



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

Instalación eléctrica de un área de servicio con autoconsumo

Autor:

Ayuso Ruiz, Rodrigo

Tutor:

**Pisano Alonso, Jesús Ángel
Departamento de Ingeniería
Eléctrica**

Valladolid, Julio 2021



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

**Instalación eléctrica de un área de
servicio con autoconsumo**

Autor:

Ayuso Ruiz, Rodrigo

Tutor:

**Pisano Alonso, Jesús Ángel
Departamento de Ingeniería
Eléctrica**

Valladolid, Julio 2021

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DEL TFG

ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

La idea de este TFG surge de la estrecha relación que siempre he tenido con el mundo de los proyectos, como trabajo (o segundo trabajo) de muchos de los ingenieros que conozco (amigos, familiares...), y que seguramente sea algo que acabe haciendo en mi vida laboral, aunque sea, como digo, de accesorio a donde acabe trabajando principalmente, o incluso vivir completamente de ello si se diera el caso. Quería hacer algo que me sirviera para el futuro, ya que hacer el TFG de esto y tener ya estudiadas la normativa actual, los cálculos que hay que hacer, los parámetros de diseño... es tener una gran base para empezar a hacer proyectos de cara a mi futuro profesional.

En el puesto de trabajo que tengo, iniciado por el programa de prácticas de esta misma universidad, he tenido trato con muchísimos profesionales del sector de la climatización, saneamiento, electricistas... y con mucha frecuencia la instalación eléctrica estaba a la orden del día, ya sea para dimensionar la alimentación a una aerotermia o porque el cuadro eléctrico de la instalación de una piscina no cumplía con la normativa mínima y había que cambiar algo.

Además, ahora está siendo el “boom” del autoconsumo, beneficiado por la subida de precios de la luz, las cada vez más usuales dobles o triples tarifas de facturación de la energía eléctrica (que permiten autoabastecerse con las placas cuando más cara es la luz, y luego consumir de la red cuando es más barata), la proliferación de sistemas de climatización eléctricos como las bombas de calor, y la bajada de precios / expansión de las tecnologías de los paneles y sus componentes relacionados (inversores, contadores electrónicos que permiten medir los excedentes vertidos a la red...).

Así que pensé que no hay mejor base de trabajo que profundizar de lleno y empezar a manejar con asiduidad en elementos que me sonaban tan ajenos como “cable de 6”, “magneto de 25”, “monocristalino”, u otras denominaciones que se hacían en las conversaciones cotidianas e informales de trabajo con los clientes y entre mis compañeros, y que por lo tanto, este TFG me ayudaría a tener una visión global de todo ello y adquirir unos conocimientos del tema que, sólo estudiándolos y sin haberlos puesto en práctica, seguramente se me olvidarían al poco.

OBJETIVOS Y COMPETENCIAS

Dicho trabajo tiene como finalidad el desarrollo de los siguientes objetivos del alumno:

- Capacidad para la dirección de las actividades objeto de los proyectos de ingeniería:

Ya que en este proyecto se han tenido que realizar diversas mediciones, cálculos, supuestos, trato de información provenientes de otras fuentes (como de fabricantes), y tener en cuenta la interacción con otras personas que participarán en él (como dejar clara la información en los planos para el electricista, por ejemplo); que han requerido de pensar no sólo en la instalación eléctrica de la estación en sí, sino en ser parte del proyecto global de ésta.

- Capacidad para el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento:

Debido al carácter de este trabajo (un proyecto de instalación eléctrica), se han debido tener en cuenta diversas reglamentaciones por las que se rigen éstas hoy en día (REBT, UNE...), además de las específicas de este emplazamiento en particular (referidas a sitios con riesgo de incendio o explosión, repostaje a vehículos...).

- Capacidad para analizar y valorar el impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas:

Por ejemplo, en las soluciones de iluminación o eléctricas se ha valorado la mejor solución posible para dar servicio de forma óptima a los usuarios de éste, tanto de clientes como de personal.

Además, al ser un proyecto con autoconsumo, se ha tenido en mente siempre el ahorro energético que éste conlleva, además de aprovechar zonas a priori “en desuso” (el tejado en este caso, pudiendo darle otra utilidad además de la que ya hace estructuralmente), y usar la electricidad de una fuente renovable y ecológica.

Este TFG busca también el progreso de las competencias que el alumno ya ha adquirido e iniciado durante su grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales; algunas genéricas, comunes para todas las titulaciones que habilitan para la profesión de Ingeniero Técnico Industrial, como:

- **CG1.** Capacidad de análisis y síntesis: En la información recogida para la realización del TFG.
- **CG2.** Capacidad de organización y planificación del tiempo: Para la realización y entrega del TFG en sí.
- **CG3.** Capacidad de expresión oral: esta competencia se pondrá a prueba durante la defensa y exposición del trabajo.
- **CG4.** Capacidad de expresión escrita: esta competencia se ha usado a lo largo de la redacción de todo el trabajo.
- **CG5.** Capacidad para aprender y trabajar de forma autónoma:
- **CG6.** Capacidad de resolución de problemas: que se han ido planteando debido a la aplicación de reglamentaciones, formas de la estructura, etc....
- **CG7.** Capacidad de razonamiento crítico/análisis lógico: para la realización del dimensionamiento y confección de las instalaciones aquí nombradas.
- **CG8.** Capacidad para aplicar los conocimientos a la práctica: ya que se ha consultado y seguido indicaciones de gente que trabaja directamente en el sector de la instalación y proyección.
- **CG9.** Capacidad para trabajar en equipo de forma eficaz: en relación con lo escrito en el apdo. anterior, consultando a personas, interaccionando con ellas, siguiendo las indicaciones del tutor...
- **CG10.** Capacidad para diseñar y desarrollar proyectos: ya que este TFG es básicamente un proyecto con todas sus partes.
- **CG11.** Capacidad para la creatividad y la innovación: ya que la instalación y su disposición se ha confeccionado desde 0.
- **CG12.** Capacidad para la motivación por el logro y la mejora continua.
- **CG14.** Capacidad de evaluar: las soluciones aportadas.
- **CG15.** Capacidad para el manejo de especificaciones técnicas y para elaboración de informes técnicos: requeridos por el propio proyecto

Y otras específicas, tanto comunes al ámbito industrial de este grado, como propias de la tecnología específica:

Módulo de formación básica:

- **CE1.** Capacidad para la resolución de los problemas matemáticos que puedan plantearse en la ingeniería. Aptitud para aplicar los conocimientos sobre álgebra lineal, geometría, geometría diferencial, cálculo diferencial e integral, ecuaciones diferenciales y en derivadas parciales, métodos numéricos, algorítmica numérica, estadística y optimización.

Se ha usado esta competencia en la resolución de diversas fórmulas usadas en los cálculos.

- **CE2.** Comprensión y dominio de los conceptos básicos sobre las leyes generales de la mecánica, termodinámica, campos y ondas y electromagnetismo, y su aplicación para la resolución de problemas propios de la ingeniería.

Ya que se han aplicado fórmulas basadas en leyes de distintos ámbitos en los cálculos del trabajo.

- **CE3.** Conocimientos básicos sobre el uso y programación de los ordenadores, sistemas operativos, bases de datos y programas informáticos con aplicación en ingeniería.

Se ha tenido que aprender o mejorar esta competencia con la instalación y uso de AutoCAD, Revit, Excel y otros programas de aplicación ingenieril.

- **CE5.** Capacidad de visión espacial y conocimiento de las técnicas de representación gráfica, tanto por métodos tradicionales de geometría métrica y geometría descriptiva, como mediante las aplicaciones de diseño asistido por ordenador.

Al dibujar en los diversos programas de diseño utilizados.

Módulo común a la rama industrial

- **CE9.** Conocimiento de los fundamentos de ciencia, tecnología y química de materiales. Comprender la relación entre la microestructura, la síntesis o procesado y las propiedades de los materiales.

Se ha tenido que conocer esta competencia por el uso de distintos materiales con diversas características en el proyecto (materiales conductores, etc.)

- **CE10.** Conocimiento y utilización de los principios de teoría de circuitos y máquinas eléctricas.

Para la realización de la instalación eléctrica y disposición de los elementos.

- **CE11.** Conocimientos de los fundamentos de la electrónica:
Para el dimensionamiento de diversos elementos, como por ejemplo el inversor de las placas FV.
- **CE12.** Conocimientos sobre los fundamentos de automatismos y métodos de control:
Para el uso de dispositivos de protección eléctrica, control...
- **CE16.** Conocimientos básicos y aplicación de tecnologías medioambientales y sostenibilidad:
Correcta confección de toda la parte fotovoltaica.
- **CE18.** Conocimientos y capacidades para organizar y gestionar proyectos. Conocer la estructura organizativa y las funciones de una oficina de proyectos:
Se ha tenido en cuenta en la realización de todo este proyecto en sí.

Módulo de tecnología específica en Ingenierías Industriales.

Módulo de Ampliación de Básicas y Optatividad (ABYO):

- **CE24.** Conocimiento avanzado de las técnicas de representación gráfica mediante las aplicaciones de diseño asistido por ordenador:
En el uso de herramientas relacionadas, principalmente AutoCAD y Revit.

Módulo de Tecnologías Industriales:

- **CE27.** Conocimiento sobre sistemas eléctricos de potencia y sus aplicaciones
Para la alimentación de nuestra instalación eléctrica.
- **CE28.** Conocimientos aplicados de ingeniería térmica:
Básicos, para el dimensionamiento (y posterior previsión de cargas) de las aerotermias que se van a montar.
- **CE40.** Capacidad para aplicar conocimientos de tecnología, componentes y materiales:
En la elección de paneles FV, aislamiento de cables....
- **CE41.** Conocimiento de las relaciones material-forma-proceso-coste:
Para la elección de los elementos de la instalación, explicado en apdos. anteriores.

- **CE48.** Conocimiento aplicado de electrónica de potencia:
Conocimiento necesario para el inversor fotovoltaico.
- **CE53.** Capacidad de proyectar, visualizar y comunicar ideas:
Necesaria para la correcta exposición del TFG.
- **CE54.** Capacidad para aplicar los conocimientos de tecnología, componentes y materias.
- **CE55.** Comprender y aplicar conocimientos de Legislación:
En la aplicación de distintas normativas y reglamentos (REBT, UNE-EN, MI BT...)
- **CE58.** Aplicar normas, reglamentos y especificaciones de obligado cumplimiento:
Como en el apdo. anterior.
- **CE60.** Ejercicio original a realizar individualmente, presentar y defender ante un tribunal universitario, consistente en un proyecto en el ámbito industrial, de naturaleza profesional, en el que se sinteticen e integren las competencias adquiridas en las enseñanzas.

En la propia elaboración de la totalidad del trabajo fin de grado.

OBJETIVOS Y COMPETENCIAS

Dicho trabajo tiene como finalidad el desarrollo de los siguientes objetivos del alumno:

- Capacidad para la dirección de las actividades objeto de los proyectos de ingeniería:

Ya que en este proyecto se han tenido que realizar diversas mediciones, cálculos, supuestos, trato de información provenientes de otras fuentes (como de fabricantes), y tener en cuenta la interacción con otras personas que participarán en él (como dejar clara la información en los planos para el electricista, por ejemplo); que han requerido de pensar no sólo en la instalación eléctrica de la estación en sí, sino en ser parte del proyecto global de ésta.

- Capacidad para el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento:

Debido al carácter de este trabajo (un proyecto de instalación eléctrica), se han debido tener en cuenta diversas reglamentaciones por las que se rigen éstas hoy en día (REBT, UNE...), además de las específicas de este emplazamiento en particular (referidas a sitios con riesgo de incendio o explosión, repostaje a vehículos...).

- Capacidad para analizar y valorar el impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas:

Por ejemplo, en las soluciones de iluminación o eléctricas se ha valorado la mejor solución posible para dar servicio de forma óptima a los usuarios de éste, tanto de clientes como de personal.

Además, al ser un proyecto con autoconsumo, se ha tenido en mente siempre el ahorro energético que éste conlleva, además de aprovechar zonas a priori “en desuso” (el tejado en este caso, pudiendo darle otra utilidad además de la que ya hace estructuralmente), y usar la electricidad de una fuente renovable y ecológica.

Este TFG busca también el progreso de las competencias que el alumno ya ha adquirido e iniciado durante su grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales; algunas genéricas, comunes para todas las titulaciones que habilitan para la profesión de Ingeniero Técnico Industrial, como:

- **CG1.** Capacidad de análisis y síntesis: En la información recogida para la realización del TFG.
- **CG2.** Capacidad de organización y planificación del tiempo: Para la realización y entrega del TFG en sí.
- **CG3.** Capacidad de expresión oral: esta competencia se pondrá a prueba durante la defensa y exposición del trabajo.
- **CG4.** Capacidad de expresión escrita: esta competencia se ha usado a lo largo de la redacción de todo el trabajo.
- **CG5.** Capacidad para aprender y trabajar de forma autónoma:
- **CG6.** Capacidad de resolución de problemas: que se han ido planteando debido a la aplicación de reglamentaciones, formas de la estructura, etc....
- **CG7.** Capacidad de razonamiento crítico/análisis lógico: para la realización del dimensionamiento y confección de las instalaciones aquí nombradas.

- **CG8.** Capacidad para aplicar los conocimientos a la práctica: ya que se ha consultado y seguido indicaciones de gente que trabaja directamente en el sector de la instalación y proyección.
- **CG9.** Capacidad para trabajar en equipo de forma eficaz: en relación con lo escrito en el apdo. anterior, consultando a personas, interaccionando con ellas, siguiendo las indicaciones del tutor...
- **CG10.** Capacidad para diseñar y desarrollar proyectos: ya que este TFG es básicamente un proyecto con todas sus partes.
- **CG11.** Capacidad para la creatividad y la innovación: ya que la instalación y su disposición se ha confeccionado desde 0.
- **CG12.** Capacidad para la motivación por el logro y la mejora continua.
- **CG14.** Capacidad de evaluar: las soluciones aportadas.
- **CG15.** Capacidad para el manejo de especificaciones técnicas y para elaboración de informes técnicos: requeridos por el propio proyecto

Y otras específicas, tanto comunes al ámbito industrial de este grado, como propias de la tecnología específica:

Estas competencias, que son numerosas debido a la generalidad de este grado, han sido aplicadas y desarrolladas en las diversas fases de realización del proyecto, como se detalla en cada una de ellas.

PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

Las diversas organizacionales que han compuesto este trabajo fin de grado, han sido:

- Buscar, por mi parte, la realización de un tema para el TFG que me sirviera en mi futuro profesional
- Tras decidirlo, busqué un profesor que estuviera dispuesto a tutelarme, y que éste debía ser del dpto. de ingeniería eléctrica por el tema del trabajo.
- Tras aceptar la tutela, tuvimos el tutor y yo un par de reuniones para fijar el tema concreto, el alcance del trabajo y rellenar los impresos correspondientes, además de explicarme las gestiones y plazos que habría.
- Tras ello, durante dos meses, aparte de estudiar, trabajar y preparar las asignaturas correspondientes a este cuatrimestre de mi carrera, estuve formándome en todo lo relacionado al proyecto: cálculo de sección de conductores, normativa, tipos de protecciones eléctricas y elementos de mando, todo el tema fotovoltaico...
- Durante dicho período, consulté además bibliografía relacionada, llegándome a comprar varios libros del tema para posteriores consultas que pueda tener en mi vida profesional.

- Realización del edificio en Revit, para tener algo “visual” sobre lo que trabajar y que sirviera para conocer dónde implementamos la instalación y sus limitantes.
- Confección y diseño, basándome en la normativa y conocimientos aprendidos en las fases anteriores, y viendo y revisando las distintas soluciones viables de la instalación eléctrica; haciendo a la vez la memoria y los planos correspondientes para tener una visión global de todo.
- Elaboración del presupuesto y pliego de condiciones.
- Unión de todo el trabajo en un solo fichero, revisando y corrigiendo errores estructurales del trabajo que sólo se ven una vez unido todo y teniendo el TFG completado.
- Realización de la presentación para su futura exposición, con la idea de transmitir lo esencial de este proyecto, de manera breve y visual.

ESTRUCTURA DE LA MEMORIA

Introducción

En este capítulo se ha introducido el proyecto que vamos a realizar en este trabajo; se ha hecho un resumen y una relación de palabras clave, además de acotar y definir la meta del proyecto y la reglamentación que se ha seguido. A continuación, se ha explicado a rasgos generales dónde se va a encontrar la instalación y las características básicas del edificio que la contendrá.

Instalación eléctrica

Desarrollo de las características relativas a la instalación eléctrica: cálculo de cargas, red de puesta a tierra, instalaciones de enlace, cuadros eléctricos con tipos de protecciones asociadas, y finalmente los conductores utilizados y cómo deben ir instalados tanto en la instalación eléctrica interior (cafetería) como en la instalación eléctrica exterior (gasolinera).

Iluminación

Descripción de las características del alumbrado perteneciente a la estación de servicio, explicando las normas seguidas para la iluminación y las luminarias que se deben utilizar para preservar las condiciones y particularidades con las que el proyectista (el alumno) ha concebido la instalación.

Instalación fotovoltaica

Explicación en una breve introducción de los tipos, componentes y lo que supone la instalación de placas fotovoltaicas para autoconsumo.

Además, se ha particularizado a nuestra instalación la relación de componentes exactos a instalar, así como el procedimiento a realizar para su inicialización.

Pliego de condiciones

Documento contractual, en el cual se establecen los derechos, obligaciones y cláusulas/condiciones de todos los participantes en la realización del proyecto.

Además, se incluyen aspectos relativos a imprevistos (como accidentes laborales, modificaciones no autorizadas de las condiciones de la instalación), premisas de buenas prácticas y algunos aspectos de carácter técnico en cuanto a las instalaciones.

Presupuesto

Relación de componentes, explicados de forma concreta y con su precio correspondiente; ordenados por capítulos para mejor localización, donde está cada unidad de obra del equipo (es decir, explicación y coste de cada uno de sus componentes con su correspondiente instalación y puesta en funcionamiento).

Planos

Capítulo donde se plasman los distintos planos de la instalación y asociadas, de forma que ésta y todo lo necesario para su correcta disposición quede totalmente definido, identificado y explicado.

ÍNDICE

1. CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN A LA MEMORIA.....	1
1.1. Resumen.....	1
1.2. Abstract.....	1
1.3. Palabras clave.....	1
1.4. Keywords.....	1
1.5. Objetivo del proyecto	2
1.6. Alcance del proyecto.....	2
1.7. Reglamentación aplicada	2
1.8. Características de la estación	3
2. CAPÍTULO 2. INSTALACIÓN ELÉCTRICA	7
2.1. Aspectos generales de la instalación	7
2.2. Suministro eléctrico	7
2.3. Previsión de cargas.....	8
2.4. Puesta a tierra	10
2.5. Acometida	12
2.6. CPM.....	14
2.7. Línea general de alimentación	17
2.8. Derivación individual	17
2.9. Conductores y canalizaciones de la instalación.....	24
2.9.1. Conductores unipolares aislados en tubos empotrados de obra	24
2.9.2. Conductores unipolares aislados en tubos enterrados	25
2.9.3. Conductores aislados sobre bandeja rejiband o en superficie ..	27
2.10. Instalación exterior: gasolinera	27
3. CAPÍTULO 3: ILUMINACIÓN.....	31
3.1. Iluminación general	31
3.2. Elección de luminarias para iluminación general	33
3.3. Iluminación de seguridad	37
3.4. Elección de iluminación de seguridad.....	38

4. CAPÍTULO 4: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	39
4.1. Introducción	39
4.2. Descripción de la instalación y sus componentes	46
4.3. Conexionado	51
4.4. Puesta en marcha de la instalación	51
5. CAPÍTULO 5: PLIEGO DE CONDICIONES	53
5.1. Objeto.....	53
5.2. Dirección técnica	54
5.3. Realización de la instalación	54
5.4. Responsabilidades	55
5.5. Documentación.....	55
5.6. Contratación.....	55
5.7. Ejecución de instalación	56
5.8. Garantías	56
5.9. Obligaciones.....	57
5.10. Personal	57
5.11. Accidentes	58
5.12. Seguridad e Higiene en el Trabajo	59
5.13. Ampliaciones irresponsables.....	60
5.14. Caseta de obra	60
5.15. Contratista	60
5.16. Autorizaciones	61
5.17. Comunicación	61
5.18. Características de los materiales	62
5.19. Advertencia	62
5.20. Recepción provisional	63
5.21. Autoconsumo	63
5.22. Director técnico	64
6. CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES	65
7. CAPÍTULO 7: PLANOS.....	67

8: CAPÍTULO 8: PRESUPUESTO.....	89
BIBLIOGRAFÍA	105
ANEXO 1: CÁLCULOS ELÉCTRICOS FÓRMULAS Y JUSTIFICACIÓN	109
ANEXO 2: CÁLCULOS DE ILUMINACIÓN	121
1. Iluminación general	121
1.1. Luminancia.....	121
1.2. VEEI	124
2. Iluminación de emergencia	126
ANEXO 3: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....	127

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Imagen de situación	3
Figura 1.2. Diseño 3D de la gasolinera	4
Figura 1.3. Vista de la gasolinera y la fachada de la cafetería.....	5
Figura 1.4. Sección cafetería interior	6
Figura 1.5. Sección gasolinera.....	6
Figura 2.1. Esquema de distribución.....	7
Figura 2.2. Esquema de tierras.....	10
Figura 2.3. Caja de conexiones.....	11
Figura 2.4. Caja de protección y medida (CPM)	14
Figura 2.5. Detalle de la CPM	16
Figura 3.1. Luminaria de superficies grandes	33
Figura 3.2. Luminarias para la barra del bar	34
Figura 3.3. Luminarias para despacho, recepción y oficinas	34
Figura 3.4. Luminarias para aseos y descansillo de almacén.....	35
Figura 3.5. Luminaria para almacén	35
Figura 3.6. Luminaria para tienda	36
Figura 3.7. Luminarias para la gasolinera exterior.....	36
Figura 3.8. Luminarias para el perímetro exterior	37
Figura 3.9. Luminarias para iluminación de emergencia	38
Figura 4.1. Esquema de instalación solar de autoconsumo	39
Figura 4.2. Panel solar fotovoltaico	40
Figura 4.3. Funcionamiento de activación de un semiconductor	40
Figura 4.4. Celda monocristalina	41
Figura 4.5. Celda policristalina	41
Figura 4.6. Cuadro de protecciones	42
Figura 4.7. Inversor.....	42
Figura 4.8. Esquema de conmutación simple que sigue un inversor	43

Figura 4.9. Gráfica de búsqueda de MPPT	43
Figura 4.10. Detalle de tiempo real del funcionamiento en un hogar de la aplicación <i>FusionSolar</i> de los inversores Huawei	44
Figura 4.11. Histórico de producción y consumo a lo largo de un día en un hogar de la aplicación <i>FusionSolar</i> de los inversores Huawei.....	44
Figura 4.12. Imagen tomada de un contador bidireccional de carga	45
Figura 4.13. Ejemplo de batería.....	45
Figura 4.14. Paneles solares empleados	47
Figura 4.15. Planos del panel solar empleado.....	48
Figura 4.16. Inversor seleccionado para la instalación.....	49
Figura A1.1. Tablas para cálculo de intensidades de los cables	110
Figura A1.2. Factores de corrección	111
Figura A2.1. Cálculo de iluminancia del despacho 1.....	122
Figura A3.1. Vista satélite del emplazamiento	127
Figura A3.2. Determinación del tipo de local con estimación energética	127
Figura A3.3. Editor de módulos del programa.....	128
Figura A3.4. Iteración inicial del programa.....	128
Figura A3.5. Esquema de ángulos de una placa solar	129
Figura A3.6. Cálculo de ángulos de acimut	131
Figura A3.7. Esquema de espacio mínimo entre placas	132
Figura A3.8. Datos otorgados por el programa	134
Figura A3.9. Rendimiento energético por mes.....	134
Figura A3.10. Parámetros de ahorro con autoconsumo	135

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Distribución de superficies	4/5
Tabla 2.1. Distribución de consumos	8/9
Tabla 2.2. Cálculo de Potencia Total	9
Tabla 2.3. Tabla 1 del reglamento ITC-BT-18.....	11
Tabla 2.4. Tabla 1 del reglamento ITC-BT-07.....	12
Tabla 2.5. Tabla 8 del reglamento ITC-BT-21.....	13
Tabla 2.6. Tabla 9 del reglamento ITC-BT-21.....	13
Tabla 2.7. Tabla 1 del reglamento NI 42.72.00	15
Tabla 2.8. Tabla de cálculo de número de derivaciones	17
Tabla 2.9. Tabla 1 del reglamento ITC-BT-23.....	22
Tabla 2.10. Tabla 2 del reglamento ITC-BT-19	23
Tabla 2.11. Tabla 3 del reglamento ITC-21.....	25
Tabla 2.12. Tabla 4 del reglamento ITC-21.....	25
Tabla 2.13. Tabla 8 del reglamento ITC-21.....	26
Tabla 2.14. Tabla 9 del reglamento ITC-21.....	26
Tabla 2.15. Clasificación de categorías en función de zonas donde se admiten	28
Tabla 2.16. Tabla 3 del reglamento ITC-BT-19	29
Tabla 2.17. Tabla 4 del reglamento ITC-BT-19	29
Tabla 3.1. Iluminancia mínima según la norma UNE-EN 12464-1-2012.....	32
Tabla 4.1. Características eléctricas módulo CS3Y-500MS	47
Tabla A2.1 Iluminancias mantenidas por área de trabajo que nos fija la norma UNE y las conseguidas.....	121
Tabla A2.2. Relación entre iluminancias de áreas circundantes inmediatas con la iluminación del área de tarea	123

Tabla A2.3. Valores límite de eficiencia energética de la instalación	125
Tabla A2.4. Cálculos de VEEI	125
Tabla A2.5. Cálculos de iluminación de emergencia	126
Tabla A3.1. Cálculo de ángulos de inclinación óptima	130
Tabla A3.2. Pérdidas límite	131

1. INTRODUCCIÓN A LA MEMORIA

1.1. Resumen

Con el objetivo de hacer la instalación eléctrica de un área de servicio compuesta por cafetería y gasolinera, este trabajo contendrá el dimensionamiento, cálculo y explicaciones para su conexión con la red de distribución de baja tensión cumpliendo con toda la normativa vigente.

Además, a esta instalación se le dispondrá de la iluminación adecuada con su cómputo correspondiente, y se le añade autoconsumo, debido a su gran viabilidad hoy en día; por lo que se hará la evaluación, diseño y cálculos justificativos de este sistema.

En todos los apartados del proyecto se han tenido en cuenta las necesidades de cada uno de los espacios para la elección de componentes o dimensiones.

1.2. Abstract

On purpose of making the electric installation of a service area composed by cafeteria and fuel station, this thesis will contain dimensioning, calculation, and explanations of its connection with low voltage distribution network complying with the current normative.

Plus, this installation will be disposed of the adequate illumination with its corresponding computation, adding self-consumption, due to its great viability nowadays; hence, the evaluation, design and justified calculation of this system will be done.

In every chapter of the project, the needs of each space have been considered for component election or dimensioning.

1.3. Palabras clave

Autoconsumo, fotovoltaica, electricidad, instalación, energía.

1.4. Keywords

Self-consumption, photovoltaic, electricity, installation, energy.

1.5. Objetivo del proyecto

Diseñar la instalación eléctrica del área de servicio objeto del trabajo, para disponer de los medios necesarios para el suministro eléctrico a los aparatos de alumbrado general, alumbrado de emergencia, equipos varios y tomas de corriente; dentro de las condiciones de seguridad necesarias para la correcta protección de las personas y la instalación, basándose en el REBT (1).

A esta instalación eléctrica se la proveerán de placas fotovoltaicas que aprovechen la energía solar proveyendo de energía eléctrica a la instalación, sobre todo en horas de tarificación “en hora punta” y de gran consumo eléctrico (como en la hora de comer), ayudando en el apdo. económico de la propia estación además de ser ecológico. La energía restante se verterá a la red como excedente que deberá compensar la compañía suministradora.

Al ser local de pública concurrencia, el REBT (1) exige de proyecto para su ejecución.

1.6. Alcance del proyecto

El presente proyecto comprende el equipo, materiales, servicios, mano de obra y ejecución de todas las operaciones necesarias para dotar al área de servicio de las instalaciones siguientes según se determina en planos y documentos que lo componen:

- Alimentación desde la red de distribución de BT a todos los receptores de la estación.
- Conexión a la red de tierras de todos esos receptores
- Instalación de autoconsumo como fuente de energía complementaria a la de distribución de Iberdrola.

1.7. Reglamentación aplicada

- Reglamento electrotécnico de baja tensión (1), aprobado por el Real Decreto 842/2002 del 2-08-02, publicado en BOE 224 del 18-09-02.
- Instrucciones técnicas complementarias de dicho reglamento.
- Normas UNE, desglosadas en el apartado dedicado a la bibliografía.
- Normas Iberdrola, también enumeradas en el apdo. bibliográfico.

- Código Técnico de Edificación (CTE) (21).
- BOE 2019-5089 aprobado por el Real Decreto 244/2019 del 05-04-19, para la instalación de autoconsumo (23).
- BOE 2018-13593 aprobado por el Real Decreto-Ley 15/2018 del 05-10-18, para la instalación de autoconsumo (48).
- *Norma UNE-EN 12464-1:2012: Iluminación de los lugares de trabajo en interiores.* Aenor, 2012 (19).
- *Norma UNE 12464-2:2012 Iluminación de los lugares de trabajo en exteriores.* Aenor, 2012 (46).
- *ITC MI-IP04, 2017;* para la instalación de la gasolinera. (15)
- *Norma UNE-EN 60079-14:2016: Material eléctrico para atmósferas de gas explosivas.* Aenor, 2016. (18)

1.8. Características de la estación

Ubicación

La estación de servicio se encuentra situada en el km 169.600 de la autovía de Castilla (Burgos a Portugal), en el término municipal de Nava del Rey (Valladolid). Yendo por la autovía citada, se encuentra entre los pueblos de Tordesillas y Alaejos.

En la siguiente imagen se puede apreciar la localización del lugar de manera más visual:



Figura 1.1. Imagen de situación.

De todas formas, se adjuntan en este proyecto planos de situación y emplazamiento, que pueden ayudar a localizar la estación de servicio de forma más fácil y concreta.

Composición de la estación

La estación está compuesta de una cafetería con dos grandes zonas de aparcamiento (una pavimentada, y otra de tierra con árboles), y de una gasolinera con 4 pistas de repostaje con 2 surtidores cada una.



Figura 1.2. Diseño 3D de la gasolinera.

La cafetería, de 15x25m, está compuesta de distintas estancias, las cuales se reflejan con su superficie útil en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1. Distribución de superficies.

Nombre de la estancia	Área (m2)
Oficina/recepción	10.72
Despacho	14.59
Almacén	28.36
Cocina	29.43
Cafetería	125.09
Tienda	26.03

Comedor	77.67
Aseo mujeres	12.76
Aseo Hombres	6.78
Distribuidor baños	1.86
Distribuidor almacén	2.40

El terreno en total, compuesto por los espacios interiores citados arriba y los exteriores circundantes, se extiende a 7.947,68 m² según catastro.

Características constructivas de la estación

Los espacios exteriores están todos hormigonados, a excepción del aparcamiento de tierra con árboles.

En cuanto al edificio de la cafetería, está construido con muros de carga recubiertos de piedra; sujetos al terreno sobre la cimentación de hormigón armado, de acuerdo con el estudio geotécnico que se ha realizado en la zona.

