWh)	nº años	Precio del kWh (€/kWh)
1	0,095576	16	0,1286327
2	0,0974875	17	0,1312054
3	0,0994373	18	0,1338295
4	0,101426	19	0,1365061
5	0,1034545	20	0,1392362
6	0,1055236	21	0,1420209
7	0,1076341	22	0,1448613
8	0,1097868	23	0,1477586
9	0,1119825	24	0,1507137
10	0,1142222	25	0,153728
11	0,1165066	26	0,1568026
12	0,1188367	27	0,1599386
13	0,1212135	28	0,1631374
14	0,1236377	29	0,1664001
15	0,1261105	30	0,1697281

Tabla 5 cálculo del incremento de la tarifa de kWh a lo largo de 30 años

propuesta	Ahorro energético anual (kWh/año)
Cambio de carpintería exterior	2780
Aislamiento fachada exterior	3919
Aislamiento cubierta	2008
Aislamiento suelo con aire exterior	1603
Aislamiento suelo contacto terreno	1892
cambio de luminarias, lámparas, balastos	6372
Cambio de una bomba de calor	1231
Colocar regletas con interruptor	111

**Tabla 6 cálculo del ahorro energético generado en un año por cada una de las propuestas**

### 7.3 Calculo ahorro emisiones de CO<sub>2</sub>

Según un estudio de WWF-AENA del observatorio de la electricidad realizado en junio de 2008 se emiten a la atmosfera 0,225kg de emisiones de CO<sub>2</sub> por kWh generado. De esta manera se calculan los ahorros en emisiones de CO<sub>2</sub> por las mejoras propuestas anuales.

propuesta	Ahorro energético anual (kWh/año)	Ahorro de emisiones de CO <sub>2</sub> (kg/año)
Cambio de carpintería exterior	2780	625,57
Aislamiento fachada exterior	3919	881,88
Aislamiento cubierta	2008	451,80
Aislamiento suelo con aire exterior	1603	360,57
Aislamiento suelo contacto terreno	1892	425,73
cambio de luminarias, lámparas, balastos	6372	1433,59
Cambio de una bomba de calor	1231	277,08
Colocar regletas con interruptor	111	24,98

**Tabla 6 cálculo del ahorro de emisiones de CO<sub>2</sub> al año en función del ahorro energético anual de cada propuesta**

### 7.4 Cálculo inversión propuestas de mejora

Este cálculo esta realizado en el presupuesto que se encuentra en los anexos pero recogemos una tabla con los datos obtenidos.

propuesta	Ahorro energético anual (kWh/año)	inversión total euros
Cambio de carpintería exterior	2780	8040,21
Aislamiento fachada exterior	3919	5226,65
Aislamiento cubierta	2008	7955,15
Aislamiento suelo con aire exterior	1603	1157,39
Aislamiento suelo contacto terreno	1892	5960,42
cambio de luminarias, lámparas, balastos	6372	11353,34
Cambio de una bomba de calor	1231	3200,00
Colocar regletas con interruptor	111	51,00

Tabla 7 comparativa del ahorro energético anual de las propuestas por su inversión económica

## 7.5 Cálculos de los tiempos de reembolso

Los tiempos de reembolsos se calculan sumando año tras año los ahorros realizados y viendo cuando el total de los ahorros supera el precio de inversión, según el precio de kWh calculado al largo de los años.

	Cambio de carpintería exterior		
nº años	Precio del kWh (€/kWh)	ahorro financiero (€/año)	ahorro financiero total (€)
1	0,095576	265,730688	265,730688
2	0,09748752	271,045302	536,7759898
3	0,09943727	276,466208	813,2421976
4	0,10142602	281,995532	1095,23773
5	0,10345454	287,635443	1382,873172
6	0,10552363	293,388151	1676,261324
7	0,1076341	299,255914	1975,517238
8	0,10978678	305,241033	2280,758271
9	0,11198252	311,345853	2592,104124
10	0,11422217	317,57277	2909,676895
11	0,11650661	323,924226	3233,601121
12	0,11883674	330,40271	3564,003831
13	0,12121348	337,010765	3901,014596
14	0,12363775	343,75098	4244,765576
15	0,1261105	350,626	4595,391575
16	0,12863271	357,63852	4953,030095
17	0,13120537	364,79129	5317,821384
18	0,13382947	372,087116	5689,9085
19	0,13650606	379,528858	6069,437358
20	0,13923618	387,119435	6456,556793
21	0,14202091	394,861824	6851,418617
22	0,14486133	402,75906	7254,177677
23	0,14775855	410,814242	7664,991919
24	0,15071372	419,030526	8084,022445

