



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería eléctrica

**Instalación eléctrica en una nave
industrial e instalación fotovoltaica.**

VILLANUEVA MUÑOZ, ENRIQUE

Tutores:

**Muñoz Cano, Manuel.
Pérez García, Julián Manuel.**

**Departamento:
Ingeniería eléctrica**

Valladolid, Junio de 2024.

AGRADECIMIENTOS

Quería dar las gracias a mis compañeros de clases durante estos años que hemos estado juntos resistiendo.

A mis profesores en especial a los de electricidad, y sobre todo a Manolo y Julián por haber podido realizar este TFG con ellos.

Gracias a Juan Pablo, por ayudarme a conseguir los datos necesarios para poder haber realizado este TFG y sus consejos.

Y por último y más importante a mis amigos del pueblo, a Clara y en especial a mis padres por apoyarme y soportarme durante estos años.

RESUMEN

Este trabajo fin de grado, se centra en el diseño de la instalación eléctrica y fotovoltaica de una nave industrial con actividad como taller metalúrgico, ubicada en Villanubla, Valladolid.

Al ser un taller metalúrgico no existe un proceso productivo en sentido estricto, si no que en todo el momento el trabajo se va adaptando según la demanda del taller.

Se ha realizado un estudio de cargas de la nave, y a partir de dicho estudio se ha diseñado el esquema unifilar, repartiendo las cargas de la forma más eficiente. Sumando una potencia total de 307,6 kW.

Respecto a la instalación fotovoltaica, se han analizado los consumos del taller a lo largo de un año, y a partir de este análisis se ha hecho un estudio energético, económico y técnico para estimar la potencia óptima, siendo está de 47,5 kWp, con un total de 108 paneles de 440 Wp. El objetivo principal es reducir la facturación de energía eléctrica, acogiéndose a la modalidad con compensación y favorecer al medioambiente al autoabastecerse de energía limpia y renovable.

Palabras clave: Instalación eléctrica, baja tensión, fotovoltaica, energía, autoconsumo.

ABSTRACT

This final degree project focuses on the design of the electrical and photovoltaic installation of an industrial warehouse with activity as a metallurgical workshop, located in Villanubla, Valladolid.

Being a metallurgical workshop, there is no production process in the strict sense, but at all times the work is adapted according to the demand of the workshop.

A study of the ship's loads was carried out, and from this study the single-line scheme was designed, distributing the loads in the most efficient way. Adding a total power of 307.6 kW.

Regarding the photovoltaic installation, the workshop consumption has been analyzed over the course of a year, and based on this analysis an energy, economic and technical study has been carried out to estimate the most optimal power, which is 47.5 kWp. with a total of 108 panels of 440 Wp. The objective being to reduce the billing of electrical energy, taking advantage of the modality with compensation and favoring the environment by self-supplying clean and renewable energy.

Keywords: Electrical installation, low voltage, photovoltaic, energy, self-consumption.

ÍNDICE GENERAL

1.-INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	1
2.-MEMORIA.....	13
3.-CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.....	89
4.-MEDICIONES Y PRESUPUESTO	107
5.-CONCLUSIONES	115
6.-BIBLIOGRAFÍA.....	119
7.-ANEXOS	123



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Introducción

En un contexto en el que la eficiencia energética y la utilización de fuentes de energía renovables se han convertido en aspectos cruciales para el desarrollo sostenible de la industria, este trabajo aborda la necesidad de implementar soluciones técnicas que cumplan los requerimientos funcionales y de seguridad de una nave industrial, además de contribuir a la reducción de energía consumida y al cuidado del medio ambiente.

La nave industrial objeto de este estudio está destinada a la actividad de taller metalúrgico y se ubica en Villanubla, Valladolid. Con una superficie de 1200 m², la nave requiere una planificación tanto de la distribución de cargas eléctricas como de la integración de un sistema fotovoltaico que aproveche al máximo la orientación y las características estructurales del edificio.

Para ello, se ha realizado un estudio exhaustivo de las necesidades energéticas del taller, considerando los consumos actuales. A partir de estos datos, se ha diseñado un esquema unifilar detallado que optimiza la distribución de las cargas eléctricas, garantizando la eficiencia y la seguridad de la instalación.

Asimismo, se ha llevado a cabo un análisis energético, económico y técnico para dimensionar adecuadamente la instalación fotovoltaica. Con una potencia óptima estimada de 47,5 kWp y la instalación de 108 paneles solares de 440 Wp cada uno, se busca no solo reducir la dependencia de la red eléctrica convencional, sino también aprovechar la modalidad de compensación para disminuir significativamente la factura eléctrica del taller.

Gracias a la instalación fotovoltaica, tenemos una fuente limpia y renovable que no emite gases de efecto invernadero, contribuyendo a la mitigación del cambio climático, al reducir la dependencia de la nave industrial de los combustibles fósiles.

Económicamente hablando, la instalación fotovoltaica supone una inversión alta pero es recuperada en unos pocos años gracias al ahorro de las facturas de energía eléctrica.

Energéticamente, la nave será más eficiente debido a la generación de energía in situ y no producirse pérdidas asociadas al transporte de energía a través de largas distancias, y así se mejora la eficiencia energética general del sistema.

1.2 Objetivos

El presente Trabajo Fin de Grado tiene como objeto principal el diseño, justificación y estudio de la instalación eléctrica y fotovoltaica para una nave industrial.

De esta forma aparte de contribuir a las disminuciones de CO₂, proporcionaremos una forma de generación propia, fomentado el modelo de una generación distribuida.

También se producirá un beneficio económico gracias al modelo de compensación de excedentes.

Derivados del anterior objetivo principal, se han establecido los siguientes objetivos específicos:

- Estudio de previsión de cargas del taller metalúrgico, para realizar la distribución de la instalación eléctrica.
- Diseño del esquema unifilar de la nave industrial con el programa DmELECT, con el objetivo que este lo mejor equilibrado que sea posible y que para en caso de avería de algún circuito de la nave afecte en la menor medida al resto de la instalación. Los dispositivos de protección estarán coordinados, siendo selectivos.
- Distribución de los cuadros eléctricos, en el perímetro interior de la nave.
- Estudio de los consumos horarios durante un año del taller metalúrgico, extraídos gracias a la aplicación de I-DE.
- Diseño de la disposición y características técnicas de la instalación fotovoltaica, a partir de su potencia óptima.
- Determinación de la modalidad de la instalación fotovoltaica.
- Análisis del recurso solar con el programa PVsyst, con el objetivo de realizar un estudio de producción de la instalación fotovoltaica.
- Estudio económico y energético de la instalación fotovoltaica, para ver la viabilidad de la instalación

La estructura del proyecto es la siguiente:

- Memoria
- Cálculos
- Presupuesto
- Conclusiones
- Bibliografía
- Anexos
 - Planos
 - Pliego de condiciones técnicas
 - Estudio básico de seguridad y salud
 - Fichas técnicas

En la Memoria se describe con detalle la instalación de la nave industrial en la que estamos trabajando, al igual que con el diseño de la instalación eléctrica y fotovoltaica.

En el documento de Cálculos se justifica los cálculos empleados para la selección de la sección y protecciones necesarias tanto para la instalación eléctrica y fotovoltaica.

En el siguiente documento, Medición y presupuesto, se resumen los materiales necesarios para la realización del proyecto, indicando cantidades y precios unitarios y totales.

A continuación, expondremos las Conclusiones a las que hemos llegado en la realización del trabajo.

En el apartado Bibliografía, se citan los documentos, páginas web y software empleados para la realización de este trabajo.

El último documento será los Anexos, donde se incluyen los Planos, tanto de la instalación eléctrica como la fotovoltaica, los cuales permiten una identificación detallada de la instalación eléctrica y fotovoltaica, con los planos de ubicación, conexionado y unifilares, el Pliego de condiciones técnicas, el Estudio básico de seguridad y salud, por último las fichas técnicas de los materiales.



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

MEMORIA

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UNA NAVE E INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

ÍNDICE DE LA MEMORIA

2	MEMORIA.....	13
2.1	Alcance y justificación del proyecto.....	13
2.2	Antecedentes	13
2.2.1	Estado actual de la generación de energía.....	14
2.2.2	Funcionamiento de la energía solar fotovoltaica	15
2.3	Reglamentación y normativas vigentes	17
2.4	Herramientas digitales.....	19
2.5	Diseño de la instalación eléctrica	19
2.5.1	Características de la nave	19
2.5.2	Proceso productivo.....	19
2.5.3	Cargas eléctricas.....	25
2.6	Descripción de la instalación eléctrica	33
2.6.1	Autogeneración	33
2.6.2	Acometida.....	33
2.6.3	Instalación de enlace.....	33
2.6.4	Esquema de distribución	36
2.6.5	Instalaciones interiores	37
2.6.5.1	Conductores	37
2.6.5.2	Identificación de los conductores.....	38
2.6.5.3	División de las instalaciones.....	38
2.6.5.4	Equilibrado de cargas.....	39
2.6.5.5	Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica	39
2.6.5.6	Conexiones	40
2.6.5.7	Sistema de instalación	40
2.6.6	Protección contra sobreintensidades	42
2.6.7	Protección contra sobretensiones	43
2.6.7.1	Medidas para el control de sobretensiones.....	44
2.6.7.2	Selección de los materiales en la instalación.....	44
2.6.8	Protección contra contactos directos e indirectos.....	45
2.6.8.1	Protección contra contactos directos	45
2.6.8.2	Protección contra contactos indirectos	45

2.6.9	Puestas a tierras	46
2.6.9.1	Uniones a tierra.....	47
2.6.9.2	Conductores de equipotencialidad.....	50
2.6.9.3	Resistencias de las tomas de tierras	50
2.6.10	Receptores de alumbrado	51
2.6.11	Receptores a motores.....	51
2.6.12	Batería de condensadores	52
2.7	Diseño de la instalación fotovoltaica	53
2.7.1	Situación y emplazamiento	53
2.7.2	Descripción del edificio y de la actividad	53
2.7.3	Consumos.....	54
2.7.4	Comparación de tarifas	57
2.7.5	Modalidad de instalación fotovoltaica.....	57
2.7.6	Dimensionamiento de la instalación	58
2.7.6.1	Optimización de la potencia a instalar.....	59
2.7.7	Solución adoptada	63
2.7.8	Descripción de la instalación	64
2.7.8.1	Módulos fotovoltaicos.....	65
2.7.8.2	Inversor.....	66
2.7.8.3	Campo fotovoltaico	67
2.7.8.4	Cableado	67
2.7.8.5	Protecciones.....	71
2.7.8.6	Monitorización.....	72
2.7.9	Análisis de la instalación	73
2.7.10	Análisis energético	76
2.7.11	Análisis económico. Viabilidad de la inversión	79

ÍNDICE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1.-Potencia neta instalada en España [2].....</i>	<i>14</i>
<i>Ilustración 2.-Evolución de la potencia instalada renovable en España [2]....</i>	<i>15</i>
<i>Ilustración 3.-Mapa irradiación promedio Europa [3].....</i>	<i>17</i>
<i>Ilustración 4.-Fases del proceso productivo [8].....</i>	<i>21</i>
<i>Ilustración 5.-Cizalla de guillotina [8]</i>	<i>21</i>
<i>Ilustración 6.-Sierra de cinta [8]</i>	<i>22</i>
<i>Ilustración 7.-Cortadora de plasma [9].....</i>	<i>22</i>
<i>Ilustración 8.-Plegadora hidráulica [8]</i>	<i>23</i>
<i>Ilustración 9.-Punzonadora [10]</i>	<i>24</i>
<i>Ilustración 10.-Puente grúa [11].....</i>	<i>24</i>
<i>Ilustración 11.-Esquema para un único usuario [5].....</i>	<i>34</i>
<i>Ilustración 12.-Esquema de distribución tipo TT [5].....</i>	<i>37</i>
<i>Ilustración 13.-Caídas de tensión para un único usuario [5]</i>	<i>37</i>
<i>Ilustración 14.- Esquema de los componentes de puesta a tierra [5].....</i>	<i>48</i>
<i>Ilustración 15.- Emplazamiento nave (Fuente: Google Earth)</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 16.-Consumos extraídos de I-DE (Fuente: App de I-DE).....</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 17.-Consumos mensuales (Fuente: elaboración propia)</i>	<i>55</i>
<i>Ilustración 18.- Sombreados cercanos de PVsyst (Fuente: PVsyst).....</i>	<i>62</i>
<i>Ilustración 19.-Índices solares (Fuente: Elaboración propia)</i>	<i>64</i>
<i>Ilustración 20.-Panel Longi 440 Wp (Fuente: Ficha técnica).....</i>	<i>65</i>
<i>Ilustración 21.-Inversor Huawei (Fuente: Elaboración propia).....</i>	<i>66</i>
<i>Ilustración 22.-Sombreado instalación (Fuente: PVsyst).....</i>	<i>73</i>
<i>Ilustración 23.-Rendimiento instalación (Fuente: PVsyst).....</i>	<i>73</i>
<i>Ilustración 24.-Producciones instalación (Fuente: PVsyst)</i>	<i>74</i>
<i>Ilustración 25.-Diagrama de entrada/salida (Fuente: PVsyst)</i>	<i>74</i>
<i>Ilustración 26.-Diagrama de pérdida (Fuente: PVsyst).....</i>	<i>75</i>
<i>Ilustración 27.-Estudio generación (Fuente: Elaboración propia).....</i>	<i>77</i>
<i>Ilustración 28.-Curva consumo-generación (Fuente de elaboración propia) ..</i>	<i>78</i>

ÍNDICE TABLAS

<i>Tabla 1.- Salidas 1-7 cuadro general de distribución (Fuente: Elaboración propia).....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 2.-Salidas 8-14 Cuadro general de distribución (Fuente: Elaboración propia).....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 3.- Subcuadro de extracción (Fuente: Elaboración propia)</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 4.- Subcuadro de sierras (Fuente: Elaboración propia)</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 5.-Subcuadro soldadura (Fuente: Elaboración propia)</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 6.- Subcuadro oficina (Fuente: Elaboración propia).....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 7.-Subcuadro fuerza nave 1 (Fuente: Elaboración propia).....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 8-Subcuadro de fuerza nave 2 (Fuente: Elaboración propia).....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 9.-Subcuadro alumbrado de la nave (Fuente: Elaboración propia)</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 10.-Subcuadro climatización nave (Fuente: Elaboración propia).....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 11.-Potencia total instalada (Fuente: Elaboración propia).....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 12.-Sección de los conductores de protección [5].....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 13.-Identificación de conductores [5]</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 14.-Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica [5].....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 15.-Tensiones soportadas por impulsos según la tensión nominal [5] .</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 16.-Secciones mínimas de los conductores de tierra [5]</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 17.-Consumos mensuales (Fuente: elaboración propia).....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 18.-Potencias objeto de estudio (Fuente: Elaboración propia).....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 19.-Comparación de potencias (Fuente: Elaboración propia)</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 20.- Características panel (Fuente: Elaboración propia).....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 21.- Características inversor (Fuente: Elaboración propia).....</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 22.- Características campo fotovoltaico (Fuente: Elaboración propia) ..</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 23.-Características de los strings (Fuente: Elaboración propia).....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 24.-Sección de CC (Fuente: Elaboración propia)</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 25.-Sección de CA (Fuente: Elaboración propia)</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 26.- Tabla C.52.1 bis [Fuente: normas UNE].....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 27.-Estudio energético (Fuente: Elaboración propia)</i>	<i>77</i>

Tabla 28 Estudio anual (Fuente: Elaboración propia)..... 80
Tabla 29.- Estudio 25 años (Fuente: Elaboración propia)..... 82

2 MEMORIA

2.1 Alcance y justificación del proyecto

Como punto final al estudio del Grado en Ingeniería Eléctrica en la Universidad de Valladolid, se realiza el presente Trabajo de Fin de Grado: “Instalación eléctrica en una nave industrial e instalación fotovoltaica”.

Para ello se realiza el diseño de la instalación eléctrica con el objetivo de obtener una distribución útil y eficiente de la nave industrial.

Hemos escogido una instalación fotovoltaica con el fin de aprovechar el recurso solar y las propias instalaciones de la nave, para poder reducir la factura de energía eléctrica.

La vida útil de una instalación fotovoltaica es entre 25/30 años. Se trata de una inversión que se puede amortizar en la mitad de años de vida de la instalación. Además, se trata de una fuente de generación propia y de origen renovable.

Podemos resumir el alcance del proyecto en los siguientes puntos:

- Diseño de la disposición y características técnicas de la instalación eléctrica de baja tensión, con todos sus elementos de protección asociados.
- Estudio de consumos de energía eléctrica.
- Diseño de la disposición y características técnicas de la instalación fotovoltaica.
- Determinación de la producción energética y viabilidad económica de la instalación fotovoltaica.

2.2 Antecedentes

Desde hace ya varios años, el modelo energético está en una etapa de transición hacia la mayor incorporación de energías de carácter renovable, debido a la imposibilidad de mantener en el tiempo el actual sistema energético, basado de forma prácticamente completa en energías convencionales (Centrales térmicas, nucleares, de gas y ciclos combinados).

Esto se ve incrementado por las diferentes crisis de energía y guerras que existen a nivel mundial, lo que provoca aumentos de precio de la materia prima. Es cierto, que en 2023 el precio medio final de la energía resulta aproximadamente la mitad del año anterior.

Por ello se prioriza un modelo energético donde el consumo de energía sea de origen renovable y cercano a los puntos de consumos buscando reducir la factura energética y ser respetuosos con el medio ambiente.

2.2.1 Estado actual de la generación de energía

El parque de generación con fuentes de energía renovables en España a finales de 2023 ascendió a 77.039 MW y con él se ha producido el récord histórico del 50,3 % de la generación total.

España se sitúa en la segunda posición europea en capacidad renovable instalada y en generación eólica y solar, como se muestra en la Ilustración 1.

- Potencia neta instalada

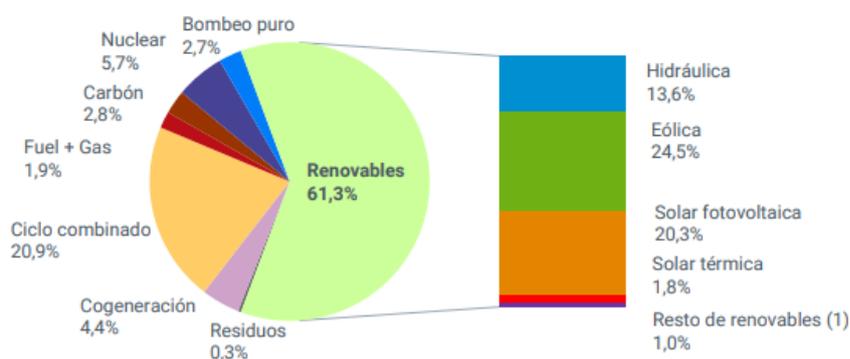


Ilustración 1.-Potencia neta instalada en España [2]

El entorno energético en España en el año 2023 ha continuado avanzando en su crecimiento con un incremento de potencia instalada renovable del 8,8 % respecto al año anterior, lo que supone un aumento de 6.261 MW.

Las instalaciones de energía renovable representan el 61,3 % del parque generador de energía eléctrica en España.

Este incremento de potencia instalada renovable se ha debido, principalmente, al aumento de la potencia solar fotovoltaica que ha aportado 5.594 MW un 89,3 % de la nueva potencia, lo que supone el mayor incremento histórico en esta tecnología y se sitúa como la tercera fuente de generación en el ranking.

Siendo la solar fotovoltaica la tecnología que más ha aumentado su potencia instalada. Como se muestra en la Ilustración 2.

- Evolución de la potencia instalada renovable (MW)

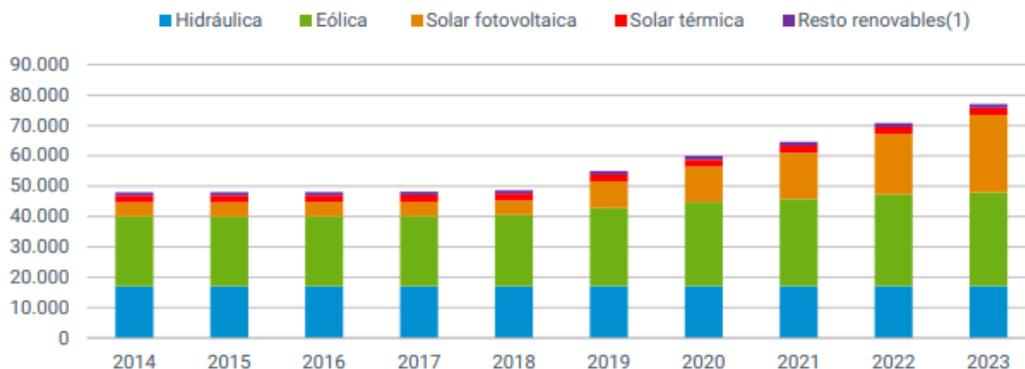


Ilustración 2.-Evolución de la potencia instalada renovable en España [2]

Desde el punto de vista de las Comunidades Autónomas, la mayor parte de la potencia renovable instalada se ubica en Castilla y León, Castilla-La Mancha, Andalucía y Extremadura.

Castilla y León ha sido un año más la comunidad con mayor potencia instalada renovable en España, alcanzando un cómputo de 13.046 MW verdes, lo que representa el 95,8 % de su parque de generación.

La eólica es la tecnología con mayor presencia en la región, ya que representa el 48,8 % del total, y la fotovoltaica es la que ha registrado el mayor incremento al aumentar un 31,2 % su capacidad de generación respecto a 2022.

2.2.2 Funcionamiento de la energía solar fotovoltaica

Los componentes principales de un sistema fotovoltaico son:

- Generador fotovoltaico (panel solar)
- Inversor

El funcionamiento de un panel solar, se basa en la conversión de la radiación solar en electricidad. Este proceso se realiza a través de células fotovoltaicas, que están compuestas de materiales semiconductores, generalmente silicio.

Pueden ser paneles de:

- Silicio monocristalino. (Rendimiento del 14-18%)
- Silicio policristalino. (Rendimiento 12.15%)

Un panel solar está compuesta por células fotovoltaicas, el número depende del diseño y del tamaño del panel.

La luz solar está compuesta por fotones, cuando golpean la superficie de una célula fotovoltaica, su energía es absorbida por los átomos del material semiconductor.

La energía de los fotones excita los electrones en el material semiconductor, siendo excitados y dejando huecos (vacantes de carga positiva).

Las células tienen una unión p-n (silicio tipo n y tipo p), esta unión crea un campo eléctrico interno, el cual separa los electrones libres y los huecos.

Esta separación de cargas genera una corriente eléctrica continua (CC), por ello el sistema fotovoltaico se conecta a un inversor el cual convierte la energía generada por los paneles en corriente eléctrica alterna (CA), que es el tipo de electricidad mayormente utilizada en los sistemas eléctricos.

- Principales ventajas de la energía solar fotovoltaica
 - Fuente de energía descentralizada
 - Facilidad de integración en edificios
 - Mantenimiento sencillo y poco costoso
 - Alta fiabilidad
- Desventajas de la energía solar fotovoltaica
 - Fuente de energía cara, rendimientos bajos (12-18%)
 - Coste inicial elevado
 - Pequeño impacto ambiental
 - Obtención de materias primas
 - Fabricación, transporte e instalación
 - Reciclaje

La eficiencia y el rendimiento de un sistema de energía solar fotovoltaica dependen de varios factores cruciales, a continuación se describen los más importantes:

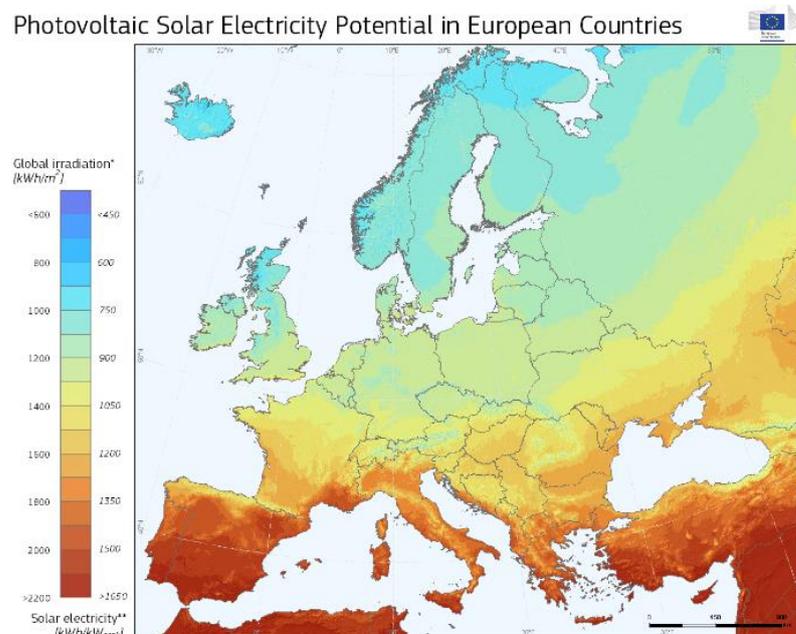
- Radiación solar

Se utiliza este término como concepto general y no para hablar de ninguna magnitud en particular. Es fundamental para los sistemas fotovoltaicos, ya que su cantidad y calidad determinan la cantidad de electricidad que se puede generar.

 - Irradiancia: Potencia incidente por unidad de superficie (W/m^2)
 - Irradiación: Energía incidente por unidad de superficie (Wh/m^2),

En la Ilustración 3, se ve como España es uno de los mejores países europeos en cuanto a potencia solar recibida.

- Inclutación y orientaci3n de los paneles solares son factores determinantes para maximizar la captaci3n de energa solar.
 - La inclinaci3n 3ptima de los paneles solares varía segun la latitud del lugar y la 3poca del a1o. Ajustar la inclinaci3n puede aumentar significativamente la cantidad de irradiaci3n recibida.
 - Orientaci3n: Los paneles solares deben estar orientados hacia el sur en el hemisferio norte y hacia el norte en el hemisferio sur para captar la mayor cantidad de energa solar a lo largo del día.
- La presencia de sombras pueden reducir drásticamente la eficiencia de un sistema fotovoltaico.
- El rendimiento global de un sistema de energa solar fotovoltaica tambi3n depende de la eficiencia de sus componentes (paneles, inversor...)



Ilustraci3n 3.-Mapa irradiaci3n promedio Europa [3]

2.3 Reglamentaci3n y normativas vigentes

- Reglamento Electrot3cnico para Baja Tensi3n e Instrucciones T3cnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002 y actualizaciones 2010-2014-2015).
- Real Decreto 1955/2000 de 1 de Diciembre, por el que se regulan las Actividades de Transporte, Distribuci3n, Comercializaci3n, Suministro y Procedimientos de Autorizaci3n de Instalaciones de Energía El3ctrica.
- C3digo T3cnico de la Edificaci3n, DB SI sobre Seguridad en caso de incendio. Diciembre 2016.

- Código Técnico de la Edificación, DB HE sobre Ahorro de energía. Marzo 2016.
- Código Técnico de la Edificación, DB SU sobre Seguridad de utilización. Diciembre 2016.
- Código Técnico de la Edificación, DB-HR sobre Protección frente al ruido. Diciembre 2016 - Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (Real Decreto 1027/2007, de 20 de Julio y actualización 2013)
- Reglamento de Seguridad contra incendios en los establecimientos industriales (Real Decreto 2267/2004 de 3 de diciembre y actualización 2015)
- Normas Técnicas para la accesibilidad y la eliminación de barreras arquitectónicas, urbanísticas y en el transporte. Julio 2009
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorso lumbar, para los trabajadores.
- Real Decreto 488/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización - Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.
- Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.

2.4 Herramientas digitales

Para los cálculos y el diseño de la instalación eléctrica, se ha utilizado el programa dmELECT, concretamente el módulo de CIEBT.

Respecto al dimensionamiento y cálculos de la instalación fotovoltaica se ha utilizado el programa PVsyst, y para el estudio económico y energético se ha usado Excel.

Para la edición de los planos, el programa que ha sido utilizado ha sido AutoCAD.

De elaboración propia ha sido el presupuesto, apoyado en las mediciones que suministra dmELECT.

2.5 Diseño de la instalación eléctrica

2.5.1 Características de la nave

La nave está ubicada en Villanubla (Valladolid), en el polígono industrial de San Cosme, con acceso desde dos calles.