Para la gasolinera, está construido su sotechado en chapa, elevado con columnas de hormigón pintadas en rojo hasta 4.62m.

4.3m será la altura máxima exterior del edificio de la cafetería, con cubierta inclinada que desciende hasta los 3.69m en su parte trasera. En cuanto al interior de ésta, cuenta con un falso techo a nivel horizontal de 2.8m de altura sobre el suelo constante.



Figura 1.3. Vista de la gasolinera y la fachada de la cafetería.

Tendremos en ella, además, grandes ventanales que proveerán de luz solar (cuando la haya) su interior. Se adjuntan secciones realizadas en Revit para mejor comprensión de las alturas aquí expresadas:



Figura 1.4. Sección cafetería interior.



Figura 1.5. Sección gasolinera

2. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

2.1. Aspectos generales de la instalación

La instalación eléctrica que se desarrollará en esta memoria corresponde a la estación de servicio presentada anteriormente, de forma que según el punto 3 de la instrucción ITC-BT-04 del REBT (1), al ser local de pública concurrencia necesita de proyecto técnico sin límite mínimo de potencia.

2.2. Suministro eléctrico

Dicha instalación tomará la energía de la red de distribución que tiene la compañía IBERDROLA, ya que es la compañía que opera en la zona donde se encuentra la estación.

La distribución se realiza mediante un esquema TT; es decir, las masas de la instalación eléctrica están conectadas directamente a tierra, así como las de la alimentación, pero éstas son independientes entre sí, como se puede ver en la siguiente figura:

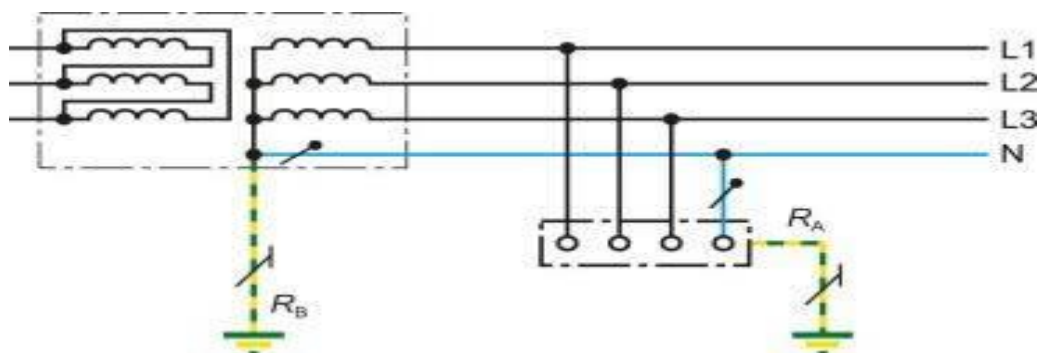


Figura 2.1. Esquema de distribución.

Sus ventajas, entre otras, son la reducción del tendido de cables y conductores, diferentes tensiones de contacto permitidas por zonas y el poder usar interruptores diferenciales; por el contrario, obligan a tener una conexión equipotencial en cada edificio donde se instale, y son sólo para baja potencia al tener que soportar los diferenciales una intensidad máxima admisible relativamente pequeña.

2.3. Previsión de cargas

Para conocer la potencia necesaria a solicitar a la compañía eléctrica, así como la que hay que considerar en el cálculo de ellos conductores de acometida e instalación de enlace según el punto. 5 de la ITC-BT-10 (1) es necesario hacer una relación de potencias solicitadas por los equipos que compondrán la instalación del área de servicio.

La estimación de potencia requerida por cada componente, dividido según la zona en la que esté, se refleja en la siguiente tabla:

Tabla 2.1. Distribución de consumos.

Estancia	Receptor	Pot. Consumida (W)	Número	Pot. Total (W)
Despacho	Conjunto PC	400	1	400
	Luminaria	26	4	104
	Central Alarma	25	1	25
	Telecomunicaciones	50	1	50
	Total			579
Oficina	Luminaria	26	2	52
	Conjunto PC	400	1	400
	Caja registradora	200	1	200
	Total			652
Gasolinera	Bomba surtidor	658	6	3948
	Electrónica surtidor	56	6	336
	Foco	100	6	600
	Compresor aire	700	1	700
	Total			5584
Cafetería/comedor	Luminaria	38 + 15	12 + 8	576
	Foco	8	6	48
	Cafetera	1600	1	1600
	Equipo sonido	800	1	800
	Nevera refrescos	200	1	200
	Nevera helados	400	1	400
	Máquina de azar	150	1	150
	Microondas	1000	1	1000
	Televisión	300	1	300
	Bombas de calor	3000	2	6000
	Total			11074
Cocina	Microondas	1000	1	1000
	Fuegos	2000	1	2000
	Campana extractora	400	1	400
	Lavaplatos	2600	1	2600
	Luminaria	38	4	152
	Horno	4000	1	4000
	Total			10152
Almacén	Luminaria	20	2	40
	Frigorífico	300	1	300
	Congelador	500	1	500
	Total			840
Aseos	Luminarias 13W	13	1	13

	Luminarias 9W	9	3+1=4	36
	Secador manos	1500	2	3000
	Total			3049

Total de la estación (W)	31930
---------------------------------	--------------

Una vez calculada la potencia total máxima de la instalación, tendremos que aplicar un coeficiente de simultaneidad, debido a que no estaremos utilizando todos los receptores de forma ininterrumpida, a la vez y a la máxima potencia durante todo el día.

Así, el reglamento electrotécnico de baja tensión no indica ningún coeficiente de simultaneidad en utilización a aplicar, sólo en edificios de varias viviendas para aplicarlo a la suma de todas las viviendas; así que usaremos un valor de **0.75** (normalmente se utiliza para los locales comerciales un valor entre 0.7 y 0.8). Se podría considerar un coeficiente de **1**, pero incurriría en un gasto innecesario de la instalación y de la potencia a contratar por la compañía suministradora.

Tabla 2.2. Cálculo de Potencia Total.

Pot. Total prevista (W)	31930
Coeficiente de utilización	0.75
Pot. Total (W)	23947

Sin embargo, en este caso concreto el reglamento electrotécnico sí nos limita el mínimo de potencia calculada dependiendo de la superficie del local y planta, a **100W/m²**. (Con un límite inferior de 3450W a 230V y coeficiente de simultaneidad de 1).

Como nuestro local tiene 375 m² de superficie, la potencia a prever será de **37500 W**, que pese a que la que hemos calculado es sensiblemente menor, será esta la que usaremos para los cálculos de acometida e instalación de enlace para cumplir con lo marcado en el reglamento.

2.4. Puesta a tierra

La puesta a tierra es la unión eléctrica directa de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo mediante una toma de tierra con un electrodo enterrado en el suelo.

Asegura la actuación correcta de los componentes de protección ante posibles descargas a animales y personas (es decir, la no aparición de diferencias de potencial peligrosas en el local), además de permitir la derivación a tierra de las corrientes de defecto o descarga de origen atmosférico. Para ello, se aplicarán las medidas de protección, componentes y cálculos necesarios según las ITC-BT-24 e ITC-BT-18 del reglamento electrotécnico de baja tensión (1), y la norma UNE 20460(2).

Quedará prohibido totalmente intercalar al circuito de tierra fusibles, interruptores o algún otro componente que pueda “abrir” el circuito y por lo tanto evitar el normal funcionamiento al que se ha destinado.

Para la puesta a tierra de nuestra instalación nos basaremos en el esquema TT, debido a que nuestra instalación está directamente alimentada por la red de distribución pública de baja tensión:

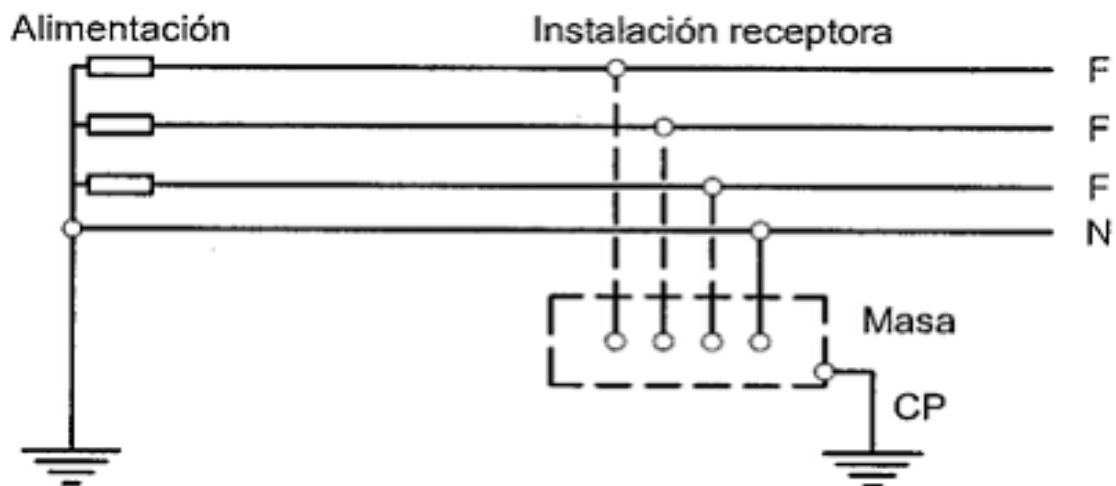


Figura 2.2. Esquema de tierras.

Antes de hacer la edificación, en el fondo de las zanjas destinadas para ello, se instalará un cable de cobre desnudo de 35mm² (cumpliendo por ello, con la tabla 1 del punto. 3.2 de la ITC-BT-18(1)), formando un anillo alrededor del perímetro del edificio, de forma que cubre una longitud de aproximadamente 80m (2x15m+2x25m).

Tabla 2.3. Tabla 1 del reglamento ITC-BT-18(1).

TIPO	Protegido mecánicamente	No protegido mecánicamente
Protegido contra la corrosión*	Según apartado 3.4	16 mm ² Cobre 16 mm ² Acero Galvanizado
No protegido contra la corrosión		25 mm ² Cobre 50 mm ² Hierro
* La protección contra la corrosión puede obtenerse mediante una envolvente		

La conexión entre el cable de puesta a tierra y los conductores de protección se realizará con un seccionador de puesta a tierra de la marca PINAZO, concretamente el modelo **PNZ-CST CS IB**, que dispone de caja con seccionador para unir dichos elementos de manera segura, permitiendo además el corte, acceso y la medición de la resistencia a tierra cuando se requiera.



Figura 2.3. Caja de conexiones.

Su localización será el cuarto del cuadro general de distribución al lado de éste.

Los cálculos del electrodo se encuentran en el anexo de cálculos eléctricos.

2.5. Acometida

La acometida es la derivación de la red de distribución que alimenta la CGP (caja general de protección), y queda establecida según la ITC-BT-11(1). En este caso al ser un único usuario, la instalación se simplificará usando una CPM (caja de protección y medida) según indica el punto. 2.1 de la ITC-BT-12(1).

IBERDROLA concretará el punto de conexión a su red de distribución, y la ubicación de la CPM se fijará de mutuo acuerdo promotor-Iberdrola, la cual tendrá acceso siempre y de forma libre sin depender del horario de apertura de la estación.

La acometida será subterránea con “entrada y salida” de línea de distribución y derivación a la CPM. El cable (perteneciente a la gama de conductores con aislamiento de polietileno reticulado XLPE y cubierto con PVC, según norma UNE 211603(3)) será del tipo:

RV 0.6/1kV 3x95 Al + 50Al

Con corriente máxima admisible de 185A, para una temperatura del terreno de 25C. Se usarán 4 conductores enterrados en conjunto bajo tubo, tres para las fases correspondientes (R, S, T) y el restante para el neutro.

El cálculo de las secciones se tiene en la tabla correspondiente del anexo cálculos de las instalaciones, y el de la sección del neutro se ha hecho según la tabla 1 de la ITC-BT-07(1):

Tabla 2.4. Tabla 1 del reglamento ITC-BT-07.

Secciones (mm ²)		Diámetro exterior de los tubos (mm)
FASE	NEUTRO	
10 (Cu)	10 (Cu)	75
16 (Cu)	10 (Cu)	75
16 (Al)	16 (Al)	75
25	16	110
35	16	110
50	25	125
70	35	140
95	50	140
120	70	160
150	70	160
185	95	180
240	120	200

Los tubos por los que discurrirán los conductores mostrarán conformidad a lo establecido en la norma UNE-EN 50.086 2-4(4) y sus características mínimas serán según la tabla 8 del apdo. 1.2.4 de la ITC-BT-21(1):

Tabla 2.5. Tabla 8 del reglamento ITC-BT-21(1).

Tabla 8. Características mínimas para tubos en canalizaciones enterradas

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	NA	250 N / 450 N / 750 N
Resistencia al impacto	NA	Ligero / Normal / Normal
Temperatura mínima de instalación y servicio	NA	NA
Temperatura máxima de instalación y servicio	NA	NA
Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades eléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Protegido contra objetos $D \geq 1$ mm
Resistencia a la penetración del agua	3	Protegido contra el agua en forma de lluvia
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	0	No declarada
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada
Notas:		
NA : No aplicable		
(*) Para tubos embebidos en hormigón aplica 250 N y grado Ligero; para tubos en suelo ligero aplica 450 N y grado Normal; para tubos en suelos pesados aplica 750 N y grado Normal		

Además, se cumplirán los diámetros mínimos exteriores en función del número y sección de los conductores que contiene:

Tabla 2.6. Tabla 9 del reglamento ITC-BT-21(1).

Tabla 9. Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	< 6	7	8	9	10
1,5	25	32	32	32	32
2,5	32	32	40	40	40
4	40	40	40	40	50
6	50	50	50	63	63
10	63	63	63	75	75
16	63	75	75	75	90
25	90	90	90	110	110
35	90	110	110	110	125
50	110	110	125	125	140
70	125	125	140	160	160
95	140	140	160	160	180
120	160	160	180	180	200
150	180	180	200	200	225
185	180	200	225	225	250
240	225	225	250	250	--

Por lo tanto, el tubo elegido tendrá como mínimo, según las indicaciones anteriores, un diámetro exterior de 140mm, al contener menos de 6 conductores y ser éstos de 95mm².

Teniendo una potencia de 37.5 kW, la corriente máxima que pasará por cada conductor de nuestra acometida será de 54A.

Notar que la corriente máxima del cable es superior a la corriente correspondiente al suministro, y con una caída de tensión **0.28%** (la caída de tensión máxima permitida vendrá dada por la distribuidora como indica el REBT(1)).

2.6. CPM

Esta se situará “en el interior de un hueco practicado en la pared y cerrado por una puerta”, según las especificaciones particulares para instalaciones de enlace de Iberdrola.

Cotas en cm

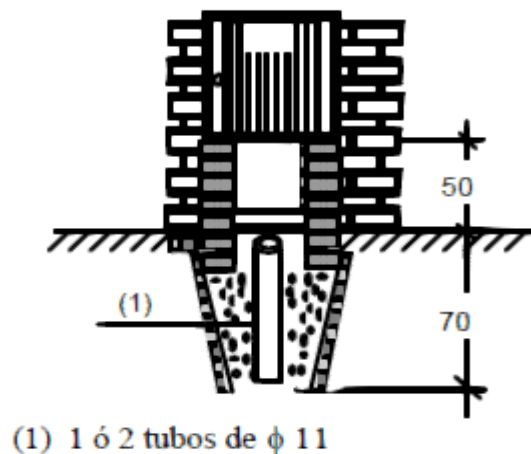


Figura 2.4. Caja de protección y medida (CPM).

Siguiendo la figura siguiente que aparece en estas especificaciones, la parte inferior de la puerta estará a 50cm del suelo, ya que no es una zona presumiblemente inundable y por lo tanto no es necesario aumentar esa altura como medida excepcional.

Se procurará, por tanto, que los dispositivos de medida estén a un mínimo de 0.7m de suelo como indica punto 2.1 de ITC-BT-13(1).

La caja a instalar será una CPM2-E4-MBP, según la tabla 1 de la norma Iberdrola NI 42.72.00(5), al ser nuestra instalación trifásica, con contador electrónico (multifunción) y de hasta 63A:

Tabla 2.7. Tabla 1 del reglamento NI 42.72.00(5).

5 Cajas normalizadas. Utilización designación y código

Las cajas normalizadas son las indicadas en la tabla 1.

Tabla 1
Cajas normalizadas CPM y CMT

Tipo de Suministro	Nº de Contadores	Tipo de instalación	Designación	Figura	Código
Monofásico hasta 63 A	1	Empotrable	CPM1-D2-M	5	4272001
	1	Intemperie	CPM1-D2-I	5	4272002
	2	Empotrable	CPM3-D2/2-M	6	4272021
	2	Intemperie	CPM3-D2/2-I	6	4272023
Trifásico doble tarifa hasta 63 A	1	Empotrable	CPM2-D4-M	7	4272011
	1	Intemperie	CPM2-D4-I	7	4272013
Trifásico multifunción 63 A	1	Empotrable	CPM2-E4-M	8	4272014
	1	Intemperie	CPM2-E4-I	8	4272016
	1	Empotrable	CPM2-E4-MBP	9	4272017
	1	Intemperie	CPM2-E4-IBP	9	4272018
Trifásico > 63 A hasta 300 A (Medida indirecta)	1	Empotrable	CMT-300E-M	10	4272100
		Empotrable	CMT-300E-MF	11	4272102
		Intemperie	CMT-300E-I	10	4272101
		Intemperie	CMT-300E-IF	11	4272103
Trifásico hasta 750 A (Medida Indirecta)	1	Intemperie	CMT-750E-I	12	4272120

del fabricante GROUPE CAHORS, trifásica y compuesta por:

- El cableado necesario
- 1 contador trifásico + registrador + tarificador
- 3 bases BUC tamaño 00 de 160A
- Base de neutro amovible de 160A con borne bimetálico para cable de 16 a 50 mm².

- Cuatro bloques de bornes fijos tipo BFT-25, con tapa final y topes de sujeción en cada uno de ellos
- Una mirilla de policarbonato transparente para lectura del contador por parte del responsable de la empresa suministradora como indica punto 2.2 de la ITC-BT-14(1).

Siguiendo las normas NI 42.72.00(5) para el tipo de caja, NI 76.01.02(6) para las bases BUC, NI 76.84.02(7) para los bornes fijos y NI 42.20.01(8) para el contador trifásico multifunción con discriminación horaria. Cuenta además con protección IP43 ante agua y polvo, e IK09 ante golpes. Las medidas son las indicadas en la siguiente imagen:

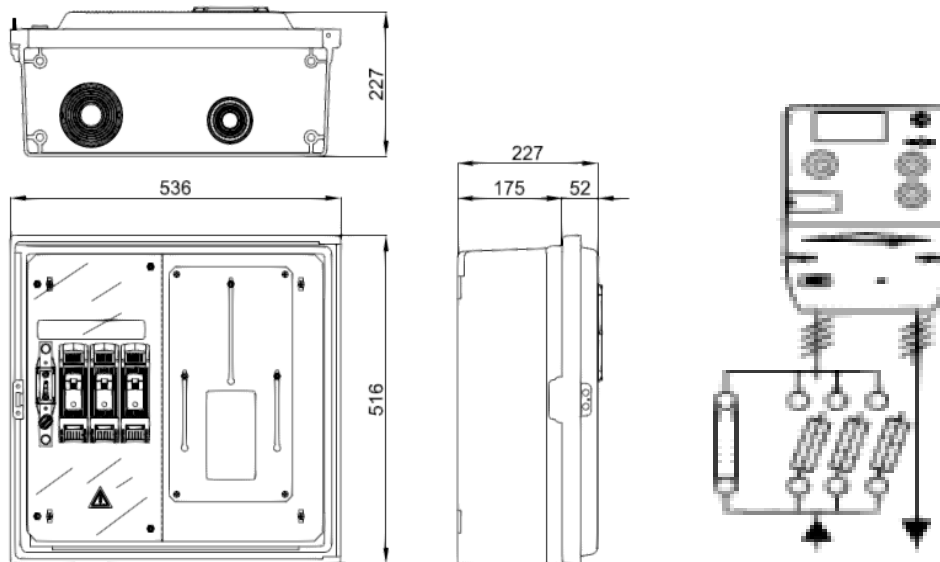


Figura 2.5. Detalle de la CPM.

Se instalará en la pared de la fachada lateral, en el lado de la gasolinera, que es el sitio más cercano a la red de distribución pública con permanente y libre acceso, y que además queda alejada de otro tipo de instalaciones como se indica en la ITC-BT-07(1).

2.7. Línea general de alimentación

En esta instalación, al haber un único usuario y una única CPM, no habrá línea general de alimentación, ya que no hay qué conecte la CGP con la centralización de contadores al estar en el mismo emplazamiento.

2.8. Derivación individual

La derivación individual, en nuestro caso, será la línea que conecta la caja general de protección y medida (CPM) con el cuadro general de mando y protección. La reglamentación de este conjunto vendrá dada por la ITC-BT-15(1).

Los tubos y canaletas protectoras deberán tener una sección mínima de 32mm, permitiendo a su vez ampliar en un 100% la cantidad de conductores inicialmente instalados. Las uniones de éstos serán roscadas o embutidas, no permitiendo su separación accidental; y discurrirán por lugares de uso común (en nuestro particular, enterrados por la gasolinera).

En nuestro caso, dichos tubos tendrán una sección de 90mm (correspondiente a 4 conductores de 25mm, ampliables a otros 4, que tienen la misma sección por la tabla 8 correspondiente a la ITC-BT-21(1)).

Cuando discurran verticalmente se alojarán en el interior de una canaleta o conducto de obra con paredes resistentes al fuego grado RF120, empotrado o adosado a cualquier hueco de uso común, y preparado única y exclusivamente para este fin, siguiendo la siguiente tabla:

Tabla 2.8. Tabla de cálculo de número de derivaciones.

Tabla 1. Dimensiones mínimas de la canaladura o conducto de obra de fábrica.

Número de derivaciones	DIMENSIONES (m)	
	ANCHURA L (m)	
	Profundidad P = 0,15 m una fila	Profundidad P = 0,30 m dos filas
Hasta 12	0,65	0,50
13 - 24	1,25	0,65
25 - 36	1,85	0,95
36 - 48	2,45	1,35

La altura mínima de las tapas para registro será de 0.3m y su anchura igual a la canaladura. Su parte superior quedará instalada a 0.2m mínimo del techo.

Para facilitar la instalación, se instalarán cada 15m cajas de registro precintables, comunes a todos los tubos, pero sin realizar empalmes entre conductores.

El cable que discurrirá por la instalación de derivación de tipo RZ1-K (AS), siendo el cable de tensión asignada 0.6/1kV RZ1, con conductores de cobre de clase 5 (-K-), aislamiento de polietileno reticulado (-R-), y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina (Z1), según UNE 21.123-4(9) y UNE 20.460-5-52 (2). Su composición será de las 3 fases (R, S y T) + el neutro.

Cumpliendo por tanto la tensión mínima de 0.6/1kV y la no propagación de incendio, llama y emisión de humos reducida dictada por la ITC(1) que rige este apartado.

La sección estará indicada en la tabla de cálculos de las instalaciones (en el anexo), como en el apartado de la acometida, cumpliendo la sección mínima de 6mm² y la caída máxima de tensión del 1.5% (al ser derivación individual para suministro de un único usuario sin LGA).

Estructura de la instalación eléctrica

La instalación interior estará sectorizada, de tal manera que en caso de fallo en un circuito las consecuencias sean lo más pequeñas posibles para el resto de la instalación; además de por mantener la usabilidad de la estación, este punto facilitará las revisiones y mantenimiento de la instalación.

Los componentes de surtidores, neveras, bombas de calor, la iluminación, etc.... se han asignado a diferentes circuitos (2 o más) para que, en caso de pérdida de uno de los circuitos, no se paralice totalmente la actividad a la que están destinados (por ejemplo, quedarnos sin refrigeración en el local, sin poder repostar...).

Por otra parte, y según indica el punto 4 de la ITC-28(1), se ha dividido en 3 los circuitos de la iluminación de la cafetería; al ser una instalación donde se reúne público, y de forma que el corte de una de las líneas no origine la pérdida de más de 1/3 del total de las luminarias de dicha estancia.

Además, ciertos elementos (como el horno), se alimentan directamente desde el cuadro principal al consumir estos más de 16A, como indica la ITC-BT-28(1).

Cuadro General de mando y protección

Este elemento (CGMP) contiene los dispositivos generales de mando y protección de la instalación (IGA para la protección contra sobrecorrientes, interruptores automáticos diferenciales omnipolares para la protección contra contactos indirectos, y tantos interruptores magnetotérmicos automáticos omnipolares como circuitos a proteger), alimentándose directamente de la línea general de alimentación (al no haber derivación individual). Tiene una potencia supuesta de 37.5 kW, con una corriente nominal de 63A.

El cuadro será del fabricante Chint o similar.

El número, tipo y valores nominales de las protecciones se indicarán en la tabla de cálculo de secciones de los conductores, así como en el correspondiente esquema unifilar. Seguirán lo señalado en las ITC-BT-22,23 y 24(1).

El CGMP alimentará los circuitos desde C1 hasta C23. Todos los magnetotérmicos tendrán un poder de corte de 6kA, más que suficiente para cumplir con la intensidad de cortocircuito, (según ITC-BT-17(1), el IGA deberá tener un poder de corte de como mínimo 4500A).

La indicación *4P* indicará que el dispositivo es tetrapolar y que cortará, en caso necesario, las tres fases y el neutro. La indicación *2P* indicará que este es bipolar y sólo corta una fase y el neutro.

El cuadro se instalará en una sala destinada para ello, cerca de una de las puertas de entrada, pero que no es accesible para el público en general (ITC-BT-17(1)).

La altura mínima del cuadro con respecto al suelo de la sala, que estará al mismo nivel que el resto de la instalación, será de 1m. Además, la puerta del cuadro será no propagadora de incendio, y al estar en un local propio, se encontrará separado de locales con peligro acusado de incendio o de pánico, según ITC-BT-28(1).

Protección contra cortocircuitos y sobrecargas

Este apartado se regirá en todo momento por la ITC-BT-22(1) y la norma UNE 20.460(2).

Las sobrecargas pueden estar producidas por:

- Sobrecargas debidas a la utilización de receptores o defectos de aislamientos:

Los conductores siempre trabajarán por debajo de su corriente máxima admisible, garantizándose con el dispositivo de protección utilizado.

Este dispositivo podrá ser un fusible calibrado de características de funcionamiento adecuadas o un interruptor automático de corte omnipolar con curva térmica de corte.

- Cortocircuitos:

Habrá en origen de todo circuito un dispositivo de protección cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de CC que pueda presentarse en el punto de su conexión; admitiéndose como tales fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos de sistema de corte omnipolar.

- Factores atmosféricos

Por tanto, se ha optado por que las líneas de distribución a los receptores quedarán protegidas de cortocircuitos y sobrecargas colocando en origen de cada una de las líneas interruptores magnetotérmicos con curva térmica de corte calibrada, conforme a la ITC anteriormente citada(1).

Gracias a éstos, en ningún caso se sobrepasará la intensidad máxima admisible del cable, interruptor diferencial, enchufe, o cualquier otro elemento encargado de la alimentación o de su seguridad, y susceptible de perecer por las causas referidas a este apartado.

Protección contra contactos directos

Este tipo de protección se basa en evitar el contacto de las personas con las partes activas de los materiales eléctricos, y por lo tanto de los peligros de estas.

Según ITC-BT-24(1), Las partes activas de la instalación se verán protegidas del contacto con las personas por:

- Aislamiento de las mismas, recubiertas de un aislamiento eléctrico que no pueda ser eliminado más que destruyéndolo, no considerándose barnices, pinturas, lacas ni otros productos de similares características.
- Obstáculos, como en el caso de las rejillas de cables sobre el techo de escayola, o del cuarto que comprende el cuadro eléctrico, (estancia que comprende mayor riesgo de descarga), teniendo puerta normalmente cerrada con llave, evitando el acceso a dicho punto de personal no autorizado y, por tanto, no convenientemente preparado.
- Alejamiento, por ejemplo, de las cajas de registro, o de las luminarias (que pese a no entrañar un riesgo ellas mismas, su desmontaje fortuito puede dejar expuestos elementos activos de la instalación) que, según la ITC mencionada(1), deberán estar a más de 2,5m de altura.

Protección contra contactos indirectos

La protección de corrientes de defecto y derivación se realizará por corte automático de la alimentación por medio de diferenciales (interruptores automáticos diferenciales) de sensibilidad alta (30mA), impidiendo por ello que una tensión de contacto de valor suficientemente alto sea mantenida durante el suficiente tiempo para causar riesgo en la vida de los animales o las personas.

Usándose la norma UNE 20572-1 (10) como referencia, dicha tensión de contacto máxima ya ha sido establecida, según ITC-BT-09 y 18(1), en:

- 24V en local o emplazamiento conductor (zonas húmedas o a la intemperie).
- 50V en los demás casos.

Se ha predispuesto, además, que la intensidad nominal de los dispositivos diferenciales instalados es superior en todo caso a la intensidad de corte de los interruptores magnetotérmicos que tienen aguas abajo; no dejando bajo ningún concepto que una sobrecarga en un circuito pueda afectar al diferencial correspondiente, pudiendo privar de protección contra contactos a dicho circuito.

También se ha tenido en cuenta la selectividad de actuación entre ellas.

Protección contra sobretensiones

Se instalará un protector de sobretensiones transitorias, según lo marcado en ITC-BT-23(1), ya que no se puede asegurar que la resistencia a las sobretensiones de los equipos marcados en la tabla 1 que se pone a continuación, sea suficiente al tener líneas aéreas relativamente cerca que alimentan nuestra instalación.

Tabla 2.9. Tabla 1 del reglamento ITC-BT-23(1).

Tensión nominal instalación		Tensión máxima soportada a impulsos 1,2/50			
Trifásica	Monofásica	Categoría IV	Categoría III	Categoría II	Categoría I
230/400	230	6 Kv	4 Kv	2,5 Kv	1,5 Kv
400/690/1000	-	8 Kv	6 Kv	4 Kv	2,5 Kv

Este protector de sobretensiones se encontrará aguas arriba del resto de la instalación (a excepción del interruptor general automático), y estará “protegido” con un magnetotérmico propio, de forma que cuando tras varias utilizations se pueda ver alterado su funcionamiento lo hará saltar, dando aviso de que no protegerá más ante sobretensiones transitorias, pero sin dejar sin corriente al resto de nuestra instalación en lo que se sustituye.

Tensión de distribución

El alumbrado y servicios de fuerza se llevarán por líneas independientes. Los criterios utilizados para su diseño están orientados a evitar confusiones, mientras se simplifican materiales.

La tensión de distribución será de 400V entre fases, y de 230V fase-neutro.

Alimentación a receptores

La sección de los conductores se ha calculado de forma que no se exceda una caída de tensión (CDT) de un 3% para circuitos de alumbrado, ni de un 5% para circuitos de fuerza, según ITC-BT-19 del REBT(1); pero sumándole 0.33% debido a la caída de tensión que hemos obtenido de la derivación individual. Los cálculos están contenidos en la tabla del anexo “cálculos eléctricos”.

Además, el conductor de protección tendrá la misma sección que los conductores de fase y neutro, según la tabla 2 de la ITC anteriormente mencionada(1):

Tabla 2.10. Tabla 2 del reglamento ITC-BT-19(1).

