

## **Ingeniería Técnica Industrial: Especialidad Electrónica Industrial**

### **PROYECTO NUEVAS OFICINAS – INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y DE CLIMATIZACION**

#### **MEMORIA INTERMEDIA**

**FRANCISCO VALENZUELA DELGADO**  
**PONENTE: SALVADOR ALEPUZ**

VERANO 2020

## **Resum**

Aquest treball té com a objectiu el disseny de las instal·lacions elèctriques, d'enllumenat, de climatització i contra incendis d'unes noves oficines situades a Mataró. Pel seu disseny s'han estudiat las carregues elèctriques, les carregues tèrmiques, les necessitat lumíniques i les condicions per a obtenir un bon sistema contra incendis, per tal de dotar-les de seguretat i proporcionar un entorn de treball agradable. Com a resultat s'han dimensionat les instal·lacions elèctriques, s'ha establert un sistema amb bomba de calor, cassetes i recuperador de calor pel sistema de climatització, s'ha fet un sistema d'enllumenat òptim pel seu ús i un sistema de protecció contra incendis conforme a les necessitats de les oficines.

## **Resumen**

El presente trabajo tiene como objetivo diseñar las instalaciones eléctricas, de alumbrado, de clima y contraincendios de unas nuevas oficinas situadas en Mataró. Para su diseño se han estudiado las cargas eléctricas, las cargas térmicas, las necesidades lumínicas y las condiciones para un sistema contra incendios óptimos para dotarlas de seguridad y proporcionar un entorno de trabajo agradable, Como resultado se ha dimensionado las instalaciones eléctricas, se ha establecido un sistema mediante bomba de calor, cassetes y recuperador para el sistema de climatización., se ha dotado de un sistema de alumbrado óptimo para su uso y un sistema de protección contra incendios conforme a las necesidades de las oficinas.

## **Abstract**

The objective of this TFG is the design of the electrical, lighting, climate, fire system installations of a new offices located in Mataró. Thermal loads, lightning needs, electrical loads and other have been studied to provide a secure solution that provides a pleasant working environment. As a result, the electrical installation has been dimensioned, a climate solution with cassetes, heat pump and heat recovery, an optimal lighting system and a fire protection system according to the needs of the offices have been established. T

## Índice.

Índice de figuras .....	III
Índice de tablas .....	IV
Glosario de términos.....	VI
1. Objetivos.....	1
1.1. Propósito.....	1
1.2. Finalidad.....	1
1.3. Antecedentes. ....	1
1.4. Objeto.....	2
2. Alcance.....	3
3. Necesidades de información.....	4
3.1. Normativa.....	4
3.2. Guías técnicas.....	5
3.3. Manuales .....	5
4. Metodología.....	6
5. Descripción de las oficinas .....	7
6. Descripción de la instalación eléctrica. ....	8
7. Alumbrado .....	10
7.1. Alumbrado de emergencia .....	11
8. Climatización.....	13
8.1. Cargas térmicas .....	13
8.2. Cálculo de los coeficientes de transmitancia.....	14
8.3. Carga térmica de refrigeración (verano) .....	20
8.4. Carga térmica de calefacción (invierno) .....	24
8.5. Análisis resultado de las cargas térmicas .....	25
8.6. Cálculo del caudal de aire .....	27
8.7. Selección de la solución .....	29
9. Protección contra incendios.....	38
9.1. Sistema de detección y alarma. ....	38
9.2. Sistema de extinción de incendios .....	39
9.3. Sistema de control .....	40
10. Mecanismos .....	41

11.	Instalación de enlace.....	43
11.1.	Previsión de cargas .....	43
11.2.	Puesta a tierra .....	44
12.	Canalizaciones .....	45
13.	Cálculos de líneas .....	46
14.	Protecciones.....	52
14.1.	Sobre intensidades .....	52
14.2.	Contactos directos e indirectos .....	52
14.3.	Contra sobretensiones .....	52
14.4.	Armónicos.....	53
14.5.	Dispositivos.....	54
15.	Impacto medioambiental .....	57
16.	Propiedad intelectual .....	59
17.	Conclusiones.....	60
18.	Referencias .....	61

## Índice de figuras

<b>Figura 1.1:</b> distribución de la oficina.....	2
<b>Figura 4.1:</b> ilustración de la metodología.....	6
<b>Figura 6.1:</b> Funcionamiento de un dispositivo SAI online o de doble conversión.....	8
<b>Figura 7.1:</b> Señal de evacuación normalizada. ....	12
<b>Figura 8.1:</b> Valores de resistencias térmicas. ....	14
<b>Figura 8.2:</b> Datos climatológicos Barcelona (El Prat) .....	17
<b>Figura 8.3:</b> Diagrama Psicométrico humedad exterior. ....	19
<b>Figura 8.4:</b> Diagrama Psicométrico humedad interior. ....	20
<b>Figura 8.5:</b> Representación de las cargas térmicas. ....	25
<b>Figura 8.6:</b> Subdivisión por tipología de la carga térmica de refrigeración. ....	26
<b>Figura 8.7:</b> Distribución de la carga térmica de refrigeración. . ....	26
<b>Figura 8.8:</b> Funcionamiento de un sistema de aire acondicionado. . ....	29
<b>Figura 8.9:</b> Esquema de funcionamiento del sistema propuesto, extraído de guía técnica del IDEA.....	30
<b>Figura 9.1:</b> Pulsador manual de alarma contra incendios.....	38
<b>Figura 9.1:</b> Los dos tipos de extintores que se utilizarán.....	40
<b>Figura 11.1:</b> Esquema de un circuito de puesta a tierra proporcionado por la BT-18.....	44
<b>Figura 13.1:</b> Intensidades admisibles (A) al aire 40°C. N° de conductores con carga y naturaleza del aislamiento.....	46
<b>Figura 15.1:</b> Procedencia de energía eléctrica en 2019. Origen: EFE.....	57

## Índice de tablas

<b>Tabla 5.1:</b> Ocupación de las oficinas.....	7
<b>Tabla 7.1:</b> niveles lumínicos según norma UNE-EN-12461-1.....	10
<b>Tabla 8.1:</b> Valores de tramitación de los cerramientos de la cubierta.....	15
<b>Tabla 8.2:</b> Valores de tramitación de los cerramientos de la fachada.....	15
<b>Tabla 8.3:</b> Valores límites de transmitancia para nuevas construcciones.....	16
<b>Tabla 8.4:</b> Radiancia máxima invierno.....	17
<b>Tabla 8.5:</b> Radiancia máxima verano.....	17
<b>Tabla 8.6:</b> Valores de temperatura exterior a usar.....	18
<b>Tabla 8.7:</b> Valores recomendados de temperatura interior.....	18
<b>Tabla 8.8:</b> Valores de diferencia de temperatura.....	18
<b>Tabla 8.9:</b> Valores de diferencia de temperatura con los baños.....	18
<b>Tabla 8.10:</b> Consumo de los equipos y electrodomésticos.....	22
<b>Tabla 8.11:</b> Carga desprendida por una persona.....	23
<b>Tabla 8.12:</b> Caudal por el método indirecto.....	27
<b>Tabla 8.13:</b> Valores de calidad del aire.....	28
<b>Tabla 8.14:</b> Caudal por método directo por calidad del aire percibido.....	28
<b>Tabla 8.15:</b> Diferentes modelos de bombas de calor que lista LG en año 2019.....	31
<b>Tabla 8.16:</b> Cassetes extraídos de la tarifa de LG.....	32
<b>Tabla 8.17:</b> Lista de unidades interiores.....	32
<b>Tabla 8.18:</b> Precio de las unidades interiores.....	32

<b>Tabla 8.19:</b> recuperadores de Tecna.....	33
<b>Tabla 8.20:</b> Filtros y prefiltros según RITE.....	33
<b>Tabla 8.21:</b> Relaciones entre caudal y diámetro del conducto. ....	34
<b>Tabla 8.22:</b> Caudal en los conductos y diámetro .....	35
<b>Tabla 8.23:</b> Área de las rejillas.....	35
<b>Tabla 8.24:</b> Dimensiones rejillas de retorno.....	36
<b>Tabla 8.25:</b> Diámetro de las tuberías .....	37
<b>Tabla 8.26:</b> Dimensionamiento de las tuberías. ....	37
<b>Tabla 9.1:</b> clases de fuego.....	39
<b>Tabla 10.1:</b> Selección de mecanismos.....	42
<b>Tabla 11.1:</b> potencia prevista según el tipo de circuito de las instalaciones.....	43
<b>Tabla 13.1:</b> Cálculos de Intensidad. ....	48
<b>Tabla 13.2:</b> Cálculos caída de tensión. ....	50
<b>Tabla 14.1:</b> Resumen de PIA y diferenciales. ....	55

## Glosario de términos.

AT	Diferencia entre temperatura interior y exterior del recinto.
AW	Diferencia de humedad absoluta entre el interior y exterior del recinto.
$C_{\text{aire}}$	Calor específico del aire, cuyo valor es de 1012 J/kg°C
$C_{\text{persona}}$	Calor que desprende una persona.
CTE	Código Técnico de Edificación
DB	Documento básico
DB-SI	Documentó Básico de Seguridad en caso de Incendio
$E_m$	Iluminación media (o iluminancia)
IDAE	Instituto para la Diversificación Estatal de la Energía.
In	Intensidad nominal
ITC	Instrucción Técnica Complementaria. Se refiere a las 52 instrucciones del REBT.
LEDS	Diodo emisor de luz.
$P_{\text{aire}}$	Densidad del aire, cuyo valor es de 1,18 kg/m <sup>3</sup>
$Q_e$	Carga térmica producida por la utilización de equipo eléctrico.
$Q_i$	Carga térmica producida por infiltración de aire exterior.
$Q_p$	Carga térmica desprendida por una persona.
$Q_r$	Carga térmica producida por la radiación en ventanas u otras superficies acristaladas.
$Q_{te}$	Carga sensible por transmisión y radiación por cerramientos exteriores.
$Q_{ti}$	Carga sensible por transmisión y radiación por cerramientos interiores.
R	Radiación solar que atraviesa la superficie.

RA	Suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de las masas del edificio
REBT	Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
RIPCI	Reglamento de Instalaciones de Protección Contra incendios.
RITE	Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios.
S	Superficie del cerramiento que se está evaluando.
TFG	Trabajo de fin de grado.
U	Transmitancia térmica de los cerramientos del recinto.
UGRL	Índice de deslumbramiento
UL	Tensión de contacto límite.
UNE	Una Norma Española: experimentales y estándares creados por los técnicos de la Asociación española de normalización
V	Caudal de aire infiltrado y de ventilación.



# 1. Objetivos

## 1.1. Propósito.

Diseñar las instalaciones eléctricas, de alumbrado, de climatización y de detección y extinción de incendios de un antiguo taller textil.

## 1.2. Finalidad

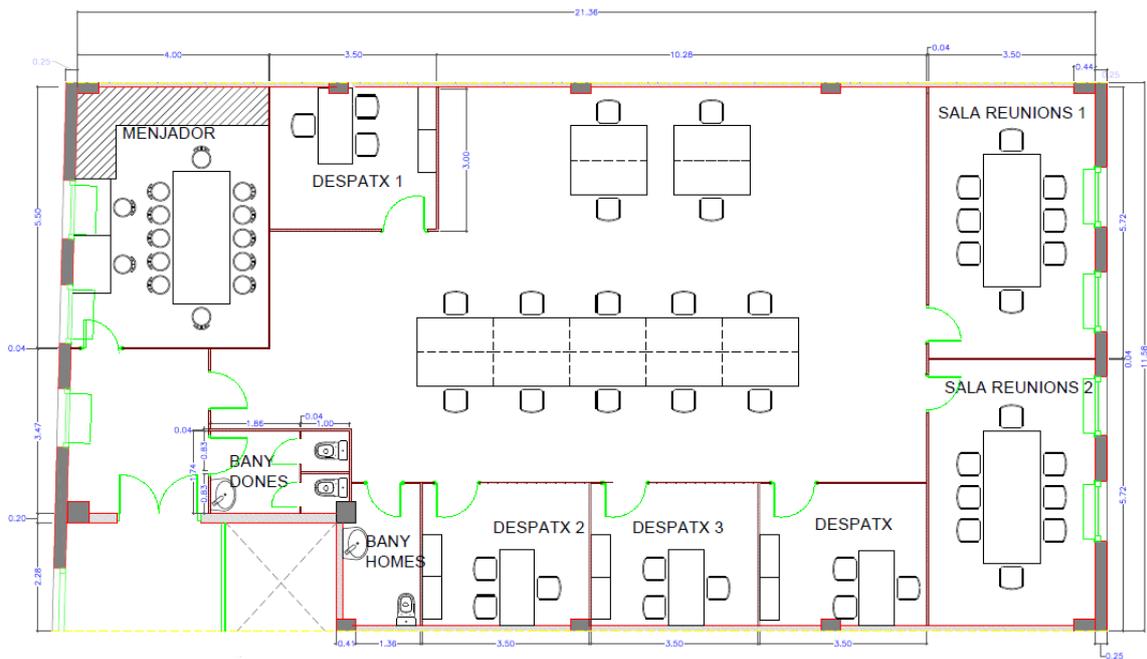
Adecuar las instalaciones del local para su nuevo uso como oficina técnico-administrativa de la empresa

## 1.3. Antecedentes.

La empresa es propietaria de un local de las dimensiones siguientes (21,23x11,25x4,5) m<sup>3</sup> que actualmente se hace servir como almacén, para acondicionarlo para su nueva función de oficinas se ha planteado una nueva distribución del espacio, derrumbando todas las paredes interiores existentes. Se proyectan los locales siguientes:

- Cuatro despachos de 10,5 m<sup>2</sup>
- Dos salas de reuniones y de formación de 20 m<sup>2</sup>
- Dos baños, un de 5 m<sup>2</sup> y otro de 5.31 m<sup>2</sup>
- Un comedor de 22 m<sup>2</sup>
- Una zona de trabajo tipo *colmena* de 120 m<sup>2</sup>

El grado de ocupación de las oficinas realizado para la realización de los cálculos es de 66 personas.



**Figura 1.1.:** distribución de la oficina.

## 1.4. Objeto.

Realizar el proyecto de ejecución de las instalaciones que entran en el alcance, del local adquirido por la empresa en el polígono “Pla d’En Boet” en la ciudad de Mataró., de tal manera que se obtenga un resultado satisfactorio tanto para la empresa, con la habilitación del espacio necesario, como para sus trabajadores, transformando el espacio en unas oficinas adecuadas para el desarrollo normal de las actividades.

La documentación tendrá que cumplir las diferentes normativas y reglamentos de carácter autonómico, estatal y europeo, tomando como referencia las guías técnicas correspondiente a cada tipo de instalación.

## 2. Alcance.

A partir de los antecedentes se comenzará la redacción del proyecto. El proyecto incluye los siguientes documentos:

Una memoria que contiene:

- Normativa aplicada.
- Descripción de la distribución definitiva de la oficina.
- Fundamentos teóricos, cálculos y dimensionamiento de:
  - Instalaciones eléctricas
  - Instalaciones de alumbrado
    - Convencional
    - Emergencias
  - Elementos de control
  - Instalaciones climatización
    - Ventilación
    - Térmicas
  - Instalaciones de protección contra incendios
- Presupuesto

Un documento de planos:

- Planos eléctricos.
- Planos mecanismos y voz y datos.
- Planos de alumbrado
- Planos de climatización
- Esquema unifilar.

La realización de la obra está fuera del alcance del presente proyecto.

### 3. Necesidades de información.

El campo de trabajo del TFG obliga a hacer un estudio sobre el abundante reglamento y normas existentes a nivel europeo, estatal y autonómico e incorporar-lo al proyecto, cumpliéndola durante el trabajo de diseño de las instalaciones definidas dentro de su alcance.

#### 3.1. Normativa

Tras realizar el estudio de la normativa se determina que las normas y reglamentos con mayor relación son los siguientes:

***Real Decreto 842/2002 Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT)***: de ámbito estatal establece un marco normativo e instrucciones complementarias a estas para el cumplimiento de unas condiciones técnicas y garantías para las instalaciones eléctricas de baja tensión, redactadas tanto para la protección de las personas como de las instalaciones.

***Norma Instalaciones Eléctricas en Edificios. UNE 20460-5-523.2004***: incluye la regulación de la instalación y selección de materiales eléctricos, además de las intensidades admisibles en sistemas de conducción de cables.

***Norma europea sobre iluminación interior (UNE 12464.1)***: de ámbito europeo y de aplicación obligatoria para los países miembros, establece, según la actividad general del edificio i la específica de las salas que lo conforman, unos niveles  $E_m$  (*iluminancia mantenida*),  $UGR$  (*límite de índice de deslumbramiento*) y  $R_a$  (*índice de rendimiento de colores*) para conseguir el confort visual en el trabajo con unas prestaciones visuales que permitan el desarrollo normal de las actividades y un grado adecuado de seguridad.