Tabla 8 Cálculo del tiempo de reembolso de la inversión de carpintería exterior

	Aislamiento fachada exterior		
nº años	Precio del kWh (€/kWh)	ahorro financiero (€/año)	ahorro financiero total (€)
1	0,095576	374,606456	374,606456
2	0,09748752	382,098585	756,705041
3	0,09943727	389,740557	1146,4456
4	0,10142602	397,535368	1543,98097
5	0,10345454	405,486075	1949,46704
6	0,10552363	413,595797	2363,06284
7	0,1076341	421,867713	2784,93055
8	0,10978678	430,305067	3215,23562
9	0,11198252	438,911168	3654,14679
10	0,11422217	447,689392	4101,83618
11	0,11650661	456,64318	4558,47936
12	0,11883674	465,776043	5024,2554
13	0,12121348	475,091564	5499,34696

**Tabla 9 Cálculo del tiempo de reembolso de la inversión del aislamiento de fachada**

	Aislamiento cubierta		
nº años	Precio del kWh (€/kWh)	ahorro financiero (€/año)	ahorro financiero total (€)
1	0,095576	191,916608	191,916608
2	0,09748752	271,045302	462,9619098
3	0,09943727	276,466208	739,4281176
4	0,10142602	281,995532	1021,42365
5	0,10345454	287,635443	1309,059092
6	0,10552363	293,388151	1602,447244
7	0,1076341	299,255914	1901,703158
8	0,10978678	305,241033	2206,944191
9	0,11198252	311,345853	2518,290044
10	0,11422217	317,57277	2835,862815
11	0,11650661	323,924226	3159,787041
12	0,11883674	330,40271	3490,189751
13	0,12121348	337,010765	3827,200516
14	0,12363775	343,75098	4170,951496
15	0,1261105	350,626	4521,577495
16	0,12863271	357,63852	4879,216015
17	0,13120537	364,79129	5244,007304
18	0,13382947	372,087116	5616,09442
19	0,13650606	379,528858	5995,623278
20	0,13923618	387,119435	6382,742713
21	0,14202091	394,861824	6777,604537
22	0,14486133	402,75906	7180,363597
23	0,14775855	410,814242	7591,177839
24	0,15071372	419,030526	8010,208365

**Tabla 10 Cálculo del tiempo de reembolso de la inversión del aislamiento de cubierta**

	Aislamiento suelo con aire exterior		
nº años	Precio del kWh (€/kWh)	ahorro financiero (€/año)	ahorro financiero total (€)
1	0,095576	153,164216	153,164216
2	0,09748752	156,2275	309,391716
3	0,09943727	159,35205	468,743767
4	0,10142602	162,539091	631,282858
5	0,10345454	165,789873	797,072731
6	0,10552363	169,105671	966,178402
7	0,1076341	172,487784	1138,66619
8	0,10978678	175,93754	1314,60373

**Tabla 11 Cálculo del tiempo de reembolso de la inversión del aislamiento de suelo con aire exterior**

	Aislamiento suelo contacto terreno		
nº años	Precio del kWh (€/kWh)	ahorro financiero (€/año)	ahorro financiero total (€)
1	0,095576	180,844496	180,844496
2	0,09748752	184,461386	365,305882
3	0,09943727	188,150614	553,456496
4	0,10142602	191,913626	745,370121
5	0,10345454	195,751898	941,12202
6	0,10552363	199,666936	1140,78896
7	0,1076341	203,660275	1344,44923
8	0,10978678	207,733481	1552,18271
9	0,11198252	211,88815	1764,07086
10	0,11422217	216,125913	1980,19678
11	0,11650661	220,448432	2200,64521
12	0,11883674	224,8574	2425,50261
13	0,12121348	229,354548	2654,85716
14	0,12363775	233,941639	2888,79879
15	0,1261105	238,620472	3127,41927
16	0,12863271	243,392881	3370,81215
17	0,13120537	248,260739	3619,07289
18	0,13382947	253,225954	3872,29884
19	0,13650606	258,290473	4130,58931
20	0,13923618	263,456282	4394,0456
21	0,14202091	268,725408	4662,771
22	0,14486133	274,099916	4936,87092
23	0,14775855	279,581914	5216,45283
24	0,15071372	285,173553	5501,62639
25	0,153728	290,877024	5792,50341
26	0,15680256	296,694564	6089,19797

**Tabla 12 Cálculo del tiempo de reembolso de la inversión del aislamiento de suelo contacto terreno**

	Colocar regletas		
nº años	Precio del kWh (€/kWh)	ahorro financiero (€/año)	ahorro financiero total (€)
1	0,095576	10,608936	10,608936
2	0,09748752	10,8211147	21,43005072
3	0,09943727	11,037537	32,46758773
4	0,10142602	11,2582878	43,72587549
5	0,10345454	11,4834535	55,209329