Cuenta con una superficie de 1200 m², con una única planta baja y totalmente diáfana. Es una nave industrial porticada con cubierta a dos aguas.

Tiene en la fachada principal accesible desde el exterior con una puerta de entrada principal para vehículos de carga y descarga, junto con otra puerta en un lateral de la nave destinada al mismo objetivo.

También cuenta en la fachada con una puerta de entrada peatonal que comunica directamente con la zona de oficinas.

La superficie de la nave está dividida en dos zonas:

- Área de oficina:
 - Sala de reunión
 - Puestos de trabajo
 - Vestuario
 - Baños
- Área de taller, zona de trabajo.

2.5.2 Proceso productivo

La nave está destinada a una actividad de taller metalúrgico donde se realizarán trabajos de fabricación de productos metálicos, estructuras metálicas, cerrajería y pintura de las piezas finalizadas.

Las funciones principales que se van a desarrollar son la de corte, plegado y soldadura realizadas por medio de maquinaria adecuada para tal fin como son, sierras, corte por plasma, equipos de soldadura, plegadora y punzonadora.

Al ser un taller metalúrgico no existe un proceso productivo en sentido estricto, si no que en todo el momento el trabajo se va adaptando según la demanda de pedidos o tipos de proyectos solicitados.

El proceso productivo se puede resumir en:

- Compra, recepción y almacenamiento de materia prima.
- Transformación de estos elementos (corte, plegado, soldadura).
- Formación de estructuras solicitadas
- Depósito del producto terminado.
- Pintura del producto final.

En un taller metalúrgico se realizan procesos de transformación y tratamiento de metales con el objeto de fabricar productos de calderería, equipamiento industrial, maquinaria bajo pedido y estructuras metálicas.

Cualquiera de estos procesos parte de una pieza metálica en bruto o prefabricada que se transformará según los requisitos de forma, tamaño, etc., especificados por el fabricante del producto final.

Estas piezas de metal en bruto son:

- Metal expandido: Paneles metálicos que se perforan para expandirlos en la consistencia deseada.
- Perfiles metálicos: Son piezas de metal a las que se les ha dado una forma específica.
- Metal plano: Pieza en bruto de metal con muchas aplicaciones industriales y de construcción.
 - Hoja de metal: tipo más delgado de metal plano.
 - Lámina de metal: un tipo más grueso que la hoja de metal.
 - Placa de metal: tipo de metal plano más grueso.
 - Alambre de metal: Suele usarse para soldar, y consiste en hilo metálico que suele presentarse en carretes.

El proceso de la calderería comienza con el diseño y cálculo de la estructura metálica, en el que se definen las medidas, los materiales y los procesos que se utilizarán.

Luego, se procede al corte y conformación del metal, a través de técnicas como el corte por plasma, la punzonadora, el plegado y el conformado, entre otros.

Una vez que se han cortado y conformado las piezas, se procede al ensamblaje de las mismas, mediante técnicas como la soldadura, según las necesidades de cada proyecto. Como se muestra en la Ilustración 4.



Ilustración 4.-Fases del proceso productivo [8]

Maquinaria utilizada durante los procesos:

- Cizalla de guillotina

La cizalla hidráulica sirve para metales. Ofrecen un corte muy exacto y ajustado a las necesidades de cada trabajo y también al tipo de material que se está utilizando. Se consigue gracias a que la máquina se puede ajustar para que ofrezca la presión necesaria logrando el resultado que se busca.

Además de conseguir un corte potente, aportan un gran volumen de trabajo y permiten reducir los tiempos de producción y los costes



Ilustración 5.-Cizalla de guillotina [8]

- Sierra de cinta

La sierra de cinta es una herramienta eléctrica que posee una banda metálica dentada, flexible, larga y estrecha.

La banda se desplaza sobre dos ruedas que se encuentran en el mismo plano vertical con un espacio entre ellas.

Al cortar metal, es necesario suministrar refrigerante constantemente sobre la hoja de sierra de cinta, manteniendo a la sierra a baja temperatura e impidiendo, a su vez, un sobrecalentamiento que causaría defectos en los cortes y acortaría el lapso de vida útil de la cuchilla. La falta de refrigeración también produce un corte más lento.



Ilustración 6.-Sierra de cinta [8]

- Equipo de corte por plasma

El equipo de corte por plasma se encarga de realizar cortes en chapas y láminas por medio del aumento de temperatura y presión puntual. Para esto usa aire a presión y un arco eléctrico controlado.

Las cortadoras de plasma generan cortes muy precisos y con buen acabado, además, son muy versátiles ya que se pueden realizar cortes de diferentes formas y tamaños, más rápido que otros cortadores y con mayor facilidad.



Ilustración 7.-Cortadora de plasma [9]

- Plegadora hidráulica

La plegadora hidráulica es una máquina de control numérico computarizado que se encarga de doblar las chapas de metal u otro material para conseguir el ángulo deseado. La chapa se coloca sobre una matriz y, mediante los impactos de un punzón, se va deformando hasta conseguir el acabado que se determine.



Ilustración 8.-Plegadora hidráulica [8]

- Equipo de soldadura

El proceso de soldadura consiste en provocar la fusión de dos o más piezas metálicas mediante la aplicación conveniente de calor y la adición de un material de aporte para obtener una unión entre las piezas más fuerte y resistente.

Entre los diversos tipos de soldadura, una de las más desarrolladas y ampliamente utilizada en la industria, es la soldadura por arco eléctrico.

- Compresor

Un compresor de aire es una máquina que almacena aire en un depósito, lo comprime y lo expulsa con mayor fuerza para accionar herramientas neumáticas de alta potencia.

- Punzonadora

En las cizallas punzonadoras tenemos una matriz que se coloca bajo el punzón y que tiene la forma del corte que queremos dar (en ángulo, en círculo, etc.).

La pieza a cortar se interpone entre el punzón y la matriz; al ejercer fuerza sobre ella con el punzón, se termina provocando el corte según la forma de la matriz.



Ilustración 9.-Punzonadora [10]

- Puente grúa

Su función es poder mover el diferente material de gran peso por el interior de la nave.

La operación se realiza con una botonera colgante o un radiocontrol.

El polipasto o aparejo, es el equipo que permite elevar en vertical de la carga. El carro desplaza el aparejo a lo largo de la totalidad de la viga principal de forma horizontal.



Ilustración 10.-Puente grúa [11]

2.5.3 Cargas eléctricas

La red eléctrica de distribución de baja tensión se calcula a partir de las cargas que tenemos que alimentar, teniendo en cuenta su potencia, factor de potencia, coeficiente de simultaneidad y disposición. Ubicaremos en la planta de la nave, diferentes cuadros secundarios que alimentarán a las diferentes cargas.

- Alimentación

Sabiendo que la nave está ubicada en un polígono que ya cuenta con suministro eléctrico, la alimentación de nuestra nave se realiza en baja tensión a través de la acometida subterránea de la compañía.

En nuestro caso la alimentación es solo para un abonado.

- Cuadro General de Distribución

Desde el Cuadro General de Distribución se alimentarán las cargas con mayor potencia de la instalación y los cuadros secundarios que estarán ubicados en el perímetro interior de la nave, los cuales alimentarán al resto de las cargas. (Tabla 1)

CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN					
SALIDA	REF.CUADRO		REF.CIRCUITO		
Salida 1	CORTADORA PLASMA		S1. CORTE PLASMA		
	Tensión(V)	Potencia (W)	Longitud(m)	C.simultaneidad	F.Potencia
	400	40.000	20	0,8	0,8
Salida 2	PLEGADORA		S2. PLEGADORA		
	Tensión(V)	Potencia (W)	Longitud(m)	C.simultaneidad	F.Potencia
	400	15.000	15	0,8	0,8
Salida 3	GUILLOTINA		S3. GUILLOTINA		
	Tensión(V)	Potencia (W)	Longitud(m)	C.simultaneidad	F.Potencia
	400	22.750	10	0,7	0,8
Salida 4	SUBCURADRO EXTRACCIÓN		S4. EXTRACCIÓN		
	Tensión(V)	Potencia (W)	Longitud(m)	C.simultaneidad	F.Potencia
	400/230	12.500	10	0,7	0,85
Salida 5	SUBCURADRO SIERRAS		S5. SIERRAS		
	Tensión(V)	Potencia (W)	Longitud(m)	C.simultaneidad	F.Potencia
	400/230	12.000	30	0,9	0,8
Salida 6	SUBCUADRO SOLDADURA		S6. SOLDADURA		
	Tensión(V)	Potencia (W)	Longitud(m)	C.simultaneidad	F.Potencia
	400/230	27.000	50	0,8	0,85
Salida 7	PUNZONADORA		S7. PUNZONADORA		
	Tensión(V)	Potencia (W)	Longitud(m)	C.simultaneidad	F.Potencia
	400	11.000	55	0,7	0,8

Tabla 1.- Salidas 1-7 cuadro general de distribución (Fuente: Elaboración propia)

CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN					
SALIDA	REF.CUADRO		REF.CIRCUITO		
Salida 8	PUENTE GRÚA		S8. PUENTE GRÚA		
	Tensión(V)	Potencia (W)	Longitud(m)	C.simultaneidad	F.Potencia
	400	9.000	58	0,7	0,8
Salida 9	SUBCUADRO OFICINA		S9. OFICINA		
	Tensión(V)	Potencia (W)	Longitud(m)	C.simultaneidad	F.Potencia
	400/230	56.000	70	0,8	0,9
Salida 10	SUBCUADRO FUERZA NAVE 2		S10. FUERZA NAVE 1		
	Tensión(V)	Potencia (W)	Longitud(m)	C.simultaneidad	F.Potencia
	400/230	27.000	15	0,8	0,85
Salida 11	SUBCUADRO FUERZA NAVE 1		S11. FUERZA NAVE 2		
	Tensión(V)	Potencia (W)	Longitud(m)	C.simultaneidad	F.Potencia
	400/230	30.000	74	0,8	0,9
Salida 12	SUBCUADRO ALUM NAVE		S12. ALUM NAVE		
	Tensión(V)	Potencia (W)	Longitud(m)	C.simultaneidad	F.Potencia
	400/230	13.400	15	0,9	0,9
Salida 13	SUBCUADRO CLIMA NAVE		S13. CLIMA NAVE		
	Tensión(V)	Potencia (W)	Longitud(m)	C.simultaneidad	F.Potencia
	400/230	32.000	1	0,9	0,8
Salida 14	BAT CONDENSADORES		S15. BATERÍA DE CONDENSADORES		
	Tensión(V)	Longitud(m)	F.Pot. Actual	F.Pot. Des	
	400	2	0,85	0,96	

Tabla 2.-Salidas 8-14 Cuadro general de distribución (Fuente: Elaboración propia)

- SUBCUADRO DE EXTRACCIÓN

Los extractores en una nave industrial cumplen una función fundamental para asegurar un ambiente de trabajo seguro y saludable.

S4. EXTRACCIÓN					
REF.CIRCUITO	Tensión(V)	Potencia (W)	Longitud(m)	C.simult	Fdp
S4.1 EXTRACTOR 1	400	3.500	7	0,8	0,8
S4.2 EXTRACTOR 2	400	3.500	7	0,8	0,8
S4.3 COMPRESOR	400	5.500	7	0,7	0,8

Tabla 3.- Subcuadro de extracción (Fuente: Elaboración propia)

- SUBUCADRO DE SIERRAS

Subcuadro para la utilización de las sierras y de un par de tomas de corriente.

S5. SIERRAS						
REF.CIRCUITO	Tensión(V)	Potencia (W)	Longitud(m)	C.simult	Fdp	
S5.1 SIERRA 1	400	1.800	6	0,8	0,8	
S5.2 SIERRA 2	400	2.200	4	0,8	0,8	
S5.3 TC SIERRAS	Tramo 1	230	4.000	6	0,8	0,9
	Tramo 2	230	4.000	6	0,8	0,9

Tabla 4.- Subcuadro de sierras (Fuente: Elaboración propia)

- SUBCUADRO DE SOLDADURA

Subcuadro para los trabajos de soldadura.

S6. SOLDADURA					
REF.CIRCUITO	Tensión(V)	Potencia (W)	Longitud(m)	C.simult	Fdp
S6.1 SOLDADURA 1	400/230	9.000	5	0,7	0,8
S6.2 SOLDADURA 2	400/230	9.000	15	0,8	0,8
S6.3 SOLDADURA 3	400/230	9.000	15	0,8	0,8

Tabla 5.-Subcuadro soldadura (Fuente: Elaboración propia)

- SUBCUADRO DE OFICINA

Subcuadro dedicado para toda la instalación que refiere al área de oficina.

S9. OFICINA						
REF.CIRCUITO		Tensión(V)	Potencia (W)	Longitud(m)	C.simult	Fdp
S9.1 TC OFICINA 1		400/230	5.000	4	0,9	0,9
S9.2 TC OFICINA 2		400/230	5.000	8	0,9	0,9
S9.3 TC PUESTO. TRA	Tramo 1	230	2.500	6	0,9	0,9
	Tramo 2	230	2.500	6	0,9	0,9
	Tramo 3	230	2.500	8	0,9	0,9
	Tramo 4	230	2.500	8	0,9	0,9
	Tramo 5	230	2.500	10	0,9	0,9
	Tramo 6	230	2.500	10	0,9	0,9
	Tramo 7	230	2.500	12	0,9	0,9
	Tramo 8	230	2.500	12	0,9	0,9
S9.4 ALUM OFICINA		230	500	10	0,9	1
S9.5 ALUM REUNIÓN		230	500	18	0,9	1
S9.6 ALUM BAÑO		230	500	20	0,9	1
S9.7 ALUM VESTUARIO		230	500	15	0,9	1
S9.8 CLIMA OFICINA	Tramo 1	400/230	4.000	2	0,7	0,8
	Tramo 2	400/230	4.000	6	0,7	0,8
	Tramo 3	400/230	4.000	10	0,7	0,8
	Tramo 4	400/230	4.000	14	0,7	0,8
	Tramo 5	400/230	4.000	18	0,7	0,8
	Tramo 6	400/230	4.000	22	0,7	0,8

Tabla 6.- Subcuadro oficina (Fuente: Elaboración propia)

- SUBCUADRO DE FUERZA NAVE 1

Subcuadro dedicado para los usos de fuerza repartidos a lo largo de la nave.

S10. FUERZA NAVE 1						
REF.CIRCUITO		Tensión(V)	Potencia (W)	Longitud(m)	C.simult	Fdp
S10.1 TC FUERZA 1	Tramo 1	400	4.000	10	0,8	0,9
	Tramo 2	400	4.000	10	0,8	0,9
S10.2 TC FUERZA 2	Tramo 3	230	4.000	10	0,8	0,9
	Tramo 4	230	4.000	10	0,8	0,9
S10.3 TC FUERZA 3		400/230	11.000	3	0,7	0,8

Tabla 7.-Subcuadro fuerza nave 1 (Fuente: Elaboración propia)

- SUBCUADRO DE FUERZA NAVE 2

Subcuadro dedicado para los usos de fuerza repartidos a lo largo de la nave.

S11. FUERZA NAVE 2						
REF.CIRCUITO		Tensión(V)	Potencia (W)	Longitud(m)	C.simult	Fdp
S11.1 TC FUERZA 4	Tramo 1	230	4.000	3	0,8	0,9
	Tramo 2	230	4.000	3	0,8	0,9
S11.2 TC FUERZA 5	Tramo 3	400/230	11.000	15	0,8	0,9
	Tramo 4	400/230	11.000	15	0,8	0,9

Tabla 8-Subcuadro de fuerza nave 2 (Fuente: Elaboración propia)

- SUBCUADRO ALUMBRADO DE NAVE

Subcuadro dedicado para la iluminación de la nave en la zona de trabajo.

S12. ALUM NAVE						
REF.CIRCUITO		Tensión(V)	Potencia (W)	Longitud(m)	C.simult	Fdp
S12.1 EMERGENCIA 1		230	500	20	0,7	1
S12.2 EMERGENCIA 2		230	500	40	0,7	1
S12.3 EMERGENCIA 3		230	500	60	0,7	1
S12.4 ALUM NAVE 4	Tramo 1	230	850	41	0,8	1
	Tramo 2	230	850	53	0,8	1
	Tramo 3	230	850	65	0,8	1
	Tramo 4	230	850	77	0,8	1
S12.5 ALUM NAVE 5	Tramo 1	230	850	48	0,8	1
	Tramo 2	230	850	60	0,8	1
	Tramo 3	230	850	72	0,8	1
	Tramo 4	230	850	84	0,8	1
	Tramo 5	230	850	96	0,8	1
S12.6 ALUM NAVE 6	Tramo 1	230	850	55	0,8	1
	Tramo 2	230	850	67	0,8	1
	Tramo 3	230	850	79	0,8	1
	Tramo 4	230	850	91	0,8	1
	Tramo 5	230	850	103	0,8	1

Tabla 9.-Subcuadro alumbrado de la nave (Fuente: Elaboración propia)

- SUBCUADRO CLIMATIZACIÓN NAVE

Subcuadro dedicado para la climatización de toda la nave.

S13. CLIMA NAVE						
REF.CIRCUITO		Tensión(V)	Potencia (W)	Longitud(m)	C.simult	Fdp
S13.1 CLIMA NAVE 1	Tramo 1	400	4.000	10	0,7	0,8
	Tramo 2	400	4.000	20	0,7	0,8
	Tramo 3	400	4.000	30	0,7	0,8
	Tramo 4	400	4.000	40	0,7	0,8
S13.2 CLIMA NAVE 2	Tramo 1	400	4.000	20	0,7	0,8
	Tramo 2	400	4.000	30	0,7	0,8
	Tramo 3	400	4.000	40	0,7	0,8
	Tramo 4	400	4.000	50	0,7	0,8

Tabla 10.-Subcuadro climatización nave (Fuente: Elaboración propia)

- RESUMEN POTENCIA TOTAL INSTALADA

SALIDA	CIRCUITO	POTENCIA INSTALADA (W)
S1	CORTADORA PLASMA	40.000
S2	PLEGADORA	15.000
S3	GUILLOTINA	22.750
S4	SUBCURADRO EXTRACCIÓN	12.500
S5	SUBCURADRO SIERRAS	12.000
S6	SUBCUADRO SOLDADURA	27.000
S7	PUNZONADORA	11.000
S8	PUENTE GRÚA	9.000
S9	SUBCUADRO OFICINA	56.000
S10	SUBCUADRO FUERZA NAVE 2	27.000
S11	SUBCUADRO FUERZA NAVE 1	30.000
S12	SUBCUADRO ALUM NAVE	13.400
S13	SUBCUADRO CLIMA NAVE	32.000
	POTENCIA TOTAL	307.650
	POTENCIA INSTALADA FUERZA	294.250
	POTENCIA INSTALADA ALUMBRADO	13.400

Tabla 11.-Potencia total instalada (Fuente: Elaboración propia)

2.6 Descripción de la instalación eléctrica

2.6.1 Autogeneración

Como se ha comentado en el objeto de este proyecto, la nave industrial tendrá autogeneración fotovoltaica sobre su cubierta, con el objetivo de reducir la facturación de energía eléctrica del taller metalúrgico y exportar los excedentes a la red.

2.6.2 Acometida

Parte de la instalación de la red de distribución, que alimenta la caja o cajas generales de protección o unidad funcional equivalente (en adelante CGP). Según la ITC-BT-11.

Atendiendo a su trazado, al sistema de instalación y a las características de la red, las acometidas podrán ser:

- Áreas
- Subterráneas
- Mixtas

En nuestra instalación el tipo de acometida es subterránea.

Este tipo de instalación, se realizará de acuerdo con lo indicado en la ITC-BT-07. Se tendrá en cuenta las separaciones mínimas indicadas en los cruces y paralelismos con otras canalizaciones de agua, gas, líneas de telecomunicación y con otros conductores de energía eléctrica.

Los cables serán aislados de XLPE (polietileno reticulado), de tensión de aislamiento 0,6/1 kV e irán directamente enterrados bajo tubo.

La acometida propiedad de la empresa distribuidora, Iberdrola, y por tanto su diseño debe basarse en sus normas particulares.

2.6.3 Instalación de enlace

Son instalaciones de enlace las que unen la caja general de protección, o cajas generales de protección, incluidas éstas, con las instalaciones interiores o receptoras del usuario. (REBT. Art.15.2).

Se componen de: caja general de protección, línea general de alimentación, elementos para la ubicación de contadores, derivación individual, caja para interruptor de control de potencia y dispositivos generales de mando y protección.

- Caja general de protección (CGP)
Su misión es alojar los fusibles de protección de las líneas generales de alimentación y señalan el principio de la propiedad de las instalaciones de los usuarios.
- Línea general de alimentación (LGA)
Es la parte de la instalación que enlaza una caja general de protección con las derivaciones individuales que alimenta.
- Derivación individual (DI)
La derivación individual de un abonado parte de la línea general de alimentación y comprende los aparatos de medida, mando y protección.

En nuestro caso el suministro es para un único usuario, por ello se podrán simplificar las instalaciones de enlace al coincidir en el mismo lugar la Caja General de Protección (CGP) y la situación del equipo de medida y no existir, por tanto, la Línea general de alimentación (LGA).

- Caja de protección y medida (CPM)

En consecuencia, el fusible de seguridad coincide con el fusible de la CGP y podrá simplificarse la instalación colocando en un único elemento, la caja general de protección y el equipo de medida; dicho elemento se denominará caja de protección y medida (CPM). Según la ITC-BT-13.

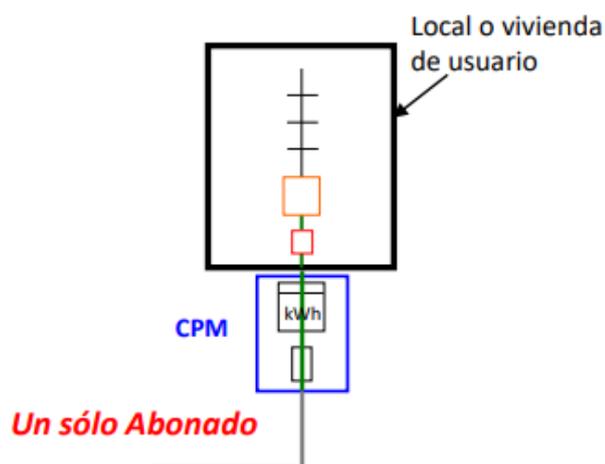


Ilustración 11.-Esquema para un único usuario [5]

Se instalará sobre la fachada exterior del edificio, en lugares de libre y permanente acceso. Su situación se fijará de común acuerdo entre la propiedad y la empresa suministradora.

- Derivación individual

Se define como la parte de la instalación que, partiendo de la línea general de alimentación suministra energía eléctrica a una instalación de usuario. La derivación individual se inicia en el embarrado general y comprende los fusibles de seguridad, el conjunto de medida y los dispositivos generales de mando y protección. Según la ITC-BT-15.

Para nuestra instalación, los conductores que se van a utilizar serán de cobre, unipolares sobre bandeja perforada, con una tensión asignada de 0,6/1 kV y siendo su sección de $2(3 \times 120/70 + TT \times 70)$ mm². (Como se justica en el apartado de cálculos)

Los cables serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida. Los cables con características equivalentes a las de la norma UNE 21.123 parte 4 o 5 o a la norma UNE 211002 cumplen con esta prescripción.

La caída de tensión máxima admisible será, para el caso de derivaciones individuales en suministros para un único usuario en que no existe línea general de alimentación, es del 1,5 %.

- Dispositivos generales e individuales de mando y protección

Se situarán lo más cerca posible del punto de entrada de la derivación individual en el local.

En locales industriales en los que proceda, se colocará una caja para el interruptor de control de potencia, inmediatamente antes de los demás dispositivos, en compartimento independiente y precintable. Dicha caja se podrá colocar en el mismo cuadro donde se coloquen los dispositivos generales de mando y protección. Según la ITC-BT-17

Los dispositivos generales e individuales de mando y protección serán, como mínimo:

- Un interruptor general automático de corte omnipolar con poder de corte mínimo de 4,5 kA y que esté dotado de elementos de protección contra sobrecarga y cortocircuitos.
- Un interruptor diferencial general, destinado a la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos, salvo que la protección se efectúe mediante otros dispositivos de acuerdo con la ITC-BT-24.

- Dispositivos de corte omnipolar, destinados a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos.
- Dispositivo de protección contra sobretensiones, según ITC-BT-23, si fuese necesario.

Debido al carácter de nuestra instalación se prescindirá de un interruptor diferencial general, ya que se instalará un interruptor diferencial por cada circuito o grupo de circuitos, existiendo una selectividad entre ellos.

2.6.4 Esquema de distribución

Para la determinación de las características de las medidas de protección contra choques eléctricos en caso de defecto (contactos indirectos) y contra sobreintensidades, así como de las especificaciones de la aparatamenta encargada de tales funciones, será preciso tener en cuenta el esquema de distribución empleado. Según la ITC-BT-08.

Los esquemas de distribución se establecen en función de las conexiones a tierra de la red de distribución o de la alimentación, y de las masas de la instalación receptora.

La denominación se realiza con un código de letras con el significado siguiente:

- Primera letra: Se refiere a la situación de la alimentación con respecto a tierra.
 - T = Conexión directa de un punto de la alimentación a tierra.
 - I = Aislamiento de todas las partes activas de la alimentación con respecto a tierra o conexión de un punto a tierra a través de una impedancia.
- Segunda letra: Se refiere a la situación de las masas de la instalación receptora con respecto a tierra.
 - T = Masas conectadas directamente a tierra, independientemente de la eventual puesta a tierra de la alimentación.
 - N = Masas conectadas directamente al punto de la alimentación puesto a tierra (en corriente alterna, este punto es normalmente el punto neutro).

Para nuestra nave industrial se instalará como esquema el TT, como se muestra en la Ilustración 12.

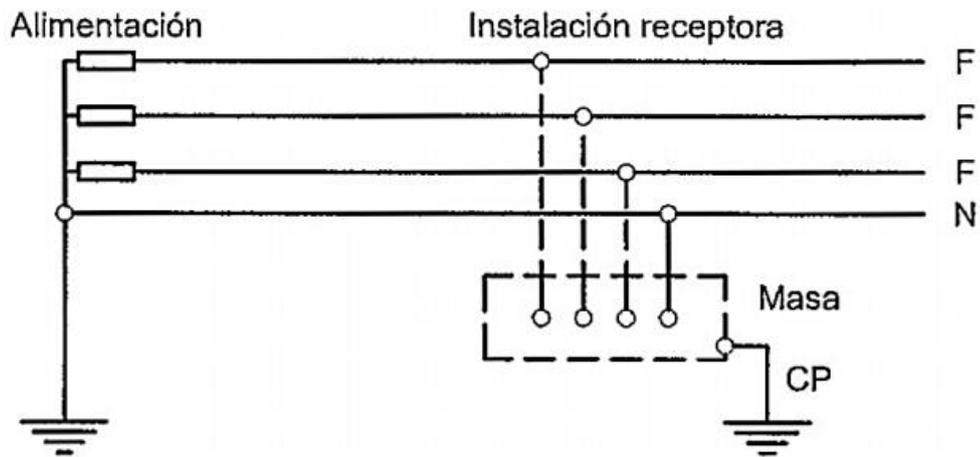


Ilustración 12.-Esquema de distribución tipo TT [5]

2.6.5 Instalaciones interiores

2.6.5.1 Conductores

La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea de 3 % para alumbrado y 5 % para fuerza, para industrias según la ITC-BT-19.

Siendo nuestro caso es que se representa en la Ilustración 13.

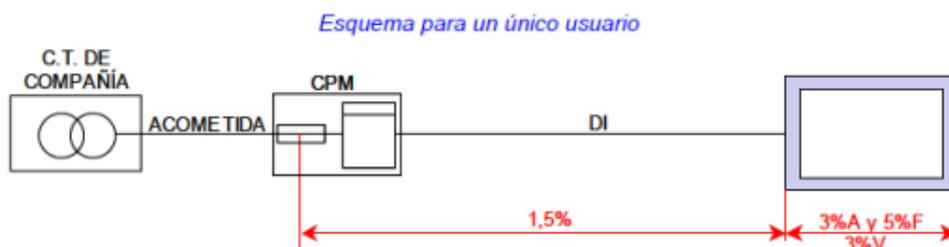


Ilustración 13.-Caídas de tensión para un único usuario [5]

En nuestra instalación se utilizarán conductores y cables de cobre con aislamiento XLPE, con tensión asignada de 450/750 V. La selección de la sección de los conductores se realizará en función de las caídas de tensión correspondiente.