***Real Decreto 513/2017. Reglamentos de instalaciones de protección contra incendios. (RIPCI)***: de ámbito estatal, tiene como objetivo establecer los requisitos exigibles en el diseño, instalación, mantenimiento e inspección de las partes que forman parte de las instalaciones de protección activa contra incendios

***Reglamentos de instalaciones térmicas en los edificios (RITE)***: de ámbito estatal tiene como objetivo establecer los requisitos que deben de cumplir las instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria para conseguir un uso eficiente de la energía de los edificios.

## **3.2. Guías técnicas**

Para la aplicación práctica de los reglamentos y normas mencionados en el apartado 3.1 mencionadas se utilizarán las guías técnicas redactadas por entidades de confianza como las realizadas por el Ministerio de Industria para la aplicación de los reglamentos, pensadas para asistir en el trabajo de desarrollar un proyecto de diseño de las instalaciones de las características de la guía.

## **3.3. Manuales**

Durante el proyecto se prevé hacer uso de software para la realización de cálculos i la elaboración de planos; entre estos softwares están el dmELECT i/o Excel para la instalación eléctrica, el DIALUX para los cálculos lumínicos, AUTOCAD para los planos y PRESTO para los presupuestos.

En algunos de ellos, se tiene la formación necesaria para elaborar el presupuesto, en otros, como DiaLux habrá de dedicar una parte del tiempo del proyecto a formarse para conseguir las competencias necesarias mediante la lectura de manuales o guías realizadas por las compañías desarrolladoras u otros usuarios.

Para la selección de máquinas y materiales será necesario hacer una búsqueda y posterior selección entre los catálogos de distintos fabricantes. Se tendrán que valorar diferentes cualidades, como el precio o las características técnicas para escoger la mejor de las alternativas disponibles.

## 4. Metodologia

Se estableix una metodologia per a l'elaboració del projecte amb dos objectius clars, que sea clara y sencilla, permetent la resolució del problema eficientment, tal com mostra la figura 4.1. Per a fer-ho se divideix el projecte en etapes.

- **Confirmació de la distribució:** la empresa comunica la confirmació de la distribució a partir de la qual comença el projecte.
- **Determinar els objectius:** amb la distribució confirmada se revisen els objectius del anteprojecte segons ésta.
- **Estudi de reglaments manuals y bases teòriques:** consulta de documentació, se produirà durant lo llarg de tot el projecte.
- **Especificacions tècniques:** amb la informació y els objectius establerts se passa d'éstos a les especificacions tècniques.
- **Disseny de les instal·lacions:** se realitza el disseny de les instal·lacions que conformen el projecte, incluint càlculs y dimensionament.
- **Plans de les instal·lacions:** se elaboren els plans del projecte.
- **Pressupost:** se realitza el pressupost total del projecte.

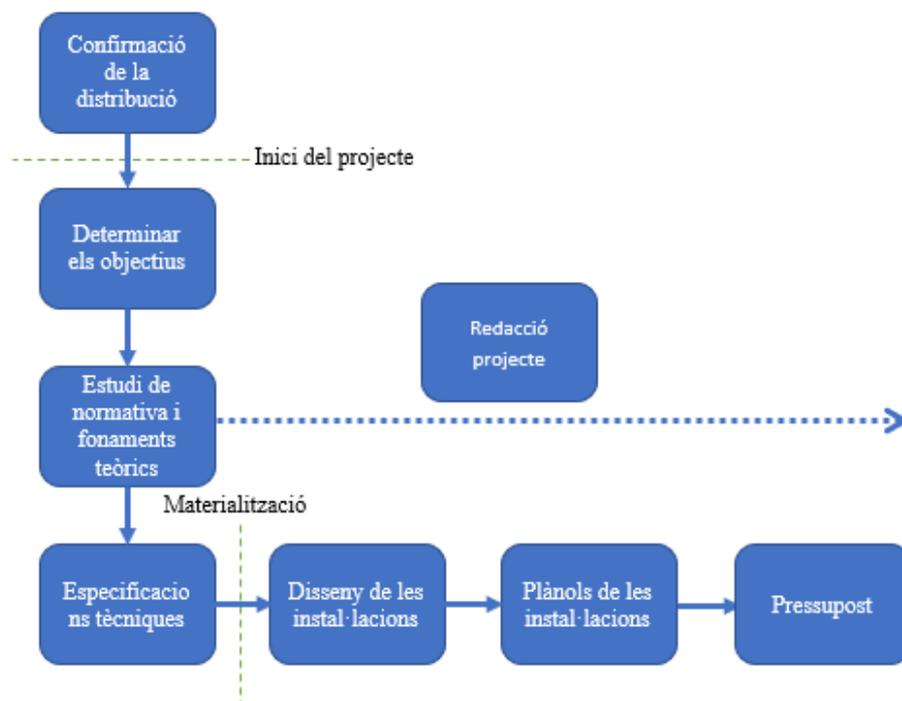


Figura 4.1: Il·lustració de la metodologia.

## 5. Descripción de las oficinas

El local está situado en el polígono industrial del Pla d'En Boet en la ciudad de Mataró. El edificio consta de tres plantas, siendo la última el emplazamiento de las oficinas.

La distribución del local es la siguiente:

- Un hall de 11 m<sup>2</sup>
- Cuatro despachos de 10,5 m<sup>2</sup>
- Dos salas de reunión y formación de 20 m<sup>2</sup>
- Dos baños, uno de 5 m<sup>2</sup> y otro de 5.31 m<sup>2</sup>
- Un comedor de 22 m<sup>2</sup>
- Una zona de trabajo tipo colmena de 120 m<sup>2</sup>
- Entrada de 11,47 m<sup>2</sup>

La ocupación estimada de las zonas es la siguiente:

Zona	Ocupación
Recepción	2
Comedor	12
Despacho 1	3
Despacho 2	3
Despacho 3	3
Despacho 4	3
Sala de reuniones 1	10
Sala de reuniones 2	10
Colmena	20

**Tabla 5.1:** Ocupación de las oficinas.

Las oficinas cuentan con un falso techo de 0,72 metros.

## 6. Descripción de la instalación eléctrica.

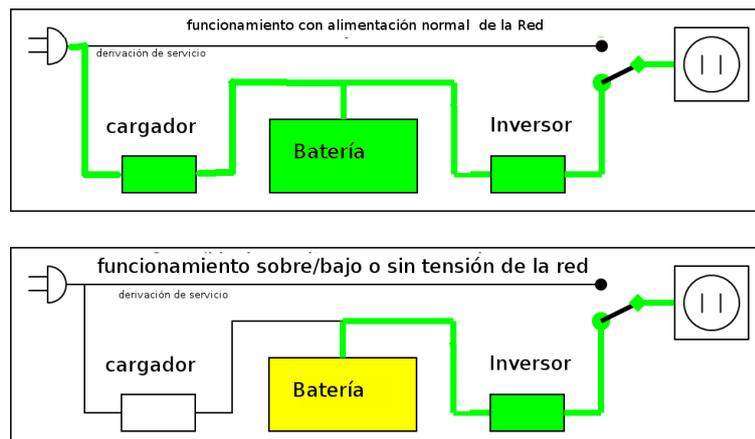
Se alimentará la instalación desde la red de distribución de energía eléctrica de la compañía suministradora que alimentará el cuadro general de distribución. El cuadro que alimentará las cargas de las oficinas será llamado a partir de ahora QGD-1 y será reformado.

Del QGD-1 colgarán los receptores que se detallarán a lo largo del documento, dividiéndolos según el espacio y usos. Estos receptores corresponderán al alumbrado convencional y de emergencia, las máquinas de climatización, los electrodomésticos del comedor y las tomas de corriente del resto del espacio, con el propósito de adoptar la “ITC-BT-38 sobre instalaciones en locales de pública concurrencia, las cuáles son de obligatorio cumplimiento al tratarse de un local de estas características.

Según el ITC-BT-38 se calcula la ocupación prevista como 1 persona por cada 0,8 m<sup>2</sup>. La oficina, descontando los metros ocupados por el hall y los dos baños supera el límite de 50 personas que establece la instrucción para ser considerado un local de pública concurrencia.

Por tal que, en caso de fallada puntual de la alimentación, se pueda seguir manteniendo el nivel de trabajo sin inconvenientes durante un tiempo mínimo se usará un subcuadro alimentado por un sistema de alimentación ininterrumpida (SAI), al que se llamará QGD-SAI. Éste alimentará los puestos de trabajo, las telecomunicaciones y las centrales de

Un sistema de alimentación ininterrumpida es un dispositivo que transforma la corriente alterna a corriente continua, de forma que la hace servir para alimentar la carga y almacenarla en la batería, descargándola por un inversor antes de alimentar los receptores. Los SAI online, ver figura 6.1, tienen la particularidad de proporcionar alimentación a través de la batería permanentemente, de esta manera se consigue cumplir el tiempo de corte inferior a los 0,5 segundos que marca el punto 2 y 3 de la ITC-BT-28.



**Figura 6.1:** Funcionamiento de un dispositivo SAI online o de doble conversión.

Finalmente tenemos los siguientes subcuadros.

- QGD-1: Cuadro general
- QGD-SAI: Alimentación para interrupciones de la alimentación.

Se pueden consultar las cargas de los cuadros en los esquemas 09.1 y 09.2 que corresponden al esquema unifilar de la instalación.

## 7. Alumbrado

Para conseguir una calidad de la iluminación que permita el desarrollo de las actividades previstas en el futuro se debe realizar un estudio previo que permita conseguir unos niveles óptimos.

Estos niveles son los descritos en la norma UNE-EN-12464-1 relativa a “Iluminación de los lugares de trabajos en interior”. Allí, según la tarea que se realice se recomienda un nivel de *Em*. [1] Para las tareas que se realizarán en las oficinas son los siguientes:

	Em (lux)	UGRL
Archivamiento, copias	300	19
Escritura, lectura y tratamiento de datos	500	19
Lugar de Trabajo CAD	500	19
Sala de conferencias y reuniones	500	19
Mostradores de recepción	300	22

**Tabla 7.1:** niveles lumínicos según norma UNE-EN-12461-1

Aunque ni la norma ni la guía técnica sobre eficiente energética en oficina habla sobre baños ni comedores se considerará que el valor mínimo a asumir será de 200 lux para los baños y 150 para el comedor. [2] Este nivel será considerado a 0,80 metros de altura en todos los locales de la oficina, ya que es la altura media de las mesas de trabajo, de acuerdo con la norma mencionada.

Para asegurar el cumplimiento de los requisitos establecidos se ha realizado un estudio lumínico con el software DiaLux, éste se puede consultar en los anexos. Siempre que sea posible se hará uso de lámparas de tipo LED. En concreto, se han usado los dos modelos siguientes de Philipps Light:

- CoreLine Panel RC132V W60L60 PSD 1 XLED 43S/8400C de 37 W para los despachos, salas de reuniones y colmena. x 31 unidades x **154 euros**
- CoreLine Panel RC132V W30L60 PSU 1 XLED 18S/8400C de 18 W para recepción, baños y comedor. x 16 unidades x **75,42 euros**

La potencia total consumida por el sistema de alumbrado convencional será por tanto de 1435 W.

El uso de la tecnología LED frente a los fluorescentes clásicos presenta las siguientes ventajas: Menor consumo energético.

- Al contrario que con los fluorescentes, el encendido es inmediato.
- Mayor vida útil.
- Menor emisión de calor.
- Normalmente disponen de mayor grado de seguridad IP y IK.

El uso de tecnología LED con los modelos de Philips indicados permitiría también utilizar el sistema DALI., un sistema maestro – esclavo comunicados a través de un bus desde las lámparas al controlador a una distancia menor de 300 m. Éstas luminarias se pueden agrupar y controlar su encendido y apagado o regular la luz emitida, siendo posible hacerlo de forma automática mediante el uso de sensores como detectores de presencia para detectar personas o sensores crepusculares para detectar la luz.

Esto será especialmente útil en zonas como baños o comedores, dónde la presencia de personas es eventual, o la sala de reuniones y formación dónde la regulación de la luz emitida permitirá un mejor desarrollo de las actividades.

Además del uso del sistema de regulación también se instalarán interruptores para el encendido del alumbrado, uno en cada local menos en la colmena dónde se instalarán dos, uno en cada extremo.

En cuanto a la seguridad del equipo ésta viene especificada tanto en la UNE-EN-12464-1 como en el CTE-DB-SU-4, cumpliéndose sus indicaciones, como la altura mínima de 2 metros o la incorporación de un sistema de regulación como el descrito anteriormente.

En capítulos posteriores se adjuntan los estudios lumínicos, la disposición del alumbrado y los esquemas eléctricos de la instalación dónde se incorpora también el alumbrado. Del cuadro QGD-SAI colgarán las unidades de alumbrado necesarias para marcar la ruta de evacuación.

## **7.1. Alumbrado de emergencia**

Con tal de garantizar que en caso de evacuación las personas que se encuentren trabajando sean capaces de realizarla con éxito sin sufrir ningún tipo de accidente se requiere que en el

local no queden huecos faltos de luz, para esto se hace necesario la instalación del alumbrado de emergencia en caso de que el convencional sufra un fallo de alimentación.

Teniendo en cuenta que ha definido al local objeto del proyecto como local de pública concurrencia según la ITC-BT-28, ésta misma define el alumbrado de emergencia como aquél que ilumina las vías de evacuación.

*“Se debe garantizar que las vías de evacuación de los locales de pública concurrencia estén siempre señalizadas e iluminadas cuando el local éste o pueda estar ocupado. Bien sea con alumbrado normal o con alumbrado de evacuación.”*

Como alumbrado de evacuación se utilizarán señales luminosas con tal de cumplir con la función de señalización mediante simbología normalizada.

Se iluminarán las vías de evacuación, los cuadros eléctricos y los instrumentos contraincendios que deban ser manipulados manualmente. En total se usarán 11 señales luminosas.



**Figura 7.1:** Señal de evacuación normalizada.

## 8. Climatización

### 8.1. Cargas térmicas

Al realizar el cálculo de las cargas térmicas se consideran las condiciones más desfavorables, en las que la instalación tendrá que trabajar a mayor potencia con el propósito de evitar su infra dimensionamiento. Así, al trabajar con el sistema de calefacción y refrigeración, se emplearán los datos de la estación meteorológica más próxima a la localización presente el RIPCI por su fiabilidad, que comparte condiciones climáticas similares con el emplazamiento de las oficinas.

Para la realización de los cálculos es necesario disponer de los siguientes datos:

- $U$  ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ): la transmitancia térmica de los cerramientos del recinto.
- $R$  ( $W/m^2$ ): radiación solar que atraviesa la superficie.
- $AT$  ( $^\circ C$ ): diferencia entre temperatura interior y exterior del recinto.
- $AW$ : diferencia de humedad absoluta entre el interior y exterior del recinto.
- $V$  ( $m^3/s$ ): el caudal de aire infiltrado y de ventilación.
- $C_{\text{persona}}$  (kcal/h): calor que desprende una persona.
- $S$  ( $m^2$ ): superficie del cerramiento que se está evaluando.
- $C_{\text{aire}}$ : el calor específico del aire, cuyo valor es de  $1012 J/kg^\circ C$
- $P_{\text{aire}}$ : la densidad del aire, cuyo valor es de  $1,18 kg/m^3$

Entre otros cuyo valor es ya conocido, como la superficie de muros, cubiertas, ventanas, potencia y número de lámparas.

Al realizar el cálculo de las cargas por transmisión interna sólo se tendrán que tener en cuenta aquellas que limiten con salas que están a una temperatura diferente a la cual se están realizando los cálculos, esto tan solo se producirá en aquellas que limiten con el baño, ya que las demás se mantendrán idealmente en la temperatura deseada marcada en los objetivos de este apartado.

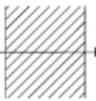
## 8.2. Cálculo de los coeficientes de transmitancia

Los cerramientos están formados por una serie de elementos de diferentes materiales, cada uno de ellos con una resistencia térmica diferente, que según se define en el CTE, al realizar su la inversa de la suma de éstas y las resistencias térmicas superficiales de interior y exterior, que vienen dadas por la zona climática donde se desarrolla el proyecto, se obtiene el valor de transmitancia térmica U.

$$U = \frac{1}{R_1 + R_2 + \dots + R_{n-1} + R_n + R_{si} + R_{se}} \quad (8.1)$$

A su vez, las resistencias térmicas de los materiales vienen dada por el producto de dos factores: el espesor del material (e) y la conductividad térmica ( $\lambda$ ).