**Tabla 13 Cálculo del tiempo de reembolso de la inversión de colocar regletas**

	cambio de luminarias, lamparas, balastos		
nº años	Precio del kWh (€/kWh)	ahorro financiero (€/año)	ahorro financiero total (€)
1	0,095576	608,964396	608,9643955
2	0,09748752	621,143683	1230,108079
3	0,09943727	633,566557	1863,674636
4	0,10142602	646,237888	2509,912524
5	0,10345454	659,162646	3169,07517
6	0,10552363	672,345899	3841,421069
7	0,1076341	685,792817	4527,213886
8	0,10978678	699,508673	5226,722559
9	0,11198252	713,498847	5940,221406
10	0,11422217	727,768824	6667,99023
11	0,11650661	742,3242	7410,31443
12	0,11883674	757,170684	8167,485114
13	0,12121348	772,314098	8939,799212
14	0,12363775	787,76038	9727,559592
15	0,1261105	803,515587	10531,07518
16	0,12863271	819,585899	11350,66108

**Tabla 14 Cálculo del tiempo de reembolso de la inversión de cambio de iluminación**

	Cambio de una bomba de calor		
nº años	Precio del kWh (€/kWh)	ahorro financiero (€/año)	ahorro financiero total (€)
1	0,095576	117,696551	117,696551
2	0,09748752	120,050482	237,747032
3	0,09943727	122,451491	360,198523
4	0,10142602	124,900521	485,099044
5	0,10345454	127,398531	612,497576
6	0,10552363	129,946502	742,444078
7	0,1076341	132,545432	874,98951
8	0,10978678	135,196341	1010,18585
9	0,11198252	137,900268	1148,08612
10	0,11422217	140,658273	1288,74439
11	0,11650661	143,471438	1432,21583
12	0,11883674	146,340867	1578,5567
13	0,12121348	149,267684	1727,82438
14	0,12363775	152,253038	1880,07742
15	0,1261105	155,298099	2035,37552
16	0,12863271	158,404061	2193,77958
17	0,13120537	161,572142	2355,35172
18	0,13382947	164,803585	2520,15531
19	0,13650606	168,099657	2688,25496
20	0,13923618	171,46165	2859,71661
21	0,14202091	174,890883	3034,6075
22	0,1448613	178,3887	3212,9962

**Tabla 15 Cálculo del tiempo de reembolso de la inversión de cambiar una maquina de aire**

En resumen obtenemos:

propuesta	tiempo de amortización en años
Cambio de carpintería exterior	24
Aislamiento fachada exterior	13
Aislamiento cubierta	24
Aislamiento suelo con aire exterior	8
Aislamiento suelo contacto terreno	26
cambio de luminarias, lámparas, balastos	16
Cambio de una bomba de calor	22
Colocar regletas	5

**Tabla 13 Cálculo del tiempo de reembolso de cada una de las propuestas en años**

Podemos observar que en varios casos los tiempos de reembolso superan la vida útil de los productos cambiados. Por ejemplo, para las ventanas en 24 años estarán muy degradadas volviendo a tener los mismos problemas estudiados en este proyecto de una mala estanqueidad, y por tanto dejará de ser eficiente en su cerramiento, pero también hay que prestar la atención en que esta mejora requería una inversión económica muy elevada, la segunda de todos los casos propuestos, y que por tanto hay que tener en consideración que el ahorro que se genera en global es mayor en comparación a otros, como es el

caso del aislamiento del suelo en contacto con el terreno, ya que su inversión es menor y tarda 2 años más que las ventanas en amortizarlos. Además, si optáramos por la renovación de las mismas podríamos recibir ayudas de la administración, como es el caso del “Pla renova’t de finestres 2010” que se puede llegar a optar a una ayuda máxima por beneficiario de 3000€, teniendo que cumplir una serie de requisitos que si que cumpliríamos, como la transmitancia térmica ya que la que exigen como mínimo 2,8 W/m<sup>2</sup>K al disponer de 2,13 W/m<sup>2</sup>K en las nuevas ventanas como se ha comentado anteriormente.

La propuesta que antes se amortiza es la de colocar las regletas, ya que es un coste ínfimo, en contra del ahorro que se genera, aunque cabe destacar que no estaría de más realizar un posterior estudio de modificar el cuadro eléctrico, a fin de poner algunos programadores que desactivaran las líneas automáticamente el fin de semana generando lo más seguro un gran ahorro.

