Universitat Oberta de Catalunya

uoc.edu

Automatización de un edificio de Oficinas

Francisco Jesús Ortega Hidalgo
Master en Ingeniería de telecomunicación
Smart Cities

David García Vizcaino
David Crespo García

27/12/2021

Esta obra está sujeta a una licencia de Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 España de Creative Commons

Licencias alternativas (elegir alguna de las siguientes y sustituir la de la página anterior)

A) Creative Commons:

Esta obra está sujeta a una licencia de Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 España de Creative Commons

Esta obra está sujeta a una licencia de Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 España de Creative Commons

Esta obra está sujeta a una licencia de Reconocimiento-NoComercial 3.0 España de Creative Commons

Esta obra está sujeta a una licencia de Reconocimiento-SinObraDerivada 3.0 España de Creative Commons

Esta obra está sujeta a una licencia de Reconocimiento-CompartirIgual 3.0 España de Creative Commons

Esta obra está sujeta a una licencia de Reconocimiento 3.0 España de Creative Commons

B) GNU Free Documentation License (GNU FDL)

Copyright © AÑO TU-NOMBRE.

Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.3 or any later version published by the Free Software Foundation; with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts.
A copy of the license is included in the section entitled "GNU Free Documentation License".

C) Copyright

© (el autor/a)
Reservados todos los derechos. Está prohibido la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la impresión, la reprografía, el microfilme, el tratamiento informático o cualquier otro sistema, así como la distribución de ejemplares mediante alquiler y préstamo, sin la autorización escrita del autor o de los límites que autorice la Ley de Propiedad Intelectual.

FICHA DEL TRABAJO FINAL

Título del trabajo:	*Automatización de un edificio de oficinas*
Nombre del autor:	*Francisco Jesús Ortega Hidalgo*
Nombre del consultor/a:	*David García Vizcaino*
Nombre del PRA:	*David Crespo García*
Fecha de entrega (mm/aaaa):	12/2021
Titulación:	*Master en Ingeniería de Telecomunicación*
Área del Trabajo Final:	*Smart Cities*
Idioma del trabajo:	*Castellano*
Palabras clave	*Automatización, Domótica, Inmótica*

Resumen del Trabajo (máximo 250 palabras): *Con la finalidad, contexto de aplicación, metodología, resultados i conclusiones del trabajo.*

Nos encontramos en una posición mundial en la cual debemos de cuidar de nuestro planeta, para que podamos seguir en él durante muchos más años.
Es por ello, ahora más que nunca, que debemos de tratar el ahorro energético y la eficiencia energética, pues son fundamentales para el cuidado del medio ambiente.

En el presente trabajo, se propone un sistema de gestión de un edificio de oficinas, enfocado en el control de los sistemas de iluminación, climatización y cerramientos, gracias a dispositivos y aplicaciones domóticas.

Con dicha gestión se pretende evaluar, controlar y optimizar su consumo, llegando de esta manera a poder mejorar la eficiencia energética y su impacto en el medio ambiente, que además se repercute con la obtención de un mayor ahorro económico.

Además, también servirá para obtener unas mejores calidades para las personas que trabajan en el edificio, pues siempre dispondrán de la iluminación y temperatura más adecuada en cada momento del día.

Abstract (in English, 250 words or less):

We are in a global position in which we must take care of our planet, so that we can continue on it for many more years.

That is why, now more than ever, that we must address energy saving and energy efficiency, as they are essential for caring for the environment.

In the present work, a management system for an office building is proposed, focused on the control of lighting, air conditioning and enclosures, thanks to home automation devices and applications.

With this management it is intended to evaluate, control and optimize its consumption, thus reaching to be able to improve energy efficiency and its impact on the environment, which also has an impact on obtaining greater economic savings.

In addition, it will also serve to obtain better qualities for the people who work in the building, since they will always have the most suitable lighting and temperature at all times of the day.

Índice

1. Introducción …….. 5
    1.1 Contexto y justificación del Trabajo …….. 5
    1.2 Objetivos del Trabajo …….. 7
    1.3 Enfoque y método seguido ……. 8
    1.4 Planificación del Trabajo ……. 9
    1.5 Breve sumario de productos obtenidos …… 11
    1.6 Breve descripción de los otros capítulos de la memoria …… 12
2. Estado del arte …… 13
    2.1. Análisis de partida ……. 13
    2.2 Metodología Canvas …….. 13
    2.3 Variables de análisis ……... 14
        2.3.1 Elementos de Iluminación …… 14
        2.3.1.1 Evolución de la Iluminación ……. 14
        2.3.1.2 Regulación de la Iluminación …….. 15
        2.3.2 Elementos de Climatización …… 17
        2.3.2.1 Tipos de Climatización ……. 17
        2.3.2.2 Gestión de la calidad del aire …….. 19
    2.4 Protocolos de Domótica e Inmótica …….. 20
        2.4.1 KNX ……. 20
        2.4.2 BodBus …… 21
        2.4.3 Loxone …… 21
        2.4.4 Z-wave …… 22
    2.5 Normativa vigente …… 23
    2.6 Soluciones Existentes ……. 23
3. Diseñor del edificio actual ……. 24
    3.1 Ámbito de Actuación …… 24
    3.2 Estado Actual …… 25
    3.3 Consumo Energético Actual …….. 34
4. Diseño de la solución propuesta …… 37
    4.1 Elección de los Nuevos Elementos …… 37
        4.1.1 Sistema de Regulación …..…… 37
        4.1.2 Sistema de Climatización …….. 38
        4.1.3 Sistema de Automatización …….. 38
        4.1.4 Producto final ……... 39
    4.2 Elementos a Automatizar …….. 41
        4.2.1 Control de los elementos de Iluminación ……. 41
        4.2.2 Control de los elementos de Climatización ……. 46
        4.2.3 Control de los elementos de Cerramiento …… 48
    4.3 Protocolo KNX …… 50
    4.4 Consumo Energético …….. 55
5. Valoración económica …….. 60
    5.1 Presupuesto de los nuevos elementos …… 60
    5.2 Análisis de los consumos energéticos …….. 62
    5.3 Predicción de amortización del sistema de Automatización . 63
6. Conclusiones …… 65
7. Glosario …… 67
8. Bibliografía ……... 68
9. Anexos …… 73
    9.1 Programación y Puesta en marcha ETS …… 73
        9.1.1 Creación del edificio e integración …… 73
        9.1.2 Parametrización de los elementos …… 76
        9.1.3 Prueba real del ETS …… 81

Lista de figuras

Figura 1 Optimización de una vivienda ……... 06
Figura 2 Diagrama de Gantt de la planificación del proyecto ……..…10
Figura 3 Evolución de la iluminación – de incandescencia a LED ……..14
Figura 4. Esquema conexionado Reg. Corte de Fase …… 15
Figura 5. Esquema conexionado Reg. 1-10 con Interruptor y Relé …….. 16
Figura 6. Esquema conexionado Reg. DALI …….. 16
Figura 7. Climatización bomba de calor …… 17
Figura 8. Esquema de Expansión Directa …… 18
Figura 9. Esquema de Expansión Indirecta …….. 18
Figura 10. Agentes Contaminantes…… 19
Figura 11. Ventilación de simple flujo y de doble flujo…… 19
Figura 12. Arquitectura básica KNX …….. 20
Figura 13. Arquitectura básica ModBus …… 21
Figura 14. Arquitectura básica Loxone …….. 22
Figura 15. Arquitectura básica Z-Wave …… 22
Figura 16. Cara Norte del Edificio de Oficinas …… 24
Figura 17. Cara Sur del Edificio de Oficinas …… 24
Figura 18. Cara Este del Edificio de Oficinas ……..…… 24
Figura 19. Cara Oeste del Edificio de Oficinas …… 24
Figura 20. Leyenda de Luminarias …… 25
Figura 21. Plano Iluminación Planta Baja ……..…… 26
Figura 22. Plano Iluminación Planta Primera ..…… 27
Figura 23. Plano Iluminación Planta Segunda …… 28
Figura 24. Leyenda de Climatización …..…..…… 29
Figura 25. Tabla Consumo Fan-Coils …..…… 29
Figura 26. Plano Climatización Planta Baja …..…… 30
Figura 27. Plano Climatización Planta Primera …… 31
Figura 28. Plano Climatización Planta Segunda ..…… 32
Figura 29. Tabla Consumo Iluminación ……..…… 34
Figura 30. Tabla Consumo Climatización ……..…… 35
Figura 31. Tabla Nuevos Elementos ……..…… 40
Figura 32. Plano Iluminación Circuitos/DALI Planta Baja …….. 42
Figura 33. Plano Iluminación Circuitos/DALI Planta Primera …….. 43
Figura 34. Plano Iluminación Circuitos/DALI Planta Segunda …….. 44
Figura 35. Plano ejemplo Iluminación …… 45
Figura 36. Plano ejemplo Climatización …… 47
Figura 37. Plano ejemplo Cerramiento ……..… 49
Figura 38. Plano Elementos KNX Planta Baja …….. 51
Figura 39. Plano Elementos KNX Planta Primera ..…….. 52
Figura 40. Plano Elementos KNX Planta Segunda …….. 53
Figura 41. Plano Elementos KNX De Cuadro …….. 54
Figura 42. Salida y Puesta del Sol Madrid …… 55
Figura 43. Temperaturas Medias Madrid …….. 58
Figura 44. Presto Precios de los elementos …….. 61
Figura 45. Presto Precio cableado e instalación …….. 61
Figura 47. Factura antes de la automatización ……..… 63
Figura 47. Factura después de la automatización …….. 64

1. Introducción

1.1 Contexto y justificación del Trabajo

Las ciudades actuales, deben de estar basadas en infraestructuras eficientes y ser capaces de mejorar el confort de los ciudadanos, siendo cada vez más eficaces y brindando nuevos servicios de calidad, mientras que se respetan al máximo los aspectos ambientales y el uso prudente y en declive de los recursos naturales no renovables.

A estas ciudades se las conoce como Smart Cities, vinculadas a un tipo de desarrollo urbano basado en la sostenibilidad que es capaz de responder adecuadamente a las necesidades básicas de instituciones, empresas, y de los propios habitantes, tanto en el plano económico, como en los aspectos operativos, sociales y ambientales.[1]

Los principales subsistemas de una Smart City son:
Generación distribuida: Las ciudades inteligentes cuentan con generación eléctrica repartida por el territorio, a través de un abastecimiento individualizado, no centralizado.
Smart Grids: Redes inteligentes interconectadas, las cuales poseen una circulación bidireccional de datos entre el service center y el usuario.
Smart Metering: Medición inteligente de los datos de gasto energético de cada usuario, a través de telecontadores donde se realizan las lecturas a distancia y a tiempo real.
Smart Buildings: Los edificios de la Smart City se convierten en inteligentes como modelo de eficiencia. Edificios domóticos que respetan el medioambiente y que poseen sistemas de producción de energía integrados.
Smart Sensors: Los sensores inteligentes tienen la función de recopilar todos los datos necesarios para mantener la ciudad conectada e informada, y hacer que cada subsistema cumpla su función.
eMobility: Implantación del vehículo eléctrico y los respectivos puestos de recarga públicos y privados.
Tecnologías de la información y la comunicación: Tecnologías de la información que ayudan a la hora de controlar los diferentes subsistemas, mediante ellos, los ciudadanos y las entidades administrativas pueden participar activamente en el control de la ciudad.
Smart Citizen: Los ciudadanos son sin duda la parte fundamental de una Smart City, ya que sin su participación activa no es posible poder llevar a cabo estas iniciativas.[2]

Para nuestro proyecto nos centraremos en el subsistema de Smart Buildings.
Donde un edificio inteligente es aquel que centra sus objetivos en optimizar diferentes aspectos relativos a la vivienda y, para ello, reúne las siguientes características:

- Tiene sistemas de consumo eficiente para el ahorro de energía y agua.
- Emplea la domótica para la integración de todos los sistemas de control del edificio para centralizarlos y automatizarlos.
- Es flexible para poder adaptarse a las nuevas tecnologías que van surgiendo.
- Es respetuoso con el medio ambiente integrándose con el entorno en el que se ubica y apostando por el uso de energías alternativas.
- Cuida la estética y el confort para garantizar el bienestar de sus habitantes.
- Disminuye costes gracias a la reducción en el consumo energético, así como al uso de materiales más resistentes que alargan la vida útil del edificio.

Figura 1 Optimización de una vivienda

Donde debemos de destacar, la importancia que se concede por parte de las políticas públicas:
Tanto normativo, donde se ha estado trabajando en una norma UNE durante estos últimos años (UNE178108:2017).[3]
Como en convocatorias de ayudas públicas, para el fomento de los edificios públicos inteligentes que forma parte del Plan Nacional de Territorios Inteligentes. [4]

Por todo ello, se propone y plantea un sistema de gestión en un edificio de oficinas existente, que actualmente se encuentra sin un sistema de control eficiente.
Nos enfocaremos en el control de los sistemas de iluminación, climatización y cerramientos, gracias a dispositivos y aplicaciones domóticas.
Con ellos podremos evaluar, controlar y optimizar su consumo, llegando de esta manera a poder mejorar la eficiencia energética y su impacto en el medio ambiente. [5,6]

1.2 OBJETIVOS DEL TRABAJO

Partiendo del objetivo principal de querer gestionar un edificio de oficinas que ya se encuentra en uso, el cual actualmente no dispone de un sistema de control eficiente. Nuestros objetivos están orientados a obtener un sistema que permita mejorar la eficiencia energética del edificio y mejorar las calidades de las personas que trabajan en él.

- Realización del estudio de los planos estructurales del edificio.
  Para ello necesitamos:
    Recopilación de planos con la estructura del edificio y su posición.
    Recopilación de planos con los elementos de iluminación.
    Recopilación de planos con los elementos de climatización.

- Analizar el consumo del edificio de oficinas sin elementos de gestión.
  Para a posterior poder realizar una comparación de consumos una vez esté el edificio gestionado.
  Para ello necesitamos:
    Recopilación del consumo por elementos de iluminación.
    Recopilación del consumo por elementos de climatización.

- Analizar información del ambiente tanto dentro como fuera del edificio de oficinas.
  Si conocemos la temperatura del interior a la cual los trabajadores suelen estar y conocemos la temperatura media del exterior, junto con las caras del edificio más afectadas por el sol, podremos gestionar un control del clima más eficaz.
  Para ello necesitamos:
    Recopilación de temperaturas del interior.
    Recopilación de temperaturas del exterior.
    Recopilación de factores meteorológicos.

- Analizar información de sensores, actuadores y tecnología necesaria.
  Con ello seleccionaremos aquellos que mejor se adapten al diseño del producto, para así cubrir las necesidades a las que se quiere aportar una solución.
  Para ello necesitamos:
    Recopilación de sensores y actuadores del mercado.
    Recopilación de tecnologías para la implementación.

- Diseño del edificio de oficinas automatizado con los elementos de gestión.
  A partir de estos análisis anteriores, podremos diseñar el funcionamiento en conjunto de todos los elementos con los que cubriremos las necesidades establecidas.

- Valoración económica antes y después de la gestión del edificio.
  Con ella verificaremos que el trabajo y estudio realizado cumple los criterios establecidos, por tanto, podremos tener un edificio gestionado eficientemente.

1.3 ENFOQUE Y MÉTODO SEGUIDO

La estrategia a emplear para cumplir con los objetivos consiste en adaptar el diseño de un conjunto de productos existentes, que permita la mejor y más eficaz gestión del edificio.

Como partimos de un edificio que se encuentra actualmente en uso, se realizará una labor de ingeniería para diseñar, a partir de estos productos elegidos, el sistema propuesto. La cual se lleva a cabo mediante una serie de sensores y actuadores que permitirán el control de la iluminación, de la climatización y de los cerramientos.

Para la ejecución del proyecto se opta por aplicar la metodología de propuesta de valor Canvas, adaptada para nuestro caso, pero siguiendo sus diferentes fases.

Primeramente, se debe de observar y analizar los problemas a resolver, para así atender las necesidades reales.

A continuación, se diseñará aquel producto con el que dar la mejor solución.

Con ello pasaremos a la validación, donde se trabaja sobre una hipótesis de cliente, relacionada con lo que creemos que serán los problemas del cliente. Y con una hipótesis de valor, relacionada con aquellos aspectos y funcionalidades que creemos que van a satisfacer las necesidades del cliente.

Por último, en el caso de que no se consiguieran validar las hipótesis, se volvería a iterar desde el principio hasta acercarse a la solución deseada.[7]

1.4 Planificación del Trabajo

La planificación del trabajo se divide en cinco grandes tareas, que serán el resultado de las cinco PECs (Pruebas de Evaluación Continua) de dicha asignatura:

Introducción y planificación (15/09/2021 – 26/09/21)
Se redacta la introducción del proyecto, el cual consiste en su resumen, contexto y justificación, objetivos, enfoque y método seguido y planificación.

Estado del arte (27/09/21 – 10/10/21)
Se hace un estudio de los tipos de sensores, actuadores, tecnologías de estos y las formas de comunicación entre los sensores y la aplicación, para posteriormente seleccionar el que mejor se adapte a nuestra solución.
Se enumeran las soluciones existentes que distintas empresas y fabricantes han dado a los problemas descritos y se comparan con el mismo.

Diseño de la solución (11/10/21 – 03/12/21)
En esta fase se obtendrá el producto del proyecto, el cual consistirá en una primera parte donde se define la problemática a resolver, se propone una solución y se valida dicha solución.
En la segunda parte se deciden los sensores a usar y se define la tecnología y arquitectura de la solución. Seguidamente, se diseña e implementa la solución dada.

Redacción de la memoria (04/12/21 – 27/12/21)
Se redacta la versión final de la memoria del trabajo, tiene que incluir desde la idea inicial hasta la elaboración del producto, pasando por el estado del arte y el diseño. Además, se incluirán secciones pendientes
o incompletas, incluyendo referencias, figuras y conclusiones para su
posterior evaluación.

Defensa TFM (28/12/21 – 05/01/22)
El objetivo de esta tarea es la de preparar una presentación y realizar la defensa del trabajo. Finalizando con la resolución de las preguntas realizadas por el tribunal.

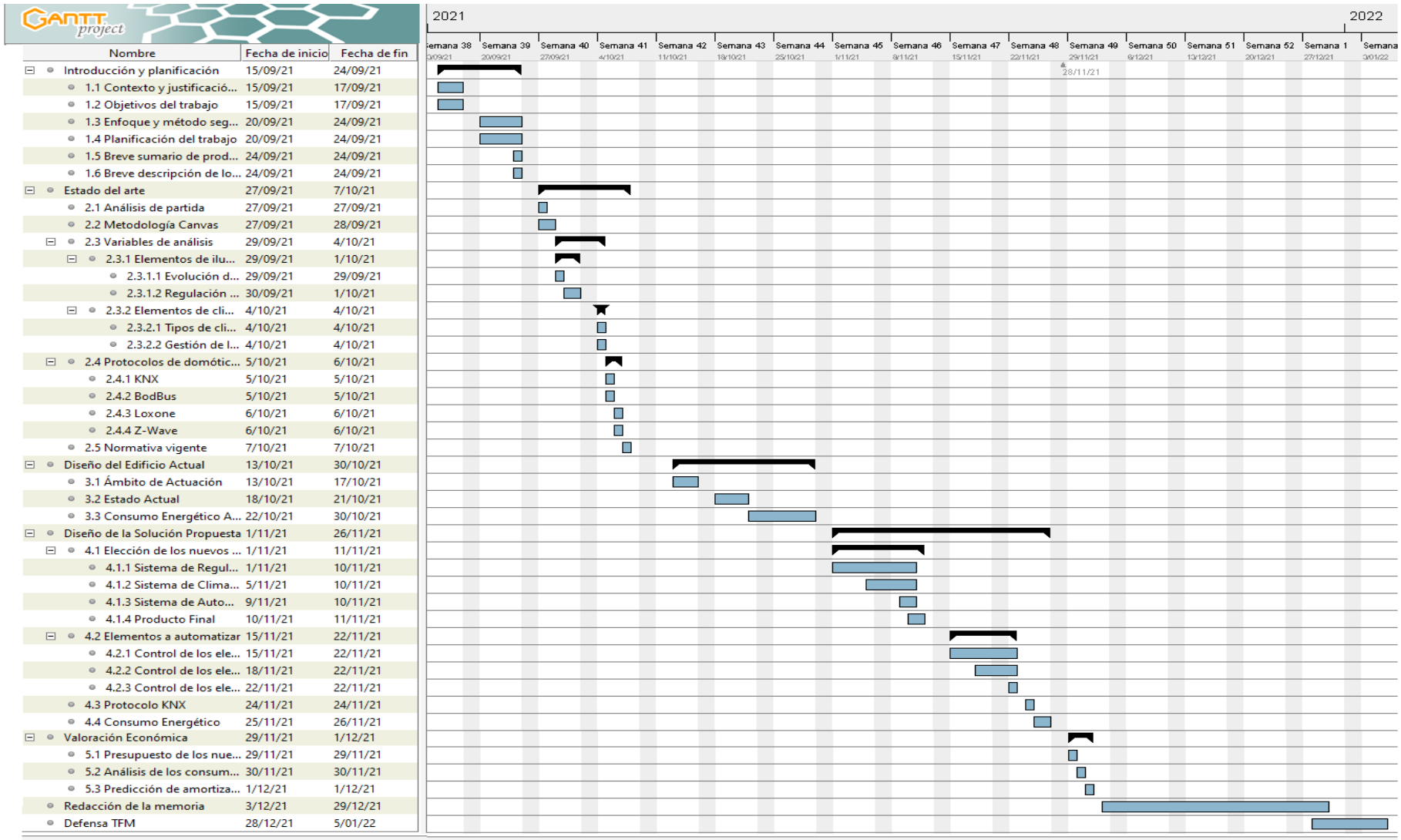


Figura 2 Diagrama de Gantt de la planificación del proyecto

1.5 BREVE SUMARIO DE PRODUCTOS OBTENIDOS

Se ha diseñado una solución para la gestión de un edificio de oficinas, donde partíamos de un edificio en funcionamiento, pero que carecía de sistemas de control domotizados.

Es por ello que tenemos como resultados dos objetivos principales. Por un lado, el ahorro energético y la eficiencia energética sobre este edificio, y por el otro, la obtención de unas mejores calidades para las personas que trabajan en él.

Todo ello, ha dado como resultado la obtención de un conjunto de productos:

- Recopilación de información.
    - Planos con la estructura del edificio y su posición.
    - Planos con los elementos de iluminación.
    - Planos con los elementos de climatización.
- Recopilación de consumos de iluminación y climatización.
- Análisis de temperaturas ambientales (internas y externas) y factores meteorológicos.
- Recopilación de información de sensores, actuadores y tecnología a implantar.
- Diseño del edificio de oficinas automatizado con los elementos de gestión.
- Comparación de valoraciones económica antes y después de la gestión del edificio.
- Memoria del presente Trabajo Fin de Máster

1.6 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS OTROS CAPÍTULOS DE LA MEMORIA

2. Estado del arte.
Se realiza un análisis y estudio de los tipos de sensores, actuadores, tecnología de estos y las formas de
comunicación.
Por último, se analizan estudios similares que se hayan planteado por otras ingenierías.

3. Análisis de variables
Se realiza una recopilación de planos estructurales del edificio y del consumo de los elementos de iluminación y climatización.
Además, de un análisis de temperaturas ambientales y factores meteorológicos.

4. Diseño del sistema
A partir de estos análisis anteriores, podremos diseñar el funcionamiento en conjunto de todos los elementos con los que cubriremos las necesidades establecidas.

5. Valoración económica
Valoración económica antes y después de la gestión del edificio.
Con ella verificaremos que el trabajo y estudio realizado cumple los criterios establecidos, por tanto, podremos tener un edificio gestionado eficientemente.

6. Conclusiones
En este apartado se desarrolla las conclusiones derivadas de la realización del presente proyecto.

7. Glosario
En este apartado se lista los términos particulares utilizados en la memoria con su definición.

8. Bibliografía
En este apartado se lista las referencias bibliográficas.

2. Estado del arte

2.1. Análisis de partida

En este capítulo analizaremos con detalle el estado de la cuestión del ámbito del presente TFM. Presentaremos de forma simplificada los conceptos principales y contextualizaremos el entorno de trabajo.

Comenzaremos analizando el método Canvas, que estará presente en nuestros próximos apartados, donde intentaremos seguir con su metodología.

A continuación, realizaremos una investigación de las posibles variables que se nos presentan. Por un lado, centrados en la iluminación, analizaremos su evolución tecnológica a lo largo de los años y las posibles formas de regulación que existen hoy en día en el mercado. Por el otro lado, centrados en el clima, analizaremos los sistemas de climatización más utilizados en edificios de oficinas y cuáles son las posibilidades de gestionar su calidad del aire.

Se realizará un análisis de los protocolos de automatización de domótica e Inmótica más utilizados en España. El escogido se encargará del control de la iluminación y climatización, y por tanto de la gestión de nuestro edificio.

Finalizaremos con un repaso a la normativa vigente y como esta nos puede afectar a la hora de diseñar la gestión de nuestro edificio.

2.2 Metodología Canvas

El modelo canvas es una herramienta de gestión estratégica con la que poder analizar y crear modelos de negocio de forma simplificada.
Con ella podremos comprender el modelo de negocio de forma más directa y estructurada, pues se visualiza de manera global en un lienzo dividido, los principales aspectos que involucran al negocio y que giran en torno a la propuesta que se quiere ofrecer.

Fue desarrollado por el consultor de negocios Alexander Osterwalder y el profesor de sistemas de información y gestión Yves Pigneur.
Definieron 9 categorías para el modelo que representan los componentes básicos de una organización: [8,9]

Segmentos de clientes.
Propuesta de valor.
Canales.
Relaciones con clientes.
Fuente de ingresos.
Actividades clave.
Recursos clave.
Asociaciones clave.
Estructura de costes.

2.3 VARIABLES DE ANÁLISIS

2.3.1 Elementos de Iluminación

2.3.1.1 Evolución de la Iluminación.

La investigación es fundamental para la innovación y el desarrollo, para así adaptarnos y poder cubrir las necesidades del mundo actual.

Fruto de esta evolución en la tecnología, se ha ido produciendo un cambio progresivo en la iluminación, desde hace ya 130 años, cuando Thomas Alva Edison patento la bombilla incandescente de filamento de carbono, los investigadores y fabricantes han ido realizando un trabajo continuo de mejora del producto hasta llegar a la tecnología LED más avanzada en la actualidad. [10]

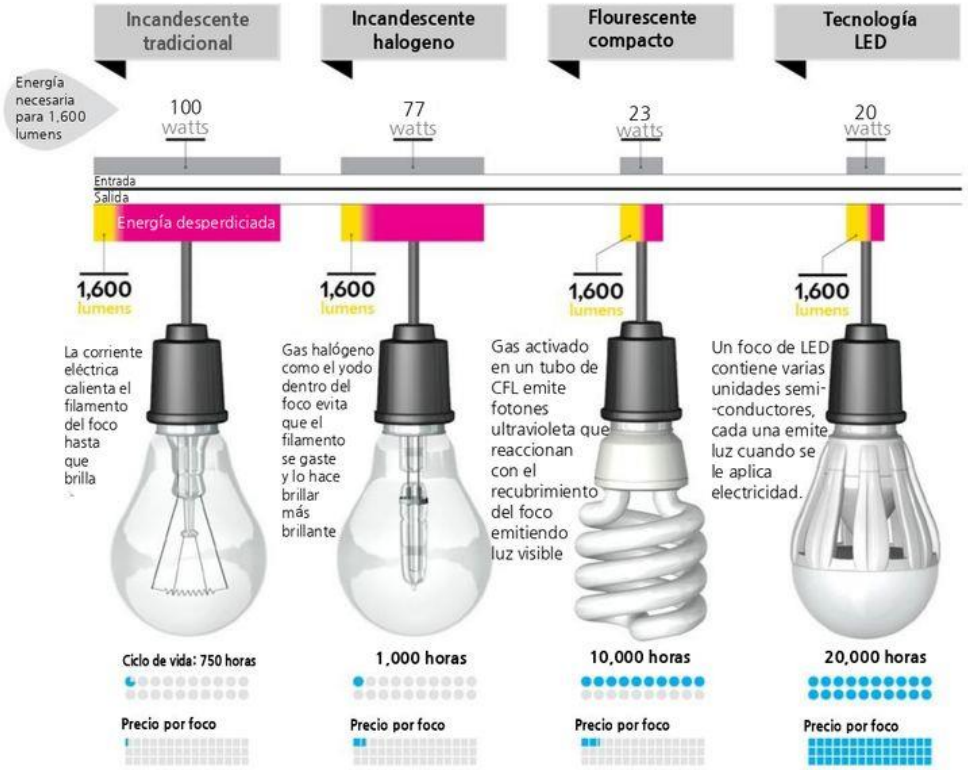


Figura 3 Evolución de la iluminación – de incandescencia a LED

Permitido ofrecer soluciones cada vez más eficientes, con mayor durabilidad y adaptadas a las necesidades de los usuarios, donde cabe destacar: [11,12]

- Un espectacular ahorro en consumo eléctrico, con una media de un 60% al usar iluminación LED respecto a la incandescencia.
- Un incremento de la vida útil de estos productos de iluminación, pudiendo llegar a tener veinte veces más de horas útiles y aumentar sus ciclos de encendidos (on/off) casi cien veces.