Los valores de las resistencias térmicas se extraen de la tabla 1 del DB-HE. (Documento de Apoyo al Documento Básico de Ahorro de Energía) del código técnico de la edificación.

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor		R <sub>se</sub>	R <sub>si</sub>
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo Horizontal		0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente (Techo)		0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente (Suelo)		0,04	0,17

**Figura 8.1:** Valores de resistencias térmicas.

Para realizar los cálculos descritos se hará uso del programa CE3X, mediante el cual permite seleccionar los materiales de las diferentes capas del cerramiento y su espesor, lo que proporciona automáticamente el valor de la resistencia térmica del cerramiento. Además, en caso de no disponer de la información sobre los materiales y no tener forma de conseguirla, proporciona un valor estimado para ella, en ningún caso se hará uso de los valores por defecto, ya que habitualmente presentan un margen de error alto con el caso real.

### Transmitancia térmica cubierta

En la siguiente tabla se muestran los datos obtenidos mediante el programa CE3X al introducir la composición de materiales de la cubierta y su espesor.

Material	R (m <sup>2</sup> *k)	Espesor	λ (wmK)	ρ
Aluminio	0	0,02	230	2700
Lámina bituminosa	0,087	0,02	0,23	1100
PUR Inyección en tabiquería con dióxido de carbono CO <sub>2</sub>	1,875	0,075	0,04	17.5
Cámara de aire ligeramente ventilada horizontal 20 cm	0,18	-	-	-
MW Lana Mineral	0,494	0,02	0,0405	40
Placa de yeso laminado aislante	0,08	0,01	0,25	825

**Tabla 8.1:** Valores de tramitación de los cerramientos de la cubierta.

Los valores de la resistencia térmica superficial exterior ( $R_{se}$ ) y interior ( $R_{si}$ ) son 0.04 y 0,10 m<sup>2</sup>\*K/W respectivamente.

$$U_{cubierta} = \frac{1}{0.087 + 1.875 + 0.18 + 0.494 + 0.08 + 0.04 + 0.10} = 0.35$$

Sustituyendo en la ecuación 8.1, el valor de transmitancia de la cubierta es de **0.35 W/m<sup>2</sup>\*K**

#### Transmitancia térmica fachada

En la siguiente tabla se muestran los datos obtenidos mediante el programa CE3X al introducir la composición de materiales de la fachada y su espesor.

Material	R (m <sup>2</sup> *k)	Espesor	λ (wmK)	ρ
1/2 pie LP métrico o catalán	0,265	0,15	0,567	1020
Mortero de cemento	0,011	0,02	1,8	2100
Cámara de aire sin ventilación vertical	0,18	-	-	-
Tabicón de LH doble	1,157	0,5	0,432	930
Enlucido de yeso aislante	0,067	0,02	0,3	750

**Tabla 8.2:** Valores de tramitación de los cerramientos de la fachada

Los valores de la resistencia térmica superficial exterior ( $R_{se}$ ) y interior ( $R_{si}$ ) son 0.04 y 0,13 m<sup>2</sup>\*K/W respectivamente.

$$U_{fachada} = \frac{1}{0.0265 + 0.011 + 0.18 + 1.157 + 0.067 + 0.04 + 0.13} = 0.6205$$

Sustituyendo en la ecuación 8.1, el valor de transmitancia es de **0.62054W/m<sup>2</sup>\*K**

### Transmitancia térmica huecos

El valor de la transmitancia térmica de la ventana se obtiene a partir del valor proporcionado por el fabricante del vidrio de doble cristal Planitherm 4-12-4 [3] (*refiriéndose estos valores a grosor primera capa de vidrio – grosor cámara de aire – grosor segunda capa de vidrio*) de  $1,6 \text{ W/m}^2\text{*}^\circ\text{C}$  y el del marco de PVC cuya transmitancia térmica se estima en  $2 \text{ W/m}^2\text{*}^\circ\text{C}$ , siendo la transmitancia total del cerramiento, teniendo en cuenta que el PVC ocupa el 30% de la superficie, la siguiente:

$$U_{\text{ventana}} = (1 - 0.3) * 1.5 + 0.3 * 2 = \mathbf{1.405} \quad (8.2)$$

El valor de transmitancia de la ventana es de  **$1.72 \text{ W/m}^2\text{*K}$**

### Cumplimiento de valores límite de transmitancia

El CTE establece unos valores límites para la transmitancia en su tabla 2.2. A continuación se verificará su cumplimiento. Para la fachada establece un límite de  $0.73 \text{ W/m}^2\text{K}$ , para las cubiertas de  $0.41 \text{ W/m}^2\text{*k}$  y los huecos de  $3.4$  (para un porcentaje de 11 a 20% de huecos).

	Calculada	Límite
$U_{\text{cubierta}}$	0,41	0,35
$U_{\text{fachada}}$	0,73	0,62
$U_{\text{huecos}}$	1,72	3,4

**Tabla 8.3:** Valores límites de transmitancia para nuevas construcciones.

#### 8.2.1.

### **Cálculo de la radiancia**

Para el cálculo de la radiancia se emplea la herramienta PVGIS de la Comisión Europea, que, aunque enfocada para el diseño de instalaciones de plantas solares, nos permite saber su valor para diferentes meses del año, pudiendo ajustar la orientación y el ángulo deseado. [4]

Este valor presenta una variación estacionaria, para obtener un mejor resultado se hará una media entre los tres peores meses para cada uno de los periodos, invierno y verano. Los resultados obtenidos se presentan a continuación, para la orientación de las dos fachadas que se encuentran en contacto con el exterior.

W/m <sup>2</sup>	Diciembre	Enero	Febrero	Media
NE	51,55	52,93	70,2	<b>58,23</b>
SO	583	553	602	<b>579,33</b>

**Tabla 8.4:** Radiancia máxima invierno.

W/m <sup>2</sup>	Junio	Julio	Agosto	Media
NE	97	88	85	<b>90</b>
SO	583	562	610	<b>585</b>

**Tabla 8.5:** Radiancia máxima verano.

Se observa que la diferencia estacional no es muy pronunciada, aun así, se utilizaran valores diferentes para refrigeración y calefacción, tal y como se estableció anteriormente.

## Diferencia entre temperatura exterior e interior

8.2.2 Para definir la temperatura exterior se recurre a los datos proporcionados por la guía técnica de condiciones climáticas exteriores de proyecto, en la que se incluye la información recopilada en la estación meteorológica del aeropuerto de El Prat. [5]

Provincia	Estación		Indicativo				
Barcelona	Aeroport de Barcelona (El Prat)		0076				
<b>UBICACIÓN: AEROPUERTO</b>			<b>Nº DE OBSERVACIONES Y PERIODO</b>				
a.s.n.m. (m)	Lat.	Long.	T seca	Hum. relativa	T terreno	Rad	
6	41°17'49"	02°04'39"E	83.103	14.595			
<b>CONDICIONES PROYECTO CALEFACCIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÍNIMA)</b>							
TSMIN (°C)	TS <sub>99,6</sub> (°C)	TS <sub>99</sub> (°C)	OMDC (°C)	HUMcoín (%)	OMA (°C)		
-3,6	1,3	2,7	9,1	70,2	29,7		
<b>CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÁXIMA)</b>							
TSMAX (°C)	TS <sub>0,4</sub> (°C)	THC <sub>0,4</sub> (°C)	TS <sub>1</sub> (°C)	THC <sub>1</sub> (°C)	TS <sub>2</sub> (°C)	THC <sub>2</sub> (°C)	OMDR (°C)
37,3	31,0	24,8	30,0	24,6	28,9	24,1	9,2
<b>CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA HÚMEDA EXTERIOR MÁXIMA)</b>							
TH <sub>0,4</sub> (°C)	TSC <sub>0,4</sub> (°C)	TH <sub>1</sub> (°C)	TSC <sub>1</sub> (°C)	TH <sub>2</sub> (°C)	TSC <sub>2</sub> (°C)		
25,5	25,5	24,9	24,9	24,0	24,0		
<b>VALORES MEDIOS MENSUALES</b>							
Mes	TA (°C)	TASOL (°C)	GD <sub>15</sub> (°C)	GD <sub>20</sub>	GDR <sub>20</sub>	RADH(kWh/m <sup>2</sup> día)	TTERR (°C)
Enero	9,1	11,1	184	334	0		
Febrero	9,9	11,8	145	281	0		
Marzo	12,2	14,0	93	236	0		
Abril	14,4	16,0	48	169	2		
Mayo	17,8	19,1	11	83	15		
Junio	22,1	23,5	1	16	77		
Julio	24,4	25,7	0	3	130		
Agosto	24,9	26,2	0	3	140		
Septiembre	22,0	23,8	1	16	71		
Octubre	18,3	20,2	9	68	18		
Noviembre	12,8	14,9	82	201	1		
Diciembre	9,5	11,3	159	297	0		

Rosa de los vientos: velocidad media 3,42 m/s

**Figura 8.2:** Datos climatológicos Barcelona (El Prat)

Según este mismo documento el percentil que se debe de utilizar para el tipo de local sobre el que se trabaja son las que corresponden a las siguientes temperaturas:

	$T_e$ (°C)
Refrigeración	31
Calefacción	1,3

**Tabla 8.6:** Valores de temperatura exterior a usar.

Si se observa un histórico de las temperaturas medias mensuales mínimas y máximas de Mataró con servicios como el de Meteocat de la Generalitat para la ciudad de Mataró se comprueba que son similares, teniendo en cuenta que corresponden a un percentil.

La temperatura interior viene marcada por los objetivos del proyecto, siendo éstas las siguientes:

	$T_i$ (°C)
Verano	$24,5 \pm 1,5$
Invierno	$22 \pm 2,0$

**Tabla 8.7:** Valores recomendados de temperatura interior.

Con estos datos se puede calcular la diferencia de temperatura entre los cerramientos y el exterior.

	AT (°C)
Refrigeración	6,5
Calefacción	-20,7

**Tabla 8.8:** Valores de diferencia de temperatura.

También se deberá tener en cuenta la diferencia temperatura en aquellos recintos que colinden con los baños, ya que son la única zona no climatizada de las oficinas. A estos baños se les define como local sin climatizar asignándole las siguientes temperaturas, teniendo en consideración que los baños no están en contacto con el exterior más que por la cubierta, que será la media entre la temperatura interior y la temperatura exterior. [6]

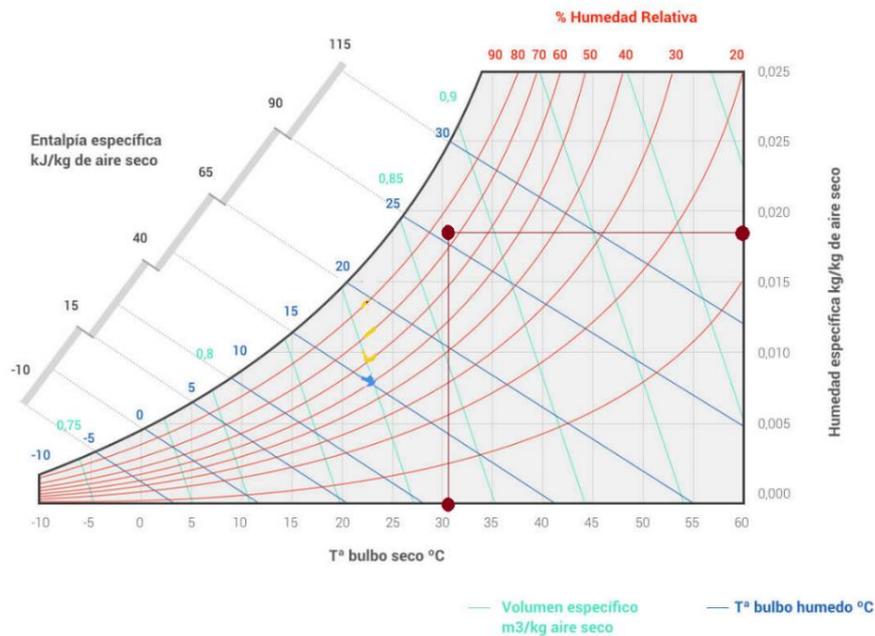
	$T_{\text{baños}}$ (°C)
Refrigeración	27,5
Calefacción	11,65

**Tabla 8.9:** Valores de diferencia de temperatura con los baños.

El resto de las salas se consideran que están a la misma temperatura, que corresponde a la deseada en el proyecto.

### Diferencia entre humedad absoluta exterior e interior

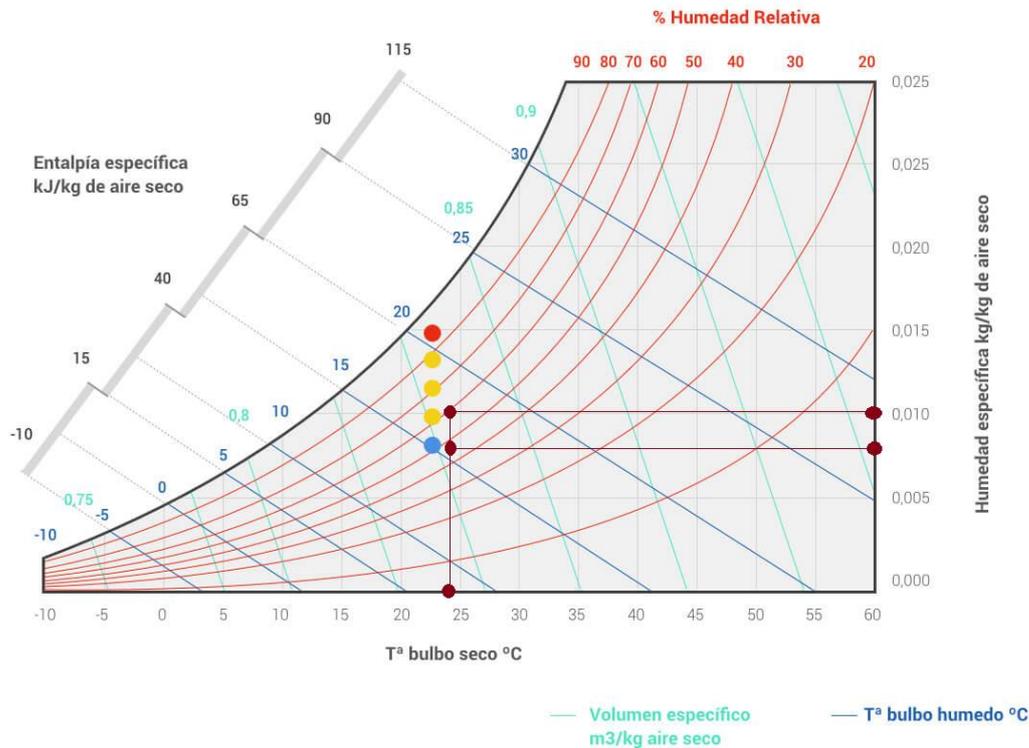
De la tabla de datos de la estación meteorológica de El Prat se puede conseguir la humedad relativa, que es de un 70,2 %. Con este dato y el de la temperatura seca que se obtuvo en el apartado anterior se consigue la humedad absoluta exterior mediante un Diagrama Psicométrico como el siguiente. [7]



**Figura 8.3:** Diagrama Psicométrico humedad exterior.

La humedad absoluta exterior es de 0.018.

Para determinar la humedad absoluta interior se recurre al RITE de nuevo, que proporciona un margen de entre el 45% y el 60% para un valor correcto de humedad relativa en verano.



**Figura 8.4:** Diagrama Psicrométrico humedad interior.

La humedad absoluta estará entre el 0.007 y el 0.100. Para los cálculos se realiza un promedio y se obtiene un valor del 0.0085.

La diferencia de humedad absoluta es de 0,0095.

### 8.3. Carga térmica de refrigeración (verano)

La carga térmica de refrigeración se obtiene con la siguiente formula:

$$Q_r = Q_s + Q_l \quad (8.3)$$

Donde  $Q_s$  es la carga térmica sensible y  $Q_l$  es la carga térmica latente, siendo el primero la necesaria para realizar un cambio en la temperatura y el segundo la que origina un aumento de la humedad absoluta. [8]

Las cargas térmicas sensibles, todas ellas expresadas en W, a tener en cuenta son:

- $Q_{te}$ : carga sensible por transmisión y radiación por cerramientos exteriores.
- $Q_{ti}$ : carga sensible por transmisión y radiación por cerramientos interiores.

- $Q_r$ : carga sensible producida por la radiación en ventanas u otras superficies acristaladas.
- $Q_i$ : carga sensible producida por infiltración de aire exterior.
- $Q_p$ : carga sensible desprendida por una persona.
- $Q_e$ : carga sensible producida por la utilización de equipo eléctrico.