Las intensidades máximas admisibles, se registrarán en su totalidad por lo indicado en la norma UNE-HD 60364-5-52:2022.

Para los conductores de protección que estén constituidos por el mismo metal que los conductores de fase o polares, tendrán una sección mínima igual a la fijada en la Tabla 12.

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm ²)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm ²)
S ≤ 16 16 < S ≤ 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	

Tabla 12.-Sección de los conductores de protección [5]

2.6.5.2 Identificación de los conductores

Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente por lo que respecta al conductor neutro y al conductor de protección. Como se muestra a continuación en la Tabla 13.

TIPO DE CONDUCTOR	COLOR DE IDENTIFICACIÓN
Conductor Neutro o Fase que puede pasar a Neutro en el futuro	Azul Claro
Conductor de Protección	Verde-Amarillo
Conductores de Fase (sin previsión de pasar a Neutro)	Marrón o Negro
Conductores de Fase (para identificar tres fases diferentes)	Marrón, Negro, Gris

Tabla 13.-Identificación de conductores [5]

2.6.5.3 División de las instalaciones

Las instalaciones se dividirán con el objetivo que, en caso de ocurra alguna falta en un circuito que pueda originar averías, este afecte únicamente a la sección específica donde se encuentra la falta y no a toda la instalación.

Con los objetivos de:

- ✓ Minimizar el impacto de la falta, asegurando que una avería en un circuito afecte solo a esa parte específica de la instalación, evitando la interrupción total del sistema.
- ✓ Mejorar la Seguridad, reducir los riesgos asociados a faltas eléctricas, protegiendo a las personas y los equipos.
- ✓ Facilitar el Mantenimiento, permitiendo que las reparaciones y el mantenimiento se realicen en una sección sin necesidad de desactivar toda la instalación.

- ✓ Optimizar la Eficiencia Operativa, manteniendo el funcionamiento continuo de las partes no afectadas, garantizando una mayor eficiencia y productividad.
- ✓ Coordinar la Protección, asegurando que los dispositivos de protección estén adecuadamente coordinados para actuar de manera selectiva y efectiva, protegiendo cada sección de la instalación de manera óptima,

En este proyecto para cumplir con los objetivos descritos se ha realizado una selectividad con los diferenciales.

Para líneas de motor se ha usado una sensibilidad de 300 mA y para las líneas de tomas de corrientes y alumbrado 30 mA.

Posteriormente se ha aplicado una selectividad vertical, la cual se aplica cuando hay varios interruptores diferenciales en serie en un mismo circuito.

Y a su vez se ha diseñado una sensibilidad amperimétrica, donde la sensibilidad del diferencial aguas arriba (I_{d1}) debe ser tres veces mayor que la suma de sensibilidad de los diferenciales aguas abajo (I_{d2})

$$\text{Resultando: } I_{d1} = 3 \times I_{d2}$$

2.6.5.4 Equilibrado de cargas

Para que se mantenga el mayor equilibrio posible en la carga de los conductores que forman parte de una instalación, se procurará que aquella quede repartida entre sus fases o conductores polares. Según la ITC-BT-19.

2.6.5.5 Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica

La instalación tendrá una resistencia de aislamiento al menos igual a los valores indicados en la Tabla 14 según ITC-BT-19.

Tensión nominal de la instalación	Tensión de ensayo en corriente continua (v)	Resistencia de aislamiento (MΩ)
Muy Baja Tensión de Seguridad (MBTS) Muy Baja Tensión de protección (MBTP)	250	≥ 0,25
Inferior o igual a 500 V, excepto caso anterior	500	≥ 0,5
Superior a 500 V	1000	≥ 1,0

Nota: Para instalaciones a MBTS y MBTP, véase la ITC-BT-36

Tabla 14.-Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica [5]

Las corrientes de fuga no serán superiores para el conjunto de la instalación o para cada uno de los circuitos en que ésta pueda dividirse a efectos de su protección, a la sensibilidad que presenten los interruptores diferenciales instalados como protección contra los contactos indirectos.

2.6.5.6 Conexiones

No se permitirá la unión de conductores mediante conexiones y/o derivaciones por retorcimiento o arrollamiento según la ITC-BT-19.

Se deben usar bornes, bloques, regletas de conexión, o bridas de conexión, siempre dentro de cajas de empalme o derivación, excepto en casos específicos según ITC-BT-21.

En conductores de varios alambres, la corriente debe repartirse equitativamente y, si se usan tornillos de apriete, los conductores mayores a 6 mm² deben conectarse con terminales adecuados para evitar esfuerzos mecánicos.

2.6.5.7 Sistema de instalación

La selección del tipo de canalización en cada instalación particular se ha realizado escogiendo, en función de las influencias externas, el que se considere más adecuado de entre los descritos para conductores y cables en la norma UNE-HD 60364-5-52:2022. Según la ITC-BT-20.

- Disposiciones

Las canalizaciones eléctricas deben mantener una distancia mínima de 3 cm de otras canalizaciones no eléctricas. Si están cerca de conductos de calefacción, aire caliente, vapor o humo, deben evitar temperaturas peligrosas mediante separación adecuada o pantallas calorífugas. No deben ubicarse debajo de conductos que puedan producir condensaciones (como vapor, agua, gas), a menos que se protejan contra dichos efectos.

- Accesibilidad

Las canalizaciones deberán estar dispuestas de forma que faciliten su maniobra, inspección y acceso a sus conexiones. Estas posibilidades no deben ser limitadas por el montaje de equipos en las envolventes o en los compartimentos.

- Identificación

Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que mediante la conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

El conductor neutro o compensador, estará claramente diferenciado de los demás conductores.

Las canalizaciones deben distinguirse por la naturaleza, tipo de conductores, dimensiones o trazado. Si la identificación es difícil, se debe elaborar un plano de la instalación y usar etiquetas o señales de aviso permanentes y legibles.

Conductores aislados bajo tubos protectores

Los cables serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

El diámetro exterior mínimo de los tubos, en función del número y la sección de los conductores a conducir, se obtendrá de las tablas indicadas en la ITC-BT-21, así como las características mínimas según el tipo de instalación.

En el apartado de cálculos justificativos, se ha especificado los requerimientos de cada circuito.

En el presente proyecto se utilizarán este tipo de conductores para todas las líneas, desde alimentación de subcuadros, líneas de alumbrado y líneas de motores.

- Conductores aislados en bandeja o soporte de bandejas

Sólo se utilizarán conductores aislados con cubierta (incluidos cables armados o con aislamiento mineral), unipolares o multipolares según norma UNE-HD 60364-5-52:2022.

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 0,6/1 kV, provistos de aislamiento y cubierta.

En nuestro caso se utilizará para la línea de derivación individual, se utilizará un tipo de cable RZ1-K (AS), el cual tendrá una resistencia al fuego de tipo Cca-s1b, d1, a1. el cual significa que no propaga la llama ni el incendio, tiene baja emisión de humos y de calor, baja opacidad de humos, reducido desprendimiento de partículas incandescentes y baja toxicidad y corrosividad de gases.

La clasificación Cca-s1b, d1, a1 se refiere a las normas de reacción al fuego de los cables eléctricos según el Reglamento de Productos de Construcción (CPR, por sus siglas en inglés) de la Unión Europea.

Esta normativa especifica cómo deben comportarse los materiales de construcción en caso de incendio. A continuación, se desglosa el significado de cada parte de la clasificación:

- Cca: Buen comportamiento frente al fuego, limita la propagación del mismo.
- s1b: Produce una cantidad muy baja de humo con una densidad específica.
- d1: Produce pocas gotas inflamadas durante la combustión.
- a1: Emite gases con baja acidez (menos corrosivos).

2.6.6 Protección contra sobreintensidades

Todo circuito estará protegido contra los efectos de las sobreintensidades que puedan presentarse en el mismo, para lo cual la interrupción de este circuito se realizará en un tiempo conveniente o estará dimensionado para las sobreintensidades previsibles. Según la ITC-BT-22.

Las sobreintensidades pueden estar motivadas por:

- Sobrecargas debidas a los aparatos de utilización o defectos de aislamiento de gran impedancia.
 - Cortocircuitos.
 - Descargas eléctricas atmosféricas
- a) Protección contra sobrecargas

El límite de intensidad de corriente admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizada por el dispositivo de protección utilizado.

La protección para cada conductor se hará con interruptores magnetotérmicos o automáticos de corte onnipolar con curva térmica de corte, ubicados en las cabeceras de las líneas.

Las curvas de disparo de los interruptores automáticos (también conocidos como disyuntores) son gráficas que muestran el comportamiento de estos dispositivos en función del tiempo y la corriente.

Estas curvas permiten determinar cómo y cuándo un interruptor se disparará (abrirá el circuito) ante diferentes condiciones de sobrecarga o cortocircuito.

Tienen varias curvas de disparo magnético (B, C, D), que nos permiten elegir en función de la corriente asignada (I_n), estos valores están normalizados de la siguiente forma:

- Curva B: $I_m=(3-5)I_n$
- Curva C: $I_m=(5-10)I_n$
- Curva D: $I_m=(10-20)I_n$

Curva B: se usará para la protección de cables de gran longitud

Curva C: se usará para la protección de circuitos receptores de uso normal

Curva D: se usará para la protección de cables con fuertes puntas de arranque como pueden ser los motores de la cortadora de plasma y el puente grúa.

b) Protección contra cortocircuitos

En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su conexión.

2.6.7 Protección contra sobretensiones

Consiste en la protección de las instalaciones eléctricas interiores contra las sobretensiones transitorias que se transmiten por las redes de distribución y que se originan, fundamentalmente, como consecuencia de las descargas atmosféricas, conmutaciones de redes y defectos en las mismas. Según la ITC-BT-23.

Para poder realizar una correcta protección en las instalaciones y equipos, estos se clasifican por categorías de sobretensiones, las cuales permiten clasificar los niveles de tensión que las diferentes partes de una instalación, equipos y receptores pueden soportar frente a sobretensiones.

Esta clasificación ayuda a coordinar el aislamiento necesario. Como se ve en la Tabla 15.

Las categorías indican los valores de tensión soportada frente a ondas de choque de sobretensión que deben tener los equipos. Esto determina el valor límite máximo de tensión residual permitido por los dispositivos de protección en cada zona, evitando daños a los equipos.

Para reducir las sobretensiones de entrada a niveles seguros, se utiliza una estrategia de protección en cascada. Las categorías son:

- Categoría I

Se aplica a los equipos muy sensibles a las sobretensiones y que están destinados a ser conectados a la instalación eléctrica fija. (Ordenadores, equipos electrónicos)

- Categoría II

Se aplica a los equipos destinados a conectarse a una instalación eléctrica fija. (Electrodoméstico, herramientas portátiles...)

- Categoría III

Se aplica a los equipos y materiales que forman parte de la instalación eléctrica fija y a otros equipos para los cuales se requiere un alto nivel de fiabilidad. (Armarios de distribución, motores con conexión eléctrica...)

- Categoría IV

Se aplica a los equipos y materiales que se conectan en el origen o muy próximos al origen de la instalación, aguas arriba del cuadro de distribución. (Contadores, aparatos de telemedida...)

2.6.7.1 Medidas para el control de sobretensiones

Las debidas a la influencia de la descarga lejana del rayo, conmutaciones de la red, defectos de red, efectos inductivos, capacitivos, etc.

- Situación natural

Cuando se prevé un bajo riesgo de sobretensiones en una instalación (debido a que está alimentada por una red subterránea en su totalidad), se considera suficiente la resistencia a las sobretensiones de los equipos que se indica en la Tabla 15 y no se requiere ninguna protección suplementaria contra las sobretensiones transitorias.

- Situación controlada

Cuando es preciso la protección contra las sobretensiones transitorias en el origen de la instalación, pues la instalación se alimenta por, o incluye, una línea aérea con conductores desnudos o aislados.

2.6.7.2 Selección de los materiales en la instalación

Los equipos y materiales deben escogerse de manera que su tensión soportada a impulsos no sea inferior a la tensión soportada prescrita en la Tabla 15, según su categoría.

Los equipos y materiales que tengan una tensión soportada a impulsos inferior a la indicada en la Tabla 15, se pueden utilizar, no obstante:

- En situación natural, cuando el riesgo sea aceptable.
- En situación controlada, si la protección contra las sobretensiones es adecuada.

Tensión nominal de la instalación		Tensión soportada a impulsos 1,2/50 (kv)			
Sistemas trifásicos	Sistemas monofásicos	Categoría IV	Categoría III	Categoría II	Categoría I
230/400	230	6	4	2,5	1,5
400/690	-	8	6	4	2,5
1000	-				

Tabla 15.-Tensiones soportadas por impulsos según la tensión nominal [5]

2.6.8 Protección contra contactos directos e indirectos

Para diseñar el sistema eléctrico de la nave, se han adoptado las medidas requeridas para garantizar la seguridad de los trabajadores frente a posibles contactos eléctricos, tanto directos como indirectos. A continuación, se detallan los diferentes tipos de protecciones según se especifica en la normativa ITC-BT-24.

2.6.8.1 Protección contra contactos directos

Consiste en tomar las medidas destinadas a proteger las personas contra los peligros que pueden derivarse de un contacto con las partes activas de los materiales eléctricos. Salvo indicación contraria, los medios a utilizar vienen expuestos y definidos en la norma UNE-HD 60364-4-41:2018, que son habitualmente:

- Protección por aislamiento de las partes activas.
- Protección por medio de barreras o envolventes.
- Protección por medio de obstáculos.
- Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento.
- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual.

2.6.8.2 Protección contra contactos indirectos

Estas protecciones se emplean para proteger a las personas de entrar en contacto accidental con elementos en tensión que, bajo condiciones normales, no deberían estar.

La protección se logra mediante el corte automático de la alimentación eléctrica, asegurando que los dispositivos de protección estén coordinados correctamente con la instalación de puesta a tierra.

Para garantizar esto, se deben cumplir dos condiciones específicas:

- Cumplir con las especificaciones de toma tierra dadas en las ITC-BT-18 e ITC-BT-19 correspondiente a nuestro esquema de conexión.
- En función del esquema de conexión a tierra TT, instalar el dispositivo de protección que mejor cumpla con los tiempos indicados en los apartados 4.1.1 de la ITC-BT-24

Para nuestra instalación se ha considerado que la protección contra contactos indirectos utilizará los esquemas TT para todas las partes de la instalación.

En el esquema de protección TT todas las masas están protegidas por un mismo dispositivo de protección, deben de ser interconectadas y unidas a la misma toma tierra. Puede darse el caso en que varios dispositivos de protección estén montados en serie, entonces se conectará cada masa de cada dispositivo por separado a la toma tierra común de la instalación.

Se cumplirá la siguiente condición:

$$R_A \times I_A \leq U$$

Donde:

- R_A es la suma de las resistencias de la toma tierra y de los conductores de protección de masas.
- I_A es la corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección. Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de corriente diferencial-residual es la corriente diferencial-residual-asignada.
- U es la tensión de contacto límite convencional. Serán 50 V en condiciones normales y 24 V en ambientes húmedos.

2.6.9 Puestas a tierras

Poner a tierra o conectar a tierra, se define como la unión eléctricamente con tierra (masa terrestre) de una parte del circuito eléctrico o una parte conductora que no pertenece al circuito por medio de la instalación de tierra. Según el ITC-BT-18.

Siendo la instalación de tierra el conjunto formado por electrodos y líneas de tierra de una instalación eléctrica, la componen dos partes:

Puesta a tierra de protección:

Conexión de las partes conductoras de una instalación no sometidos normalmente a tensión y que pudieran ser puestos en tensión por averías o contactos accidentales.

Puesta a tierra de servicio:

Conexiones con el objeto de unir temporalmente parte de las instalaciones que estén normalmente bajo tensión o de forma permanente.

La puesta a tierra tiene los siguientes objetivos principales:

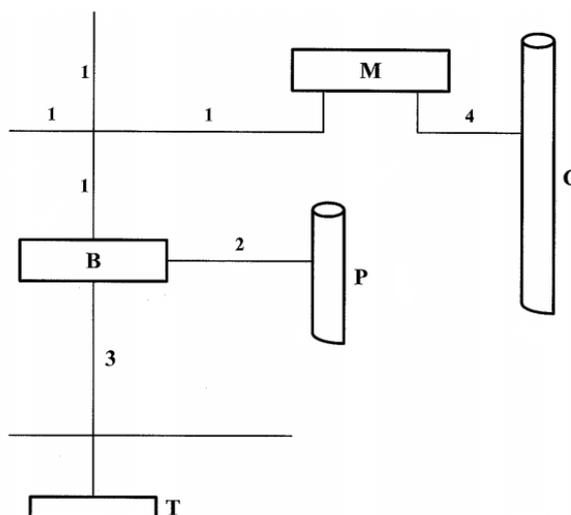
- ✓ Limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas.
- ✓ Favorecer el funcionamiento de los dispositivos de protección.
- ✓ Eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.
- ✓ Mantener el punto a tierra a un potencial nulo.
- ✓ Mantener un camino de baja impedancia para la corriente de defecto.
- ✓ Evacuación de descargas atmosféricas.

2.6.9.1 Uniones a tierra

Las disposiciones de puesta a tierra pueden utilizarse juntas o por separado, tanto por razones de protección como por razones funcionales, según las especificaciones de la instalación. La elección e instalación de los materiales para la puesta a tierra deben asegurar que:

- El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación y se mantenga de esta manera a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta los requisitos generales indicados en la ITC-BT-24 y los requisitos particulares de las Instrucciones Técnicas aplicables a cada instalación.
- Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de solicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
- La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
- Contemplan los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

A continuación en la Ilustración 14 se muestran las partes típicas de una instalación de puesta a tierra:



Leyenda

- 1 Conductor de protección.
- 2 Conductor de unión equipotencial principal.
- 3 Conductor de tierra o línea de enlace con el electrodo de puesta a tierra.
- 4 Conductor de equipotencialidad suplementaria.
- B Borne principal de tierra.
- M Masa.
- C Elemento conductor.
- P Canalización metálica principal de agua.
- T Toma de tierra.

Ilustración 14.- Esquema de los componentes de puesta a tierra [5]

- Tomas de tierras

Para la toma de tierra se pueden utilizar electrodos formados por:

- Barras, tubos.
- Pletinas, conductores desnudos.
- Placas.
- Anillos o mallas metálicas constituidas por los elementos anteriores o sus combinaciones.
- Armaduras de hormigón enterradas; con excepción de las armaduras pretensadas.
- Otras estructuras enterradas que se demuestre que son apropiadas.

Los conductores de cobre utilizados como electrodos serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE-EN 60228:2005.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,50 m.

- Conductores de tierra

La sección de los conductores de tierra tiene que satisfacer las prescripciones del apartado 3.4 de la ITC-BT-18 y, cuando estén enterrados, deberán estar de acuerdo con los valores de la Tabla 16.

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		

Tabla 16.-Secciones mínimas de los conductores de tierra [5]

La sección no será inferior a la mínima exigida para los conductores de protección.

- Bornes de puesta a tierra

En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un borne principal de tierra, al cual deben unirse los conductores siguientes:

- Los conductores de tierra.
- Los conductores de protección.
- Los conductores de unión equipotencial principal.
- Los conductores de puesta a tierra funcional, si son necesarios.

Debe instalarse un dispositivo sobre los conductores de tierra, en un lugar accesible, que permita medir la resistencia de la toma de tierra correspondiente. Este dispositivo puede estar combinado con el borne principal de tierra, debe ser desmontable con una herramienta, ser mecánicamente seguro y asegurar la continuidad eléctrica

- Conductores de protección

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación a ciertos elementos con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

En el circuito de conexión a tierra, los conductores de protección unirán las masas al conductor de tierra.

La sección de los conductores de protección será la indicada en la Tabla 12.- Sección de los conductores de protección.

2.6.9.2 Conductores de equipotencialidad

El conductor de equipotencialidad tendrá una sección no inferior a la mitad de la del conductor de protección de sección mayor de la instalación, el mínimo será 6 mm^2 , si es de cobre su sección puede reducirse a 2.5 mm^2 .

Si el conductor de equipotencialidad uniera una masa a un elemento conductor, su sección no será inferior a la mitad de la del conductor de protección unido a esta masa.

2.6.9.3 Resistencias de las tomas de tierras

Los electrodos de toma tierra se diseñan para que su resistencia de tierra no supere los valores especificados de:

- 24V en ambientes conductores.
- 50V en el resto de casos.

Las condiciones de los electrodos pueden verse afectadas por cambios en la resistividad del terreno. La resistividad aumenta debido a bajas temperaturas o sequedad de algunas zonas. Se verá afectada también si el terreno tiene estratos con corrientes subterráneas cercanas. Por estas razones el diseño de los electrodos debe ser muy fiable.

2.6.10 Receptores de alumbrado

Las luminarias serán conformes a los requisitos establecidos en las normas de la serie UNE-EN IEC 60598. Según la ITC-BT-44.

La tensión asignada de los cables utilizados será de 450/750 V. Además los cables serán de características adecuadas a la utilización prevista, siendo capaces de soportar la temperatura a la que puedan estar sometidas.

La masa de las luminarias suspendidas excepcionalmente de cables flexibles no debe exceder de 5 kg.

En instalaciones de iluminación con lámparas de descarga realizadas en locales en los que funcionen máquinas con movimiento rotatorio rápido, se deberán tomar las medidas necesarias para evitar la posibilidad de accidentes causados por ilusión óptica originada por el efecto estroboscópico.

Las partes metálicas accesibles de los receptores de alumbrado que no sean de Clase II o Clase III, deberán conectarse de manera fiable y permanente al conductor de protección del circuito. Se entiende como accesibles aquellas partes incluidas dentro del volumen de accesibilidad definido en la ITC-BT-24.

Los circuitos de alimentación estarán previstos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas y de arranque.

2.6.11 Receptores a motores

La instalación de los motores debe ser conforme a las prescripciones y las especificaciones aplicables a los locales (o emplazamientos) donde hayan de ser instalados.

Los motores deben instalarse de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente y no deben estar en contacto con materias fácilmente combustibles y se situarán de manera que no puedan provocar la ignición de estas. Según la ITC-BT-47.

- Conductores de conexión

Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125 % de la intensidad a plena carga del motor.

- Protección contra sobreintensidades

Los motores deben estar protegidos contra cortocircuitos y contra sobrecargas en todas sus fases, debiendo esta última protección ser de tal naturaleza que cubra, en los motores trifásicos, el riesgo de la falta de tensión en una de sus fases.

En el caso de motores con arrancador estrella-triángulo, se asegurará la protección, tanto para la conexión en estrella como en triángulo

- Protección contra la falta de tensión

Los motores deben estar protegidos contra la falta de tensión por un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia del restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidentes, o perjudicar el motor.

- Sobreintensidad de arranque

Los motores deben tener limitada la intensidad absorbida en el arranque, cuando se pudieran producir efectos que perjudicasen a la instalación u ocasionasen perturbaciones inaceptables al funcionamiento de otros receptores o instalaciones.

Los motores de potencia superior a 0,75 kW deben estar provistos de reóstatos de arranque

2.6.12 Batería de condensadores

Para compensar el factor de potencia debido al consumo de energía reactiva por parte de la Instalación eléctrica del conjunto de la nave formado por cortador de plasma, guillotina, punzonadora, compresores, plegadora, sierras... y otros receptores se ha previsto la instalación de una batería de condensadores con regulación automática.

Se ha previsto una batería de condensadores regulada de 400V con potencia reactiva a compensar de 105.36 kVAR.

Estará instalado junto al Cuadro General de Distribución (o CGBT) en lugar ventilado y seco.

Los conductores de alimentación desde el CGBT estarán dimensionados de acuerdo con las características de la instalación.

2.7 Diseño de la instalación fotovoltaica

En los próximos apartados se procederá a la descripción de la instalación fotovoltaica según el real decreto 244/2019.

2.7.1 Situación y emplazamiento

La instalación fotovoltaica se dispondrá en la cubierta de una nave industrial situada en Villanubla (Valladolid), en el polígono industrial de San Cosme.

Las coordenadas geográficas de la nave son:

- Latitud: 41° 41' 50.95724"
- Longitud: -4° 49' 16.68114"



Ilustración 15.- Emplazamiento nave (Fuente: Google Earth)

En los alrededores no hay edificios ni otro tipo de elementos que puedan producir sombreados en la instalación, aunque habrá que tener en cuenta que al estar rodeado por parcelas sin construir con suelos de tierra, el aire podría provocar generación polvo y suciedad sobre los paneles.

2.7.2 Descripción del edificio y de la actividad

Cuenta con una superficie de 1200 m², con una única planta baja y totalmente diáfana. Es una nave industrial porticada con cubierta a dos aguas.

La cubierta donde se instalarán los paneles tiene orientación sur-oeste, la otra es inviable la instalación debido a su orientación.

Esta orientación nos afectará en la producción de energía.

Dicha cubierta cuenta con tragaluces a lo largo de su superficie como se puede ver en la Ilustración 15, lo cual habrá que tener en cuenta para la colocación de los paneles.

La nave se utiliza para un taller metalúrgico, como se ha comentado en apartados anteriores. El horario de trabajo es de 8:00 a 17:30 h, es importante conocerlo, porque durante esas horas será cuando se produzca la mayor demanda de energía.

2.7.3 Consumos

Respecto a los consumos, se han podido obtener los consumos anuales gracias a la aplicación de I-DE, donde hemos podido exportar todos los consumos por hora del año 2023 y así poder realizar un estudio preciso.

A continuación se muestra como exporta los datos de consumos por horas:

Fecha	Hora	Consumo_kWh	Metodo_obtencion
01/01/2023	1	1,049	R
01/01/2023	2	1,037	R
01/01/2023	3	0,969	R
01/01/2023	4	1,471	R

Ilustración 16.-Consumos extraídos de I-DE (Fuente: App de I-DE)

Después se procedió a realizar un pequeño análisis de los datos obtenidos:

- La media de consumo por hora es de 7,8 kWh
- El máximo consumo por hora es de 50,8 kWh

Los consumos mensuales son los siguientes:

MES	CONSUMO (kWh)
ENERO	6359,64
FEBRERO	6738,88
MARZO	7203,00
ABRIL	5115,30
MAYO	5756,14
JUNIO	4977,19
JULIO	3837,28
AGOSTO	4328,06
SEPTIEMBRE	5928,24
OCTUBRE	5363,61
NOVIEMBRE	6870,23
DICIEMBRE	5800,01
TOTAL	68.277,64

Tabla 17.-Consumos mensuales (Fuente: elaboración propia)

El consumo anual es de 68.277 kWh y los consumos mensuales se representan en la Ilustración 17.

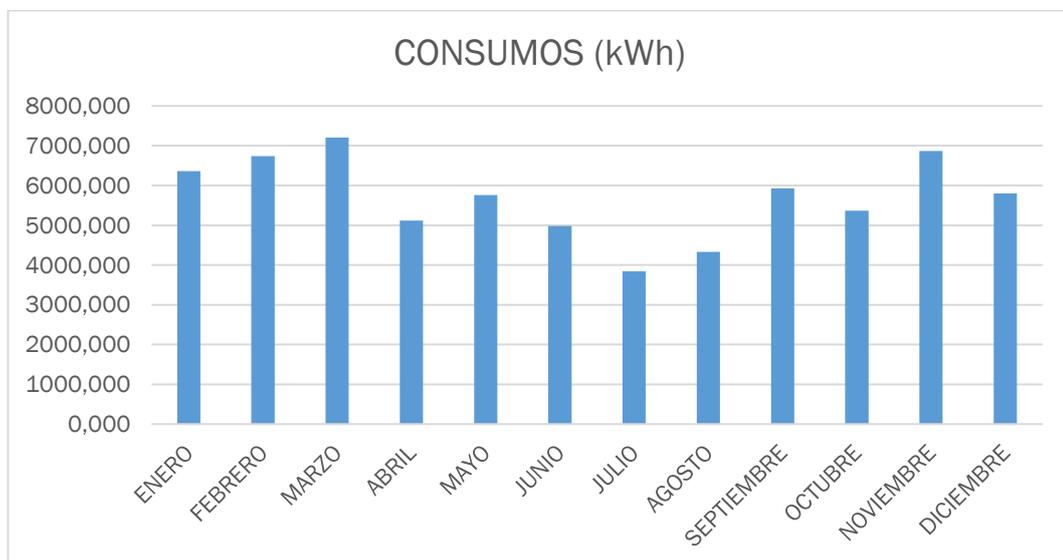


Ilustración 17.-Consumos mensuales (Fuente: elaboración propia)

Se observa que el mes de máximo consumos es Marzo y el mes que menos se consume es Julio.