2.3.1.2 Regulación de la Iluminación

Fruto también de esta evolución, se nos brinda la posibilidad de realizar una regulación de la iluminación, esta consiste en la variación de la propia luminosidad, con el fin de poder dar más o menos intensidad a una luminaria según la necesidad de cada momento. Con ello obtendremos un mayor confort, una mayor longevidad de dichas luminarias y un mayor ahorro energético.

Existen cuatro formas de regulación, a las cuales se deberán de adaptar los reguladores del mercado actual, y/*o los protocolos de automatización de domótica e Inmótica*:

Regulación por corte de fase

La regulación se lleva a cabo recortando parte de la onda sinusoidal de la tensión de red, en mayor o menor medida.
Para ello, se conecta el regulador en serie entre la alimentación y el equipo.

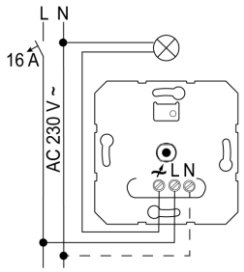


Figura 4. Esquema conexionado Reg. Corte de Fase. [13]

Existen dos tipos de reguladores por corte de fase:

- Corte de Fase Inicial: El recorte de la tensión de red se realiza al comienzo de la fase.
- Corte de Fase Final: El recorte de la tensión de red se realiza al final de la fase.

Según este recorte sea mayor, la tensión eficaz que le llega a lámpara es menor y de esta forma su luminosidad. [14]

Regulación 1-10

La regulación se lleva a cabo mediante un protocolo analógico para el control de reactancias electrónicas regulables o Drivers 1/10V.
Este protocolo permite la regulación del flujo luminoso entre 1 y 100% mediante la variación de una señal continua entre valores de 1V a A10V.

La regulación se lleva a cabo mediante una línea de control adicional de 2 hilos, con polaridad +/- que hay que respetar.

Este protocolo únicamente realizará la regulación, llegando a un mínimo de 1V. Así pues, si precisamos apagar la luminaria, el regulador tendrá que incorporar un interruptor o un relé que permite la desconexión física de la alimentación. [16]

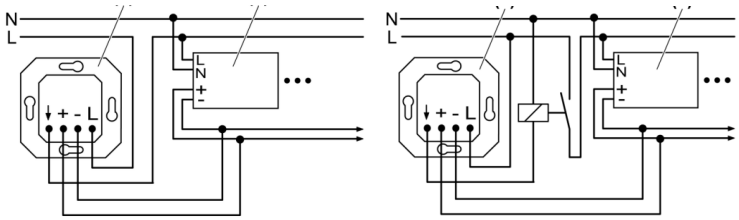


Figura 5. Esquema conexionado Reg. 1-10 con Interruptor y con Relé. [15]

Regulación DALI

La regulación se lleva a cabo mediante un protocolo digital y direccionable, siguiendo el estándar internacional IEC 62386.

Permite la compatibilidad e intercambiabilidad entre equipos de distintos fabricantes. Se trata de un sistema bidireccional, con una estructura formada por el controlador y uno o varios drivers.

La comunicación dentro del sistema se lleva a cabo mediante un bus o línea de control de 2 hilos.
El direccionamiento de cada uno de los componentes se puede realizar:

- Vía software: Hasta 64 drivers, individualmente. Hasta 16 drivers en grupos.
- Vía “broadcast”: Todos los drivers se controlar de manera simultánea. [18]

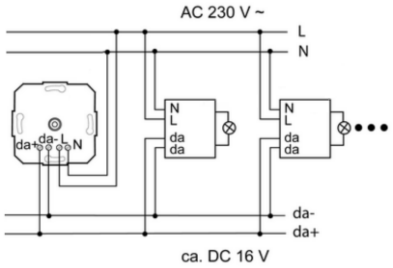


Figura 6. Esquema conexionado Reg. DALI. [17]

DMX

La regulación se lleva a cabo mediante un protocolo utilizado principalmente para el control de iluminación en escenarios y para la iluminación arquitectónica en fachadas.

El sistema permite la regulación de la intensidad lumínica, del encendido y apagado de la luminaria y de la gestión de color de esta.

Para su transmisión se utilizan cables de 3 o 5 pines, a una velocidad de transmisión de datos superior a los 250 Kb/s.
Podremos establece una comunicación bidireccional del máster con las luminarias y discriminar entre estas, puesto que funciona por direcciones con un máximo de 512 luminarias.
Cada agrupación de 512 canales se conoce como universo y es posible trabajar con varios universos en un mismo proyecto.[19]

2.3.2 Elementos de Climatización

2.3.2.1 Tipos de Climatización

Se define la climatización como la acción y el efecto de climatizar, es decir, el dotar a un espacio cerrado de las condiciones de temperatura, humedad relativa y calidad del aire necesarias para el bienestar de las personas y/o la conservación de las cosas.
Comprende tres factores fundamentales: la ventilación, la calefacción o climatización de invierno y la refrigeración o climatización de verano.

En el momento de decidir entre los equipos de climatización, debemos estudiar detenidamente las posibilidades existentes atendiendo a las demandas energéticas necesarias. A continuación, repasaremos los distintos sistemas de climatización del mercado actual.

Climatización por bomba de calor

La bomba de calor es una alternativa sostenible y con grandes beneficios pues gracias a su capacidad para capturar energía de fuentes naturales, inagotables y gratuitas, se considera altamente eficiente y respetuosa con el medioambiente.

Diseñada especialmente para climatizar la vivienda como para obtener agua caliente.

Su funcionamiento consiste en extraer el calor del ambiente exterior y transferirlo a un espacio interior.
Están formadas por un evaporador, un compresor, un condensador y una válvula de expansión. Además, en su interior hay un circuito con líquido refrigerante que absorbe el calor *del aire (aerotermia)*, *del suelo (geotermia)* o *del agua subterránea (hidrotermia)* y se convierte en vapor.[20]

- Tienen una elevada eficiencia, de hasta un 400%.
- Funciona con energía renovable.
- No genera emisiones de CO_2.
- Es limpia y cómoda.

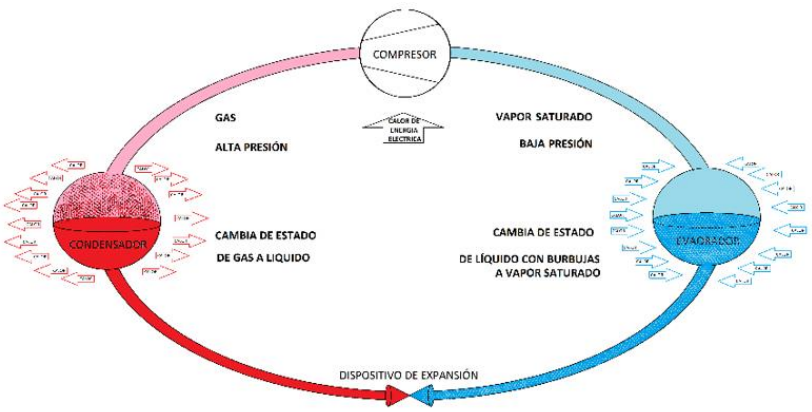


Figura 7. Climatización bomba de calor.

Sistemas de climatización de expansión directa

Los sistemas de expansión directa, son equipos de climatización compuestos de dos partes, una situada en el interior de la zona a climatizar y otra en el exterior, esta unidad es la que contiene el compresor y el condensador.

Diseñada especialmente para climatizar viviendas, oficinas y empresas.
Los sistemas más conocidos son: *Conductos,* Sistemas VRF o VRV y Split. [21]

Un sistema de expansión directa se caracteriza por que traslada el calor del interior hacia el exterior, siendo el refrigerante el encargado de absorberlo.
El compresor juega un papel importante a la hora de cambiar el estado del líquido refrigerante, aumentado la presión el fluido se condensa con más facilidad, la válvula de expansión se encarga de lo contrario disminuirla, lo que facilita la evaporación del fluido.[22]

- Suelen ser fáciles de instalar y de Mantener.
- Categorizados con clases energéticas del tipo A.
- Control optimizado para una gestión individualizada.

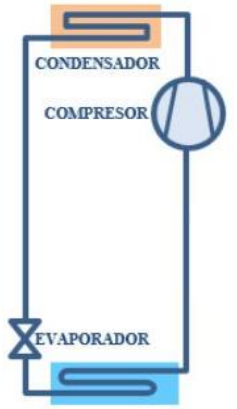


Figura 8. Esquema de Expansión Directa.

Sistemas de climatización de expansión indirecta

Los sistemas de expansión indirecta, siguen siendo equipos de climatización compuestos de dos partes, una situada en el interior de la zona a climatizar y otra en el exterior.
Pero en este caso, el evaporador o el condensador del sistema de refrigeración enfría o calienta un fluido secundario que se hace circular para tratar el medio.
También se modifica el evaporador que no está en el interior del recinto a refrigerar, pues se utiliza un fluido secundario para efectuar la refrigeración en dicho recinto.[23]

- Permiten regulación más sencilla.
- Permiten evitar el uso de refrigerante en espacios confinados.
- Las fugas son menos probables y más fáciles de detectar.

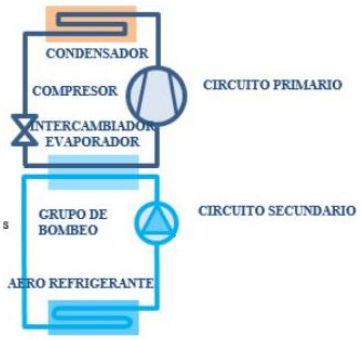


Figura 9. Esquema de Expansión Indirecta.

2.3.2.2 Gestión de la calidad del aire

Pasamos un 90% de nuestro tiempo dentro de edificios: colegios, viviendas, oficinas, comercios, centros de salud, etc…
La Organización Mundial de la Salud reconoce que el aire de estos espacios puede llegar a estar hasta diez veces más contaminado que el aire exterior.
Un hecho que no se puede obviar ya que la mala calidad del aire genera efectos negativos sobre la salud de las personas que lo respiran.

Para hacernos una idea mayor, se conoce que un 75% de los contagios por COVID 19 tiene lugar en espacios interiores.
Todo ello, lo podríamos reducir, si realizáramos una buena gestión de la calidad del aire en estos espacios interiores. [24]

Figura 10. Agentes Contaminantes.

Esta gestión consiste en tener una adecuada ventilación de dichos espacios.
Ya sea mediante ventilación natural, porque las condiciones ambientales del exterior lo permiten, o mediante ventilación mecánica, a la cual podemos realizarle un filtrado previamente.

Esta ventilación mecánica controlada, VMC, funciona con una central de ventilación que fuerza la extracción del aire para renovarlo y garantizar así la calidad del aire interior. Y la puede realizar de dos maneras:

- Ventilación de simple flujo: Los sistemas introducen el aire nuevo directamente desde el exterior.
- Ventilación de doble flujo: Los sistemas extraen el aire viciado de la habitación y lo renueva con aire nuevo. Pero utilizando unos recuperadores de calor que consiguen impulsar el aire nuevo a una temperatura próxima a la temperatura interior de la estancia, lo que permite un ahorro de energía tanto en verano como en invierno. [25]

Figura 11. Ventilación de simple flujo y de doble flujo.

2.4 PROTOCOLOS DE DOMÓTICA E INMÓTICA.

Para poder gestionar todos los dispositivos (sensores y actuadores) del edificio, y así poder realizar un control de la iluminación, climatización y cerramientos, deberemos de contar con un protocolo que los gobierne y con el que visualizar la instalación.

Existen numerosos protocolos para la automatización de edificios, algunos más especializados en el control de la iluminación y otros en climatización, pero para nuestro proyecto nos centramos principalmente en aquellos con más presencia en España y con más personal cualificado trabajando detrás de ellos.

2.4.1 KNX

KNX es un protocolo de bus de datos descentralizado y controlado por eventos. Esto significa que los sensores detectan sucesos procedentes de pulsadores o motivados por el cambio de luminosidad, temperatura, humedad, movimiento, etc. y envían telegramas a los actuadores, los cuales llevan a cabo las órdenes.
Todos los dispositivos son inteligentes y programables. Si falla uno, la instalación no se ve comprometida.

Actualmente está considerado como el protocolo estándar europeo, y cuenta con 500 fabricantes en todo el mundo, donde un dispositivo de un fabricante se ha de comunicar sin problemas con el dispositivo de otro fabricante. [26,27]

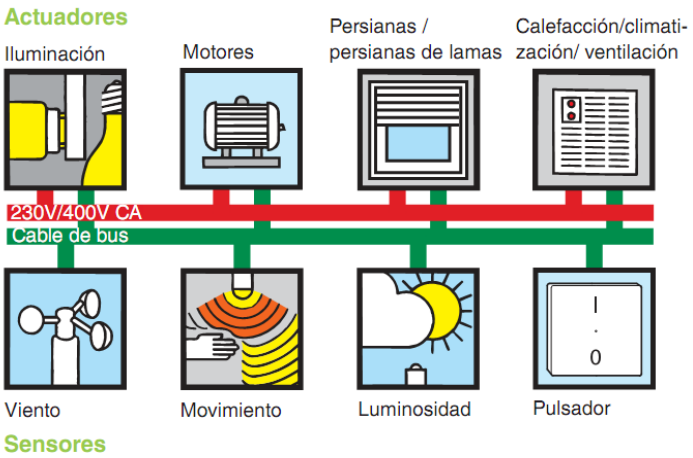


Figura 12. Arquitectura básica KNX.

Es un protocolo estándar, con sede en Bruselas y fue fundada en 1999.

El medio de transmisión más utilizado, el "**Twisted Pair 1**", el bus de control (transmisión por pares trenzados -TP). Pero también se implementa el sistema por vía radio ("Medio de transmisión por **Radio Frecuencia**) y **Ethernet** ("KNX IP"). [28]

2.4.2 ModBus

Modbus es un protocolo de comunicación abierto, utilizado para transmitir información a través de redes en serie entre dispositivos electrónicos. Por ello se considera como un protocolo de arquitectura maestro/esclavo o cliente/servidor.

Donde el dispositivo que solicita la información se llama maestro Modbus y los dispositivos que suministran la información son los esclavos Modbus.
Esto significa que un dispositivo esclavo no puede ofrecer información; debe esperar a que se le pida. El maestro escribirá datos de los registros de un dispositivo esclavo y leerá los datos de un dispositivo esclavo. [29]

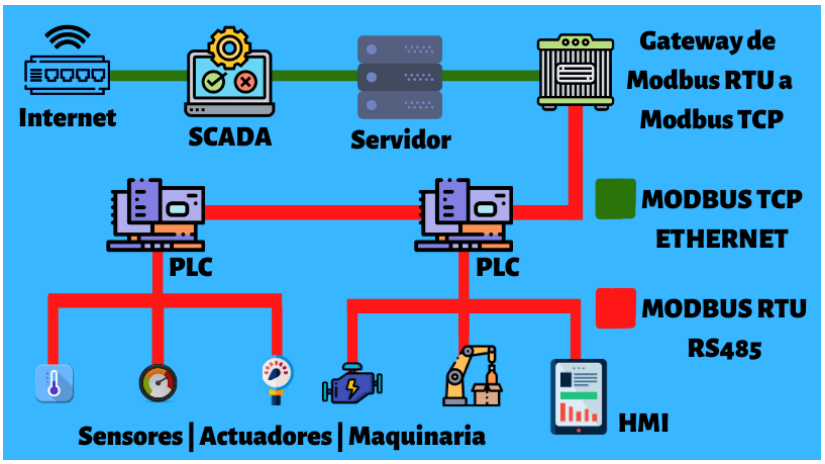


Figura 13. Arquitectura básica ModBus

Es un protocolo abierto industrial estándar y fue creado por Modicon, actual Schneider Electric, en 1979.

Para la transmisión usa el medio de transmisión **RS232/RS485/RS422** y se implementa por vía **Ethernet**. [30]

2.4.3 Loxone

Loxone es un protocolo que parte de un dispositivo denominado Miniserver, este nos permitirá llevar a cabo todas las tareas que requerimos, desde el control de persianas, luces o de climatización.
Hablamos por tanto de un protocolo centralizado, con un dispositivo que recibe y ejecuta las acciones establecidas.

Cuando se necesita ampliar las funcionalidades, dispone de pasarelas a otros protocolos. [31]

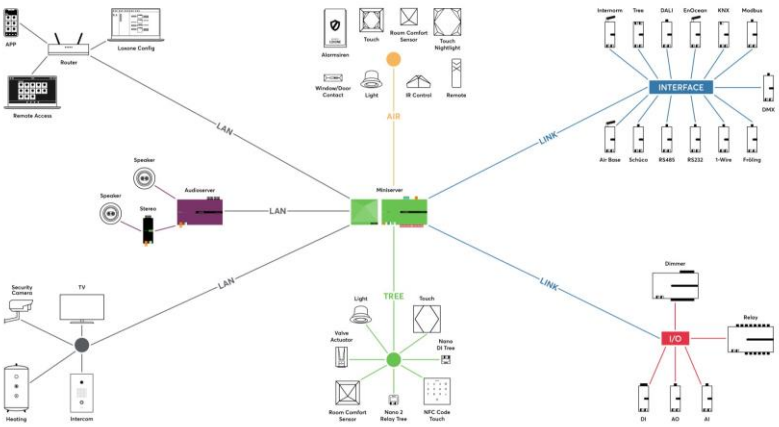


Figura 14. Arquitectura básica Loxone

Es un protocolo cerrado / propietario, y fue creado en Kollerschlag , Alta Austria en 2009.

Su comunicación principal es vía **Ethernet** para su configuración, y con cableado convencional para todas sus entradas y salidas. Para la unión con otras pasarelas se realiza mediante **Radio Frecuencia** y **Ethernet.** [32]

2.4.4 Z-wave

Z-wave es un protocolo de comunicación abierto inalámbrico, en el cual participan hasta 700 fabricantes. Utilizado una red en malla con ondas de radio de baja energía para comunicarse de un aparado a otro.
Podremos realizar el control inalámbrico de la iluminación, sistemas de seguridad, termostatos, ventanas, cerraduras, piscinas y puertas de garaje, entre otros.
Para la creación de esta malla como para poder controlar los dispositivos desde el exterior debemos de contar con una central o Hub. [33]

Figura 15. Arquitectura básica Z-Wave

Es un protocolo estándar, con sede en Copenhagen y fue fundada en 1999.

El medio de transmisión es por **vía radio** y con una comunicación externa por **Ethernet**. [34]

2.5 NORMATIVA VIGENTE.

Revisaremos primero la normativa europea sobre la iluminación para interiores, más concretamente para oficinas a la cual nos afecta, que fue establecida en septiembre del 2002 como normativa UNE 12464.1

Entra en vigor para mejorar la iluminación teniendo en cuenta las necesidades de los empleados, en ella se trabaja sobre la reproducción del color, el deslumbramiento y los parpadeos.
La normativa nos dice: "Un buen alumbrado de un edificio de oficinas será aquel que proporcione la luz adecuada, durante el tiempo adecuado y en el lugar adecuado. Esto hará que los trabajadores que se encuentran en él, puedan realizar su trabajo eficientemente y sin grandes esfuerzos". [35,36]

Por otro lado, es importante revisar el Real Decreto 486/1997 de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, concretamente dos puntos que nos afectan.

El confort térmico en los puestos de trabajo debe de estar entre 17ºC y 27ºC. En verano se aconseja una temperatura entre 23ºC y 26ºC y en invierno entre 20ºC y 24ºC.
La humedad relativa, que debe estar comprendida entre el 30% y el 70%, y los trabajadores no deberán estar expuestas a corrientes de aire. [37,38]

2.6 SOLUCIONES EXISTENTES.

Aunque a costado muchos años que la automatización cogiera fuerza, son ya numerosas obras en las que podemos contar con una gestión de un edificio. Tomando diferentes soluciones en las que aplican los protocolos de automatización existentes:

- Ayandeh Bank Tower (Teherán / Elahieh, Irán): [39]
  Protocolo: KNX.
  Aplicaciones empleadas: Alumbrado, Calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC), Control de persianas y contraventanas, Seguridad y protección, Operación y visualización, Automatización y Acceso Remoto, Gestión de energía/Medición inteligente.

- Consulta ginecológica Das Brustzentrum (Berlín, Alemania): [40]
  Protocolo: Loxone.
  Aplicaciones empleadas: Alumbrado, Sombreado, Calefacción, Llamada de emergencia, Control de accesos y Alarma de seguridad.

- Living lab" de Atea (Stavanger, Noruega): [41]
  Protocolo: Signify y red de Cisco.
  Aplicaciones empleadas: Alumbrado, WIFI

- Demo Oficina ComfortClick: [42]
  Prueba a controlar con tus propias manos una oficina.

3. Diseño del edificio actual

3.1 Ámbito de actuación

Trabajaremos sobre un edificio existente y operativo al cual se le quiere aportar una gestión automatizada para mejorar su eficiencia. Esto implica que contamos con unas luminarias y un sistema de climatización en funcionamiento, por lo que debemos de contemplar si trabajar con ello o si debemos de realizar un cambio.

Este edificio se encuentra en una explanada, por lo que sus cuatro caras no colindan con otro edificio.
Cuenta con tres plantas (Planta Baja, Planta Primera y Planta Segunda).

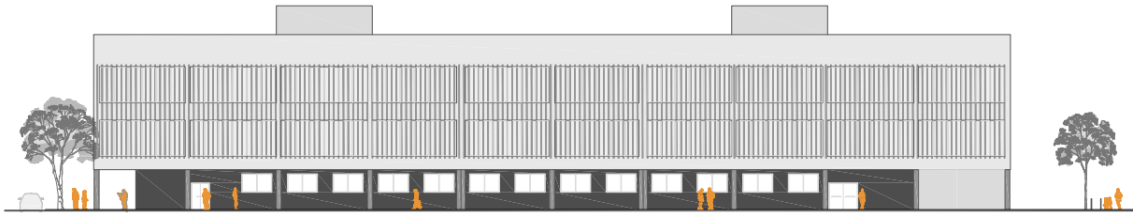


Figura 16. Cara Norte del Edificio de Oficinas

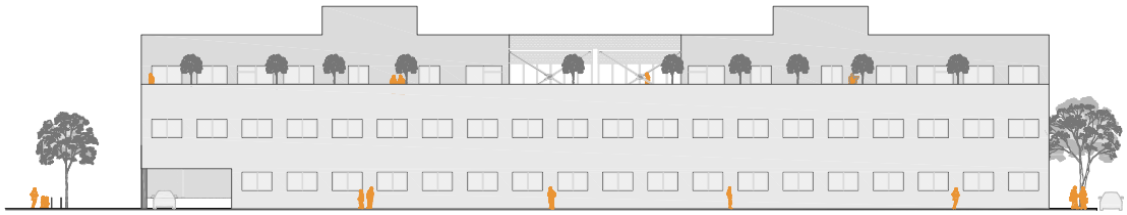


Figura 17. Cara Sur del Edificio de Oficinas

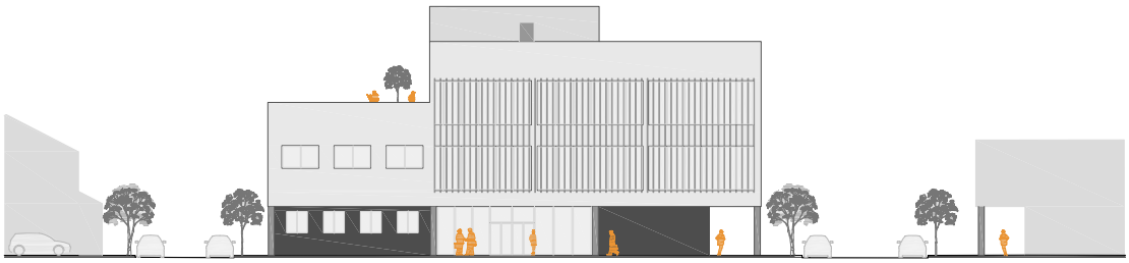


Figura 18. Cara Este del Edificio de Oficinas

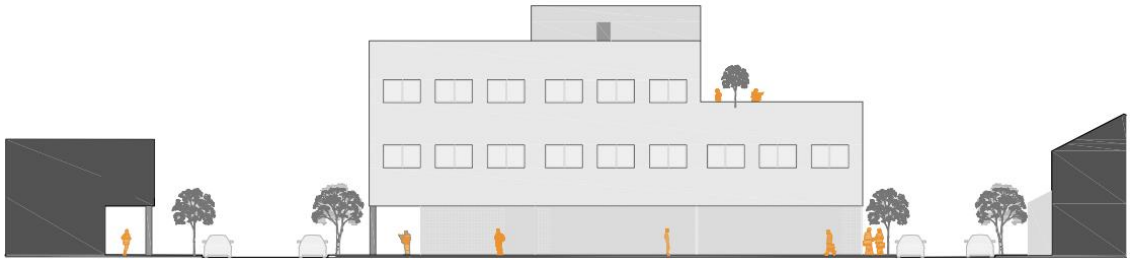


Figura 19. Cara Oeste del Edificio de Oficinas

3.2 ESTADO ACTUAL

Revisamos los elementos que dispone ya el edificio para considerar si son los adecuados a la hora de su integración en la automatización.

Iluminación:

El alumbrado del edificio está formado por diferentes tipos de luminarias que se repiten en las tres plantas.
En una primera actualización que se realizó en el edificio en años anteriores, cambiaron las luminarias a *LED Regulables*, facilitando ahora el trabajo en la automatización.

El control actual se realiza con relojes, con un encendido total por plantas a primera hora de la mañana, y un apagado total a última hora del día. Dejando la iluminación Exterior de la segunda planta con un encendido horario solo de tarde y únicamente detectores de presencia en los baños.
Por lo que actualmente No existe la posibilidad de dejar apagadas las estancias en las que no hay personal, además solo existe la posibilidad de encender y apagar, sin poder regular la intensidad de ningún punto.