Las cargas térmicas latentes, expresadas igualmente en W, a tener en consideración son:

- $Q_i$ : carga latente producida por infiltración de aire exterior.
- $Q_p$ : carga latente desprendida por una persona.

A continuación, se explica cómo se realizarán los cálculos de las cargas.

### **Carga sensible por transmisión y radiación por cerramientos exteriores**

#### **8.3.1.**

En el caso de las oficinas los únicos cerramientos en contacto con el exterior son la cubierta y la fachada noreste y sudoeste. El valor de la carga viene dado por la siguiente ecuación:

$$Q_{te} = U * S * (AT_{ext}) \quad (8.4)$$

#### **8.3.2.**

### **Carga sensible por transmisión y radiación por cerramientos interiores.**

En este caso la única diferencia de temperatura se produce en los cerramientos en contacto con los baños, por lo que solo se tendrán en cuenta los locales que limiten con éstos. El valor de la carga se define como:

#### **8.3.3.**

$$Q_{ti} = U * S * (AT_{int}) \quad (8.5)$$

### **Carga sensible producida por la radiación en ventanas u otras superficies acristaladas**

Producida por la radiación solar. Se ha de aplicar un factor de corrección para obtener un resultado óptimo. El valor de la carga viene dado por:

$$Q_r = S * R * F \quad (8.6)$$

El factor de corrección de sombras (F) se obtiene de la fórmula proporcionada por el DB-HE:

$$F = F_S * [(1 - FM) * g + FM * 0,04 * U_m * \alpha] \quad (8.7)$$

Siendo  $F_S$  que se aproxima a la unidad,  $FM$  la fracción del hueco que ocupa el marco de las ventanas,  $g$  el factor solar de la parte semitransparente,  $U_m$  la transmitancia térmica del marco,  $\alpha$  su absorptividad[8] y sustituyendo en (8.7)

$$F = 1 * [(1 - 0,3) * 0,43 + 0,43 * 0,04 * 2 * 0,96] = 0,33$$

### Carga sensible desprendida por equipos y electrodomésticos

Depende de la cantidad de equipos y su potencia, su cálculo se realizará de la siguiente manera, siendo  $e_x$  el equipo correspondiente y  $W_n$  su potencia.

$$Q_e = e_1 * W_1 + e_2 * W_2 + \dots + e_{(n-1)} * W_{(n-1)} + e_n * W_n \quad (8.8)$$

A continuación, se listan los equipos que se utilizaran y su potencia, la cual se estimará que se transformara completamente en calor sensible. Dependiendo del tipo de equipo y su ciclo de funcionamiento se tendrá en cuenta un coeficiente de simultaneidad.

	Equipo	Unidades	Potencia	Coeficiente	Calor
Despachos	Ordenador	1	220	1	165
	Luminaria 37 W	2	37	0,9	66,6
Salas Reuniones	Proyector	1	600	0,75	240
	Ordenador	4	220	0,75	660
	Luminaria 37 W	4	37	0,9	133,2
Comedor	Microondas	2	600	0,3	180
	Frigorífico	1	180	1	180
	Luminaria 18 W	9	18	0,9	145,8
Colmena	Ordenador	20	220	1	3300
	Impresora	1	750	0,5	375
	Luminaria 37 W	15	37	0,9	499,5

**Tabla 8.10:** Consumo de los equipos y electrodomésticos.

### Carga sensible y latente producida por infiltraciones de aire exterior

La carga viene dada por el volumen del aire infiltrado o de ventilación ( $V$ ), el calor específico del aire ( $C_e$ ), la densidad del aire ( $p$ ) y la diferencia de temperatura ( $AT$ ), en el caso de la carga sensible, o la diferencia de humedad ( $AW$ ), en el caso de la carga latente.

$$Q_i = V * p * C_{e\text{aire}} * AT \quad (8.9)$$

$$Q_i = V * p * C_{e\text{aire}} * AW \quad (8.10)$$

### Carga sensible y latente desprendida por una persona

Este viene dado por la siguiente fórmula:

$$Q_p = n * C_p \quad (8.11)$$

Siendo  $n$  el número de personas del local y  $C_p$  el calor sensible o latente que desprende una persona. Una persona, en un trabajo de oficinista, a un ambiente sobre los 24°C desprende 60 kcal/h de calor latente y 50 kcal/h de calor sensible.

ACTIVIDAD REALIZADA	28°C		27°C		26°C		24°C	
	SENSIBLE	LATENTE	SENSIBLE	LATENTE	SENSIBLE	LATENTE	SENSIBLE	LATENTE
SENTADO EN REPOSO. ESCUELA	45	45	50	40	55	35	60	30
SENTADO TRABAJO LIGERO. INSTITUTO	45	55	50	50	55	45	60	40
OFICINISTA, ACTIVIDAD. LIGERA.	45	70	50	65	55	60	60	50
PERSONA DE PIE. TIENDA	45	70	50	75	55	70	65	60
PERSONA QUE PASEA. BANCO.	45	80	50	75	55	70	65	60
TRABAJO SEDENTARIO	50	90	55	85	60	80	70	70
TRABAJO LIGERO TALLER	50	140	55	135	60	130	75	115
PERSONA QUE CAMINA	50	160	60	155	70	145	85	130
PERSONA QUE BAILA	70	185	75	175	85	170	95	155
PERSONA EN TRABAJO. PENOSO.	115	250	120	250	125	245	130	230

Tabla 8.11: Carga desprendida por una persona. [6]

## Fichas de las cargas térmicas de refrigeración

A continuación, se ofrece un resumen de los resultados de las cargas térmicas de refrigeración, encontrándose las fichas completas en los anexos.

8.3.7

CARGA TÉRMICA REFRIGERACIÓN			
CARGA TOTAL (W)	28797,28	CARGA TOTAL (W/m <sup>2</sup> )	1116,17

## 8.4. Carga térmica de calefacción (invierno)

En el caso de las cargas térmicas de calefacción, con el objetivo de obtener el resultado más desfavorable, se tendrán en cuenta tan solo las sensibles y aquellas cuyo resultado sea negativo, es decir, que dificulten las tareas de calefacción (método simplificado), siendo éstas la carga sensible por transmisión y radiación por cerramientos interiores ( $Q_{Te}$ ), la carga sensible por transmisión y radiación por cerramientos interiores ( $Q_{Ti}$ ) y la carga sensible producida por infiltraciones de aire exterior ( $Q_i$ ). Teniendo en cuenta esto, la fórmula usada será la siguiente:

$$Q_C = Q_{Te+} + Q_{Ti} + Q_i \quad (8.12)$$

8.4.1.

### Carga sensible por transmisión y radiación por cerramientos exteriores

En el caso de las oficinas los únicos cerramientos en contacto con el exterior son la cubierta y la fachada noreste y sudoeste. El valor de la carga viene dado por la siguiente ecuación:

8.4.2.

$$Q_{te} = U * S * (AT_{ext}) \quad (8.13)$$

### Carga sensible por transmisión y radiación por cerramientos interiores.

En este caso la única diferencia de temperatura se produce en los cerramientos en contacto con los baños, por lo que solo se tendrán en cuenta los locales que limiten con éstos. El valor de la carga se define como:

$$Q_{ti} = U * S * (AT_{int}) \quad (8.14)$$

## Carga sensible producida por infiltraciones de aire exterior

La carga viene dada por las siguientes ecuaciones:

$$Q_i = V * p * C e_{aire} * AT \quad (8.15)$$

8.4.3.

### Otras cargas

Como se ha mencionado anteriormente, el resto de cargas, como son las producidas por los

8.4.4. equipos electrónicos, el sistema de iluminación, el calor desprendido por las personas o la radiación en las ventanas son descartadas ya que son positivas y aportan calor al sistema.

### Fichas de las cargas térmicas de calefacción

8.4.5. A continuación, se ofrece un resumen de los resultados de las cargas térmicas de calefacción, encontrándose las fichas completas en los anexos.

CARGA TÉRMICA CALEFACCIÓN			
CARGA TOTAL (W)	-24545,93	CARGA TOTAL (W/m2)	-1142,46

## 8.5. Análisis resultado de las cargas térmicas

Estudiando los resultados obtenidos se encuentra que la situación más desfavorable se produce en verano, cuando la carga térmica de refrigeración es de 28797,28 W.

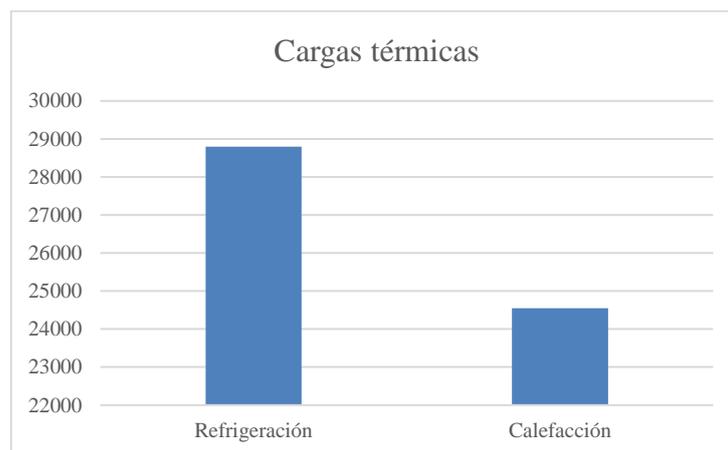
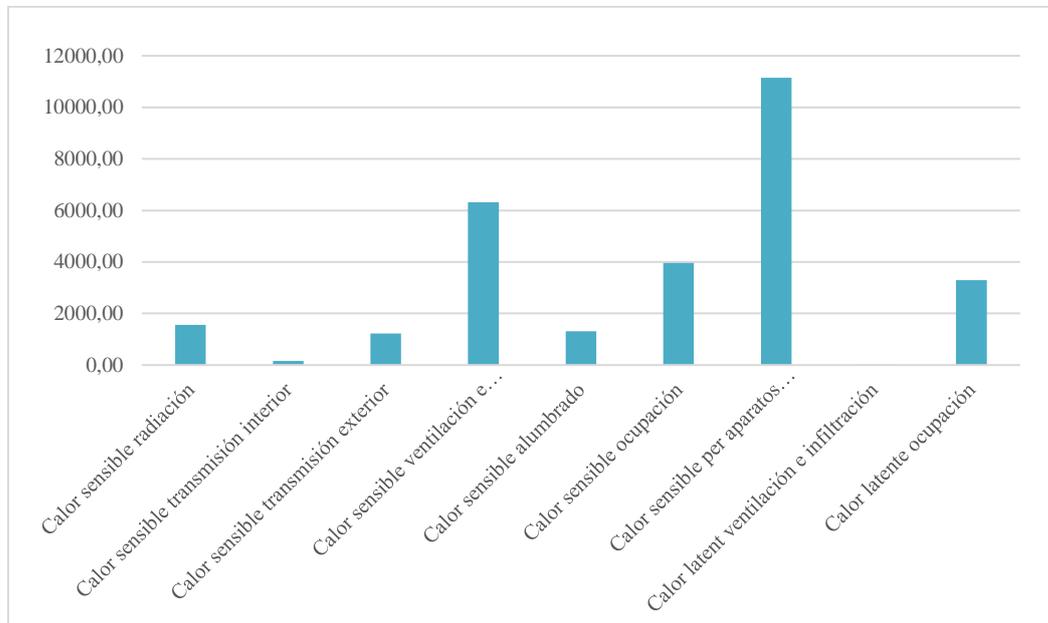


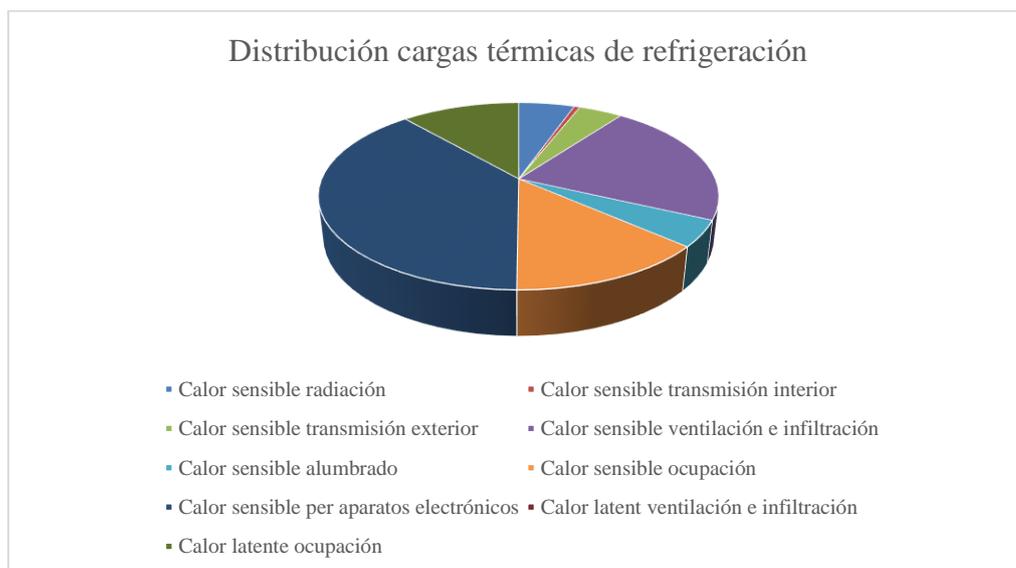
Figura 8.5: Representación de las cargas térmicas.

Además, la mayor parte de ésta viene producida por la acción de los aparatos electrónicos que se utilizan durante el funcionamiento normal de las oficinas, siendo ésta la razón por la que se hizo uso de un coeficiente de utilización en sus cálculos.



**Figura 8.6:** Subdivisión por tipología de la carga térmica de refrigeración.

En segunda y tercera posición los procesos que más calor aportan al sistema son el calor de ventilación e infiltración y el de ocupación respectivamente, ya que la diferencia de temperatura con el exterior no es elevada y el valor de transmitancia de los muros no es elevado.



**Figura 8.7:** Distribución de la carga térmica de refrigeración.

A la vista de los resultados, al escoger la solución para la climatización del edificio, las máquinas tendrán que escogerse teniendo en cuenta la potencia máxima que se tendrá que desarrollar.

## 8.6. Cálculo del caudal de aire

Se usarán dos de los métodos recomendados por la Guía técnica de instalaciones de climatización. [9]

### Método indirecto de caudales exterior por persona

El cálculo del caudal del aire viene establecido por el RITE, dependiendo de la calificación 8.6.1. IDA del local y del valor de ocupación (en número de personas) de éste. En el caso de las oficinas del presente documento se estableció que correspondía a una IDA 2, por lo tanto, según lo marcado en la normativa corresponde a 12,5 l/s, que, aplicando un factor de conversión, corresponde a **45 m<sup>3</sup>/h por persona**.

ZONA	Ocupación	m <sup>3</sup> /h x per	Caudal
Recepción	2,00	45,00	90
Comedor	12,00	45,00	540
Despacho 1	3,00	45,00	135
Despacho 2	3,00	45,00	135
Despacho 3	3,00	45,00	135
Despacho 4	3,00	45,00	135
Sala de reuniones 1	10,00	45,00	450
Sala de reuniones 2	10,00	45,00	450
Colmena	20,00	45,00	900
<b>TOTAL</b>			<b>2070,00</b>

8.6.2.

**Tabla 8.12:** Caudal por el método indirecto.

### Método directo por calidad de aire percibido

A diferencia del método anterior en éste se usa un valor cualitativo en el que se valora la calidad del aire exterior.

$$Q_c = 10 \cdot \frac{G_c}{C_{c,i} - C_{c,o}} \cdot \frac{1}{\epsilon_v} \quad (8.16)$$

Para determinar el valor se ha estudiado su calidad en la Ciudad de Mataró a partir de los datos que ofrece el *Institut d'Estadística de Catalunya* y el ministerio para la transición ecológica.

Se estudiarán la presencia de las siguientes partículas contaminantes; dióxido de azufre, ozono, dióxido de carbono, dióxido de nitrógeno y la presencia de partículas en suspensión de menos de 2,5 micras.

CALIDAD DEL AIRE		
ODA 2	Valores límites (ug/m <sup>3</sup> )	Valores Mataró (ug/m <sup>3</sup> )
SO2 (1)	350	42
O3 (1)	180	180
CO2 (1)	10	0,9
NO2 (1)	40	24
PM2,5 (2)	10	13

**Tabla 8.13:** Valores de calidad del aire.

Se establece el valor del aire percibido en 1,2.