Una vez conseguidos estos datos, se intenta conseguir el consumo por horario el cual nos lo proporciona la aplicación de I-DE (Iberdrola), para tener los consumos lo más desglosados posibles, y así obtener una mayor precisión a la hora de calcular el balance de energía entre la generada y la consumida, así como el ahorro energético y económico.

El Real Decreto 244/2019 en España regula el autoconsumo de energía eléctrica y establece varias modalidades que permiten a los consumidores generar y utilizar su propia electricidad

La actual normativa está basada en el autoconsumo, y fomenta principalmente la generación para el autoabastecimiento, con la posibilidad de compensar los excedentes de la energía generada y no consumida vertiéndola a la red.

Presenta las siguientes modalidades:

- Autoconsumo sin excedentes, la instalación está diseñada para consumir toda la energía generada sin verter excedentes a la red, necesita un sistema anti-vertido para impedir la inyección a la red.
- Autoconsumo con excedentes, la instalación puede verter los excedentes de energía no consumida a la red. Existen dos modelos:
 - Acogido a Compensación Simplificada, donde los excedentes de energía se compensan en la factura eléctrica del consumidor, descontando el coste de la energía consumida de la red.
 - No Acogido a Compensación Simplificada, donde los excedentes de energía se venden en el mercado eléctrico, y el productor recibe ingresos por esta venta.

Para esta instalación se decidirá por el modelo de autoconsumo con excedentes y acogido a compensación simplificada, ya que los periodos de consumos no coincidirán con los de generación, tanto en el horario debido a la orientación de la cubierta, como en la cantidad de generación de los meses.

Por último, estos consumos exportados de la aplicación de I-DE fueron tratados para poder introducirlos en el programa PVsyst para el diseño de la instalación fotovoltaica, concretamente en el apartado de autoconsumo.

2.7.4 Comparación de tarifas

Una vez conocidos los consumos con los que se iba a trabajar, se contactó con el dueño de la empresa y nos facilitó facturas de un par de meses, donde se extrajo la siguiente información:

- La tarifa que tienen contratada es la 3.0 TD

Esta tarifa es contratada por empresas medianas que tienen una potencia contratada superior a 15 kW, además esta tarifa se divide en seis periodos horarios (punta, llano y valle) con distintos precios de la electricidad variando según la demanda energética a lo largo del día y la temporada.

- La potencia contratada para los periodos:
 - P1: 47 kW
 - P2: 50 kW
 - P3: 50 kW
 - P4: 50 kW
 - P5: 50 kW
 - P6: 50 kW

Con esto se comprueba que la potencia contratada es correcta ya que tienen un consumo máximo de hasta 50 kW.

Ya conocido el tipo de tarifa con el que estamos trabajando, se contactó con las compañías Iberdrola y Endesa, para conocer los términos de energía que se iba a facturar la electricidad consumida y la energía excedente.

- Oferta Iberdrola:
 - Término de energía: 0,1610 kW/h
 - Facturación de excedentes: 0,08 kW/h
- Oferta Endesa:
 - Término de energía: 0,1450 kW/h
 - Facturación de excedentes: 0,10 kW/h

Se considera que la mejor oferta es la de Endesa, ya que tiene un menor término y mayor facturación de excedentes, por lo que se consigue un balance económico mejor.

El estudio económico y energético se realizará a partir de la oferta de Endesa.

2.7.5 Modalidad de instalación fotovoltaica

Una vez conocida la demanda de la empresa y el emplazamiento de la nave y sus características, se decide proyectar una instalación fotovoltaica conectada a red, se dimensionará con el objetivo de cubrir la mayor parte de la demanda y que sea una inversión correcta.

La energía que no se autoconsume de forma instantánea se vuelca a la red de manera que al final del periodo de facturación (máximo un mes) el valor de esa energía excedentaria se compensará en la factura del consumidor.

Pueden optar a esta modalidad las instalaciones individuales conectadas a red interior que cumplan las siguientes condiciones:

- Fuente de energía primaria de origen renovable.
- Potencia total no sea superior a 100 kW.
- El consumidor y/o productor hayan suscrito los correspondientes contratos.

2.7.6 Dimensionamiento de la instalación

Para el dimensionamiento se tendrá como objetivo el diseño de la instalación de un tamaño óptimo. Para ello se realizarán distintos casos de estudio en los que se irá variando la potencia instalada.

El propósito principal es reducir el consumo de la red para ver reducida la factura de la luz.

Los criterios para la selección de la potencia óptima se buscarán un equilibrio entre los criterios energéticos y económicos, los cuales serán:

- Criterios energéticos
 - ✓ Conseguir aproximadamente un 50 % de autoconsumo.
 - ✓ Minimizar los excedentes.
- Criterios económicos
 - ✓ Estos se criterios se basarán en el ahorro, el cual será la diferencia entre la actual factura de la luz sin fotovoltaica y la factura de luz que tendría la nave industrial con la fotovoltaica, por lo tanto, esta factura va a ser menor debido a que parte de la energía que consume la nave será producida por la instalación fotovoltaica y no será comprada a la red.
Por otro lado, la venta de excedentes de energía la cual no ha sido consumida, generará unos ingresos que ayudarán a la disminución de energía.
Por último se tiene en cuenta la inversión inicial para realizar la instalación fotovoltaica.
La diferencia entre esas dos facturas y la inversión lo denominamos máximo ahorro.
 - ✓ Máximo ahorro para la mayor potencia, el cual se logra mediante la disminución de la compra de electricidad de la red y mediante la compensación o venta de la energía excedente generada.
 - ✓ Amortización recuperable en la mitad de vida útil de la instalación.

Un factor que hay que tener en cuenta es la superficie de la cubierta, ya que tenemos una superficie amplia pero hay que tener en cuenta sus dimensiones.

2.7.6.1 Optimización de la potencia a instalar

El objetivo es calcular la potencia óptima para nuestra instalación, en función de nuestros consumos, emplazamiento y diseño fotovoltaico.

Resumidamente, el estudio se realizará con PVsyst, el cual consistirá en introducir los datos fijos de nuestra instalación, es decir, los consumos por horas de todo el año, la ubicación de nuestra nave (Villanubla, Valladolid) y la orientación que tiene (sur-oeste).

Después, se introducirá una potencia inicial, con su correspondiente diseño de la nave en 3D y disposición de los strings (serie de paneles solares conectados en serie dentro de un sistema fotovoltaico)

En cuanto al inversor y panel se utilizarán siempre la misma marca, para el inversor utilizaremos los modelos de Huawei y respecto al panel será el Longi de 440 Wp el que utilizaremos.

Una vez realizado el diseño se extraerán los siguientes datos que nos proporciona PVSyst de generación de la instalación:

- “ E_{solar} ”
Es la energía generada por la instalación fotovoltaica y que es consumida directamente por el usuario.
- “ E_{abs} ”
Es la energía que la nave necesita tomar de la red eléctrica cuando la generación solar no es suficiente para cubrir el consumo.
- “ E_{grid} ”
Es el excedente de energía solar generada por la instalación fotovoltaica y que no es consumido por el usuario y se vierte a la red eléctrica.
- “ E_{user} ”
Es la energía total utilizada por la nave, que puede provenir tanto de la energía solar consumida directamente (E_{solar}) como de la energía absorbida de la red (E_{abs}).
- “ $E_{available}$ ”
Es la cantidad total de energía que la instalación fotovoltaica puede generar independientemente si se consume o se inyecta a la red.

Estos datos se gestionarán en una hoja Excel, junto con todos los consumos horarios anuales, con el objetivo de realizar un estudio económico mensual, anual y para un período de 25 años, que corresponde a la vida útil de la instalación. En este estudio se considerarán los términos de facturación de energía y excedentes, el rendimiento del panel y, por último, el aumento del IPC (Índice de Precios al Consumidor).

Dicho estudio económico nos servirá para conocer:

- Consumos mensuales.
- La inversión a realizar.
- Factura sin FV, con FV y con FV acogida a compensación.
- La facturación de excedentes.
- El ahorro real de la factura entre la inversión y la compensación de los excedentes.
- El flujo de caja.
- El TIR y la amortización en número de años.

También se realizará un pequeño estudio energético donde se calculará:

- Índice de autoconsumo

El índice de autoconsumo es el porcentaje de la energía solar generada por una instalación fotovoltaica que es consumida directamente en el lugar donde se produce, sin ser vertida a la red. Este índice se calcula como la relación entre la energía solar consumida directamente (E_{solar}) y los consumos de la instalación.

- Índice de consumo solar

El índice de consumo solar es el porcentaje del consumo total de energía de un usuario que es cubierto por la energía solar generada por la instalación fotovoltaica. Este índice se calcula como la relación entre la energía solar consumida directamente (E_{solar}) y la energía total generada por la instalación ($E_{available}$).

- Representación gráfica de la demanda y la generación.

El proceso para determinar la potencia óptima consistirá en variar la potencia instalada, realizando para cada potencia un nuevo diseño de la instalación en el programa PVsyst. Esto incluirá la especificación del número de paneles, los strings y la potencia del inversor.

Después, se procederá al cálculo y extracción de los datos del programa para llevar a cabo un estudio económico y energético para cada potencia.

Una vez obtenidos todos los estudios energéticos y económicos para cada una de las potencias estudiadas, se realizará una comparación. Teniendo en cuenta los criterios comentados para la selección de la potencia óptima, se decidirá cuál es la potencia más adecuada para nuestra nave industrial.

Las potencias objeto de estudio se representan en la Tabla 18.

POTENCIA (kWp)
18,50
21,10
23,80
26,40
28,20
31,70
35,20
42,20
47,50
52,8
63,4
70,40
77,40
81,00
95,00

Tabla 18.-Potencias objeto de estudio (Fuente: Elaboración propia)

El procedimiento a realizar en PVsyst es el siguiente: orientación, autoconsumo y sombreados cercanos son comunes a todas las potencias de estudio. Sistema, disposición de módulos y resultados de la instalación son específicos de cada potencia diseñada.

- Orientación de la instalación

La inclinación de la cubierta es de 20 ° y la orientación es sur-oeste, como se muestra en la Ilustración 15.

- Autoconsumo

Se introduce los consumos horarios de todo el año de la empresa en el programa PVsyst, para posteriormente poder hacer un análisis de la energía FV consumida, absorbida por la red, inyectada por la red, suministrada al usuario y la energía disponible FV total.

- Sombreados cercanos

Se realiza el diseño 3D de la nave con sus correspondientes dimensiones (20x60m), con la orientación correspondiente e indicando donde se situarán los paneles.

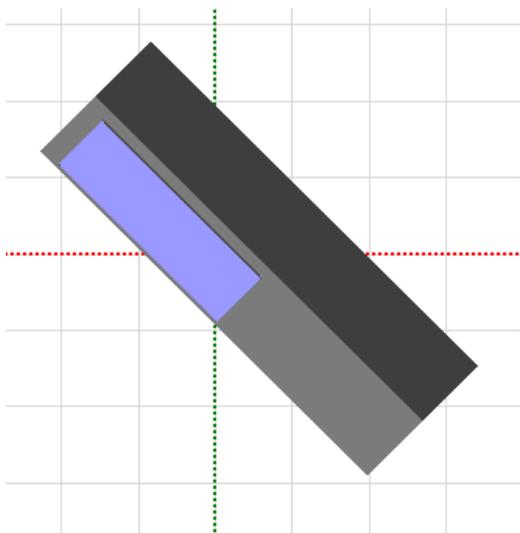


Ilustración 18.- Sombreados cercanos de PVsyst (Fuente: PVsyst)

- Sistema

Se realiza el sistema con el panel de la marca Longi, modelo 440 Wp y el tamaño del inversor marca Huawei acorde a la potencia objeto de estudio.

- Disposición de modulo

Se distribuye los strings de la instalación, en número de ramas en paralelo y número de paneles en serie.

- Resultados

Se extraen los resultados de cada análisis de potencia, para un posterior estudio económico y energético.

2.7.7 Solución adoptada

Tras el análisis económico y energético de todas las potencias, se consiguen los siguientes resultados:

ESTUDIO DE POTENCIAS (25 AÑOS)						
POTENCIA (kWp)	INVERSIÓN (€)	AHORRO (€)	AUTOCONSUMO (%)	CONSUMO SOLAR (%)	TIR (%)	AMORTIZACIÓN (AÑOS)
18,50	37.000 €	90.948	24,77	66,52	12,13%	9
21,10	42.200 €	104.003	27,59	64,36	12,16%	9
23,80	47.600 €	115.855	30,13	62,44	12,04%	9
26,40	52.800 €	127.229	32,49	60,77	11,94%	9
28,20	56.400 €	133.351	33,94	59,6	11,76%	9
31,70	63.400 €	146.300	36,01	57,33	11,53%	9
35,20	70.400 €	156.736	39,41	55,21	11,20%	10
42,20	84.400 €	172.720	43,71	51,23	10,45%	10
47,50	95.000 €	181.167	46,55	48,31	10,45%	11
52,80	105.600 €	185.139	48,9	45,52	9,00%	11
63,4	126.800 €	187.209	52,35	40,81	8,00%	12
70,40	140.800 €	186.732	54,22	38,02	6,64%	13
77,40	154.800 €	182.047	55,71	35,53	6,64%	14
81,00	162.000 €	179.034	56,44	34,34	6,00%	14
95,00	190.000 €	165.829	58,67	30,54	5,17%	15

Tabla 19.-Comparación de potencias (Fuente: Elaboración propia)

Si aplicamos el criterio del máximo ahorro, tendríamos que la mejor potencia sería la de 63,4 kWp, ya que a partir de potencias mayores, el ahorro disminuye.

Pero para dichas potencias la superficie de paneles no entraría ya que es superior a la de la cubierta, teniendo en cuenta los tragaluces que tiene.

Por lo que se decide por potencia óptima la de 47,5 kWp por las siguientes condiciones:

- Se trata del máximo ahorro respecto a potencia que puede ser instalada en la cubierta.
- Los índices de consumo y autoconsumo son muy parejos, lo que es un buen indicativo para la instalación. Como se muestra en la Ilustración 19.
- La instalación se amortizaría en 11 años, teniendo en cuenta que la vida útil puede ser de 25-30 años, se considera correcta.
- La relación de inversión y ahorro es buena.

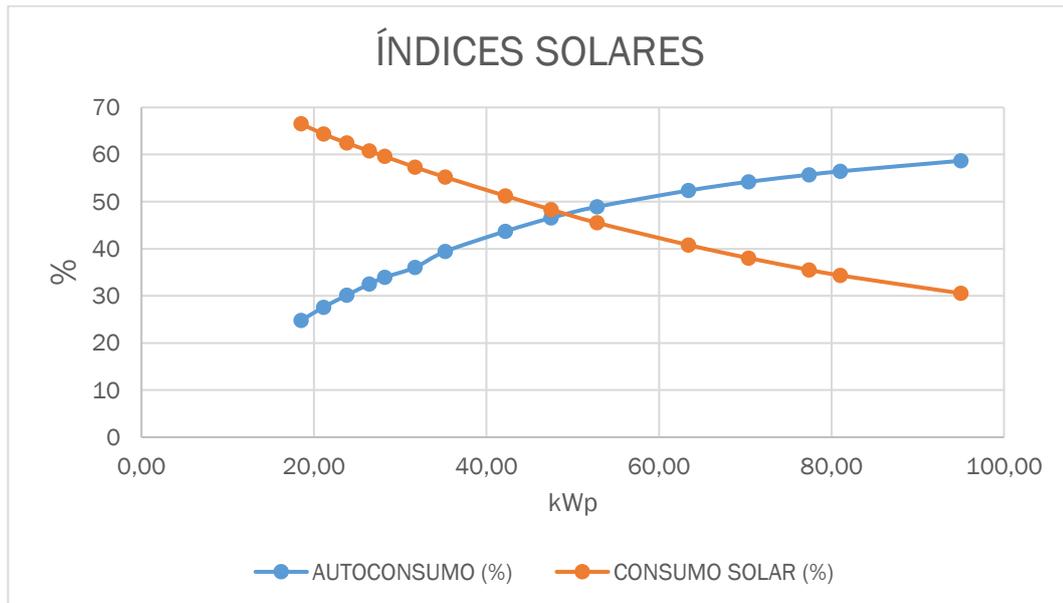


Ilustración 19.-Índices solares (Fuente: Elaboración propia)

2.7.8 Descripción de la instalación

La instalación está formada por 108 paneles solares fotovoltaicos y 1 inversor. La instalación se divide en la zona de corriente continua, que corresponde a la instalación comprendida entre los paneles al inversor y la zona de corriente alterna, comprendida entre el inversor y el punto de conexión.

2.7.8.1 Módulos fotovoltaicos

Como ya se ha comentado anteriormente el panel escogido es el Longi tiene una potencia de 440 Wp y los paneles en conjunto tienen 47,5 kWp, su rendimiento es del 20 % y sus dimensiones son 2094x1038x35 mm, con un peso de 23,5 kg.

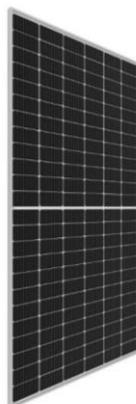


Ilustración 20.-Panel Longi 440 Wp (Fuente: Ficha técnica)

Características técnicas resumidas:

LR4-72HPH 44M		
Potencia máxima (P_{max}) (W)	440	
Tensión circuito abierto (V_{oc}) (V)	(25 °C)	(-10 °C)
	48,9	54,9
Corriente de cortocircuito (I_{sc}) (A)	11,46	
Corriente máxima potencia (I_{mp}) (A)	10,71	
Tensión de máxima potencia (V_{mp}) (V)	41,1	
Eficiencia del módulo	20%	

Condiciones STC, 1000 W/m² y 25 °C

Tabla 20.- Características panel (Fuente: Elaboración propia)

2.7.8.2 Inversor

La instalación va a contar con un total de 1 inversor, el que se va a instalar es el HUAWEI SUN 2000-45 KTL-HV-D0, los datos técnicos se encuentran en el anejo de fichas técnicas.



Ilustración 21.-Inversor Huawei (Fuente: Elaboración propia)

Características técnicas resumidas:

HUAWEI SUN2000-45KTL-HV-D1	
Tensión máxima entrada (V)	1500
Rango tensiones del MPPT (V)	600-1450
Corriente máxima de cortocircuito (A)	30
Corriente máxima por MPPT (A)	22
Corriente máxima de salida (A)	48
Potencia máxima de salida (W)	45 000
Nº entradas	8
MPPT	4

Tabla 21.- Características inversor (Fuente: Elaboración propia)

2.7.8.3 Campo fotovoltaico

La orientación de la instalación, será sur-oeste sobre una cubierta (Ilustración 15) con una inclinación de 20 °, los paneles se instalarán de forma coplanaria.

Características resumidas:

CARACTERÍSTICAS	
Nº Inversor	1
Nº de paneles	108
Potencia instalada	47.500 W
Nº string	8
Nº paneles máx. por string	14

Tabla 22.- Características campo fotovoltaico (Fuente: Elaboración propia)

La distribución de la instalación será la siguiente ya que el inversor cuenta con 8 entradas para 4 MPPT (Maximum Power Point Tracking).

Se realizarán 8 strings, la mitad con 14 paneles en serie y la otra mitad con 13 paneles. La distribución queda detallada en el documento de planos.

Características de los strings:

STRINGS	Nº PANELES	V _{oc} (V)	V _{PMP} (V)	I _{PMP} (A)
STRING 1-4	14	768,6	575,4	149,94
STRING 5-8	13	713,7	534,3	139,23

Tabla 23.-Características de los strings (Fuente: Elaboración propia)

2.7.8.4 Cableado

Para el dimensionamiento y selección del cableado de la instalación se ha seguido lo descrito en el Reglamento electrotécnico para Baja Tensión, REBT_ITC-BT-40 y el pliego de condiciones técnicas de instalaciones fotovoltaicas conectadas a red del IDAE (Instituto para la diversificación y ahorro energético).

Se definen dos criterios para la elección de la sección, criterio térmico y criterio de caída de tensión.

El criterio de corriente máxima admisible, comprueba que la emisión de calor por parte del conductor sea siempre menor a la soportada por el material aislante del cable.

El criterio de caída de tensión marca una caída de tensión máxima admisible.

Se escogerá el criterio más restrictivo de entre los dos.

Definimos estos puntos para el dimensionado:

- Los cables de conexión deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad del generador.
- La caída de tensión entre el generador (paneles fotovoltaicos) y el punto de interconexión a la Red de Distribución Pública o a la instalación interior, no será superior al 1,5%, para la intensidad nominal.
- Los positivos y negativos de cada grupo de módulos se conducirán separados y protegidos de acuerdo a la normativa vigente.
- El cable deberá tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de enganche por el tránsito normal de personas.
- Todo el cableado de continua será de doble aislamiento y adecuado para su uso en intemperie, al aire o enterrado, de acuerdo con la norma UNE 21123.

❖ Cálculos eléctricos

Por tanto, para los cálculos se distinguen, el tramo en continua y el tramo en alterna.

Para el cálculo en la parte de continua se considera: como intensidad del circuito, la intensidad del módulo fotovoltaico en cortocircuito, y como tensión de funcionamiento máximo, la tensión en circuito abierto por cada string de módulos.

En la parte de alterna se trabaja con la intensidad máxima que puede sacar el inversor a cada línea.

La máxima tensión que se dará en la instalación fotovoltaica será de 768,6 V en CC para el punto de máxima potencia y 400/230V en CA. Los conductores serán de cobre con aislamiento XLPE.

En nuestro caso se decidieron aplicar las siguientes caídas de tensión:

- 1 % de caída de tensión en CC, asegura que la eficiencia del sistema sea alta, minimizando las pérdidas y asegurando aprovechar la energía generada.
- 0,5 % de caída de tensión en CA, asegura que los equipos conectados a la red eléctrica funcionen de manera óptima y segura, minimizando pérdidas energéticas y garantizando un suministro estable y eficiente a la nave.

Las fórmulas utilizadas son las siguientes:

- Para corriente continua

$$s = \frac{2 \times L \times I}{K \times \Delta_V}$$

- Para corriente alterna

$$s = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos \gamma}{K \times \Delta_V}$$

Donde:

s= Sección del conductor en mm^2 .

I= Intensidad de corriente en amperios.

L=Longitud de la línea en metros.

Δ_V = Caída de tensión desde el principio hasta el final de la línea en voltios.

K= conductibilidad eléctrica, para el cobre 56.

Obteniendo los siguientes resultados para corriente continua:

CÁLCULOS CORRIENTE CONTINUA										
MPPT	STRING	MODULO S	DIST (m)	I-STRING (A)	I-125% (A)	TENSIÓN STRING MAX ($V_{OC}(-10^\circ C)$)	CAÍDA DE TENSIÓN (%)	CAÍDA DE TENSIÓN (V)	SECCIÓN TEÓRICA (mm^2)	SECCIÓN NORMALIZADA (mm^2)
1	1	14	13	11,46	14,33	768,6	0,5	3,84	1,73	10
	2	14	24	11,46	14,33	768,6	0,5	3,84	3,20	10
2	3	14	30	11,46	14,33	768,6	0,5	3,84	3,99	10
	4	14	36	11,46	14,33	768,6	0,5	3,84	4,79	10
3	5	13	46	11,46	14,33	713,7	0,5	3,57	6,59	10
	6	13	52	11,46	14,33	713,7	0,5	3,57	7,46	10
4	7	13	58	11,46	14,33	713,7	0,5	3,57	8,32	10
	8	13	64	11,46	14,33	713,7	0,5	3,57	9,18	10

Tabla 24.-Sección de CC (Fuente: Elaboración propia)

Para la selección de la sección hemos tenido en cuenta el string 8, ya que es la longitud crítica de la instalación, cumpliendo el criterio de caída de tensión.

Por tanto, los cables de CC tendrán una sección de $10 mm^2$ cumpliéndose la ITC-BT-19 y estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad del generador como establece la ITC-BT-40.

La intensidad admisible para este cable XLPE, según la Tabla C.52.1 bis de UNE HD 60364-5-52 (Tabla 26) es de 68 A (Tipo de instalación E: cables sobres

bandejas), muy superior a los del campo generador. Por lo cumple el criterio de corriente máxima admisible.

Se concluye, por tanto, que, se elegirá la sección comercial de 10 mm² de cobre para el conductor de corriente continua que va desde los paneles al inversor.

Para el cálculo de la sección en corriente alterna obtenemos los siguientes resultados:

CÁLCULOS CORRIENTE ALTERNA							
DIST (m)	I-RAMA (A)	I-125% (A)	TENSIÓN NOMIAL (V)	CAÍDA DE TENSIÓN (%)	CAÍDA DE TENSIÓN (V)	SECCIÓN TEÓRICA (mm ²)	SECCIÓN NORMALIZADA (mm ²)
5,00	48,00	60,00	400,00	1,00	4,00	2,32	16,00

Tabla 25.-Sección de CA (Fuente: Elaboración propia)

El inversor tiene una corriente máxima de salida de 48 A, que sobredimensionado un 125 % son 60 A, pero con el criterio de caída de tensión vemos que sería posible una sección normalizada de 4 mm².

Pero nuestra sección debe soportar una corriente máxima de 60 A, dicha sección corresponde a la de 16 mm² que según la Tabla C.52.1 bis de UNE HD 60364-5-52 (Tabla 26), para un tipo de instalación B1 (conductores en tubos empotrados) soporta 77 A.

Por lo tanto, el cable utilizado será un conductor de cobre tipo RZ1 de 0,6/1 kV, aislamiento XLPE y libre de halógenos de sección 16mm².

Tabla C.52.1 bis – Corrientes admisibles en amperios – Temperatura ambiente 40 °C en el aire

Método de referencia de la tabla B.52.1	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento																	
	A1	PVC3	PVC2				XLPE 3		XLPE 2									
A2	PVC3	PVC2			XLPE 3		XLPE 2											
B1				PVC3		PVC2					XLPE 3				XLPE 2			
B2			PVC3	PVC2					XLPE 3		XLPE 2							
C						PVC3				PVC2			XLPE 3			XLPE 2		
E								PVC3				PVC2			XLPE 3		XLPE 2	
F										PVC3				PVC2		XLPE 3		XLPE 2
1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13
Sección mm ² 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	-
2,5	15	15,5	17	18	19	20	20	21	22	23	24	26	27	26	28	30	32	-
4	20	20	22	24	25	26	28	29	30	31	32	34	36	36	38	40	44	-
6	25	26	29	31	32	34	36	37	39	40	41	44	46	46	49	52	57	-
10	33	36	40	43	45	46	49	52	54	54	57	60	63	65	68	72	78	-
16	45	48	53	59	61	63	66	69	72	73	77	81	85	87	91	97	104	-
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	298	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
185	-	-	-	-	-	281	294	314	329	341	356	368	385	391	409	460	493	523
240	-	-	-	-	-	330	345	368	385	401	419	435	455	468	489	545	583	617

Tabla 26.- Tabla C.52.1 bis [Fuente: normas UNE]

2.7.8.5 Protecciones

Durante el funcionamiento de cualquier instalación eléctrica se pueden dar casos en los que por motivo de una avería o mal funcionamiento aparezcan intensidades y tensiones mayores que las nominales para las que se ha diseñado la instalación. Por este motivo, se deben de añadir a las instalaciones en cuestión equipos de protección que identifiquen las anomalías en el funcionamiento y actúen ante ellas. Estas protecciones son herramientas para la protección de los usuarios así como para la protección de las partes de la instalación afectadas

Por lo tanto, según las características técnicas del inversor, como se puede ver en el anexo de fichas técnicas, el equipo de Huawei incluye protecciones contra las sobretensiones tanto en el lado de CC y CA.