La distribución de las luminarias por planta es la siguiente:

Planta Baja
107 unidades Tubo de LED 120cm x2
37 unidades Tubo de LED 150cm
36 unidades Foco Cuadrado
24 unidades Foco redondo
6 unidades Foco Rectangular

Planta Primera
143 unidades Tubo de LED 120cm x2
28 unidades Tubo de LED 150cm
29 unidades Foco redondo
6 unidades Foco Rectangular

Planta Segunda
79 unidades Tubo de LED 120cm x2
23 unidades Tubo de LED 150cm
14 unidades Foco redondo
6 unidades Foco Rectangular
40 unidades Aplique Exterior

Figura 20. Leyenda de Luminarias

La pantalla para tubo de Led de 120cm, dispone de dos unidades de tubos por pantalla, teniendo un consumo total de 36W. [43]
La pantalla para tubo de Led de 150cm, dispone de una unidad de tubo por pantalla, teniendo un consumo de 25W. [44]
Los focos Cuadrados y Redondos utilizan una sola luminaria GU10, por lo que ambos tienen un consumo de 6W. [45]
El foco Rectangular, dispone de dos unidades de iluminarias GU4, teniendo un consumo total de 10W. [46]
Por último, el aplique para exterior, utiliza luminarias E27, con un consumo de 2,8W. [47]

Figura 21. Plano Iluminación Planta Baja

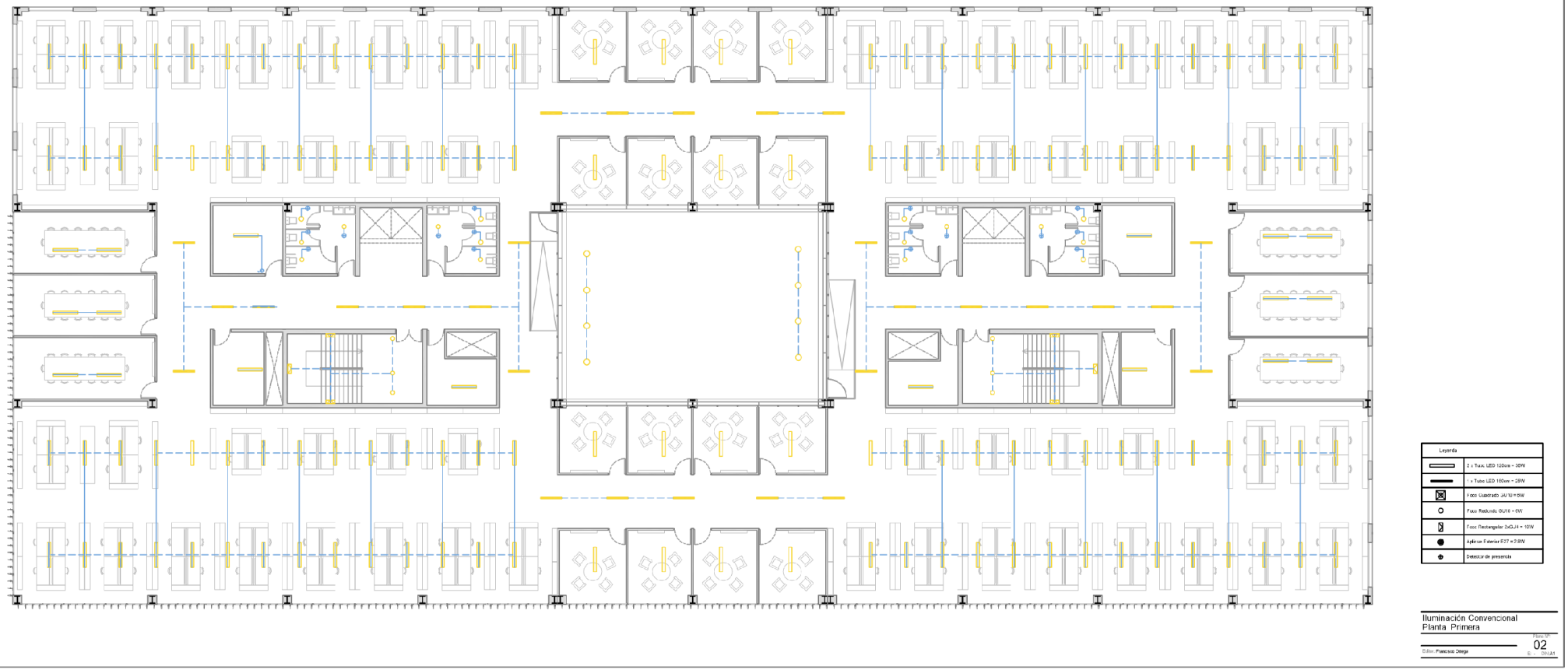


Figura 22. Plano Iluminación Planta Primera

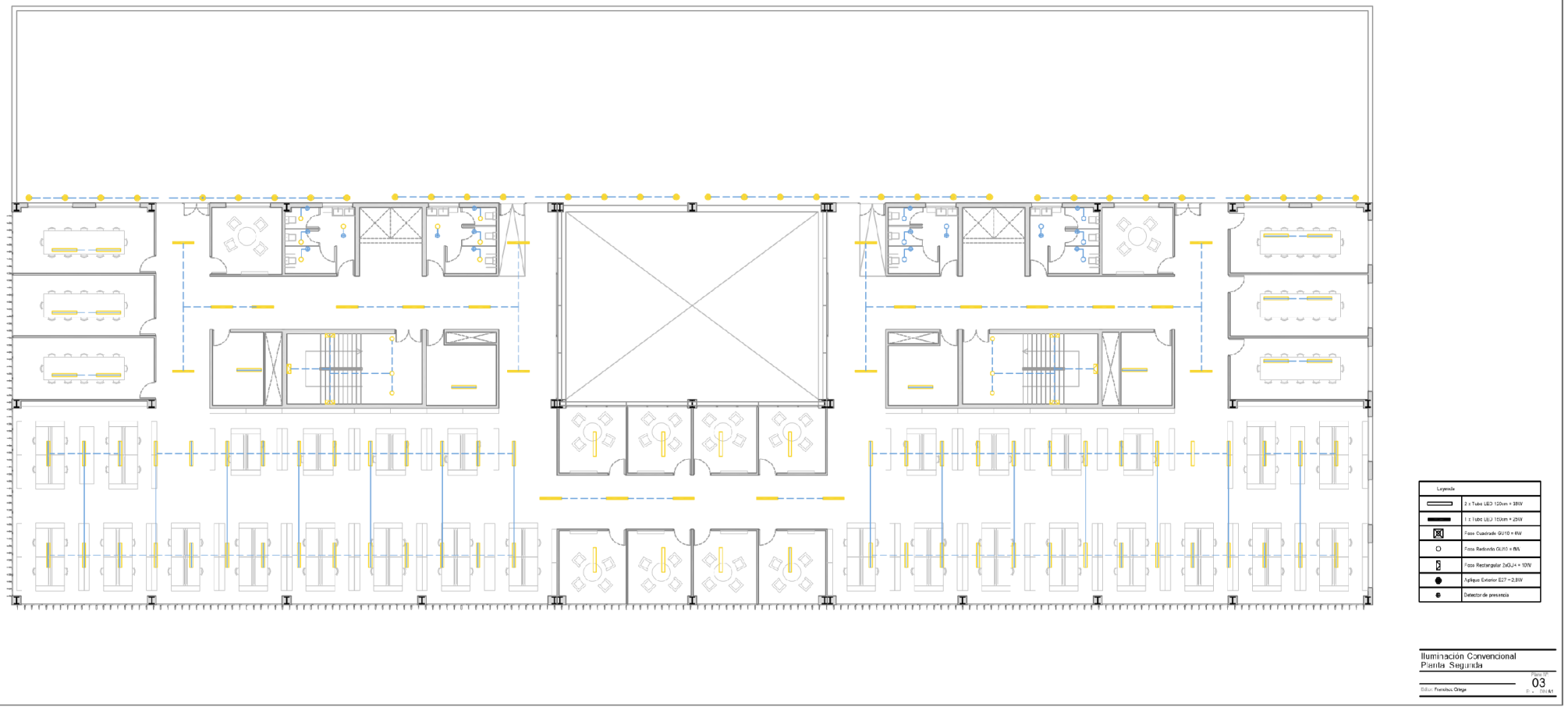


Figura 23. Plano Iluminación Planta Segunda

Climatización:

La climatización del edificio está formada por un sistema centralizado, constituido por un equipo de producción exterior y una serie de equipos que permiten que se realice tanto la ventilación como la climatización.

El equipo exterior lo constituyen dos bombas de calor que serán las encargadas de la producción para todas las plantas. Estas están divididas para la zona este y oeste.

Con respecto a los equipos interiores, para la sala de exposiciones y para el comedor, se dispone de dos UTA (Unidad de tratamiento de Aire) que permiten ventilar y climatizar de forma simultánea.
En el resto de estancias, la climatización se realizará con fan-coils de dos tubos, y la ventilación de manera separada por cuatro CAPs neutros.

La distribución de los Fan-Coils y de las UTA es la siguiente:

Bomba 1
Planta Baja:
5 unidades FCS-20
6 unidades FCS-30
4 unidades FCS-80

Planta Primera:
8 unidades FCS-40
3 unidades FCS-80
8 unidades FCS-90
1 unidad *UTA-KCH450*

Planta Segunda:
1 unidad FCS-20
4 unidades FCS-40
3 unidades FCS-30
4 unidades FCS-90

Bomba 2
Planta Baja:
11 unidades FCS-40
6 unidades FCS-80

Planta Primera:
8 unidades FCS-40
3 unidades FCS-80
8 unidades FCS-90
1 unidad *UTA-KCH450*

Planta Segunda:
1 unidad FCS-20
4 unidades FCS-40
3 unidades FCS-30
4 unidades FCS-90

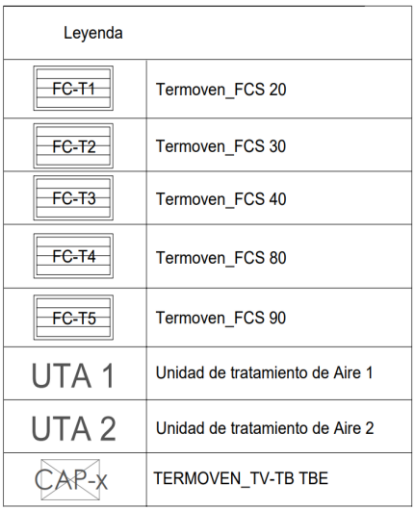


Figura 24. Leyenda de Climatización

Las dos UTAs tienen un consumo cada una de 87kW en Modo Frio y 108kW en Modo Calor. Este consumo será de forma constante, pues no disponen de velocidades para ajustarlas según la necesidad y el modo ventilación está integrado en el funcionamiento común. [48]

El consumo de los fan-coils dependerá del modo frio/calor y de la velocidad: [49]

		FCS-20	FCS-30	FCS-40	FCS-80	FCS-90
Modo Frio (kW)	Low	1.6	1.8	2.8	4.0	5.6
	Medium	1.9	2.2	3.4	5.2	7.2
	High	2.3	3.0	4.1	7.1	9.5
Modo Calor (kW)	Low	2.3	2.7	3.3	6.0	8.2
	Medium	2.7	3.2	4.3	7.8	10.7
	High	3.4	4.0	5.5	10.5	14.0

Figura 25. Tabla consumos Fan-Coils

Con respecto a los CAPs que se encargan de la ventilación, debido a la imposibilidad de realizarlo los propios FanCoils, dos de ellos tienen un consumo de 1.1kW y los dos más grandes de 1.3kW.[50]

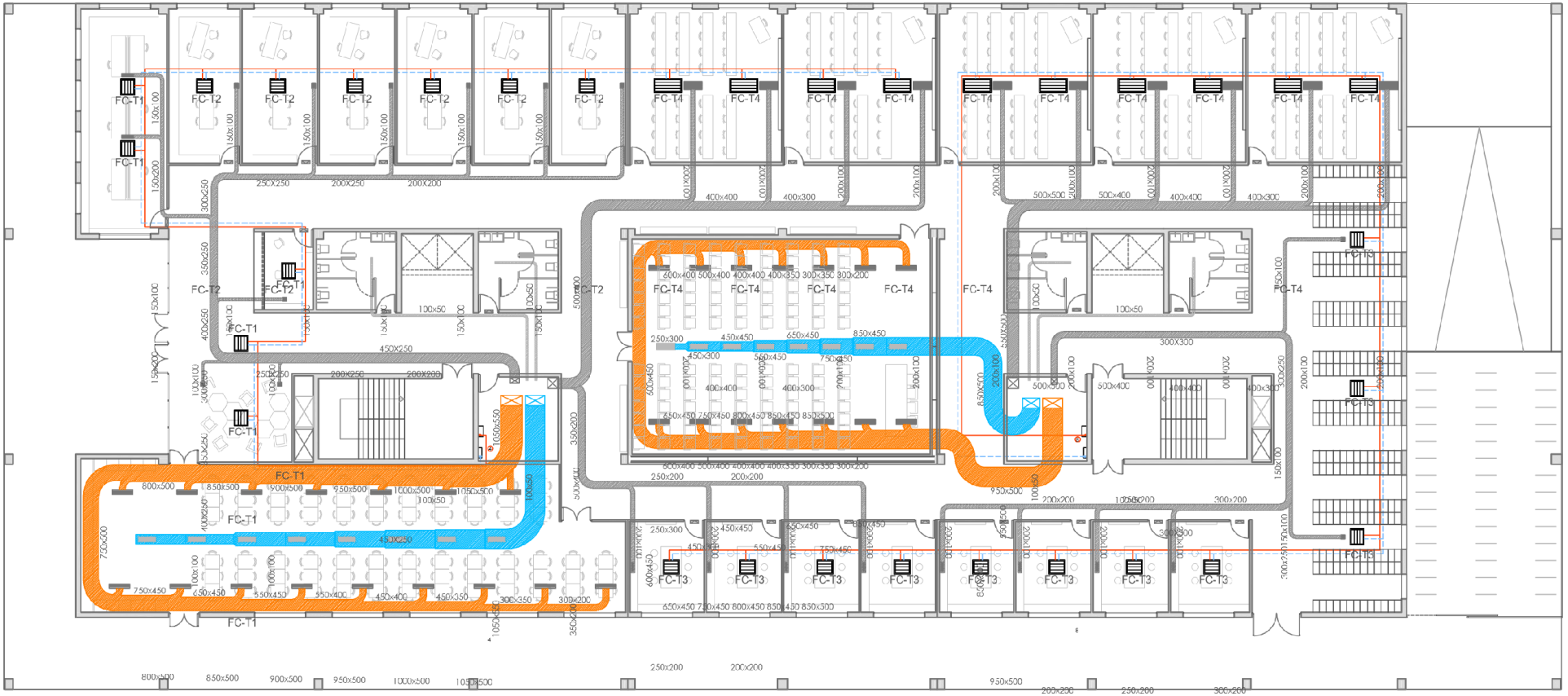


Figura 26. Plano Climatización Planta Baja

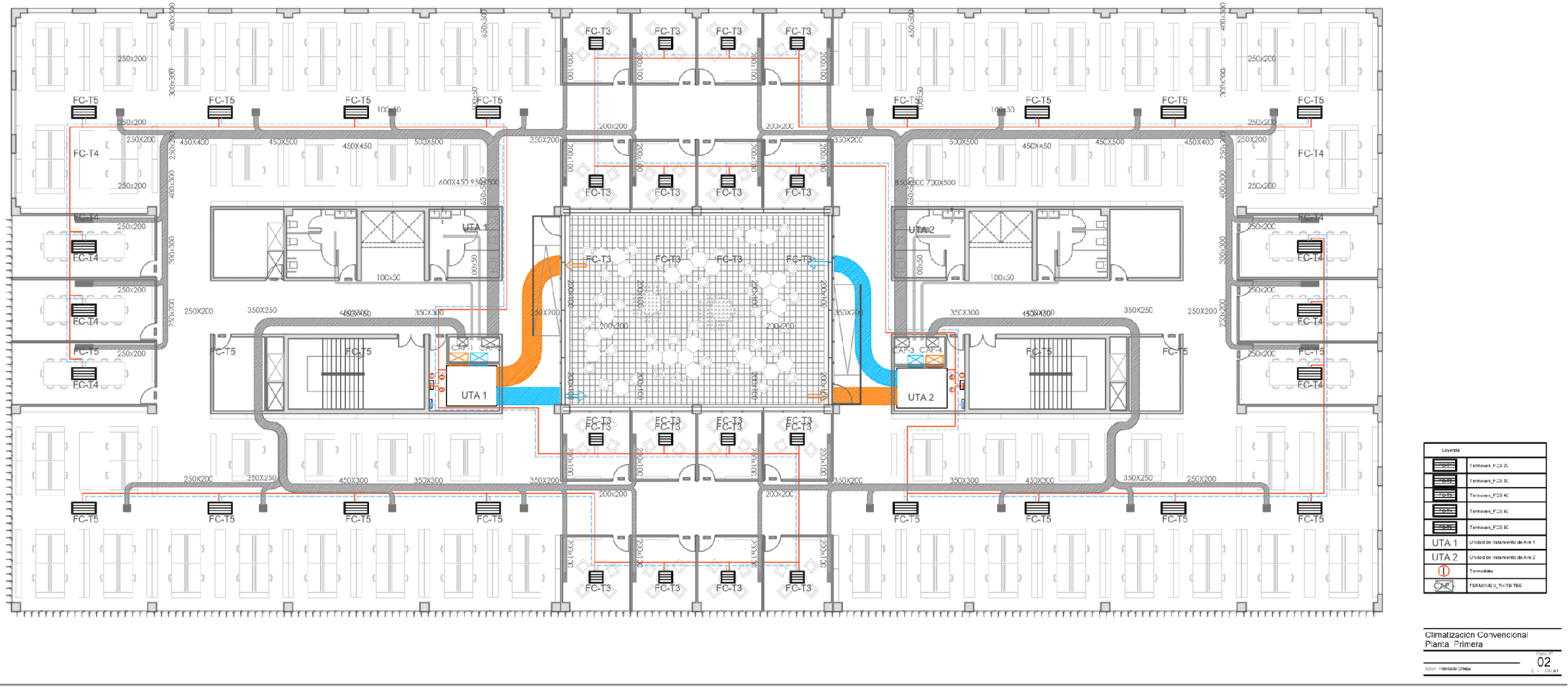


Figura 27. Plano Climatización Planta Primera

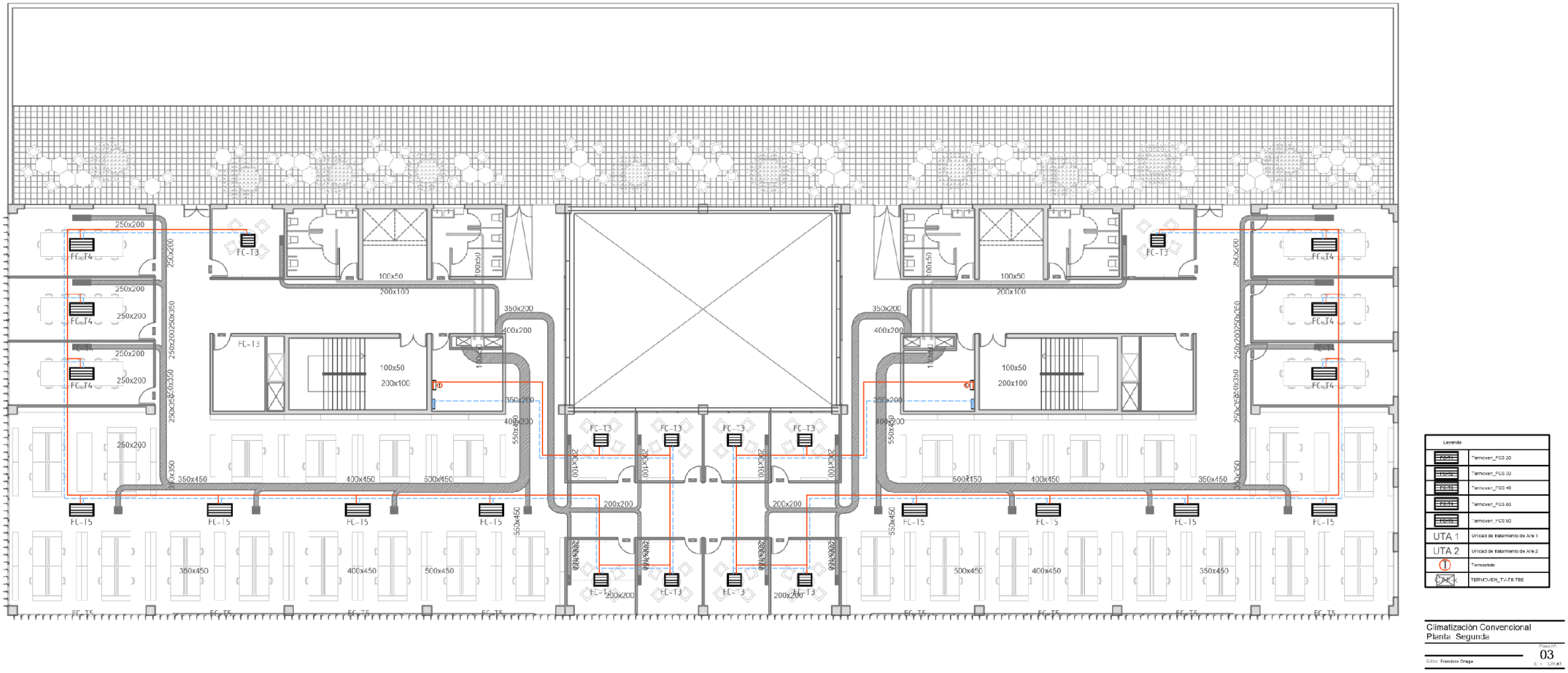


Figura 28. Plano Climatización Planta Segunda

Cerramientos:

El edificio cuenta con numerosas ventanas ubicadas en las caras Sur y Oeste, y cada ventana cuenta con un estor que se mueve manualmente según la necesidad del personal que se encuentre en esa parte del edificio.

Con respecto a un consumo inicial del edificio, la existencia de estos estores no nos afecta, pues al tener un movimiento manual, no existe ningún componente eléctrico que consuma energía.
Pero si nos centramos en la gestión energética, un mal eso de estos estores pueden provocar un aumento de la temperatura de las estancias o un aumento del uso de iluminación artificial.

Por ello, los debemos de tener en cuenta para contar con ellos una vez realicemos el diseño del sistema de gestión del edificio.

Planta Baja
17 ventanas en la Cara Sur y 9 en la cara Oeste.

Planta Primera
20 ventanas en la Cara Sur y 9 en la cara Oeste.

Planta Segunda
10 ventanas en la Cara Sur y 6 en la cara Oeste.

3.3 CONSUMO ENERGÉTICO ACTUAL

Para poder conocer si el estudio de automatización y gestión del edificio produce una verdadera mejora en la eficiencia energética y por lo tanto un ahorro en consumo energético, debemos de realizar un primer estudio del consumo actual que tiene este edificio.

Comenzamos por la **Iluminación**, donde primero calcularemos el consumo que tienen cada una de las luminarias al estar en funcionamiento.
Como disponemos de un recuento del apartado anterior, crearemos una tabla para sacar los consumos:

	Luminaria	Unidades	Consumo W/Ud.	Consumo W/Total
Planta Baja	Tubo de LED 120cm	107	36	3852
	Tubo de LED 150cm	37	25	925
	Foco Cuadrado	36	6	216
	Foco Redondo	24	6	144
	Foco Rectangular	6	10	60
				TOTAL Planta Baja = 5197W
Planta Primera	Tubo de LED 120cm	143	36	5148
	Tubo de LED 150cm	28	25	700
	Foco Redondo	29	6	174
	Foco Rectangular	6	10	60
				TOTAL Planta Primera = 6082W
Planta Segunda	Tubo de LED 120cm	79	36	2844
	Tubo de LED 150cm	23	25	575
	Foco Redondo	14	6	84
	Foco Rectangular	6	10	60
	Aplique Exterior	40	2,8	112
				TOTAL Planta Segunda = 3675W

Figura 29. Tabla consumos Iluminación

Ahora podemos calcular el *consumo diario y anual*, que dependerá de las horas totales que están encendidas.
Al ser un edificio destinado a oficinas, el horario de apertura y cierre de sus puertas es de 7:00 a 20:00 de lunes a viernes, para cumplir con los horarios de oficinas, mantenimiento y limpieza.
El edificio permanece en funcionamiento durante los 251 días laborables del año, donde además 125 días serán Modo Verano y 126 días Modo Invierno.

*Los Tubo de LED 120cm y 150cm, los Focos Cuadrados y Rectangulares tendrán un encendido de 7:00 a 20:00, haciendo un total de 13 horas diarias, tanto en verano como en invierno.
A partir de la tabla 29 tenemos que realizan un consumo total diario de 187.720W = 187,720kW

Modo Verano = 187,720kW * 125días = 23.465kW
Modo Invierno = 187,720kW * 126días = 23.652kW
Total por Año = **47.117kW**

*Los Focos Redondos tendrán un encendido por detectores, por lo que calculamos una estimado de 3 horas diarias.
A partir de la tabla 29 tenemos que realizan un consumo total diario de 1.206W = 1,206kW

Modo Verano = 1,206kW * 125días = 151kW
Modo Invierno = 1,206kW * 126días = 152kW
Total por Año = **303kW**

*Los Apliques Exteriores tendrán un encendido de 17:00 a 20:00, haciendo un total de 14 horas diarias. Solo en invierno.
A partir de la tabla 29 tenemos que realizan un consumo total diario de 448W = 0,448kW

Modo Verano
Modo Invierno = 0,448kW * 126días = 56kW
Total por Año = **56kW**

El consumo Total de Iluminación al cabo de un año es de **47.476kW**

Del mismo modo, calcularemos el consumo que tiene la **climatización** al estar en funcionamiento.
Como disponemos de un recuento del apartado anterior, crearemos una tabla para sacar los consumos:

	Unidad de Clima	Unidades	Consumo kW/Ud.		Consumo kW/Total	
			Frio (L/M/H)	Calor (L/M/H)	Frio (L/M/H)	Calor (L/M/H)
Planta Baja	FCS-20	5	1.6/1.9/2.3	2.3/2.7/3.4	8/9.5/11.5	11.5/13.5/17
	FCS-30	6	1.8/2.2/3.0	2.7/3.2/4.0	10.8/13.2/18	16.2/19.2/24
	FCS-40	10	2.8/3.4/4.1	3.3/4.3/5.5	28/34/41	33/43/55
	FCS-80	11	4.0/5.2/7.1	6.0/7.8/10.5	44/57.2/78.1	66/85.8/115.5
			TOTAL Planta Baja = 136/168.3/214		179.5/239.3/299.5	
Planta Primera	FCS-40	16	2.8/3.4/4.1	3.3/4.3/5.5	44.8/54.4/65.6	52.8/68.8/88
	FCS-80	6	4.0/5.2/7.1	6.0/7.8/10.5	24/31.2/42.6	36/46.8/63
	FCS-90	16	5.6/7.2/9.5	8.2/10.7/14.0	89.6/115.2/152	131.2/171.2/224
			TOTAL Planta Primera = 158/200.8/260		220/286.8/375	
Planta Segunda	FCS-20	2	1.6/1.9/2.3	2.3/2.7/3.4	3.2/3.8/4.6	4.6/5.4/6.8
	FCS-30	6	1.8/2.2/3.0	2.7/3.2/4.0	10.8/13.2/18	16.2/19.2/24
	FCS-40	8	2.8/3.4/4.1	3.3/4.3/5.5	22.4/27.2/32.8	26.4/34.4/44
	FCS-90	8	5.6/7.2/9.5	8.2/10.7/14.0	44.8/57.6/76	65.6/85.6/112
			TOTAL Planta Segunda = 81.2/101.8/131		112.8/144.6/186.8	
	UTA	2	87	108	174	216
	CAP Grande	2	1.3		2.6	
	CAP Pequeño	2	1.1		2.2	

Figura 30. Tabla consumos Climatización

Ahora podemos calcular el *consumo diario y anual*, que dependerá de las horas totales que están encendidos.
Al ser un edificio destinado a oficinas, el horario de apertura y cierre de sus puertas es de 7:00 a 20:00 de lunes a viernes, para cumplir con los horarios de oficinas, mantenimiento y limpieza.
El edificio permanece en funcionamiento durante los 251 días laborables del año, donde además 125 días serán Modo Verano y 126 días Modo Invierno.

*Las UTAs tendrán un encendido de 7:00 a 20:00, haciendo un total de 13 horas diarias, tanto en verano como en invierno.
A partir de la tabla 30 tenemos el consumo dependiendo del modo en el que se encuentren.

Modo Verano = 174kW * 125días = 21.750kW
Modo Invierno = 216kW * 126días = 27.216kW
Total por Año = **48.966kW**

*Los Fan-Coils tendrán un encendido de 7:00 a 20:00, haciendo un total de 13 horas diarias, tanto en verano como en invierno.
Además, se verán afectados por la velocidad. Dependiendo de la diferencia de temperatura de las salas con la temperatura de consigna, el Fan-Co establecerá una de las tres velocidades.
A partir de la tabla 30 tenemos el consumo dependiendo del modo en el que se encuentren.

Modo Verano = 375kW * 41días (Low) + 471kW * 42días (Medium) + 605kW * 42días (High) = 60.567kW
Modo Invierno = 512kW * 42días (Low) + 671kW * 42días (Medium) + 862kW * 42días (High) = 85.890kW
Total por Año = **146.457kW**

*Los CAPs tendrán un encendido de 7:00 a 20:00, haciendo un total de 13 horas diarias, tanto en verano como en invierno.
A partir de la tabla 30 tenemos el consumo dependiendo del modo en el que se encuentren.

Modo Verano = 2.6kW * 125días + 2.2kW * 125días = 600kW
Modo Invierno = 2.6kW * 126días + 2.2kW * 126días = 605kW
Total por Año = **1.205kw**

El consumo Total de Climatización al cabo de un año es de **196.628kW**

4. Diseño de la solución propuesta

Una vez conocemos la situación, estado y elementos del edificio de oficinas actual, procedemos a proponer una solución de gestión para mejorar su eficiencia energética y la calidad de cara al trabajador.