La propuesta de cambio de bomba de calor podría ser descartable, ya que el tiempo de amortización de la misma es de 22 años, y la vida útil de la misma ya habrá terminado o bien su rendimiento será muy bajo y la cuantía en ahorro generado, comparada con las otras propuestas es de las más pobres,

En cambio, el cambio de luminarias y el aislamiento de fachada, son las que más ahorro anual generan y por tanto de las propuestas más eficientes a realizar y con un tiempo de amortización más o menos parecido, mientras la fachada seguirá siendo eficiente hasta que el aislamiento pierda sus características, en cambio, mucho antes de los 16 años de reembolso las lámparas llegaran al fin de su vida útil, y por tanto será necesario su renovación, pero igualmente el ahorro generado durante el ciclo de vida de las lámparas por esta propuesta habrá sido el mayor de todas, y por tanto podemos asegurar que no es tan primordial el amortizar en su totalidad la inversión, sino la magnitud de este ahorro generado en los años de vida útil de las lámparas (unos 2 años), además cabe destacar que al cabo de dos años el sistema de iluminación será correcto, solo necesitará la sustitución de las lámparas, una inversión mucho menor a la del cambio de todo el sistema de iluminación.



## 8 Conclusiones Finales: La buena gestión de la energía

La buena gestión de la energía, es sin duda, un buen negocio, pues una buena gestión energética es sinónimo de obtener los mejores resultados económicos posibles, debido al ahorro que esta produce, al optimizar su consumo.

En nuestro caso, tal y como hemos comentado en los diferentes puntos de estudio realizados en este proyecto, hay varios factores que hacían que este edificio no fuera eficiente energéticamente hablando, como era su envolvente térmica con las mejoras propuestas en el aislamiento de sus fachadas, cubierta, suelos, tanto en contacto con el terreno como en el aire exterior y cambiando sus cerramientos semitransparentes por unos con mejor transmitancia térmica y mas estanqueidad al aire.

Otro factor a destacar era el ineficiente sistema de alumbrado debido a su excesivo consumo en relación a la calidad lumínica generada, así mismo estos valores estaban muy por encima de los Valores Eficientemente Energéticos de la Iluminación (VEEI) que dispone el DB HE3.

propuesta	Ahorro energético anual (kWh/año)	Ahorro de emisiones de CO <sub>2</sub> (kg/año)	inversión total euros	tiempo de amortización en años
Cambio de carpintería exterior	2780	625,57	8040,21	24
Aislamiento fachada exterior	3919	881,88	5226,65	13
Aislamiento cubierta	2008	451,80	7955,15	24
Aislamiento suelo con aire exterior	1603	360,57	1157,39	8
Aislamiento suelo contacto terreno	1892	425,73	5960,42	26
cambio de luminarias, lámparas, balastos	6372	1433,59	11353,34	16
Colocar regletas con interruptor	111	24,98	51,00	5
<b>Total</b>	<b>18685</b>	<b>4204,12</b>	<b>39744,16</b>	<b>18</b>

Viendo la tabla de arriba se aprecia que el ahorro energético total por año será de 18 MWh y se evitarán la emisión de 4, 2 toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmosfera. También podremos observar que el tiempo de amortización de toda la inversión será de 18 años, dado a que las propuestas ya amortizadas siguen dando ahorro.

Pero cabe destacar que uno de los mas importante de todos ellos, es el de la conducta de los trabajadores, ya que cuando habíamos visto las puntas de consumo en electricidad tan desmesuradas generadas en invierno eran debidas al uso abusivo de los radiadores, por este motivo se va a plantear la realización de unas charlas para intentar sensibilizar a los trabajadores, diciéndoles la verdad, que son los factores más importantes en una buena gestión energética, ya que de ellos depende en gran parte que se haga un consumo responsable y eficiente de la energía. A parte otra manera de involucrarlos en las bases de ese consumo, sería involucrarlos directamente, exponiendo la creación de la figura de responsable de la gestión energética de la empresa, elegido entre y por los trabajadores.

## Bibliografía

- Código Técnico de la Edificación
- Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Oficinas Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía IDAE Madrid, marzo 2001
- Pla de Millora Energètica de Barcelona Ajuntament de Barcelona. Agència d'Energia de Barcelona.
- La Energía en España 2008 Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. I.S.B.N.: 978-84-96275-86-7
- Atlas de Radiació Solar a Catalunya. Edició 2000 ICAEN/UPB GENERALITAT DE CATALUNYA 2001
- Guía Técnica de Iluminación Eficiente. Sector Residencial y Terciario Comunidad de Madrid Depósito Legal: M-39.822-2006
- Manual del Código Técnico de la Edificación URSA Iberica Aislantes S.A. Febrero 2005
- Aislamiento térmico en la edificación- El cálculo de la demanda energética como herramienta de diseño 2005
- Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo. Real decreto 486/1997, 14 de Abril BOE nº 97 23 de Abril.