- En el lado de corriente continua

Se realizará la incorporación de fusibles, tanto en el negativo como en el positivo de cada una de las 8 ramas.

Según la Instrucción Técnica ITC-BT-22, en cuanto a la protección contra sobrecargas, el límite de corriente admisible en un conductor, ha de quedar en todo caso garantizado, cumpliéndose lo siguiente:

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

I_B = Intensidad de cálculo de la línea a proteger. (14,32 A)

I_n = corriente asignada al dispositivo de protección

I_z = corriente admisible del cable en función del sistema de instalación utilizado. (68 A)

Por lo que se decide utilizar fusibles de 20 A.

- En el lado de corriente alterna

Se realizará la instalación de un interruptor magnetotérmico de 63 A, ya que la corriente máxima de salida del inversor es de 60 A.

Por último se instalará un interruptor diferencial de 63 A de 30 mA. Ambos interruptores serán de cuatro polos.

2.7.8.6 Monitorización

Para realizar la monitorización del sistema se empleará el HUAWEI SMART POWER METER DTSU666-H trifásico.

Es un contador inteligente trifásico de medida bidireccional que permite tener control de la energía exportada e importada de la instalación fotovoltaica, mostrando una visión detallada de los balances energéticos en tiempo real.

Con este elemento instalado, será posible hacer uso de la aplicación de Huawei FusionSolar, permitiendo ver en tiempo real los consumos y la producción de la planta, así como las curvas de carga, porcentajes de autoconsumo, excedentes vertidos, y consumo de la red.

Es necesario disponer de internet, nuestra nave ya cuenta con ello.

2.7.9 Análisis de la instalación

Se va realizar un pequeño análisis del comportamiento de la instalación sobre los resultados obtenidos.

- Pérdidas por sombreado

En la instalación no vamos a tener sombras como se muestra en la Ilustración 22.

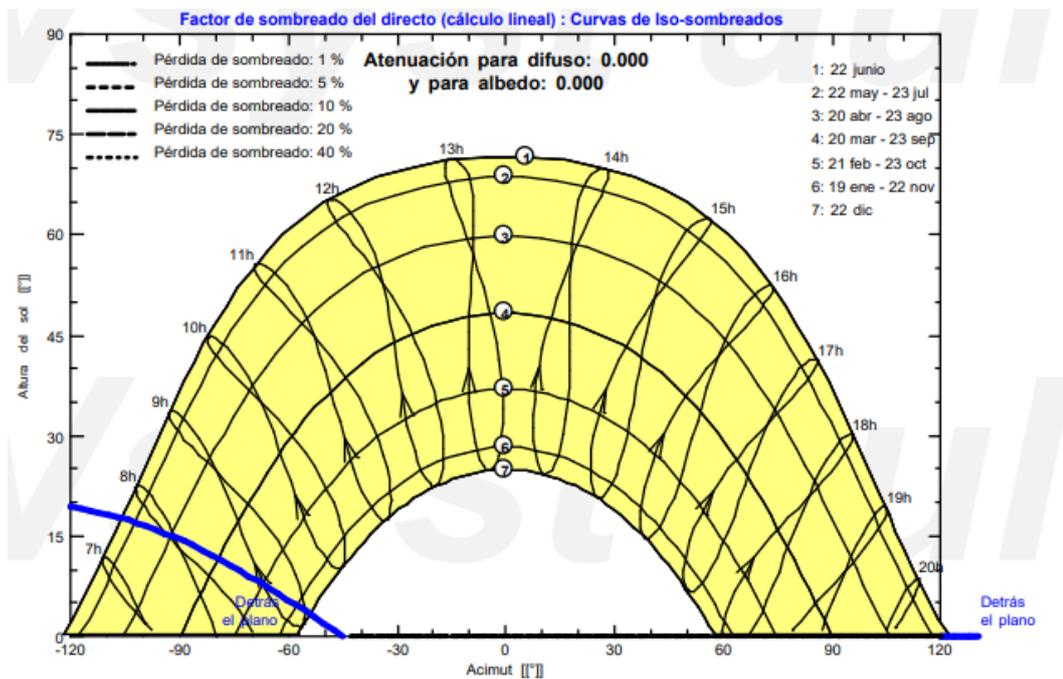


Ilustración 22.-Sombreado instalación (Fuente: PVsyst)

- Rendimiento de la instalación

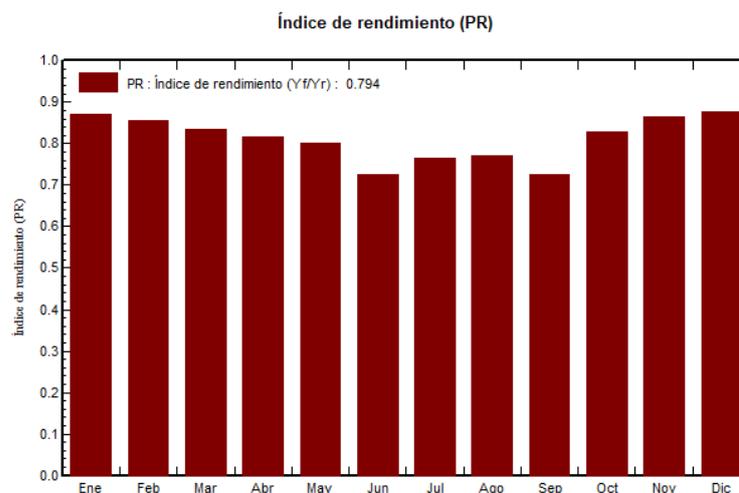


Ilustración 23.-Rendimiento instalación (Fuente: PVsyst)

El rendimiento de la instalación alcanza casi el 80 %. (Ilustración 23)

- Producciones normalizadas por kWp instalado

Los meses de mayor producción como se ve en la Ilustración 24, corresponden a los meses de verano como es lógico debido a la mayor cantidad de horas de sol, pero también se producen las mayores pérdidas, sobre todo por la temperatura, como veremos a continuación.

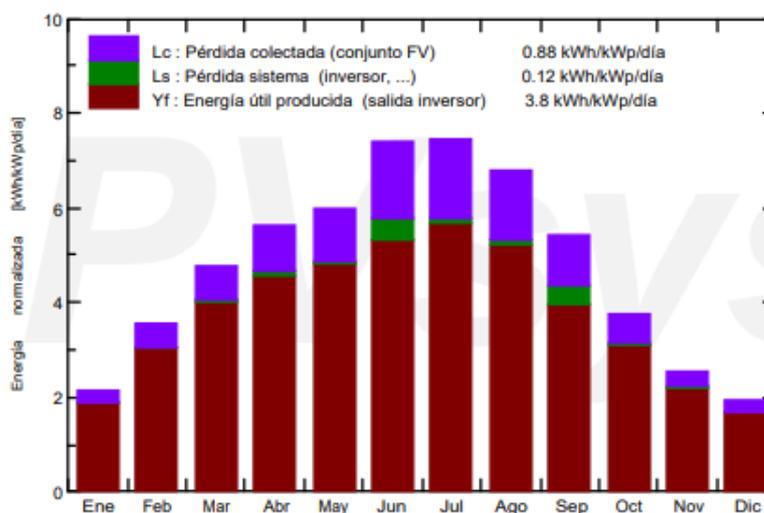


Ilustración 24.-Producciones instalación (Fuente: PVsyst)

- Comportamiento del inversor

El diagrama de entrada/salida (Ilustración 25) no muestra puntos de dispersión, eso significa que el inversor elegido para el diseño de nuestra instalación es el idóneo.

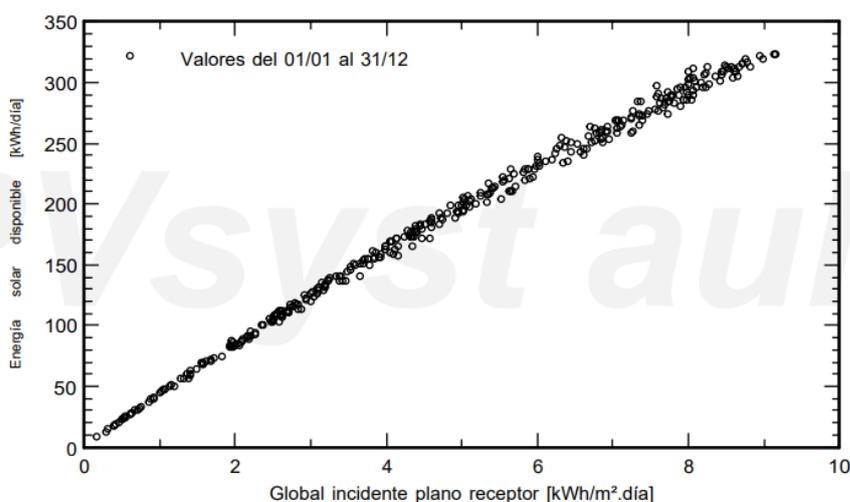


Ilustración 25.-Diagrama de entrada/salida (Fuente: PVsyst)

- Diagrama de pérdidas

Por último se muestra las pérdidas del sistema (Ilustración 26), siendo la mayor las pérdidas por temperatura (6,4 %), como se ha comentado anteriormente y seguida del deterioro del panel (3,8 %) pero para el décimo año de la instalación.

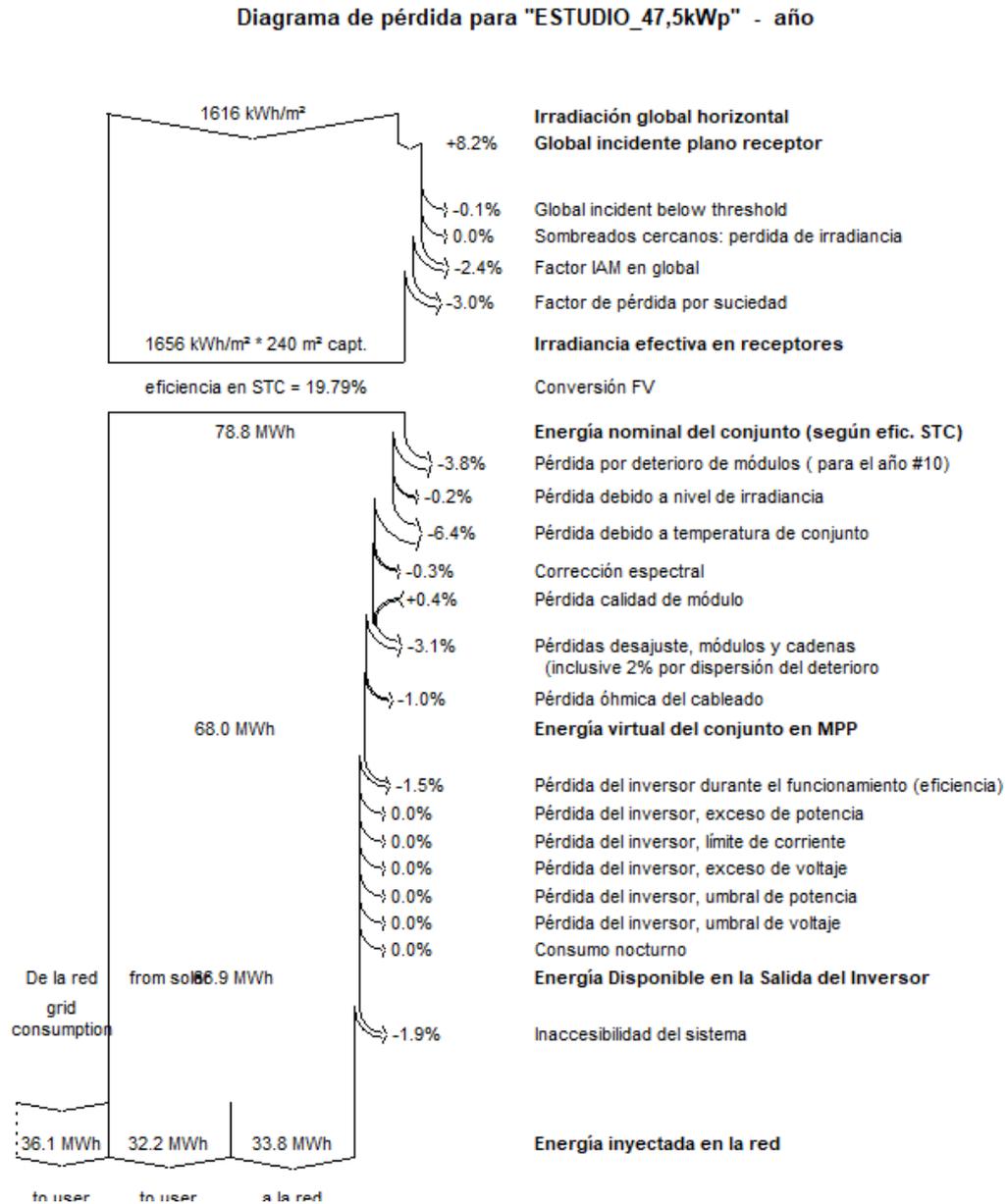


Ilustración 26.-Diagrama de pérdida (Fuente: PVsyst)

2.7.10 Análisis energético

El estudio energético consistirá en determinar, mensual y anualmente, los siguientes balances:

- Energía consumida por el taller de la red sin la instalación fotovoltaica. (E_{user})
- Energía generada por la instalación fotovoltaica. ($E_{available}$)
- Energía generada por la instalación fotovoltaica y que es consumida por el taller. (E_{solar})
- Energía generada por la instalación fotovoltaica y que es inyectada en la red. (E_{grid})

El estudio se hará con los datos proporcionados por el consumo del taller, los calculados por PVsyst y por los términos de facturación activa y del precio del excedente de autoconsumo.

Una vez realizada la simulación con PVsyst, se extrajo los datos por hora durante un año.

Una vez teníamos todos los datos tanto de los consumos y generación por hora se realizó el siguiente estudio:

ENERGÍA						
MES	E_{user}	E_{solar}	E_{grid}	E_{solar}	ÍNDICE DE AUTOCONSUMO	ÍNDICE DE CONSUMO SOLAR
	kWh	kWh	kWh	kWh		
ENERO	6.359,65	2.218,19	571,88	2.790,07	46,55	48,31
FEBRERO	6.738,89	2.827,54	1.227,55	4.055,10		
MARZO	7.203,01	3.622,93	2.278,11	5.901,05		
ABRIL	5.115,30	2.714,31	3.858,07	6.572,37		
MAYO	5.756,15	3.384,16	3.729,76	7.113,92		
JUNIO	4.977,19	2.938,46	4.494,30	7.432,77		
JULIO	3.837,29	2.431,66	5.970,49	8.402,14		
AGOSTO	4.328,06	2.617,47	5.125,56	7.743,03		
SEPTIEMBRE	5.928,24	2.952,19	3.057,66	6.009,85		
OCTUBRE	5.363,62	2.298,12	1.882,97	4.181,10		
NOVIEMBRE	6.870,24	2.302,05	861,46	3.163,52		
DICIEMBRE	5.800,01	1.474,18	941,17	2.415,35		
ANUAL	68.277,64	31.781,27	33.998,97	65.780,26		

Tabla 27.-Estudio energético (Fuente: Elaboración propia)

- Anualmente se producen 68,3 MWh de consumos
- Se consumirá 31,7 MWh de energía fotovoltaica
- Se inyectará a la red un total de 34 MWh
- Y siendo el total de energía fotovoltaica generada de 65,7 MWh

El índice de autoconsumo es de un 46,55 % (Consumo/Energía solar FV consumida), sería más interesante buscar un 50 % de autoconsumo pero eso no es posible debido a la limitación de la orientación y a que la curva de generación no coincide con los consumos. Aun así es buen indicador energético.

El índice de consumo solar es del 48,31 % (Energía solar FV consumida/Energía generada por la FV) es correcto.

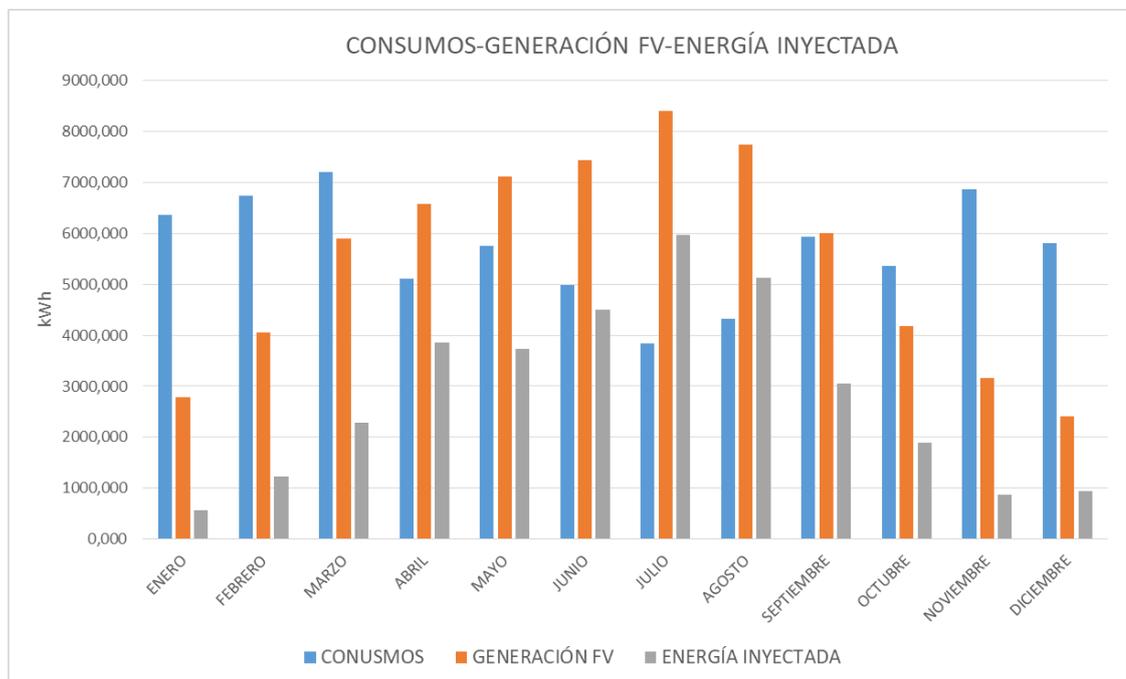


Ilustración 27.-Estudio generación (Fuente: Elaboración propia)

Se observa en la Ilustración 27, como los meses de menor consumo coinciden con los meses de mayor generación, que son los de verano.

Esto implica que durante esos meses se inyecte más energía a la red llegando incluso a tener varios meses la factura a 0 € como son los meses desde Mayo hasta Agosto.

Esto se debe a que la generación no coincide con los consumos debido a varios factores:

- La orientación sur-oeste de la cubierta, lo que significa que capta mayor radiación solar durante las horas de la tarde.
- El horario de trabajo se desarrolla de 8:00 a 17:30 h, siendo las primeras horas de la mañana donde se consume más.
- La fotovoltaica produce principalmente 10:00 a 16:00 h.

Todo esto se muestra en la Ilustración 28, donde se ha escogido un día del año al azar.

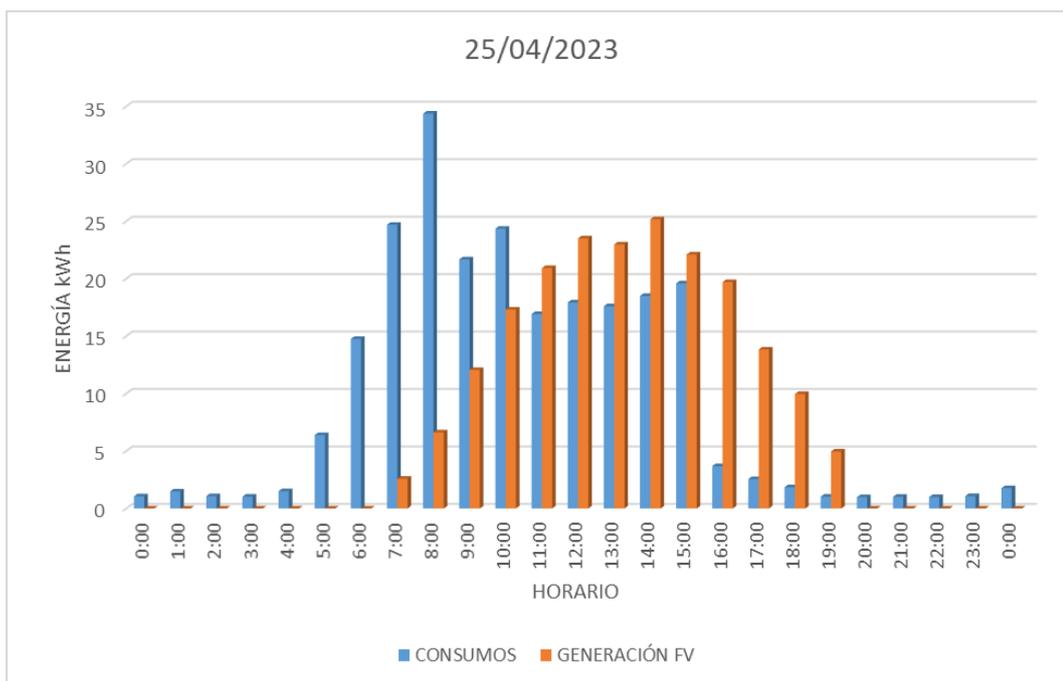


Ilustración 28.-Curva consumo-generación (Fuente de elaboración propia)

Donde podemos observar que la curva de generación esta desplazada claramente respecto a la de consumos.

2.7.11 Análisis económico. Viabilidad de la inversión

El propósito principal de la instalación es el ahorro económico reduciendo la factura. Éste vendrá inducido por la demanda cubierta por autoconsumo y por la compensación económica de la generación excedente.

Para el análisis hemos tenido en cuenta varios factores que afectan:

- Coste de la instalación: 2€/Wp, abarca desde el diseño, todos los materiales para la instalación y la propia instalación.
- Aumento del IPC anual de 4,5 %.
- Degradación del panel anual del 1 %,
- Vida útil de la instalación de 25 años.

Lo que significa que, la factura de la luz irá aumentando cada año debido al aumento del IPC, pero a su vez también aumenta la facturación de excedentes, aunque también le afecta la degradación de los paneles pero como el IPC es mayor que la degradación, la facturación de excedentes aumenta

La energía FV generada disminuirá debido a la degradación de los paneles.

- Estudio económico durante un año

CON COMPENSACIÓN MENSUAL											
MES	INVERSIÓN	E _{user}	FACTURA SIN FV	E _{available}	E _{solar}	E _{grid}	FACTURA CON FV SIN COMPENSACIÓN	PRECIO DE VENTA DEL EXCEDENTE	FACTURA LUZ CON COMPENSACIÓN	AHORRO CON FV CON EXCEDENTES	FACTURACIÓN DE EXCEDENTES
	€	kWh	€	kWh	kWh	kWh	€	€/kWh	€	€	€
EN		6.359,65	922,57	2.790,07	2.218,19	571,88	600,79	0,10	543,60	378,97	57,19
FEB		6.738,89	977,58	4.055,10	2.827,54	1.227,55	567,40	0,10	444,65	532,94	122,75
MAR		7.203,01	1.044,91	5.901,05	3.622,93	2.278,11	519,35	0,10	291,54	753,38	227,81
ABR		5.115,30	742,06	6.572,37	2.714,31	3.858,07	348,30	0,10	0,00	742,06	348,30
MAY		5.756,15	835,02	7.113,92	3.384,16	3.729,76	344,09	0,10	0,00	835,02	344,09
JUN		4.977,19	722,02	7.432,77	2.938,46	4.494,30	295,75	0,10	0,00	722,02	295,75
JUL	-95.000,00	3.837,29	556,66	8.402,14	2.431,66	5.970,49	203,91	0,10	0,00	556,66	203,91
AGO		4.328,06	627,85	7.743,03	2.617,47	5.125,56	248,15	0,10	0,00	627,85	248,15
SEP		5.928,24	859,99	6.009,85	2.952,19	3.057,66	431,73	0,10	125,96	734,03	305,77
OCT		5.363,62	778,08	4.181,10	2.298,12	1.882,97	444,70	0,10	256,40	521,68	188,30
NOV		6.870,24	996,64	3.163,52	2.302,05	861,46	662,69	0,10	576,54	420,10	86,15
DIC		5.800,01	841,38	2.415,35	1.474,18	941,17	627,33	0,10	533,22	308,17	94,12
ANUAL	-95.000,00	68.277,64	9.904,76	65.780,26	31.781,27	33.998,97	5.294,18		2.771,90	7.132,87	2.522,29

Tabla 28 Estudio anual (Fuente: Elaboración propia)

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UNA NAVE E INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Durante el día habrá horas que nuestro taller, tendrá que consumir de la red, otras en las que le servirá totalmente con la instalación fotovoltaica y por última habrá ciertas horas, sobre todo por la tarde que dicha energía será inyectada a la red en forma de compensación a la factura.

Pero en conjunto, sale una instalación rentable económicamente y por ello destacamos los siguientes puntos:

- Inversión inicial de 95.000 €
- Actualmente se paga de luz anualmente casi 10.000 €
- La factura con FV y acogida a compensación, anualmente sería casi de 2.800 €.
- El ahorro anual gracias a la instalación FV será de 7.000 €

Es decir, con la instalación FV de 47,5 kWp, necesitaríamos una inversión inicial considerable, pero cada año veríamos reducida nuestra factura un 70 % que si no tuviéramos la instalación

- Estudio económico durante 25 años

El estudio anual se ha repetido durante 25 años más, pero se ha tenido en cuenta el aumento anual del IPC y de la degradación del panel. Se muestra a continuación en la Tabla 29.

ESTUDIO DURANTE 25 AÑOS										
AÑO	IPC	INVERSIÓN	RENDIMIENTO PANEL	PRODUCCIÓN DE ENERGÍA FV	FACTURADA LUZ SIN FOTOVOLTAICA	AHORRO EN FACTURADA LUZ CON FV CON EXCEDENTES	FACTURADA LUZ CON FV CON COMPENSACIÓN	FLUJO DE CAJA	FLUJO DE CAJA ACUMULADO	TIR CON EXCEDENTES
		€	%	kWh	€	€	€	€	€	%
1	1,000		100,00	65.780,26	9.904,76	7.132,87	2.771,90	-87.867,13	-87.867,13	
2	1,045		99,00	65.122,45	10.350,48	7.379,31	2.971,17	7.379,31	-80.487,83	
3	1,092		98,01	64.471,23	10.816,25	7.634,26	3.181,99	7.634,26	-72.853,57	
4	1,141		97,03	63.826,52	11.302,98	7.898,03	3.404,96	7.898,03	-64.955,54	
5	1,193		96,06	63.188,25	11.811,62	8.170,90	3.640,71	8.170,90	-56.784,64	
6	1,246		95,10	62.556,37	12.343,14	8.453,21	3.889,93	8.453,21	-48.331,43	
7	1,302		94,15	61.930,81	12.898,58	8.745,27	4.153,31	8.745,27	-39.586,17	
8	1,361		93,21	61.311,50	13.479,02	9.047,41	4.431,60	9.047,41	-30.538,75	
9	1,422		92,27	60.698,38	14.085,57	9.360,00	4.725,57	9.360,00	-21.178,75	
10	1,486		91,35	60.091,40	14.719,42	9.683,39	5.036,03	9.683,39	-11.495,36	
11	1,553		90,44	59.490,49	15.381,80	10.017,95	5.363,84	10.017,95	-1.477,41	
12	1,623		89,53	58.895,58	16.073,98	10.364,07	5.709,91	10.364,07	8.886,66	
13	1,696	-95.000,00	88,64	58.306,63	16.797,31	10.722,15	6.075,16	10.722,15	19.608,81	
14	1,772		87,75	57.723,56	17.553,18	11.092,60	6.460,58	11.092,60	30.701,41	10%
15	1,852		86,87	57.146,32	18.343,08	11.475,85	6.867,23	11.475,85	42.177,26	
16	1,935		86,01	56.574,86	19.168,52	11.872,34	7.296,18	11.872,34	54.049,61	
17	2,022		85,15	56.009,11	20.031,10	12.282,53	7.748,57	12.282,53	66.332,14	
18	2,113		84,29	55.449,02	20.932,50	12.706,89	8.225,61	12.706,89	79.039,03	
19	2,208		83,45	54.894,53	21.874,46	13.145,91	8.728,55	13.145,91	92.184,94	
20	2,308		82,62	54.345,58	22.858,81	13.600,11	9.258,71	13.600,11	105.785,05	
21	2,412		81,79	53.802,13	23.887,46	14.069,99	9.817,47	14.069,99	119.855,04	
22	2,520		80,97	53.264,11	24.962,39	14.556,11	10.406,29	14.556,11	134.411,14	
23	2,634		80,16	52.731,47	26.085,70	15.059,02	11.026,68	15.059,02	149.470,17	
24	2,752		79,36	52.204,15	27.259,56	15.579,31	11.680,25	15.579,31	165.049,48	
25	2,876		78,57	51.682,11	28.486,24	16.117,58	12.368,66	16.117,58	181.167,05	
TOTAL		- 95.000,00		1.461.496,82	441.407,90	276.167,05	165.240,85	181.167,05	181.167,05	

Tabla 29.- Estudio 25 años (Fuente: Elaboración propia)

De este estudio destacamos:

- La tasa de inversión de retorno, TIR, es del 10 %, un valor correcto, que se trata del porcentaje de ingresos que se obtiene periódicamente tras una inversión.
- La instalación sería amortizable en 11 años, teniendo en cuenta que se ha considerado la vida útil de 25 años, la instalación estaría amortizada antes de la mitad de vida, por lo que se considera un buen valor.
- La amortización mensual es de 316,67 €
- Cabe destacar, que los estudios mostrados se han realizado para cada una de las potencias objeto de estudio, realizando un estudio energético, económico mensual y durante 25 años con el fin de poder conseguir los indicadores para determinar la potencia óptima.