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm²)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm²)
$S \leq 16$ $16 < S \leq 35$ $S > 35$	$S (*)$ 16 $S/2$
(*) Con un mínimo de: 2,5 mm ² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica 4 mm ² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica	

Los conductores serán de cobre, a saber:

- Aislados, de tensión nominal superior o igual a 450/750V, al ir:
 - Colocados bajo tubo o canaletas protectoras, preferentemente empotrados, en especial en zonas accesibles al público. Los tubos protectores pueden ser fabricados en PVC u otro material, siempre y cuando no sea propagador de llama.
 - Con cubierta de protección, colocados en huecos de construcción totalmente contruidos en materiales incombustibles, de resistencia al fuego RF-120 como mínimo.
- Rígidos aislados, de tensión nominal igual o superior a 0.6/1kV, armados, al ir colocados directamente sobre las paredes o mediante suportación.

Y se identificarán siendo:

- Las fases de color marrón, negro y gris.
- El neutro de color azul claro.
- El conductor de protección tendrá rayado longitudinal, verde y amarillo.

En cuanto al alumbrado destinado a iluminar el exterior, estará comandado por un interruptor horario que controlará su encendido; dicho interruptor contará con encendido permanente por un selector si así se desea, cumpliendo con pto.4 de ITC-BT-09(1).

Se usarán soportes de luminarias metálicos de doble aislamiento que, al estar a varios metros sobre el suelo y por lo tanto fuera del alcance no cualificado, no necesitarán de su puesta a tierra.

2.9. Conductores y canalizaciones de la instalación

Los circuitos de distribución partirán del CGMP para alimentar a los diferentes receptores.

Se regirá este apdo. por lo dispuesto en la ITC-BT-19, 20 y 21(1), de la cual tendremos las características requeridas que deben cumplir los diversos sistemas adoptados en esta instalación:

2.9.1. Conductores unipolares aislados en tubos empotrados de obra:

Los conductores que discurran por estas canalizaciones estarán definidos por la UNE 21.035(11) de clase 5, siendo de Cu, unipolares (fase, neutro y tierra), con aislamiento de mezcla especial de poliolefinas termoplásticas, no propagador de llama y baja emisión de halógenos según UNE 21147-2(12); tensión nominal de 450/750V y de 2.5kV de tensión de ensayo según UNE 21.031(13), sección según el cálculo eléctrico correspondiente y denominación *ES07Z1-K 450/750V*, y de los colores reglamentarios citados anteriormente (según UNE 21089(14)).

Varios circuitos pueden encontrarse en el mismo tubo, si están aislados para la tensión más elevada. Y cumpliendo que estén asegurados contra contactos indirectos y debidamente protegidos a peligros.

Los tubos serán rígidos, curvables o flexibles según UNE 50.086-2-1, 2 y 3(4), respectivamente, y no propagadores de llama. Deberán, además, tener un diámetro tal que permitan fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados.

Las características y diámetros mínimos de dichos tubos se rigen por las tablas 3 y 4 de la ITC-21 anteriormente mencionada(1):

Tabla 2.11. Tabla 3 del reglamento ITC-21(1).

Tabla 3. Características mínimas para tubos en canalizaciones empotradas ordinarias en obra de fábrica (paredes, techos y falsos techos), huecos de la construcción y canales protectoras de obra

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	2	Ligera
Resistencia al impacto	2	Ligera
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	-5°C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+60°C
Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades eléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos D ≥ 1 mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Tabla 2.12. Tabla 4 del reglamento ITC-21(1).

Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	20
2,5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	25
6	12	16	25	25	25
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40
25	25	32	40	40	50
35	25	40	40	50	50
50	32	40	50	50	63
70	32	50	63	63	63
95	40	50	63	75	75
120	40	63	75	75	--
150	50	63	75	--	--
185	50	75	--	--	--
240	63	75	--	--	--

2.9.2. Conductores unipolares aislados en tubos enterrados:

Los conductores que discurran por los tubos serán de tipo RZ1-K (AS), siendo el cable de tensión asignada 0.6/1kV RZ1, con conductores de cobre de clase 5 (-K-), aislamiento de polietileno reticulado (-R-), y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina (Z1), según UNE 21.123-4 (9) y UNE 20.460-5-52 (2).

Los tubos serán según UNE 50.086-2-4 (4). Deberán, además, tener un diámetro tal que permitan fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados.

Para más de 10 conductores por canalización, o para conductores de diferente sección, su sección interior será la equivalente a 4 veces la sección de dichos conductores.

Las características y diámetros mínimos de dichos tubos se rigen por las tablas 8 y 9 de la ITC-21(1), que se han citado anteriormente para la acometida:

Tabla 2.13. Tabla 8 del reglamento ITC-21(1).

Tabla 8. Características mínimas para tubos en canalizaciones enterradas

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	NA	250 N / 450 N / 750 N
Resistencia al impacto	NA	Ligero / Normal / Normal
Temperatura mínima de instalación y servicio	NA	NA
Temperatura máxima de instalación y servicio	NA	NA
Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades eléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Protegido contra objetos $D \geq 1$ mm
Resistencia a la penetración del agua	3	Protegido contra el agua en forma de lluvia
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	0	No declarada
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada
Notas: NA : No aplicable		
(*) Para tubos embebidos en hormigón aplica 250 N y grado Ligero; para tubos en suelo ligero aplica 450 N y grado Normal; para tubos en suelos pesados aplica 750 N y grado Normal		

Tabla 2.14. Tabla 9 del reglamento ITC-21(1).

Tabla 9. Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	< 6	7	8	9	10
1,5	25	32	32	32	32
2,5	32	32	40	40	40
4	40	40	40	40	50
6	50	50	50	63	63
10	63	63	63	75	75
16	63	75	75	75	90
25	90	90	90	110	110
35	90	110	110	110	125
50	110	110	125	125	140
70	125	125	140	160	160
95	140	140	160	160	180
120	160	160	180	180	200
150	180	180	200	200	225
185	180	200	225	225	250
240	225	225	250	250	--

2.9.3. Conductores aislados sobre bandeja rejiband o en superficie:

Los conductores que discurran por las bandejas serán de tipo RZ1-K (AS), siendo el cable de tensión asignada 0.6/1kV RZ1, con conductores de cobre de clase 5 (-K-), aislamiento de polietileno reticulado (-R-), y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina (Z1), según UNE 21.123-4 (9) y UNE 20.460-5-52 (2).

La bandeja rejiband se instalará de forma no accesible al público, sobre el falso techo y a más de 2.5m de altura sobre el suelo para evitar su acceso no autorizado según ITC-BT-24(1).

Las dimensiones de éstas, así como su trazado, se verá en el plano correspondiente a canalizaciones.

En ningún caso se discurrirán las canalizaciones a menos de 3cm de otras, ni por debajo de las que puedan dar lugar a condensaciones, como las destinadas a producción de vapor, agua, gas, etc.

Por otra parte, y con tal de facilitar la labor de conexión, introducción y mantenimiento de los conductores, se dispondrá de una caja de registro cada 15m rectos o cada 3 curvas en ángulo, según prescripciones generales de la ITC-BT-21(1).

Se introducirán estos después de colocados los tubos.

2.10. Instalación exterior: gasolinera

Esta instalación se regirá por las normas contenidas en la instrucción técnica complementaria MI-IPO4(15): instalaciones para suministro a vehículos, y en la ITC-BT-29 del REBT(1).

La parte de gasolinera (estación de suministro a vehículos) es clasificada eléctricamente como *zona 2 de emplazamientos de clase I*, debido a que es una zona con formación de atmósfera explosiva constituida por mezcla de aire con sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla que se forma por espacios de tiempo breves, y estando ventilada (ya que está al aire libre totalmente, solo cubierta parcialmente por el sotechado superior); por lo tanto, seguirá la normativa aplicada a este tipo de emplazamientos.

Los equipos eléctricos que se instalen en esta zona (electrónica de los surtidores, luminarias...) deberán seguir las condiciones establecidas en el R.D 400/1996(16), y se instalarán según la documentación proporcionada por el fabricante, en las zonas con menor riesgo posible (cumpliendo esta condición los focos (que es el único equipo eléctrico importante aparte de los propios surtidores), elevados a varios metros del suelo, donde la potencial atmósfera explosiva es casi inexistente).

Se podrán instalar equipos de categoría 1 (nivel de protección muy alto), categoría 2 (nivel de protección alto) y categoría 3 (nivel de protección normal), al ser zona 2 y venir regido por la siguiente tabla del REBT(1):

Tabla 2.15. Clasificación de categorías en función de zonas donde se admiten.

CATEGORÍAS DE EQUIPOS ADMISIBLES PARA ATMÓSFERA DE GASES Y VAPORES	
Categoría de empleo	Zonas en que se admiten
Categoría 1	0, 1 y 2
Categoría 2	1 y 2
Categoría 3	2

Los sistemas de cableado pertenecientes a la seguridad intrínseca cumplirán los requisitos de las normas UNE-EN 60079-14 (17) y 50039 (18). El del resto de zonas, tendrán una tensión mínima asignada de 450/750V.

La intensidad admisible de éstos deberá disminuirse en un 15% respecto al valor correspondiente, además de proteger todos los cables de longitud igual o mayor de 5m contra sobrecargas y cortocircuitos (con protección magnetotérmica omnipolar). El circuito de alumbrado irá protegido con magnetotérmicos de 10A, cumpliendo con los 15A máximos de la MI-IP04(15). Los cálculos correspondientes están en el anexo “Cálculos eléctricos”.

Los cables, que discurrirán por canalizaciones metálicas rígidas o flexibles explicadas en el párrafo posterior, y serán los mismos que en el apdo. “Conductores unipolares aislados en tubos enterrados”.

Éstos estarán cubiertos por tubo o canal protector que cumpla con las siguientes especificaciones dadas en tablas, según el punto 9.3 de la ITC-BT-19 del REBT(1):

Tabla 2.16. Tabla 3 del reglamento ITC-BT-19(1).

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	4	Fuerte
Resistencia al impacto	4	Fuerte
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	-5°C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+60°C
Resistencia al curvado	1-2	Rígido/curvable
Propiedades eléctricas	1-2	Continuidad eléctrica/aislante
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos D ≥ 1 mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Tabla 2.17. Tabla 4 del reglamento ITC-BT-19(1).

Característica	Grado	
	≤ 16 mm	> 16 mm
Dimensión del lado mayor de la sección transversal	≤ 16 mm	> 16 mm
Resistencia al impacto	Fuerte	Fuerte
Temperatura mínima de instalación y servicio	+15°C	-5°C
Temperatura máxima de instalación y servicio	+60°C	+60°C
Propiedades eléctricas	Aislante	Continuidad eléctrica/aislante
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	no inferior a 2
Resistencia a la penetración de agua	No declarada	
Resistencia a la propagación de la llama	No propagador	

Notar que los tubos con conductividad eléctrica que se instalen deben conectarse a tierra, así como toda la red de tuberías y elementos mecánicos, quedando su continuidad eléctrica convenientemente asegurada, sin sobrepasarse en ningún caso los 10m entre tierras consecutivas de los tubos.

Estos, además, deberán ir unidos sin soldaduras, cumpliendo su roscado de unión con las exigencias relativas al tipo de ejecución de seguridad; y al pasar de una zona peligrosa (gasolinera) a otra no peligrosa (el cuadro eléctrico del interior de la cafetería), deberán ir sellados por cortafuegos.

3. ILUMINACIÓN

La iluminación es un aspecto esencial en el desarrollo de las actividades dentro de una estancia, pero no sólo en cuanto al confort visual de las personas en sus tareas cotidianas dentro de ella (tomar café, trabajar con el ordenador...), sino en otros apartados como el ahorro de energía, procurando el bajo consumo de éstas y el mayor rendimiento posible, o señalar en caso de emergencia (como el alumbrado de seguridad, reemplazamiento...).

Por lo tanto, para la elección de luminarias de cada estancia en particular, y del local/gasolinera en general, además de la normativa relacionada vigente (cuyos cálculos asociados encontraremos en el anexo), se tomarán las siguientes premisas principales:

- El mínimo consumo de energía, aunado a la menor irradiación térmica posible de éstas y maximizando el rendimiento, razón por la cual se elegirá tecnología LED para todas ellas.
- La correcta iluminación del lugar, para lo que nos ajustaremos a la normativa actual procurando con nuestras luminarias la iluminancia mínima requerida para cada zona, su correcta distribución y no alterar la percepción de los colores en demasía.
- Fácil instalación y conservación de la luminaria.
- Mínimo coste posible; además de cumpliendo el anterior punto que tiene relación directa con éste, procurando elegir los equipos más económicos que cumplan los requerimientos mínimos que se exigen para no desorbitar el coste del proyecto.

3.1. Iluminación general

Para el desarrollo óptimo de cada una de las actividades en el interior de la estación de servicio, se ha dividido la misma en zonas de diferentes categorías, ya que en unas necesitaremos mejor iluminación por el esfuerzo visual de las tareas a realizar, no siendo necesario así en otras. Por ello, la norma *UNE-EN 12464-1:2012 (19)*, establece la iluminancia media mínima que deberá tener cada área, de acuerdo con la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Iluminancia mínima según la norma UNE-EN 12464-1-2012(19).

<i>Tipo de interior, tarea o actividad</i>	\bar{E}_m (lux)
Cocinas	500
Restaurante, comedor	A discreción del proyectista para crear la atmósfera adecuada
Despacho	500
Recepción	300
Baños	200, y con luminaria en cada baño individual si está completamente cerrado
Almacén	100
Gasolinera	150
Tienda	300

En el apartado “Cálculos de iluminación” del anexo, se encuentra una relación de todas las estancias con sus luminarias y áreas correspondientes, para asegurar la superación de las iluminancias medias descritas arriba.

Además, se ha utilizado la herramienta de Autodesk en la nube del programa con el que se ha hecho el proyecto y sus planos, Revit, para hacer un cálculo de la iluminancia en cada punto de las distintas estancias del recinto, y así tener mejor idea de la distribución e incidencia de las luminarias elegidas, aparte de mostrar la conformidad de la iluminación con la uniformidad propuesta con la norma anteriormente mencionada. Para observar dichos resultados se deberá mirar el anexo anteriormente mencionado.

3.2. Elección de luminarias para iluminación general

Para este objetivo se ha tenido en cuenta la superficie a iluminar, el uso de las estancias y la altura a la que se dispondrá la luminaria para seleccionar la más adecuada. En todos los casos esta altura será de 2.8m sobre el suelo, salvo los focos de la barra, que estarán a 1.9m del suelo y a 0.9m de la barra sobre la que proyectarán su haz.

Como se ha descrito anteriormente, la totalidad de las luminarias será en tecnología LED por sus ventajas: poco gasto energético, posibilidad de variar la tonalidad con un controlador, buena potencia de iluminación, etc.; y por sus pocos inconvenientes, cuyo máximo exponente era anteriormente el precio, pero que hoy en día se ha equiparado bastante al resto de soluciones, maximizando su rentabilidad.

La totalidad de las soluciones pertenecen al catálogo de la marca SECOM:

- Para iluminar superficies grandes donde además se requiere buena estética, como la cafetería/comedor, se usarán las luminarias *THESAN* (60x60cm) de 38W a 4000K, en blanco de acuerdo con el suelo y techo del local. Hay dos modelos disponibles, IP44 e IP65; se usará el primer tipo por no ser un lugar que lo requiera. (Ref. 4650013684)



Figura 3.1. Luminaria de superficies grandes.

- Para la cocina, se usará el mismo modelo, pero esta vez en IP65 para evitar fallos por envejecimiento prematuro ante posibles salpicaduras, ambiente polvoriento o con vapores de los alimentos. (Ref. 4650013684IP65)

- Para iluminar la barra del bar, se usarán focos empotrados en la parte superior *FIJO* de color cromo mate, los cuales consumen 8W y dan 600lm. (Ref. 202L52100883)

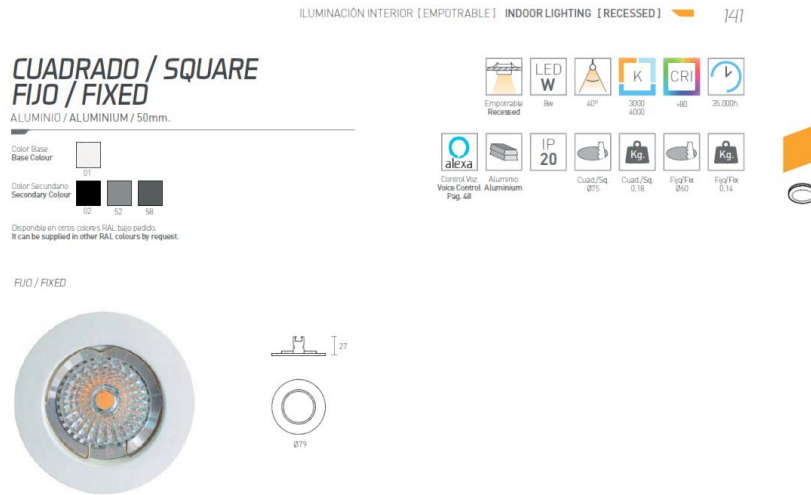


Figura 3.2. Luminarias para la barra del bar.

- El despacho y la sala de recepción/oficina estará iluminada por downlights *AIRCOM* cuadrados de 26W a 4000K, de color blanco. (Ref.4223260184).



Figura 3.3. Luminarias para despacho, recepción y oficinas.

- En cuanto a los aseos y el descansillo del almacén, los iluminarán downlights *MINI AIRCOM* redondos en color blanco, de 13W en el baño masculino y de 9W en el descansillo, baño femenino y su distribuidor, programados a 4000K. (Ref. 42060184 (9W)) / (Ref.4206130184 (13W)).



Figura 3.4. Luminarias para aseos y descansillo de almacén.

- Por su parte, el almacén lo compondrán pantallas estancas *BERNA ECO*, de 20W a 5700K. (Ref. 90720852CR).



Figura 3.5. Luminaria para almacén.

- En el perímetro del edificio se instalarán en su parte superior y orientados hacia los alrededores, focos PROTEK Q2 blancos de 200W y 23760lm reglados a 5000K. (Ref. 4330012085.)



Figura 3.8. Luminarias para el perímetro exterior.

3.3. Iluminación de seguridad

Según el apdo. 3 de la instrucción complementaria ITC-BT-28 del REBT (1) y el reglamento de instalaciones de protección contra incendios (20) junto con el CTE (21), se ha de disponer de un alumbrado de emergencia con señalización, que entre en servicio automáticamente en caso de fallo de alimentación a la instalación de alumbrado general, o cuando la tensión de ésta baje a menos de un 70% de la tensión nominal. Como parte de éste, tenemos al alumbrado de evacuación, en funcionamiento permanente, que en caso de fallo de alimentación bajo las mismas condiciones que para el de emergencia, pase a ser alimentado por una fuente complementaria (que puede, y en este proyecto estará, incluida en el mismo equipo).

La duración mínima de estos equipos será de 1h a partir del instante en que tenga lugar el fallo.

Los cálculos de este apdo., así como la relación de luminarias necesarias, se encuentran en el punto “iluminación de seguridad” del anexo “cálculos de iluminación”.

3.4. Elección de iluminación de seguridad

Para este fin, también trabajaremos con los equipos de AERLUX. Sus luminarias SERIE 15, de tipo no permanente al no ser necesario por las características de nuestra iluminación general y del local que estén permanentemente encendidos (incurriendo así en un desgaste innecesario), y diversa potencia cumplen con los requisitos anteriormente descritos, así como la iluminación mínima que fijamos en la anterior tabla. Para la balización y señalización de salidas, recorridos de evacuación... se usarán las banderolas accesorias del mismo fabricante:

Superficie

Empotrable

Banderola

Antivandálica

Características

Diseñadas según norma UNE-EN 60508-2-22, UNE-EN 60598-1, UNE-EN 62031 y UNE-EN 62384.
 Grado de protección: IP44 - IK04.
 Grado de aislamiento: Clase II.
 LED indicador de presencia de red y carga de batería.
 Batería de Ni-Cd estanca, de alta temperatura.
 Instalación rápida con base pre-placa.
 Opcionalmente Telemandable.
 Marcado CE y de acuerdo a la directiva RoHS.

aerLUX

IP44 IK04 Ud./caja: 25 Nivel de Dto.: 2

Flujo (Lm)	Autonomía (h)	Referencia No Permanente	PVR	Referencia Permanente	PVR	Referencia Auto Test	PVR	Ref Auto Test Permanente	PVR
60	1 h	15-060	25,00 €	15-060P	35,00 €	15-060T	30,00 €	15-060PT	40,00 €
110	1 h	15-110	28,00 €	15-110P	38,00 €	15-110T	33,00 €	15-110PT	43,00 €
150	1 h	15-150	30,00 €	15-150P	40,00 €	15-150T	35,00 €	15-150PT	45,00 €
200	1 h	15-200	32,00 €	15-200P	42,00 €	15-200T	37,00 €	15-200PT	47,00 €
300	1 h	15-300	37,00 €	15-300P	47,00 €	15-300T	42,00 €	15-300PT	52,00 €
400	1 h	15-400	45,00 €	15-400P	55,00 €	15-400T	50,00 €	15-400PT	60,00 €
500	1 h	15-500	55,00 €	15-500P	65,00 €	15-500T	60,00 €	15-500PT	70,00 €
100	2 h	15-102	33,00 €	15-102P	43,00 €	15-102T	38,00 €	15-102PT	48,00 €
150	2 h	15-152	45,00 €	15-152P	55,00 €	15-152T	50,00 €	15-152PT	60,00 €
200	2 h	15-202	50,00 €	15-202P	60,00 €	15-202T	55,00 €	15-202PT	65,00 €
300	2 h	15-302	65,00 €	15-302P	75,00 €	15-302T	70,00 €	15-302PT	80,00 €
400	2 h	15-402	80,00 €	15-402P	90,00 €	15-402T	85,00 €	15-402PT	95,00 €
100	3 h	15-103	42,00 €	15-103P	52,00 €	15-103T	47,00 €	15-103PT	57,00 €
150	3 h	15-153	50,00 €	15-153P	60,00 €	15-153T	55,00 €	15-153PT	65,00 €
200	3 h	15-203	65,00 €	15-203P	75,00 €	15-203T	70,00 €	15-203PT	80,00 €
300	3 h	15-303	80,00 €	15-303P	90,00 €	15-303T	85,00 €	15-303PT	95,00 €

Flujo (Lm) Referencia Luminaria PVR

300 15-300S 38,00 €

500 15-500S 45,00 €

- OTRAS OPCIONES (FLUJO/AUTONOMÍA/VOLTAJE): CONSULTAR

Accesorios

Descripción	Referencia	PVR
Dispositivo de empotrar en techo Serie 15 color Blanco	15-DT	5,00 €
Dispositivo de empotrar en techo Serie 15 color Negro	15-DTN	8,00 €
Dispositivo de empotrar en techo Serie 15 color Gris Plata	15-DTG	8,00 €
Dispositivo de empotrar en pared Serie 15 color Blanco	15-DP	7,00 €
Dispositivo de empotrar en pared Serie 15 color Negro	15-DPN	11,00 €
Dispositivo de empotrar en pared Serie 15 color Gris Plata	15-DPG	11,00 €
Señalización banderola empotrada en techo Serie 15. 280x150mm.	15-BE	20,00 €
Señalización banderola superficie Serie 15. 255x150mm.	15-BS	20,00 €
Señalización banderola superficie en pared Serie 15. 255x150mm. *	15-BSP	20,00 €
Rótulo Salida Serie 15 **	15-911	2,00 €
Rótulo Salida dirección a la derecha /Izquierda Serie 15 **	15-912	2,00 €
Rótulo Salida de emergencia Serie 15 **	15-914	2,00 €
Rótulo Salida puerta a la derecha Serie 15 **	15-915	2,00 €
Rótulo Salida puerta a la izquierda Serie 15 **	15-916	2,00 €
Rótulo Salida puerta al frente Serie 15 **	15-917	2,00 €
Señalización banderola empotrada en techo Serie 15. 280x220mm.	15-BE-220	24,00 €
Señalización banderola superficie Serie 15. 280x220mm.	15-BS-220	24,00 €
Extintor	15-951	4,00 €
Boca de incendio	15-952	4,00 €
Pulsador de alarma	15-953	4,00 €
Sin Salida	15-955	4,00 €

Figura 3.9. Luminarias para iluminación de emergencia.

4. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

4.1. Introducción

El autoconsumo de energía eléctrica supone que parte o la totalidad de la electricidad que se consume en una instalación sea producida por la misma, y por tanto que la energía que se alimenta desde la red de distribución externa se reduzca al cubrir nosotros parte (o el total) de ese consumo.

Aunque hay varias fuentes de donde obtener esa energía, nosotros usaremos paneles fotovoltaicos (autoconsumo fotovoltaico), que convertirán la energía solar en electricidad para su uso en nuestra instalación o, en caso de ser mayor la producción que el consumo, verterla a la red en forma de excedentes que tendrá que compensar la comercializadora que nos suministra la energía.

Las instalaciones de autoconsumo pueden ser:

- Aisladas u *off-grid*, que disponen de baterías donde se almacena la carga eléctrica producida por los paneles sin estar conectadas físicamente a la red eléctrica. Tienen varias limitaciones, como depender exclusivamente de las baterías, o el coste de las mismas; pero que pueden ser viables en instalaciones pequeñas donde engancharse a la red no merezca la pena (a nivel de obras, burocracia...)
- Con conexión a red u *on-grid*, donde pertenecen al sistema eléctrico de forma que pueden consumir o incluso exportar energía de él si no son de “vertido 0”, pudiendo prescindir de los acumuladores y haciendo del autoconsumo una opción mucho más flexible y cómoda de instalar. Ambas opciones se muestran de manera bastante visual en la Figura 4.1.

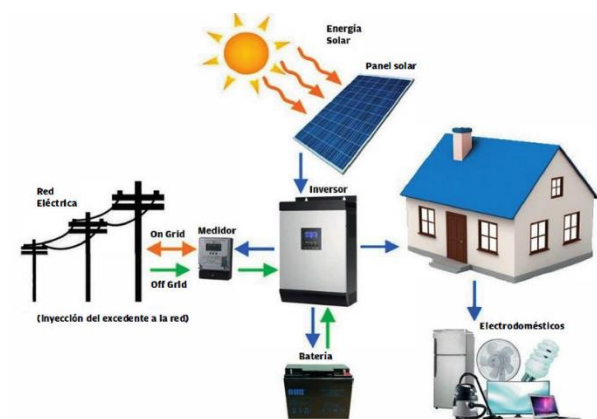


Figura 4.1. Esquema de instalación solar de autoconsumo.

Nuestro caso será el último, ya que el primero sería totalmente inviable con nuestro consumo en cuanto a número de baterías, posible indisponibilidad del total de la carga en días muy nublados o en invierno, etc...

Aprovechando la imagen superior, se explicarán a continuación los elementos típicos de una instalación de autoconsumo fotovoltaica:

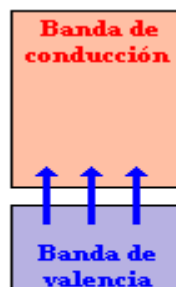
1. Paneles fotovoltaicos: Compuestos de celdas fotovoltaicas, las cuales producen electricidad a partir de la radiación solar que incide sobre ellas. Las más usadas son las de silicio cristalino.

El silicio es un material semiconductor con 4 electrones de valencia que para crear un campo eléctrico se unen dos regiones de éste tratadas químicamente, llamadas “unión PN”.

Esta unión, al estar expuesta al sol, hace que los fotones de la radiación solar rompan, con la energía que aportan, los enlaces existentes dejando electrones libres que pasan a la banda de conducción y que pueden establecer corriente eléctrica si son parte de un circuito cerrado, como se muestra en el siguiente dibujo:



Figura 4.2. Panel solar fotovoltaico.



Semiconductor

Figura 4.3. Funcionamiento de activación de un semiconductor.

Dichos fotones pueden no tener la energía necesaria para pasar un electrón a la banda de conducción, en cuyo caso simplemente atraviesa la célula sin más; sin embargo, puede darse el caso contrario (que de hecho es el más frecuente), y que lleven demasiada energía para dicho fin, en cuyo caso la energía sobrante será transformada en calor.

Esta es la razón por la que el 79% de la energía solar incidente en el panel se pierde en forma de calor, dando un rendimiento actualmente de sobre un 20/21%.

A su vez, las células de silicio que componen la placa pueden ser:

- *Monocristalinas*, donde se ha vertido silicio líquido a una temperatura elevada en moldes rectangulares, para después fabricar los lingotes de acuerdo con el proceso Czochralski. La particularidad de estos lingotes es que tienen exactamente la misma orientación del cristal deseada para toda su longitud, componiendo un único cristal de silicio. Son más caros de fabricar (aunque su coste ha disminuido mucho desde hace un tiempo), pero tienen una elevada eficiencia, razón por la que actualmente prácticamente monopolizan la oferta.

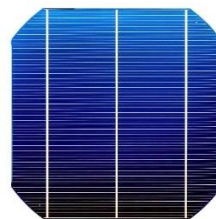


Figura 4.4. Celda monocristalina.

- *Policristalinas*: también en ellas se vierte silicio líquido a alta temperatura en moldes cuadrangulares; pero en este caso, se le deja enfriar hasta que se forman en su superficie trozos de silicio monocristalino, dejando un aspecto heterogéneo que le da el nombre a esta célula.



Figura 4.5. Celda policristalina.

Son más baratas de fabricar que las anteriores, pero tienen una eficiencia de alrededor de 5% menos.

Se pueden conectar los paneles en serie o en paralelo, siendo más común (y la elegida aquí) la primera ya que al elevar el voltaje se reducen las pérdidas de transmisión por la ley de Ohm.

Cada *string* (cadena de placas) llevará placas hasta el máximo voltaje admisible que soporte cada entrada del inversor; pasando luego al siguiente y así sucesivamente hasta poner el número de placas que queremos.

- 2. Cuadro de protecciones:** que hará de nexo entre las placas y el inversor, y entre el inversor y el resto de la instalación para la proteger al cable y a los equipos de sobretensiones o sobreintensidades que se puedan dar.



Figura 4.6. Cuadro de protecciones.

- 3. Inversor:** Es el elemento electrónico que convierte la corriente continua proveniente del generador (o de las baterías, si las hubiera) en corriente alterna de parámetros diferentes (por ejemplo, la tensión de la batería puede ser de 12V en continua, y estar inyectando a red a 230V en alterna).



Figura 4.7. Inversor.

Su funcionamiento se basa en conmutar la señal de entrada en continua para generar una señal negativa cada cierto tiempo, y teniendo por tanto una señal alterna de onda cuadrada que, con filtros de potencia se puede convertir en una onda sinusoidal de corriente alterna.

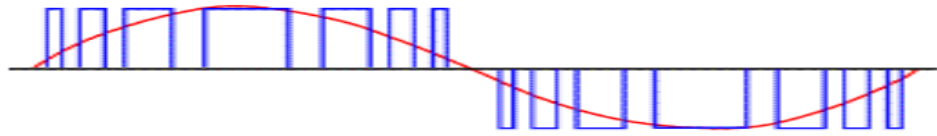


Figura 4.8. Esquema de conmutación simple que sigue un inversor.

Además, los inversores actuales tienen reguladores MPPT (*maximum power point tracker*) que se encargan, variando el voltaje e intensidad del conjunto de paneles a los que se conectan, de que éstas siempre estén dando el máximo de rendimiento, ya que tienen una curva característica intensidad-voltaje de trabajo que registrará la potencia que suministrarán al inversor.

Curva característica de un panel y su búsqueda de punto de máxima potencia.