ZONA	Superficie	Ocupación	IDA	Qv (l/s)	Qc (l/s)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)
Recepción	11,82	2,00	2,00	25,00	33,17	119,40
Comedor	22,23	12,00	2,00	150,00	153,92	554,10
Despacho 1	10,50	3,00	2,00	37,50	43,06	155,00
Despacho 2	10,50	3,00	2,00	37,50	43,06	155,00
Despacho 3	10,50	3,00	2,00	37,50	43,06	155,00
Despacho 4	10,50	3,00	2,00	37,50	43,06	155,00
Sala de reuniones 1	20,02	10,00	2,00	125,00	129,65	466,73
Sala de reuniones 2	20,02	10,00	2,00	125,00	129,65	466,73
Colmena	101,84	20,00	2,00	250,00	316,52	1139,47
<b>TOTAL</b>				825,00	935,12	3366,43

**Tabla 8.14:** Caudal por método directo por calidad del aire percibido.

Los resultados obtenidos por los dos métodos usados son similares. Se tomarán como óptimos los del apartado 13.6.2 ya que se consideran más precisos que los del apartado 13.6.1.

## 8.7. Selección de la solución

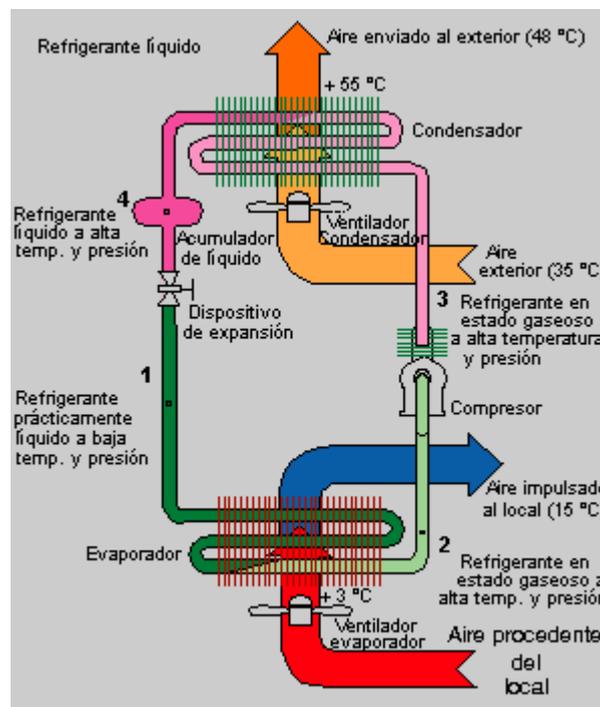
El sistema de climatización que se usará será por cassetes, se ha usado éste en lugar de un sistema por conductos por dos motivos:

- Los cassetes permiten una mejor distribución del aire caliente y frío en las estancias, homogenizando la distribución del aire gracias a las cuatro salidas de las que dispone la máquina.
- Proporcionan una estética acorde al resto de la oficina, dando una mejor imagen corporativa.

Respecto al sistema tradicional de splits aporta la siguiente ventaja:

- Se encuentran instalados en el falso techo de la oficina, por tanto, ocultos a la vista.
- Tienen una mayor eficiencia y potencia respecto a ellos.

El sistema de climatización corresponde a una fase de ciclos que se muestra en la imagen siguiente. [10]



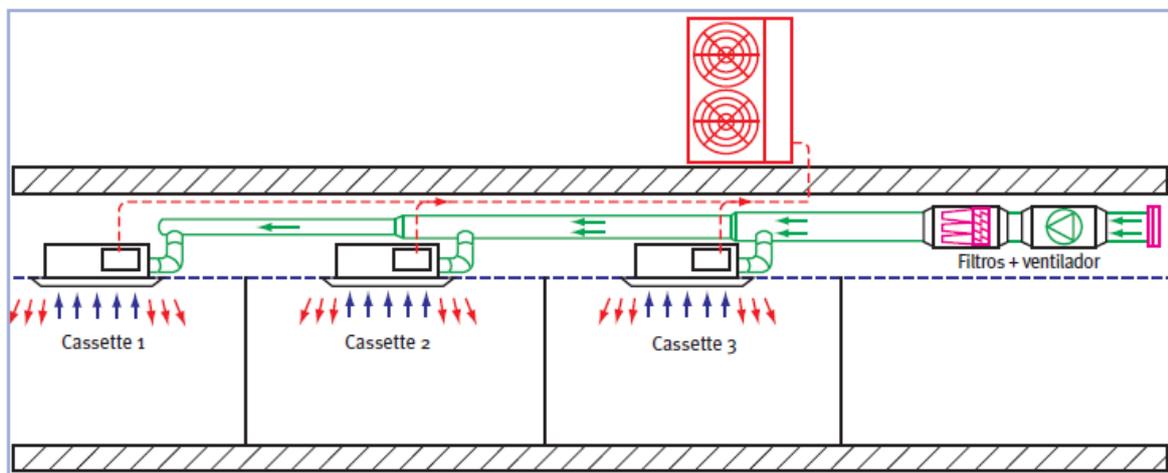
**Figura 8.8:** Funcionamiento de un sistema de aire acondicionado

El aire pasa por encima del evaporador por el que circula el líquido refrigerante, al haber una diferencia de energía entre éste y el aire se produce un intercambio de calor, resultando en

que el aire que será expulsado por el sistema de impulsión esté a una temperatura inferior a cuando entró en el sistema. [11]

Más tarde el líquido refrigerante pasa por un compresor, lo que hace que su temperatura se eleve, y al pasar por el condensador al producirse un intercambio de calor con el aire exterior, volviéndose a repetir el ciclo de nuevo.

Se usará un recuperador de calor, mejorando la eficiencia del sistema de cassetes. Esta máquina, extrae el aire del interior y suministra aire renovado del exterior, y transfiere el calor del aire más al caliente al más frío.



**Figura 8.9:** Esquema de funcionamiento del sistema propuesto, extraído de guía técnica del IDEA.

#### 8.7.1.

### Unidad exterior – Bomba de calor

La unidad exterior, tal y como se ha explicado en apartados anteriores, corresponde a la bomba de calor.

Teniendo en cuenta las cargas térmicas a vencer, 28000 W de refrigeración y 24000 W de calefacción se busca un modelo que cumpla las características deseadas. Finalmente se decide por un modelo de LG, ya que es una marca consolidada y que además ofrece la garantía de estar certificado por la asociación Eurovent, acreditando la veracidad de los *datasheets del producto*.

HP		5*	6*	8*	10*	12*
Unidad exterior		ARUN050LSS0	ARUN060LSS0	ARUN080LSS0	ARUN100LSS0	ARUN120LSS0
Capacidad	Frio (kW)	14	15,5	22,4	28	33,6
	Calor (kW)	16	18	24,5	30,6	36,7
Consumo nominal	Frio (kW)	3,33	3,97	8,3	8,75	14
	Calor (kW)	2,77	3,4	6,62	8,12	7,46
Ventiladores (número)		2	2	2	2	2
Caudal de aire (m <sup>3</sup> /min)		110	110	140	190	190
MFA (A)		20	20	30	30	35
E.E.R		4,2	3,9	2,7	3,2	2,4
S.E.E.R		6,56	6,65	6,03	6,59	5,72
C.O.P		5,77	5,3	3,7	3,77	4,92
S.C.O.P		5,23	5,19	4,33	4,17	3,86
Conexiones frigoríficas	líquido (mm / pulgada)	Ø 9,52 (3/8)	Ø 9,52 (3/8)	Ø 9,52 (3/8)	Ø 9,52 (3/8)	Ø 12,7 (1/2)
	Gas (mm / pulgada)	Ø 15,88 (5/8)	Ø 19,05 (3/4)	Ø 19,05 (3/4)	Ø 22,2 (7/8)	Ø 28,58 (1 1/8)
Presión sonora	Frio (dBA)	51	52	57	58	60
	Calor (dBA)	53	54	57	58	60
Refrigerante (R410A)	Precarga (kg)	3	3	3,5	4,5	6
	T- CO2eq	6,3	6,3	7,3	9,4	12,5
Dimensiones (An. x Al. x Prof.) (mm)		950 x 1.380 x 330	950 x 1.380 x 330	950 x 1.380 x 330	1.090 x 1.625 x 380	1.090 x 1.625 x 380
Peso (kg)		96	96	115	144	157
Unidades interiores (máx)		10	13	13	16	20
PVP 2019		6.880 €	7.825 €	9.750 €	10.710 €	12.750 €

**Tabla 8.15:** Diferentes modelos de bombas de calor que lista LG en su tarifa del año 2019.

Debido a la capacidad de frío y calor de los modelos el utilizado será el ARUN100LSS0 con un precio de 10.710 euros. Este modelo permite la conexión de hasta 20 unidades interiores, suficientes para los locales de la oficina.

### 8.7.2. Unidades interiores – Cassette

Como unidad interior se hará uso de cassettes, ya que permitirán una mejor distribución del aire por las estancias, en lugar de un sistema por conductos, en el que el proceso de distribución del aire resultaría más costoso.

Se usará una unidad interior por cada estancia menos para la zona general (colmena) que se usarán cuatro para mantener una buena climatización de toda la estancia.

Los cassettes, igual que la unidad exterior, será de la marca LG y tendrá su correspondiente certificado Eurovent.



CASSETTE 4 VÍAS (570X570)

Modelo		Capacidad nominal (kW)		Dimensiones (alcanxpr)		Lineas frigorificas (")		Precio cesión
Interior	Panel	Frio	Calor	Interior (mm)	Panel (mm)	Liq.	Gas	
ARNU05GTRD4	PT-UQC	1,6	1,8	214x570x570	22x700x700	1/4	1/2	1.435 €
ARNU07GTRD4	PT-UQC	2,2	2,5	214x570x570	22x700x700	1/4	1/2	1.485 €
ARNU09GTRD4	PT-UQC	2,8	3,2	214x570x570	22x700x700	1/4	1/2	1.535 €
ARNU12GTRD4	PT-UQC	3,6	4,0	214x570x570	22x700x700	1/4	1/2	1.590 €
ARNU15GTQD4	PT-UQC	4,5	5,0	256x570x570	22x700x700	1/4	1/2	1.740 €
ARNU18GTQD4	PT-UQC	5,6	6,3	256x570x570	22x700x700	1/4	1/2	1.795 €
ARNU21GTQD4	PT-UQC	6,0	6,8	256x570x570	22x700x700	3/8	5/8	1.845 €

Disponible como accesorio nuevo panel Stylish PT-QCHWO.

**Tabla 8.16:** Cassetes extraídos de la tarifa de LG. [12]

De éstos se utilizarán aquellos que correspondan por su *capacidad* en cada sala.

	Refrigeración	Calefacción	Cassette
Despacho 1	943,48 W	1016 W	ARNU05GTRD4
Despacho 2	968,61 W	1016 W	ARNU05GTRD4
Despacho 3	997,93 W	1103 W	ARNU05GTRD4
Despacho 4	997,93 W	1103 W	ARNU05GTRD4
Sala Reuniones 1	3629,16 W	3858 W	ARNU12GTRD4
Sala Reuniones 2	3629,16 W	3858 W	ARNU12GTRD4
Comedor	4237,04 W	4511 W	ARNU15GTQD4
Recepción	793,03 W	952 W	ARNU05GTRD4
Colmena	12600,81 W	7129,28 W	4xARNU09GTRD4

**Tabla 8.17:** Lista de unidades interiores.

El precio total de las unidades interiores es de 18.235 euros.

Cassette	Unidades	P/u	Precio
ARNU05GTRD4	5	1.435,00 €	7.175,00 €
ARNU09GTRD4	1	1.535,00 €	1.535,00 €
ARNU12GTRD4	2	1.590,00 €	3.180,00 €
ARNU15GTQD4	1	1.740,00 €	1.740,00 €
			<b>13.630,00 €</b>

8.7.3.

**Tabla 8.18:** Precio de las unidades interiores

## Recuperador

El recuperador de calor deberá de cumplir con el caudal de aire calculado anteriormente para las oficinas en el apartado 8.6 que corresponde a 3361 ,43 m<sup>3</sup>/h. Se usará un modelo de la marca Tecna con certificado CE.

MODELO MODEL	DIMENSIONES / DIMENSIONS [mm]												
	A1	A2	B	C	D	∅E	F	G	H	L	M	Kg H	Kg V
RCE-500-EC	850	850	755	910	380	150	175	500	100	1050	450	55,0	57,0
RCE-700-EC	1000	1000	905	1060	380	150	250	500	100	1200	450	64,0	66,0
RCE-1200-EC	1000	1000	905	1060	380	180	250	500	100	1200	450	80,0	86,0
RCE-1600-EC	1200	1200	1105	1260	525	250	300	600	100	1450	610	110,0	117,0
RCE-2300-EC	1200	1200	1105	1260	525	250	300	600	100	1450	610	124,0	135,0
RCE-2800-EC	1350	1350	1255	1410	575	315	300	750	100	1650	670	161,0	167,0
RCE-3200-EC	1350	1350	1255	1410	675	350	300	750	100	1650	670	178,0	183,0
RCE-3800-EC	1350	1350	1255	1410	675	350	300	750	100	1650	770	188,0	208,0
RCE-4500-EC	1350	1350	1255	1410	775	350	300	750	100	1550	850	215,0	245,0
RCE-4900-EC	1650	1650	1080	1710	775	350	285	1080	100	1900	850	215,0	245,0
RCE-5400-EC	1650	1650	1080	1710	775	350	285	1080	100	1900	850	302,0	340,0
RCE-6500-EC	1650	1650	1080	1710	775	450	355	940	100	1900	1000	302,0	340,0
RCE-7100-EC	2150	2150	–	2210	1110	600	425	1300	100	2200	1130	500,0	550,0
RCE-8500-EC	2150	2150	–	2210	1110	600	425	1300	100	2200	1130	500,0	550,0

**Tabla 8.19:** recuperadores de Tecna. [13]

El recuperador que se empleará será el RCE-3800-EC. El consumo de esta máquina es de 2000 W. Éste cumple con las condiciones marcadas por el RITE respecto a los filtros y prefiltros que son necesarios según las características de las oficinas.

PREFILTRES / FILTROS				
	IDA 1	IDA 2	IDA 3	IDA 4
ODA 1	F7 / F9	F6 / F8	F6 / F7	G4 / F6
ODA 2	F7 / F10	<b>F6 / F9</b>	F6 / F8	G4 / F7
ODA 3	F7 / F11	F6 / F10	F6 / F9	G4 / F8

**Tabla 8.20:** Filtros y prefiltros según RITE.

## Conductos

El conducto que usará será de tipo helicoidal, ya que está oculto en el falso techo. Para un correcto dimensionamiento, junto a la información proporcionada por el datasheet de recuperadores y cassettes, se hará uso de la siguiente tabla extraída del anexo 20:

8.7.4.

Caudal de aire (m <sup>3</sup> /h)	Diámetro del conducto (cm)
50	90
100	120
150	140
200	150
250	170
300	170
350	190
400	200
500	220
600	240
700	260
800	260
900	260
1000	280
1200	300
1400	320
1600	340
1800	340
2000	360
2200	380
2400	380
2600	400
2800	400
3000	425
3500	450
4000	500
4500	525
5000	550
5500	575

**Tabla 8.21:** Relaciones entre caudal y diámetro del conducto.

El diámetro de los conductos para cada uno de los tramos serán los siguientes:

	Caudal m <sup>3</sup> /h	Diámetro (cm)
Recuperador - Bifurcación 1	3800	500
Bifurcación 1 - Despacho 1 - Comedor	950	280
Despacho 1	300	170
Comedor	350	190
Recepción	300	170
Bifurcación 1 - Bifurcación 2	2850	425
Bifurcación 2 - Despacho 2	300	170
Bifurcación 2 - Bifurcación 3	2550	425
Bifurcación 3 - Despacho 3	300	170
Bifurcación 3 - Bifurcaciones Colmena	1000	280
Bifurcaciones Colmenas - Cassettes	200	150
Bifurcación 3 - Bifurcación 4	1250	320
Bifurcación 4 - Despacho 4	300	170
Bifurcación 4 - Sala Reuniones 1	475	220
Bifurcación 4 - Sala Reuniones 2	475	220

**Tabla 8.22:** Caudal en los conductos y diámetro según tabla 8.21

Los conductos de retorno llevarán el aire sucio del interior de las oficinas a el exterior, siendo menor en dimensiones que el de impulsión pues retornará el aire desde la rejilla situada cerca de los lavabos, dónde estará situado el recuperador, hasta éste y después será expulsado al exterior. Los conductos de impulsión llevarán aire limpio hasta el recuperador y posteriormente lo distribuirá entre los cassettes.

8.7.5.

## Rejillas

En el proyecto se ha minimizado el uso de rejillas, contando tan solo con una de impulsión (para inyectar aire desde el exterior) y dos de retorno, una para extraer el aire viciado hasta el circuito de retorno y otra para expulsar-lo al exterior.