Por la tanto la instalación es totalmente viable económicamente.



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UNA NAVE E INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

ÍNDICE DE CÁLCULOS

3.-CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.....	89
3.1.-Cálculos justificativos de la instalación eléctrica	
3.1.1.-Fórmulas.....	89
3.1.2.-Resultados	97

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 30.-Cableado Cuadro general de mando y protección (Fuente: Cálculos DmELECT)</i>	97
<i>Tabla 31.-Cortocircuito Cuadro general de mando y protección (Fuente: Cálculos DmELECT)</i>	97
<i>Tabla 32.- Cableado S4.EXTRACCIÓN (Fuente: Cálculos DmELECT)</i>	98
<i>Tabla 33.-Cortocircuito S4.EXTRACCIÓN (Fuente: Cálculos DmELECT)</i>	98
<i>Tabla 34.-Cableado S5.SIERRAS (Fuente: Cálculos DmELECT)</i>	98
<i>Tabla 35.- Cortocircuito S5.SIERRAS (Fuente: Cálculos DmELECT)</i>	98
<i>Tabla 36.-Cableado S6.SOLDADURA (Fuente: Cálculos DmELECT)</i>	98
<i>Tabla 37.-Cortocircuito S6.SOLDADURA (Fuente: Cálculos DmELECT)</i>	99
<i>Tabla 38.-Cableado S9.OFICINA (Fuente: Cálculos DmELECT)</i>	99
<i>Tabla 39.- Cortocircuito S9.OFICINA (Fuente: Cálculos DmELECT)</i>	99
<i>Tabla 40.- Cableado S10.FUERZA NAVE 1 S9.OFICINA (Fuente: Cálculos DmELECT)</i>	99
<i>Tabla 41.-Cortocircuito S10.FUERZA NAVE 1 S9.OFICINA (Fuente: Cálculos DmELECT)</i>	100
<i>Tabla 42.- Cableado S11.FUERZA NAVE 2 (Fuente: Cálculos DmELECT)</i>	100
<i>Tabla 43.-Cortocircuito S11.FUERZA NAVE 2 (Fuente: Cálculos DmELECT)</i> ..	100
<i>Tabla 44.-Cableado S12.ALUM NAVE (Fuente: Cálculos DmELECT)</i>	100
<i>Tabla 45.-Cortocircuito S12.ALUM NAVE (Fuente: Cálculos DmELECT)</i>	100
<i>Tabla 46.- Cableado S13.CLIMA NAVE (Fuente: Cálculos DmELECT)</i>	101
<i>Tabla 47.-Cortocircuito S13.CLIMA NAVE (Fuente: Cálculos DmELECT)</i>	101

3 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

3.1 Cálculos justificativos de la instalación eléctrica

Para llevar a cabo los cálculos de la instalación eléctrica se han empleado el módulo de CIEBT del software dmELECT 2017.

3.1.1 Fórmulas

Intensidad y caída de tensión:

El cálculo de la corriente y de la caída de tensión depende de si la carga alimentada es monofásica o trifásica.

- **Monofásica**

$$I = \frac{P_C}{U \cdot \cos\varphi \cdot \eta}$$

$$\Delta U = \frac{2L \cdot P_C}{\sigma \cdot U \cdot n \cdot S \cdot \eta} + \frac{2L \cdot P_C \cdot x_U \cdot \sin\varphi}{1000 \cdot U \cdot n \cdot \eta \cdot \cos\varphi}$$

- **Trifásica**

$$I = \frac{P_C}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi \cdot \eta}$$

$$\Delta U = \frac{L \cdot P_C}{\sigma \cdot U \cdot S \cdot \eta} + \frac{L \cdot P_C \cdot x_U \cdot \sin\varphi}{1000 \cdot U \cdot n \cdot \eta \cdot \cos\varphi}$$

En donde:

- P_C = Potencia de Cálculo en Vatios.
- L = Longitud de Cálculo en metros.
- ΔU = Caída de tensión en Voltios.
- σ = Conductividad del conductor.
- I = Intensidad en Amperios.
- U = Tensión de Servicio en Voltios (Trifásica o Monofásica).
- S = Sección del conductor en mm^2 .
- $\cos \varphi$ = Factor de potencia.
- η = Rendimiento. (Para líneas motor).
- n = N° de conductores por fase.
- X_u = Reactancia por unidad de longitud en $\text{m}\Omega/\text{m}$.

Conductividad eléctrica:

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

$$\rho = \rho_{20} \cdot [1 + \alpha(T - 20)]$$

$$T = T_0 \left[(T_{max} - T_0) \cdot \left(\frac{I}{I_{max}} \right)^2 \right]$$

Donde:

σ = Conductividad del conductor a la temperatura T.

ρ = Resistividad del conductor a la temperatura T.

ρ_{20} = Resistividad del conductor a 20°C.

$$\text{Cu} = 0.017241 \text{ ohmiosxmm}^2/\text{m}$$

$$\text{Al} = 0.028264 \text{ ohmiosxmm}^2/\text{m}$$

α = Coeficiente de temperatura:

$$\text{Cu} = 0.003929$$

$$\text{Al} = 0.004032$$

T = Temperatura del conductor (°C).

T_0 = Temperatura ambiente (°C):

$$\text{Cables enterrados} = 25^\circ\text{C}$$

$$\text{Cables al aire} = 40^\circ\text{C}$$

$T_{m\acute{a}x.}$ = Temperatura máxima admisible del conductor (°C):

$$\text{XLPE, EPR} = 90^\circ\text{C}$$

$$\text{PVC} = 70^\circ\text{C}$$

I = Intensidad prevista por el conductor (A).

$I_{m\acute{a}x.}$ = Intensidad máxima admisible del conductor (A).

Sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45I_z$$

Donde:

I_b = intensidad utilizada en el circuito.

I_z =intensidad admisible de la canalización según la norma UNE-HD 60364-5-52.

I_n =intensidad nominal del dispositivo de protección. Para los dispositivos de protección regulables, I_n es la intensidad de regulación escogida.

I_2 =intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección. En la práctica I_2 se toma igual:

- a la intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional, para los interruptores automáticos ($1,45 I_n$ como máximo).
- a la intensidad de fusión en el tiempo convencional, para los fusibles ($1,6 I_n$).

Compensación del factor de potencia:

$$\cos\varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{Q}{P}$$

$$Q_c = P \cdot (\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2)$$

La capacidad de los condensadores dependerá en función del tipo de conexionado:

- Monofásica

$$C = Q_c \frac{1000}{U^2 \cdot W}$$

- Trifásica

$$C = Q_c \frac{1000}{3U^2 \cdot W}$$

Donde:

- P = Potencia activa en kW
- Q = Potencia reactiva en kVAr
- ϕ_1 = Desfase de la instalación en radianes
- ϕ_2 = Desfase de la instalación tras la compensación en radianes
- U = Tensión en voltios
- ω = Velocidad angular
- C = Capacidad de los condensadores en faradios
- Q_c = Potencia reactiva a compensar

Cálculo de cortocircuito:

$$I_{PccI} = \frac{C_T \cdot U}{\sqrt{3} \cdot Z_t}$$

Donde:

- I_{PccI} : intensidad permanente de c.c. en inicio de línea en kA.
- C_T : Coeficiente de tensión.
- U: Tensión trifásica en V.
- Z_t : Impedancia total en mohm, aguas arriba del punto de c.c. (sin incluir la línea o circuito en estudio)

$$I_{Pccf} = \frac{C_T \cdot U}{2 \cdot Z_t}$$

Donde:

- I_{Pccf} : Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en kA.
- C_T : Coeficiente de tensión.
- U_F : Tensión monofásica en V.
- Z_t : Impedancia total en mohm, incluyendo la propia de la línea o circuito (por tanto es igual a la impedancia en origen más la propia del conductor o línea).

* La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

$$Z_t = (R_t^2 + X_t^2)^{1/2}$$

Donde:

- R_t : $R_1 + R_2 + \dots + R_n$ (suma de las resistencias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)
- X_t : $X_1 + X_2 + \dots + X_n$ (suma de las reactancias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)
- $R = L \cdot 1000 \cdot C_R / K \cdot S \cdot n$ (mohm)
- $X = X_u \cdot L / n$ (mohm)
- R: Resistencia de la línea en mohm.
- X: Reactancia de la línea en mohm.
- L: Longitud de la línea en m.
- C_R : Coeficiente de resistividad.
- K: Conductividad del metal.
- S: Sección de la línea en mm².
- X_u : Reactancia de la línea, en mohm por metro.
- n: nº de conductores por fase.

$$T_{mcicc} = \frac{C_C \cdot S^2}{I_{pccF}^2}$$

Donde:

- T_{mcicc} : Tiempo máximo en sg que un conductor soporta una I_{pcc} .
- C_C = Constante que depende de la naturaleza del conductor y de su aislamiento.
- S: Sección de la línea en mm².
- I_{pccF} : Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

$$T_{ficc} = \frac{cte \cdot fusible}{I_{pccF}^2}$$

Donde:

- T_{ficc} : tiempo de fusión de un fusible para una determinada intensidad de cortocircuito.
- I_{pccF} : Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

$$L_{max} = \frac{0,8 \cdot U_F}{2 \cdot I_{F5} \cdot \sqrt{\left(\frac{1,5}{K} \cdot s \cdot n\right)^2 + \left(\frac{X_u}{n} \cdot 1000\right)^2}}$$

Donde:

- L_{max} : Longitud máxima de conductor protegido a c.c. (m) (para protección por fusibles)
- U_F : Tensión de fase (V)
- K : Conductividad
- S : Sección del conductor (mm^2)
- X_u : Reactancia por unidad de longitud (mohm/m). En conductores aislados suele ser 0,1.
- n : nº de conductores por fase
- $C_t = 0,8$: Es el coeficiente de tensión.
- $C_R = 1,5$: Es el coeficiente de resistencia.
- I_{F5} = Intensidad de fusión en amperios de fusibles en 5 sg.

Cálculo embarrado:

Cálculo electrodinámico:

$$\sigma_{max} = \frac{I_{Pcc}^2 \cdot L^2}{60 \cdot d \cdot W_y \cdot n}$$

Donde:

- σ_{max} : Tensión máxima en las pletinas (kg/cm^2)
- I_{pcc} : Intensidad permanente de c.c. (kA)
- L : Separación entre apoyos (cm)
- d : Separación entre pletinas (cm)
- n : nº de pletinas por fase
- W_y : Módulo resistente por pletina eje y-y (cm^3)
- σ_{adm} : Tensión admisible material (kg/cm^2)

Comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito:

$$I_{cccs} = \frac{K_c \cdot S}{1000 \cdot \sqrt{t_{cc}}}$$

Donde:

- I_{pcc} : Intensidad permanente de c.c. (kA)
- I_{cccs} : Intensidad de c.c. soportada por el conductor durante el tiempo de duración del c.c. (kA)
- S : Sección total de las pletinas (mm²)
- t_{cc} : Tiempo de duración del cortocircuito (s)
- k_c : Constante del conductor: Cu = 164, Al = 107

Resistencia de tierra:

El cálculo de la resistencia de tierra depende de las siguientes situaciones:

Placa enterrada:

$$R_t = 0,8 \frac{\rho}{P}$$

Pica vertical:

$$R_t = \frac{\rho}{L}$$

Conductor enterrado horizontalmente:

$$R_t = \frac{2\rho}{L}$$

Asociación en paralelo de varios electrodos:

$$R_t = \frac{1}{\frac{L_c}{2\rho} + \frac{L_p}{\rho} + \frac{P}{0,8\rho}}$$

Donde:

- R_t : Resistencia de tierra (Ohm)
- ρ : Resistividad del terreno (Ohm·m)
- L_c : Longitud total del conductor (m)
- L_p : Longitud total de las picas (m)
- P: Perímetro de las placas (m)

3.1.2 Resultados

Cuadro General de Mando y Protección

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones (mm) Tubo, Canal,Band.
ACOMETIDA	321.150	15	2(3x240/120)Al	579,44	610	0,22	0,22	2(225)
DERIVACION IND.	321.150	20	2(3x120/70+TTx70)Cu	579,44	628	0,36	0,36	200x60
S1. CORTE PLASMA	50.000	20	3x16+TTx16Cu	90,21 52,09	77	0,79	1,15	32
S2. PLEGADORA	18.750	15	3x4+TTx4Cu	33,83 19,53	32	0,87	1,23	20
S3. GUILLOTINA	28.437	10	3x4+TTx4Cu	51,31 29,62	32	0,96	1,31	20
S4. EXTRACCIÓN	10.125	10	4x2.5+TTx2.5Cu	18,27	24	0,52	0,88	20
S5. SIERRAS	11.350	30	4x6+TTx6Cu	20,48	41	0,69	1,05	25
S6. SOLDADURA	21.600	50	4x6+TTx6Cu	38,97	41	2,44	2,80	25
S7. PUNZONADORA	13.750	55	3x2.5+TTx2.5Cu	24,81 14,32	24	3,74	4,10	20
S8. PUENTE GRÚA	11.250	58	3x2.5+TTx2.5Cu	20,3 11,72	18	3,17	3,53	20
S9. OFICINA	47.080	70	4x25+TTx16Cu	84,95	100	1,73	2,09	50
S10. FUERZA NAVE 1	27.000	15	4x10+TTx10Cu	48,72	57	0,53	0,89	32
S11. FUERZA NAVE 2	30.000	74	4x16+TTx16Cu	54,13	77	1,76	2,12	40
S12. ALUM NAVE	10.710	20	4x25+TTx16Cu	19,32	100	0,1	0,46	50
S13. CLIMA NAVE	23.400	20	4x10+TTx10Cu	42,22	57	0,6	0,96	32
Batería Condensadores	321.150	5	3x95+TTx50Cu	228,12	234	0,08	0,43	75

Tabla 30.-Cableado Cuadro general de mando y protección (Fuente: Cálculos DmELECT)

Cortocircuito:

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm ²)	IpccI (kA)	P de C (kA)	IpccF (A)	tmcic c (sg)	Curva válida
DERIVACION IND.	20	2(3x120/70+TTx70)Cu	12	15	4.861,03	49,85	630;B
S1. CORTE PLASMA	20	3x16+TTx16Cu	10,79	15	1.882,38	1,48	100;C
S2. PLEGADORA	15	3x4+TTx4Cu	10,79	15	836,98	0,47	40;C
S3. GUILLOTINA	10	3x4+TTx4Cu	10,79	15	1.159,39	0,24	63;C
S4. EXTRACCIÓN	10	4x2.5+TTx2.5Cu	10,79	15	792,85	0,2	20;C
S5. SIERRAS	30	4x6+TTx6Cu	10,79	15	654,72	1,72	40;C
S6. SOLDADURA	50	4x6+TTx6Cu	10,79	15	414,1	4,29	40;C
S7. PUNZONADORA	55	3x2.5+TTx2.5Cu	10,79	15	165,14	4,69	25;B
S8. PUENTE GRÚA	58	3x2.5+TTx2.5Cu	10,79	15	181,72	2,5	25;B
S9. OFICINA	70	4x25+TTx16Cu	10,79	15	1.061,33	11,35	100;C
S10. FUERZA NAVE 1	15	4x10+TTx10Cu	10,79	15	1.674,08	0,73	50;C
S11. FUERZA NAVE 2	74	4x16+TTx16Cu	10,79	15	700,49	10,67	63;C
S12. ALUM NAVE	20	4x25+TTx16Cu	10,79	15	2423,21	2,18	20;C
S13. CLIMA NAVE	20	4x10+TTx10Cu	10,79	15	1.370,21	1,09	50;C
Batería Condensadores	5	3x95+TTx50Cu	10,79	15	4.566,86	8,85	250;C

Tabla 31.-Corotocircuito Cuadro general de mando y protección (Fuente: Cálculos DmELECT)

Subcuadro S4. EXTRACCIÓN

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálculo (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adms. (A)	C.T.Par. c. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones (mm) Tubo,Canal,Band.
S4.1 EXTRACTOR 1	4.375	7	4x2.5+TTx2.5Cu	7,89	24	0,15	1,02	20
S4.2 EXTRACTOR 2	4.375	7	4x2.5+TTx2.5Cu	7,89	24	0,15	1,02	20
S4.3 COMPRESOR	6.875	7	3x2.5+TTx2.5Cu	12,4 7,16	24	0,23	1,11	20

Tabla 32.- Cableado S4.EXTRACCIÓN (Fuente: Cálculos DmELECT)

Cortocircuito:

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm ²)	I _{pcc} (kA)	P de C (kA)	I _{pcc} F (A)	t _{mcc} (sg)	Curva válida
S4.1 EXTRACTOR 1	7	4x2.5+TTx2.5Cu	1,76	6	498,37	0,51	16;C
S4.2 EXTRACTOR 2	7	4x2.5+TTx2.5Cu	1,76	6	498,37	0,51	16;C
S4.3 COMPRESOR	7	3x2.5+TTx2.5Cu	1,76	4.5	498,37	0,51	16;C

Tabla 33.-Cortocircuito S4.EXTRACCIÓN (Fuente: Cálculos DmELECT)

Subcuadro S5. SIERRAS

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálculo (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adms. (A)	C.T.Par. c. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones (mm) Tubo,Canal,Band.
S5.1 SIERRA 1	2.250	6	4x2.5+TTx2.5Cu	4,06	24	,06	1,11	20
S5.2 SIERRA 2	2.750	4	4x2.5+TTx2.5Cu	4,96	24	0,05	1,10	20
S5.3 TC SIERRAS	8.000	12	2x6+TTx6Cu	38,65	49	0,94	1,99	25

Tabla 34.-Cableado S5.SIERRAS (Fuente: Cálculos DmELECT)

Cortocircuito:

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm ²)	I _{pcc} (kA)	P de C (kA)	I _{pcc} F (A)	t _{mcc} (sg)	Curva válida
S5.1 SIERRA 1	6	4x2.5+TTx2.5Cu	1,45	6	461,61	0,60	16;C
S5.2 SIERRA 2	4	4x2.5+TTx2.5Cu	1,45	6	511,95	0,49	16;C
S5.3 TC SIERRAS	12	2x6+TTx6Cu	1,45	6	485,48	3,12	40;C

Tabla 35.- Cortocircuito S5.SIERRAS (Fuente: Cálculos DmELECT)

Subcuadro S6. SOLDADURA

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálculo (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adms. (A)	C.T.Par. c. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones (mm) Tubo,Canal,Band.
S6.1 SOLDADURA 1	9.000	5	4x4+TTx4Cu	16,24	32	0,14	2,93	25
S6.2 SOLDADURA 2	9.000	15	4x2.5+TTx2.5Cu	16,24	24	0,68	3,48	20
S6.3 SOLDADURA 3	9.000	15	4x2.5+TTx2.5Cu	16,24	24	0,68	3,48	20

Tabla 36.-Cableado S6.SOLDADURA (Fuente: Cálculos DmELECT)

Cortocircuito:

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm ²)	Ipcci (kA)	P de C (kA)	IpccF (A)	tmcicc (sg)	Curva válida
S6.1 SOLDADURA 1	5	4x4+TTx4Cu	0,92	6	363,93	2,47	20;C
S6.2 SOLDADURA 2	15	4x2.5+TTx2.5Cu	0,92	6	249,19	2,06	20;C
S6.3 SOLDADURA 3	15	4x2.5+TTx2.5Cu	0,92	6	249,19	2,06	20;C

Tabla 37.-Cortocircuito S6.SOLDADURA (Fuente: Cálculos DmELECT)

Subcuadro S9. OFICINA

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Par c. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones (mm) Tubo,Canal,Band.
S9.1 TC.OFICINA 1	5.000	4	4x2.5+TTx2.5Cu	8,02	24	0,09	2,19	20
S9.2 TC.OFICINA 2	5.000	8	4x2.5+TTx2.5Cu	8,02	24	0,19	2,28	20
S9.3 TC PUESTO, TRA	20.000	80	4x6+TTx6Cu	32,08	41	1,94	4,03	25
S9.4 ALUM OFICINA	900	10	2x1.5+TTx1.5Cu	3,91	20	0,42	2,52	16
S9.5 ALUM REUNION	900	18	2x1.5+TTx1.5Cu	3,91	20	0,76	2,86	16
S9.6 ALUM BAÑOS	900	20	2x1.5+TTx1.5Cu	3,91	20	0,85	2,94	16
S9.7 ALUM VESTUARIO	900	10	2x1.5+TTx1.5Cu	3,91	20	0,42	2,52	16
S9.8 CLIMA OFICINA	25.000	72	4x10+TTx10Cu	45,11	57	1,04	3,13	32

Tabla 38.-Cableado S9.OFICINA (Fuente: Cálculos DmELECT)

Cortocircuito:

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm ²)	Ipcci (kA)	P de C (kA)	IpccF (A)	tmcicc (sg)	Curva válida
S9.1 TC.OFICINA 1	4	4x2.5+TTx2.5Cu	2,36	6	731,16	0,24	16;C
S9.2 TC.OFICINA 2	8	4x2.5+TTx2.5Cu	2,36	6	557,55	0,41	16;C
S9.3 TC PUESTO, TRA	80	4x6+TTx6Cu	2,36	6	222,59	14,86	40;B
S9.4 ALUM OFICINA	10	2x1.5+TTx1.5Cu	2,36	6	368,09	0,34	10;C
S9.5 ALUM REUNION	18	2x1.5+TTx1.5Cu	2,36	6	241,7	0,79	10;C
S9.6 ALUM BAÑOS	20	2x1.5+TTx1.5Cu	2,36	6	222,59	0,93	10;C
S9.7 ALUM VESTUARIO	10	2x1.5+TTx1.5Cu	2,36	6	368,09	0,34	10;C
S9.8 CLIMA OFICINA	72	4x10+TTx10Cu	2,36	4.5	349,8	16,71	50;B

Tabla 39.- Cortocircuito S9.OFICINA (Fuente: Cálculos DmELECT)

Subcuadro S10. FUERZA NAVE 1

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Par c. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones (mm) Tubo,Canal,Band.
S10.1 TC FUERZA 1	8.000	20	2x6+TTx6Cu	38,65	49	1,57	2,46	25
S10.2 TC FUERZA 2	8.000	20	2x6+TTx6Cu	38,65	49	1,57	2,46	25
S10.3 TC FUERZA 3	11.000	3	4x6+TTx6Cu	19,85	41	0,07	0,96	25

Tabla 40.- Cableado S10.FUERZA NAVE 1 S9.OFICINA (Fuente: Cálculos DmELECT)

Cortocircuito:

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm ²)	IpccI (kA)	P de C (kA)	IpccF (A)	tmcicc (sg)	Curva válida
S10.1 TC FUERZA 1	20	2x6+TTx6Cu	3,72	6	674,3	1,62	40;C
S10.2 TC FUERZA 2	20	2x6+TTx6Cu	3,72	6	674,3	1,62	40;C
S10.3 TC FUERZA 3	3	4x6+TTx6Cu	3,72	6	1370,21	0,39	20;C

Tabla 41.-Cortocircuito S10.FUERZA NAVE 1 S9.OFICINA (Fuente: Cálculos DmELECT)

Subcuadro S11. FUERZA NAVE 2

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Par c. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones (mm) Tubo,Canal,Band.
S11.1 TC FUERZA 4	8.000	6	2x6+TTx6Cu	38,65	49	0,47	2,59	25
S11.2 TC FUERZA 5	22.000	30	4x6+TTx6Cu	35,28	41	1,09	3,21	25

Tabla 42.- Cableado S11.FUERZA NAVE 2 (Fuente: Cálculos DmELECT)

Cortocircuito:

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm ²)	IpccI (kA)	P de C (kA)	IpccF (A)	tmcicc (sg)	Curva válida
S11.1 TC FUERZA 4	6	2x6+TTx6Cu	1,55	6	590,41	2,11	40;C
S11.2 TC FUERZA 5	30	4x6+TTx6Cu	1,55	6	362,46	5,6	40;B

Tabla 43.-Cortocircuito S11.FUERZA NAVE 2 (Fuente: Cálculos DmELECT)

Subcuadro S12. ALUM NAVE

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Par c. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones (mm) Tubo,Canal,Band.
S12.1 EMERGENCIA 1	900	10	2x1.5+TTx1.5Cu	3,91	20	0,42	0,88	16
S12.2 EMERGENCIA 2	900	10	2x1.5+TTx1.5Cu	3,91	20	0,42	0,88	16
S12.3 EMERGENCIA 3	900	10	2x1.5+TTx1.5Cu	3,91	20	0,42	0,88	16
S12.4 ALUM NAVE 1	3.600	236	2x10+TTx10Cu	15,65	68	3,39	3,85	25
S12.5 ALUM NAVE 2	4.500	359	2x16+TTx16Cu	19,57	91	3,82	4,28	32
S12.6 ALUM NAVE 3	4.500	395	2x25+TTx16Cu	19,57	115	2,71	3,17	40

Tabla 44.-Cableado S12.ALUM NAVE (Fuente: Cálculos DmELECT)

Cortocircuito:

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm ²)	IpccI (kA)	P de C (kA)	IpccF (A)	tmcicc (sg)	Curva válida
S12.1 EMERGENCIA 1	10	2x1.5+TTx1.5Cu	5,38	6	457,86	0,22	10;C
S12.2 EMERGENCIA 2	10	2x1.5+TTx1.5Cu	5,38	6	457,86	0,22	10;C
S12.3 EMERGENCIA 3	10	2x1.5+TTx1.5Cu	5,38	6	457,86	0,22	10;C
S12.4 ALUM NAVE 1	236	2x10+TTx10Cu	5,38	6	149,37	91,65	16;B
S12.5 ALUM NAVE 2	359	2x16+TTx16Cu	5,38	6	156,61	213,43	20;B
S12.6 ALUM NAVE 3	395	2x25+TTx16Cu	5,38	6	216,6	272,42	20;C

Tabla 45.-Cortocircuito S12.ALUM NAVE (Fuente: Cálculos DmELECT)

Subcuadro S13. CLIMA NAVE

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Par c. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones (mm) Tubo,Canal,Band.
S13.1 CLIMA NAVE 1	17.000	100	4x6+TTx6Cu	30,67	41	1,92	2,88	25
S13.2 CLIMA NAVE 2	17.000	140	4x10+TTx10Cu	30,67	57	1,64	2,60	32

Tabla 46.- Cableado S13.CLIMA NAVE (Fuente: Cálculos DmELECT)

Cortocircuito:

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm ²)	I _{pccI} (kA)	P de C (kA)	I _{pccF} (A)	t _{mcicc} (sg)	Curva válida
S13.1 CLIMA NAVE 1	100	4x6+TTx6Cu	3,04	6	193,52	19,66	32;B
S13.2 CLIMA NAVE 2	140	4x10+TTx10Cu	3,04	6	224,36	40,62	32;B