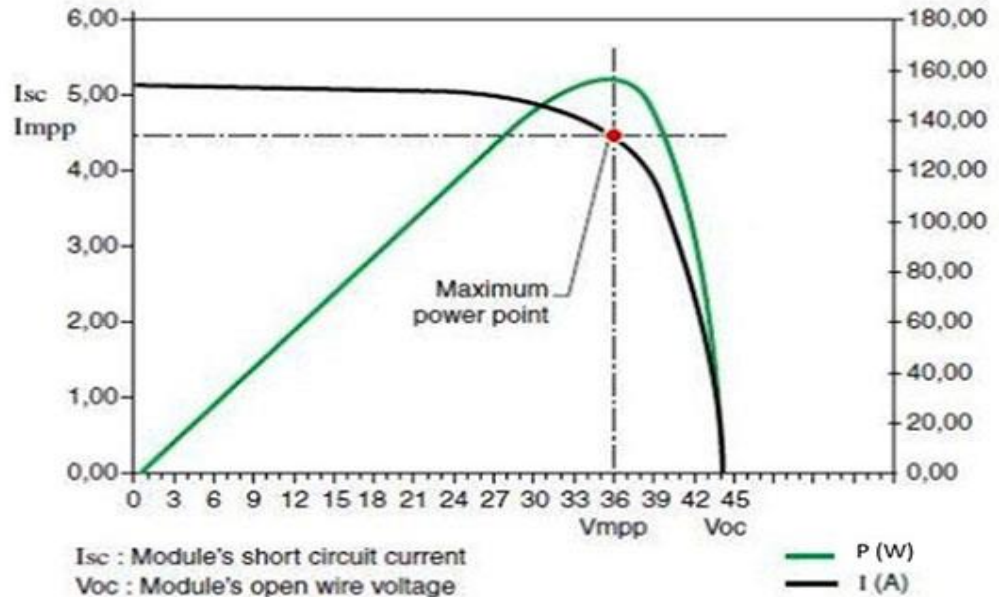


Figura 4.9. Gráfica de búsqueda de MPPT.

Por otra parte, suelen tener diversas protecciones ya incluidas (sobretensiones transitorias, seccionador, sistema anti-isla (que desconecta totalmente el sistema ante un fallo de red, según indica R.D 337/2014 (22) para inversores de corriente de generación de electricidad), etc..). También cuentan con sistemas de monitorización que permiten al usuario de una manera sencilla ver los consumos que tienen, los excedentes que vierten a la red o si el sistema funciona correctamente:

Energy Flow

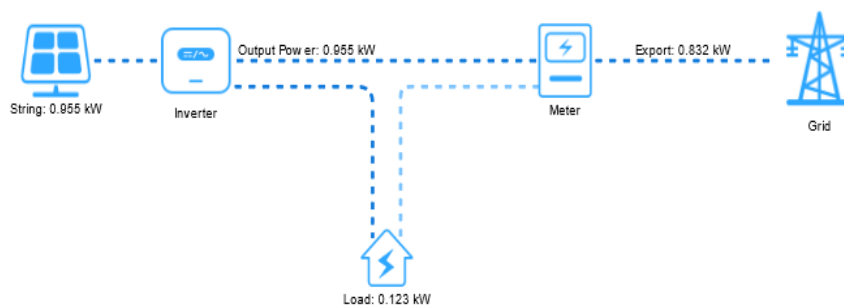


Figura 4.10. Detalle de tiempo real del funcionamiento en un hogar de la aplicación *FusionSolar* de los inversores Huawei.

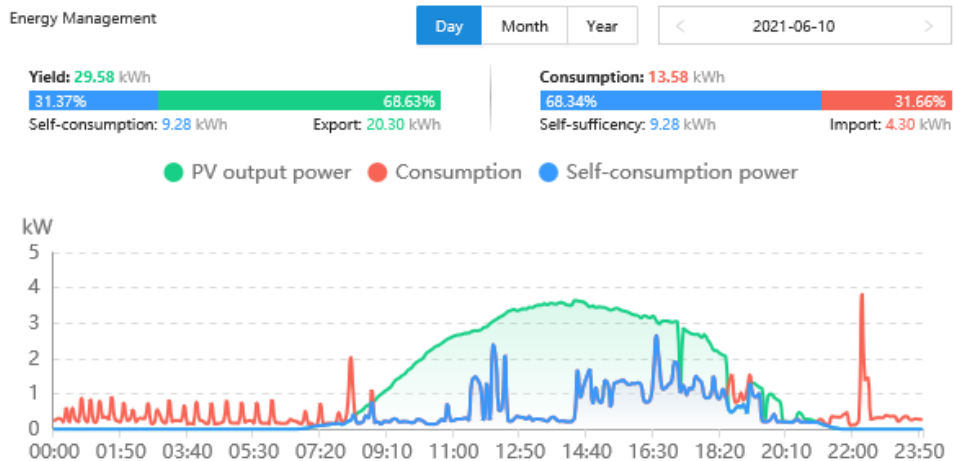


Figura 4.11. Histórico de producción y consumo a lo largo de un día en un hogar de la aplicación *FusionSolar* de los inversores Huawei

4. **Contador bidireccional de carga:** que ya se ha incluido en la instalación con la elección de un contador electrónico; que monitorice la energía que consumimos, así como la que exportamos, y en qué tramos horarios lo hemos hecho.



Figura 4.12. Imagen tomada de un contador bidireccional de carga.

5. **Baterías:** en esta instalación prescindiremos de ellas por no ser viable su uso, pero que en instalaciones aisladas son las que acumularán la energía de las placas para distribuirla en la instalación.



Figura 4.13. Ejemplo de batería.

Suelen ser de plomo, poniéndose en paralelo a 12V y soliendo contar los inversores con una salida para ellas, regulando su carga, parámetros y mantenimiento. También existen de litio, pero son una alternativa aún bastante costosa para el rendimiento que ofrecen, si bien tienen ventajas como que se pueden descargar completamente sin sufrir daños permanentes, no tienen efecto memoria ni pérdida de carga por el paso del tiempo, y aguantan más ciclos de carga.

Cuando la instalación es aislada y puede trabajar en continua (en el caso de bombas, por ejemplo), se encargará de su control un regulador MPPT (o PWM, más baratos pero que dependen del voltaje de ésta para su carga, no siendo la carga del todo óptima siempre), ya que no es necesario un inversor que nos convierta a alterna si teniendo todo en continua nos da servicio igualmente.

4.2. Descripción de la instalación y sus componentes

Una vez iniciado el tema y explicados sus componentes y tipos generales por encima, en este apartado se verán los detalles técnicos de nuestra instalación de autoconsumo, ya concretando nuestro caso particular:

Nuestra instalación será conectada a red, con excedentes acogidos a compensación por parte de la compañía comercializadora.

Se encontrará en el sotechado de la gasolinera, en disposición de varias filas de placas, cuyo cálculo y dimensionamiento se encontrará más adelante en el apdo. correspondiente; el cuadro eléctrico de protección (que será un subcuadro desde el punto de vista de la instalación eléctrica) e inversor se encontrarán en el almacén por ser un sitio con acceso restringido al público (pese a que se dispondrán de todas las medidas de seguridad contra contactos indirectos accidentales en la instalación).

Se ha optado por una estructura de perfiles de aluminio y tornillería en acero inoxidable, anclada directamente a las vigas que sostienen el sotechado de la gasolinera.

La conexión del subcuadro de protección de las placas con el cuadro eléctrico general se llevará a cabo en trifásico (según disposición cuarta del RD244-2019 (23), al ser superior a 15kWp), en un circuito más de este, en paralelo. Los cálculos correspondientes se encontrarán en el anexo “cálculos eléctricos”, siguiendo las indicaciones del apdo. “conexionado”.

Los materiales que estén a la intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, concretamente y sobre todo contra radiación solar y humedad, debiendo tener un grado mínimo de IP65.

La estructura y marcos de los paneles fotovoltaicos estarán conectados a tierra según ITC-BT-18(1), ofreciendo por una parte protección frente a sobrecargas atmosféricas, y por otra, frente a contactos indirectos en caso de que uno de los polos activos del campo fotovoltaico presente un contacto de defecto con la estructura.

Los equipos utilizados para componerla se han dimensionado siguiendo los pasos del anexo “cálculos fotovoltaicos”, y son:

- **Paneles fotovoltaicos:** serán 63 módulos del fabricante *Canadian Solar*, concretamente el modelo HiKu5 mono CS3Y-500MS, de 500Wp, haciendo un total de 31.5kWp.

La tecnología de fabricación de estos módulos ha superado unas pruebas de homologación muy estrictas que permiten garantizar gran resistencia a la intemperie (con cristal templado de 3.2mm de alta resistencia, protección IP68...) y elevado aislamiento entre sus partes activas y las accesibles externamente.



Figura 4.14. Paneles solares empleados.

Están constituidas de células rectangulares de 156mm² de silicio monocristalino, y la caja de conexiones donde se ubican los polos positivo y negativo incorpora 3 diodos de derivación para evitar la pérdida exponencial de energía por sombreados parciales de uno o varios módulos dentro del conjunto y romper además el circuito eléctrico por sobrecarga.

El cable de interconexión es de 4mm²; el resto de las características eléctricas vienen expresadas en la siguiente tabla:

Tabla 4.1. Características eléctricas módulo CS3Y-500MS.

Potencia máxima (Wp)	500
Corriente de cortocircuito (A)	11.77
Tensión de circuito abierto (V)	53.7
Corriente de máxima potencia (A)	11.12
Tensión de máxima potencia (V)	45
Eficiencia (%)	21.2
Temperatura de operación (°C)	-40 ... +85
Máximo voltaje del sistema (V)	1500

Siendo sus medidas:

ENGINEERING DRAWING (mm)

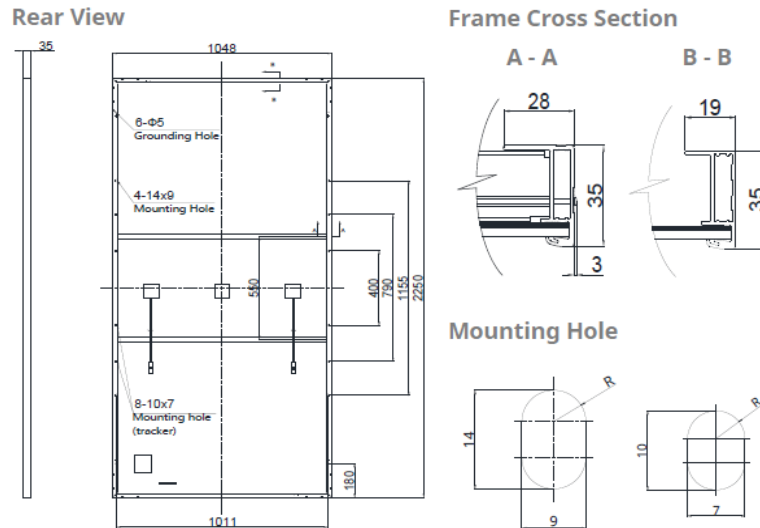


Figura 4.15. Planos del panel solar empleado.

La inclinación de éstas será de 31° sobre la horizontal del techo, y mirando totalmente hacia el sur, se instalarán de forma que el lado más largo quede tumbado para minimizar las sombras hacia el resto de los equipos; los cálculos correspondientes se encuentran en el anexo “cálculos fotovoltaicos”.

- **Estructura utilizada:** será de aluminio o acero galvanizado, no se realizarán soldaduras ni taladros sobre las estructuras después de estar estas con su tratamiento galvánico. El montaje (con tornillería de acero inoxidable) se regirá por la norma UNE-EN ISO 1461 (24), cumpliendo con los orificios realizados en fábrica a tal efecto con tal de prevenir formaciones de pares galvánicos y/o corrosión en la estructura.

La estructura soporte ha sido calculada según MV-103 (25) para soportar cargas externas debido a inclemencias meteorológicas. Además, el diseño de la estructura permitirá dilataciones térmicas sin transmitir las cargas que eso conlleva y que puedan afectar al estado de los módulos.

- **Inversor:** será el modelo SUN2000-36KTL-M3 del fabricante Huawei, con una eficiencia del 98.7%, protecciones múltiples contra sobreintensidades, polaridad inversa, sobretensiones permanentes y demás, anti-isla, monitorización inteligente con conexión Wi-Fi y con MPPT a nivel de cada string de placas, y descargadores de sobretensiones transitorias tipo II de CC y AC. Sus dimensiones son de 640x530x270mm, pesando 43Kg.



Figura 4.16. Inversor seleccionado para la instalación.

El cual tendrá las siguientes especificaciones técnicas:

Especificaciones técnicas del SUN2000-36KTL-M3	
Eficiencia europea ponderada/máxima (%)	98.4/98.7
Tensión máxima de entrada (V)	1100
Intensidad máxima de entrada (A)	26
Rango de tensión de operación (V)	200-1000
N.º de entradas	8
N.º de MPPT	4

Potencia nominal activa de salida (W)	36000
Tensión nominal de salida (V)	230/400
Intensidad nominal de salida (A)	52A
Consumo en stand-by (W)	5.5

- **Cuadro de protecciones:** que se registrará por el art.14 del RD1699-2011 (26) y lo dispuesto en las ITC-BT-22,23 y 24(1), incluyendo:
 1. *Magnetotérmicos* con curva térmica de corte omnipolar calibrada de 40A al final y al inicio de la línea que une el cuadro general con este cuadro, que la protegerán contra cortocircuitos y sobrecargas, no sobrepasando en ningún momento la intensidad máxima admisible; servirán, además, como interruptor general de la instalación para el corte de alimentación cuando se requiera.
 2. *Protección contra contactos indirectos*, por medio de un dispositivo interruptor automático diferencial de alta sensibilidad (30A) de tipo F (superinmunizado) para prevenir falsos positivos, de corte omnipolar siguiendo norma UNE 20572-1 (10).
 3. *Seccionadores portafusibles* de 20A en cada uno de los polos de las entradas en continua desde las placas para proteger contra sobrecargas y seccionar el circuito si así se desea.

El resto de las protecciones que vienen en el real decreto, pero no son aquí listadas están ya incluidas en el propio inversor y no es necesario tenerlas por duplicado en un cuadro aparte.

4.3. Conexionado

Todos los conductores serán de cobre, el dimensionado de estos será tal, que la intensidad máxima admisible estará sobredimensionada en un 25% y la caída de tensión desde los paneles hasta el inversor (parte de corriente continua) sea menor del 1%, y que la caída de tensión desde el inversor hasta el cuadro general sea menor del 0.5%; cumpliéndose así el apdo.5 de la ITC-BT-40(1), que limita la CDT total desde el generador hasta el punto de conexión con la instalación interior de 1.5%.

Los cálculos necesarios estarán en el anexo “cálculos eléctricos”.

Los cableados estarán correctamente etiquetados e identificados de acuerdo con los esquemas eléctricos correspondientes.

El cable a utilizar para la instalación en continua será del tipo H1Z2Z2-K 1.5/1.5 (1.8) kV DC, de cobre estañado y específicamente diseñado para exterior (resistente a la humedad (AD8) y rayos UV), con cubierta y aislamiento de goma libre de halógenos (LSZH) según CPR:Cca-s1b,d2,a1 (27), flexible y con certificación TÜV y EN (según IEC 62930 (28) y EN 50618 (29)).

Para la conexión del inversor con el CGMP se utilizará el cableado que aparece en el apdo. de la memoria dedicado a la instalación interior.

4.4. Puesta en marcha de la instalación

Una vez se ha realizado el montaje de la instalación de autoconsumo, se procederá a la puesta en marcha de dicha instalación para verificar un correcto funcionamiento de acuerdo con los siguientes pasos:

Asegurarse de que el interruptor general del cuadro esté desconectado, además de las protecciones de entrada al inversor. Se comprobará entonces la resistencia al aislamiento del inversor, entre la parte de corriente continua y la de alterna.

Seguidamente, se comprobará la diferencia de potencial de entrada en el inversor sin manipular los seccionadores fusibles; se verificará, a su vez, que las lecturas obtenidas se encuentran en el rango establecido por el fabricante para ellas.

Si las lecturas son correctas, se procederá a conectar los seccionadores fusibles alimentando la entrada al inversor.

Se comprobarán la tensión e intensidad obtenidos a la salida del inversor, así como la lectura de armónicos para que la THD (tasa de distorsión armónica) sea inferior al 3% que indica el fabricante.

Se conectarán, una vez cumplido y aprobado lo anterior, las protecciones generales, verificando que no hay ningún disparo y todo funciona correctamente. Tras esto, se le dará al botón de *TEST* del interruptor diferencial para garantizar su funcionamiento contra contactos indirectos.

Para finalizar, se procederá a conectar el inversor con su APP correspondiente, actualizándolo si procede y verificando que las lecturas de todo el equipo son correctas y sin ninguna señal de error.

5. PLIEGO DE CONDICIONES

5.1. Objeto

El objeto del presente pliego de condiciones es el determinar clara y concretamente las distintas consideraciones técnico-económicas durante la ejecución de la obra objeto del presente proyecto, teniendo en cuenta que el presente pliego de condiciones se puede incrementar en su extensión durante el transcurso de la obra, con las memorias de oficio, certificaciones técnicas y detalles constructivos que se estimen oportunos.

El contratista deberá asegurar el suministro de todos los equipos, materiales, servicios y mano de obra necesarios para dotar al edificio de las instalaciones descritas en la memoria, dibujadas en planos y plasmadas en mediciones u otros documentos de este proyecto. Todo ello según la normativa, reglamentación y prescripciones vigentes que sean de aplicación, así como las relativas a seguridad e higiene.

Así, el contratista también deberá:

- Conectar todos los equipos relacionados con las instalaciones, o los que la dirección técnica estime de su competencia aún sin estar incluidas aquí explícitamente.
- Las pruebas y puestas en marcha de dichos equipos para asegurar su correcto funcionamiento a lo largo de toda su vida útil.
- Los planos finales de obra en soporte informático, y tres resúmenes de especificaciones y características de los equipos y materiales usados con sus libros de uso y mantenimiento (los planos contendrán los trabajos de índole eléctrica instalados de acuerdo con el diseño original, los añadidos o modificados con respecto a este y toda la información dimensional necesaria para ubicar correctamente los equipos ocultos de los que no sea posible seguirles el recorrido por inspección rápida visual).
- La correcta limpieza y mantenimiento de todas las zonas de actuación, precisándose si así lo requiere el transporte al vertedero del material sobrante.
- Los pasos (zanjas, rozas...) que sean precisos para el paso de tuberías, unión y acabado.

- Sellado ignífugo de aperturas en los muros, huecos y pasos de canalizaciones con resistencia ignífuga equiparable a la de los cerramientos o forjados que son atravesados.

5.2. Dirección técnica

Se nominará para el cargo de director técnico de la obra, al Técnico Colegiado que la propiedad estime oportuno y cuyos datos se cumplimentaran al final del presente Pliego de Condiciones.

5.3. Realización de la instalación

La realización de la instalación eléctrica objeto del presente estudio, se ejecutará por gestión directa de la propiedad, bien sea contratándolas total o parcialmente a Instalador electricista autorizado por la DELEGACION TERRITORIAL DE LA CONSEJERÍA DE HACIENDA, DEL CONSEJO DE CASTILLA Y LEON, EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE INDUSTRIA, ENERGIA Y TRABAJO, con carnet de RESPONSABILIDAD DE EMPRESA o realizándolas directamente la propiedad, en caso de contar con personal que reúna las con las condiciones anteriores indicadas.

Cualquier diferencia entre lo aquí especificado, normas, planos, etc.... deberá ser objeto de consulta por parte del encargado del suministro, antes de realizar la oferta, preparar o incluso fabricar las partes afectadas.

Cada empresa estará obligada a analizar antes de presentar formalmente la oferta de sus productos toda la documentación relativa a obras y deberá mantenerse al corriente de forma totalmente actualizada a las condiciones de ejecución de esta.

Todas las supuestas incomprensiones en cuanto a extensión, tipo o calidad de las instalaciones que se lean de la documentación asociada al proyecto no serán tomadas en consideración, ya que la adjudicación de contrato implica el acuerdo del contratista de todas las directrices, condiciones y apartados enumerados.

5.4. Responsabilidades

En el supuesto de que la propiedad realizase directamente la instalación eléctrica objeto del presente estudio o por medio de destajos o subcontratas, se entenderá que la Propiedad asume el papel de Contratista y que corre con todas las obligaciones y responsabilidades que se deriven de su función de contratista y en particular con las que aquí se expresan.

Por tanto, cuanto en este Pliego de Condiciones se refiere al contratista, se entiende extensivo a la propiedad si no existiera aquel.

5.5. Documentación

La propiedad viene obligada a dar a conocer al Contratista todos los documentos que forman el Proyecto o las posibles ampliaciones que durante la marcha de las obras se efectúan y que puedan implicar la marcha de los trabajos de instalación eléctrica de la misma.

Si por desconocimiento de la documentación del proyecto, el contratista realizara obras de instalación indebidas o empleara materiales no apropiados o de baja calidad, todas las consecuencias de ello derivadas recaerán sobre la Propiedad.

5.6. Contratación

En el documento de contratación de la obra de instalación eléctrica entre la propiedad y el contratista o entre este y el subcontratado, deberá quedar incorporado todos los que forman el Proyecto, incluyendo en aquel una cláusula especial en la que el contratista reconoce que ha estudiado toda la documentación que compone el presente proyecto y que se compromete a realizarla conforme al mismo y que asume las obligaciones derivadas de su ejecución.

En el caso de que en la contratación o subcontratación antes citada no se cumpliera cuanto se dice en el párrafo anterior se entiende que expresamente la propiedad o contratista asumen las responsabilidades que pudieran recaer sobre el subcontratista respectivamente, por incumplimiento de lo perpetuado en este Pliego de Condiciones.

5.7. Ejecución de instalación

Es obligación del contratista ejecutar cuanto sea necesario para el buen funcionamiento y seguridades de la instalación eléctrica de la obra, aunque no se halle expresamente determinado en estas condiciones sin separarse de recta interpretación del espíritu que ha guiado al proyectista y que estime oportuno el director técnico de la Instalación.

Las ampliaciones o modificaciones de la Instalación eléctrica que no se encuentren indicadas en el proyecto presente a las que se refiere el apartado anterior ampliarán el presupuesto de la obra en cuantía que acuerden contratista y director de obra, facturándose a los precios de los materiales del día en que se fijen las ampliaciones, según el mercado y previa presentación de precios oficiales de los mismos.

Los materiales a instalar en la obra que no se encuentren en la memoria expresamente documentados serán de marca y tipo a determinar por el director técnico de la obra, siendo todas, a poder ser, de fabricación nacional, fácilmente localizables en el mercado eléctrico y que cumplan o superen completamente las especificaciones técnicas reflejadas en la memoria.

Todos los incumplimientos derivados del incumplimiento de las calidades técnicas indicadas en la memoria sin previa comunicación a la Dirección Técnica serán responsabilidad exclusiva del instalador electricista.

Cuantas dudas se pueden derivar de la interpretación de las condiciones y demás documentos del contrato, se resolverán por el director técnico de la Instalación eléctrica, así como la interpretación de los planos, esquemas, descripciones y detalles, debiéndose someter contratista y Propiedad a lo que dicho Facultativo decida.

5.8. Garantías

El contratista garantizará en todos los equipos e instalaciones suministrados a partir del presente pliego de condiciones durante el período de garantía, a partir de la recepción provisional de la obra. Este plazo de garantía no deberá ser inferior al año.

Todos los equipos, aparatos o instalaciones que presenten deficiencias durante el período de garantía, y que por lo tanto no puedan cumplir las condiciones para las que se han establecido según la documentación aportada al proyecto, deberán ser reparados o reemplazados en el transcurso de tiempo más corto posible por el contratista o la persona a su cargo. En esta prestación también se incluirán sus conexiones o reglajes necesarios.

Todo equipo o instalación que sea defectuoso y que su función sea esencial en la obra o no haya repuesto inmediato que retrase en demasía el transcurso de esta, podrá ser mantenido en funcionamiento hasta que pueda ser separado sin afectar el normal funcionamiento de la instalación o zona a la que pertenece bajo la petición y visto bueno correspondiente de la dirección técnica.

El funcionamiento de las instalaciones no implicará de ningún modo la recepción de las obras, ya que estas se harán bajo las siguientes condiciones:

- Se haya efectuado la reparación o reemplazo de todos los elementos defectuosos.
- Se hayan hecho todas las reparaciones de su instalación y subsanado su checklist correspondiente.
- Se pruebe que cumple, por tanto, con todos los requisitos de planos y documentación del proyecto.
- Se hayan realizado, finalmente, satisfactoriamente todos los protocolos de pruebas.

5.9. Obligaciones

El contratista o subcontratista queda obligado al cumplimiento de los preceptos de la ley sobre accidentes de trabajo, descanso dominical, seguros de vejez o invalidez, así como a cuantas disposiciones complementarias determine la ley de Contratación de sus propios trabajadores o empleados.

5.10. Personal

El contratista o subcontratista deberán tener en la obra el número de operarios proporcionados a la extensión de la Instalación y clase de esta, siendo los operarios de actitud reconocida y experimentados en sus respectivos cometidos, contando con un jefe de equipo o encargado de instalación eléctrica responsable del equipo, con formación profesional y solvencia moral para el cargo.

La propiedad por mediación del director técnico podrá recusarle en cualquier momento, si se estima que no reúne las condiciones anteriormente indicadas para el cargo.

5.11. Accidentes

El contratista, directamente con su personal técnico y con el encargado, es el responsable de la correcta ejecución de la instalación como de los medios auxiliares de trabajo, para la total garantía del personal y maquinaria, con la dirección técnica declinará toda responsabilidad sobre accidentes que puedan originarse durante la ejecución de la instalación, por defectos de la misma o errónea manipulación de la maquinaria, salvo los estrictamente derivados de errores de cálculos o interpretaciones del Reglamento Electrotécnicos de B.T., pero no de las calidades de los materiales prefabricados por firmas suministradoras.

Los materiales empleados de la instalación y prefabricados que se recepcionen en obra, deberán cumplir con las especificaciones y normativas de la Comisión Electrotécnica Internacional, así como la aprobación de UNESA y cumplir con las especificaciones particulares de la empresa suministradora de Energía Eléctrica, dejando a criterio de la Dirección Técnica la marca, tipo y referencia de los mismos, cumpliendo las condiciones técnicas referenciadas en la memoria del presente proyecto y el común acuerdo de la propiedad y el contratista, supeditándose al precio de los mismos (si bien se tendrá en cuenta) a la calidad y cualidades técnicas de servicio de duración.

El hecho de que la propiedad determine la elección y contratación de los distintos materiales de la instalación eléctrica, sin el asesoramiento del director técnico y bajo su responsabilidad, equivaldrá a que la propiedad resolverá por sí misma cualquier divergencia derivada de la elección y contratación sin que el director técnico tenga ninguna responsabilidad de intervención en el conflicto.

5.12. Seguridad e Higiene en el Trabajo

a). Reglamento de Seguridad e Higiene del Trabajo en la Industria de la Construcción.

Orden de 20 de mayo de 1.952(30), del Mº de Trabajo (BOE 167; 15.06.52) (30).

Modificación (BOE 235; 1.10.66) (31).

b). Andamios. Capítulo VII del Reglamento General sobre Seguridad e Higiene de 1.940.

Orden de 31 de enero de 1.940, del Mº de Trabajo (BOE 34; 3.02.40) (32).

c). Ordenanza del Trabajo para las Industrias de la Construcción, Vidrio y Cerámica.

Orden de 28 de agosto de 1.970, del Mº de Trabajo (BOE 213; 5.09 70) (33).

Corrección de errores (BOE 249; 17.10.70) (34).

d). Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Orden de 9 de marzo de 1.971, del Mº de Trabajo (BOE 64; 16.03.71) (35), (BOE 65; 17.03.71) (36).

Corrección de errores (BOE 82; 6.04.71) (37).

e). Normas para la Iluminación de los Centros de Trabajo.

Orden de 26 de agosto de 1.940, del Mº de Trabajo (BOE 242; 29.08.40) (38).

f). Norma sobre señalización de seguridad en los centros y locales de trabajo.

RD 1403/1986, de 9 de mayo, de la Presidencia del Gobierno (BOE 162; 8.07.86) (39).

g). Modelo de Libro de incidencias correspondiente a las Obras en que sea obligatorio el Estudio de Seguridad e Higiene.

Orden de 20 de septiembre de 1.986, del Mº de Trabajo (BOE 245; 13.10.86) (40).

Corrección de errores (BOE 261; 31.10.86) (41).

h). Regulación de las condiciones para la comercialización, libre circulación intracomunitaria y disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de protección individual.

RD 1407/1992, de 20 de noviembre. del Mº de Relaciones con las Cortes y de la secretaría del Gobierno (BOE 311; 28.12.92) (42).

i). Disposiciones mínimas de Seguridad y de Salud en las Obras de Construcción.

RD 1627/1997, de 24 de octubre, del Mº de la Presidencia (BOE 256; 25.10.97) (43).

5.13. Ampliaciones irresponsables

El ingeniero industrial autor del presente proyecto y el director técnico de la obra, declinan toda la responsabilidad de las ampliaciones de la instalación eléctrica no incluidas en el presente proyecto y que se realicen o modifique a iniciativa de la propiedad o del contratista sin ser comunicadas a estos de forma oficial para su inserción en el presente proyecto, mediante la correspondiente SEPARATA o ANEXO al mismo.

5.14. Caseta de obra

La propiedad viene obligada a disponer en sitio o local adecuado de la obra o solar de una caseta o departamento debidamente acondicionado para la utilización de almacenamiento de materiales o herramientas del contratista, así como para examinar amplia y cómodamente los planos y demás documentos que componen el presente proyecto.

5.15. Contratista

El contratista, por el mero hecho de ser adjudicatario de la instalación eléctrica de la obra, reconoce que ha examinado y estudiado toda la documentación que forma el proyecto y que así mismo acepta las responsabilidades y obligaciones derivadas de su función de contratista y las que expresamente se señalan en este pliego de condiciones.

5.16. Autorizaciones

La instalación eléctrica no podrá iniciarse sin la existencia o confección del presente proyecto, visado por el Colegio Profesional correspondiente debidamente autorizado por la Delegación Territorial del Consejo de Castilla y León, Dirección General de Industria Energía y Trabajo y corresponde a la propiedad la gestión y costas de este, así como de las licencias y autorizaciones de los Organismos Oficiales correspondientes y empresa suministradora de energía eléctrica.

Del incumplimiento de esta condición será responsable la propiedad quien expresamente y en este caso asume las consecuencias que puedan derivarse sobre ello.

5.17. Comunicación

La propiedad queda obligada a comunicar con la suficiente antelación necesaria al comienzo de la instalación eléctrica y de autoconsumo al contratista, el nombre y dirección del director técnico de la instalación eléctrica y a éste la dirección y el nombre del contratista de esta.

El director técnico de la instalación no tendrá esta función, ni responsabilidad de obra, en tanto no se cumpla por la propiedad las condiciones impuestas en el artículo anterior.

Se entiende que toda obra realizada sin la documentación exigida, ha sido realizada sin dirección técnica y bajo la dirección y responsabilidad de la propiedad, siendo esta, en consecuencia, la única responsable de la ejecución de tales obras y asumiendo expresamente la responsabilidad que pudiera serle exigida o reclamada por Terceros o Estamentos Oficiales, sobre la dirección técnica señalada por la propiedad y figurada en la documentación del COLEGIO OFICIAL DE PERITOS E INGENIEROS TECNICOS INDUSTRIALES y de los ORGANISMOS OFICIALES.