4.1 Elección de los nuevos elementos

4.1.1 Sistema de Regulación

Gracias a la evolución producida estos últimos años en el mundo de la iluminación, se nos brinda la posibilidad de realizar una regulación de las luminarias del edificio, como vimos anteriormente existen cuatro formas de regulación y ahora nos toca decidir cual es la que mejor se nos adapta a nuestro trabajo.

Los dos primeros tipos de regulación a descargar son *Corte de Fase* y *1-10*, puesto que para su implantación en un sistema automatizado necesitan contar con un canal/pastilla por cada circuito a controlar. Esto crearía la necesidad de disponer de numerosos actuadores que aumentarían considerablemente el coste de la instalación.

También descartamos *DMX*, puesto que es utilizado principalmente para el control de iluminación en escenarios y arquitectónica en fachadas, al no estar planteado para el control de la iluminación del interior de edificios nos puede generar problemas para generar la luminosidad más adecuada en los puestos de trabajo. Además, la regulación se lleva a cabo mediante un protocolo propio de DMX que no es siempre compatible con protocolos de automatización.

Por ello, la regulación del edificio se realizará con DALI, que nos ofrecerá grandes ventajas con su utilización:

- Utiliza un protocolo digital y direccionable, siguiendo el estándar internacional IEC 62386, que nos facilita la compatibilidad con el protocolo de automatización que elijamos.
- Permite la compatibilidad e intercambiabilidad entre equipos de distintos fabricantes, que nos facilita que los distintos tipos de luminarias del edificio puedan trabajar al unísono.
- El direccionamiento de cada uno de los componentes se puede realizar vía software con hasta 64 drivers individualmente, que nos facilita la reducción de pasarelas/actuadores en el sistema de automatización.

4.1.2 Sistema de Climatización

A la hora de escoger o elegir el sistema de climatización estamos más atados, pues el edificio ya cuenta con un sistema instalado y en pleno funcionamiento, por lo tanto, nosotros solo podremos incluirlo en el sistema domótico para poder exprimir todas las ventajas que aporta.

Como hemos visto en el apartado anterior, trabajaremos con una climatización por bomba de calor, que se encargará de la producción para las UTAs y para los fan-coils de dos tubos. Esta nos ofrecerá grandes ventajas con su utilización:

- Son equipos reversibles ofreciendo refrigeración en verano y calefacción en invierno, además reducen el tiempo para alcanzar la temperatura óptima con respecto a otros sistemas, que nos facilita una mejor gestión de las temperaturas pues garantiza una adecuada temperatura en el hogar todo el año y con ello un gran ahorro energético.
- Tanto las bombas de calor como las máquinas interiores (UTA y Fan-Coils) pueden adaptarse a numerosos protocolos, que nos facilita la compatibilidad con el protocolo de automatización que elijamos.
- El control automatizado se ha de realizar individualmente a cada máquina interior (UTA y Fan-Coils), que nos facilitará un gran control individual de cada zona de la oficina, con una mejor gestión de las temperaturas.

4.1.3 Sistema de Automatización

Tan importante es realizar una buena elección del tipo del tipo de regulación y del sistema de climatización a implantar en el edificio, como la elección del protocolo de control y gestión de este. Pues si el sistema que automatizará el edificio no es el adecuado o no está bien implantado, podremos perder una gran inversión económica y realizar perdidas de la gestión del ahorro energético.
Por ello, nos toca decidir cuál es el protocolo de automatización que mejor se nos adapta a nuestro trabajo.

Nuestro primer protocolo a descartar es Modbus, aunque es de comunicación abierta y puede trabajar con infinidad de máquinas de climatización, no está realmente especializado en iluminación y control de la luminosidad, por lo que no podríamos realizar una buena gestión de parte del edificio.
Además es un protocolo de arquitectura maestro/esclavo o cliente/servidor, esto podría generar graves problemas en un futuro, pues si se estropea o se pierde comunicación con el maestro, se perdería el control de todo el edificio.

Descartamos también Loxone, fundamentalmente por ser un sistema propietario cerrado, aunque es un sistema cada vez más implantado en numerosas instalaciones y con una gran cantidad de dispositivos y funciones a

escoger, si un día esta compañía deja de funcionar nos quedaríamos con un sistema inservible y sin posibilidad de actualizar.
Además es un protocolo que también parte de un dispositivo denominado Miniserver con función de Maestro/esclavo, esto podría generar graves problemas en un futuro, pues si se estropea o se pierde comunicación con el maestro, se perdería el control de todo el edificio.

El último sistema que debemos descartar es Z-wave, aunque es un protocolo de comunicación abierto en el cual participan hasta 700 fabricantes y que nos garantizaría dispositivos y actualizaciones en un futuro, es un protocolo inalámbrico que nos puede generar pérdidas de información.
Es por esto, que es un sistema muy utilizado para la gestión de viviendas, pero para un edificio de estas dimensiones no se podría garantizar que toda la información se transmitiera sin perdidas y por lo tanto provocando déficit en la gestión del edificio.

Por ello, la automatización del edificio se realizará por KNX que nos ofrecerá grandes ventajas con su utilización:

- Se trata de un protocolo abierto internacional, en el cual participan más de 500 fabricantes, que nos facilita tanto la elección entre numerosos dispositivos para una correcta gestión del edificio, como en un fututo la garantía de disponer de dispositivos y actualizaciones.
- Es un protocolo descentralizado, cada dispositivo es inteligente por si mismo, esto nos facilita que si uno o varios dispositivos se ven afectados, la instalación no se ve comprometida.
- Dispones de varios medios de transmisión, aunque el medio más utilizado es por bus de control que nos permitirá llegar a todos los puntos del edificio sin comprometer la perdida de información, podremos también asociarlo con Ethernet (KNX IP) para las zonas de gran transmisión de datos y así no colapsar el bus, o de manera inalámbrica solo para pequeñas zonas a las que no podemos llegar con otro medio.

4.1.4 Producto Final

Una vez hemos escogido el tipo de regulación y climatización implantada y el protocolo de automatización, debemos de escoger el producto final, es decir, aquellos drivers DALI que mejor se nos ajusten a nuestras necesidades, así como todos los actuadores, sensores y pasarelas KNX con los que gestionaremos el control del edificio.

En el mercado existen una infinidad de Marcas tanto de drivers DALI como de producto KNX, al ser dos sistemas estándar se nos abre un abanico enorme de posibilidades.
En nuestro caso nos hemos decantado por tres Fabricantes, Sunricher para los drivers, Somfy para los cerramientos y JUNG para KNX, por el único motivo de conocerlas muy a fondo al trabajar de manera continua con ellas.
La pasarela de las máquinas UTA será suministrada por el propio fabricante de las máquinas de climatización.

Dispositivo	Referencia	Descripción
Módulo de comunicación IP [53]	IPS300SREG	Módulo de conexión de aparatos KNX a PC u otros dispositivos de procesamiento de datos vía IP
Fuente de Alimentación [54]	21280REG	Fuente para la alimentación de aparatos KNX con tensión de bus y aparatos con tensión DC
Cable BUS KNX [55]	EIB-BUS-KNX	Cable para el control de sistemas domóticos en edificios. De acuerdo con el sistema KNX
Pasarela DALI [56]	2099REG	Pasarela para el control de luces y otras aplicaciones con equipo DALI en instalaciones KNX
Actuador Fan-Coil [57]	FCA2REGHE	Actuador para la conexión de un ventiloconvector con un máximo de 6 niveles de ventilación o conexión de dos convectores de ventilador con un máximo 3 niveles de ventilación.
Actuador Estor (12) [58]	230241SR	Actuador para la conmutación de consumidores eléctricos y accionamiento de persianas, persianas enrollables, toldos y elementos de protección solar similares de accionamiento eléctrico. Para 12 Persianas.
Actuador Estor (8) [58]	230161SR	Actuador para la conmutación de consumidores eléctricos y accionamiento de persianas, persianas enrollables, toldos y elementos de protección solar similares de accionamiento eléctrico. Para 8 Persianas.
Actuador Estor (3) [58]	230061SR	Actuador para la conmutación de consumidores eléctricos y accionamiento de persianas, persianas enrollables, toldos y elementos de protección solar similares de accionamiento eléctrico. Para 3 Persianas.
Detector [59]	3361-1M	Detector de presencia y regulación de la iluminación, termostatos ambientales y otros consumidores eléctricos en espacios interiores.
Pasarela UTA [60]	TS Konnex 385	Pasarela KNX para el control domótico de unidades de tratamiento de aire.
Driver DALI [61]	LD1130058	LED DRIVER de AC100-240V con control DALI. Controla el encendido/apagado (switch) de luminarias led de alta tensión como tiras led de 220V hasta 500W.
Motor Cerramiento [62]	MR100	Motor de persiana mecánico de 100W aAC100-240V.

Figura 31. Tabla nuevos elementos

4.2 ELEMENTOS A AUTOMATIZAR

4.2.1 Control de los elementos de Iluminación

Para realizar la gestión de la iluminación, debemos de trabajar primero sobre los puntos de iluminación como tal, los cuales queremos hacerlos regulados y a continuación sobre su control desde KNX.

Los puntos de iluminación que hasta ahora se controlaban con unos relojes por planta, se han podido ir agrupando y numerando en “encendidos”.
Cada uno de estos encendidos, cuenta con una o varias luminarias según la estancia. Así, en una misma planta, disponemos de un control independiente de la iluminación por cada estancia o zona.
Para su regulación, cada encendido pasara por un Driver DALI. Así, podremos mantener un porcentaje adecuado de lúmenes según el momento del día.

La distribución de los encendidos por planta es la siguiente:

Planta Baja: 39 Encendidos = 39 Drivers = 1 Pasarela DALI/KNX
Planta Primera: 60 Encendidos = 60 Drivers = 1 Pasarela DALI/KNX
Planta Segunda: 40 Encendidos = 40 Drivers = 1 Pasarela DALI/KNX

Una vez disponemos del agrupamiento de las luminarias por encendidos y conectados a DALI, realizamos su control desde KNX.
Para ello contaremos con pasarelas DALI-KNX, que se encargaran de mandar la información de manera bidireccional, entre los drivers y KNX.

Para poder controlar los encendidos y poder aumentar la eficiencia energética, distinguiremos entre:

Zonas de paso (pasillos, hall y terraza), serán controladas por horarios, pudiendo ajustar los encendidos y las intensidades de luminosidad dependiendo del momento del día.

Zona de estancias (despachos, salas de reuniones, comedor, …) que serán controladas por detectores de presencia. Estas estancias solo serán encendidas cuando haya gente en su interior (se detecte presencia), además al llevar incorporados un detector de luminosidad, las intensidades de luminosidad de cada estancia serán regulada en cada momento.

A continuación, vemos los planos de la agrupación de luminarias en encendidos y un ejemplo de los pasos seguidos en estos puntos de Luz y su conexionado DALI y KNX

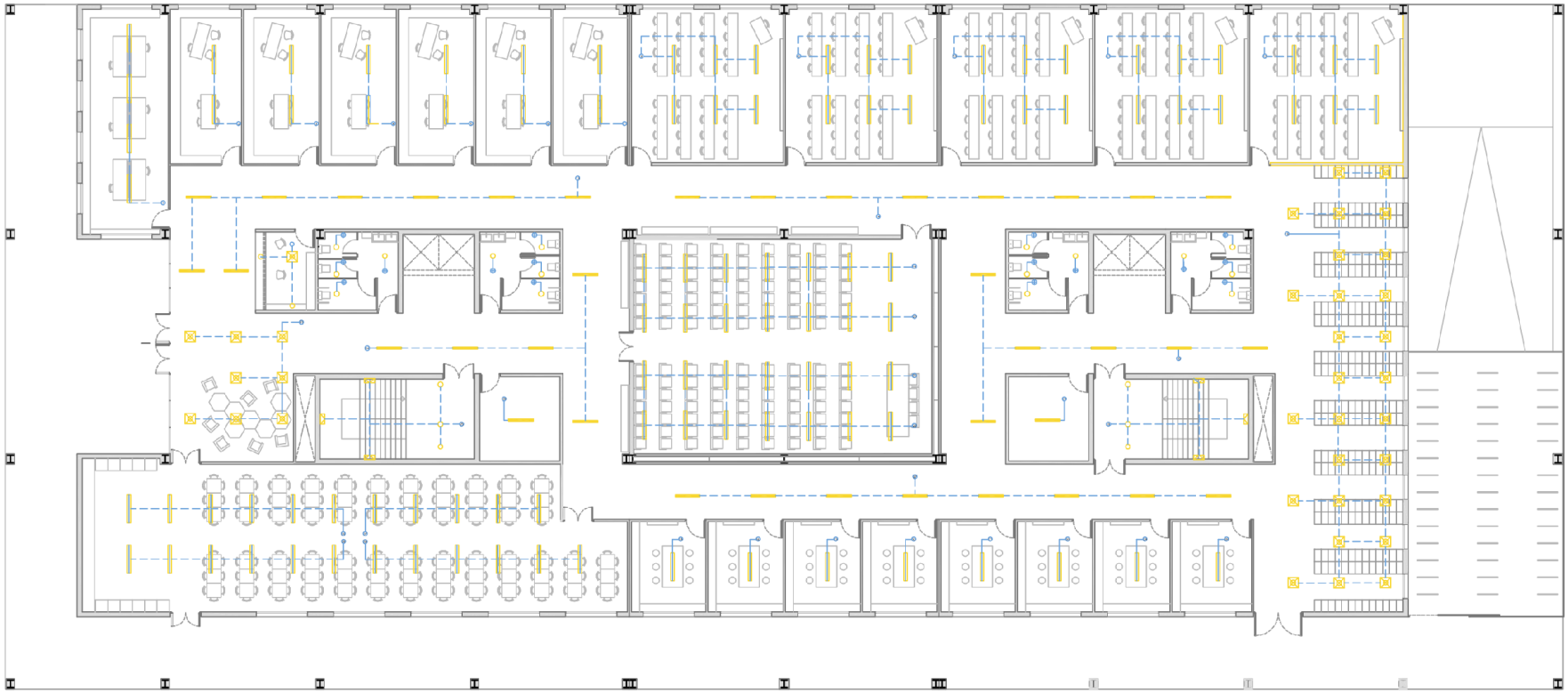


Figura 32. Plano Iluminación Circuitos/DALI Planta Baja

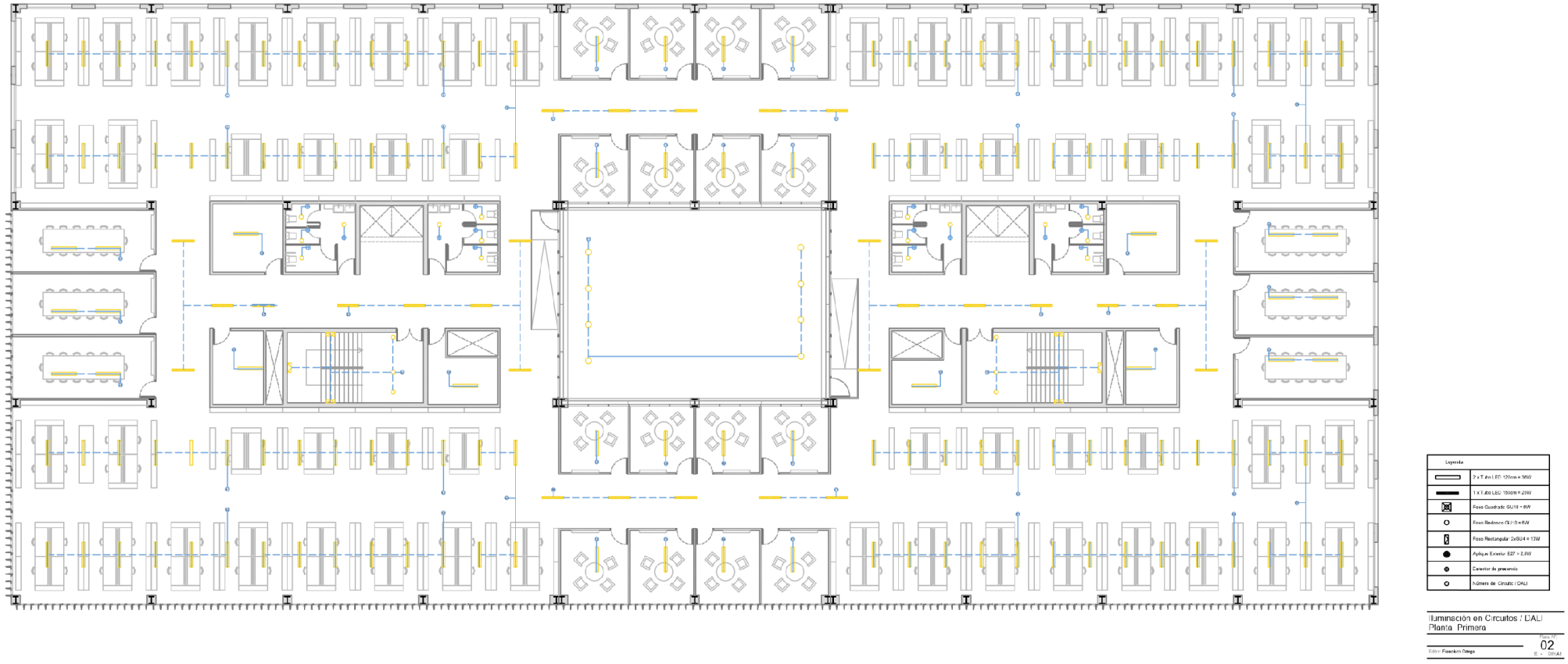


Figura 33. Plano Iluminación Circuitos/DALI Planta Primera

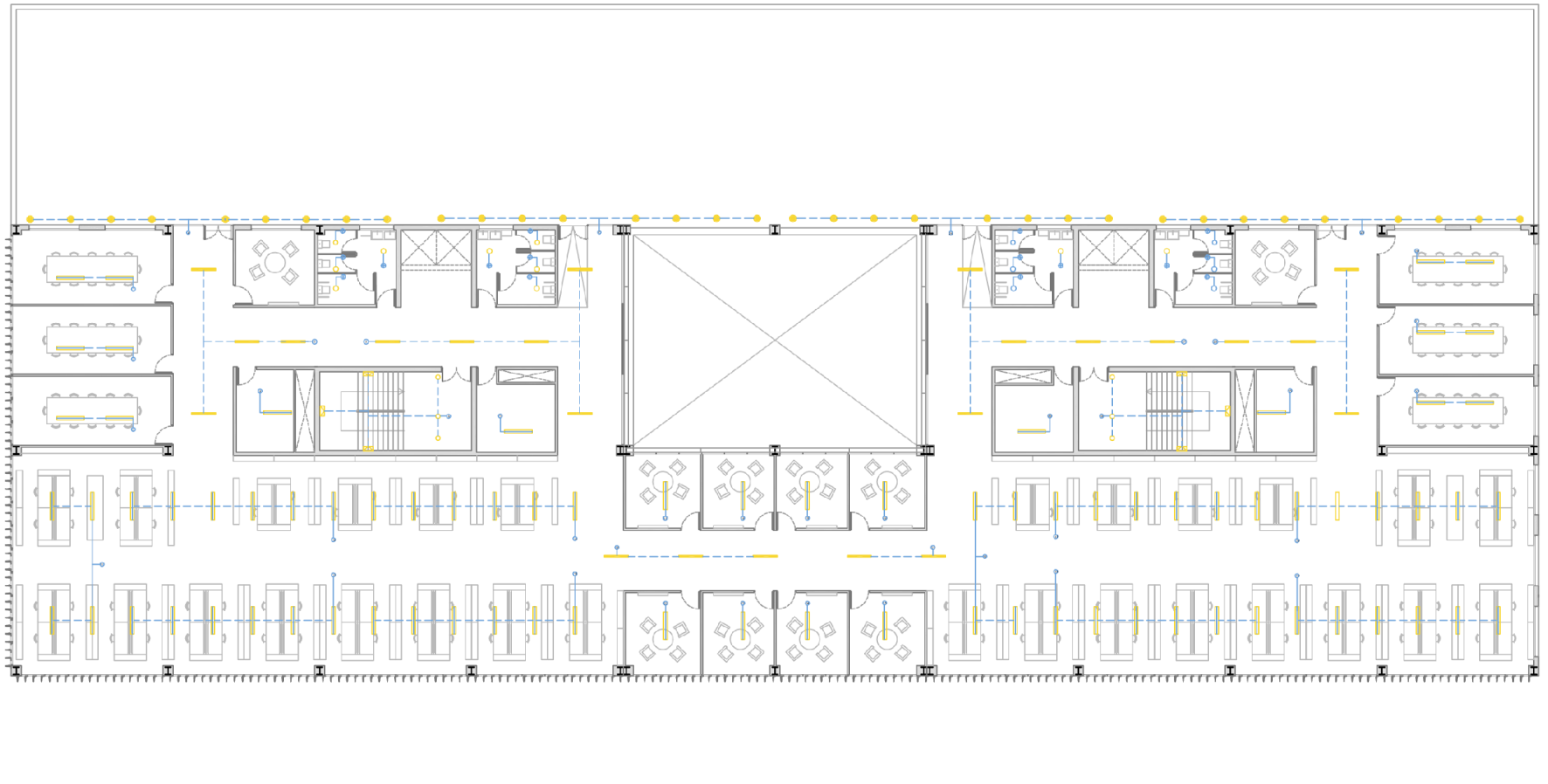


Figura 34. Plano Iluminación Circuitos/DALI Planta Segunda

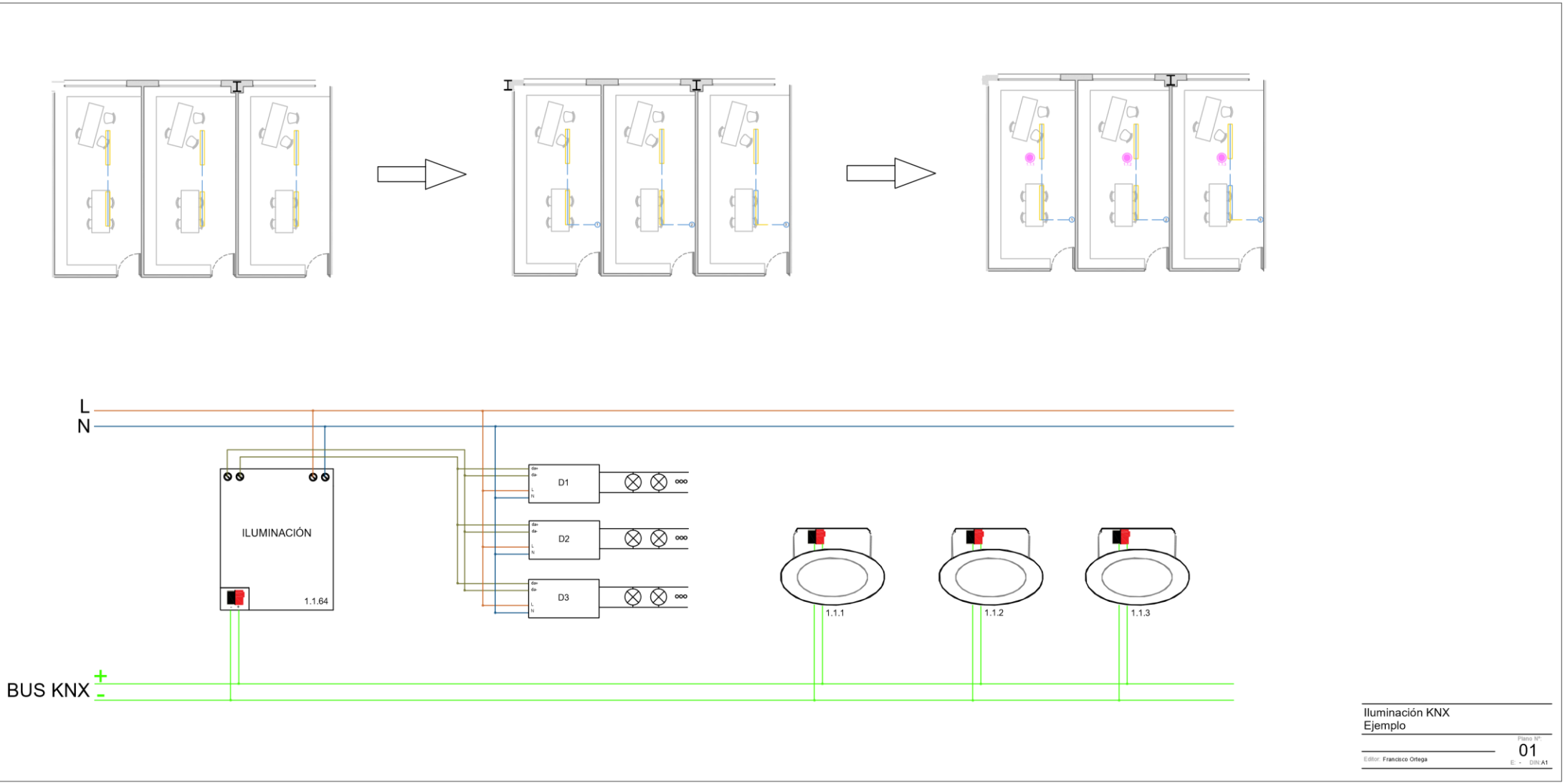


Figura 35. Plano Ejemplo Iluminación

4.2.2 Control de los elementos de Climatización

Para realizar la gestión de la climatización, debemos de trabajar por un lado, sobre las UTAs, las cuales gestionan tanto la climatización como la ventilación, y por otro lado los Fan-Coils que están distribuidos por el resto del edificio.

Las UTAs ya disponen de un buen sistema de gestión siendo capaces de controlar tanto la climatización como la ventilación, el principal problema al que nos enfrentamos es que están en continuo funcionamiento desde la apertura del edificio hasta su cierre.

Por ello contaremos con los detectores de presencia, estos tienen una tercera función que nos será de gran utilidad (ya conocemos que trabajan como detectores de presencia y de luminosidad), y es su función de sensor de temperatura.

Las dos UTAs serán equipadas con una pasarela KNX, con la que podremos encender y apagar dichas máquinas de manera automatizada.
Este encendido/apagado vendrá gestionado desde el detector:
*Cuando exista detección mandará encender la máquina.
*Tras media hora sin que se produzca detección mandará apagar la máquina.

Además, gestionaremos la temperatura cuando la sala esté vacía, pues si pasa mucho tiempo sin que este ocupada, la temperatura puede variar demasiado desencadenando un gran gasto energético a la hora de recuperar los valores establecidos.
*Cuando la temperatura de la sala se salga de los márgenes establecidos mandará encender la máquina. (Margen de 4ºC para que la máquina no esté en continuo accionamiento).
*Tras recuperar la temperatura idónea de la sala mandará apagar la máquina.

Los fan-coils han de ser recableados, para que su funcionamiento pase por un actuador KNX, el cual se encargará de su encendido/apagado y del control de las tres velocidades.
Este encendido/apagado vendrá gestionado desde el detector:
*Cuando exista detección mandará encender la máquina.
*Tras media hora sin que se produzca detección mandará apagar la máquina.

Además, gestionaremos las tres velocidades a partir de la medición de temperatura del propio detector, dependiendo de la diferencia de temperatura de las salas con la de consigna, se establecerá una de las tres velocidades.
*Cuando existan uno o dos grados de diferencia se activará la velocidad uno.
*Cuando existan tres o cuatro grados de diferencia se activará la velocidad dos.
*Cuando exista más de cinco grados de diferencia se activará la velocidad tres.