Según el DB-HS 3 del CTE el área efectiva de las rejillas de impulsión y retorno en cm<sup>2</sup> es el resultado de multiplicar el caudal de ventilación en l/s de cada local por 4. [14]

ZONA	Qc (l/s)	Área (cm <sup>2</sup> )	Área (m <sup>2</sup> )
Recepción	33,17	132,68	0,013268
Comedor	153,92	615,68	0,061568
Despacho 1	43,06	172,24	0,017224
Despacho 2	43,06	172,24	0,017224

ZONA	Qc (l/s)	Área (cm <sup>2</sup> )	Área (m <sup>2</sup> )
Despacho 3	43,06	172,24	0,017224
Despacho 4	43,06	172,24	0,017224
Sala de reuniones 1	129,65	518,6	0,05186
Sala de reuniones 2	129,65	518,6	0,05186
Colmena	316,52	1266,08	0,126608
Total	935,15	3740,6	0,3706

**Tabla 8.23:** Área de las rejillas.

Las rejillas que se utilizarán serán de la compañía KoolAir. y tendrán las siguientes dimensiones, según las tablas de selección del catálogo que pone a disposición de los clientes la empresa.

Impulsión	
ZONA	Dimensiones (mm)
Recepción	600x300
Retorno	
Despacho 1	600x300
Despacho 2	600x300

**Tabla 8.24:** Dimensiones rejillas de retorno.

El precio de las rejillas son los siguientes: [15]

Impulsión:

- UNIDAD 600x300 - 54,84 euros

Retorno:

8.7.6.

- UNIDAD 600x600 - 87,70 euros

### Tubería

La red de tubería se diseña según las especificaciones de los *datasheet* de la Tattunidad exterior y las unidades interiores, de esta forma no se superará los valores máximos de caudal de cada tubería a una velocidad recomendada de 2 m/s. El material de las tuberías será de cobre.

	Líquido	Gas
U. EXTERIOR	3/8	7/8
ARNU05	1/4	1/2
ARNU09	1/4	1/2
ARNU12	1/4	1/2
ARNU15	3/8	5/8

**Tabla 8.25:** Diámetro de las tuberías.

El dimensionamiento de las tuberías sobre plano es el siguiente:

DIÁMETRO		LONGITUD (m)
3/8	7/8	4
1/4	1/2	27
3/8	5/8	30

**Tabla 8.26:** Dimensionamiento de las tuberías.

## 9. Protección contra incendios

Para aumentar la seguridad de las personas y de la oficina se deberá implementar un sistema de protección contra incendios eficiente, que permita dar la señal de alarma a los trabajadores para organizar la evacuación y comenzar su extinción en caso de ser posible. Los diferentes equipos existentes están recogidos en el RIPCI, distinguiendo entre los equipos de protección activa y los sistemas de señalización luminiscentes (recogidos en el alumbrado de emergencia de este proyecto) [16] Los equipos utilizados serán de la gama Notifier de Honeywall o similar. [17]

### 9.1. Sistema de detección y alarma.

Los sistemas de detección y alarma son empleados para comprobar la existencia de fuego no deseado y alarmar a las personas presentes en el local y/o a una organización externa. Éstos se dividen principalmente en los dos siguientes:

- Sistemas manuales
- Sistemas autónomos

Según el DB-SI 4 del CTE sobre seguridad en caso de incendio en un local de tipología “Administrativo – Docente” como en el que se encuentra enmarcado el presente documento será obligatoria su instalación en el caso de:

- Sistema de alarma de incendios si la superficie construida  $> 1000 \text{ m}^2$
- Sistema de detección de incendios si la superficie construida  $> 2000 \text{ m}^2$ , detectores automáticos en zonas de riesgo alto, y si es  $> 5000 \text{ m}^2$ , en todo el edificio.

La superficie construida es menor a los  $1000 \text{ m}^2$ , por lo tanto, no es obligatorio el uso de estos sistemas, sin embargo, siguiendo el consejo de profesionales en éste área, se instalará un sistema de detección de incendios para minimizar los riesgos y maximizar la seguridad.



**Figura 9.1 : Pulsador manual de alarma contra incendios.**

La tipología del sistema instalado será un pulsador de alarma que, siguiendo el DB-SUA 9 del CTE, estará a una altura entre los 80 y los 120 cm.

## 9.2. Sistema de extinción de incendios

Son aquellos sistemas usados para evitar la propagación y extinguir el incendio una vez ya se ha producido. Existen desde diferentes tipos como sistemas hidrantes, bocas de incendio, sistemas de columna seca, rociadores entre otros.

Como sistema de extinción de incendios se usarán extintores. Los extintores serán portátiles, es decir, pensados para poder ser levantados y utilizados por una persona, contando con una masa inferior a los 20 kg, en lugar de móviles, cuyo peso impide el transporte manual debiéndose usar un carro o mecanismo similar.

Los extintores, siguiendo el documento del DB-SI 4, deberán cumplir las siguientes directrices:

Serán colocados próximos a las salidas de evacuación, en lugares dónde la probabilidad de incendios sea mayor y deberán ser fácilmente visibles y accesibles, siendo situados a una altura entre los 80 y los 120 cm.

Entre punto y punto de cada extintor no habrá una distancia superior de 15 m. Debe saberse que existen cuatro tipos de fuego, resumidos en la siguiente tabla.

Clase	Material
A	Sólidos
B	Líquidos inflamables
C	Gases
D	Metales combustibles

**Tabla 9.1:** clases de fuego.

El fuego con más riesgo de producirse en las oficinas es el de clase A (por la quema de papel, madera o plásticos) y el de clase C (por la quema de electrodomésticos, material de trabajo u otro equipamiento eléctrico) [18]

Los extintores de polvo ABC permiten apagar los tres primeros (A,B,C) tipos de fuego con eficacia pero los extintores de CO2 aunque menos eficaces que los anteriores pueden resultar interesantes debido a que producen menos daños, por lo que suelen usarse para fuegos de tipo C. Se usarán una combinación de los dos tipos de extintores; rociadores de polvo ABC y de CO2



**Figura 9.2:** Los dos tipos de extintores que se utilizarán.

### 9.3. Sistema de control

Para la recepción de las señales enviadas por los dispositivos de detección de incendios, en este caso el pulsador de alarma manual, y su gestión se utilizará una central de incendios analógica. También se instalarán sirenas para alertar a los trabajadores si se produce un incendio.

Instalada en la central habrá una tarjeta de comunicaciones para dar el aviso del incendio. Estos dispositivos estarán alimentados por una fuente de alimentación de emergencia para asegurar su funcionamiento.

El sistema de control también parará, en caso de estar en funcionamiento, los sistemas de ventilación; cassettes y recuperador para no favorecer la propagación de las llamas.

## **10. Mecanismos**

Las cajas de mecanismos, que se entiende por interruptores y tomas de corriente, siendo éstas integradas en la mayoría de los casos en cajas junto a 2 RJ-45 para la conexión de las tarjetas ethernet de los equipos y 3 o 4 tomas de corriente según si estas van a pared o bajo las mesas de trabajo.

La disposición de los mecanismos seguirá lo indicado en el plano número 06. Mecanismos y su instalación cumplirá con las instrucciones técnicas que regulan las instalaciones interiores o receptorías recogidas en la guía técnica ITC-BT-19.

Siguiendo las recomendaciones de las Normas Tecnológicas de Edificación los mecanismos deberán ser accesibles, instalándose a una altura entre la franja de los 80 a los 120 cm, si se tratan de elementos de mando y control, o de entre 40 y 120 cm cuando sean tomas de corriente o de señal.

Los interruptores y/o pulsadores deberán ser capaces de accionarse con el puño cerrado, el codo o con una mano, si no son automáticos y deberán presentar contraste cromático con el entorno para garantizar la accesibilidad. Se utilizarán interruptores para el alumbrado, instalando interruptores para cada uno de los grupos de lámparas.

Las cajas a instalar serán de tipo universal y cuadradas, de fácil instalación mediante tornillos.

ZONA	ENCHUFES	INTERRUPTORES
Zona General	4 TC 16 P.T (2 RJ45 + 2TC) Impresora multifunción (2 RJ45 + 2TC)	6 interruptores
Despacho 1	2 RJ45 + 4TC	2 interruptores
Despacho 2	2 RJ45 + 4TC	2 interruptores
Despacho 3	2 RJ45 + 4TC	2 interruptores
Despacho 4	2 RJ45 + 4TC	2 interruptores
Sala Reuniones 1	2 RJ45 + 4TC	2 interruptores
Sala Reuniones 2	2 RJ45 + 4TC	2 interruptores
Cocina	6 TC	4 interruptores
Baño 1	2 TC	1 interruptor
Baño 2	1 TC	1 interruptor
Entrada	2 TC	2 interruptores

TC: Toma de corriente. PT: Puesto de trabajo

**Tabla 10.1:** Selección de mecanismos

## 11. Instalación de enlace

### 11.1. Previsión de cargas

La previsión de cargas tiene como motivación el dimensionamiento que deberán proveer las líneas de distribución de las compañías eléctricas y la potencia a instalar en sus centros de transformación. [19]

Esta previsión, que se realizará según lo especificado en la ITC-BT-10 da unos valores teóricos mínimos. No se dispone de la demanda real de las instalaciones ya que se trata de una instalación nueva, por tanto, es la única manera de poder dimensionarla.

El cálculo se realiza considerando un mínimo de 125 W por m<sup>2</sup>, con un mínimo total de 10350 W a 230 V y coeficiente de simultaneidad 1, es decir, considerando la potencia de todos los receptores que se conectan a la instalación eléctrica. La oficina cuenta con 240 m<sup>2</sup>, por lo tanto, se obtiene la previsión de cargas multiplicando los W / m<sup>2</sup> mínimos por la superficie total.

$$\text{Previsión de cargas teóricas: } 125 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} * 240\text{m}^2 = 30.000 \text{ W.}$$

Adicionalmente, la instrucción ITC-BT-25 proporciona unos valores teóricos por los diferentes circuitos de la instalación, a continuación, se muestra un resumen de esta tabla:

	Potencia prevista por toma	Coefficiente de simultaneidad
Alumbrado	200 W	0,75
Tomas de uso general	3.450 W	0,2
Cocina y horno	5.400 W	0,5
Baño	3.450 W	0,4
Calefacción	5.750 W	-
Aire acondicionado	5750 W	-
Secadora	5.750 W	1
Automatización	2.300 W	-

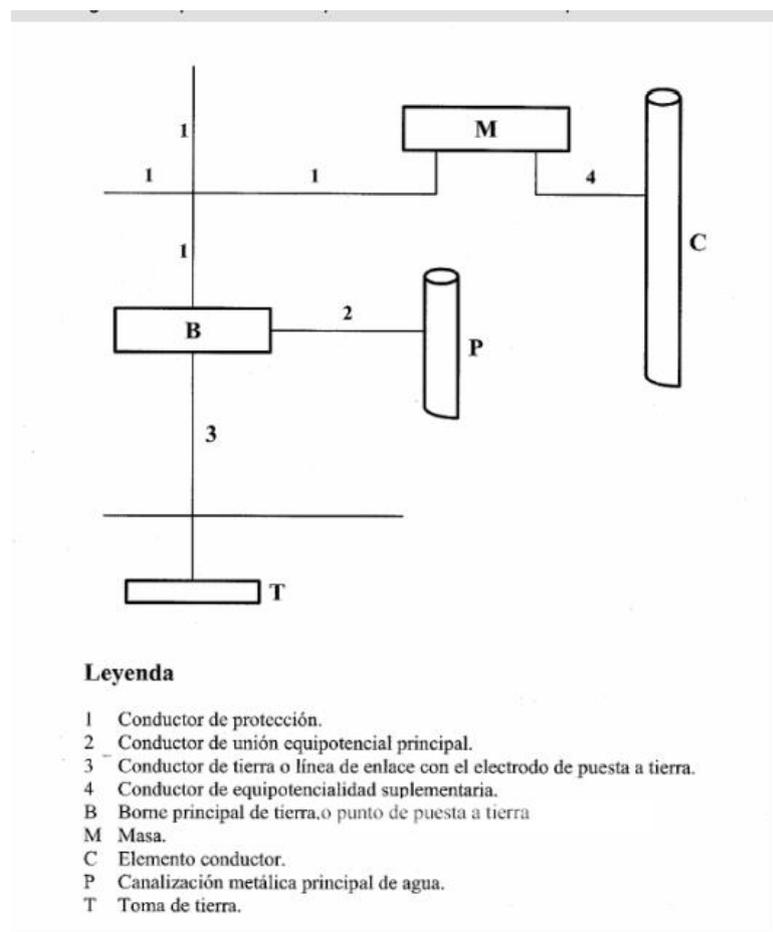
**Tabla 11.1:** potencia prevista según el tipo de circuito de las instalaciones.

En caso de no disponer de la información necesaria se usarán los valores de la tabla anterior.

## 11.2. Puesta a tierra

Todos los conductores se unirán a un punto de potencial cero, para evitar las diferencias entre las diferentes partes de la instalación de la nave. Así se garantiza que ésta sea desviada a tierra sin afectar a la seguridad de los usuarios.

Los diferentes cuadros descritos estarán conectados a tierra, así como el resto de instalaciones.



**Figura 11.1:** Esquema de un circuito de puesta a tierra proporcionado por la GUIA-BT-18.

Los conductores a tierra satisfarán lo indicado en 3.2 de la guía técnica BT-18. En este circuito no se incluirán dispositivos que puedan impedir. La sección de los conductores se hará según lo indicado en la Norma UNE 20460-5-54. La resistencia de tierra y su diseño ya está solucionado, al tratarse de un edificio ya existente.

## 12. Canalizaciones

Las instalaciones se realizarán usando cables de cobre con aislamiento de 0,6/1 KV “Libre de halógenos”, de manera que en caso de incendio éstos no liberen gases tóxicos o peligrosos, en caso de existir alguna excepción está será marca en el esquema unifilar de las instalaciones.

El color de los cables cumplirá con el marcado con el reglamento correspondiente, siendo éste indicado en la ITC-BT-19.

*“Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente por lo que respecta al conductor neutro y al conductor de protección. Esta identificación se realizará por los colores que presenten sus aislamientos.*

*Cuando exista conductor neutro en la instalación o se prevea para un conductor de fase su pase posterior a conductor neutro, se identificarán éstos por el color azul claro. Al conductor de protección se le identificará por el color verde-amarillo.*

*Todos los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no se prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por los colores marrón o negro. Cuando se considere necesario identificar tres fases diferentes, se utilizará también el color gris.”*

*Por regla general la instalación de los conductores eléctricos se hará mediante bandejas eléctricas por el falso techo de las oficinas, cumpliendo estas con el requisito mínimo de IP2 o IP4 con tapa de acceso accesible con herramienta.”*

La canalización de los cables se hará mediante bandejas, por el falso techo del edificio, y, en caso de ser necesario, por tubo corrugado.

Las bandejas serán metálicas, con un índice de protección mínimo IP2 y siendo accesibles solo con el uso de herramientas. El tubo corrugado será de PVC aislante y no propagador de llama, resistencias al impacto de 1 J, resistencia a compresión de 320 N y una rigidez dieléctrica de 2000 V.

La sección de los cables se indicará en el esquema unifilar y en los cálculos realizados situados en los anexos.

### 13. Cálculos de líneas

En este apartado se realizarán los cálculos necesarios para dimensionar las líneas de los diferentes receptores y sus protecciones.

- El  $\cos\alpha$  será generalmente de 0,9, con la excepción del alumbrado de tipo LED que será de 0,85. Esto es así ya que se establece en la IT-BTC-44 que debe ser como mínimo mayor o igual a 0,9.
- Para el cálculo de la intensidad se aplica (11.1), siendo después multiplicada por un coeficiente de simultaneidad, siendo de 100 en la mayoría de casos menos en las tomas generales que será del 50%:

$$I = \frac{P}{V * \cos\alpha} \tag{11.1}$$

- P: potencia de la línea.
- V: voltaje. Generalmente, para instalaciones como la del presente proyecto 230 V.  $\cos\alpha$ : factor de potencia
- Calculada la intensidad mediante la fórmula 12.1, deberá tenerse en cuenta la intensidad admisible de la línea. Ésta viene indicada según las características de las instalaciones (sección del cable, temperatura ambiente de las instalaciones...) y se puede consultar en las tablas de la IT-BTC-20 y la UNE.20460-5-523 y sus anexos.