5.18. Características de los materiales

Las condiciones básicas que deben tener los materiales se incluyen en el precio descompuesto correspondiente o, en algunos casos en la memoria; no obstante, en este apartado se explican más específicamente y con mayor exactitud las características que deben de reunir determinados materiales cuyos cambios se puede considerar que altera las características con las que se ha diseñado dicha estancia, ser críticos o menos conocidos en el mercado.

Los materiales a proveer por el contratista deberán ser productos de garantías y certificación reconocidas, marcado CE, con servicio técnico en España, y lo más parecido posibles (con especificaciones superiores si no las hay iguales) a lo explicado en el presupuesto. Cuando en la memoria se indique una marca o gama determinada, el contratista estará obligado a emplear dicho material, salvo que por autorización expresa del director de obra se indique otra cosa.

Se reserva el derecho la dirección de obra de rechazar materiales suministrados por el contratista que tengan características inferiores o distintas en demasía a lo requerido sin necesidad de justificación ni motivo alguno más que el indicado en este apartado.

5.19. Advertencia

Toda entrega de material deberá realizarse de acuerdo con la dirección de obra.

El contratista deberá explicar a la dirección facultativa el procedimiento de descarga de dicho material en la obra, así como su manipulación y la de los equipos correspondientes.

No se admitirán para su manejo dispositivos con cables sin aislamiento (cables desnudos) ni cadenas que estén junto a equipos y materiales. El uso de cables deberá ir con la condición de que éstos tengan revestimiento protector, garantizando que la superficie de equipos y materiales no resulte dañada.

Ningún material deberá ser almacenado más allá de los límites de la obra; además, toda intervención sobre la estructura e instalaciones pertenecientes al edificio deberán haber obtenido una autorización y acuerdos previos desde la dirección técnica del proyecto.

5.20. Recepción provisional

Una vez realizadas todas las pruebas requeridas con resultados favorables para la dirección técnica y finalizados todos los trabajos, se presentará ante los organismos oficiales competentes la documentación correspondiente y el certificado final de obra, una vez obtenida la oportuna aprobación.

Asimismo, el contratista habrá entregado a la dirección técnica del proyecto la documentación que se cita:

- Manuales de instrucciones, uso y mantenimiento de todos los equipos de los cuales se requieran intervención en algún momento de su vida útil.
- Los resultados y anotaciones pertinentes de las diferentes pruebas y medidas realizadas.

Una vez cumplidos estos trámites, se procederá a la recepción provisional de la obra y se firmará por triplicado el acta de recepción entre la propiedad, la dirección técnica contratada y el contratista.

5.21. Autoconsumo

El funcionamiento de toda la instalación de autoconsumo (fotovoltaica) no provocará en la red de distribución a baja tensión averías de ningún tipo, disminución alguna de las condiciones de seguridad ni alteraciones por encima de lo admitido por la compañía distribuidora.

Todos los equipos y materiales utilizados deberán estar hechos para trabajar a la intemperie, cumpliendo con la norma UNE-EN-61439 (44), siendo necesario protegerlos en caso de que no cumplan con esta condición necesaria.

Se deberán incluir todos los elementos necesarios de seguridad y protección para las personas y la propia instalación de red y fotovoltaica, homologados según normativa y reglamentación vigente con tal de proteger ante contactos directos, indirectos, cortocircuitos, sobretensiones transitorias y permanentes y sobrecargas.

Se facilitarán copias de las especificaciones técnicas de todos los componentes y equipos de la instalación a la dirección técnica proporcionadas por los fabricantes de estos.

Los indicadores, pegatinas, marcados, etiquetado, numeración, etc.... deberán ser lo más legibles y entendibles posibles, en la lengua española o inglesa, o de cualquier otro carácter que no dé lugar a confusión y que permita una fácil comprensión y caracterización de estos.

5.22. Director técnico

La propiedad y como cumplimentación a la INSTRUCCIÓN TÉCNICA COMPLEMENTARIA 03 del vigente reglamento electrotécnico de B.T. (1), publicado por el MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA y aprobado por decreto ley del 2 de agosto de 2002 N.º 842-2002 (B.O.E. N.º 224 del 18 de septiembre de 2002) nombra como director técnico de la instalación eléctrica del presente proyecto al Técnico **D. Rodrigo Ayuso Ruiz** bajo las condiciones indicadas en el presente Pliego de Condiciones.

6. CONCLUSIÓN DEL TRABAJO

En este proyecto se ha cumplido todo lo que se ha propuesto; ya que se ha diseñado la instalación eléctrica del edificio, otorgando suministro eléctrico a todos los equipos necesarios, y lumínico a sus estancias (ambos con las condiciones de seguridad necesarias), y todo ello autoabastecido mediante la instalación fotovoltaica.

También se han diseñado de la forma más técnica y útil posible; claros ejemplos son la disposición de los magnetotérmicos y su agrupación en diferenciales para ser lo más económico posible sin perder protección, dejar un pasillo lateral en las placas del sotechado para facilitar su manipulación a posteriori, o el uso de bandejas rejiband aprovechando el falso techo para hacer mucho más fácil la sustitución, adición, manipulación o cambio de algún elemento de la instalación sin tener que hacer operaciones de obra costosas o molestas.

Además, gracias a este trabajo fin de grado entiendo y sé aplicar muchos de los elementos eléctricos que antes sólo sabía “de oídas”, cosa que me ha beneficiado indirectamente en gran medida en mi puesto de trabajo, que pese a ser del ámbito de calefacción, climatización, piscinas o bombeo siempre van asociadas a la instalación eléctrica pertinente. Al final, el profesional de este sector suele estar especializado y tener poca idea de otros como el sector eléctrico, y eso me da un factor diferencial en mi puesto bastante importante.

7. PLANOS

1.SITUACIÓN

2.EMPLAZAMIENTO

3.RED DE TIERRAS

4.DETALLE CUADRO GENERAL CHINT

5.ESQUEMA UNIFILAR CUADRO GENERAL

6.CANALIZACIONES INTERIORES


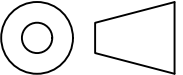

7.INSTALACIÓN ELÉCTRICA INTERIOR

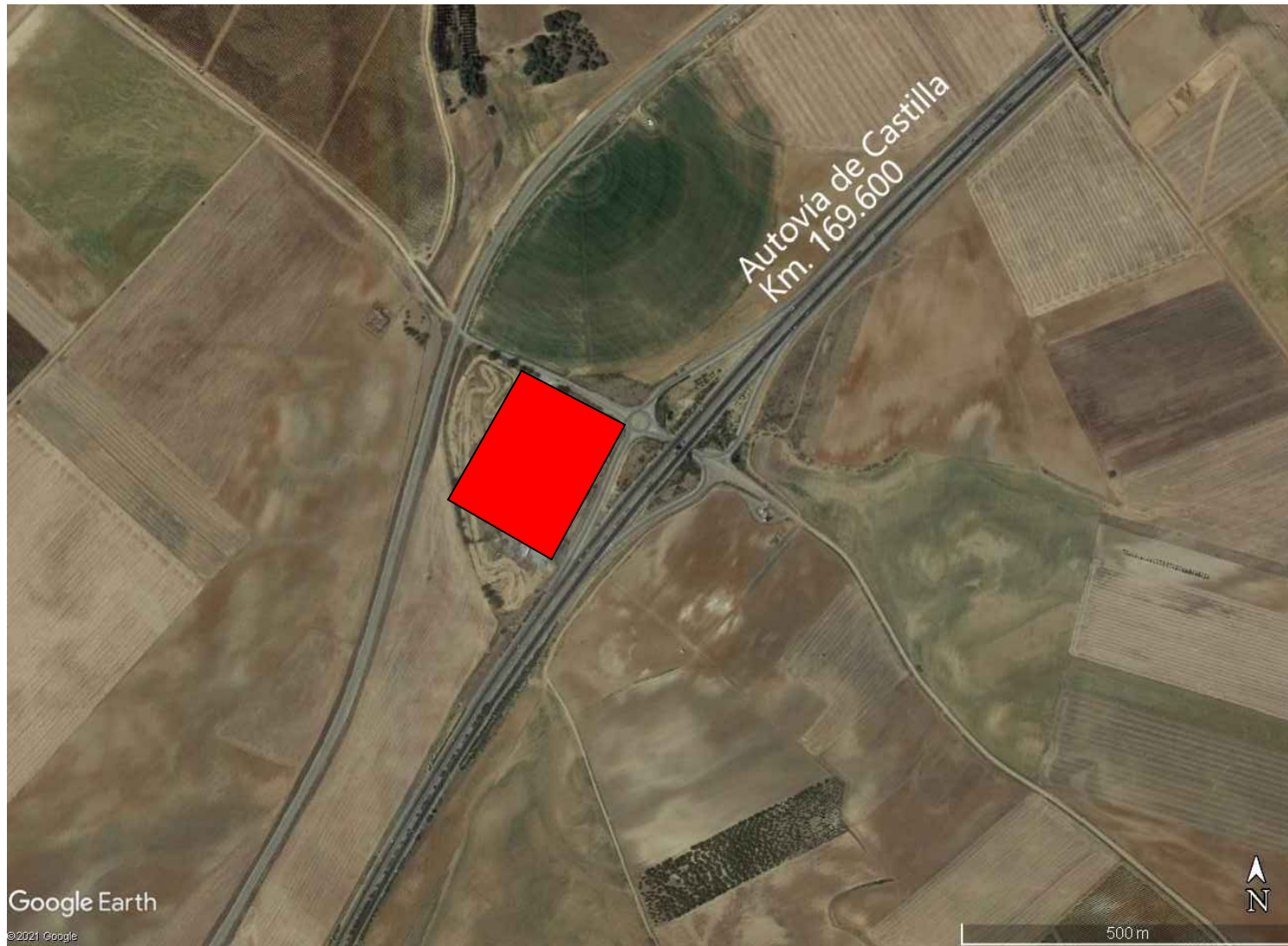
8.INSTALACIÓN ELÉCTRICA POSTERIOR

9.ESQUEMA UNIFILAR SISTEMA AUTODONSUMO FOTOVOLTAICO

10.DETALLE DE CONEXIONADO DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS

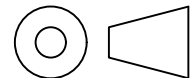


EII Escuela de Ingenierías Industriales 		
UVa UNIVERSIDAD DE VALLADOLID		
	PROYECTO: Inst. eléctrica de un área de servicio con autoconsumo	ESCALA: 1:50000 FECHA: 28/06/2021
	PLANO: Situación	TFG
	FIRMA:	PL. No.: 1



El Escuela de Ingenierías Industriales

UVa UNIVERSIDAD DE VALLADOLID



PROYECTO: Inst. eléctrica de un área de servicio con autoconsumo

PLANO: Emplazamiento

FIRMA:

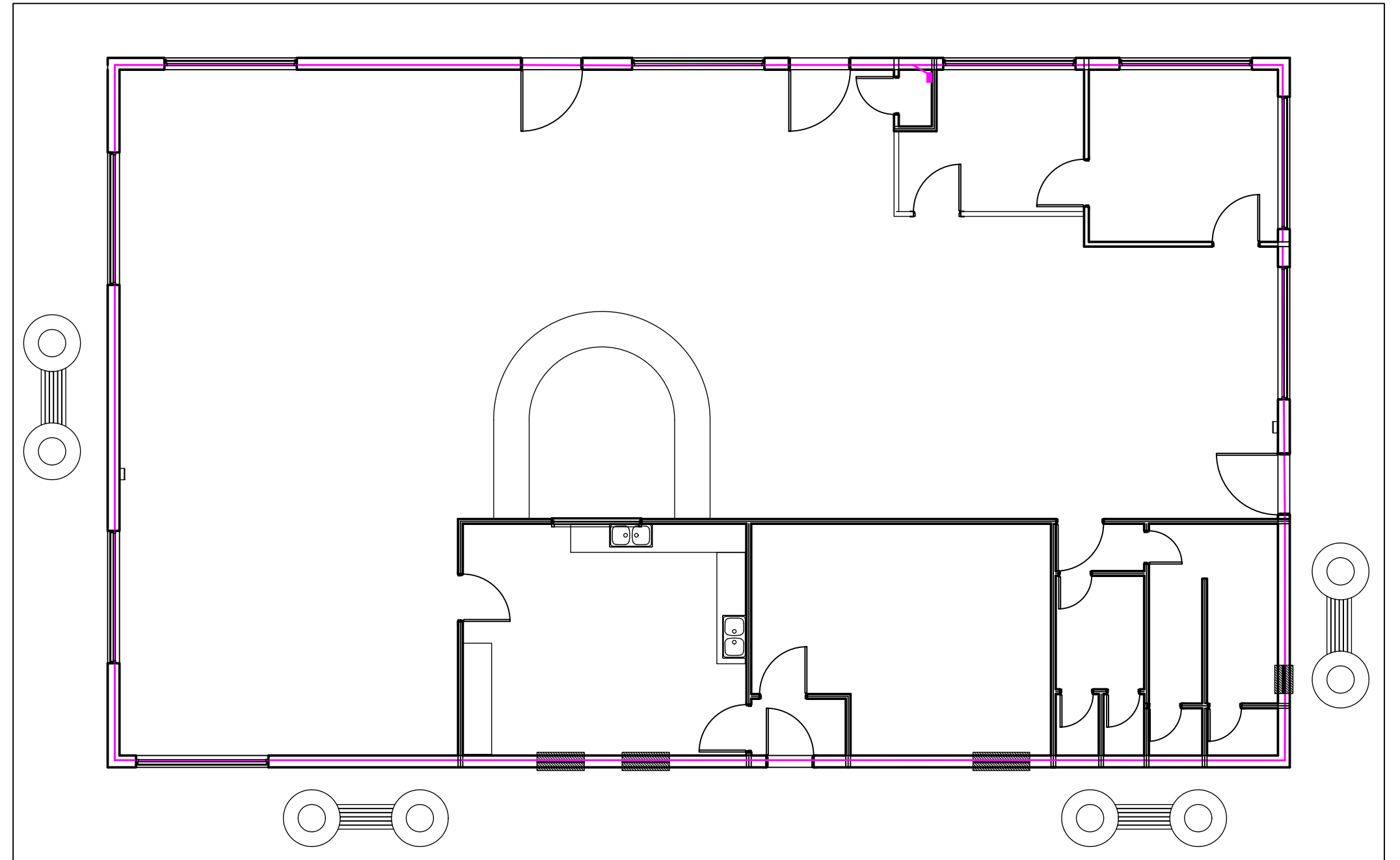
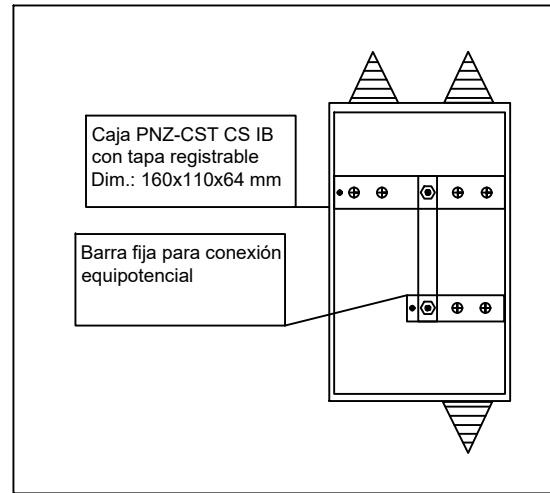
ESCALA: 1:1000

FECHA: 28/06/2021



TFG

PL. No.: 2

Registro de conexión a tierra



Leyenda:

-  Conductor de tierra 35mm² Cu desnudo
-  Caja PNZ-CST CS IB

EII Escuela de Ingenierías Industriales



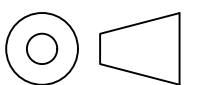
UVa UNIVERSIDAD DE VALLADOLID



PROYECTO: Inst. eléctrica de un área de servicio con autoconsumo

PLANO: Red de tierras

FIRMA:

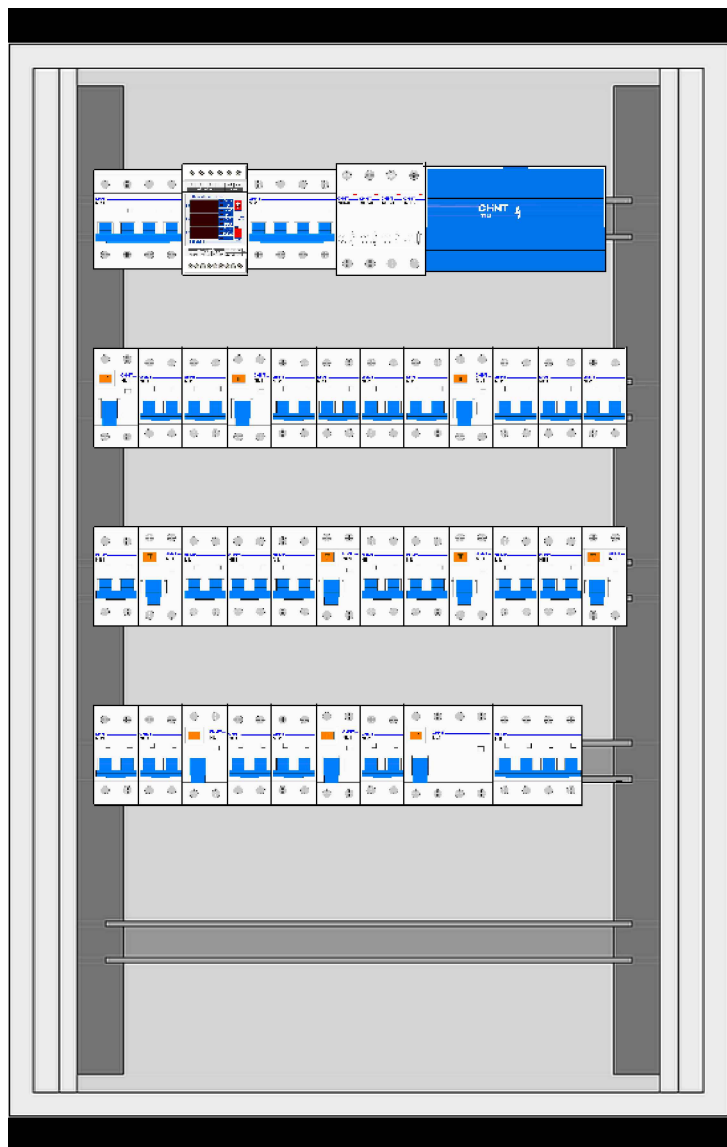


ESCALA: 1:100

FECHA: 28/06/2021

TFG

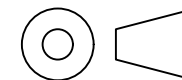
PL. No.: 3



Posición	Referencia	Descripción	Cantidad
001-CUADRO-GENERAL			1
APARUMENTAS			
01	NB1-4-63C10	Interruptor automático 4P 63A C 10kA	1
02	RMC-32/230	Analizador de redes para carril Din - 230Vca	1
03	BH-0.66-30IB/75/0.5	Transformador corriente clase precisión 0,5 d:30mm 75/5A	1
04	NB1-4-20C	Interruptor automático 4P 20A C 6kA	1
05	NU6-II-4-15-460	Protector Sobretensiones Transitorias 4P 15kA 460V - 40kA max.	1
06	NTJ2-125 411	Bloque repartidor 4P, 11 conexiones	1
07	NL1-2-40-30AC	Interruptor diferencial 2P 40A 30mA clase AC 6kA	8
08	NB1-2-16C	Interruptor automático 2P 16A C 6kA	10
09	NB1-2-10C	Interruptor automático 2P 10A C 6kA	11
10	NB1-2-25C	Interruptor automático 2P 25A C 6kA	1
11	NL1-2-25-30AC	Interruptor diferencial 2P 25A 30mA clase AC 6kA	1
12	NL1-4-40-30AC	Interruptor diferencial 4P 40A 30mA clase AC 6kA	1
13	NB1-4-40C	Interruptor automático 4P 40A C 6kA	1
ENVOLVENTE			
14	EMFS6 120W	Env met superficie, pta opaca, 120M	1

EII Escuela de Ingenierías Industriales

UVa UNIVERSIDAD DE VALLADOLID



PROYECTO: Inst. eléctrica de un área de servicio con autoconsumo

PLANO: Detalle cuadro general Chint

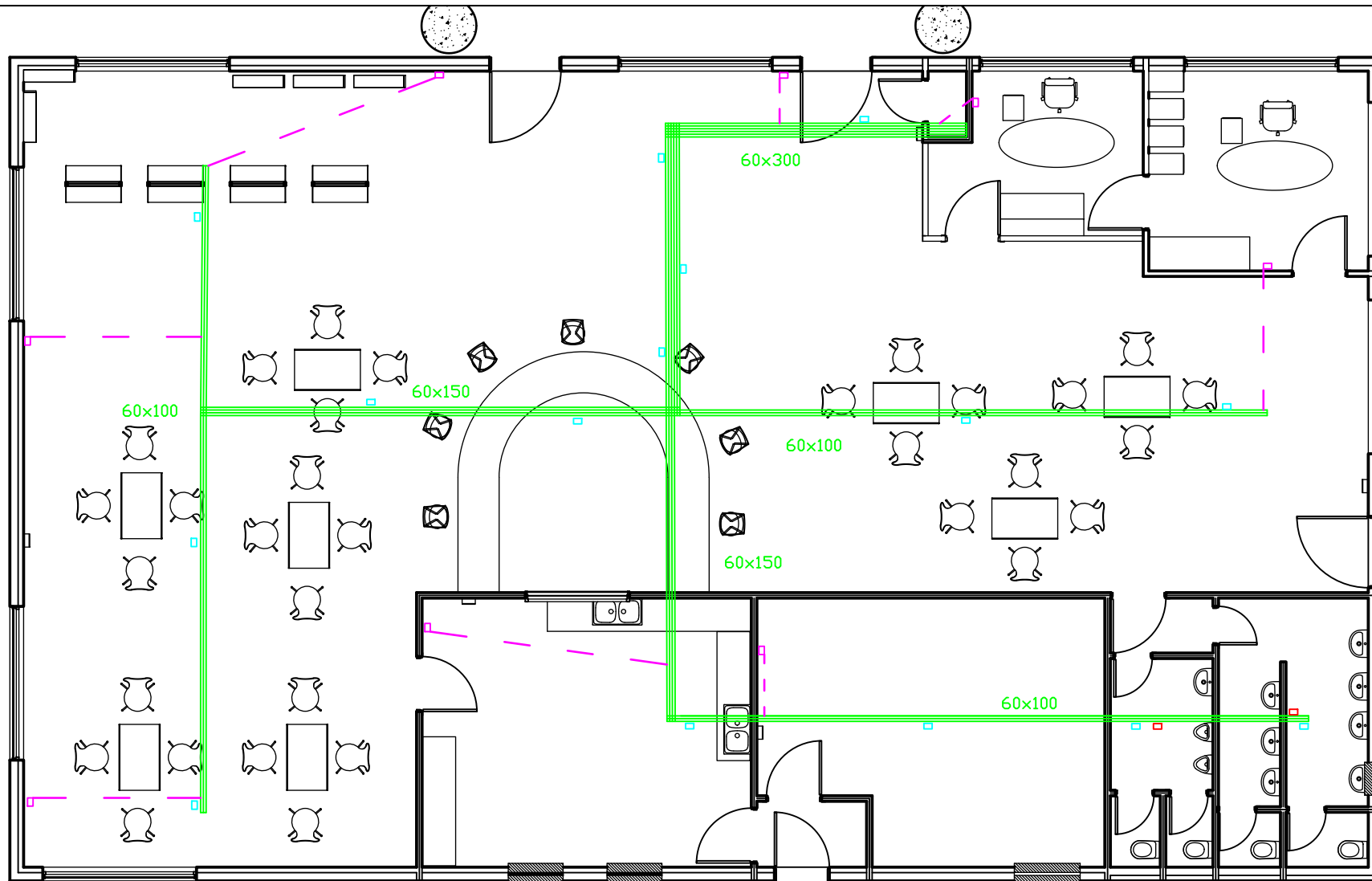
FIRMA:

ESCALA: 1:10





FECHA: 28/06/2021

TFG

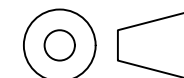
PL. No.: 4



Leyenda:

-  Caja estanca circuitos iluminación
-  Caja empotrada
-  Caja estanca circuitos fuerza
-  Bandeja rejiband de medidas indicadas

El Escuela de Ingenierías Industriales



UVa UNIVERSIDAD DE VALLADOLID



PROYECTO: Inst. eléctrica de un área de servicio con autoconsumo

ESCALA: 1:100

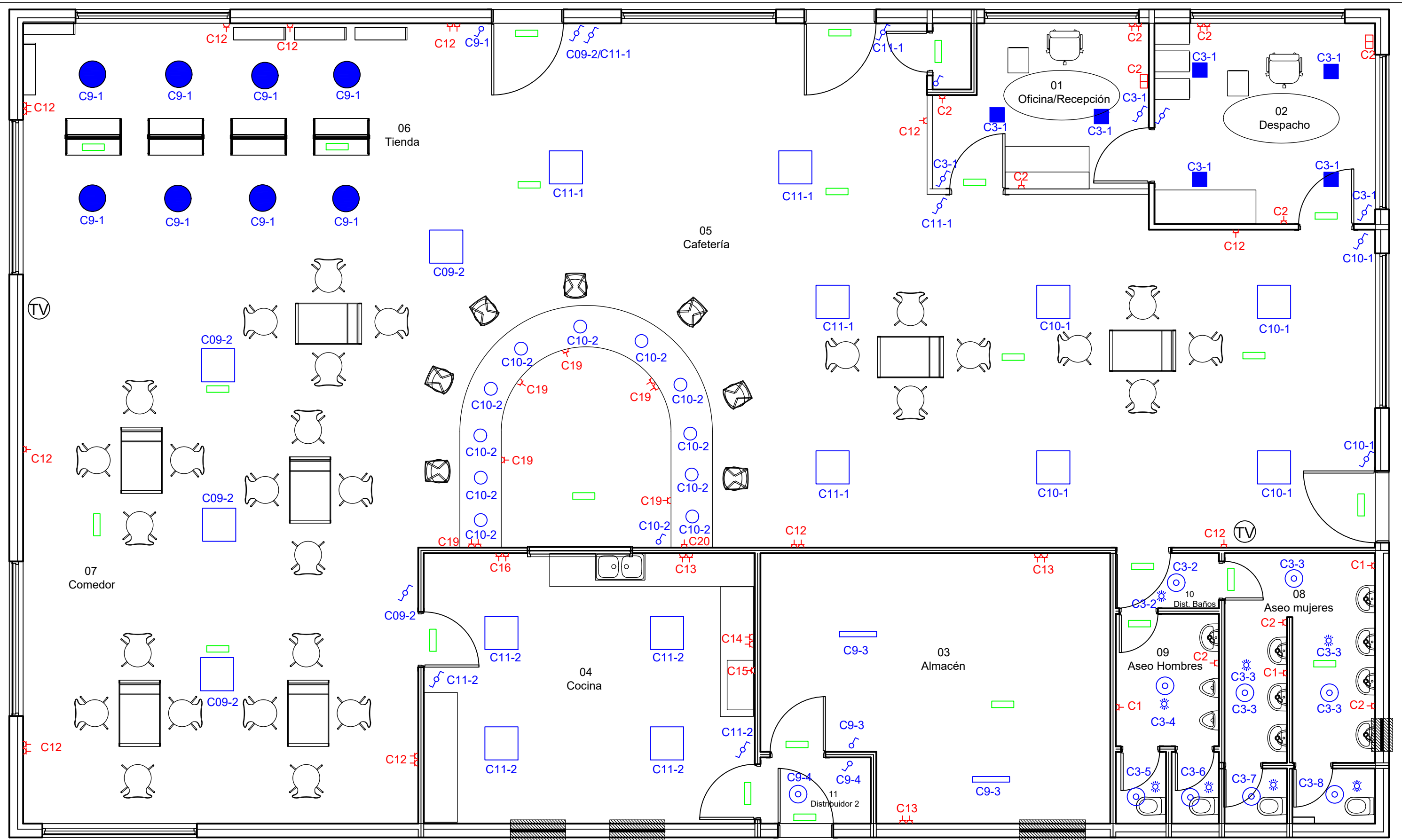
PLANO: Canalizaciones interiores

FECHA: 28/06/2021

FIRMA:

TFG

PL. No.: 6

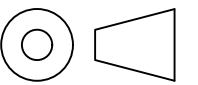


Leyenda:

- | | | | | | | | |
|--|--------------------------------|--|----------------------------|--|----------------------|--|-----------------------------|
| | Enchufe de 16A 2P+T | | Luminaria Thesan 38W | | Aircom circular 15W | | Conmutador |
| | Enchufe de 25A 2P+T | | Aircom cuadrado 26W | | Foco Fijo 8W | | Detector de movimiento 360° |
| | Puesto informático | | Emergencia Aerlux serie 15 | | Mini Aircom circular | | Interruptor simple |
| | Pantalla estanca Berna ECO 20W | | | | | | |

EII Escuela de Ingenierías Industriales

UVa UNIVERSIDAD DE VALLADOLID



PROYECTO: Inst. eléctrica de un área de servicio con autoconsumo

PLANO: Instalación eléctrica interior

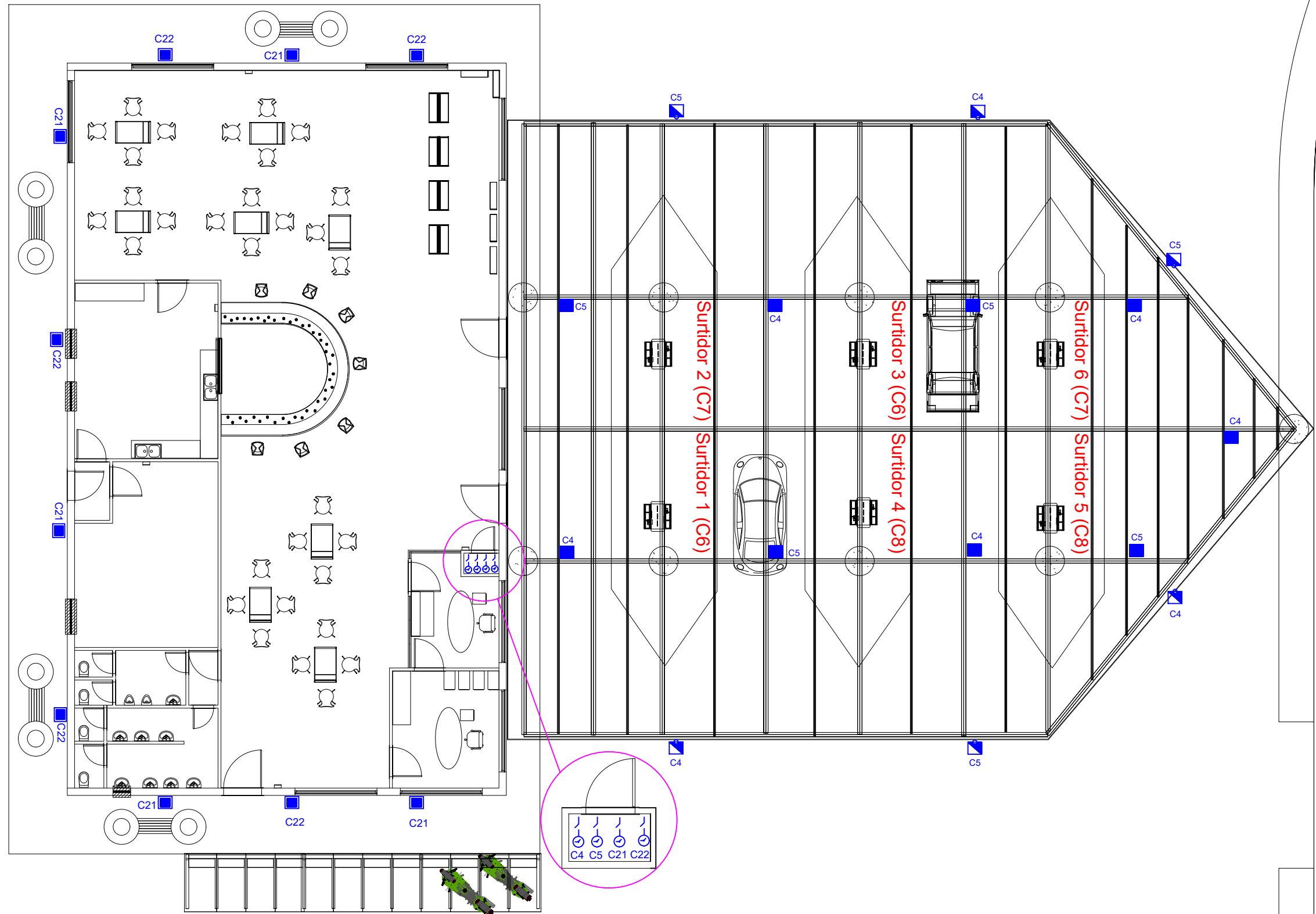
FIRMA:

ESCALA: 1:50

FECHA: 28/06/2021

TFG

PL. No.: 7



Leyenda:



Foco protek Q3 100W



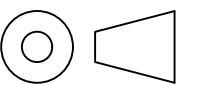
Foco protek Q3 200W sobre poste



Foco protek Q2 100W

EII Escuela de Ingenierías Industriales

UVa UNIVERSIDAD DE VALLADOLID



PROYECTO: Inst. eléctrica de un área de servicio con autoconsumo

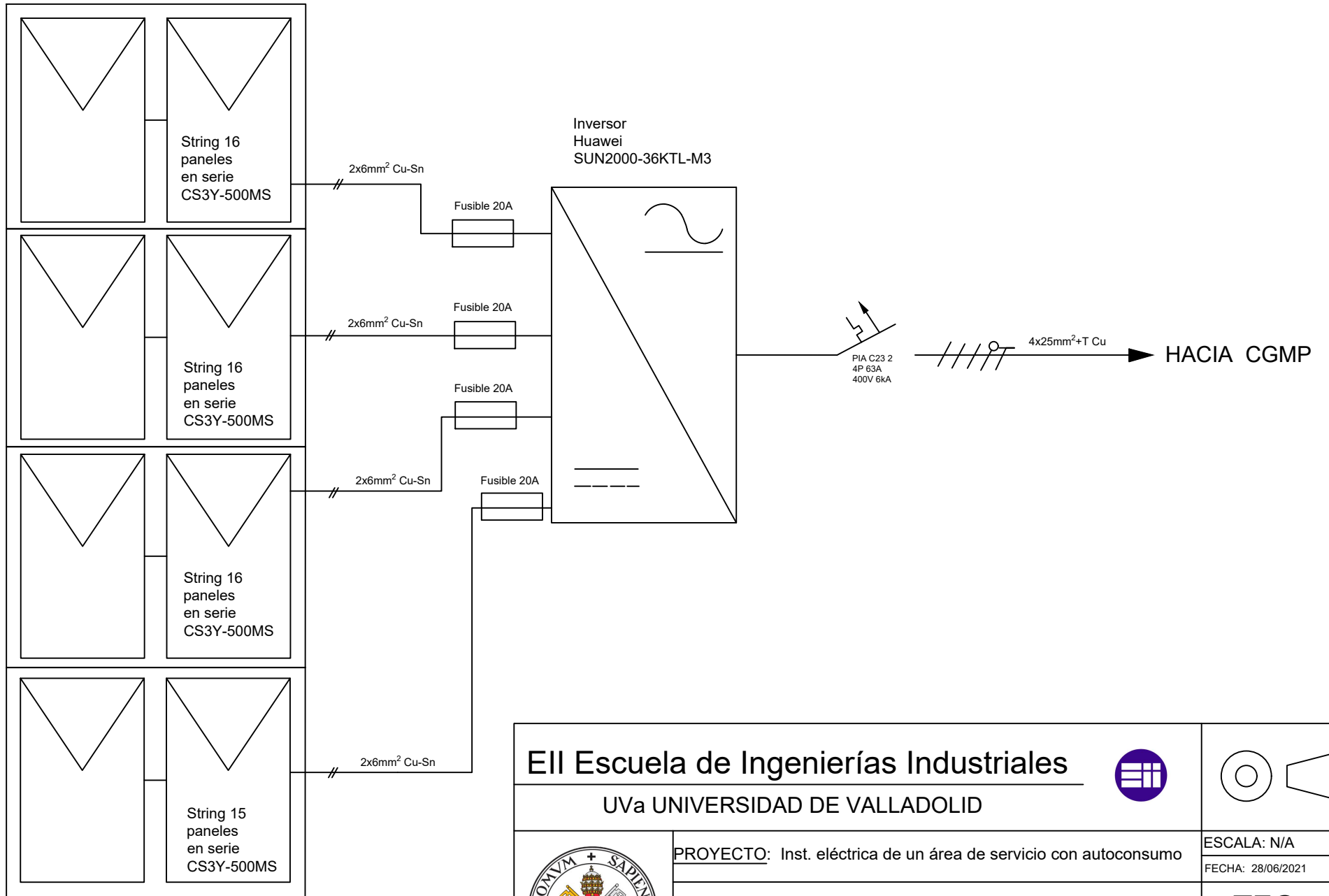
PLANO: Instalación eléctrica exterior

FIRMA:

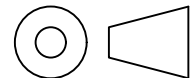
ESCALA: 1:150
FECHA: 28/06/2021

TFG

PL. No.: 8



EII Escuela de Ingenierías Industriales



UVa UNIVERSIDAD DE VALLADOLID



PROYECTO: Inst. eléctrica de un área de servicio con autoconsumo

ESCALA: N/A

FECHA: 28/06/2021

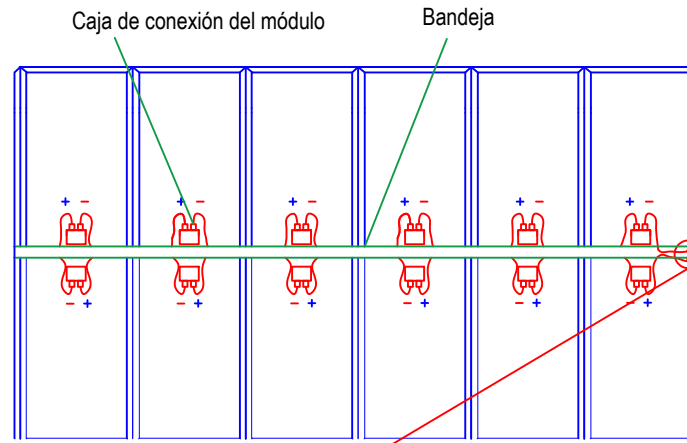
PLANO: Esquema unifilar sistema autoconsumo fotovoltaico

TFG

FIRMA:

PL. No.: 9

CONEXIONADO DE 1 RAMA DE 15 MODULOS CANADIAN SOLAR 500Wp



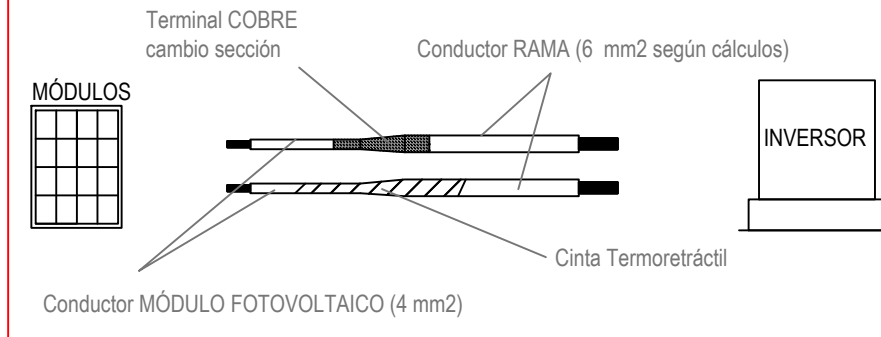
Tanto los empalmes MODULOS FOTOVOLTAICOS - RAMAS como los MULTICONTACT de las ramas deben de ir por **encima** del resto de conductores quedan totalmente visibles nada más se levante la tapa de la bandeja.

La bandeja irá sujeta a las pletinas de la estructura con **AUTORROSCANTES**.

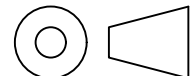
MARCAR en la bandeja el principio y el final de cada RAMA

Los conductores irán debidamente **FERRULADOS** al final de cada rama

Empalme MODULOS FOTOVOLTAICOS - RAMAS



EII Escuela de Ingenierías Industriales



UVa UNIVERSIDAD DE VALLADOLID



PROYECTO: Inst. eléctrica de un área de servicio con autoconsumo

ESCALA: N/A

FECHA: 28/06/2021

PLANO: Detalle de conexionado de los paneles fotovoltaicos

TFG

FIRMA:

PL. No.: 10

8. PRESUPUESTO

ESTACIÓN DE SERVICIO

Nº	UDS.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE
			TOTAL

CAPÍTULO I. EQUIPO DE MEDIDA.

1	1	CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN Y MEDIDA CPM2-E4-MBP. Ud. de caja general de protección y medida de 63 amperios, con contador trifásico electrónico, normalizada por Iberdrola, colocada en hornacina, instalada y funcionando.	
	1	Caja general de protección y medida CPM2-E4-MBP de Groupe Cahors.	
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
		TOTAL	285,00
		TOTAL CAPÍTULO I	285,00

CAPÍTULO II. CUADROS ELÉCTRICOS

2	1	CUADRO GENERAL. Ud. de cuadro general situado según planos, de superficie, será metálico con puerta opaca, y quedará rotulado, cableado con punteras y peines, ordenado y de marca Chint, totalmente instalado y funcionando.	
	1	Armario Chint 120 módulos	
	1	Puerta de armario Chint met. Opaca	
	1	Protector sobretensiones transitorias 4P 15kA 460V - 40kA NU6-II-4-15-460	
	1	Diferencial ID 4P/40A/30mA Chint NL1-4-40-30AC	
	9	Diferencial ID 2P/25A/30mA Chint NL1-2-25-30AC	
	1	Magnetotérmico 4P/40A NB1-4-40C Chint	
	10	Magnetotérmico 2P/16A NB1-2-16C Chint	
	11	Magnetotérmico 2P/10A NB1-2-10C Chint	
	1	Magnetotérmico 2P/25A NB1-2-25C Chint	
	4	Interruptores horarios 2P Chint	
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
		TOTAL	1614,00
3	1	SUBCUADRO DE FOTOVOLTAICA. Ud. de cuadro de almacén colocado según planos, será de material aislante, de superficie, y quedará rotulado, ordenado y de marca Noark (Chint), totalmente instalado y funcionando.	
	1	Magnetotérmico 4P/63A NB1-4-40C Chint	
	4	Portafusibles cilíndricos bipolares 10x38 Vcc=1kV C/fusible 20A	
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
		TOTAL	167,00
		TOTAL CAPÍTULO II	1781,00

ESTACIÓN DE SERVICIO

Nº	UDS.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE
			TOTAL

CAPÍTULO III. DISTRIBUIDORES

4	32m	<p>ACOMETIDA DE 3X95+50mm². Ud. de línea de acometida trifásica con neutro formada por tres conductores de 95 mm² para las tres fases y un conductor de 50mm² en aluminio para el neutro, siendo el cable con aislamiento XLPE 0,6/1kV y canalizado por zanja y entubado, totalmente instalado y funcionando.</p>	
	3	Cable Afumex Al. 95 mm ² de Prysmian	
	1	Cable Afumex Al. 50 mm ² de Prysmian	
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
		TOTAL	284,00 €
5	15m	<p>CIRCUITO C1 DE 3x2,5mm². Ud. de circuito de alimentación de secamanos de los baños, desde el cuadro general hasta las cajas de derivación correspondientes por Rejiband y luego bajo tubo, siendo el cable con aislamiento tipo Afumex 0,6/1kV, totalmente instalado y funcionando.</p>	
	1	Cable Afumex 0,6/1kV de 3x2,5 mm ² de Prysmian	
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
		TOTAL	30,00 €
6	20m	<p>CIRCUITO C2 DE 3x2,5mm². Ud. de circuito de alimentación de enchufes usos varios en aseos y despachos, desde el cuadro general hasta las cajas de derivación correspondientes, siendo el cable con aislamiento tipo Afumex 0,6/1kV y canalizado por tubo y rejiband, totalmente instalado y funcionando.</p>	
	1	Cable Afumex 0,6/1kV de 3x2,5 mm ² de Prysmian	
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
		TOTAL	40,00 €
7	16m	<p>CIRCUITO C3 DE 3x1,5mm². Ud. de circuito de alimentación de alumbrado para aseos, distribuidor y despachos, desde el cuadro general hasta las cajas de derivación correspondientes, siendo el cable con aislamiento tipo Afumex 0,6/1kV y canalizado por tubo y rejiband, totalmente instalado y funcionando.</p>	
	1	Cable Afumex 0,6/1kV de 3x1,5 mm ² de Prysmian	
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
		TOTAL	24,00 €
8	11m	<p>CIRCUITO C4 DE 3x1,5mm². Ud. de circuito de alimentación de alumbrado para la mitad de la iluminación de la gasolinera, desde el cuadro general hasta los receptores, siendo el cable con aislamiento tipo Afumex 0,6/1kV y canalizado por tubo de acero, totalmente instalado y funcionando.</p>	
	1	Cable Afumex 0,6/1kV de 3x1,5 mm ² de Prysmian	
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
		TOTAL	16,50 €

ESTACIÓN DE SERVICIO

Nº	UDS.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE
			TOTAL
9	15m	<p>CIRCUITO C5 DE 3x1,5mm². Ud. de circuito de alimentación de alumbrado para la mitad de la iluminación de la gasolinera, desde el cuadro general hasta los receptores, siendo el cable con aislamiento tipo Afumex 0,6/1kV y canalizado por tubo de acero, totalmente instalado y funcionando.</p>	
	1	Cable Afumex 0,6/1kV de 3x1,5 mm ² de Prysmian	
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
		TOTAL	22,50 €
10	11m	<p>CIRCUITO C6 DE 3x2,5mm². Ud. de circuito de alimentación de surtidores 1 y 3 de la gasolinera, desde el cuadro general hasta las cajas de derivación correspondiente, siendo el cable con aislamiento tipo Afumex 0,6/1kV y canalizado por tubo de acero enterrado, totalmente instalado y funcionando.</p>	
	1	Cable Afumex 0,6/1kV de 3x2,5 mm ² de Prysmian	
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
		TOTAL	22,00 €
11	19m	<p>CIRCUITO C7 DE 3x2,5mm². Ud. de circuito de alimentación de surtidores 2 y 6 de la gasolinera, desde el cuadro general hasta las cajas de derivación correspondiente, siendo el cable con aislamiento tipo Afumex 0,6/1kV y canalizado por tubo de acero enterrado, totalmente instalado y funcionando.</p>	
	1	Cable Afumex 0,6/1kV de 3x2,5 mm ² de Prysmian	
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
		TOTAL	38,00 €
12	26m	<p>CIRCUITO C8 DE 3x2,5mm². Ud. de circuito de alimentación de surtidores 4 y 5 de la gasolinera, desde el cuadro general hasta las cajas de derivación correspondiente, siendo el cable con aislamiento tipo Afumex 0,6/1kV y canalizado por tubo de acero enterrado, totalmente instalado y funcionando.</p>	
	1	Cable Afumex 0,6/1kV de 3x2,5 mm ² de Prysmian	
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
		TOTAL	52,00 €
13	21m	<p>CIRCUITO C9 DE 3x1,5mm². Ud. de circuito de alimentación de iluminación de un tercio de la cafetería, la tienda y el almacén con su distribuidor, desde el cuadro general hasta las cajas de derivación correspondientes, siendo el cable con aislamiento tipo Afumex 0,6/1kV y canalizado por tubo y soportado rejiband dependiendo del tramo, totalmente instalado y funcionando.</p>	
	1	Cable Afumex 0,6/1kV de 3x1,5 mm ² de Prysmian	
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
		TOTAL	31,50 €

ESTACIÓN DE SERVICIO

Nº	UDS.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE
			TOTAL
14	18m	<p>CIRCUITO C10 DE 3x1,5mm². Ud. de circuito de alimentación de iluminación de un tercio de la cafetería, los focos de la barra y la mitad de la cocina, desde el cuadro general hasta las cajas de derivación correspondientes, siendo el cable con aislamiento tipo Afumex 0,6/1kV y canalizado por tubo y soportado rejiband dependiendo del tramo, totalmente instalado y funcionando.</p>	
	1	Cable Afumex 0,6/1kV de 3x1,5 mm ² de Prysmian	
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
		TOTAL	27,00 €
15	26m	<p>CIRCUITO C11 DE 3x1,5mm². Ud. de circuito de alimentación de iluminación de un tercio de la cafetería y la mitad de la cocina, desde el cuadro general hasta las cajas de derivación correspondientes, siendo el cable con aislamiento tipo Afumex 0,6/1kV y canalizado por tubo y soportado rejiband dependiendo del tramo, totalmente instalado y funcionando.</p>	
	1	Cable Afumex 0,6/1kV de 3x1,5 mm ² de Prysmian	
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
		TOTAL	39,00 €
16	35m	<p>CIRCUITO C12 DE 3x2,5mm². Ud. de circuito de alimentación de los enchufes de usos varios de la cafetería, desde el cuadro general hasta las cajas de derivación correspondientes, siendo el cable con aislamiento tipo Afumex 0,6/1kV y canalizado por tubo y soportado rejiband dependiendo del tramo, totalmente instalado y funcionando.</p>	
	1	Cable Afumex 0,6/1kV de 3x2,5 mm ² de Prysmian	
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
		TOTAL	70,00 €
17	25m	<p>CIRCUITO C13 DE 3x2,5mm². Ud. de circuito de alimentación de los enchufes de usos varios del almacén y cocina, desde el cuadro general hasta las cajas de derivación correspondientes, siendo el cable con aislamiento tipo Afumex 0,6/1kV y canalizado por tubo y soportado rejiband dependiendo del tramo, totalmente instalado y funcionando.</p>	
	1	Cable Afumex 0,6/1kV de 3x2,5 mm ² de Prysmian	
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
		TOTAL	50,00 €
18	20m	<p>CIRCUITO C14 DE 3x2,5mm². Ud. de circuito de alimentación de los enchufes de nevera y lavaplatos de la cocina, desde el cuadro general hasta las cajas de derivación correspondientes, siendo el cable con aislamiento tipo Afumex 0,6/1kV y canalizado por tubo y soportado rejiband dependiendo del tramo, totalmente instalado y funcionando.</p>	
	1	Cable Afumex 0,6/1kV de 3x2,5 mm ² de Prysmian	
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
		TOTAL	40,00 €

ESTACIÓN DE SERVICIO

Nº	UDS.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE
			TOTAL
19	16m	<p>CIRCUITO C15 DE 3x6mm². Ud. de circuito de alimentación del horno, desde el cuadro general hasta las cajas de derivación correspondientes, siendo el cable con aislamiento tipo Afumex 0,6/1kV y canalizado por tubo y soportado rejiband dependiendo del tramo, totalmente instalado y funcionando.</p>	
		1 Cable Afumex 0,6/1kV de 3x6 mm ² de Prysmian	
		1 Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
TOTAL			56,00 €
20	21m	<p>CIRCUITO C16 DE 3x2,5mm². Ud. de circuito de alimentación de nevera y enchufes de usos varios cocina 2, desde el cuadro general hasta las cajas de derivación correspondientes, siendo el cable con aislamiento tipo Afumex 0,6/1kV y canalizado por tubo y soportado rejiband dependiendo del tramo, totalmente instalado y funcionando.</p>	
		1 Cable Afumex 0,6/1kV de 3x2,5 mm ² de Prysmian	
		1 Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
TOTAL			42,00 €
21	16m	<p>CIRCUITO C17 DE 3x2,5mm². Ud. de circuito de alimentación de la bomba de calor 1, desde el cuadro general hasta las cajas de derivación correspondientes, siendo el cable con aislamiento tipo Afumex 0,6/1kV y canalizado por tubo y soportado rejiband dependiendo del tramo, totalmente instalado y funcionando.</p>	
		1 Cable Afumex 0,6/1kV de 3x2,5 mm ² de Prysmian	
		1 Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
TOTAL			32,00 €
22	20m	<p>CIRCUITO C18 DE 3x2,5mm². Ud. de circuito de alimentación de la bomba de calor 2, desde el cuadro general hasta las cajas de derivación correspondientes, siendo el cable con aislamiento tipo Afumex 0,6/1kV y canalizado por tubo y soportado rejiband dependiendo del tramo, totalmente instalado y funcionando.</p>	
		1 Cable Afumex 0,6/1kV de 3x2,5 mm ² de Prysmian	
		1 Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
TOTAL			40,00 €
23	25m	<p>CIRCUITO C19 DE 3x2,5mm². Ud. de circuito de alimentación de los enchufes de usos varios de la barra, vitrinas de la cafetería y nevera pequeña de la barra, desde el cuadro general hasta las cajas de derivación correspondientes, siendo el cable con aislamiento tipo Afumex 0,6/1kV y canalizado por tubo y soportado rejiband dependiendo del tramo, totalmente instalado y funcionando.</p>	
		1 Cable Afumex 0,6/1kV de 3x2,5 mm ² de Prysmian	
		1 Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
TOTAL			50,00 €

ESTACIÓN DE SERVICIO

Nº	UDS.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE
			TOTAL
24	10m	<p>CIRCUITO C20 DE 3x2,5mm². Ud. de circuito de alimentación de la cafetera, desde el cuadro general hasta las cajas de derivación correspondientes, siendo el cable con aislamiento tipo Afumex 0,6/1kV y canalizado por tubo y soportado rejiband dependiendo del tramo, totalmente instalado y funcionando.</p>	
	1	Cable Afumex 0,6/1kV de 3x2,5 mm ² de Prysmian	
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
		TOTAL	20,00 €
25	20m	<p>CIRCUITO C21 DE 3x1,5mm². Ud. de circuito de alimentación de la mitad del alumbrado exterior, desde el cuadro general hasta las cajas de derivación correspondientes, siendo el cable con aislamiento tipo Afumex 0,6/1kV y canalizado por tubo y soportado rejiband dependiendo del tramo, totalmente instalado y funcionando.</p>	
	1	Cable Afumex 0,6/1kV de 3x1,5 mm ² de Prysmian	
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
		TOTAL	30,00 €
26	20m	<p>CIRCUITO C22 DE 3x1,5mm². Ud. de circuito de alimentación de la mitad del alumbrado exterior, desde el cuadro general hasta las cajas de derivación correspondientes, siendo el cable con aislamiento tipo Afumex 0,6/1kV y canalizado por tubo y soportado rejiband dependiendo del tramo, totalmente instalado y funcionando.</p>	
	1	Cable Afumex 0,6/1kV de 3x1,5 mm ² de Prysmian	
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
		TOTAL	30,00 €
27	10m	<p>CIRCUITO C23 DE 5x25mm². Ud. de circuito de alimentación del subcuadro encargado de la instalación FV, desde el cuadro general hasta las cajas de derivación correspondientes, siendo el cable con aislamiento tipo Afumex 0,6/1kV y canalizado por tubo y soportado rejiband dependiendo del tramo, totalmente instalado y funcionando.</p>	
	1	Cable Afumex 0,6/1kV de 5x25 mm ² de Prysmian	
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
		TOTAL	150,00 €
28	36m	<p>STRING 1 DE PLACAS DE 6mm². Ud. de circuito de alimentación desde el primer string de placas hasta el inversor de la instalación, siendo el cable con aislamiento tipo H1Z2Z2-K 1.5/1.5(1.8) kV y canalizado por tubo y soportado rejiband dependiendo del tramo, totalmente instalado y funcionando.</p>	
	3	Cable H1Z2Z2-K 1.5/1.5(1.8) kV de 3x6 mm ² de TopCable	
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
		TOTAL	160,00 €

ESTACIÓN DE SERVICIO

Nº	UDS.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE
			TOTAL
29	36m	STRING 2 DE PLACAS DE 3x6mm². Ud. de circuito de alimentación desde el segundo string de placas hasta el inversor de la instalación, siendo el cable con aislamiento tipo H1Z2Z2-K 1.5/1.5(1.8) kV y canalizado por tubo y soportado rejiband dependiendo del tramo, totalmente instalado y funcionando.	
	3	Cable H1Z2Z2-K 1.5/1.5(1.8) kV de 6 mm ² de TopCable	
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
		TOTAL	160,00 €
30	36m	STRING 3 DE PLACAS DE 3x6mm². Ud. de circuito de alimentación desde el tercer string de placas hasta el inversor de la instalación, siendo el cable con aislamiento tipo H1Z2Z2-K 1.5/1.5(1.8) kV y canalizado por tubo y soportado rejiband dependiendo del tramo, totalmente instalado y funcionando.	
	3	Cable H1Z2Z2-K 1.5/1.5(1.8) kV de 6 mm ² de TopCable	
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
		TOTAL	160,00 €
31	36m	STRING 4 DE PLACAS DE 3x6mm². Ud. de circuito de alimentación desde el cuarto string de placas hasta el inversor de la instalación, siendo el cable con aislamiento tipo H1Z2Z2-K 1.5/1.5(1.8) kV y canalizado por tubo y soportado rejiband dependiendo del tramo, totalmente instalado y funcionando.	
	3	Cable H1Z2Z2-K 1.5/1.5(1.8) kV de 6 mm ² de TopCable	
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
		TOTAL	160,00 €
TOTAL CAPÍTULO III			1.876,50 €

CAPÍTULO IV. CANALIZACIONES

32	50	TUBO ROJO DE DOBLE CAPA DE 90mm.	
	2	M. de tubo DP de 90mm de Aiscan	
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
		TOTAL	278,00 €
33	90	TUBO DE ACERO ENCHUFABLE DE M32. M. de tubo de acero de métrica 32 enchufable, con parte proporcional de curvas, así como manguito de unión, fijado con abrazadera en L cada metro, totalmente instalado y funcionando.	
	1	M. de tubo de acero M32 enchufable de Armengol	
	1	Manguito enchufable de M32 de Armengol	
	1	Abrazadera en L de M32 de Apolo.	
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
		TOTAL	370,80 €

ESTACIÓN DE SERVICIO

Nº	UDS.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE
			TOTAL
34	1	SOPORTES CONDUCTORES REJIBAND M. de soportación de conductores rejiband de distintas métricas, totalmente soldado, instalado, puesto a tierra y funcionando.	
	9	M. de bandeja de 60x300	
	18	M. de bandeja de 60x150	
	25	M. de bandeja de 60x100	
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
TOTAL			749,00 €
TOTAL CAPÍTULO IV			1.397,80 €

CAPÍTULO V. LUMINARIAS

35	12	LUMINARIA THESAN (60x60cm) 38W 4000K Ud. luminaria LED de 38 vatios de aluminio en color blanco y ángulo de iluminación de 120°, con más de 50,000h de funcionamiento e IP44 cableada desde caja de conexión con cable de 3x1,5 mm ²	
	1	Thesan	
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
TOTAL			2.650,08 €
36	4	LUMINARIA THESAN (60x60cm) 38W 4000K IP65 Ud. luminaria LED de 38 vatios de aluminio en color blanco y ángulo de iluminación de 120°, con más de 50,000h de funcionamiento e IP65 cableada desde caja de conexión con cable de 3x1,5 mm ²	
	1	Thesan IP65	
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
TOTAL			916,00 €
37	2	PANTALLA BERNA ECO 20W 5700K Ud. pantalla estanca LED de 20 vatios con ángulo de iluminación de 120°, con más de 50,000h de funcionamiento e IP65/IK08, cableada desde caja de conexión con cable de 3x1,5 mm ²	
	1	Berna ECO	
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
TOTAL			39,09 €
38	6	LUMINARIA AIRCOM CUADRADO 26W 4000K Ud. Luminaria downlight para despacho y sala de recepción, IP44, en aluminio de color blanco, con una vida útil de más de 50,000h, un CRI >80 y ángulo de iluminación de 120°.	
	1	Aircom cuadrado	
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
TOTAL			570,00 €

ESTACIÓN DE SERVICIO

Nº	UDS.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE	
				TOTAL
39	8	LUMINARIA AIRCOM CIRCULAR 15W 3000K Ud. Luminaria downlight para la tienda, IP44, en aluminio de color blanco, con una vida útil de más de 50,000h, un CRI >80 y ángulo de iluminación de 120°.		
	1	Aircom circular		
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.		
		TOTAL		560,00 €
40	1	LUMINARIA MINIAIRCOM CIRCULAR 13W 4000K Ud. Luminaria downlight para baño masculino, IP44, en aluminio de color blanco, con una vida útil de más de 50,000h, un CRI >80 y ángulo de iluminación de 120°.		
	1	Miniaircom circular		
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.		
		TOTAL		50,00 €
41	4	LUMINARIA MINIAIRCOM CIRCULAR 9W 4000K Ud. Luminaria downlight para la baño femenino y distribuidor, IP44, en aluminio de color blanco, con una vida útil de más de 50,000h, un CRI >80 y ángulo de iluminación de 120°.		
	1	Miniaircom circular		
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.		
		TOTAL		180,00 €
42	10	FOCO FIJO CROMO MATE 8W 4000K Ud. foco para la barra, IP20, en aluminio de color blanco, con una vida útil de más de 35,000h, un CRI >80 y ángulo de iluminación de 40°. 600lm.		
	1	Foco fijo		
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.		
		TOTAL		86,51 €
43	9	FOCO EXTERIOR PROTEK Q3 ORIENTABLE GAS. 100W 5000K Ud. Foco exterior para la iluminación de la gasolinera, IP65/IK10, en aluminio de color blanco, con soporte que permite orientación del mismo, con una vida útil de más de 100,000h, un CRI >80 y ángulo de iluminación de 150°.		
	1	Foco PROTEK Q3		
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.		
		TOTAL		6.030,00 €
44	6	FOCO EXTERIOR PROTEK Q3 ORIENTABLE GAS. 200W 5000K Ud. Foco exterior para la iluminación de la gasolinera, IP65/IK10, en aluminio de color blanco, con soporte que permite orientación del mismo, con una vida útil de más de 100,000h, un CRI >80 y ángulo de iluminación de 150°.		
	1	Foco PROTEK Q3		
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.		
		TOTAL		6.435,00 €

ESTACIÓN DE SERVICIO

Nº	UDS.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE
			TOTAL

44	10	FOCO EXTERIOR PROTEK Q2 ORIENTABLE 200W 5000K Ud. Foco exterior para la iluminación del perímetro del local, IP65/IK10, en aluminio de color blanco, con soporte que permite orientación del mismo, con una vida útil de más de 100,000h, un CRI >80 y ángulo de iluminación de 150°.	
	1	Foco PROTEK Q2	
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
		TOTAL	6.100,00 €