La distribución de los Fan-Coils y Actuadores por planta es la siguiente:

Planta Baja: 32 Fan-Coils = 16 Actuadores
Planta Primera: 38 Fan-Coils = 19 Actuadores
Planta Segunda: 24 Fan-Coils = 12 Actuadores

Vemos un ejemplo de los pasos seguidos en las UTAs y FanCoils y su conexionado KNX

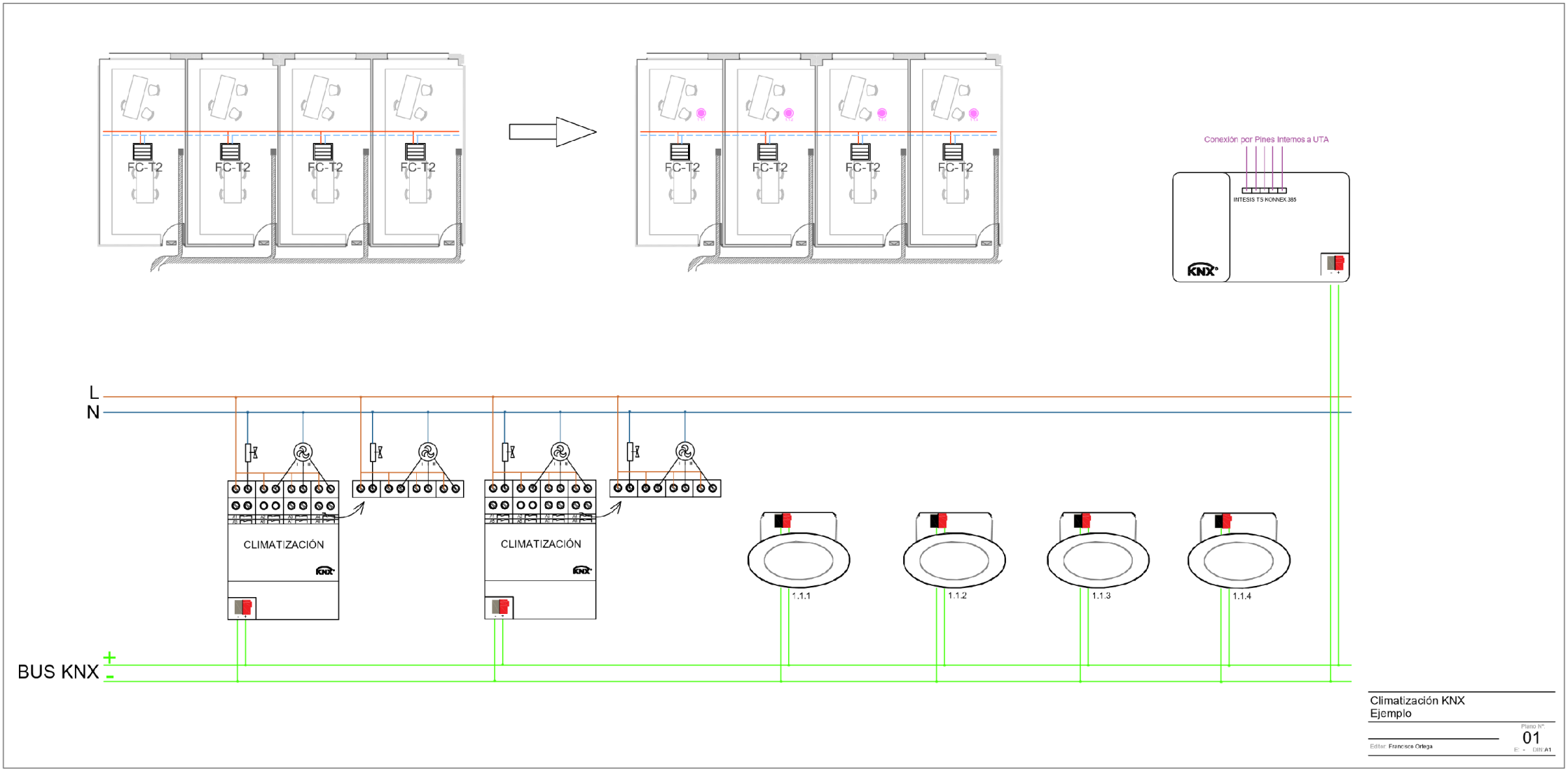


Figura 36. Plano Ejemplo Climatización

4.2.3 Control de los elementos de Cerramientos

Para realizar la gestión de los cerramientos, debemos de trabajar sobre los estores, ubicados en las ventanas de las caras Sur y Oeste del edificio.

Estos estores hasta ahora se controlaban manualmente según la necesidad del personal que se encontraba en esa parte del edificio. Cuando se producía un mal eso de estos, podrían provocar un aumento de la temperatura de las estancias o un aumento del uso de iluminación artificial.

Han de ser recableados, para que su funcionamiento pase por un actuador KNX, el cual se encargará de su movimiento.

Además, contaremos con los detectores de presencia y su función de sensor de luminosidad. Con ellos se podrá detectar la incidencia del sol en las caras del edificio y bajar estos estores en verano (para que la incidencia del sol no aumente la temperatura del interior) y subirlos en invierno (para que la incidencia del sol aumente la temperatura del interior).

La distribución de los estores y actuadores por planta es la siguiente:

Planta Baja: 26 Estores = 3 Actuadores (12+12+3)
Planta Primera: 29 Estores = 3 Actuadores (12+12+8)
Planta Segunda: 16 Estores = 2 Actuadores (12+8)

Vemos un ejemplo de los pasos seguidos con los estores y su conexionado KNX

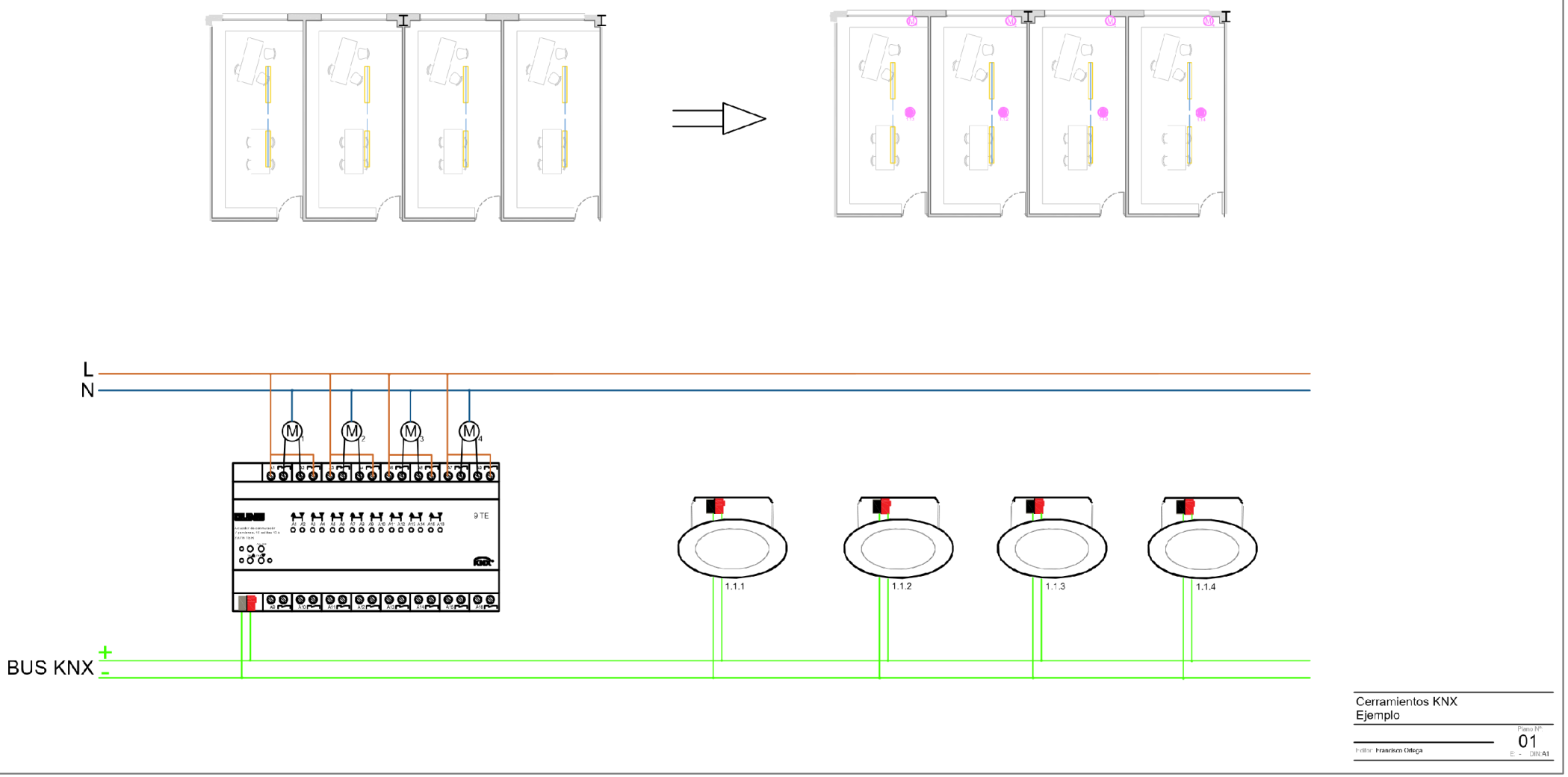


Figura 37. Plano Ejemplo Cerramientos

4.3 PROTOCOLO KNX

A la hora de crear el sistema de automatización, necesitamos comenzar por cómo se va a “transmitir” la información y como se va a “alimentar” el sistema.

El edificio cuenta con tres plantas donde la información ha de circular entre los elementos de la misma planta y entre las distintas plantas.
Por ello, para que la información fluya en la misma planta sin que se produzca ningún tipo de perdidas de datos usaremos bus de datos (Cable KNX). Y para transmitir y recoger información de las tres plantas a la vez sin que se produzca un colapso en el bus usaremos IP (Cable Ethernet).
En el caso de la alimentación, cada planta contará con una fuente KNX de 1280mA (alrededor de 128 dispositivos) suficiente para los elementos que dispondremos en cada planta.

Elementos del sistema:

	Referencia	Unidades	
Módulo de comunicación IP	IPS300SREG	3	Una unidad por planta
Fuente de Alimentación	21280REG	3	Una unidad por planta
Cable BUS KNX	EIB-BUS-KNX	6 (Rollos de 100m)	Dos rollos por planta

Una vez controlamos el tráfico de datos, es hora de conocer el número de actuadores necesarios para las “actuaciones”.

	Referencia	Unidades	
Pasarela DALI	2099REG	3	Un actuador por planta
Actuador Fan-Coil	FCA2REGHE	47	Un actuador por cada dos Fan-Coils
Pasarela UTA	TS Konnex 385	2	Una pasarela por UTA
Actuador Estor (12)	230241SR	5	Un actuador por 12 estores
Actuador Estor (8)	230161SR	2	Un actuador por 8 estores
Actuador Estor (3)	230061SR	1	Un actuador por 3 estores

Y por último, el número total de Detectores de Presencia, que como recordamos, tienen un papel fundamental en esta instalación pues se encargarán de mandar información tanto para la Iluminación como para la climatización.
El número total de estos detectores lo sacamos del conteo de los planos de las figuras 37, 38, 39.

	Referencia	Unidades	
Detector	3361-1M	98	Unidades totales en el edificio

Figura 38. Plano Elementos KNX Planta Baja

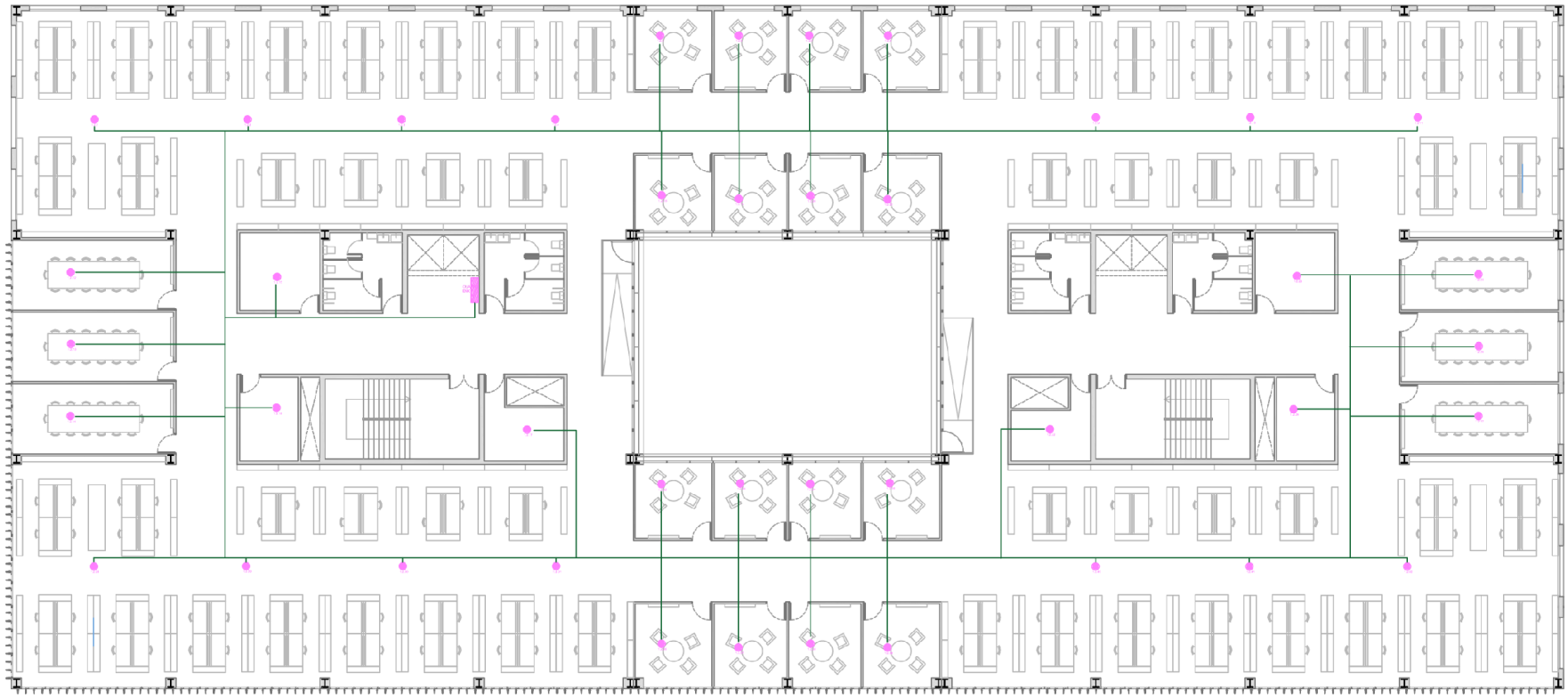


Figura 39. Plano Elementos KNX Planta Primera

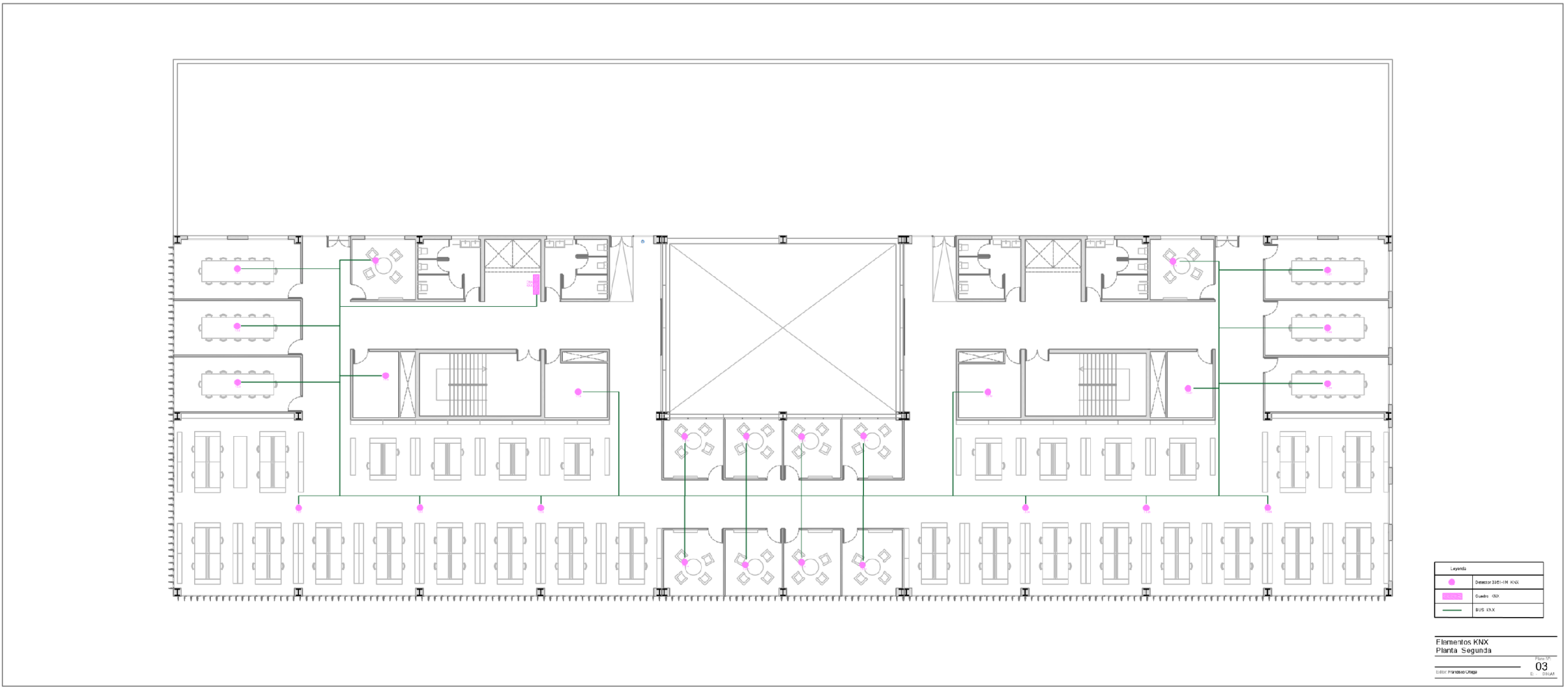
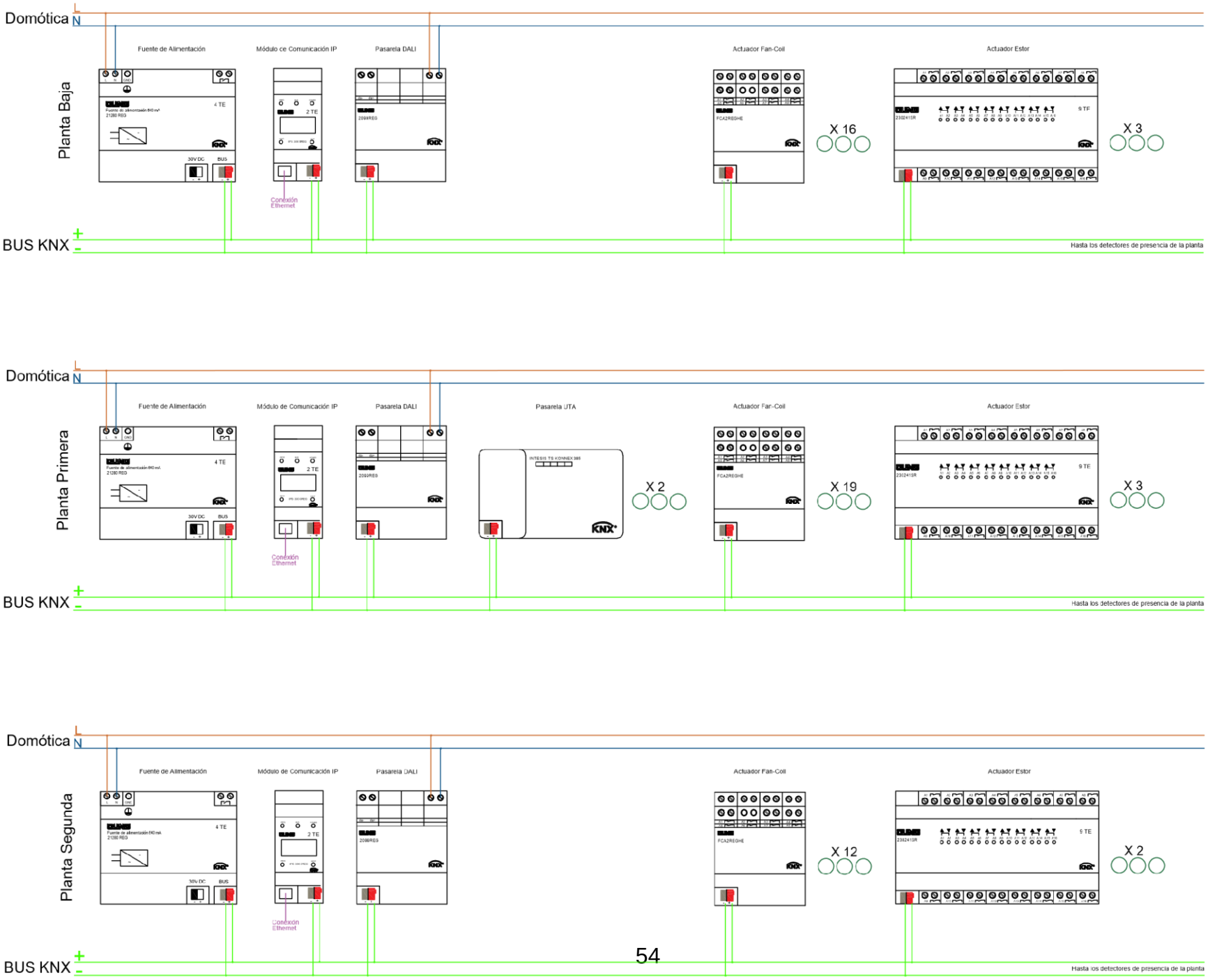


Figura 40. Plano Elementos KNX Planta Segunda

Figura 41. Plano Elementos KNX de Cuadro de las tres plantas ↓↓



Elementos KNX
Cuadros de las tres plantas

Plano Nº: 04

Editor: Francisco Ortega

E - DIN A1

4.4 CONSUMO ENERGÉTICO

Vamos a conocer si el estudio de automatización y gestión del edificio produce una verdadera mejora en la eficiencia energética y por lo tanto un ahorro en consumo energético, para ello, realizamos el estudio del consumo que tiene este edificio con los elementos de control.

Comenzamos por la **Iluminación**, donde partiremos de la figura 29 con el consumo que tienen cada una de las luminarias al estar en funcionamiento.

Ahora podemos calcular el *consumo diario y anual*, que dependerá de las horas totales que están encendidas estas luminarias y de su porcentaje de intensidad.
(Recordamos una vez más, que lo realizaremos como estimación tanto los porcentajes de intensidades como los porcentajes de horas, pues para tener unos datos completamente correctos, se debe de realizar un estudio de un par de años tras su implantación).

Como hemos visto hasta ahora, es un edificio destinado a oficinas, con un horario de apertura y cierre de sus puertas de 7:00 a 20:00 de lunes a viernes, con lo que cumplen con los horarios de oficina, mantenimiento y limpieza.
El edificio permanece en funcionamiento durante los 251 días laborables del año, donde además se tiene establecido que 125 días serán Modo Verano y 126 días Modo Invierno.

Echamos un vistazo a la salida y puesta del sol para el año 2023 en Madrid, extraída del Observatorio Astronómico Nacional del instituto geográfico nacional, con lo que podemos estimar durante que horas del día necesitaremos más iluminación artificial: [51]

Dia	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiem.		Octubre		Noviemb.		Diciemb.	
	Ort	Ocas	Ort	Ocas	Ort	Ocas	Ort	Ocas	Ort	Ocas	Ort	Ocas	Ort	Ocas	Ort	Ocas	Ort	Ocas	Ort	Ocas	Ort	Ocas	Ort	Ocas
	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	838	1759	824	1833	749	1906	759	2039	715	2110	647	2139	648	2149	712	2130	742	2047	811	1958	744	1812	818	1749
2	838	1800	823	1834	747	1907	758	2040	713	2111	647	2139	649	2149	713	2129	743	2046	812	1956	745	1811	819	1749
3	838	1800	822	1835	746	1908	756	2041	712	2112	646	2140	649	2149	714	2128	744	2044	813	1954	746	1810	820	1749
4	838	1801	821	1836	744	1909	754	2042	711	2113	646	2141	650	2148	715	2127	745	2042	814	1953	748	1809	821	1748
5	838	1802	820	1837	743	1910	753	2043	710	2114	645	2141	650	2148	716	2125	746	2041	815	1951	749	1807	822	1748
6	838	1803	819	1839	741	1911	751	2044	708	2115	645	2142	651	2148	717	2124	746	2039	816	1949	750	1806	823	1748
7	838	1804	818	1840	740	1912	749	2045	707	2116	645	2143	651	2148	717	2123	747	2038	817	1948	751	1805	824	1748
8	838	1805	817	1841	738	1914	748	2046	706	2117	645	2143	652	2147	718	2122	748	2036	818	1946	752	1804	825	1748
9	838	1806	816	1842	737	1915	746	2047	705	2118	644	2144	653	2147	719	2121	749	2034	819	1945	753	1803	826	1748
10	837	1807	815	1844	735	1916	745	2048	704	2119	644	2144	653	2146	720	2119	750	2033	820	1943	755	1802	827	1748
11	837	1808	814	1845	733	1917	743	2049	703	2120	644	2145	654	2146	721	2118	751	2031	821	1942	756	1801	827	1748
12	837	1809	812	1846	732	1918	742	2050	702	2121	644	2145	655	2146	722	2117	752	2029	822	1940	757	1800	828	1748
13	837	1810	811	1847	730	1919	740	2051	701	2122	644	2146	656	2145	723	2115	753	2028	823	1938	758	1759	829	1749
14	836	1811	810	1848	729	1920	739	2052	700	2123	644	2146	656	2145	724	2114	754	2026	824	1937	759	1759	830	1749
15	836	1812	809	1850	727	1921	737	2053	659	2124	644	2147	657	2144	725	2113	755	2024	825	1935	800	1758	830	1749
16	836	1814	807	1851	725	1922	735	2054	658	2125	644	2147	658	2143	726	2111	756	2023	826	1934	802	1757	831	1749
17	835	1815	806	1852	724	1923	734	2055	657	2126	644	2147	659	2143	727	2110	757	2021	827	1932	803	1756	832	1750
18	835	1816	805	1853	722	1924	733	2056	656	2127	644	2148	659	2142	728	2109	758	2019	828	1931	804	1755	832	1750
19	834	1817	803	1854	720	1925	731	2058	655	2128	644	2148	700	2141	729	2107	759	2018	829	1929	805	1755	833	1750
20	834	1818	802	1855	719	1926	730	2059	654	2129	644	2148	701	2141	730	2106	800	2016	831	1928	806	1754	834	1751
21	833	1819	801	1857	717	1927	728	2100	654	2130	645	2148	702	2140	731	2104	801	2014	832	1927	807	1753	834	1751
22	832	1820	759	1858	716	1929	727	2101	653	2130	645	2149	703	2139	732	2103	802	2013	833	1925	808	1753	835	1752
23	832	1822	758	1859	714	1930	725	2102	652	2131	645	2149	704	2138	733	2101	803	2011	834	1924	810	1752	835	1752
24	831	1823	756	1900	712	1931	724	2103	651	2132	645	2149	705	2138	734	2100	804	2009	835	1922	811	1752	836	1753
25	830	1824	755	1901	711	1932	722	2104	651	2133	646	2149	705	2137	735	2058	805	2008	836	1921	812	1751	836	1753
26	830	1825	753	1902	809	2033	721	2105	650	2134	646	2149	706	2136	736	2057	806	2006	837	1920	813	1751	836	1754
27	829	1826	752	1904	807	2034	720	2106	650	2135	646	2149	707	2135	737	2055	807	2004	838	1918	814	1750	837	1755
28	828	1828	751	1905	806	2035	718	2107	649	2136	647	2149	708	2134	738	2054	808	2003	840	1917	815	1750	837	1755
29	827	1829			804	2036	717	2108	648	2136	647	2149	709	2133	739	2052	809	2001	741	1816	816	1750	837	1756
30	826	1830			802	2037	716	2109	648	2137	648	2149	710	2132	740	2050	810	1959	742	1815	817	1749	837	1757
31	825	1831			801	2038			647	2138			711	2131	741	2049			743	1813			838	1758

Figura 42. Salida y puesta del sol en Madrid

Consideramos el Modo Verano del 21 de marzo al 20 de septiembre y el Modo Invierno del 21 de septiembre al 20 de marzo. Con ello revisamos la figura 40 y sacamos los valores medios:

Durante las fechas del 21 de marzo al 20 de septiembre:
*La salida del sol como hora más temprana y como hora más tardía se produce a las 6:44 y 8:09 respectivamente.
Tras realizar una media de todas las horas, obtenemos que el sol sale sobre las 7:53 en estas fechas.
*La puesta del sol somo hora más temprana y como hora más tardía se produce a las 17:27 y 21:49 respectivamente.
Tras realizar una media de todas las horas, obtenemos que el sol sale sobre las 20:30 en estas fechas.

Durante las fechas del 21 de septiembre al 20 de marzo:
*La salida del sol como hora más temprana y como hora más tardía se produce a las 7:19 y 8:40 respectivamente.
Tras realizar una media de todas las horas, obtenemos que el sol sale sobre las 8:16 en estas fechas.
*La puesta del sol somo hora más temprana y como hora más tardía se produce a las 17:49 y 20:13 respectivamente.
Tras realizar una media de todas las horas, obtenemos que el sol sale sobre las 18:97 en estas fechas.