A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes	3x		2x		3x		2x						
			PVC	PVC	XLPE o EPR	XLPE o EPR	XLPE o EPR	XLPE o EPR							
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x	2x	3x	2x									
			PVC	PVC	XLPE o EPR	XLPE o EPR									
B		Conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrados en obra			3x	2x			3x	2x					
					PVC	PVC			XLPE o EPR	XLPE o EPR					
B2		Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra			3x	2x			3x	2x					
					PVC	PVC			XLPE o EPR	XLPE o EPR					
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared			3x	2x			3x	2x					
					PVC	PVC			XLPE o EPR	XLPE o EPR					
E		Cables multiconductores al aire libre. Distancia a la pared no inferior a 0.3D							3x	2x					
									PVC	XLPE o EPR					
F		Cables unipolares en contacto mutuo. Distancia a la pared no inferior a D							3x	2x					
									PVC	XLPE o EPR					
G		Cables unipolares separados mínimo D													
		mm <sup>2</sup>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
Cobre	1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-	-		
	2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-	-		
	4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-	-		
	6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-	-		
	10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	78	-	-		
	16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-	-		
	25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166	-	-	
	35	77	86	96	104	110	119	131	144	154	166	206	-	-	
	50	94	103	117	123	133	145	159	175	188	202	250	-	-	
	70			149	160	171	188	202	224	244	264	321	-	-	
	95			189	194	207	230	245	271	296	321	391	-	-	
	120			208	225	240	267	284	314	348	385	455	-	-	
	150			236	260	278	310	338	363	404	452	525	-	-	
185			268	297	317	354	386	415	464	525	601	-	-		
240			315	350	374	419	455	490	552	611	711	-	-		
300			360	404	423	484	524	565	640	721	821	-	-		

Figura 13.1: Intensidades admisibles (A) al aire 40°C. Nº de conductores con carga y naturaleza del aislamiento

- La caída de tensión debe ser inferior al 3% para el alumbrado y del 5% para otros usos (GUIA-BT-19) y viene dada por la siguiente fórmula

$$AV = \frac{2 \cdot p \cdot \cos\alpha}{k \cdot I \cdot L} \quad (11.2)$$

- p: sección del cable.
- $\cos\alpha$ : factor de potencia
- K: conductividad, según el material del cable, en el caso de las presentes instalaciones con cableado de cobre su conductividad es de  $45,49 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$  para otros tipos como el aluminio es de  $27,8 \cdot \text{S} \cdot \text{m}^{-1}$
- I: intensidad calculada mediante ecuación 12.1.
- L: longitud, medida sobre plano.

**Ejemplo:** 1.1-L1: Alumbrado Zona General

La potencia total es de 0,25 kW, siendo su coeficiente de simultaneidad del 100%. El voltaje, como en el resto de casos, es de 230 V, el factor de potencia, al tratarse de una lámpara LED, según fabricante, es de 0,85. Con estos datos podemos calcular la intensidad de la línea sustituyendo en (11.1)

$$I = \frac{250}{230 \cdot 0,85} = 1,28 \text{ A}$$

La intensidad admitida, según la ITC-BTC-20 y la UNE correspondiente es de 57,60 A. Por lo tanto, la protección del PIA debe estar comprendida entre los 1,28 A a los 57,60 A, en este caso se asigna una protección de 10 A, como en el resto de líneas de alumbrado.

El cableado de esta línea será de cobre y para la temperatura del cable se presupondrá un caso desfavorable de  $90^\circ \text{ C}$  lo que otorga una conductividad de  $45,49 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$ , su sección será de  $3 \times 2,5 \text{ mm}^2$  y la longitud de 20 m. Con estos datos se procede a calcular la caída de tensión en la línea sustituyendo en (11.2)

$$AV = \frac{2 \cdot (3 \times 2,5) \text{ mm}^2 \cdot 0,85}{45,49 \cdot 1,28 \cdot 20} = 0,13 \text{ V} \rightarrow 0,06\%$$

Cálculo Intensidad										
	Pot. Total (kW)	I (A)	CoS $\varphi$	Tensión (V)	Simultaneidad	Sección cable (mm <sup>2</sup> )		In (A) Calculo	In (A) Admit.	In (A) PIA
<b>CGD-1</b>	46,92	46,92	0,85	230	50%	1	95	120,00	186,40	125
<b>SAI</b>	17,8	17,8	0,85	230	100%	5	6	91,05	228,00	50
ALUMBRADO										
<b>1.1-L1</b>	0,25	1,28	0,85	230	100%	3	2,5	1,28	57,60	10
<b>1.1-L2</b>	0,20	1,02	0,85	230	100%	3	2,5	1,02	57,60	10
<b>1.1-L3</b>	0,15	0,77	0,85	230	100%	3	2,5	0,77	57,60	10
<b>1.1-L4</b>	0,20	1,02	0,85	230	100%	3	2,5	1,02	57,60	10
<b>1.1-L5</b>	0,08	0,41	0,85	230	100%	3	2,5	0,41	57,60	10
<b>1.1-L.6.1</b>	0,08	0,41	0,85	230	100%	3	2,5	0,41	57,60	10
<b>1.1-L6.2</b>	0,08	0,41	0,85	230	100%	3	2,5	0,41	57,60	10
<b>1.1-L.6.3</b>	0,08	0,41	0,85	230	100%	3	2,5	0,41	57,60	10
<b>1.1-L7</b>	0,10	0,51	0,85	230	100%	3	2,5	0,51	57,60	10
<b>1.1-L8.1</b>	0,05	0,26	0,85	230	100%	3	2,5	0,26	57,60	10
<b>1.1-L8.2</b>	0,05	0,26	0,85	230	100%	3	2,5	0,26	57,60	10
<b>1.1-L.9</b>	0,04	0,20	0,85	230	100%	3	2,5	0,20	57,60	10
<b>1.1-L10</b>	0,05	0,26	0,85	230	100%	3	2,5	0,26	57,60	10
<b>1.1-L11</b>	0,10	0,51	0,85	230	100%	3	2,5	0,51	57,60	10
<b>1.1-L12</b>	0,08	0,41	0,85	230	100%	3	2,5	0,41	57,60	10
<b>1.1-L13</b>	0,04	0,20	0,85	230	100%	3	2,5	0,20	57,60	10
<b>1.1-L15</b>	0,15	0,77	0,85	230	100%	3	2,5	0,77	57,60	10
<b>1.1-L15</b>	0,15	0,77	0,85	230	100%	3	2,5	0,77	57,60	10
<b>1.1-L16</b>	0,04	0,20	0,85	230	100%	3	2,5	0,20	57,60	10
FUERZA										
<b>1.1-L17</b>	3,60	17,39	0,9	230	100%	3	2,5	17,39	57,60	20
<b>1.1-L18</b>	3,00	14,49	0,9	230	100%	3	2,5	14,49	57,60	16
<b>1.1-L19</b>	3,00	14,49	0,9	230	100%	3	2,5	14,49	57,60	16
<b>1.1-L20</b>	3,45	8,33	0,9	230	50%	3	2,5	4,17	76,80	16
<b>1.1-L21</b>	0,60	2,90	0,9	230	100%	3	2,5	2,90	57,60	16
<b>1.1-L22</b>	1,80	8,70	0,9	230	100%	3	2,5	8,70	57,60	16
<b>1.1-L23</b>	3,80	18,36	0,9	230	100%	3	2,5	18,36	57,60	20
<b>1.1-L24</b>	3,45	8,33	0,9	230	50%	3	2,5	4,17	57,60	16
<b>1.1-L25</b>	3,45	8,33	0,9	230	50%	3	2,5	4,17	57,60	16
<b>1.1-L26</b>	3,45	8,33	0,9	230	50%	3	2,5	4,17	57,60	16
<b>1.1-L27</b>	0,60	2,90	0,9	230	100%	3	2,5	2,90	57,60	16
<b>1.1-L28</b>	0,60	2,90	0,9	230	100%	3	2,5	2,90	57,60	16
<b>1.1-L29</b>	0,20	0,97	0,9	230	100%	3	2,5	0,97	57,60	16
<b>1.1-L30</b>	3,45	8,33	0,9	230	50%	3	2,5	4,17	57,60	16
<b>1.1-L31</b>	3,45	8,33	0,9	230	50%	3	2,5	4,17	57,60	16

<b>Cálculo Intensidad</b>										
	<b>Pot. Total (kW)</b>	<b>I (A)</b>	<b>CoS <math>\phi</math></b>	<b>Tensión (V)</b>	<b>Simultaneidad</b>	<b>Sección cable (mm<sup>2</sup>)</b>		<b>In (A) Calculo</b>	<b>In (A) Admit</b>	<b>In (A) PIA</b>
<b>FUERZA</b>										
<b>1.1-L32</b>	3,45	8,33	0,9	230	50%	3	2,5	4,17	57,60	16
<b>1.1-L33</b>	1,20	5,80	0,9	230	100%	3	2,5	5,80	57,60	16
<b>1.1-L34</b>	1,20	5,80	0,9	230	100%	3	2,5	5,80	57,60	16
<b>1.1-L35</b>	0,60	2,90	0,9	230	100%	3	2,5	2,90	57,60	16
<b>1.1-L36</b>	0,60	2,90	0,9	230	100%	3	2,5	2,90	57,60	16
<b>1.1-L37</b>	8,25	39,86	0,9	230	100%	5	6	39,86	164,00	40
<b>1.1-L38</b>	2,00	9,66	0,9	230	100%	5	2,5	9,66	96,00	16
<b>CUADRO SAI</b>										
<b>L.S.2</b>	3,6	17,39	0,9	230	100%	3	2,5	17,39	57,60	20
<b>L.S.3</b>	3	14,49	0,9	230	100%	3	2,5	14,49	57,60	16
<b>L.S.4</b>	3	14,49	0,9	230	100%	3	2,5	14,49	57,60	16
<b>L.S.5</b>	0,6	2,90	0,9	230	100%	3	2,5	2,90	57,60	16
<b>L.S.6</b>	1,8	8,70	0,9	230	100%	3	2,5	8,70	57,60	16
<b>L.S.7</b>	3,8	18,36	0,9	230	100%	3	2,5	18,36	57,60	20
<b>L.S.8</b>	2	9,66	0,9	230	100%	3	2,5	9,66	57,60	16

**Tabla 13.1:** Cálculos de Intensidad.

<b>Cálculo Caída de Tensión</b>					
	<b>Long. (m)</b>	<b>CDT (V)</b>	<b>CDT (%)</b>	<b>CDT Ant.</b>	<b>CDT Total (%)</b>
<b>CGD-1</b>	1	0,08	0,03%	0,00%	0,03%
<b>SAI</b>	1	0,11	0,05%	0,03%	0,08%
<b>ALUMBRADO</b>					
<b>1.1-L1</b>	20	0,13	0,06%	0,03%	0,09%
<b>1.1-L2</b>	15	0,08	0,03%	0,03%	0,07%
<b>1.1-L3</b>	25	0,10	0,04%	0,03%	0,08%
<b>1.1-L4</b>	5	0,03	0,01%	0,03%	0,04%
<b>1.1-L5</b>	10	0,02	0,01%	0,03%	0,04%
<b>1.1-L.6.1</b>	12	0,02	0,01%	0,03%	0,04%
<b>1.1-L6.2</b>	15	0,03	0,01%	0,03%	0,05%
<b>1.1-L.6.3</b>	18	0,04	0,02%	0,03%	0,05%
<b>1.1-L7</b>	14	0,04	0,02%	0,03%	0,05%
<b>1.1-L8.1</b>	5	0,01	0,00%	0,03%	0,04%
<b>1.1-L8.2</b>	7	0,01	0,00%	0,03%	0,04%
<b>1.1-L.9</b>	5	0,01	0,00%	0,03%	0,04%
<b>1.1-L10</b>	10	0,01	0,01%	0,03%	0,04%
<b>1.1-L11</b>	10	0,03	0,01%	0,03%	0,04%
<b>1.1-L12</b>	5	0,01	0,00%	0,03%	0,04%
<b>1.1-L13</b>	6	0,01	0,00%	0,03%	0,04%
<b>1.1-L15</b>	30	0,11	0,05%	0,03%	0,08%
<b>1.1-L15</b>	35	0,13	0,06%	0,03%	0,09%
<b>1.1-L16</b>	30	0,03	0,01%	0,03%	0,05%
<b>FUERZA</b>					
<b>1.1-L17</b>	25	2,29	1,00%	0,03%	1,03%
<b>1.1-L18</b>	20	1,53	0,66%	0,03%	0,70%
<b>1.1-L19</b>	20	1,53	0,66%	0,03%	0,70%
<b>1.1-L20</b>	25	0,55	0,24%	0,03%	0,27%
<b>1.1-L21</b>	15	0,23	0,10%	0,03%	0,13%
<b>1.1-L22</b>	20	0,92	0,40%	0,03%	0,43%
<b>1.1-L23</b>	35	3,39	1,47%	0,03%	1,51%
<b>1.1-L24</b>	5	0,11	0,05%	0,03%	0,08%
<b>1.1-L25</b>	10	0,22	0,10%	0,03%	0,13%
<b>1.1-L26</b>	5	0,11	0,05%	0,03%	0,08%
<b>1.1-L27</b>	10	0,15	0,07%	0,03%	0,10%
<b>1.1-L28</b>	10	0,15	0,07%	0,03%	0,10%
<b>1.1-L29</b>	10	0,05	0,02%	0,03%	0,06%
<b>1.1-L30</b>	10	0,22	0,10%	0,03%	0,13%
<b>1.1-L31</b>	15	0,33	0,14%	0,03%	0,18%
<b>1.1-L32</b>	15	0,33	0,14%	0,03%	0,18%

<b>Cálculo Caída de Tensión</b>					
	<b>Long. (m)</b>	<b>CDT (V)</b>	<b>CDT (%)</b>	<b>CDT Ant.</b>	<b>CDT Total (%)</b>
<b>FUERZA</b>					
<b>1.1-L33</b>	20	0,61	0,27%	0,03%	0,30%
<b>1.1-L34</b>	20	0,61	0,27%	0,03%	0,30%
<b>1.1-L35</b>	15	0,23	0,10%	0,03%	0,13%
<b>1.1-L36</b>	15	0,23	0,10%	0,03%	0,13%
<b>1.1-L37</b>	30	1,58	0,69%	0,03%	0,72%
<b>1.1-L38</b>	10	0,31	0,13%	0,03%	0,17%
<b>CUADRO SAI</b>					
<b>L.S.2</b>	25	2,29	1,00%	0,03%	1,03%
<b>L.S.3</b>	20	1,53	0,66%	0,03%	0,70%
<b>L.S.4</b>	20	1,53	0,66%	0,03%	0,70%
<b>L.S.5</b>	15	0,23	0,10%	0,03%	0,13%
<b>L.S.6</b>	20	0,92	0,40%	0,03%	0,43%
<b>L.S.7</b>	35	3,39	1,47%	0,03%	1,51%
<b>L.S.8</b>	30	1,53	0,66%	0,03%	0,70%

**Tabla 13.2:** Cálculos caída de tensión.

En estas tablas también se observa que a pesar de que la previsión de cargas teórica era de 30 kW, la real es de 47 kW.

## 14. Protecciones

### 14.1. Sobre intensidades

Para la protección contra sobreintensidades se usarán interruptores magnetotérmicos, que estarán presentes en dos formatos, el IGA (interruptor general automático) y el PIA (pequeño interruptor automático), que, aunque destinado igualmente al mismo tipo de protección, está orientado a cada una de las líneas que cuelgan del cuadro.

Con tal de un correcto dimensionamiento de estos elementos su intensidad nominal será superior a la prevista por cada una de las líneas y su poder de corte adecuado a la instalación donde irá destinada.

### 14.2. Contactos directos e indirectos

Para la protección contra contactos directos se utilizarán medidas varias, como el emplazamiento de los elementos fuera del alcance manual, el aislamiento de las partes activas de la instalación, entre otras, siguiendo los preceptos definidos en la UNE 20460-4-41.

Para la protección contra contactos indirectos se usarán interruptores diferenciales, que sabiendo la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de las masas del edificio en el que se ubica la instalación ( $R_A$ ) y la corriente de defecto ( $I_d$ ) se define que su producto ha de ser menor o igual a la tensión de contacto límite. ( $U_L$ ) [20]

$$R_A \times I_d \leq U_L \quad (14.1)$$

A la hora de elegir el interruptor diferencial se deberá tener en cuenta que su intensidad nominal ( $I_N$ ) deberá ser mayor a la intensidad del magnetotérmico para que éste último pueda proteger de forma eficaz.

### 14.3. Contra sobretensiones

Hay dos tipos de sobretensiones:

- Transitorias, que consisten en un aumento muy elevado (kV) y brusco de la tensión, pero de muy poca duración, generalmente de microsegundos, que suelen ser causados por el impacto de rayos durante tormentas eléctricas.

- Permanentes, consiste en un aumento menos elevado, hasta del 10%, durante un periodo de tiempo no determinado producto de la descompensación de las fases de la instalación eléctrica.