TOTAL CAPÍTULO V **23.616,68 €**

CAPÍTULO VI. EMERGENCIAS

45	14	EMERGENCIA ESTANCA IP65 110 LM. Ud. emergencia estanca de 155 lúmenes, serie 15 de Aerlux, de superficie, autonomía 1 hora, con conexión por cable de 2x1,5 mm ² totalmente instalado y funcionando.	
	1	Emergencia estanca 110lm	
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
		TOTAL	295,00 €

46	8	EMERGENCIA ESTANCA IP65 60 LM. Ud. emergencia estanca de 60 lúmenes, serie 15 de Aerlux, de superficie, autonomía 1 hora, con conexión por cable de 2x1,5 mm ² totalmente instalado y funcionando.	
	1	Emergencia estanca 60lm	
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
		TOTAL	120,00 €

TOTAL CAPÍTULO VI **415,00 €**

CAPÍTULO VII. MECANISMOS

47	13	CONMUTADOR Ud. conmutador de Legrand, con conexión por cable de 3x1,5 mm ² , totalmente instalado y funcionando.	
	1	Conmutador c/piloto serie Única de Eunea	
	1	Soporte de mecanismo serie Única de Eunea	
	1	Marco embellecedor serie Única de Eunea	
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
		TOTAL	260,00 €

ESTACIÓN DE SERVICIO

Nº	UDS.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE	
				TOTAL
48	5	INTERRUPTOR UNIPOLAR. Ud. mecanismo de interruptor unipolar con piloto, de empotrar, de Eunea serie Única, con conexión por cable de 2x1,5 mm ² , totalmente instalado y funcionando. 1 Interruptor unipolar c/piloto serie Única de Eunea 1 Soporte de mecanismo serie Única de Eunea 1 Marco embellecedor serie Única de Eunea 1 Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	TOTAL	75,00 €
49	47	BASE DE ENCHUFE DE 2P+T 16A. Ud. mecanismo de base de enchufe empotrada de 2P+T de 16A, de Eunea serie Única, con conexión por cable de 3x2,5 mm ² totalmente instalado y funcionando. 1 Base de enchufe 2P+T c/protección infantil serie Única de Eunea 1 Soporte de mecanismos serie Única de Eunea 1 Marco embellecedor serie Única de Eunea 1 Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	TOTAL	940,00 €
50	1	BASE DE ENCHUFE DE 2P+T 25A. Ud. mecanismo de base de enchufe empotrada de 2P+T de 25A, de Eunea serie Única, con conexión por cable de 3x6 mm ² , totalmente instalado y funcionando. 1 Base de enchufe 2P+T Simón 1 Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	TOTAL	30,00 €
51	8	SENSOR DE MOVIMIENTO Ud. de sensor de movimiento empotrado en techo con ángulo de detección de 360º, totalmente montado y funcionando con su cable correspondiente. 1 Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	TOTAL	187,00 €
52	2	PUESTO INFORMÁTICO 16A 2P+T Ud. mecanismo de base de puesto informático con 2 enchufes empotrada de 2P+T lateral de 16A, conexión RJ45 y cable telefónico de 2 hilos, con conexión de alimentación del enchufe por cable de 3x2,5 mm ² , totalmente instalado y funcionando. 1 Base de enchufe 2P+T lateral serie Única de Eunea 1 Soporte de mecanismos serie Única de Eunea 1 Marco embellecedor serie Única de Eunea 1 Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	TOTAL	210,00 €

ESTACIÓN DE SERVICIO

Nº	UDS.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE
			TOTAL
53	2	TOMA TV Y SATÉLITE CON ENCHUFE 16A 2P+T Ud. mecanismo de toma de televisión y cable por satélite, totalmente instalado y funcionando.	
	1	Base de enchufe 2P+T lateral serie Única de Eunea	
	1	Soporte de mecanismos serie Única de Eunea	
	1	Marco embellecedor serie Única de Eunea	
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
TOTAL			90,00 €
TOTAL CAPÍTULO VII			1.792,00 €

CAPÍTULO VIII. FOTOVOLTAICA

54	63	PANEL FOTOVOLTAICO HIKU5 MONO CS3Y-500MS Ud. de panel fotovoltaico totalmente instalado y funcionando, con perfilera correspondiente en sotechado gasolinera, conectado en serie por strings al inversor	
	1	Paneles CS3Y-500MS	
	1	Perfilera de aluminio sin mantenimiento, resistente a la corrosión, puesta a tierra y con resistencia al viento y fuego	
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
TOTAL			18.900,00 €
55	1	INVERSOR HUAWAI SUN2000-36KTL-M3 Ud. de inversor de 36kW totalmente cableado y con la puesta a punto hecha, se deja funcionando; cada string está conectado a un puerto con MPPT independiente, con sistema anti-isla y protecciones varias (sobretensiones, sobreintensidad...)	
	1	Inversor SUN2000-36KTL-M3	
	1	Soporte inversor para anclaje a pared	
	1	Mano de obra/ud. y accesorios/ud.	
TOTAL			5.125,16 €
TOTAL CAPÍTULO VIII			24.025,16 €

ESTACIÓN DE SERVICIO

Nº	UDS.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE
			TOTAL

RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPÍTULO I	EQUIPO DE MEDIDA	285,00 €
CAPÍTULO II	CUADROS ELÉCTRICOS	1.721,86 €
CAPÍTULO III	DISTRIBUIDORES	1.876,50 €
CAPÍTULO IV	CANALIZACIONES	1.397,80 €
CAPÍTULO V	LUMINARIAS	23.616,68 €
CAPÍTULO VI	EMERGENCIAS	415,00 €
CAPÍTULO VII	MECANISMOS	1.792,00 €
CAPÍTULO VIII	FOTOVOLTAICA	24.025,16 €
TOTAL PRESUPUESTO		55.130,00 €

BIBLIOGRAFÍA

1. *Reglamento electrotécnico de baja tensión con instrucciones técnicas complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002)*. Thomson editores Spain / Paraninfo S.A, 2003. ISBN: 84-283-2925-7.
2. *Norma UNE 20460-5-52: Instalaciones eléctricas en edificios, selección e instalación de los materiales eléctricos e intensidades admisibles en sistemas de conducción de cables*. Aenor, 2004.
3. *Norma UNE 211603:2008: Cables de distribución de tensión asignada 0.6/1kV. Cables con aislamiento de XLPE, sin armadura. Cables sin conductor concéntrico y con cubierta de poliolefina, no propagadores del incendio*. Aenor, 2008.
4. *Norma UNE 50.086 2-4:2001: Sistemas de tubos para la conducción de cables. Requisitos particulares para sistemas de tubos enterrados*. Aenor, 2001.
5. *Norma Iberdrola NI 42.72.00: Instalaciones de enlace. Cajas de protección y medida*. Iberdrola, 5ª edición, 2010.
6. *Norma Iberdrola 76.01.02: Bases unipolares cerradas para fusibles de baja tensión*. Iberdrola, 4ª edición, 2008.
7. *Norma Iberdrola 76.84.02: Bornes fijos para sujeción de conductores aislados para la formación de regletas*. Iberdrola, 3ª edición, 2006.
8. *Norma Iberdrola 42.20.01: Contadores estáticos para medida de la energía eléctrica*. Iberdrola, 2ª edición, 2004.
9. *Norma UNE 21123-4:2017: Cables eléctricos de tensión asignada 0.6/1kV. Cables con aislamiento de polietileno reticulado y cubierta de poliolefina*. Aenor, 2017.
10. *Norma UNE 20572-1:1997: Efectos de la corriente sobre el hombre y los animales domésticos*. Aenor, 1997.
11. *Norma UNE 21.035: materiales aislantes para conductores*. Aenor, 2001.
12. *Norma UNE 21147-2: Ensayo de los gases desprendidos durante la combustión de materiales eléctricos*. Aenor, 1993.
13. *Norma UNE 21031: cables eléctricos de baja tensión, con tensión asignada inferior o igual a 450/750V y utilización general*. Aenor, 2017.
14. *Norma UNE 21089: Identificación de los conductores aislados de los cables*. Aenor, 2002.
15. *ITC MI-IP04 aprobada por el Real Decreto 706/2017*, 2017.
16. *RD 400/1996: Atmósferas explosivas*. 1996.
17. *Norma UNE-EN 60079-14:2016: Material eléctrico para atmósferas de gas explosivas*. Aenor, 2016.

18. Norma UNE-EN 50039:1996: Material eléctrico para atmósferas potencialmente explosivas. Aenor, 1996.
19. Norma UNE-EN 12464-1:2012: Iluminación de los lugares de trabajo en interiores. Aenor, 2012.
20. Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, aprobado por el Real Decreto 1942/1993. 1993.
21. Código técnico de edificación (CTE), aprobado por el Real Decreto 314/2006. 2006.
22. Real Decreto 337/2014: Reglamento de condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas generadoras. 2014
23. Real Decreto 244/2019: Regulación de condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica. 2019
24. Norma UNE-EN ISO 1461:2010: Recubrimientos de galvanización en caliente sobre piezas de hierro y acero. Aenor, 2010.
25. Norma básica MV 103/1972: Cálculo de las estructuras de acero laminado en edificación, aprobada por Real Decreto 1353/1973. 1972
26. Real Decreto 1699/2011: Regulación de conexiones a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de baja potencia. 2011.
27. CPR: reglamento de productos para la construcción. 2011.
28. IEC 62930:2017: Electric cables for photovoltaic systems with a voltage rating of 1.5kV DC. 2017.
29. UNE-EN 50618:2015: Cables eléctricos para sistemas fotovoltaicos. Aenor, 2015.
30. BOE 1952-6695: Aprobación del reglamento de seguridad del trabajo en la industria de la construcción. 1952.
31. BOE 1966-17259: Orden de 23 de septiembre de 1966 por la que se modifica el artículo 16 del Reglamento de Seguridad del Trabajo para la Industria de la Construcción. 20 de mayo de 1952.
32. BOE 1940-1173: Aprobación del reglamento general de seguridad e higiene en el trabajo. 1940.
33. BOE 1970-972: Aprobación de la ordenanza de trabajo de la construcción, vidrio y cerámica. 1970.
34. BOE 1970-1122: Corrección de errores de la orden del 28 de agosto de 1970. 1970.
35. BOE 1971-380: Aprobación de la ordenanza general de seguridad e higiene en el trabajo. 1971
36. BOE 1971-53022: Ordenanza general de seguridad e higiene en el trabajo. 1971.
37. BOE 1971-36265: Corrección de errores de la orden del 9 de Marzo de 1971. 1971.

38. BOE 1940-1258: *Aprobación de las normas para iluminación de los centros de trabajo*. 1940.
39. BOE 1986-18099: *Aprobación de la norma sobre señalización de seguridad en los centros y locales de trabajo*. 1986.
40. BOE 1986-27015: *Orden del 20-Sep-1986 por la que se establece el modelo de libro de incidencias correspondientes a las obras en las que sea obligatorio un estudio de seguridad e higiene en el trabajo*. 1986.
41. BOE 1986-28775: *Corrección de errores sobre la orden del 20-Sep-1986*. 1986.
42. BOE 1992-28644: *Por el que se regulan las condiciones de comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual*. 1992.
43. BOE 1997-22614: *Por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud de las obras de construcción*. 1997.
44. Norma UNE-EN 61439-1:2012: *Conjuntos de aparcamiento para baja tensión. Reglas generales*. 2012.
45. Norma UNE-HD 60364-5-52:2014: *Instalaciones eléctricas de BT. Selección e instalación de equipos eléctricos*. 2014.
46. Norma UNE 12464-2:2012 *Iluminación de los lugares de trabajo en exteriores*. Aenor, 2012.
47. Abraham Ruiz Gómez. *Energía solar fotovoltaica. Autoconsumo. Energía solar térmica*. Editorial CEF. 2019. ISBN: 978-84-454-3934-0.
48. BOE 2018-13593 *aprobado por el Real Decreto-Ley 15/2018 del 05-10-18: de medidas urgentes para la transición energética y protección de los consumidores*, 2018.
49. Manuel Cabello Rivero. *Instalaciones eléctricas interiores*. Editorial Editex, 2017. ISBN: 978-84-9161-873-7.

ANEXO 1: CÁLCULOS ELÉCTRICOS, FÓRMULAS Y JUSTIFICACIÓN

Para el cálculo de la intensidad se ha aplicado la ley de Ohm:

$$I = \frac{P}{V}$$

Siendo:

P = potencia en W

V = diferencia de potencial en V

I = intensidad correspondiente en A

En circuitos trifásicos:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos\varphi}$$

Siendo:

P = potencia en W

V = diferencia de potencial en V

I = intensidad correspondiente en A

Cosφ = factor de potencia (se ha tenido en cuenta en todo caso cosφ = 1, debido a que las cargas más grandes siempre suelen ser completamente resistivas)

Para las caídas de tensión:

- En circuitos monofásicos:

Para tener una idea inicial de la sección de conductor a elegir se utiliza la fórmula:

$$S = \frac{2 \times P \times L}{K \times e \times V}$$

Siendo:

P = potencia prevista o demandada en W

L = longitud de la línea en m

S = sección del conductor resultante en mm²

e = caída de tensión en V

V = tensión en V

K = conductividad del conductor para la temperatura máxima de trabajo en ($\Omega \times \text{mm}^2$) /m.

Si se utiliza conductores con cubierta de PVC/Z1 la T^a máx. de trabajo será de 70°C, teniendo una conductividad de 48 para el cobre y 30 para el aluminio. Mientras que si se utilizan conductores XLPE/ERP será ésta de 90°C, con conductividades de 44 y 28, respectivamente (como se ha dado la opción en la memoria de varios tipos de cable según el montaje, se ha usado para los cálculos siempre la opción más desfavorable, siendo ésta la de conductores con cubierta).

Después, con la sección mínima a usar, que nos ha dado una idea previa aproximada de la sección, hemos hecho los cálculos de calentamiento para ver si podría ser elegida finalmente, de la siguiente manera:

Con la siguiente tabla C-52-bis de la norma UNE-HD 60364-5-52:2014 (45), según el montaje usado para el cable, y usando en todo momento XLPE como requiere la normativa, hemos obtenido la intensidad teórica sin coeficientes máxima que podría pasar por el cable.

TABLA B.52-1 (UNE-HD 60364-5-52: 2014) Métodos de instalación de referencia

Instalación de referencia		Tabla y columna				
		Intensidad admisible para los circuitos simples				
		Aislamiento PVC		Aislamiento XLPE o EPR		
		Número de conductores				
		2	3	2	3	
	Conductores aislados en un conducto en una pared térmicamente aislante	A1	Tabla C.52-1 bis columna 4	Tabla C.52-1 bis columna 3	Tabla C.52-1 bis columna 7b	Tabla C.52-1 bis columna 6b
	Cable multiconductor en un conducto en una pared térmicamente aislante	A2	Tabla C.52-1 bis columna 3	Tabla C.52-1 bis columna 2	Tabla C.52-1 bis columna 6b	Tabla C.52-1 bis columna 5b
	Conductores aislados en un conducto sobre una pared de madera o mampostería	B1	Tabla C.52-1 bis columna 6a	Tabla C.52-1 bis columna 5a	Tabla C.52-1 bis columna 10b	Tabla C.52-1 bis columna 8b
	Cable multiconductor en un conducto sobre una pared de madera o mampostería	B2	Tabla C.52-1 bis columna 5a	Tabla C.52-1 bis columna 4	Tabla C.52-1 bis columna 8b	Tabla C.52-1 bis columna 7b
	Cables unipolares o multipolares sobre una pared de madera o mampostería	C	Tabla C.52-1 bis columna 8a	Tabla C.52-1 bis columna 6a	Tabla C.52-1 bis columna 11	Tabla C.52-1 bis columna 9b
	Cable multiconductor en conductos enterrados	D1	Tabla C.52-2 bis columna 3	Tabla C.52-2 bis columna 4	Tabla C.52-2 bis columna 5	Tabla C.52-2 bis columna 6
	Cables con cubierta unipolares o multipolares directamente en el suelo	D2	Tabla C.52-2 bis columna 3	Tabla C.52-2 bis columna 4	Tabla C.52-2 bis columna 5	Tabla C.52-2 bis columna 6
	Cable multiconductor al aire libre Distancia al muro no inferior a 0,3 veces el diámetro del cable	E	Tabla C.52-1 bis columna 9a	Tabla C.52-1 bis columna 7a	Tabla C.52-1 bis columna 12	Tabla C.52-1 bis columna 10b
	Cables unipolares en contacto al aire libre Distancia al muro no inferior al diámetro del cable	F	Tabla C.52-1 bis columna 10a	Tabla C.52-1 bis columna 8a	Tabla C.52-1 bis columna 13	Tabla C.52-1 bis columna 11
	Cables unipolares espaciados al aire libre Distancia entre ellos como mínimo el diámetro del cable	G	Ver UNE-HD 60364-5-52			

XLPE: Polietileno reticulado (90°C) EPR: Etileno-propileno (90°C) PVC: Policloruro de vinilo (70°C)

Cobre: $\rho_{20} = 1/56 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$; Aluminio: $\rho_{20} = 1/35 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$

$d = K_0 \cdot \rho_{20}$ Para el cobre y el aluminio: $\theta = 70^\circ\text{C} \rightarrow K_0 = 1,20$; $\theta = 90^\circ\text{C} \rightarrow K_0 = 1,28$

POTENCIAS NORMALIZADAS DE TRANSFORMADORES (EN KVA):

5, 10, 15, 20, 30, 50, 75, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000

FACTORES DE MAYORACIÓN K_0 : 1,25 para motores y 1,8 para lámparas de descarga

TABLA C.52-1 bis (UNE-HD 60364-5-52: 2014)

Intensidades admisibles en amperios Temperatura ambiente 40 °C en el aire

Número de conductores cargados y tipos de aislamiento

Método de instalación de la tabla B.52-1	Número de conductores cargados y tipos de aislamiento																			
	PVC 3	PVC 2	PVC 3	PVC 2	PVC 3	PVC 2	PVC 3	PVC 2	PVC 3	PVC 2	PVC 3	PVC 2								
A1																				
A2																				
B1																				
B2																				
C																				
E																				
F																				
	1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13	
Sección mm²																				
Cobre	1,5	11	11,5	12,5	13,5	14	14,5	15,5	16	16,5	17	17,5	19	20	20	20	21	23	25	-
	2,5	15	15,5	17	18	19	20	20	21	22	23	24	26	27	28	28	30	32	34	-
	4	20	20	22	24	25	26	28	29	30	31	32	34	36	36	38	40	44	48	-
	6	25	26	29	31	32	34	36	37	39	40	41	44	46	46	49	52	57	62	-
	10	33	36	40	43	45	46	49	52	54	54	57	60	63	65	68	72	78	84	-
	16	45	48	53	59	61	63	66	69	72	73	77	81	85	87	91	97	104	112	-
	25	59	63	69	77	80	82	86	87	91	95	100	103	108	110	115	122	135	146	-
	35	-	-	-	95	100	101	106	109	114	119	124	127	133	137	143	153	168	182	-
	50	-	-	-	116	121	122	128	133	139	145	151	155	162	167	174	188	204	220	-
	70	-	-	-	148	155	155	162	170	178	185	193	199	208	214	223	243	262	282	-
	95	-	-	-	180	188	187	196	207	216	224	234	241	252	259	271	296	320	343	-
	120	-	-	-	207	217	216	226	240	251	260	272	280	293	301	314	350	373	397	-
	150	-	-	-	-	247	259	276	289	299	313	322	337	343	359	401	430	458	488	-
	185	-	-	-	-	281	294	314	329	341	356	368	385	391	409	460	493	523	553	-
	240	-	-	-	-	330	345	368	385	401	419	435	455	468	489	545	583	617	657	-
Alu- minio	2,5	11,5	12	13	14	15	16	16,5	17	17,5	18	19	20	20	20	21	23	25	-	-
	4	15	16	17	19	20	21	22	22	23	24	25	26	28	27	29	31	34	-	-
	6	20	20	22	24	25	27	29	28	30	31	32	33	35	36	38	40	44	-	-
	10	26	27	31	33	35	38	40	40	41	42	44	46	49	50	52	56	60	-	-
	16	35	37	41	46	48	50	52	53	55	57	60	63	66	66	70	76	82	-	-
	25	46	49	54	60	63	63	66	67	70	72	75	78	81	84	88	91	98	110	-
	35	-	-	-	74	78	78	81	83	87	89	93	97	101	104	109	114	122	136	-
	50	-	-	-	90	94	95	100	101	106	108	113	118	123	127	132	140	149	167	-
	70	-	-	-	115	121	121	127	130	136	139	145	151	158	162	170	180	192	215	-
	95	-	-	-	140	146	147	154	159	166	169	177	183	192	197	206	219	233	262	-
	120	-	-	-	161	169	171	179	184	192	196	205	213	222	228	239	254	273	306	-
	150	-	-	-	-	198	205	213	222	227	237	246	257	264	276	294	314	353	393	-
	185	-	-	-	-	222	232	243	254	259	271	281	293	301	315	337	361	406	457	-
	240	-	-	-	-	261	273	287	300	306	320	332	347	355	372	399	427	482	543	-
		Aislamientos termostables (90°C)						Aislamientos termoplásticos (70°C)												
		XLPE: Polietileno reticulado			EPR: Etileno-propileno			PVC: Policloruro de vinilo												

Figura A1.1. Tablas para cálculo de intensidades de los cables.

Para ello, hemos cogido siempre el montaje de conductores aislados en tubo de pared térmicamente aislante, ya que en principio es como saldrán todos los conductores del cuadro principal, siendo ésta la situación más desfavorable de todo el recorrido para el recalentamiento sobre el estar en rejiband o enterrados, por lo que suponemos que el mínimo de este cálculo sobra para todo el recorrido del circuito.

Por último, hemos aplicado los factores de corrección de circuitos para una misma conducción dependiendo de su montaje y los conductores con los que comparta trazado, siempre teniendo en mente la situación más desfavorable:

Punto	Disposición	Número de circuitos o cables multiconductores									Instalación tipo
		1	2	3	4	6	9	12	16	20	
1	Empotrados, embutidos (dentro de un mismo tubo, canal o grapados sobre una superficie al aire)	1,0	0,80	0,70	0,70	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40	A a F
2	Capa única sobre los muros o los suelos o bandejas no perforadas	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	C
3	Capa única en el techo	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60	0,60	0,60	0,60	
4	Capa única sobre bandejas perforadas horizontales o verticales	1,0	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70	E y F
5	Capa única sobre escaleras de cables, abrazaderas, etc.	1,0	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	

Figura A1.2. Factores de corrección.

Tras este cálculo, obtenemos si la sección elegida cumple con ambos criterios o no, en caso dado hemos tenido que irnos a por la sección siguiente más grande.

Teniendo ya la sección elegida, el cálculo de caída de tensión es simplemente despejar en la fórmula la caída de tensión, y dividirla entre 230/100, para calcular el % a partir de una regla de 3:

$$CDT (\%) = \frac{e}{2.3} = \frac{2 \times P \times L}{K \times S \times V}$$

Siendo:

P = potencia prevista o demandada en W

L = longitud de la línea en m

S = sección del conductor resultante en mm²

e = caída de tensión en V

V = tensión en V

K = conductividad del conductor para la temperatura máxima de trabajo en (Ωxmm²) /m.

Para el cálculo del cable que unirá los paneles fotovoltaicos con el inversor se ha seguido el mismo proceso que aquí, ya que la fórmula de la caída de tensión en monofásico es análoga a la de la caída de tensión en corriente continua; usando, eso sí, cable específico para fotovoltaica que aguante la intemperie y el alto voltaje que supone llevar los productores en serie hacia el inversor.

- Para circuitos trifásicos, el cálculo es análogo, pero con las fórmulas siguientes para la sección:

$$S = \frac{P \times L}{K \times e \times V}$$

Siendo:

P = potencia prevista o demandada en W

L = longitud de la línea en m

S = sección del conductor resultante en mm²

e = caída de tensión en V

V = tensión en V

K = conductividad del conductor para la temperatura máxima de trabajo en (Ωxmm²) /m.

Y caída de tensión:

$$CDT (\%) = \frac{e}{2.3} = \frac{P \times L}{K \times S \times V}$$

Siendo:

P = potencia prevista o demandada en W

L = longitud de la línea en m

S = sección del conductor resultante en mm²

$e = \text{caída de tensión en V}$

$V = \text{tensión en V}$

$K = \text{conductividad del conductor para la temperatura máxima de trabajo en } (\Omega \times \text{mm}^2) / \text{m}.$

A continuación, con los cálculos explicados y justificados en las anteriores páginas, se dispondrá la relación de circuitos con:

- Las potencias estimadas para cada circuito en W; en los circuitos donde se conocen los componentes a instalar (como por ejemplo la cafetera) se ha calculado con la estimación de potencia de dichos componentes. En los circuitos en los que no, (por ejemplo, usos varios de los aseos y despachos) se ha utilizado el valor máximo que puede tener un enchufe en condiciones de utilización antes de poner en peligro su integridad, que es la equivalente a pasar 16A ($16A \times 230V = 3680W$).
- La intensidad de corte del interruptor magnetotérmico asignado al circuito en A.
- El N.º de interruptor diferencial que controlará cada circuito, así como su calibre en Amperios.
- Longitudes que tendrán que recorrer los conductores (en metros).
- Caídas de tensión (CDT) acumuladas porcentuales desde la derivación individual hasta un receptor cualquiera de cada circuito máximas que permite la reglamentación.
- Las CDT acumuladas porcentuales calculadas de cada circuito, que son en todo caso menores que las máximas permitidas debido a la correcta elección de la sección de sus conductores.
- Las CDT individuales porcentuales (que son las CDT individuales calculadas de cada circuito en voltios divididas por el voltaje de dicho circuito (230V en monofásico y 400V en trifásico), antes de añadir la CDT correspondiente a la derivación individual: Su suma compondrá la CDT acumulada de la columna anterior).
- Las CDT individuales calculadas de cada circuito en V.
- La intensidad real en A que pasa por el cable según la estimación realizada, resultado de dividir la potencia estimada del circuito por su voltaje.
- La intensidad máxima teórica en A, que es la intensidad que según la tabla de intensidades admisibles del conductor puede pasar por el cable según la sección elegida.

- El factor de corrección correspondiente a cada circuito dependiendo de las condiciones de su montaje que se aplicará para obtener la intensidad máxima total de cada uno de ellos.
- Las intensidades máximas totales que finalmente se calcula soportan los conductores, que siempre serán mayores o iguales que las de corte del interruptor magnetotérmico correspondiente (para prevenir daños a la instalación) y las que pasan por el cable (reales) en las condiciones de cálculo (es decir, que el propio funcionamiento del circuito en condiciones normales no haga saltar el interruptor magnetotérmico de dicho circuito)
- Secciones elegidas para los conductores que lo componen (en mm²).

Circuito	Descripción del circuito	Pot. Total (W)	I. Magnetot. (A)	Nº Diferencial (A)	Longitud (m)	CDT acum. Máx. (%)	CDT acum. (%)	CDT indiv. (%)	CDT indiv. (V)	I. real (A)	I. Máx. técnica (A)	Factor corrección	I. máximas soportada total (A)	Sección elegida (mm²)
C1	Secamos baños	3000	16 D1(40)		15	5,33	1.891,478801	1,546657501	3,557312253	13,043478	20	0,8	16	2,5
C2	Enchufes aseos usos varios y despachos	3680	16 D1(40)		20	5,33	2.864,465669	2,52964269	5,818181818	16	15,5	0,8	16	2,5
C3	Iluminación aseos y distribuidor, despachos	153	10 D2(40)		16	3,33	0,47501568	0,14023028	0,322529644	0,6652174	15,5	0,7	12,4	1,5
C4	Iluminación gasolinera 1	450	10 D2(40)		11	3,33	0,618375275	0,283553875	0,652179913	1,9565217	15,5	0,7	10,85	1,5
C5	Iluminación gasolinera 2	450	10 D2(40)		15	3,33	0,721485775	0,386664375	0,889328063	1,9565217	15,5	0,7	10,85	1,5
C6	Surtidores 1 y 3	1428	10 D2(40)		11	5,33	0,874707978	0,53986578	1,24173913	6,2086957	20	0,65	13	2,5
C7	Surtidores 2 y 6	1428	10 D3(40)		19	5,33	1,267352763	0,93251363	2,14482134	6,2086957	20	0,65	13	2,5
C8	Surtidores 4 y 5	1428	10 D2(40)		26	5,33	1,610916949	1,27609549	2,935019763	6,2086957	20	0,65	13	2,5
C9	1/3 Iluminación cafetería lum. Tienda lum. Descansillo y almacén	321	10 D3(40)		21	3,33	0,72097023	0,386148823	0,888442292	1,995622	15,5	0,8	12,4	1,5
C10	1/3 Iluminación cafetería focos barra media cocina 1	228	10 D4(40)		18	3,33	0,61940638	0,28458498	0,654545455	1,2	15,5	0,8	12,4	1,5
C11	1/3 Iluminación cafetería media cocina 2	228	10 D5(40)		26	3,33	0,72097023	0,339577247	0,781027668	0,9913043	15,5	0,8	12,4	1,5
C12	Usos varios cafetería	3680	16 D4(40)		35	5,33	4,76169887	4,42687747	10,18181818	16	20	0,8	16	2,5
C13	Enchufes almacén y usos varios cocina	3680	16 D6(40)		25	5,33	3,49687676	3,162055386	7,272727273	16	20	0,8	16	2,5
C14	Nevera 1 lavaplatos cocina	2900	16 D6(40)		20	5,33	2,328291068	1,993469668	4,58486237	12,608696	20	0,8	16	2,5
C15	Nevera 2 usos varios cocina	4000	25 D5(40)		16	5,33	1,2513539179	0,916537779	2,108036891	17,391504	36	0,8	28,8	6
C16	Bomba de calor 1	3680	16 D7(40)		21	5,33	2,990947882	2,656126482	6,109090909	16	20	0,8	16	2,5
C17	Bomba de calor 2	3000	16 D8(40)		16	5,33	1,984589401	1,6497688001	3,794466403	13,043478	20	0,8	16	2,5
C18	Bomba de calor 2 vitrinas cafetería neverilla	3000	16 D9(20)		20	5,33	2,397031407	2,062210002	4,743083004	13,043478	20	0,8	16	2,5
C19	Usos varios barra vitrinas cafetería neverilla	3680	16 D9(20)		25	5,33	3,49687676	3,162055386	7,272727273	16	20	0,8	16	2,5
C20	cafetería barra	1600	16 D7(40)		10	5,33	0,884744067	0,549922667	1,264822134	6,9565217	20	0,8	16	2,5
C21	Alumbrado exterior	1000	10 D3(40)		20	3,33	1,480493623	1,145672223	2,635046113	4,3478361	15,5	0,8	12,4	1,5
C22	Alumbrado exterior 2	1000	10 D4(40)		20	3,33	1,480493623	1,145672223	2,635046113	4,3478361	15,5	0,8	12,4	1,5
C23	Cuadro fotovoltaica	31500	63 D10(63)		10	0,5	0,178977273	0,178977273	0,715909091	45,466334	86	0,8	68,8	2,5
ACOM	Acometida (en aluminio)	37500	N/A		32	0,5	0,281954887	0,281954887	1,127819549	54	185	1	185	95
DI	Derivación individual	37500	63 N/A		10	1,5	0,334821429	0,334821429	1,339285714	54	82	1	82	2,5
							Cumplen todos						Cumplen todos	

Para lo relativo a los strings de fotovoltaica, se ha dispuesto:

- Voltaje de cada string en V, resultado de componer las placas que lo forman en serie.
- Potencia pico del string en W.
- Intensidad en A del fusible que controla dicho circuito antes de la llegada al inversor.
- Longitud del circuito en m.
- CDT acumulada máxima porcentual que permite la reglamentación (1% según se explica en la memoria).
- CDT acumulada porcentual calculada, que es el resultado de la suma de la CDT porcentual individual de cada string y de la CDT desde el cuadro general de mando y protección hasta el subcuadro de la instalación FV.
- CDT individual calculada de cada string en V.
- Intensidad que pasará por cada string en A.
- Sección elegida con tipo de cable en cada string en mm².