Por tanto, el consumo de las iluminarias es calculado como:

*Los Tubo de LED 120cm y 150cm y los Focos Cuadrados tendrán un encendido de 7:00 a 20:00, haciendo un total de 13 horas diarias, tanto en verano como en invierno.
Pero su intensidad y por lo tanto su consumo no será a lo largo del día del 100%, pues dependiendo de la luminosidad del exterior dispondrá de una regulación diferente.
A partir de la tabla 29 calculamos el consumo total estimado.

De 7:00 a 10:00 = 70% de intensidad = 3h * 70% * 14,2kW = 29,82kW
De 10:00 a 19:00 = 20% de intensidad = 9h * 20% * 14,2kW = 25,56kW
De 19:00 a 20:00 = 50% de intensidad = 1h * 50% * 14,2kW = 7,1kW
Modo Verano = 62,48kW * 125días = 7.810kW

De 7:00 a 12:00 = 100% de intensidad = 5h * 100% * 14,2kW = 71kW
De 12:00 a 17:00 = 30% de intensidad = 5h * 30% * 14,2kW = 21,3kW
De 17:00 a 20:00 = 90% de intensidad = 3h * 90% * 14,2kW = 38,34kW
Modo Invierno = 130,64kW * 126días = 16.460kW

Total por Año = **24.270kW**

*Los Focos Rectangulares tendrán un encendido por horario de 7:00 a 20:00, haciendo un total de 13 horas diarias, tanto en verano como en invierno.
A partir de la tabla 29 tenemos que realizan un consumo total diario de 2.340W = 2,340kW

Modo Verano = 2,340kW * 125días = 293kW
Modo Invierno = 2,340kW * 126días = 295kW
Total por Año = **588kW**

*Los Focos Redondos tendrán un encendido por detectores, por lo que calculamos una estimado de 3 horas diarias.
A partir de la tabla 29 tenemos que realizan un consumo total diario de 1.206W = 1,206kW

Modo Verano = 1,206kW * 125días = 151kW
Modo Invierno = 1,206kW * 126días = 152kW
Total por Año = **303kW**

*Los Apliques Exteriores tendrán un encendido por horario de 17:00 a 20:00, haciendo un total de 14 horas diarias. Solo en invierno.
A partir de la tabla 29 tenemos que realizan un consumo total diario de 448W = 0,448kW

Modo Verano
Modo Invierno = 0,448kW * 126días = 56kW
Total por Año = **56kW**

El consumo Total de Iluminación al cabo de un año es de **25.217kW**

Del mismo modo, calcularemos el consumo que tiene la **climatización** al estar en funcionamiento con los elementos de control.
Esta vez partiremos de la figura 30 con el consumo que tienen cada elemento al estar en funcionamiento.

Como hemos visto hasta ahora, es un edificio destinado a oficinas, con un horario de apertura y cierre de sus puertas de 7:00 a 20:00 de lunes a viernes, con lo que cumplen con los horarios de oficina, mantenimiento y limpieza.
El edificio permanece en funcionamiento durante los 251 días laborables del año, donde además se tiene establecido que 125 días serán Modo Verano y 126 días Modo Invierno.

Echamos un vistazo a las temperaturas medias de todo el año en Madrid, extraída del weather-atlas, con lo que podemos estimar durante que horas del día necesitaremos más aporte de climatización: [52]

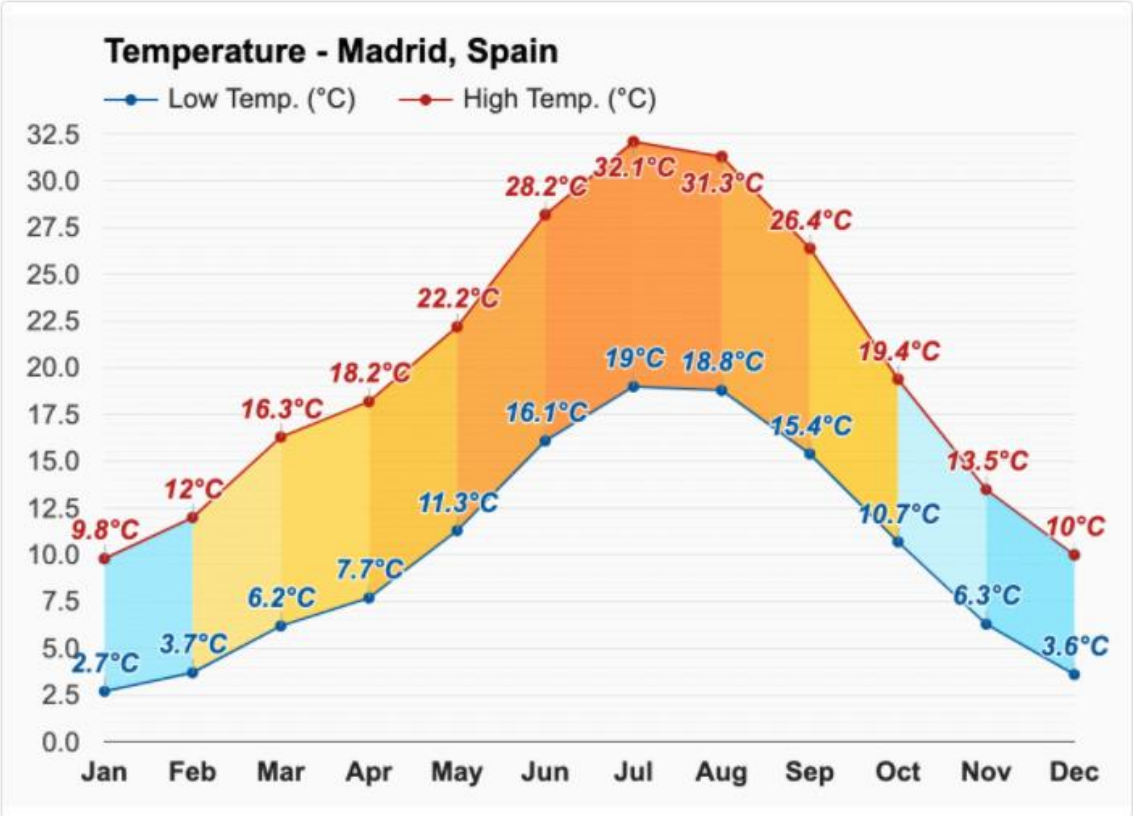


Figura 43. Temperaturas medias en Madrid.

Consideramos el Modo Verano del 21 de marzo al 20 de septiembre y el Modo Invierno del 21 de septiembre al 20 de marzo. Con ello revisamos la figura 41 y sacamos los valores medios:

Durante las fechas del 21 de marzo al 20 de septiembre:
*Las temperaturas medias más altas tanto en máximas como en mínimas son de 32.1ºC y 19ºC respectivamente.
*Las temperaturas medias más bajas tanto en máximas como en mínimas son de 18.2ºC y 7.7ºC respectivamente.
Tras realizar una media de las temperaturas, obtenemos que la temperatura tiene una media de 26.4ºC en las máximas y 14.7ºC en las mínimas.

Durante las fechas del 21 de septiembre al 20 de marzo:
*Las temperaturas medias más altas tanto en máximas como en mínimas son de 19.4ºC y 10.7ºC respectivamente.
*Las temperaturas medias más bajas tanto en máximas como en mínimas son de 9.8ºC y 2.7ºC respectivamente.
Tras realizar una media de las temperaturas, obtenemos que la temperatura tiene una media de 13.5ºC en las máximas y 5.5ºC en las mínimas.

Por tanto, el consumo de la climatización es calculado como:

*Las UTAs podrán estar en funcionamiento de 7:00 a 20:00, tanto en verano como en invierno. Pero su funcionamiento real dependerá de la detección de presencia que se produzca en estas salas. Climatizan las salas de exposiciones y comedor, las cuales no suelen estar siempre ocupadas.

A partir de la tabla 30 tenemos el consumo dependiendo del modo en el que se encuentren.

Modo Verano = 174kW * 125días * 60% del tiempo en funcionamiento = 13.050kW
Modo Invierno = 216kW * 126días * 60% del tiempo en funcionamiento = 16.330kW
Total por Año = **29.380kW**

*Los Fan-Coils tendrán un encendido de 7:00 a 20:00, haciendo un total de 13 horas diarias, tanto en verano como en invierno.
Además, se verán afectados por la velocidad. Dependiendo de la diferencia de temperatura de las salas con la temperatura de consigna, el Fan-Co establecerá una de las tres velocidades.
A partir de la tabla 29 tenemos el consumo dependiendo del modo en el que se encuentren.

Low = 375kW * 41días * 70% del tiempo en funcionamiento = 10.763kW
Medium = 471kW * 42días * 70% del tiempo en funcionamiento = 13.847kW
High = 605kW * 42días * 70% del tiempo en funcionamiento = 17.787kW
Modo Verano = 42.397kW

Low = 512kW * 42días * 70% del tiempo en funcionamiento = 15.053kW
Medium = 671kW * 42días * 70% del tiempo en funcionamiento = 19.727kW
High = 862kW * 42días * 70% del tiempo en funcionamiento = 25.343kW
Modo Invierno = 60.123kW

Total por Año = **102.520kW**

*Los CAPs tendrán un encendido de 7:00 a 20:00, haciendo un total de 13 horas diarias, tanto en verano como en invierno.
A partir de la tabla 30 tenemos el consumo dependiendo del modo en el que se encuentren.

CAP1 = 2,6kW * 125días = 228kW
CAP2 = 2,2kW * 125días = 192kW
Modo Verano = 600kW

CAP1 = 2,6kW * 126días = 229kW
CAP2 = 2,2kW * 126días = 194kW
Modo Invierno = 605kW

Total por Año = **1.205kw**

El consumo Total de Climatización al cabo de un año es de **131.900kW**

***El consumo de una fuente de alimentación KNX es de 6.4W cuando hay una carga máxima de todas las salidas. Para el edificio contamos con tres fuentes que se encargan de alimentar todo el sistema KNX, por lo que despreciamos el consumo del sistema en sí.

5. Valoración económica

5.1 PRESUPUESTO DE LOS NUEVOS ELEMENTOS.

Una vez disponemos de todos los elementos que se van a introducir para la gestión automatizada del edificio, obtenemos la medición en presto con los precios, la cual podremos usar a posterior para analizar el ahorro económico.

Código	*Nat*	*Ud*	*Resumen*	*CanPres*	*Pres*	*ImpPres*
1	**Capítulo**		**KNX**	**1**	**37.082,15**	**37.082,15**
1.1	**Capítulo**		**JUNG**	**1**	**37.082,15**	**37.082,15**
1.1.1	Partida	UD	MÓDULO DE COMUNICACIÓN IP	3,00	235,76	707,28
			Suministro de módulo de comunicación IP, que permite el acceso al bus KNX mediante conexión IP, hasta 8 conexiones simultáneas. Marca JUNG serie KNX, modelo IPS300SREG. (según memoria y planos proyecto).			
1.1.2	Partida	UD	FUENTE DE ALIMENTACIÓN	3,00	451,00	1.353,00
			Suministro de fuente de alimentación, con filtro incorporado, 1280mA. Marca JUNG serie KNX, modelo 21280REG. (según memoria y planos proyecto).			
1.1.3	Partida	UD	CABLE BUS KNX	6,00	98,00	588,00
			Suministro de cable BUS KNX, en rollo de 100m. Marca JUNG serie KNX,modelo EIB-BUS-KNX, (según memoria y planos proyecto).			
1.1.4	Partida	UD	PASARELA DALI	3,00	475,64	1.426,92
			Suministro de pasarela DALI, control de luces y otras aplicaciones con equipo DALI en instalaciones KNX. Marca JUNG serie KNX, modelo 2099REG. (según memoria y planos proyecto).			
1.1.5	Partida	UD	ACTUADOR FAN-COIL	47,00	301,41	14.166,27
			Suministro de actuador Fan-Coil, 2 canales. Marca JUNG serie KNX, modelo FCAREGHE. (según memoria y planos proyecto).			
1.1.6	Partida	UD	ACTUADOR ESTOR	5,00	690,00	3.450,00
			Suministro de actuador estor de 12 fases. Marca JUNG serie KNX, modelo 230241SR. (según memoria y planos proyecto).			
1.1.7	Partida	UD	ACTUADOR ESTOR	2,00	560,00	1.120,00
			Suministro de actuador estor de 8 fases. Marca JUNG serie KNX, modelo 230161SR. (según memoria y planos proyecto).			
1.1.8	Partida	UD	ACTUADOR ESTOR	1,00	290,00	290,00
			Suministro de actuador estor de 3 fases. Marca JUNG serie KNX, modelo 230061SR. (según memoria y planos proyecto).			
1.1.9	Partida	UD	DETECTOR DE PRESENCIA	98,00	142,66	13.980,68
			Suministro de detector de presencia, luminosidad y temperatura. Marca JUNG serie KNX, modelo 3361-1M. (según memoria y planos proyecto).			

1.2	**Capítulo**		**KONNEX**	**1,00**	**1.450,00**	**1.450,00**
1.2.1	Partida	UD	PASARELA UTA Suministro de pasarela UTA, marca CIATESA serie KNX, modelo TS Konnex 385. (Según memoria y planos proyecto).	2,00	725,00	1.450,00
2	**Capítulo**		**ELEMENTOS PARA EL CONTROL**	**1**	**6.943,05**	**15.392,05**
2.1	**Capítulo**		**DALI**	**1**	**6.943,05**	**6.943,05**
2.1.1	Partida	UD	DRIVER DALI PARA ILUMINACIÓN LED Suministro de driver DALI para iluminación LED, entrada 220V salida 220V, marca Sunricher, modelo LD1130058. (según memoria y planos proyecto).	139,00	49,95	6.943,05
2.2	**Capítulo**		**MOTOR Cerramientos**	**1**	**8.449,00**	**8.449,00**
2.2.1	Partida	UD	Motor para Persiana/Estor 220V Suministro de motor entrada 220V salida 220V, marca Somfy, modelo MR100. (según memoria y planos proyecto).	71,00	119,00	8.449,00
				Total 1	**37.082,15**	**37.082,15**
				Total 2	**15.392,05**	**15.392,05**
				Total	**52.474,20**	**52.474,20**

Figura 44. Presto Precios de los elementos.

La partida de cableado e instalación no la hemos incluido hasta ahora, porque no pertenece a la Ingeniería, pero si nos afectará para el análisis de predicción de amortización. Esta queda como una aproximación, pues no disponemos de datos para su cálculo detallado.

Código	*Nat*	*Ud*	*Resumen*	*CanPres*	*Pres*	*ImpPres*
3	**Capítulo**		**Cableado y Instalación**	**1**	**20.000,00**	**20.000,00**
3.1	**Capítulo**		**Electricista**	**1**	**20.000,00**	**20.000,00**
3.1.1	Partida	UD	Cableado e Instalación Suministro e instalación de todos los elementos necesario para la automatización del edificio, además del cableado necesario para llevar a cabo tal fin. (según memoria y planos proyecto).	1,00	20.000,00	20.000,00

Figura 45. Presto Precio cableado e Instalación.

5.2 ANÁLISIS DE LOS CONSUMOS ENERGÉTICOS.

Vamos a intentar analizar cuales son los elementos que más consumo tienen, tanto en la iluminación como en la climatización. Pues si hemos conseguimos tener una buena gestión de ellos, habremos podido reducir su carga energética.

En Iluminación, si nos fijamos en la tabla 29 vemos que las luminarias que más consumo tienen son los tubos LED de 120cm y 150cm.
Esto es debido a la gran cantidad de unidades con las que cuenta el edificio.
Nos encontramos con 269 luminarias de tubos LEDs 120cm y 88 luminarias de tubos LEDs 150cm.
El consumo de estas luminarias antes de la automatización del edificio es de 45.682kW anuales, un 96% del consumo en iluminación de todo el edificio.

Tenemos claro que estas luminarias son los elementos en los que más cuidado en el control se ha debido de poner a la hora de la gestión.
Tras realizar de nuevo los cálculos después de la automatización del edificio, obtenemos que dicho consumo anual desciende a 23.928kW, con lo que hemos reducido un 48%. Dato muy significativo si queremos tener una eficiencia energética importante.

En Climatización, nos fijamos una vez más en la tabla 30, en ella vemos que son los Fan-Coils los elementos que más consumo tienen.
Esto es debido a la gran cantidad de unidades con las que cuenta el edificio.
Nos encontramos con un total de 94 unidades.
El consumo de estos equipos antes de la automatización del edificio es de 146.457kW anuales, un 75% del consumo en climatización de todo el edificio.

Tenemos claro que estos equipos son los elementos en los que más cuidado en el control se ha debido de poner a la hora de la gestión.
Tras realizar de nuevo los cálculos después de la automatización del edificio, obtenemos que dicho consumo anual desciende a 102.520kW, con lo que hemos reducido un 30%. Dato muy significativo si queremos tener una eficiencia energética importante.

Como hemos podido ver hasta ahora, la gestión en el control de los elementos que más consumen a sido ideal, pues la reducción de consumo es muy significativa.
Pero para conocer si realmente vamos a obtener una verdadera eficiencia energética y poder luego obtener cálculos económicos y comparativos, vamos a necesitar trabajar con los consumos al cabo del año.

Comparando por tanto los consumos al cabo de un año en Iluminación, vemos en el apartado anterior 4.3, que hemos conseguido reducir de 47.476kW a 25.217kW.
Por tanto, gracias a la gestión del edificio conseguimos reducir el consumo un 46.8% CADA AÑO.

De la misma manera, comparando los consumos al cabo de un año para climatización, hemos conseguido reducir de 196.628kW a 131.900kW. Podemos ver que gracias a la gestión del edificio conseguimos reducir este consumo un 32.9% CADA AÑO.

De manera conjunta, obtenemos un ahorro cada año del 35.6%.

5.3 Predicción de amortización del sistema de Automatización.

Para poder calcular la predicción de amortización, compararemos la factura energética antes y después de la automatización, a ella le sumaremos el coste económico de la implantación de los elementos domóticos.

Comenzaremos calculando la factura de antes de la automatización, para ello nos regiremos de los cargos eléctricos aprobado por el Real Decreto-ley 17/2021 de la tarifa 3.0TD. En ella veremos reflejada tanto el termino de potencia contratada y la potencia consumida. [63,64]

A partir de del apartado 3.3 de este proyecto. Sabemos que:

- El gasto anual es de 244.104kW
- El gasto mensual es aproximadamente de 20.000kW
- El gasto hora es aproximadamente de 60kW

Concepto	*Base (KW)*	*Precio Unitario (€/kW y día)*	*Importe (€)*
Potencia [P1]	60	0,05369	96,642
Potencia [P2]	60	0,037759	67,9662
Potencia [P3]	60	0,019193	34,5474
Potencia [P4]	60	0,016729	30,1122
Potencia [P5]	60	0,012053	21,6954
Potencia [P6]	60	0,007225	13,005
Energía [P1]	3333	0,113854	379,475382
Energía [P2]	3333	0,094818	316,028394
Energía [P3]	3333	0,062492	208,285836
Energía [P4]	3333	0,274229	914,005257
Energía [P5]	3333	0,243669	812,148777
Energía [P6]	3333	0,221889	739,556037
Impuesto Eléctrico Reducido	3633,46788	0,50%	18,1673394
TOTAL			3651,63522

Figura 46. Factura antes de la automatización

Continuamos calculando la factura de con de la automatización, para ello nos regiremos de los cargos eléctricos aprobado por el Real Decreto-ley 17/2021 de la tarifa 3.0TD. En ella veremos reflejada tanto el termino de potencia contratada y la potencia consumida.

A partir de del apartado 4.4 de este proyecto. Sabemos que:

- El gasto anual es de 157.117kW
- El gasto mensual es aproximadamente de 14.000kW
- El gasto hora es aproximadamente de 40kW

Concepto	*Base (KW)*	*Precio Unitario (€/kW y día)*	*Importe (€)*
Potencia [P1]	40	0,05369	64,428
Potencia [P2]	40	0,037759	45,3108
Potencia [P3]	40	0,019193	23,0316
Potencia [P4]	40	0,016729	20,0748
Potencia [P5]	40	0,012053	14,4636
Potencia [P6]	40	0,007225	8,67
Energía [P1]	2433	0,113854	292,149364
Energía [P2]	2433	0,094818	243,302988
Energía [P3]	2433	0,062492	160,354472
Energía [P4]	2433	0,274229	703,671614
Energía [P5]	2433	0,243669	625,254654
Energía [P6]	2433	0,221889	569,367174
Impuesto Eléctrico Reducido	2770,07907	0,50%	13,8503953
TOTAL			2783,92946

Figura 47. Factura después de la automatización

Vemos que la diferencia mensual es de 867,705€, por lo que tendremos un ahorro económico de 10.412€ Anuales.

Tal y como hemos estimado, al realizar la inversión para la automatización del edificio de oficinas en la que realizamos la compra e instalación de todos los elementos necesarios para dicha gestión, gracias al ahorro energético y por tanto al ahorro económico, tendríamos una recuperación del capital inicial entorno a unos 7 u 8 años.

6. Conclusiones

A lo largo de este proyecto he podido estudiar y aprender con mayor profundidad los diferentes sistemas de gestión más utilizados en los principales ámbitos de una Smart City, centrándome puesto que el proyecto lo requería, en el control automatizado para un edificio. Además de profundizar en la eficiencia energética y en aquellos beneficios que puede llegar a aportar para el planeta si realizamos una mejor gestión de la energía.

Gracias a este estudio, se he podido demostrar cómo se produce un importante ahorro energético al incorporar elementos de control en un edificio, pudiendo llegar a alcanzar ahorros de casi un 50% en iluminación y del 30% en climatización. En este caso en concreto siendo un edificio típico de 3 plantas y más de 50 estancias, con un consumo inicial aproximado de 244.104kW anuales, se ha llegado a reducir a 157.117kW, con lo que hablamos de una reducción total de un 35% cada año.
Por ello, aunque se ha de realizar una inversión muy elevada en materiales para este tipo de gestión de edificios, gracias al ahorro energético y por tanto al ahorro económico, se tiene una recuperación del capital inicial entorno a unos 7 u 8 años.

Además, gracias a las posibilidades que me ha facilitado el master y este trabajo en sí, he podido aprovechar y aumentar el enfoque planteado inicialmente, puesto que no solamente he podido indagar y aprender sobre los distintos sistemas de Domótica e Inmótica con los que poder realizar el estudio como una Ingeniería, si no que, he podido conocer programas como el ETS, realizar planos con AutoCAD y realizar presupuestos en Presto, entre otras muchas más tareas.

Echando la vista atrás, podemos decir que los objetivos se han cumplido casi en su totalidad. Pues se ha realizado una gran labor de recopilación de información, tanto de planos del edificio, como de los elementos de Iluminación, Climatización y Cerramientos con los que contábamos. Así mismo, se ha realizado una recopilación de consumos antes y después del diseño del edificio automatizado, así como una valoración económica con una predicción de amortización del sistema implantado.
Quedándonos eso sí, sin la posibilidad de recopilar información de las temperaturas reales y de las horas de uso de cada estancia, pues no disponíamos de ella en ningún documento y no existía la posibilidad de realizar una visita al edificio para sus tomas.

Fijándonos en la planificación inicialmente prevista y la finalmente conseguida, en líneas generales, se han mantenido los hitos más importantes.
Aunque con los primeros y más duros objetivos de recopilación de planos, de elementos existentes y de consumos, me hizo llevar más horas de las esperadas, llevándome incluso a pensar en que no podía cumplir con las fechas, me sirvió para conocer con más profundidad el edificio, apreciando las carencias y virtudes que este disponía.

Todo ello me ayudo de cara a los siguientes objetivos, donde pude diseñar la automatización del edificio con más conocimientos afianzados y así llegar sin problemas a las fechas previstas de los entregables.

Con respecto a las líneas de trabajo futuro que se nos quedan pendientes, se debería de realizar una recopilación de datos durante los años posteriores a su implantación, con la que conocer el desvío generando en el ahorro energético.
Además, se podría plantear la integración de registros de consumos con el que detectar otras fuentes hasta ahora olvidadas, y detectores de ventanas abiertas con las que apagar el sistema de climatización para evitar consumos ineficientes.

7. Glosario

Smart Cities: La ciudad inteligente se refiere a un tipo de desarrollo urbano basado en la sostenibilidad que es capaz de responder adecuadamente a las necesidades básicas de instituciones, empresas y de los propios habitantes, tanto en el plano económico, como en los aspectos operativos, sociales y ambientales.

Smart Buildings: Los edificios inteligentes son aquellos cuyas instalaciones y sistemas permiten una gestión y control integrada y automatizada, con el fin de aumentar la eficiencia energética, la seguridad, la usabilidad y la accesibilidad.

Domótica: Conjunto de tecnologías aplicadas al control y la automatización inteligente de la vivienda, que permite una gestión eficiente del uso de la energía, aporta seguridad y confort, además de comunicación entre el usuario y el sistema.

Sensores: Se encargan de captar la información del entorno o de la instalación domótica y mandar la información a los actuadores.

Actuadores: Se encargan de aporta la "energía" (lumínica, calorífica, …) necesaria al sistema, para modificar el valor de la magnitud física a controlar.

Ahorro energético: Uso eficiente de la energía, con el objetivo de reducir la cantidad de energía requerida para proporcionar productos y servicios.

Regulación Iluminación: Disminución o aumento de la intensidad lumínica de una luminaria, que conlleva a su vez una disminución o aumento de la potencia consumida.

LED: Fuente de luz constituida por un material semiconductor dotado de dos terminales. Se trata de un diodo de unión p-n, que emite luz cuando está activado.

DALI: El Interfaz de iluminación digital direccionable es un protocolo bidireccional abierto que permite transferir información como los comandos de iluminación, los datos de fallos y los diagnósticos entre distintos dispositivos.

Cerramiento: superficies que delimitan y acondicionan los espacios tapando o cerrando una abertura para impedir el paso del aire o la luz.

UTA: Unidad de Tratamiento de Aire que permite realizar un tratamiento integral del aire utilizado pudiendo controlar todas las variables de dicho aire.

Fan-Coils: Un ventiloconvector formado por una tubería o intercambiador y un ventilador.

CAP Neutro: Climatizadores de aire primario que realizan un proceso de ventilación.

Sistema Centralizado: Dispone de un controlador que se encarga de enviar la información a todos los actuadores e interfaces. Si este controlador falta, el sistema deja de funcionar.

Sistema Descentralizado: Todos los elementos se encargan de enviar información a los actuadores dependiendo de lo que hayan registrado tanto los sensores como los usuarios. Son interconectables, si uno falta, el sistema no deja de funcionar.