Tabla 47.-Cortocircuito S13.CLIMA NAVE (Fuente: Cálculos DmELECT)



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

MEDICIONES Y PRESUPUESTO

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UNA NAVE E INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

ÍNDICE MEDICIONES Y PRESUPUESTO

4-MEDICIONES Y PRESUPUESTO	107
4.1-Instalación de baja tensión	107
4.2Instalación fotovoltaica.....	111
4.3Redacción del proyecto.....	112
4.4Resumen del presupuesto	112

ÍNDICE DE TABLAS MEDICIONES Y PRESUPUESTO

<i>Tabla 48.-Presupuesto cables IEBT (Fuente: Elaboración propia)</i>	<i>107</i>
<i>Tabla 49.-Presupuesto tubos IEBT (Fuente elaboración propia).....</i>	<i>108</i>
<i>Tabla 50.-Presupuesto bandejas IEBT (Fuente elaboración propia).....</i>	<i>108</i>
<i>Tabla 51.-Presupuesto Magnetotérmicos IEBT (Fuente elaboración propia)</i>	<i>109</i>
<i>Tabla 52.-Presupuestos diferenciales IEBT (Fuente elaboración propia)</i>	<i>110</i>
<i>Tabla 53.-Presupuesto relés IEBT (Fuente elaboración propia)</i>	<i>110</i>
<i>Tabla 54.-Presupuesto elementos de control IEBT (Fuente elaboración propia)</i>	<i>110</i>
<i>Tabla 55.-Presupuesto batería condensadores IEBT (Fuente elaboración propia).....</i>	<i>111</i>
<i>Tabla 56.-Presupuesto instalación fotovoltaica (Fuente elaboración propia).....</i>	<i>111</i>
<i>Tabla 57.- Redacción del proyecto (Fuente elaboración propia).....</i>	<i>112</i>
<i>Tabla 58.-Resumen del presupuesto (Fuente elaboración propia)</i>	<i>112</i>

4 MEDICIONES Y PRESUPUESTO

4.1 Instalación de baja tensión

MEDICIÓN DE CABLES						
Sección (mm ²)	Metal	Design	Polaridad	Total (m)	Pu (€)	Ptotal (€)
1,5	Cu	H07 Eca	Unipolar	176	0,41	72,16
1,5	Cu	TT	Unipolar	88	0,41	36,08
2,5	Cu	H07V-K Eca	Unipolar	348	0,66	229,68
2,5	Cu	H07 Eca	Unipolar	676	0,66	446,16
2,5	Cu	TT	Unipolar	316	0,66	208,56
4	Cu	H07 Eca	Unipolar	170	0,68	115,60
4	Cu	TT	Unipolar	55	0,68	37,40
6	Cu	H07 Eca	Unipolar	1288	1,55	1.996,40
6	Cu	TT	Unipolar	351	1,55	544,05
10	Cu	H07 Eca	Unipolar	1460	2,80	4.088,00
10	Cu	TT	Unipolar	483	2,80	1.352,40
16	Cu	H07 Eca	Unipolar	1134	4,25	4.819,50
16	Cu	TT	Unipolar	958	4,25	4.071,50
25	Cu	H07 Eca	Unipolar	1150	5,19	5.968,50
50	Cu	TT	Unipolar	5	13,58	67,90
70	Cu	RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1	Unipolar	40	19,24	769,60
70	Cu	TT	Unipolar	40	19,24	769,60
95	Cu	H07 Eca	Unipolar	15	25,10	376,50
120	Cu	RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1	Unipolar	120	32,53	3.903,60
TOTAL						29.873,19

Tabla 48.-Presupuesto cables IEBT (Fuente: Elaboración propia)

MEDICIÓN DE TUBOS			
Diámetro (mm)	Total (m)	Pu (€)	Ptotal (€)
16	88	0,50	44,00
20	366	0,68	248,88
25	592	0,75	444,00
32	646	0,82	529,72
40	469	1,05	492,45
50	90	1,15	103,50
75	5	1,27	6,35
TOTAL			1.868,90

Tabla 49.-Presupuesto tubos IEBT (Fuente elaboración propia)

MEDICIÓN DE BANDEJAS				
Diámetro (mm)	Tipo	Total (m)	Pu (€)	Ptotal (€)
200x60	Perforada	20	19,08	381,6
TOTAL				381,6

Tabla 50.-Presupuesto bandejas IEBT (Fuente elaboración propia)

MEDICIÓN MAGNETOTÉRMICOS E INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS					
Descripción	Intens (A)	P.corte (kA)	Cantidad	Pu (€)	Ptotal (€)
Mag/Bip.	10	6	7	43,9	307,30
I.Aut/Trip.	16	4.5	1	80,20	80,20
Mag/Bip.	16	6	1	44,63	44,63
Mag/Trip.	16	6	4	139,51	558,04
Mag/Tetr.	16	6	2	195,70	391,40
Interr.c.c	20		2	36,80	73,60
Mag/Bip.	20	6	2	46,07	92,14
Mag/Tetr.	20	6	4	201,22	804,88
Mag/Tetr.	20	15	2	294,16	588,32
I.Aut/Trip.	25	15	2	120,30	240,60
Mag/Trip.	32	6	2	154,96	309,92
Interr.c.c	40		2	87,91	175,82
Mag/Bip.	40	6	4	38,50	154,00
Mag/Tetr.	40	6	2	84,40	168,80
Mag/Tetr.	40	15	2	357,35	714,70
I.Aut/Trip.	40	15	1	310,14	310,14
Interr.c.c	50		2	90,13	180,26
Mag/Tetr.	50	4.5	1	380,01	380,01
Mag/Tetr.	50	15	2	482,87	965,74
Interr.c.c	63		1	94,87	94,87
Mag/Tetr.	63	15	1	555,87	555,87
I.Aut/Trip.	63	15	1	405,18	405,18
Interr.c.c	100		1	128,91	128,91
Mag/Tetr.	100	15	1	838,45	838,45
I.Aut/Trip.	100	15	1	577,65	577,65
I.Aut/Trip.	250	15	1	758,77	758,77
TOTAL					9.900,20

Tabla 51.-Presupuesto Magnetotérmicos IEBT (Fuente elaboración propia)

MEDICIÓN DIFERENCIALES						
Descripción	Clase	Intensidad (A)	Sensibilidad (mA)	Cantidad	Pu (€)	Ptotal (€)
Relé y Transf.	AC	25	300	2	476,60	953,20
Diferen./Tetr.	AC	25	1000	1	505,80	505,80
Diferen./Tetr.	AC	25	2700	1	623,50	623,50
Diferen./Tetr.	AC	40	300	1	491,69	491,69
Relé y Transf.	AC	40	300	1	509,26	509,26
Diferen./Tetr.	AC	40	1900	1	576,80	576,80
Diferen./Tetr.	AC	63	300	2	647,90	1.295,80
Relé y Transf.	AC	63	300	1	630,80	630,80
Diferen./Tetr.	AC	63	1800	1	666,80	666,80
Relé y Transf.	AC	100	300	1	710,30	710,30
Diferen./Tetr.	AC	100	1600	1	910,50	910,50
Relé y Transf.	AC	250	300	1	923,70	923,70
TOTAL						8.798,15

Tabla 52.-Presupuestos diferenciales IEBT (Fuente elaboración propia)

MEDICIÓN DE RELES TÉRMICOS				
Descripción	Intensidad (A)	Cantidad	Pu (€)	Ptotal (€)
Relé térmico.	9÷12	3	161,61	484,83
Relé térmico.	12÷16	3	165,08	495,24
Relé térmico.	16÷25	3	100,04	300,12
Relé térmico.	24÷32	3	355,34	1.066,02
Relé térmico.	50÷65	3	555,80	1.667,40
TOTAL				4.013,61

Tabla 53.-Presupuesto relés IEBT (Fuente elaboración propia)

MEDICIÓN DE ELEMENTOS CONTROL-MANIOBRA				
Descripción	Intensidad (A)	Cantidad	Pu (€)	Ptotal (€)
Contac/Trip.	12	3	38,80	116,40
Contac/Trip.	16	3	44,62	133,86
Contac/Trip.	25	3	58,89	176,67
Contac/Trip.	32	3	66,52	199,56
Contac/Trip.	75	3	100,55	301,65
TOTAL				928,14

Tabla 54.-Presupuesto elementos de control IEBT (Fuente elaboración propia)

BATERÍA DE CONDENSADORES				
Descripción	Potencia (kVar)	Cantidad	Pu (€)	Ptotal (€)
Batería condensadores automática	105.36	1	4.347,00	4.347,00
TOTAL				4.347,00

Tabla 55.-Presupuesto batería condensadores IEBT (Fuente elaboración propia)

TOTAL INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN: 60.110,79 €

4.2 Instalación fotovoltaica

MEDICIÓN INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA			
Descripción	Cantidad	Pu (€)	Ptotal (€)
Paneles fotovoltaicos Longi 440 Wp	108 Ud.	132,13	14.270
Inversor Huawei SUN200-45KTL	1 Ud.	2.800	2.800
RZ1-K 0,6/1 kV 1x10 mm ²	323 m	2,40	775,20
RZ1-K 0,6/1 kV 1x16 mm ²	5 m	3,13	15,65
Fusibles 20 A	16	11,68	186,98
Cuadros de protecciones AC y CC	2	428,90	857,80
Mano de obra	1	6.000	6.000
TOTAL			24.905,67

Tabla 56.-Presupuesto instalación fotovoltaica (Fuente elaboración propia)

TOTAL INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA: 24.905,67 €

4.3 Redacción del proyecto

REDACCIÓN DEL PROYECTO			
Denominación	Cantidad	Pu (€)	Ptotal (€)
Ingeniero industrial	150 horas	12	1.800
Ordenador	5 meses	20,83	104,15
Autocad	5 meses	195,16	975,8
dmELECT	5 meses	47,89	239,45
Office	5 meses	5,75	28,75
TOTAL			3.148,15

Tabla 57.- Redacción del proyecto (Fuente elaboración propia)

TOTAL INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA: 3.148,15 €

4.4 Resumen del presupuesto

RESUMEN DEL PREUSPUESTO	
Red de distribución de baja tensión	60.110,79 €
Instalación fotovoltaica	24.905,67 €
Redacción del proyecto	3.148,15 €
TOTAL	88.164,61 €

Tabla 58.-Resumen del presupuesto (Fuente elaboración propia)

El presupuesto total de la instalación eléctrica descrita en el presente proyecto asciende a un total de OCHENTA Y CINCO MIL DIECISEÍS EUROS CON CUARENTA Y SEIS CÉNTIMOS.



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

CONCLUSIONES

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UNA NAVE E INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

5 CONCLUSIONES

En este Trabajo de Fin de Grado se ha definido, justificado, calculado y documentado tanto la instalación eléctrica de baja tensión como la instalación fotovoltaica, de una nave industrial con actividad como taller metalúrgico.

Se ha diseñado la instalación eléctrica con el objetivo de lograr la máxima eficiencia y funcionalidad. Para ello, se ha llevado a cabo un exhaustivo estudio previo de cargas, que ha permitido identificar y analizar las necesidades energéticas específicas de la nave industrial.

Se ha optimizado la distribución de las cargas eléctricas, asegurando que cada sección de la nave reciba la energía necesaria para su funcionamiento.

La alimentación de cargas se ha organizado de manera eficiente, partiendo del cuadro general de baja tensión y distribuyéndose en cuadros secundarios según la naturaleza, función y ubicación de las cargas, minimizando las pérdidas de energía y maximizando la eficiencia operativa.

Toda la instalación de baja tensión está debidamente protegida contra sobrecargas, cortocircuitos, sobretensiones y contactos directos e indirectos. El factor de potencia de la instalación se mantendrá por encima del 0,95 mediante una batería automática de condensadores.

Se han considerado aspectos como la flexibilidad para futuras expansiones y la facilidad de mantenimiento, garantizando así una instalación que no sólo cumple con las normativas vigentes, sino que también se adapta a las necesidades cambiantes del negocio.

El resultado obtenido es una solución técnicamente viable y eficiente para el desarrollo de las actividades en la nave industrial, garantizando un suministro eléctrico adecuado y seguro para todas las operaciones.

Respecto a la instalación fotovoltaica, se ha diseñado con el objetivo de reducir la facturación de energía eléctrica para la nave industrial, así como para fomentar la generación distribuida y tener una forma propia de generación renovable apoyando la protección del medio ambiente.

Debido a las características de ubicación y constructivas que tiene la nave se ha llegado a la conclusión, que la demanda no iba a poder ser perfectamente atendida por la generación, debido a la ubicación de la nave industrial, ya que cuenta con dos cubiertas, siendo la única viable por orientación, la cubierta suroeste.

Lo anterior se debe a que la mayor parte de los consumos se producen por la mañana que es cuando hay más actividad en la nave, y la instalación

fotovoltaica, al tener dicha orientación, alcanzará su máxima producción durante las horas de la tarde.

Se ha diseñado la instalación para el máximo ahorro, determinando la potencia óptima, para ello se ha realizado un análisis de consumos horarios, proporcionados por la empresa, que ha ayudado a la realización de estudios energéticos y económicos para las diferentes potencias objeto de estudio, con el fin de poder determinar la potencia óptima para la nave industrial.

La instalación fotovoltaica es de una potencia de 47,5 kWp, con un total de 108 paneles instalados sobre la cubierta, distribuidos en 8 strings para aprovechar al máximo las características del inversor.

Finalmente, una vez realizados los análisis energéticos y económicos finales, se determina que la instalación solar es viable económicamente y además es eficiente energéticamente, adecuándose a las características y necesidades de la nave industrial.



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

BIBLIOGRAFÍA

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UNA NAVE E INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Informe del sistema eléctrico [Último acceso: Mayo 2024]
<https://www.sistemaelectrico-ree.es/informe-del-sistema-electrico>
- [2] Informe del sistema energías renovables [Último acceso: Mayo 2024]
<https://www.sistemaelectrico-ree.es/informe-de-energias-renovables>
- [3] Solar fotovoltaica [Último acceso: Mayo 2024]
https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_download/map_index_c.html
- [4] «Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Fotovoltaicas Conectadas a Red» - Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).
- [5] «Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias. Edit. Ministerio de Industria y Energía. Madrid, 2002-2010-2014-2015-2016-2020.»
- [6] Proceso productivo [Último acceso: Abril 2024]
<https://www.joseangelmercado.com/maquinaria-taller-matalurgico/>
- [7] Proceso productivo [Último acceso: Abril 2024]
<https://www.alvinox.com/todo-sobre-la-caldereria-industrial/>
- [8] Proceso productivo [Último acceso: Abril 2024]
<https://www.smarmec.com/es/noticias/caldereria-industrial-que-es/>
- [9] Cortadora de plasma [Último acceso: Julio 2024]
<https://www.codinter.com/es/sistemas-de-corte-por-plasma-para-trabajo-pesado-equipos-y-consumibles-necesarios/>
- [10] Punzonadora [Último acceso: Julio 2024]
<https://www.lomusa.com/productos/punzonado/punzonadoras/>
- [11] Puente grúa [Último acceso: Julio 2024]
<https://www.abusgruas.es/gruas/puentes-grua/puentes-grua-monorrailes>
- [11] SOFTWARE dmELECT: CIEBT
- [12] SOFTWARE Autocad
- [13] SOFTWARE Office: Word y Excel

- [14] Colmenar Santos, A.; Hernández Martín, J.L. “Instalaciones Eléctricas en Baja Tensión: diseño, calculo, dirección, seguridad y montaje” Editorial Ra-Ma. 2007.
- [15] Normas UNE.
- [16] Guías Técnicas de Aplicación del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- [17] IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). “Manuales de energías Renovables. Energía Solar Fotovoltaica”. Ed. IDAE. Madrid, 1996. ISBN 84-8036-417-3.
- [18] Lorenzo Piguera, Eduardo. “Electricidad solar fotovoltaica. Volumen III: Ingeniería Fotovoltaica). Sevilla, Progensa 2014. ISBN 978-84-95693-32-7



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

ANEXOS

7 ANEXOS

ANEXO I. PLANOS

ANEXO II. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

ANEXO III. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

ANEXO IV. FICHAS TÉCNICAS.

ANEXO I. PLANOS

ÍNDICE DE PLANOS

1. Situación y emplazamiento.
2. Alzado y sección y representativa.
3. Vista planta de la cubierta.
4. Conexionado de los paneles.
5. Planta y distribución de iluminación.
6. Distribución de la maquinaria y del material.
7. Vista en planta y distribución de cuadros.
8. Vista en planta e instalación de iluminación.
9. Esquema unifilar baja tensión (1) Salidas S1 a S6.
10. Esquema unifilar baja tensión (2) Salidas S7 a S10.
11. Esquema unifilar baja tensión (3) Salidas de S11 a S14.
12. Esquema unifilar baja tensión (4) Salidas 4 y 5.
13. Esquema unifilar baja tensión (5) Salidas 6 y 9.
14. Esquema unifilar baja tensión (6) Salidas 10 y 11
15. Esquema unifilar baja tensión (7) Salidas 12 y 13.
16. Esquema campo fotovoltaico
17. Esquema unifilar de la instalación fotovoltaica.

Av Fuentes Claras



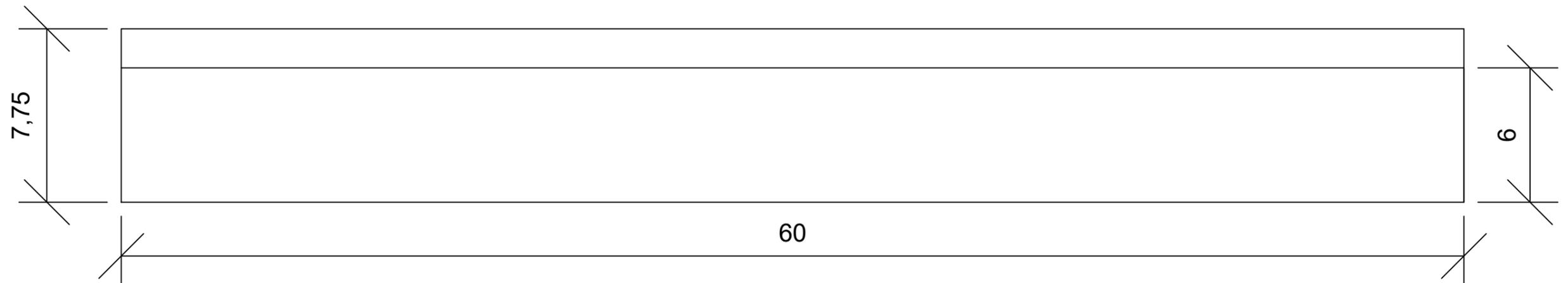
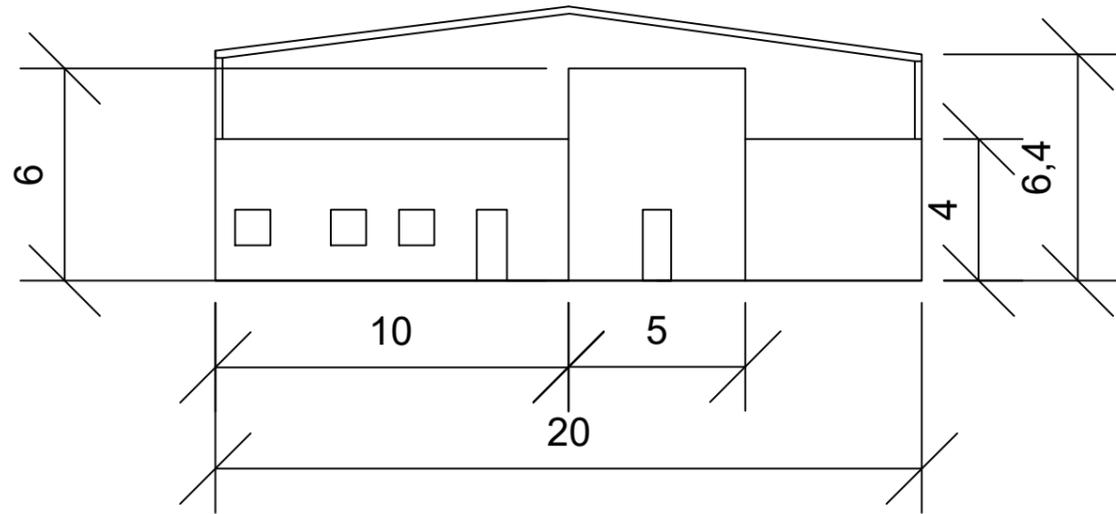
VILLANUBLA (VALLADOLID)



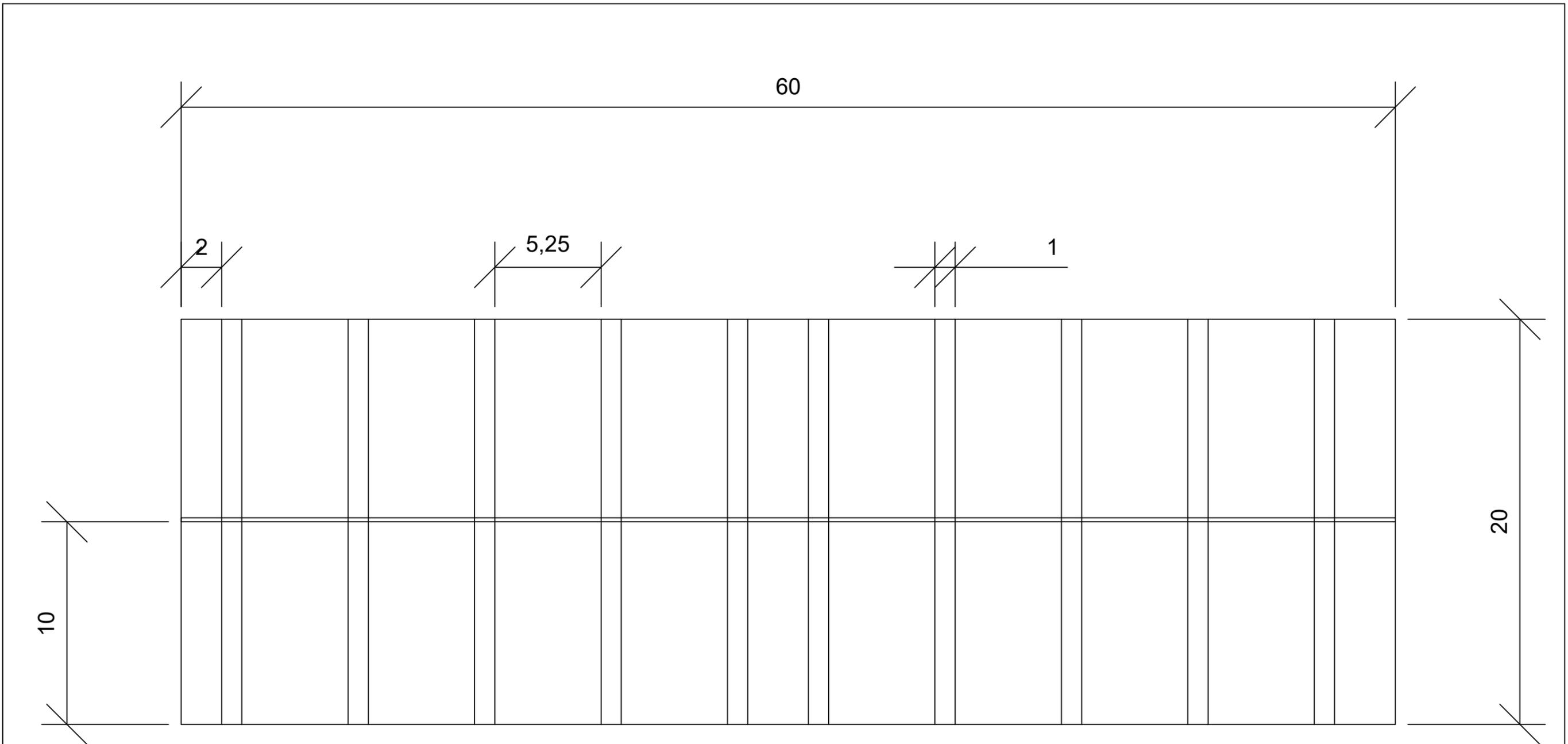
VILLANUBLA (VALLADOLID)



 ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	Grado en ingeniería Eléctrica	ENRIQUE VILLANUEVA MUÑOZ		
	INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UNA NAVE INDUSTRIAL E INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA			
ESCALA S/E	PLANO 001	EXPEDIENTE -	FORMATO A3	SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO
SITUACIÓN: Avenida fuentes Claras, s/n, POLÍGONO INDUSTRIAL SAN COSME PARCELA 15 POLÍGONO 3, 47620 Villanubla, Valladolid			DELINEADO: EVM	

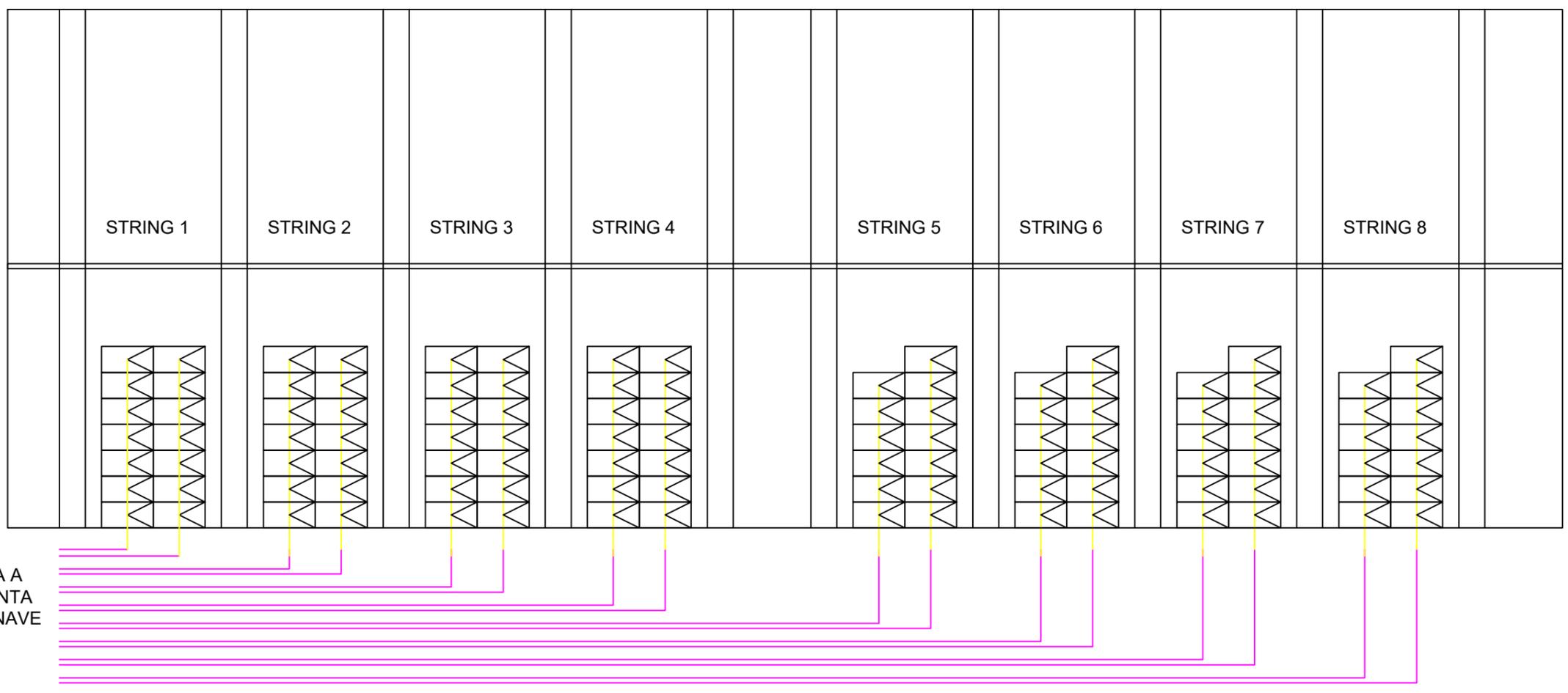


 ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		Grado en ingeniería Eléctrica	ENRIQUE VILLANUEVA MUÑOZ
INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UNA NAVE INDUSTRIAL E INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA			
ESCALA	PLANO	EXPEDIENTE	FORMATO
1/200	002	-	A3
SITUACIÓN: Avenida fuentes Claras, s/n, POLÍGONO INDUSTRIAL SAN COSME PARCELA 15 POLÍGONO 3, 47620 Villanubla, Valladolid			ALZADO Y SECCIÓN REPRESENTATIVA
		DELINEADO: EVM	FECHA: JUNIO-24