Para las primeras el ITC-BT-23 aconseja el uso de dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias si la instalación está radicada en un territorio donde la frecuencia anual de tormentas sea mayor de 25, como es en el caso de las instalaciones del presente proyecto. Otro objeto importante de la protección contra rayos directos son los pararrayos, ya existente en la instalación eléctrica del edificio.

Para las segundas el REBT las hace obligatorias en el caso de edificios residenciales, en el caso de las oficinas consideramos que su uso es beneficioso tanto para la protección de las personas como de la instalación, equipos y dispositivos.

Teniendo en cuenta lo anterior se usará un dispositivo de protección que actúa tanto contra sobretensiones transitorias y permanentes.

#### **14.4. Armónicos**

Debido a la existencia de electrónica de potencia en las instalaciones es posible que puedan surgir problemas derivados de la presencia de armónicos.

Los armónicos son ondas sinusoidales que poseen una frecuencia que es múltiple entero de la frecuencia de la onda fundamental. Por ejemplo, el quinto armónico de una onda fundamental de 50 Hz sería de 250 Hz. Los armónicos provocan la distorsión de la onda fundamental.

La presencia de los armónicos impacta negativamente en las instalaciones con efectos como:

- Sobre calentamiento
- Acortamiento y del ciclo de vida y daño de los equipos eléctricos.
- Accionamiento incorrecto de interruptores magnetotérmicos.
- Deterioro del aislamiento en cables eléctricos.
- Aumento del consumo eléctrico.
- Mayor caída de tensión.

Para saber si surgirán problemas en las instalaciones a raíz de ello se ha de tener en cuenta el concepto de Tasa de distorsión armónica o THD, que se define como:

$$THD\% = \frac{\sqrt{U_2^2 + \dots + U_n^2}}{U_1} \quad (14.2)$$

Al no tratarse de una instalación con gran presencia de equipos con cargas no-lineales que puedan provocar armónicos no se estima un valor superior al 1,5 % de THD. Al no ser comprobable mediante la información del fabricante al no mostrarla en los *datasheet* como en el caso de los equipos de climatización o no saber el modelo de los ordenadores y/o resto de electrodomésticos, se instalará un analizador de redes que, una vez instalado, proporcionará la información precisa de la instalación.

Se ha de recordar la instalación de un sistema de alimentación interrumpida SAI de clase online que aporta protección contra esta problemática.

## 14.5. Dispositivos

En resumen, los cuadros dispondrán de las siguientes protecciones:

- Un interruptor general automático de corte omnipolar destinado a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de 125 A.
- Interruptores diferenciales para cada uno de los receptores o grupo de receptores generalmente de 40 A, 30mA, para la protección contra contactos indirectos.
- Interruptores magnetotérmicos para cada uno de los receptores, destinado a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos
- Dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias y obligatorias.

También se usará un magnetotérmico de control de potencia (ICP) cuya función es cortar el suministro en caso de superar la potencia contratada, además de contribuir a evitar daños en la instalación.

Las protecciones se han realizado para tratar de proteger los diferentes elementos sin intervenir en el funcionamiento de otros que estén “aguas arriba”, permitiendo que en caso de desconexión de una de las líneas las demás puedan seguir funcionando correctamente y con seguridad.

El dimensionamiento de las protecciones se hará a partir de los cálculos del apartado 11.

<b>PROTECCIONES</b>			
<b>Rec.</b>	<b>PIA (A)</b>	<b>I<sub>n</sub>D (A)</b>	<b>I<sub>Δ</sub>D (mA)</b>
<b>ALUMBRADO</b>			
<b>1.1-L1</b>	10	40	30
<b>1.1-L2</b>	10		
<b>1.1-L3</b>	10		
<b>1.1-L4</b>	10		
<b>1.1-L5</b>	10	40	30
<b>1.1-L.6.1</b>	10		
<b>1.1-L6.2</b>	10		
<b>1.1-L.6.3</b>	10		
<b>1.1-L7</b>	10	40	30
<b>1.1-L8.1</b>	10		
<b>1.1-L8.2</b>	10		
<b>1.1-L.9</b>	10	40	30
<b>1.1-L10</b>	10		
<b>1.1-L11</b>	10		
<b>1.1-L12</b>	10		
<b>1.1-L13</b>	10	40	30
<b>1.1-L15</b>	10		
<b>1.1-L15</b>	10		
<b>1.1-L16</b>	10	40	30
<b>1.1-L16</b>	10		
<b>FUERZA</b>			
<b>1.1-L17</b>	20	40	30
<b>1.1-L18</b>	16		
<b>1.1-L19</b>	16	40	30
<b>1.1-L20</b>	16		
<b>1.1-L21</b>	16	40	30
<b>1.1-L22</b>	16		
<b>1.1-L23</b>	20	40	30
<b>1.1-L24</b>	16	40	30
<b>1.1-L25</b>	16		
<b>1.1-L26</b>	16	40	30
<b>1.1-L27</b>	16	40	30
<b>1.1-L28</b>	16	40	30
<b>1.1-L29</b>	16	40	30
<b>1.1-L30</b>	16	40	30

Rec.	PIA (A)	I <sub>n</sub> D (A)	I <sub>Δ</sub> D (mA)
<b>FUERZA</b>			
<b>1.1-L31</b>	16	40	30
<b>1.1-L32</b>	16	40	30
<b>1.1-L33</b>	16	40	30
<b>1.1-L34</b>	16	40	30
<b>1.1-L35</b>	16	40	30
<b>1.1-L36</b>	16	40	30
<b>1.1-L37</b>	40	40	30
<b>1.1-L38</b>	16	40	30
<b>CUADRO SAI</b>			
<b>L.S.2</b>	20	40	30
<b>L.S.3</b>	16		
<b>L.S.4</b>	16	40	30
<b>L.S.5</b>	16		
<b>L.S.6</b>	16	40	30
<b>L.S.7</b>	20		
<b>L.S.8</b>	16	40	30

**Tabla 14.1:** Resumen de PIA y diferenciales.

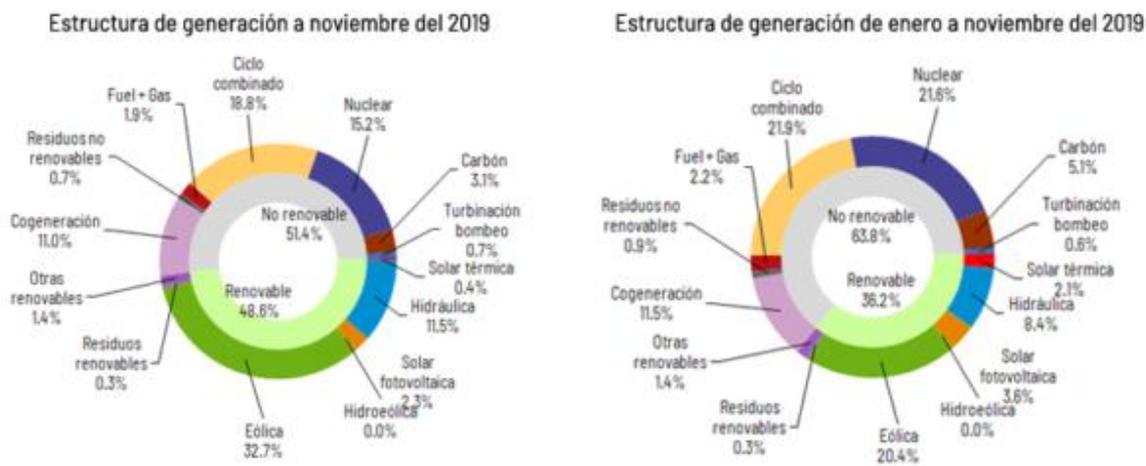
## 15. Impacto medioambiental

Desde el punto de vista medioambiental el desarrollo del TFG no comporta un impacto medioambiental elevado, pero, unas instalaciones mal proyectadas pueden tener un impacto considerable en el futuro. Respetar los reglamentos y hacer uso de tecnologías eficientes se contribuirán a reducir este impacto.

Como a impacto residual se tiene que tener en cuenta la impresión del documento, el coste del reciclaje del papel y la energía consumida por el equipo en la redacción de la memoria y el uso del software.

A pesar de que el proyecto no incluye su ejecución es necesario hacer un análisis de los posibles efectos adversos medioambientales que puedan derivarse de éste; el más evidente viene dado por el aumento del consumo eléctrico derivado de la aplicación del proyecto al aumentar la potencia consumida.

Pese al aumento constante del tanto por ciento de energía eléctrica procedente de fuentes renovables en el estado español, la mayor parte sigue teniendo como origen fuentes no renovables.



**Figura 15.1:** Procedencia de energía eléctrica en 2019. Origen: EFE.

Esto comporta que se contribuya a efectos como la generación de residuos radiactivos, impacto negativo sobre la fauna en parques eólicos, emisión de CO<sub>2</sub>, contaminación del terreno, entre otros.

A partir del análisis de las tablas ambientales presentes en los anexos se ha establecido que la mayoría de riesgos vienen asociados a la futura instalación del proyecto, ya sea por posibles accidentes durante la instalación, el proceso de fabricación de los materiales a utilizar como el aumento del consumo comentado anteriormente.

## **16. Propiedad intelectual**

La realización del objeto del TFG no tiene como finalidad la creación de una patente ni tampoco se considera un apartado conflictivo al tratarse un proyecto de oficina técnica en el que no entra el desarrollo de nuevas metodologías o productos.

## **17. Conclusiones**

A lo largo del documento se han desarrollado las instalaciones necesarias para conseguir el propósito del trabajo.

Para el diseño del sistema de iluminación se ha realizado un estudio mediante Dialux que cumpliera las características de nivel medio de iluminación recomendados por la guía técnica de eficiencia energética en iluminación, además se ha diseñado un sistema de alumbrado de emergencia con el uso de lámparas que también aportan valor al marcar el recorrido de emergencia.

Para la instalación eléctrica se han dimensionado las cargas del circuito, calculando el total de la potencia de las cargas en 47 kW, se ha establecido la distribución de la instalación en un cuadro general y un cuadro alimentado por SAI. Se han estudiado problemas de seguridad y se han establecido unas protecciones.

Para el diseño de las instalaciones de climatización se han calculado las cargas térmicas de las oficinas de forma individualizada por cada uno de los locales en las que se distribuyen, se han empleado las guías técnicas del IDEA y otros documentos como ayuda, dando, finalmente, una solución conforme los resultados obtenidos.

Para el sistema de detección de incendios se han estudiado los equipos señalados en el RIPCI se ha establecido una solución conforme la normativa, combinando un sistema de extinción mediante extintores y un sistema de detección mediante detectores de humo y pulsadores manuales.

El presupuesto asciende a 189.046 €uros. Los cálculos se han hecho principalmente mediante el uso de tablas y fórmulas en Excel.

Personalmente el proyecto me ha proporcionado una mayor experiencia en el desarrollo de proyectos e iniciativa para la solución de los problemas que se presentan. Además, me ha permitido comprender mejor el funcionamiento de las instalaciones de climatización y máquinas térmicas que por el itinerario académico no he podido ver en otros créditos.

También he podido familiarizarme con las normativas que regulan las diferentes instalaciones. Todo ello ha hecho que la realización del trabajo me haya permitido reforzar el conocimiento adquirido durante los cuatro años anteriores.

## 18. Referencias

- [1] IDAE (2019). Guia Técnica. Eficiencia Energética en Iluminación: Oficinas. Recuperado el 18 de enero de 2020 <https://www.idae.es/publicaciones/guia-tecnica-de-eficiencia-energetica-en-iluminacion-oficinas>
- [2] Efectoled. (2017). Niveles de iluminación recomendados en viviendas. Recuperado el 18 de enero 2020 de: <https://www.efectoled.com/blog/niveles-iluminacion-recomendados-viviendas/>
- [3] Saint-Gobain (2017) Confort y ahorro de las cuatro estaciones del año. Recuperado el 21 de febrero de 2020 de [https://es.saint-gobain-building-glass.com/sites/saint-gobain-building-glass.com/files/2018-01/41\\_1510919741\\_1.pdf](https://es.saint-gobain-building-glass.com/sites/saint-gobain-building-glass.com/files/2018-01/41_1510919741_1.pdf)
- [4] European Comission (2020) Photovoltaic Geographical Information System. Recuperado el 27 de febrero de [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html#DR](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#DR)
- [5] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (2010) Condiciones climaticas exteriores de proyecto. Recuperado el 6 de Marzo: [https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_12\\_Guia\\_tecnica\\_condicion\\_es\\_climaticas\\_exteriores\\_de\\_proyecto\\_e4e5b769.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_12_Guia_tecnica_condicion_es_climaticas_exteriores_de_proyecto_e4e5b769.pdf)
- [6] Soloingenieria (2010) Cargas térmicas en pasillos y baños. Recuperado el 6 de Marzo de <https://soloingenieria.net/foros/viewtopic.php?f=10&t=27725>
- [7] Soler i Palau (2018). Humedad relativa, específica y absoluta. Recuperado el 12 de Marzo de <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/humedad-relativa-especifica-absoluta/>
- [8] Ingmecánica (2020) Guía para el Cálculo de Cargas Térmicas en los Edificio. Recuperado el 18 de Marzo de: <https://ingmecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn255.html>
- [9] IDAE (2012). Guia Técnica. Instalaciones de climatización con equipos autónomos. Recuperado el 17 de enero de 2020 de: [https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_17\\_Guia\\_tecnica\\_instalaciones\\_de\\_climatizacion\\_con\\_equipos\\_autonomos\\_f9d4199a.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_17_Guia_tecnica_instalaciones_de_climatizacion_con_equipos_autonomos_f9d4199a.pdf)

- [10] Sabelotodp.org (2018) Aire acondicionado. Recuperado el 13 de abril de: <http://www.sabelotodo.org/aparatos/aireacondicionado.html>
- [11] Carlos Nergiza (2018) Aire acondicionado por conducto: lo que tienes que saber. Recuperado el 15 de abril de: <https://nergiza.com/aire-acondicionado-por-conductos-todo-lo-que-tienes-que-saber/>
- [12] LG 360 Partner (2018) Tarifa . Recuperado el 23 de abril de: <https://www.ecoclimagroup.com/img/cms/tarifa-lg-2018.pdf>
- [13] Tecna Aspirnova (2018) Recuperadores de calor. Recuperado el 23 de abril de: [https://www.tecna.es/images/pdfadjunto/Aspirnova%202018\\_OKBaja.pdf](https://www.tecna.es/images/pdfadjunto/Aspirnova%202018_OKBaja.pdf)
- [14] Ministerio de Fomento. (2019) Documento Básico HS. Salubridad. Recuperado el 18 de abril de: <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/salubridad/DBHS.pdf>
- [15] KoolAir. (2019) Lista de precios. Recuperado el 20 de abril de: <https://www.saneamientosdimasa.es/descargas/KOOLAIR%202019.pdf>
- [16] Fundación Musat (2018) Guía de instalaciones protección contra incendios en edificios. Recuperado el 14 de mayo de : [https://fundacionmusaat.musaat.es/files/Guia\\_%20instalaciones%20\\_protecciones%20\\_contra%20\\_incendios.pdf](https://fundacionmusaat.musaat.es/files/Guia_%20instalaciones%20_protecciones%20_contra%20_incendios.pdf)
- [17] Notifier (2019) Catálogo de productos: Sistema de detección y extinción de incendios . Recuperado el 15 de mayo de: [https://www.notifier.es/documentacion/catalogos/Notifier%20Product%20Catalogue\\_2019\\_ES.pdf](https://www.notifier.es/documentacion/catalogos/Notifier%20Product%20Catalogue_2019_ES.pdf)
- [18] Nosoloextintores (2015) Tipos de fuegos y diferencias entre extintores. Recuperado el 15 de mayo de: <https://nosoloextintores.com/noticias/tipos-de-fuegos-y-diferencias-entre-extintores-abc-y-co2/>
- [19] Ministerio de Ciencia y Tecnología (2003). Guia Técnica de instalación: instalaciones de enlace. Previsión de cargas para suministro de baja tensión. Recuperado el 16 de enero de 2020 de: [http://www.f2i2.net/legislacionseguridadindustrial/rebt\\_guia.aspx](http://www.f2i2.net/legislacionseguridadindustrial/rebt_guia.aspx)

- [20] Ministerio de Industria, Energía y Turismo (2012) Guía Técnica de Aplicación: Protección de instalaciones interiores. GUIA-BT-23 Recuperado el 20 de Mayo de: [http://www.f2i2.net/Documentos/LSI/rbt/guias/guia\\_bt\\_23\\_jul12R2.pdf](http://www.f2i2.net/Documentos/LSI/rbt/guias/guia_bt_23_jul12R2.pdf)