8. Bibliografía

[1] Ciudad inteligente (Smart City) …… 21/09/2021
https://es.wikipedia.org/wiki/Ciudad_inteligente

[2] Ciudad sostenibles económica, social y medioambiental …….. 21/09/2021
https://www.fundacionendesa.org/es/recursos/a201908-smart-city

[3] Norma UNE Smart Building ……..…….. 23/09/2021
https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0059483

[4] Convocatorias de ayudas públicas Smart Building ……..…….. 23/09/2021
https://www.red.es/redes/es/node/16122

[5] Smart Building y como se gestiona la eficiencia energética…… 24/09/2021
https://www.blatem.com/es/actualidad/noticias/que-es-un-smart-building-y-como-gestiona-la-eficiencia-energetica

[6] Funcionalidades de un Smart Building …….. 24/09/2021
https://nexusintegra.io/es/smart-building-todo-lo-que-necesitas-saber/

[7] Propuesta de valor Canvas …….. 25/09/2021
https://javiermegias.com/blog/2013/01/value-proposition-canvas-lienzo-proposicion-valor-modelos-de-negocio/?highlight=propuesta%20de%20valor

[8] Modelo Canvas: Economipedia …….. 27/09/2021
https://economipedia.com/definiciones/modelo-canvas.html

[9] Modelo Canvas: ¿Qué es, para qué sirve y cómo se utiliza? ... 27/09/2021
https://blog.hubspot.es/sales/modelo-canvas

[10] Evolución de la Iluminación - Genergy …… 28/09/2021
https://genergyled.com/evolucion-de-las-bombillas/

[11] La evolución desde la incandescencia al LED ……. 28/09/2021
https://www.celerlight.com/evolucion-bombillas-incasdencentes-led/

[12] Tabla de equivalencias LED …… 28/09/2021
https://blog.ledbox.es/ahorro-eficiencia-energetica/tabla-de-equivalencias-de-las-bombillas-led

[13] Regulación Corte de Fase: JUNG 1730DD …… 29/10/2021
https://downloads.jung.de/public/es/pdf/instrucciones_de_servicio/es_1730DD_82598713_20181204.pdf

[14] Regulación Corte de Fase: LIGHTING …… 29/10/2021
https://www.luzycolor2000.com/noticias/regulacion-corte-fase/

[15] Regulación 1-10: JUNG 240-10/31 …… 30/10/2021
https://downloads.jung.de/public/es/pdf/instrucciones_de_servicio/es_240-10_240-31_32540753.pdf

[16] Regulación 1-10: novelec Reguladores para iluminación …… 30/10/2021
https://blog.gruponovelec.com/iluminacion/reguladores-para-iluminacion-tipos-y-caracteristicas/

[17] Regulación DALI: JUNG 240PDPE …… 01/10/2021
https://downloads.jung.de/public/es/pdf/instrucciones_de_servicio/es_240pdpe_82563213.pdf

[18] Regulación DALI: atrapatuled Tipos de Iluminación …… 01/10/2021
https://atrapatuled.es/blog/tipos-de-regulacion-y-programacion-led-

[19] Regulación DMX: ¿Como funciona? …… 02/10/2021
https://www.gtled.com/como-funciona-el-sistema-de-regulacion-dmx-led/

[20] Bomba de Calor: JUNKERS …… 03/10/2021
https://blog.junkers.es/bomba-de-calor-alternativa-de-calefaccion/

[21] Expansión Directa: …… 03/10/2021
https://climartvalencia.es/expansion-directa/

[22] Expansión Directa: Airzone VRV …… 03/10/2021
http://www.airzone.es/blog/climatizacion/que-son-los-sistemas-vrv-de-climatizacion/

[23] Expansión Indirecta: …… 03/10/2021
https://www.intarcon.com/sistemas-de-refrigeracion-directos-e-indirectos/

[24] Calidad del Aire: Calor y Frio …… 04/10/2021
https://www.caloryfrio.com/construccion-sostenible/ventilacion-y-calidad-aire-interior/que-es-la-calidad-del-aire-interior-cai.html

[25] Ventilación mecánica controlada …… 04/10/2021
https://www.caloryfrio.com/aire-acondicionado/ventilacion/ventilacion-mecanica-controlada-infografia.html

[26] KNX: Official site…… 05/10/2021
https://www.knx.es/es

[27] KNX: JUNG Fabricante…… 05/10/2021
https://www.jung.de/es/820/productos/tecnica/sistema-knx/

[28] KNX: Qué es el sistema KNX ……05/10/2021
https://revistadigital.inesem.es/gestion-integrada/sistema-knx/

[29] ModBus: Official site……05/10/2021
https://modbus.org/about_us.php

[30] ModBus: Qué es y cómo funciona ……..…… 05/10/2021
https://www.cursosaula21.com/modbus-que-es-y-como-funciona/

[31] Loxone: Official site…… 06/10/2021
https://www.loxone.com/eses/productos/miniserver-extensiones/

[32] Loxone: Sistema domótico…… 06/10/2021
https://www.xatakahome.com/domotica/loxone-un-sistema-domotico-muy-interesante

[33] Z-wave: Official site…… 06/10/2021
https://zwave.es/

[34] Z-wave: Que es Zwave?…….……..… 06/10/2021
https://www.domoticalia.es/es/content/14-z-wave

[35] Norma europea sobre iluminación para interiores ……..…. 07/10/2021
https://www.saltoki.com/iluminacion/docs/03-UNE-12464.1.pdf

[36] UNE12464 Iluminación lugares de trabajo …..……. 07/10/2021
https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0048898

[37] UNE12464 Iluminación lugares de trabajo …..……. 08/10/2021
https://www.laboral.pro/blog/que-temperatura-tiene-que-haber-en-el-lugar-de-trabajo

[38] Criterios climatización lugares de trabajo …..……. 08/10/2021
https://www.boe.es/buscar/pdf/1997/BOE-A-1997-8669-consolidado.pdf

[39] Ayandeh Bank Tower (Teherán / Elahieh, Irán) ……. 10/10/2021
https://projects.knx.org/es/detail/PRJ001954

[40] Consulta ginecológica Das Brustzentrum (Berlín, Alemania) .. 10/10/2021
https://www.loxone.com/eses/blog/automatizacion-de-la-consulta-ginecologica-de-das-brustzentrum/

[41] Living lab" de Atea (Stavanger, Noruega) …….. 10/10/2021
https://smart-lighting.es/ejemplo-real-oficina-inteligente-futuro-living-lab-atea-stavanger-noruega/

[42] Demo Oficina ComfortClick ……... 10/10/2021
http://demo.comfortclick.com/Demo?user=Office&pass=Pass

[43] Tubo LED 120cm ……. 16/10/2021
https://greenice.com/es/tubos-led-regulables/2379-tubo-led-120cm-t8-dimable-18w-1800lm-30-000h-8435402525301.html

[44] Tubo LED 150cm ……. 16/10/2021
https://greenice.com/es/tubos-led-regulables/2380-tubo-led-150cm-t8-dimable-23w-2300lm-30-000h-8435402525318.html

[45] Iluminaria GU10 ……. 16/10/2021
https://www.lamparayluz.es/bombilla-led-gu10-regulable-6w-480lm-4000k?gclid=CjwKCAjw8KmLBhB8EiwAQbqNoGEDTu_nSgHtC6DuReVLR9jVeWTB7BJZkchtt0EJkuMJ1LAU6xX9ZhoC06QQAvD_BwE

[46] Iluminaria GU4 ……. 16/10/2021
https://www.lamparadirecta.es/osram-parathom-gu4-mr11-5w-927-345lm-regulable-luz-muy-calida-reemplazo-35w-4058075448407

[47] Iluminaria E27 ..…… 16/10/2021
https://www.lamparayluz.es/bombilla-led-e27-regulable-p45-mate-2-8w-250-lm-2700k

[48] CIATESA KCH (UTA – Unidad de tratamiento de aire) …….. 18/10/2021
http://catalogosaire.splitmania.com/PROVEEDORES/ACTUALIZADAS/CIAT/files/assets/basic-html/page-215.html#

[49] Termoven FCS (Fan Coil) ……. 18/10/2021
http://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/1/972/983/989/6226.pdf

[50] Termoven TV-TB (CAP) Pag.100 ……. 18/10/2021
https://www.recosur.biz/PDFs/Catalogo2012.pdf

[51] Horas, salida y puesta del sol Madrid ……..... 14/11/2021
https://astronomia.ign.es/web/guest/hora-salidas-y-puestas-de-sol

[52] Temperatura media Madrid ……..……..... 14/11/2021
https://www.weather-atlas.com/es/espana/madrid-clima#temperature

[53] JUNG Módulo de comunicación IP ……..……..... 16/11/2021
https://www.jung.de/es/online-catalogo/368935010/368935011/

[54] JUNG Fuente de alimentación ……..…..……..... 16/11/2021
https://www.jung.de/es/online-catalogo/368934938/368934939/

[55] Zennio Cable Bus KNX ……..…..……..... 16/11/2021
https://www.zennio.com/productos/sistema/knx-cable

[56] JUNG Pasarela DALI …..……..…..……..... 16/11/2021
https://www.jung.de/es/online-catalogo/350288509/350288510/

[57] JUNG Actuador Fan Coil ……..……..…….... 16/11/2021
https://www.jung.de/es/online-catalogo/255938782/255938783/

[58] JUNG Actuador persianas ……..……..…….... 16/11/2021
https://www.jung.de/es/online-catalogo/1617003088/1617003089/

[59] JUNG Detector de presencia ……..……..…….... 16/11/2021
https://www.jung.de/es/online-catalogo/266516097/266516098/

[60] CIAT Pasarela UTA ……..……..…….... 16/11/2021
http://www.grupociat.es/infos/catalogues/catalogo_ciat_2013-14.pdf

[61] Driver DALI 220V ……... 17/11/2021
https://www.ledbox.es/control-alumbrado-dali/dali-driver-ac100-240v-500w

[62] Motor para cerramientos 220V …… 17/11/2021
https://shop.somfy.es/motor-de-persiana-mecanico-mr-100-de-10nm.html?int_campaign=merge_cms_shop&int_source=site&int_content=product_listing&_ga=2.84565087.735776837.1637231984-1137644062.1636751861&_gac=1.26387151.1636751881.CjwKCAiAvriMBhAuEiwA8Cs5lZpdAyj03WIE5a-hbCVWTZIXVz206JNcORGSC8Y0LzqiAUXg6AwfhBoCUSEQAvD_BwE

[63] Real Decreto-ley 17/2021 Tarifa 3.0TD Energigreen …… 19/11/2021
https://www.energigreen.com/bajada-temporal-de-los-cargos-del-sistema-electrico-y-impuesto-sobre-la-electricidad/

[64] Real Decreto-ley 17/2021 Tarifa 3.0TD ConsumoResponde ... 19/11/2021
https://www.consumoresponde.es/actualidad/aviso-aspectos-basicos-nuevas-tarifas-nueva-factura-electricidad

[Anexo1] KNX, descarga del ETS …… 20/11/2021
https://my.knx.org/es/shop/ets

9. Anexos

9.1 Programación y Puesta en marcha ETS

9.1.1 Creación del edificio e integración de los elementos domóticos

Con el proyecto creado, es la hora de realizar los pasos de programación y puesta en marcha del edificio de oficinas, para ello nos hemos descargado el programa ETS, el cual está diseñado por la asociación KNX para el diseño, programación y puesta en marcha de los proyectos. [Anexo1]

Al abrir el programa ETS, nos encontramos con una pantalla principal donde a la izquierda dispondremos de los proyectos que vallamos creando y a la derecha información/noticias de la asociación KNX y de diferentes fabricantes.

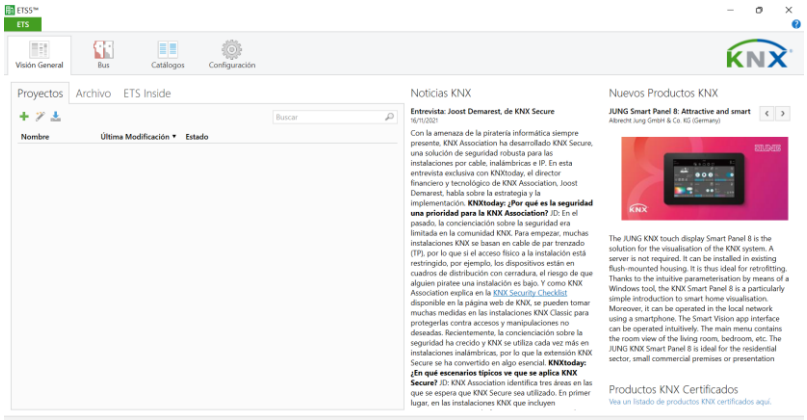


Figura Anexo1. Inicio Programa ETS

Antes de comenzar el proyecto nos dirigiremos a la pestaña de “Catálogos”, en ella descargaremos los dispositivos de JUNG y Ciatesa que necesitaremos para programar.

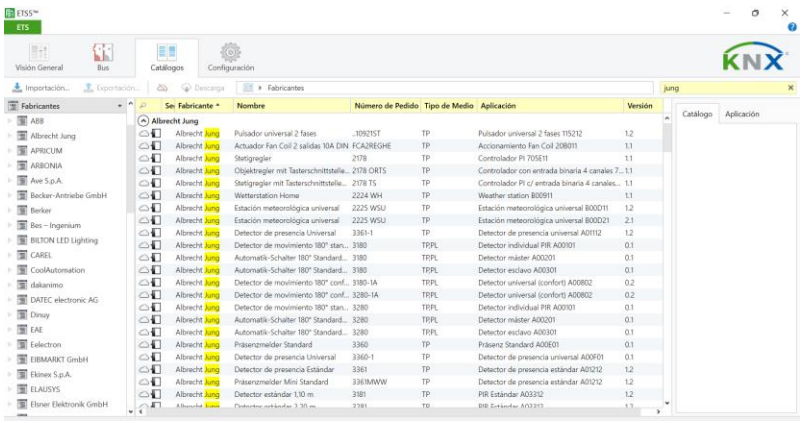


Figura Anexo2. Carga de los dispositivos JUNG

Es la hora de crear nuestro proyecto, le damos a “+” y definimos como queremos que sea el proyecto.

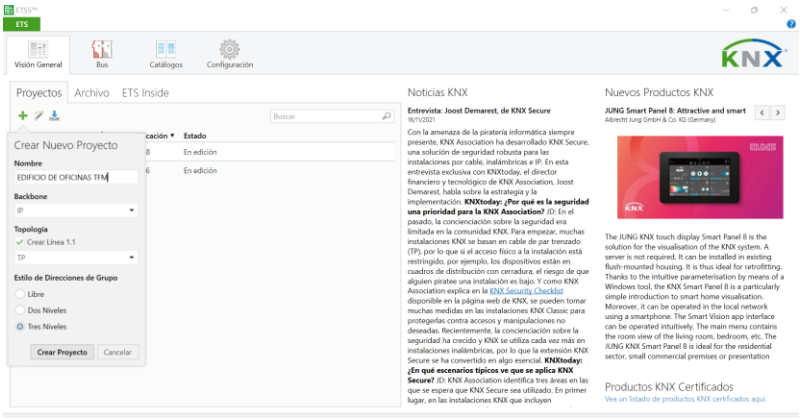


Figura Anexo3. Creación de un nuevo proyecto

Una vez entramos en el proyecto como tal, nos encontramos a la izquierda lo que será nuestra estructura del edificio, y a la derecha (ahora en blanco) cada uno de los dispositivos domóticos que contendrá el edificio.

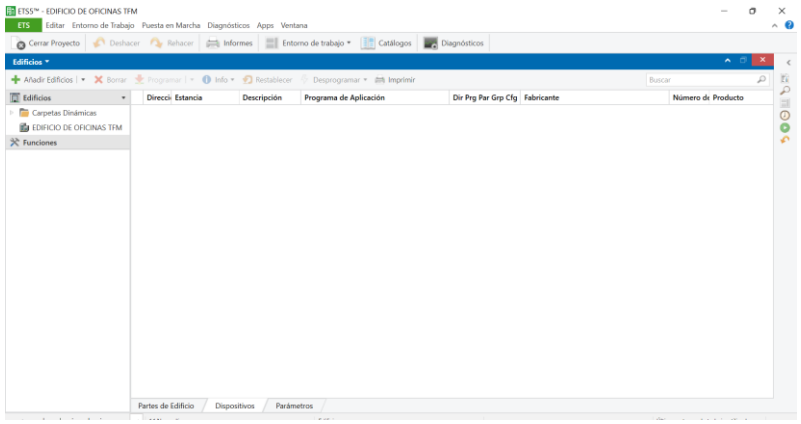


Figura Anexo4. Inicio del proyecto

Comenzamos creando la estructura, con ella facilitamos información de cómo se distribuyen los elementos. Para ello creamos las tres plantas con las que cuenta el edificio (Planta Baja, Planta Primera y Planta Segunda) y un cuadro domótico en cada planta donde irán los elementos domóticos de carril din (Fuente de alimentación, IPS y actuadores).

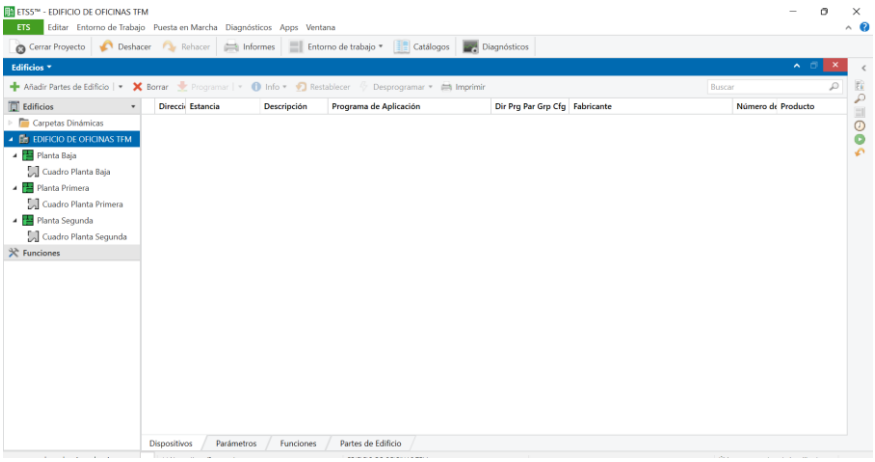


Figura Anexo5. Creación de la estructura del edificio

Con la estructura creada comenzamos a incluir las fuentes de alimentación y los interfaces de comunicación IP.
Como disponemos de tres plantas, se opta por crear tres líneas de KNX, para así tener los elementos bien diferenciados.
Recordamos que los interfaces de comunicación IP son los encargados de la transmisión de la información entre plantas, no usaremos cableado bus pues es la rama por donde más información pasa y podría colapsar.

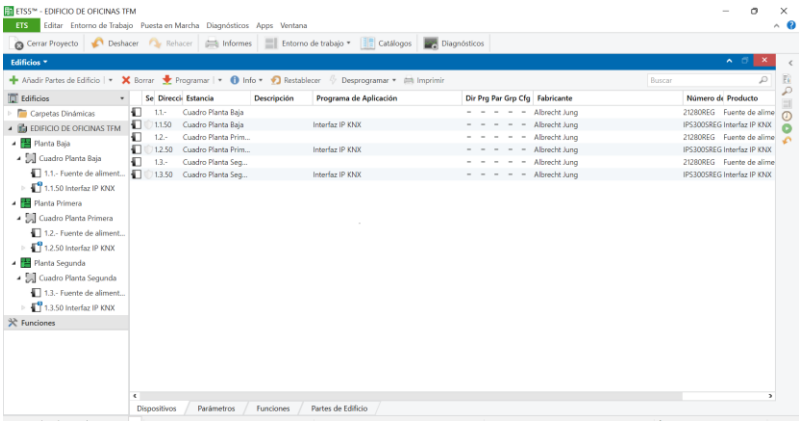


Figura Anexo6. Comenzamos a incluir los primeros elementos

A continuación, vamos incluyendo los actuadores que serán necesarios en cada planta siguiendo la misma estructura. El número de estos es obtenido de los apartados 4.2.1, 4.2.2 y 4.2.3.

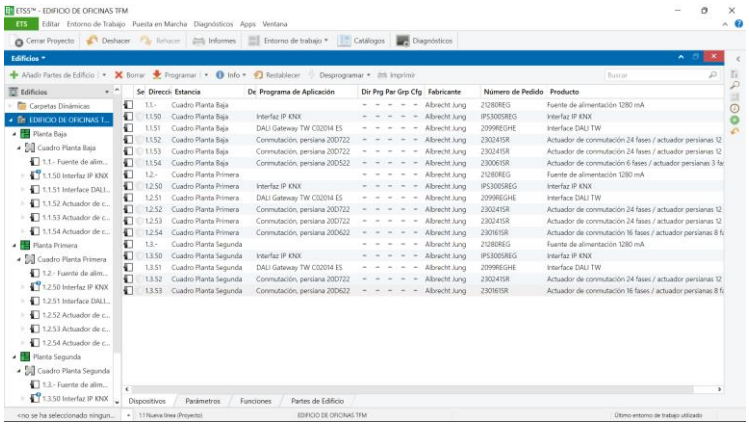


Figura Anexo7. Comenzamos a incluir los Actuadores

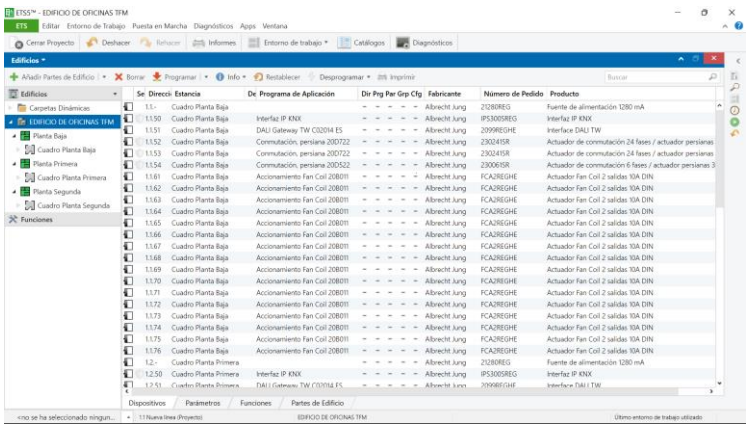


Figura Anexo8. Comenzamos a incluir los Actuadores (2)

Por último, dentro de la estructura del edificio, creamos una “oficina” por planta, estás serán cada una de las plantas como tal, donde en nuestro caso irán los detectores.
El número de estos es obtenido de las figuras 38, 39 y 40.

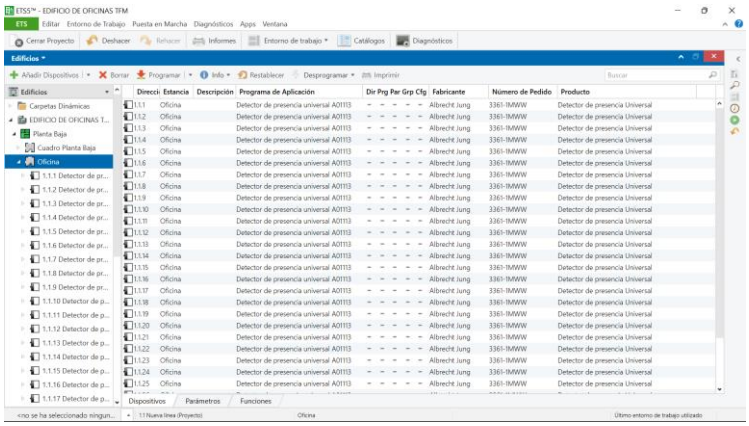


Figura Anexo9. Comenzamos a incluir los Detectores

9.1.2 Parametrización de los elementos.

Una vez disponemos de toda la estructura diseñada, tenemos que “parametrizar” los elementos, pues de fábrica no vienen preparados para su funcionamiento.
Uno de los motivos es la amplia funcionalidad que disponen cada uno de estos elementos. Es por eso que procedemos a su parametrización.

Comenzamos con el Detector, recordamos que necesitamos que funcionara como detector de presencia, de luminosidad y temperatura.
Como podemos ver, la parametrización inicial no nos es del todo válida.

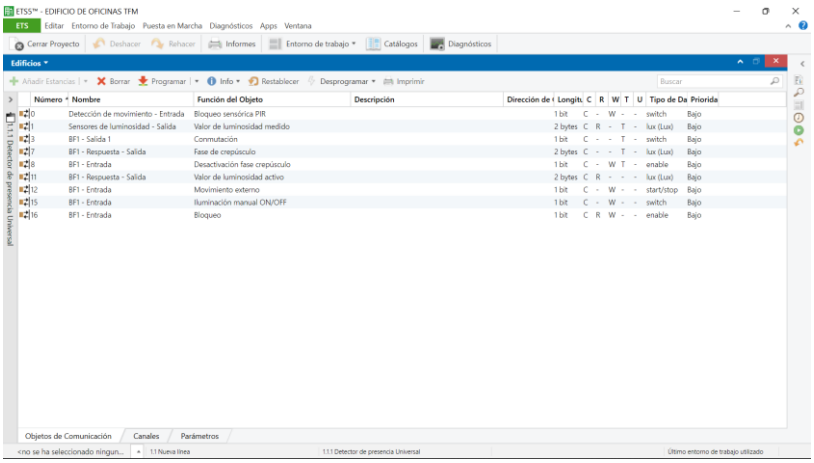


Figura Anexo10. Parametrización del Detector

Nos dirigimos a “Medición de temperatura” donde liberamos este parámetro para poderlo modificar. En ella podemos elegir que venga con una calibración de fábrica o ajustarla nosotros si consideramos que la temperatura que pueda obtener pueda tener algún tipo de offset.

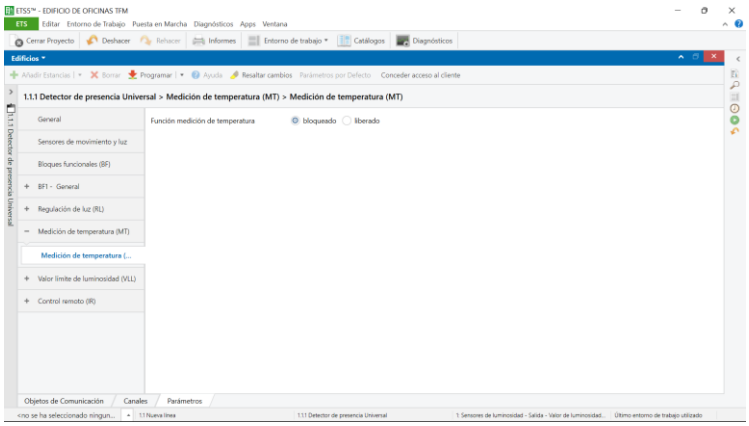


Figura Anexo11. Parametrización de la medición de temperatura del Detector

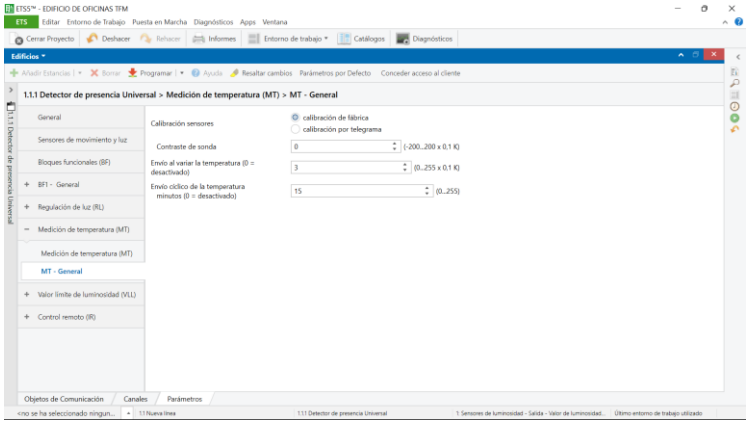


Figura Anexo12. Parametrización de la medición de temperatura del Detector (2)

A continuación, realizamos el mismo proceso para la regulación de la luz, pues necesitamos que al detectar presencia no solo encienda la iluminación, si no que la ajuste a los valores más adecuados tanto para el trabajador como para la eficiencia energética.
Por ello primero debemos de liberar el parámetro, a continuación establecemos el valor de Luxes con los que queremos que se trabaje y los valores de regulación (Estableciendo sus máximos y mínimos).

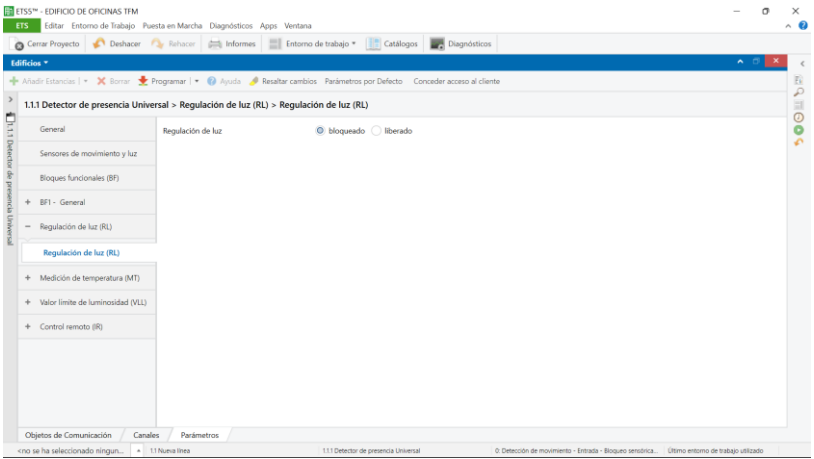


Figura Anexo13. Parametrización de la regulación de la luz del Detector

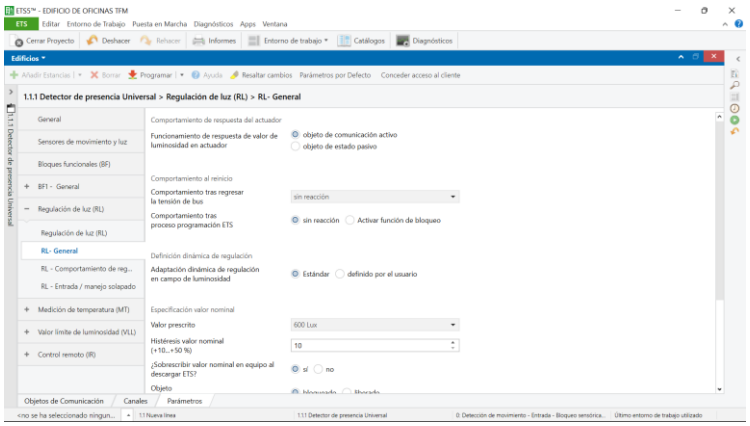


Figura Anexo14. Parametrización de la regulación de la luz del Detector (2)

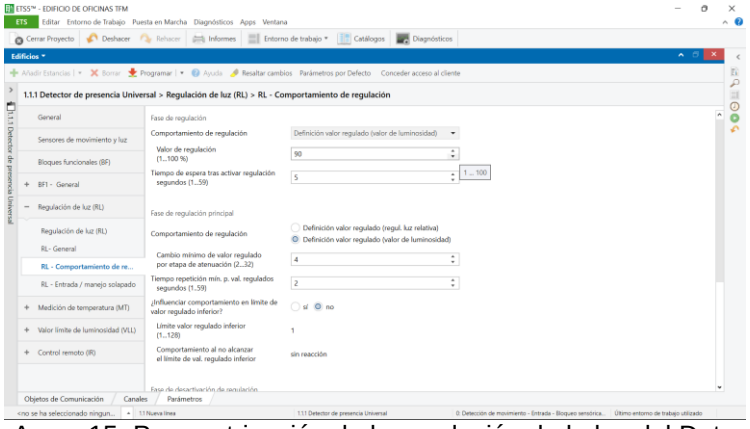


Figura Anexo15. Parametrización de la regulación de la luz del Detector (3)

Una vez están los parámetros establecidos, podemos ver como se nos han habilitado nuevos objetos de grupos.
El objeto de “valor de luminosidad medido” con el que podremos ver la luminosidad de esa estancia.
El objeto de “conmutación” con el que podremos ver si se produce presencia en la estancia.
El objeto de “temperatura” con el que podremos ver la temperatura de la estancia.