V	Descripción del circuito	Pot. Total (W)	I. Protección. (A)	Longitud (m)	CDT acum. Máx. (%)	CDT acum. (%)	CDT indiv. (%)	CDT indiv. (V)	I. real (A)	Cable elegido
720	String 1	8000	Fusible 20	36	1	0,600875421	0,420875421	3,03030303	11,111111	H1Z2Z2- 1.5/1.5 (1.8) KV de 6mm2
720	String 2	8000	Fusible 20	36	1	0,600875421	0,420875421	3,03030303	11,111111	H1Z2Z2- 1.5/1.5 (1.8) KV de 6mm2
720	String 3	8000	Fusible 20	36	1	0,600875421	0,420875421	3,03030303	11,111111	H1Z2Z2- 1.5/1.5 (1.8) KV de 6mm2
675	String 4	7500	Fusible 20	36	1	0,628933782	0,448933782	3,03030303	11,111111	H1Z2Z2- 1.5/1.5 (1.8) KV de 6mm2

Para asegurarnos de que los fusibles instalados en la CPM son del calibre correcto:

$$I_c \leq I_f \leq I_c$$
$$54 \leq 63 \leq 82$$

Donde:

I_c es la corriente de diseño del circuito de la instalación, en A.

I_f es la corriente asignada al fusible, en A.

I_c es la corriente máxima admisible por el conductor, en A.

Cálculo del electrodo de tierra:

La resistividad del terreno es de 450 Ωm , de acuerdo con un estudio hecho por una empresa especializada, encargado ya para las labores estructurales del edificio.

Así, la resistencia del electrodo será, según la tabla 5 de la ITC-18 del REBT (1) para un conductor enterrado horizontalmente:

$$R = \frac{2\rho}{L} = \frac{2 * 450}{80} = 11.25 \Omega$$

Siendo:

ρ = resistividad del terreno en Ohmios-metro

R = resistencia del anillo en Ohmios

L = longitud del conductor dispuesto en metros

Según la ITC-BT-18, apdo.9 (1), no se deberán superar las tensiones de contacto de:

- 24V en local o emplazamiento conductor (como estancias húmedas)
- 50V en los demás casos

Por lo tanto, teniendo que se utilizarán interruptores automáticos diferenciales de 30mA de sensibilidad, como caso más desfavorable, la tensión de contacto tendrá que ser menor de:

$$R_{anillo} \cdot I_{disparo} < 24$$

$$11.25 \times 0.03 = 0.3375 \ll 24$$

Visto el cálculo, vemos que nuestra tensión de contacto máxima será de 0.3375V, muy muy inferior al caso más desfavorable (un local húmedo, con tensión de 24V normativos), no siendo así necesario el uso de picas ni placas que favorezcan más conductividad en el terreno.

ANEXO 2: CÁLCULOS DE ILUMINACIÓN

1. Iluminación general

1.1. Luminancia

Se han tomado como referencia aquí el documento básico SU de seguridad de utilización sección 4 (seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada) del CTE (21), y la norma UNE 12464-1:2012 (19), así como la 12464-2:2012 (47), que describen las condiciones de iluminación en tareas interiores y exteriores, respectivamente.

El primero, establece los lux mínimos de iluminación a nivel de suelo para las zonas (en el caso que nos ocupa, interiores y exclusivas para personas, no escaleras) en 50 lux; además de fijar el factor de uniformidad media (relación entre iluminancia mínima y media de una instalación) de la iluminación de nuestros espacios en un mínimo del 40%.

En cuanto a la norma UNE, nos marca los lux mínimos, la uniformidad de la iluminación necesaria y el índice de reproducción cromática que se desarrollará en el área de trabajo, así como en el área circundante y en el fondo.

Tabla A2.1 Iluminancias mantenidas por área de trabajo que nos fija la norma UNE y las conseguidas.

Estancia	Lm/luminaria aportados	NºLuminarias necesarias	Lm totales	Área (m ²)	Lux medio dado	Lux req. medio	CRI luminaria	CRI min. requerido
Cafetería/Comedor	5060x0.7=3542	12	42504	214.44	198.6	200	>90	80
Cocina	5060x0.7=3542	4	17710	29.40	602	500	>90	80
Almacén	2740x0.7=1918	2	3836	28.34	135	100	>80	80
Despacho	3386x0.7=2370	4	9480	14.56	651	500	>90	80
Recepción	3386x0.7=2370	2	4740	10.72	442	300	>90	80
Tienda	1600x0.7=1120	8	8960	26.31	340	300	>80	80
Baño masculino	1975x0.7=1382	1	1382	4.5	307	200	>95	80
Baño femenino	1044x0.7=730	3	2190	10.11	216	200	>95	80
Distribuidor	1044x0.7=730	1	730	1.87	390	200	>95	80
Gasolinera	12399x0.7=8679	9	78111	483	161	150	>80	20

Como vemos, en todos los casos, y aplicando un coeficiente de pérdida de luminosidad de 0.7 por diferentes causas como el paso del tiempo o la suciedad, se supera el requerimiento reproducción cromática de la luminaria, así como el de lux requeridos (salvo el de la cafetería/comedor, por poco, pero se permite no sólo por ser una diferencia mínima, sino que además se deja a discreción del proyectista, no es una obligación mínima como en el resto de las estancias).

Además, en la estancia donde se requiere un esfuerzo visual grande, el despacho, nos aseguraremos con la renderización por iluminancia que ofrece Revit (metiendo los lúmenes que da cada luminaria, así como un factor de pérdida de iluminación por suciedad, efectos atmosféricos, pérdida de rendimiento con el tiempo... de 0.7), que se cumple dicha luminancia no sólo en la estancia en general, sino también en el área de trabajo, que será en la mesa de oficina:

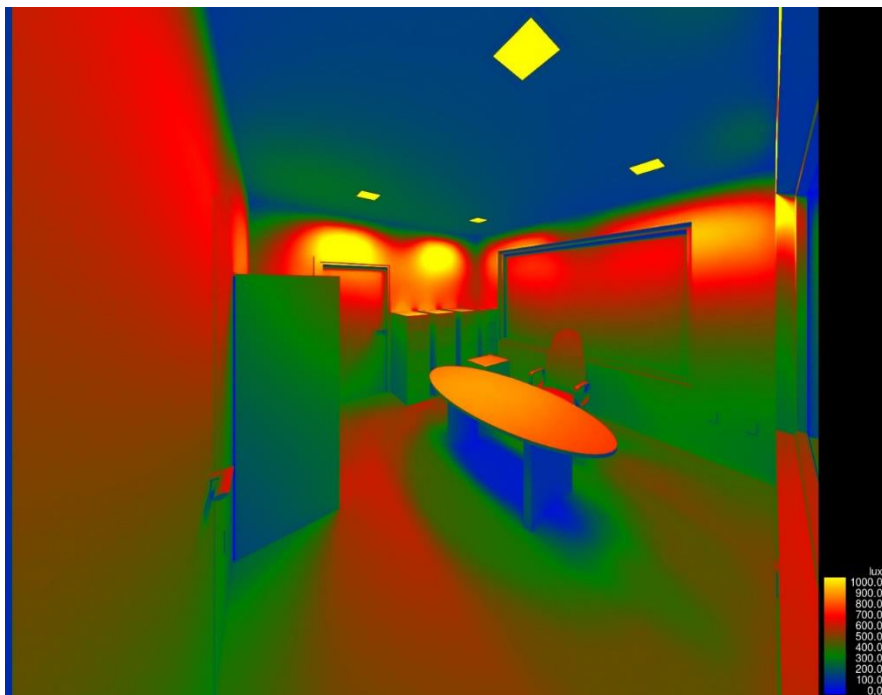


Figura A2.1. Cálculo de iluminancia del despacho 1.

Como apreciamos en la imagen, cumplimos con los 500 lux en la mesa donde se harán las actividades de “escritura, escritura a máquina, lectura y tratamiento de datos”, y tenemos una iluminancia en el suelo de paso casi constante de 500lx (cumpliendo con los 50 mínimos y el 40% de uniformidad del documento básico)

Por último, según la norma UNE-EN 12464-1:2012(19), procederemos a examinar la iluminación del área circundante, así como el del fondo; la norma indica que:

- El área de la tarea es el espacio donde se realiza el trabajo y tiene que cumplir con los lux exigidos anteriormente: cumplido, con 750lx
- El área circundante (banda con anchura de al menos 0.5m alrededor del área de la tarea) debe proporcionar una distribución de luminancias bien equilibrada en el campo de visión y cumplir con la siguiente tabla:

Tabla A2.2. Relación entre iluminancias de áreas circundantes inmediatas con la iluminación del área de tarea.

Iluminancia del área de tarea E_{tarea} lx	Iluminancia de áreas circundantes inmediatas lx
≥ 750	500
500	300
300	200
200	150
150	E_{tarea}
100	E_{tarea}
≤ 50	E_{tarea}

Donde tendremos que deberemos cumplir con al menos 300lx: cumplido con un mínimo de 350lx en el área alrededor de la mesa.

- Por último, en la iluminancia del fondo (franja de al menos 3m de anchura contigua al área circundante) debe iluminarse con al menos 1/3 del valor de lux en dicha área, quedando:
 - $300/3= 100$ lx mínimos: cumplidos en el suelo y paredes, con un mínimo de 250lx en el peor de los casos del conjunto de éstos.

1.2. VEEI

Para finalizar, se calculará la eficiencia energética de las instalaciones de iluminación para cumplir con la exigencia básica HE-3 del código técnico de edificación (21), que es de obligatoria aplicación en edificios de nueva construcción (este caso).

El VEEI (valor de eficiencia energética de la instalación), depende de la siguiente fórmula:

$$VEEI = \frac{Pt \times 100}{S \times Em}$$

Siendo:

- *Pt* la potencia total en W
- *S* la superficie iluminada en m²
- *Em* la iluminancia media mantenida (en lux, con los mínimos de la SU4 y 12464.1:2012)

Y tendrá que ser, como máximo de:

- 3.5 a 5 W/m² por cada 100 lux en zonas de no representación (zonas en los que la imagen, diseño o estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación es secundario a otros criterios como el nivel de iluminación, confort visual, la seguridad y la eficiencia energética.
- 6 a 12 W/m² por cada 100 lux en zonas de representación (donde las sensaciones a transmitir al usuario son más importantes que las características anteriormente citadas)

Nuestras estancias serán todas zonas de no representación, al buscar siempre la utilidad de la iluminación más allá del diseño de ésta.

Así los valores límites del VEEI están dados en la siguiente relación del documento básico:

Tabla A2.3. Valores límite de eficiencia energética de la instalación.

grupo	Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
1 zonas de no representación	administrativo en general	3,5
	andenes de estaciones de transporte	3,5
	salas de diagnóstico ⁽⁴⁾	3,5
	pabellones de exposición o ferias	3,5
	aulas y laboratorios ⁽²⁾	4,0
	habitaciones de hospital ⁽³⁾	4,5
	zonas comunes ⁽¹⁾	4,5
	almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	5
	aparcamientos	5
	espacios deportivos ⁽⁵⁾	5
	recintos interiores asimilables a grupo 1 no descritos en la lista anterior	4,5

Por tanto, la siguiente tabla muestra los cálculos de VEEI por estancia con sus respectivos requerimientos:

Tabla A2.4. Cálculos de VEEI.

Estancia	W/luminaria	N.º Luminarias	VEEI conseguido	VEEI requerido
Cafetería/Comedor	38 + 8	12 + 6	1,18343795	4.5
Cocina	38	4	0,858815287	5
Almacén	20	2	1,045505633	5
Despacho	26	4	1,097213079	3.5
Recepción	26	2	1,097453907	3.5
Tienda	15	8	1,341471594	4.5
Baño masculino	13	1	0,941006153	4.5
Baño femenino	9	3	1,236399604	4.5
Distribuidor	9	1	1,234060058	4.5
Gasolinera	100	9	1,157362756	4.5

Como vemos, todos los valores están muy por debajo de lo exigido, gracias a la tecnología LED, y a su correcta distribución y cálculo. Cumpliendo por lo tanto con la norma y haciendo ver de la gran eficiencia energética de la instalación que realizaremos.

Además, dicho documento también requiere de uso de temporizadores en las áreas donde la entrada de personas es aleatoria, no controlada, ni permanente (zonas de uso esporádico), por lo que se hará uso de estos en los aseos para cumplir con este apartado.

2. Iluminación de emergencia

A continuación, se realizarán los cálculos necesarios para determinar el número de aparatos autónomos a instalar para cumplir como mínimo las condiciones fijadas por la normativa: Iluminación mínima de 1 lux en el eje de los pasos principales, y de 5 lux en los puntos de situación de instalaciones contraincendios que necesiten de accionamiento manual, así como en los cuadros eléctricos.

Para los cálculos se supondrá un nivel medio de aproximadamente 5lm/m², quedando garantizado entonces 1 lux en el eje de los pasos principales, así como 5 lux en cuadros y equipos de extinción de incendios de accionamiento manual, ya que se colocará un equipo sobre cada uno de ellos.

Tabla A2.4. Cálculos de iluminación de emergencia.

Estancia	Área	lux req.	lm requerido	lm obtenido	Nº emergencias por características: W(lm)						
					3(60)	3(110)	5(150)	6(200)	7(300)	7(400)	7(500)
Cafetería/Comedor	214,44	5	1072,2	1100		10					
Cocina	29,40	5	147	180	3	0					
Almacén	28,34	5	141,7	220		2					
Despacho	14,56	5	72,8	110		1					
Recepción	10,72	5	53,6	60	1						
Tienda	26,31	5	131,55	120	2						
Baño masculino	4,50	5	22,5	60	1						
Baño femenino	10,11	5	50,55	120	2						
Distribuidor	1,87	5	9,35	60	1						

Como se puede ver, obtenemos en todos los casos mayor iluminación que la mínima requerida, salvo en el caso de la cafetería/comedor, por poco, que estando incluida en el mismo establecimiento que la tienda haría que ambas cumplieran con lo reglamentado.

ANEXO 3: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Para este apartado hemos usado el programa de SMA (que es un fabricante de inversores y todo su ecosistema bastante conocido), *Sunny Design*.

Dicho programa es gratuito y accesible a todo el mundo, y sólo requiere de registrarse con la cuenta de correo electrónico para hacer los cálculos.

Una vez en él iniciamos un nuevo proyecto y metemos el punto de instalación:

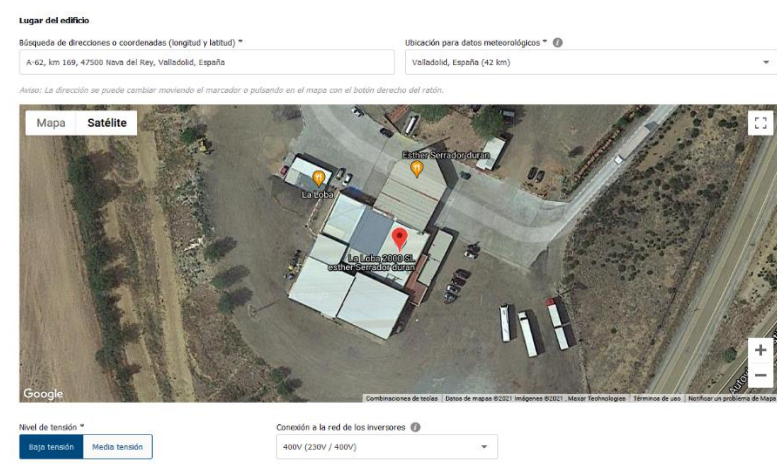


Figura A3.1. Vista satélite del emplazamiento.

Y el tipo de local que es con una estimación de la energía consumida en el año y su evolución de consumo a lo largo del día:

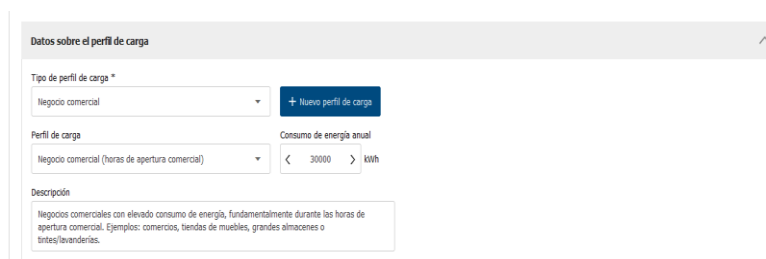


Figura A3.2. Determinación del tipo de local con estimación energética.

Luego nos llevará al editor de módulos FV, en este caso como tenemos el edificio con sus cotas en Revit es simplemente hacer un cubo (que coincide con la forma del sitio donde pondremos las placas) con la altura, ancho y largo del sotechado real:



Figura A3.3. Editor de módulos del programa.

Para finalizar con este apartado de diseño, simplemente elegiremos la placa que queremos y la inclinación, azimut, distancia de fila y de columna, cuyos valores calcularemos a continuación. Notar que se deja un pasillo a la derecha de las filas para que la persona encargada del montaje y posible mantenimiento pueda pasar con facilidad de lado a lado del sotechado.

Veremos, como iteración inicial, el dimensionamiento si llenáramos el lugar de placas:

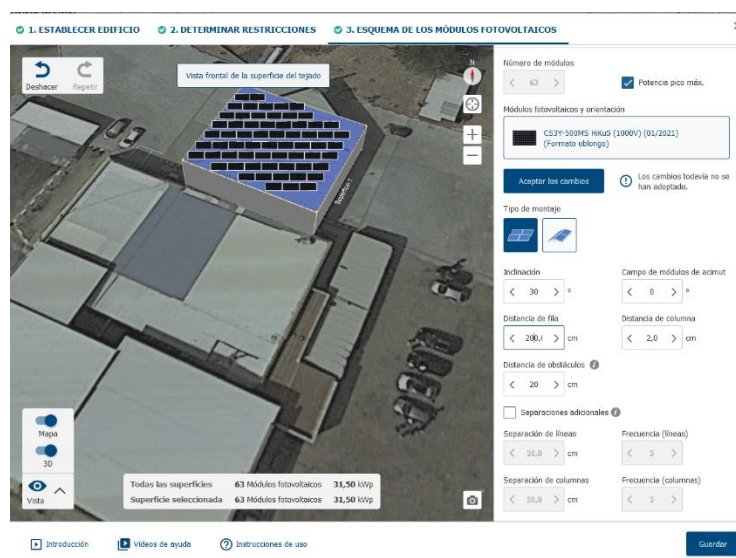


Figura A3.4. Iteración inicial del programa.

Como vemos, a priori el número de placas elegidas (63) coincide más o menos en kWp (31.5kWp) con la potencia de la instalación en la previsión de cargas (24kW), por lo que parece correcto el dimensionamiento grosso modo (obviamente no es un dato exacto puesto que el Wp es una medida “ideal” y el consumo del local no es constante a lo largo del tiempo, teniendo periodos de consumos punta y periodos de consumos bajos, depende del clima de ese día, etc..).

Cálculo de los valores de inclinación y azimut



Figura A3.5. Esquema de ángulos de una placa solar.

El *valor de azimut* se define como el ángulo formado entre el sur y la dirección perpendicular a la superficie de la placa. Si miraran hacia el norte, por ejemplo, el ángulo sería de 180°.

Cuanto menor sea el azimut, salvo que haya sombras o elementos que puedan interferir en ella, la radiación será mayor, razón por la cual siempre se tenderá a poner las placas mirando lo más al sur posible.

En este caso concreto, no tenemos ningún elemento que nos estorbe, así que el azimut será 0°; es decir, las placas estarán mirando totalmente al sur para que su rendimiento sea óptimo.

En cambio, la *inclinación* es el ángulo entre la placa fotovoltaica y el plano horizontal que pasa por su parte apoyada más baja. Una placa totalmente tumbada en el suelo “sin levantar” tiene un ángulo de inclinación de 0°.

El ángulo de inclinación óptimo para un captador estático (nuestro caso) viene dado por la siguiente fórmula (del libro “Energía solar fotovoltaica. Autoconsumo. Energía solar térmica”, de Abraham Ruiz Gómez (47)), basada en el análisis estadístico de la radiación solar sobre superficies con distintas inclinaciones dependiendo de la latitud del lugar donde se instala:

$$\beta = 3,7 + 0,69 \times |\varphi|$$

De donde:

β es el ángulo de inclinación óptimo de la placa (en °)

φ es la latitud del lugar de instalación (en °)

En nuestro particular la latitud del sitio es 41° N, por lo que sustituyendo en la fórmula:

$$\beta = 3,7 + 0,69 \times |41| = 31,99^\circ$$

Por lo que 32° será la inclinación óptima, y por lo tanto la escogida para nuestra instalación; a continuación, vamos a comprobar dicho resultado.

El mismo libro indica, por medio de la siguiente tabla, las inclinaciones óptimas de los paneles según su uso para un cálculo rápido:

Tabla A3.1. Cálculo de ángulos de inclinación óptima.

Tipo de instalación	Uso	Máxima captación	Inclinación óptima
Conectadas a la red	Anual	Anual	$\beta_{opt} = \Phi - 10$
Bombeo de agua	Anual	Verano	$\beta_{opt} = \Phi - 20$
Autónomas de consumo anual constante	Anual	Periodo de menor radiación (por ejemplo, invierno).	$\beta_{opt} = \Phi + 10$

Cogiendo la primera opción, cuyas incógnitas son las mismas que en la fórmula anterior:

$$\beta = 41 - 10 = 31^\circ$$

Que coincide con el valor que obtuvimos antes.

Además de esto, comprobaremos que el valor se encuentra entre un mínimo y un máximo por el método de pérdidas límites por orientación, inclinación o sombras.

Este método viene dado por la siguiente tabla de valores, del CTE(21), que expresa los valores límite de pérdidas de los equipos:

Tabla A3.2. Pérdidas límite.

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

Nuestro caso será el general, puesto que las placas se encuentran sobre una superficie horizontal, no superpuestas a cubiertas o fachadas inclinadas (superposición) ni formando parte de la envolvente del edificio (integración arquitectónica). Por tanto, cogeremos las pérdidas de un 10%.

A continuación, con el diagrama de irradiación para latitud 41° , teniendo el ángulo de inclinación y el acimut, para un aprovechamiento solar de un 90-95% (debido a un 10% de pérdidas de orientación e inclinación):

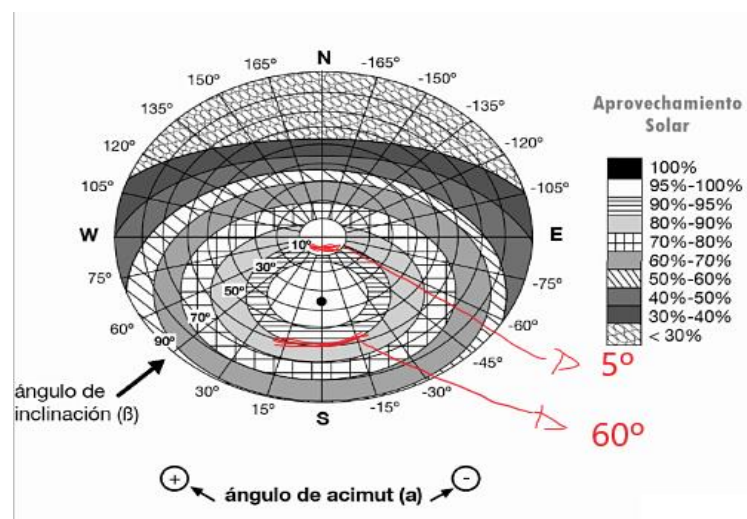


Figura A3.6. Cálculo de ángulos de acimut.

Vemos que la inclinación máxima es de 60° y la mínima de 5° , por lo tanto, el valor obtenido anteriormente (de 31 o 32° es totalmente correcto).

Cálculo de la distancia entre filas de placas

Pese a que ya hemos obtenido la orientación e inclinación que seguirán nuestras placas, ahora debemos ver que entre ellas no se tapan, lo que resultaría en una pérdida de rendimiento considerable de nuestro campo fotovoltaico.

El cálculo corresponde a geometría básica; sabemos que la altitud mínima del sol durante el año (que se produce en el solsticio de invierno, el 21 de diciembre) es de 25° sobre el horizonte. Por tanto, nos queda el siguiente esquema de dos filas de placas contiguas:

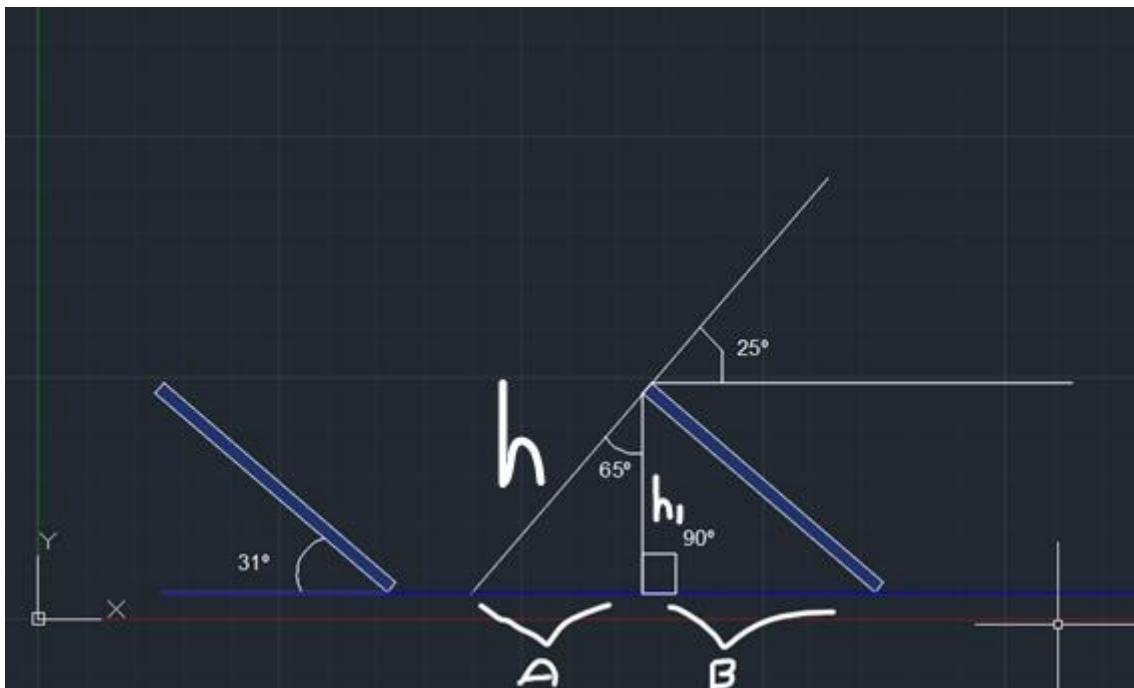


Figura A3.7. Esquema de espacio mínimo entre placas.

La separación mínima que deben de tener es la suma de la distancia A y B para no hacerse sombra entre ellas; se presupone que el resto del año, como la inclinación del sol va a ser mayor con respecto al horizonte (está más arriba), el cálculo con 25° será el más desfavorable.

La distancia "B" viene dada por:

$$B = \cos 31 \times \text{ancho placa} = 0.84 \times 1.05 = 0.89 \text{ m}$$

La distancia "A" tiene algo más de proceso de cálculo, puesto que no la podemos obtener directamente:

$$A = \sin 65 \times h$$

Pero no tenemos el valor de h, así que habrá que sacarlo de la siguiente relación:

$$\cos 65 = \frac{\text{altura } h1}{h}$$

La altura del triángulo formado la tenemos, es:

$$\text{altura } h1 = \sin 31 \times 1.05 = 0.54 \text{ m}$$

Por lo que sustituyendo:

$$h = 0.54 \div \cos 65 = 0.54 \div 0.42 = 1.18 \text{ m}$$

Obteniendo finalmente nuestra longitud de A:

$$A = \sin 65 \times 1.18 = 1.07 \text{ m}$$

Así que la distancia entre la base de una fila y la siguiente deberá ser:

$$\text{Distancia} = A + B = 1.96 \text{ m}$$

En el programa se ha puesto 2m (200cm) para dejar algo más de margen, puesto que este cálculo es con el sol al mediodía en Diciembre (que es cuando más producen, al mediodía solar), pero en horas no centrales puede ser incluso menor.

Siguiendo con el programa, ya tenemos los módulos instalados para el cálculo de producción anual, sólo nos falta rellenar los datos del inversor y comunicaciones; obteniendo finalmente las previsiones de producción y consumo de la simulación que corre por detrás este programa:



Figura A3.8. Datos otorgados por el programa.

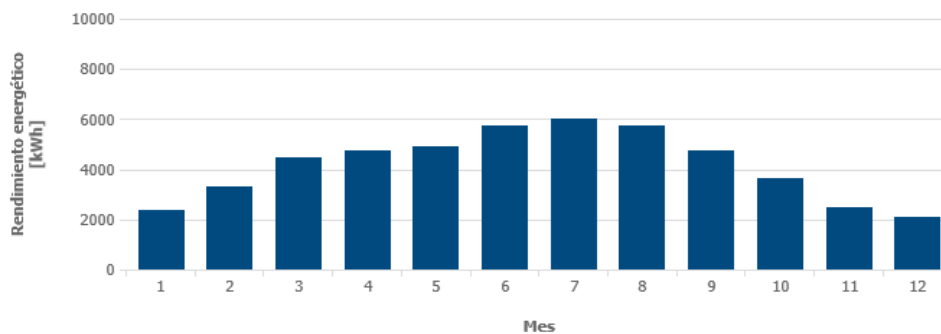


Figura A3.9. Rendimiento energético por mes.

Como vemos, al no coincidir exactamente el consumo con la producción (por ejemplo, al consumir energía por la noche, o en exceso durante el día, o estar parado el consumo durante la mañana y las placas produciendo...), se comparte energía con la red sólo autoconsumiendo en el momento el 33.8% de la energía que se consume durante el año, concretamente:

- Se inyectan 33188 kWh a la red
- Se consumen 13074 kWh de la red

Por lo que nuestro cálculo está bien dimensionado; ya que, al trabajar nuestra instalación en régimen de autoconsumo con compensación de excedentes, la compañía comercializadora paga la energía a razón de 1/3 del precio del kWh consumido de la red, por lo que conseguiremos con este sistema igualar el coste del consumo con lo vertido a la red de distribución, y que la factura de consumo de energía eléctrica sea mínima.

El programa, ya en una labor económica y de informar al cliente, también nos simula el coste de la energía que nos ahorraremos con el autoconsumo:










	Costes de la energía ahorrados en el primer año 	4.739 EUR
	Ahorro total al cabo de 20 año(s) 	187.448 EUR
	Costes de la energía ahorrados pasados 20 año(s) 	125.166 EUR
	Tiempo de amortización estimado 	0,0 a
	Reducción de CO ₂ al cabo de 20 año(s)	337 t

Figura A3.10. Parámetros de ahorro con autoconsumo.

Como conclusión, y relacionado con la anterior imagen, podemos ver que el autoconsumo no solo nos ayuda a ser más ecológicos y autosuficientes con la energía que consumimos, sino que también ayuda al ahorro económico del propietario de la estación de servicio.