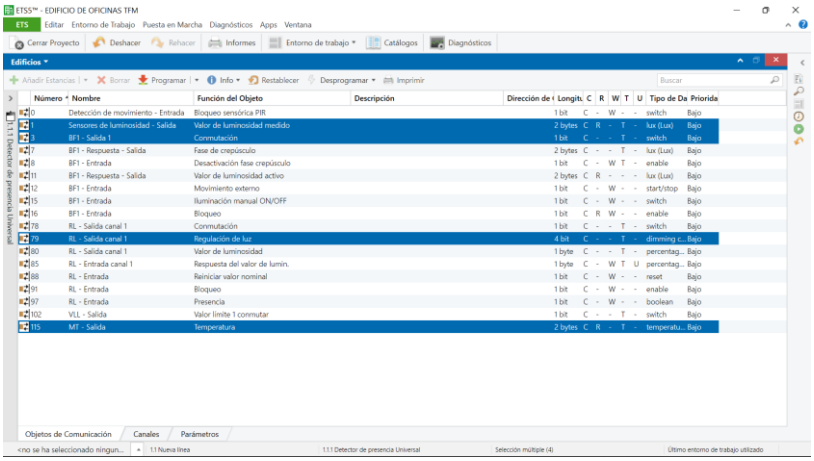


Figura Anexo16. Objetos de grupos finales del Detector

Toca el turno de los Actuadores, donde empezaremos por el de cerramientos pues como vemos este viene completamente parametrizado. Solo necesitará recibir las órdenes para subir o bajar los estores.

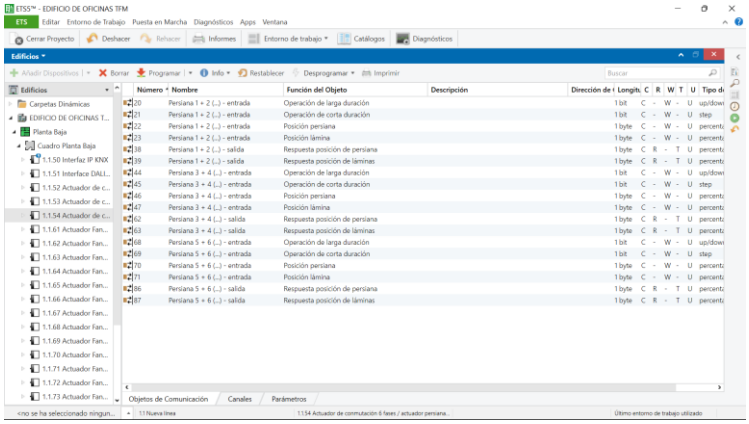


Figura Anexo17. Objetos de grupos finales del Actuador de cerramientos

Continuamos con el actuador para los Fan-Coils el cual debemos de parametrizar para poder controlar con un solo actuador dos de estos Fan-Coils. Para ello dentro de los parámetros definiremos como “2 canales Con un máximo de 3 velocidades”, además les debemos de indicar que estos serán de 2 tubos cada uno.

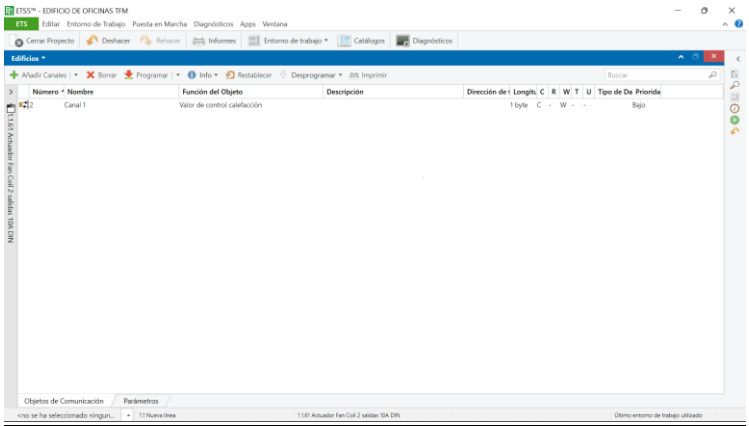


Figura Anexo18. Parametrización del Fan-Coil

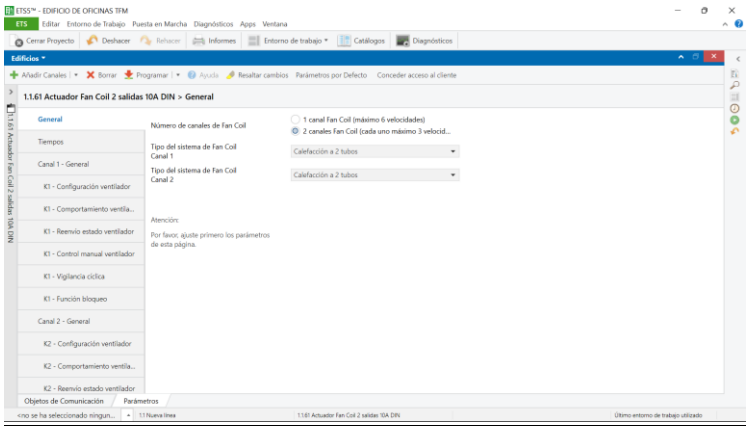


Figura Anexo19. Parametrización del Fan-Coil (2)

Por último, debemos de parametrizar la Pasarela DALI pues esta viene de fábrica para trabajar con un solo Driver y necesitamos que reconozca 64 por planta.
Para ello entramos en parametrización (podemos ver como el acceso a los parámetros es diferente a lo que hemos visto hasta ahora, esto es debido a que la pasarela usa un Plugin).

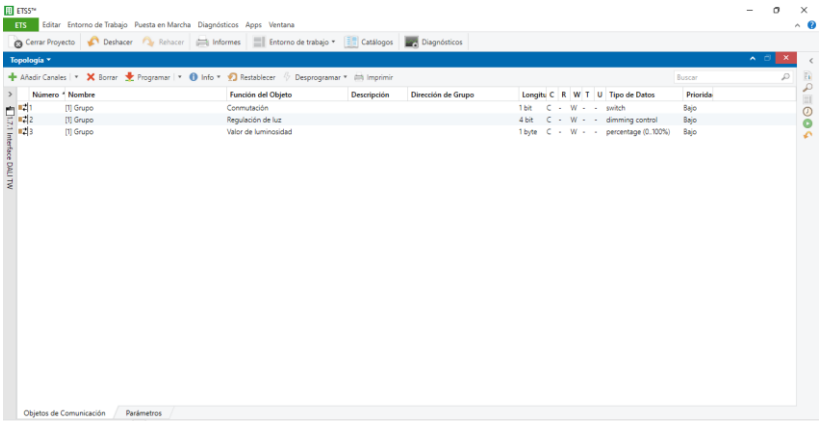


Figura Anexo20. Parametrización Pasarela DALI

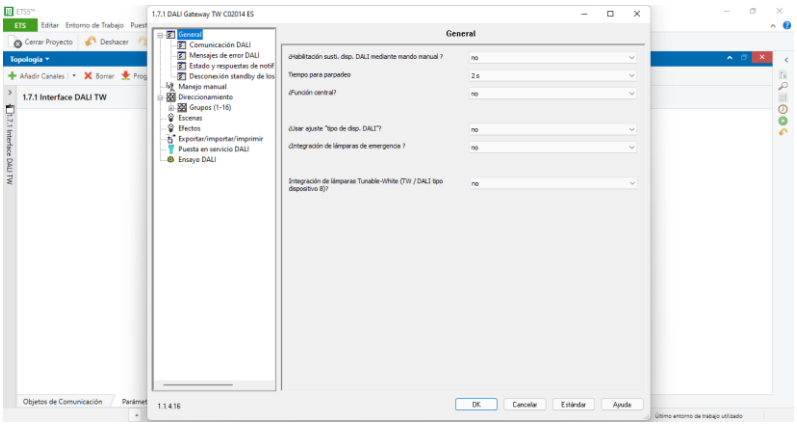


Figura Anexo21. Parametrización Pasarela DALI

Nos dirigimos al apartado de direccionamiento / Dispositivos individuales y añadimos hasta los 64 drivers.

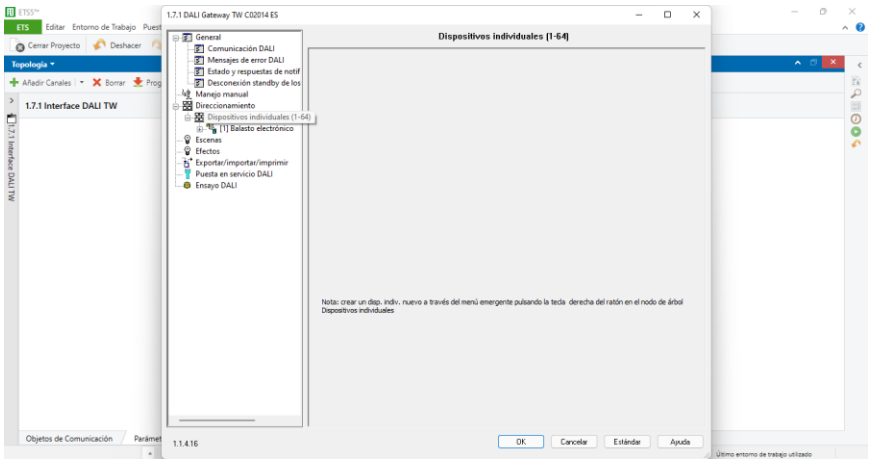


Figura Anexo22. Direccionamiento de los 64 drivers

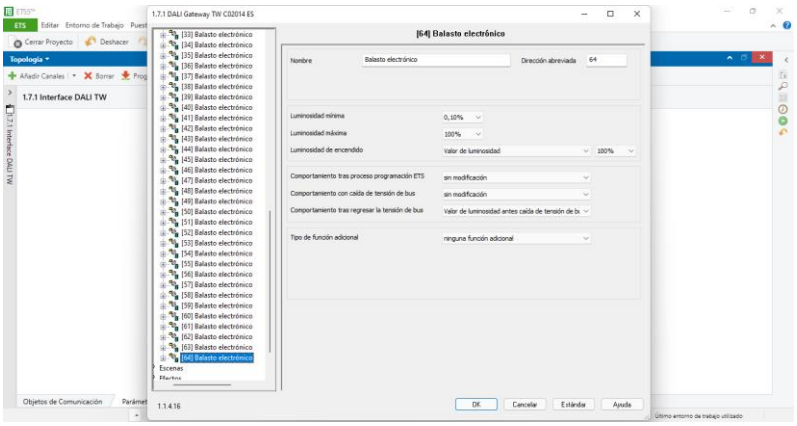


Figura Anexo23. Direccionamiento de los 64 drivers (2)

Con todos los parámetros preparamos podemos ver que ya disponemos de los objetos de grupos para todas las luminarias que vamos a necesitar por cada planta.

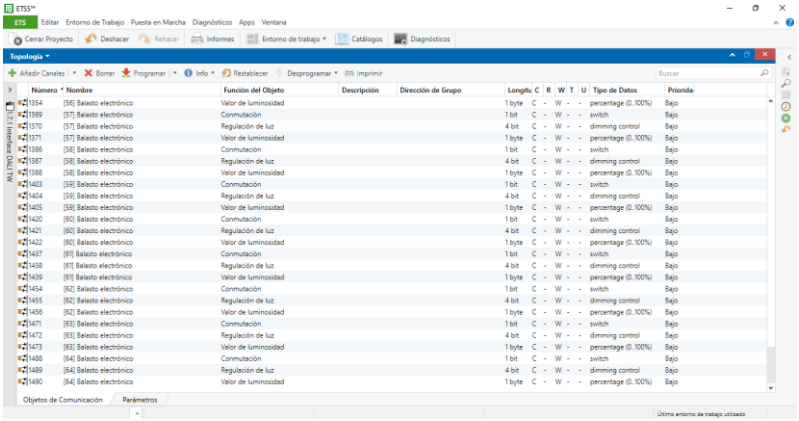


Figura Anexo24. Objetos de grupos finales de la pasarela DALI

9.1.3 Prueba Real del ETS

Una vez hemos parametrizado todo el proyecto en el ETS, vamos a proceder a realizar una pequeña simulación.
Contaremos con una pasarela DALI a la cual le hemos instalado un balastro y con un detector de presencia.
Con ello simularemos tanto la detección de luminosidad como la detección de presencia y como afecta a la luminaria sus cambios.

Vemos la instalación físicamente de los elementos incluidos.

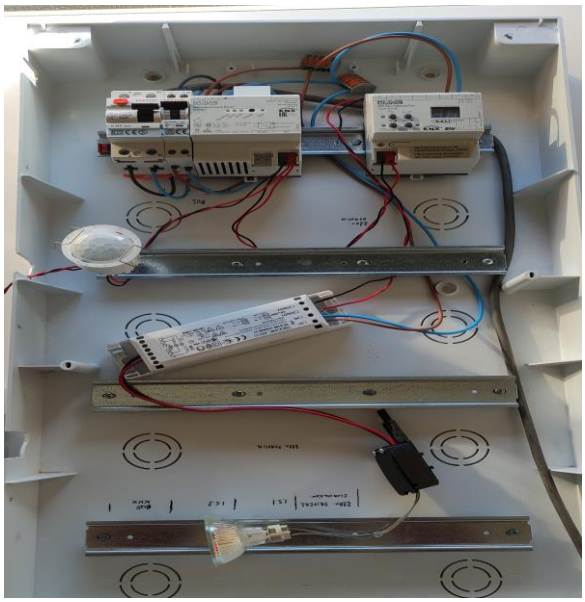


Figura Anexo25. Instalación de los elementos

Comenzamos con la pasarela DALI, para ello primero programaremos la dirección física con la que identificaremos a esta pasarela de las otras.
Nos dirigimos al dispositivo / botón derecho / programar

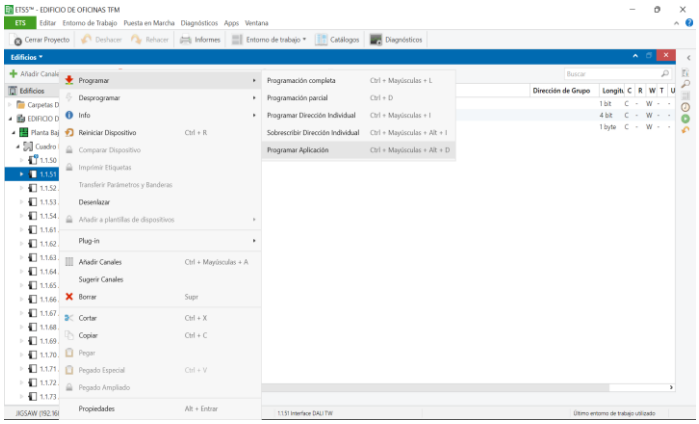


Figura Anexo26. Programación dirección física de la pasarela DALI

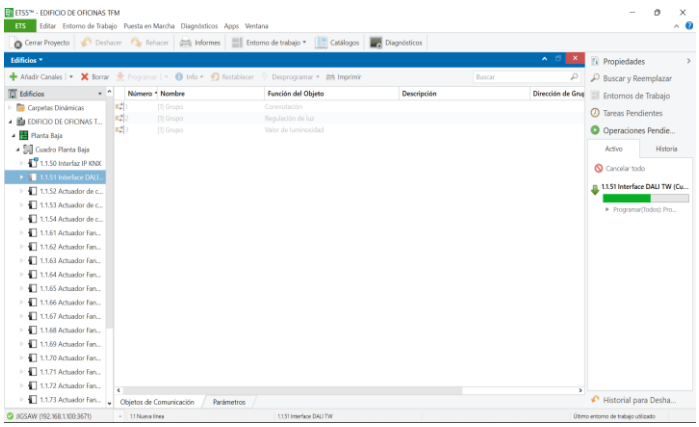


Figura Anexo27. Programación dirección física de la pasarela DALI (2)

A continuación, nos dirigimos al apartado de parametrización y realizamos una búsqueda del balastro instalado. Lo dejamos asignado para luego poder actuar sobre él.

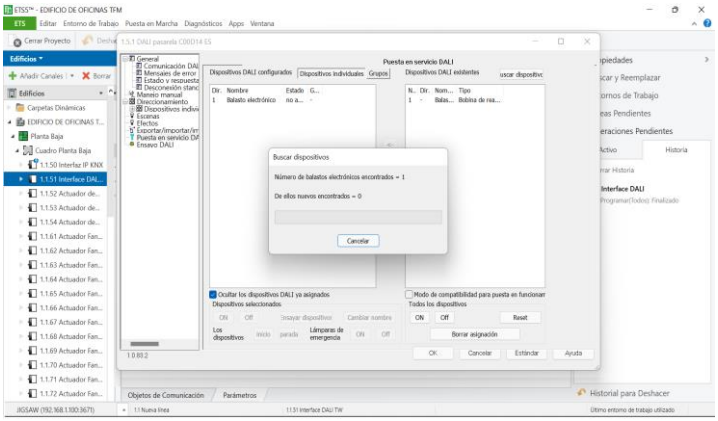


Figura Anexo28. Búsqueda del Balastro

Volvemos a la pasarela como tal, pero esta vez programamos la aplicación, es decir, incluimos el balastro encontrado y las direcciones de grupo que nos servirán para comunicarnos con el detector.

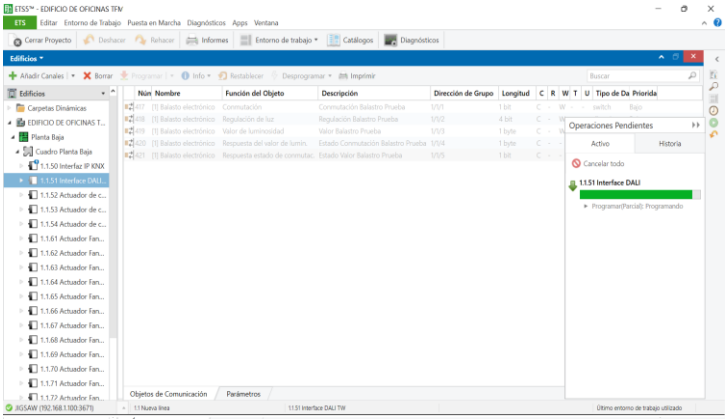


Figura Anexo29. Programación direcciones de grupo

Es la hora del detector de presencia, de la misma forma, comenzamos dándole una dirección física para diferenciar este detector del resto.

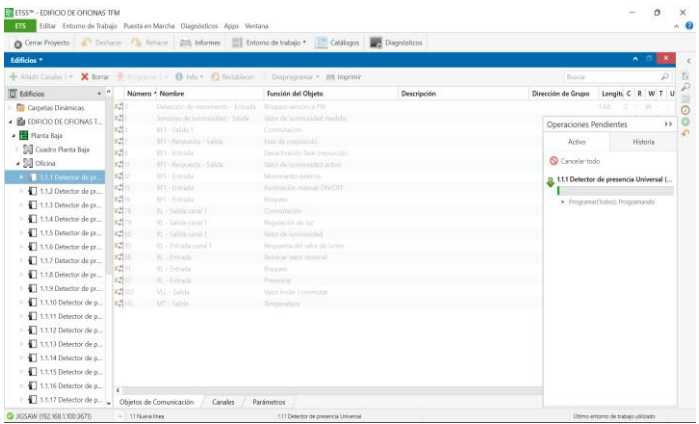


Figura Anexo30. Programación dirección física del Detector

Entramos en parametrización para definir la regulación y el punto de luminosidad y agregamos las direcciones de grupo, (estás están relacionadas con las direcciones que agregamos a la pasarela DALI para que así trabajen uno sobre el otro).

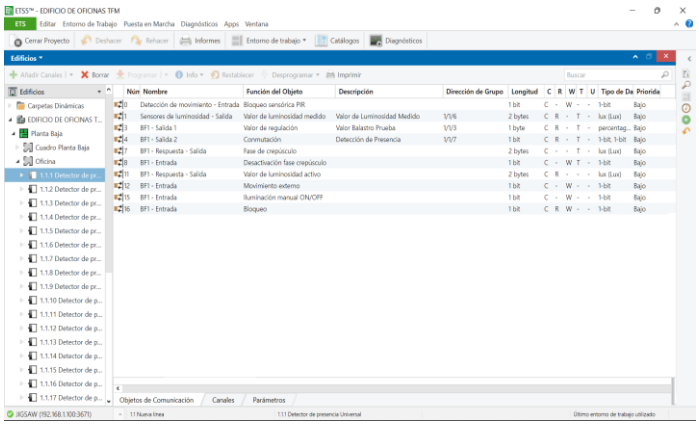


Figura Anexo31.Parametrización de direcciones de grupo

Por último, volvemos al detector y programamos la aplicación, con ello han quedado relacionados la pasarela al detector.

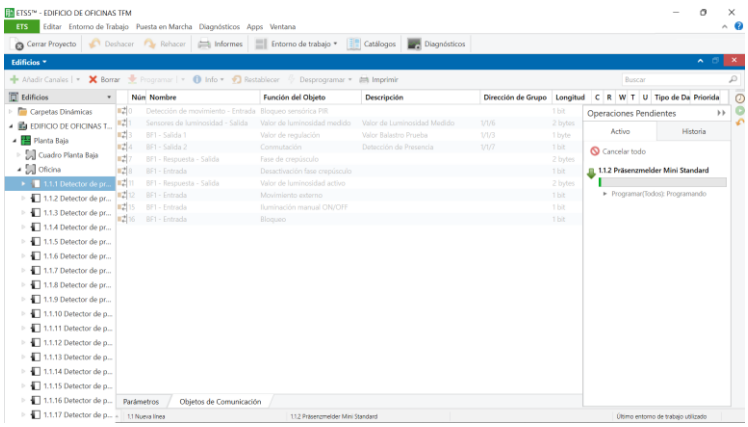


Figura Anexo32.Programación final

Vamos a comprobar que la programación es correcta, así veremos cómo afecta el SOL al detector y como este manda la información para que la pasarela DALI encienda y regule la luminaria.
El programa ETS, además de servirnos para la programación de los dispositivos, también cuenta con un lector de telegramas, el cual nos ayudará a ver que está pasando en el BUS.
Además para poder realizar la prueba con la mayor cantidad de opciones posibles, bajamos la persiana y tomamos una lámpara como SOL, así controlaremos los lúmenes que afectarán directamente al detector.

Comenzamos la prueba con una alta luminosidad, simulando las horas mas cercanas a media mañana donde el SOL ilumina las estancias.

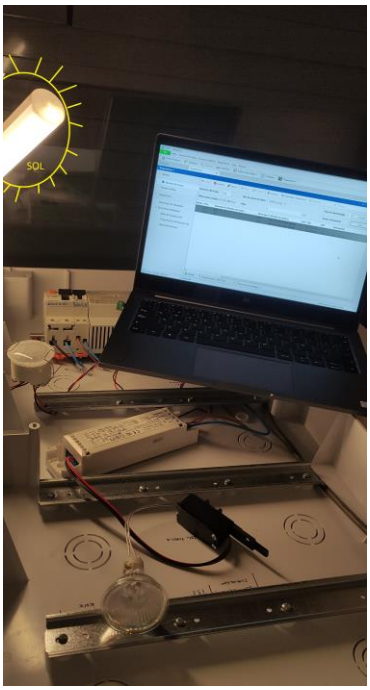


Figura Anexo33. Prueba con alta luminosidad

Podemos observar en los telegramas del ordenador, como al tener una luminosidad mayor de la establecida para el corte (500 Lúmenes) al acercar la mano el detector Detecta, pero la luz no se enciende por no ser necesario.

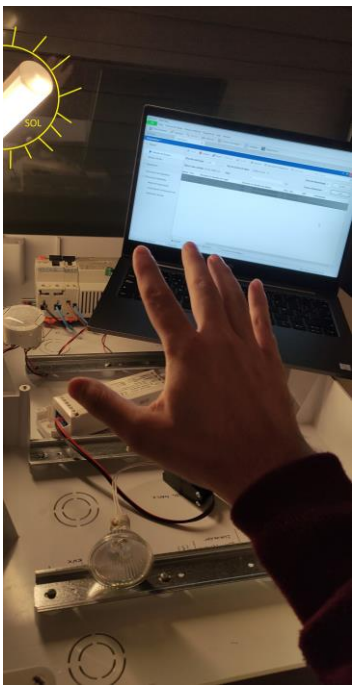


Figura Anexo34. Detector Detecta pero no es necesario encender la luz

A continuación, realizamos el mismo proceso pero con una baja luminosidad, simulando las horas donde el SOL apenas ilumina las estancias.
Podemos observar en los telegramas del ordenador, como al tener una luminosidad menor de la establecida, en el momento en el que acercamos la mano el detector Detecta y la luz se enciende al 90% (valor establecido como máximo para el ahorro energético).

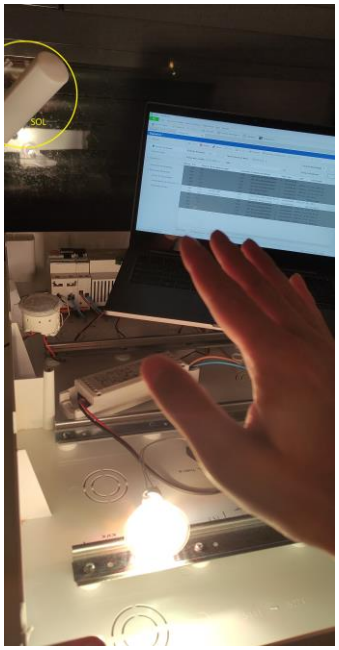


Figura Anexo35. Detector Detecta y enciende la luz

Por último, procedemos a aumentar la cantidad de lúmenes acercándonos al corte (500 lúmenes) y vemos en el ordenador como se envía una orden para que la luz quede regulada al 60% pues ya no es necesario que esté al máximo. Con ello comprobamos que el ahorro energético se hace efectivo y el sistema funciona perfectamente.

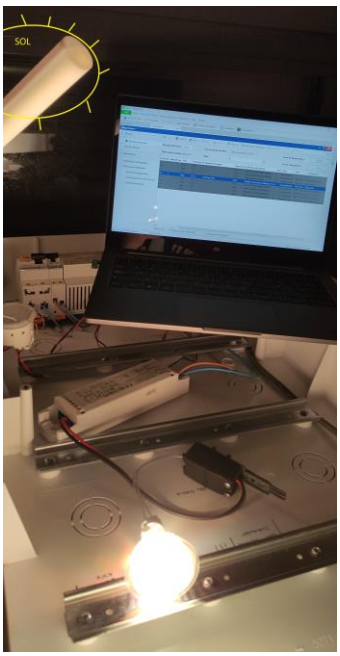


Figura Anexo36. Detector Regula la luz al 60%