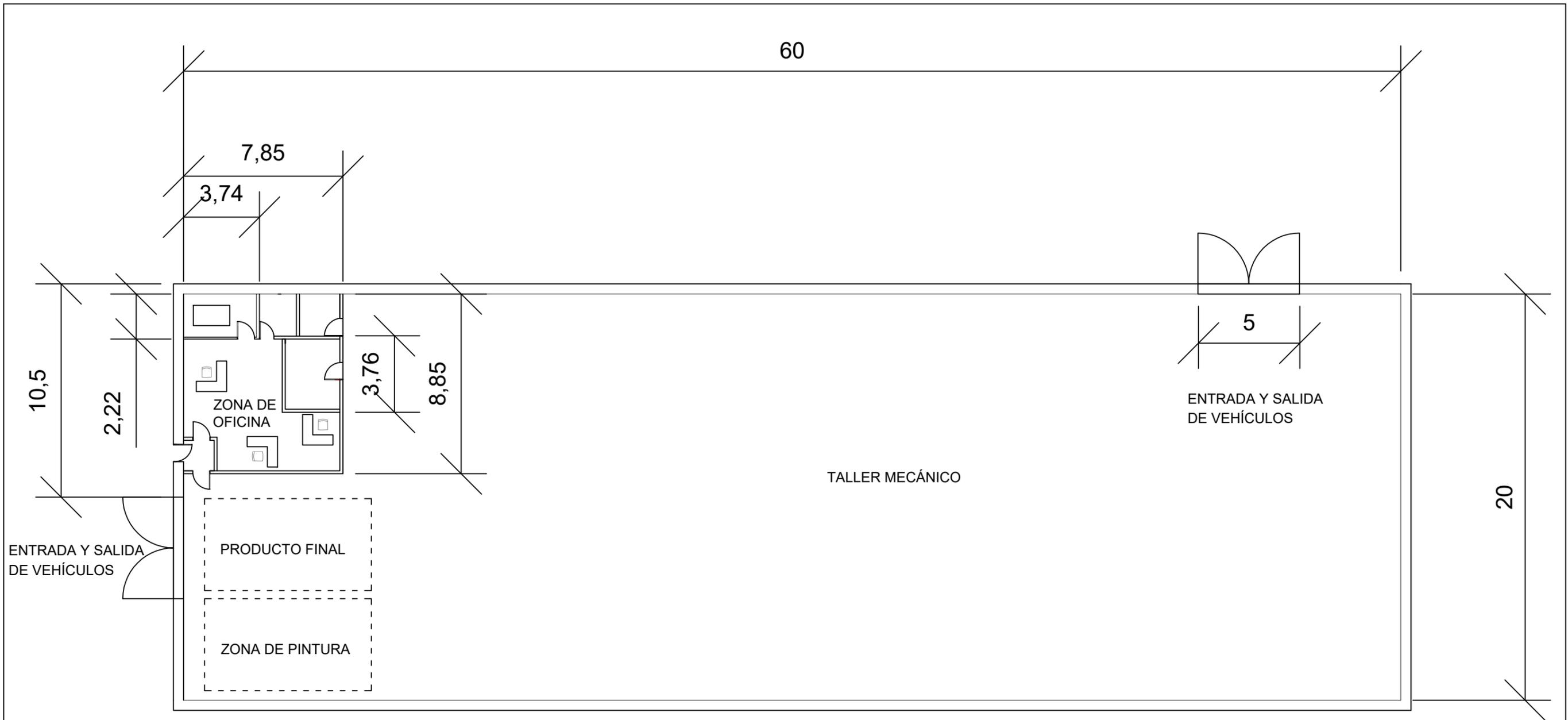
 ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		Grado en ingeniería Eléctrica	ENRIQUE VILLANUEVA MUÑOZ
INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UNA NAVE INDUSTRIAL E INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA			
ESCALA	PLANO	EXPEDIENTE	FORMATO
1/200	003	-	A3
SITUACIÓN: Avenida fuentes Claras, s/n, POLÍGONO INDUSTRIAL SAN COSME PARCELA 15 POLÍGONO 3, 47620 Villanubla, Valladolid			DELINEADO: EVM FECHA: JUNIO-24

VISTA PLANTA DE LA CUBIERTA

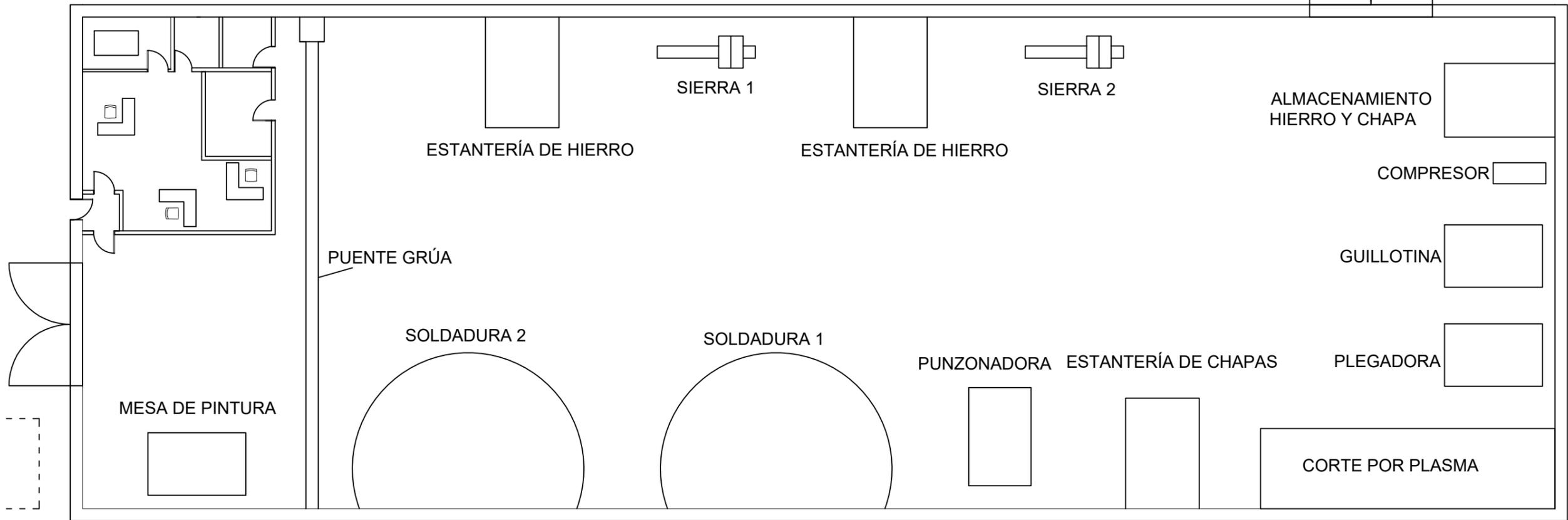
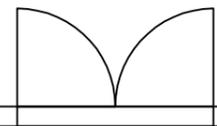


BAJADA A
LA PLANTA
DE LA NAVE

 ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		Grado en ingeniería Eléctrica		ENRIQUE VILLANUEVA MUÑOZ	
INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UNA NAVE INDUSTRIAL E INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA					
ESCALA	PLANO	EXPEDIENTE	FORMATO	CONEXIONADO DE LOS PANELES	
S/E	004	-	A3		
SITUACIÓN: Avenida fuentes Claras, s/n, POLÍGONO INDUSTRIAL SAN COSME PARCELA 15 POLÍGONO 3, 47620 Villanubla, Valladolid				DELINEADO: EVM	FECHA: JUNIO-24

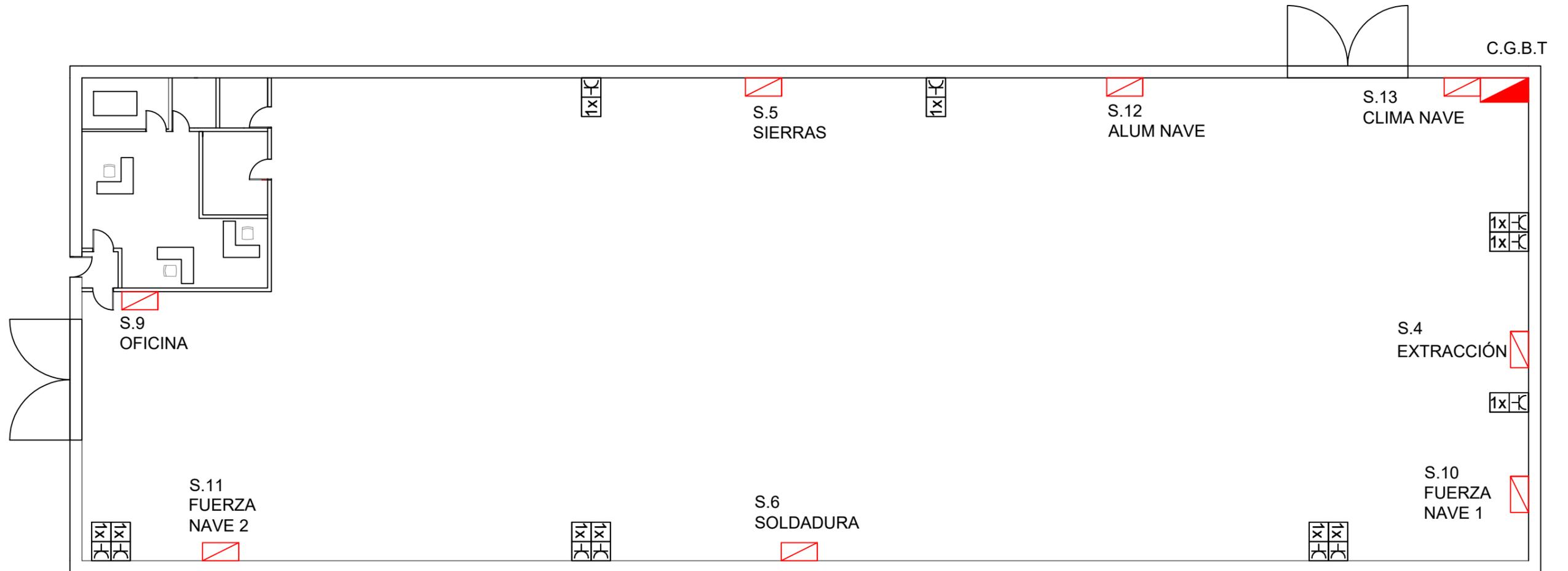


 ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		Grado en ingeniería Eléctrica	ENRIQUE VILLANUEVA MUÑOZ
INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UNA NAVE INDUSTRIAL E INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA			
ESCALA	PLANO	EXPEDIENTE	FORMATO
1/200	005	-	A3
SITUACIÓN: Avenida fuentes Claras, s/n, POLÍGONO INDUSTRIAL SAN COSME PARCELA 15 POLÍGONO 3, 47620 Villanubla, Valladolid			PLANTA Y DISTRIBUCIÓN DE ESPACIOS
		DELINEADO: EVM	FECHA: JUNIO-24



ALMACENAMIENTO EXTERIOR CHATARRA

 ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		Grado en ingeniería Eléctrica	ENRIQUE VILLANUEVA MUÑOZ
INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UNA NAVE INDUSTRIAL E INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA			
ESCALA	PLANO	EXPEDIENTE	FORMATO
1/180	006	-	A3
SITUACIÓN: Avenida fuentes Claras, s/n, POLÍGONO INDUSTRIAL SAN COSME PARCELA 15 POLÍGONO 3, 47620 Villanubla, Valladolid			DISTRIBUCIÓN DE LA MAQUINARIA Y DEL MATERIAL
		DELINEADO: EVM	FECHA: JUNIO-24

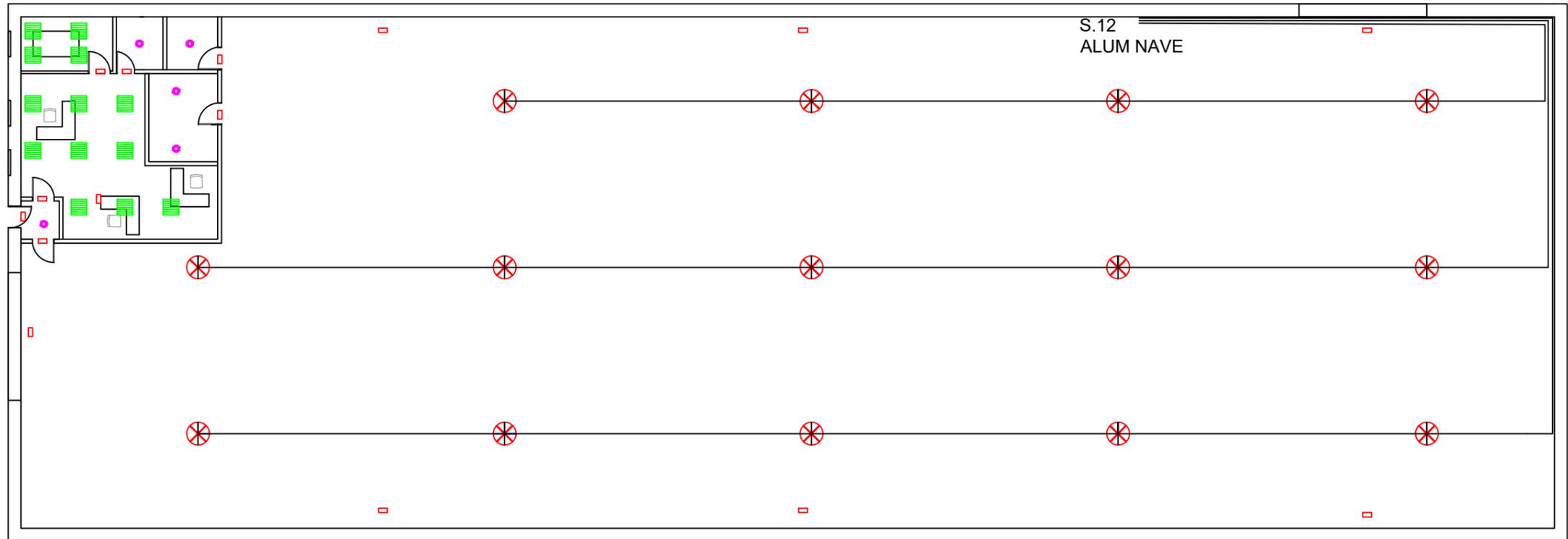


LEYENDA

-  CUADRO GENERAL
-  SUBCUADRO
-  TOMA DE CORRIENTE

 ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		Grado en ingeniería Eléctrica	ENRIQUE VILLANUEVA MUÑOZ
INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UNA NAVE INDUSTRIAL E INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA			
ESCALA	PLANO	EXPEDIENTE	FORMATO
1/180	007	-	A3
SITUACIÓN: Avenida fuentes Claras, s/n, POLÍGONO INDUSTRIAL SAN COSME PARCELA 15 POLÍGONO 3, 47620 Villanubla, Valladolid			DELINEADO: EVM FECHA: JUNIO-24

VISTA EN PLANTA Y DISTRIBUCIÓN DE CUADROS

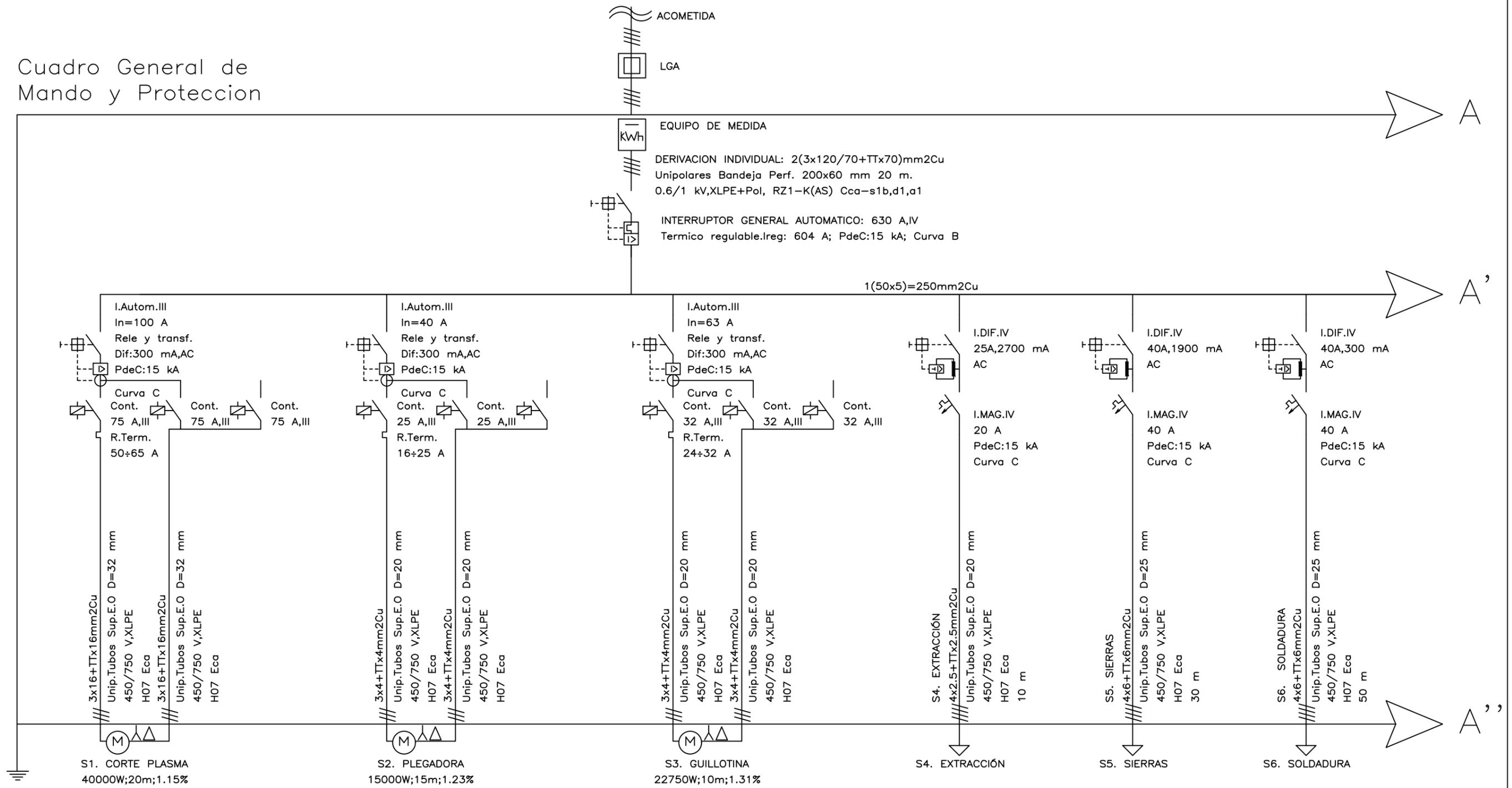


LEYENDA

-  DOWNLIGHTS
-  POWERBALANCE
-  CORELINEHIGHBAY
-  LUMINARIA DE EMERGENCIA

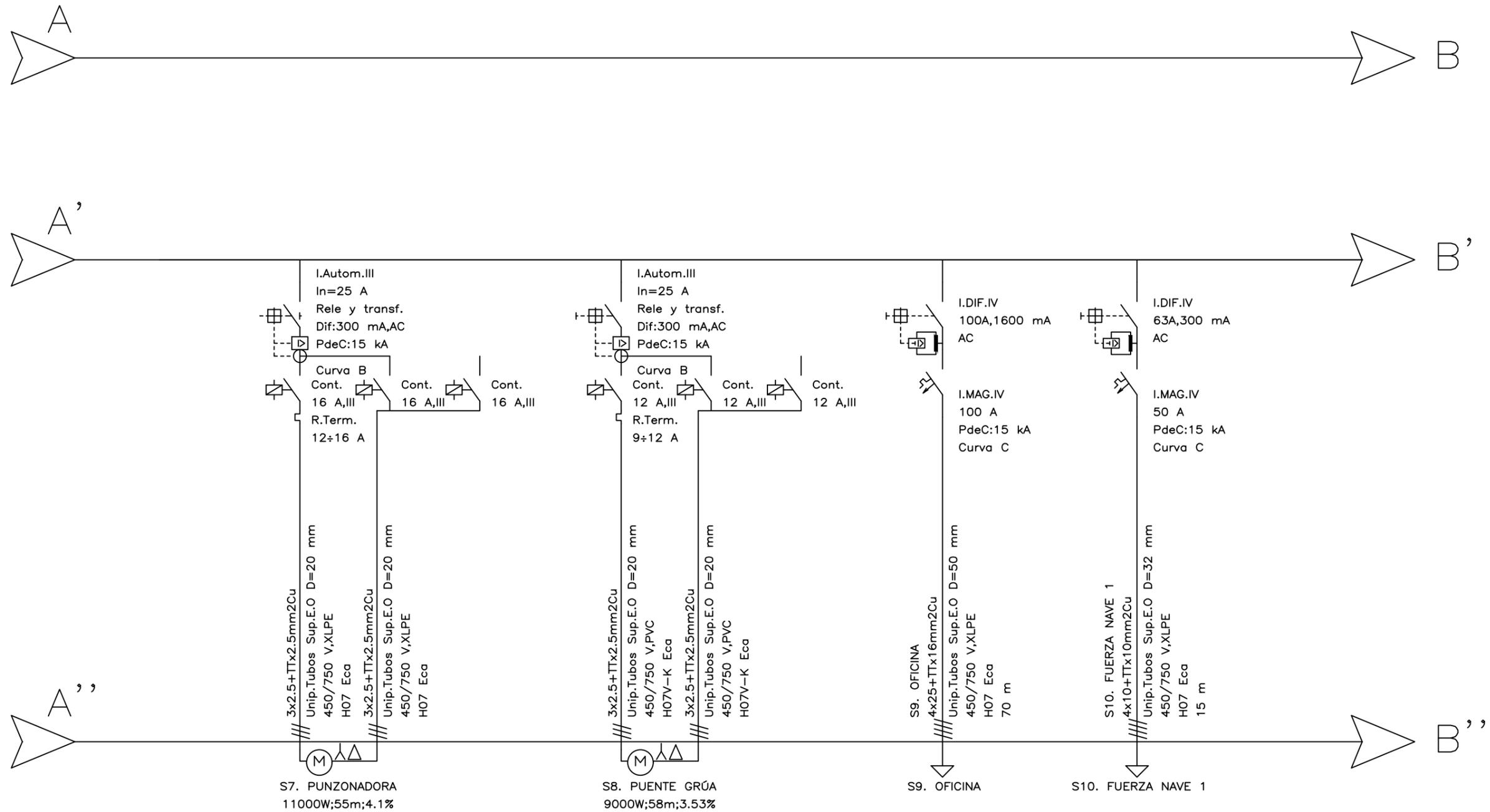
 ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		Grado en ingeniería Eléctrica	ENRIQUE VILLANUEVA MUÑOZ
INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UNA NAVE INDUSTRIAL E INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA			
ESCALA	PLANO	EXPEDIENTE	FORMATO
1/175	008	-	A3
SITUACIÓN: Avenida fuentes Claras, s/n, POLÍGONO INDUSTRIAL SAN COSME PARCELA 15 POLÍGONO 3, 47620 Villanubla, Valladolid			VISTA EN PLANTA E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN
		DELINEADO: EVM	FECHA: JUNIO-24

Cuadro General de Mando y Protección

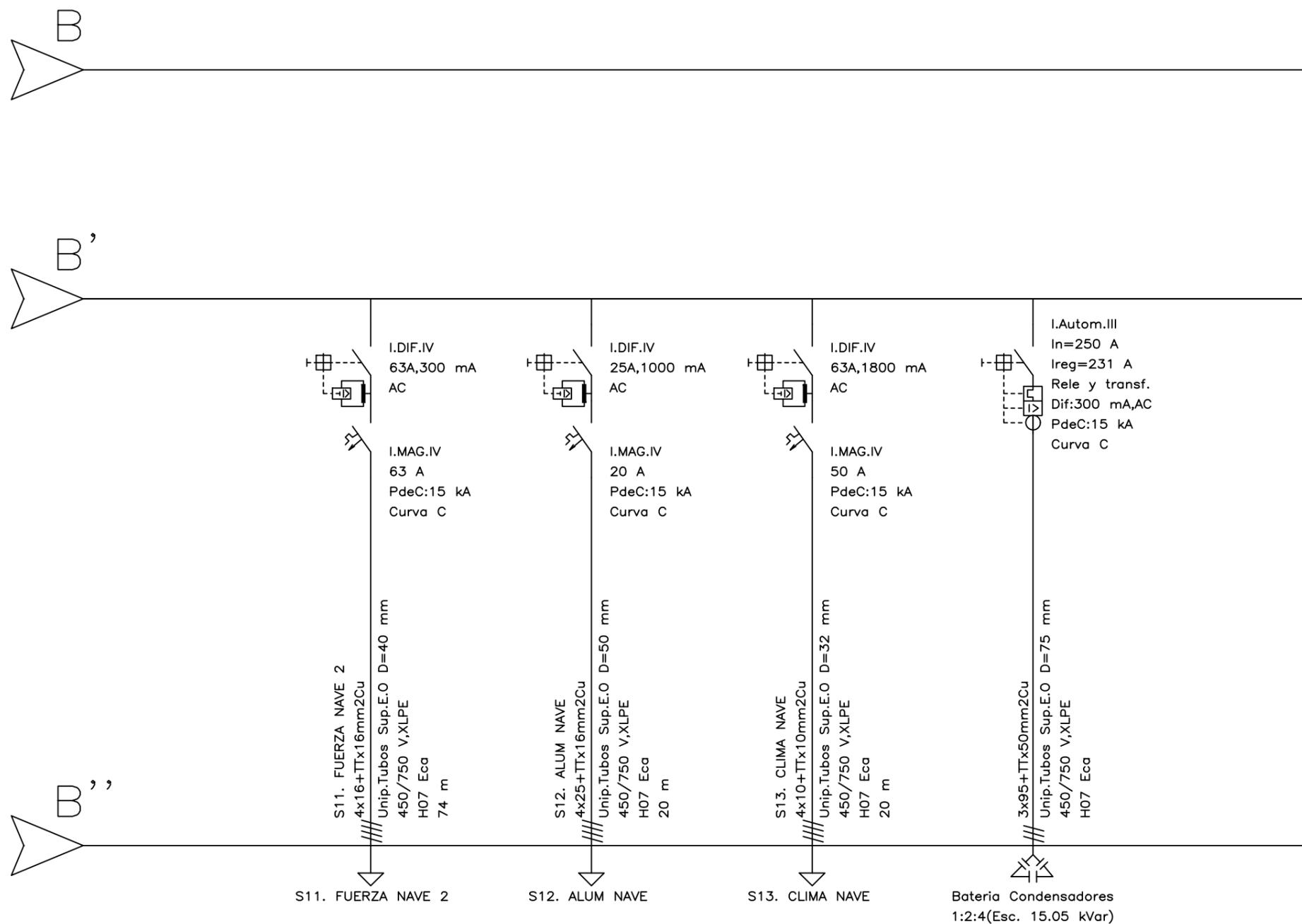


 ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		Grado en ingeniería Eléctrica	ENRIQUE VILLANUEVA MUÑOZ
INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UNA NAVE INDUSTRIAL E INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA			
ESCALA	PLANO	EXPEDIENTE	FORMATO
S/E	009	-	A3
SITUACIÓN: Avenida fuentes Claras, s/n, POLÍGONO INDUSTRIAL SAN COSME PARCELA 15 POLÍGONO 3, 47620 Villanubla, Valladolid		DELINEADO: EVM	FECHA: JUNIO-24

ESQUEMA UNIFILAR BAJA TENSIÓN (1)
Salidas S1 a S6



 ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		Grado en ingeniería Eléctrica	ENRIQUE VILLANUEVA MUÑOZ
INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UNA NAVE INDUSTRIAL E INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA			
ESCALA S/E	PLANO 010	EXPEDIENTE -	FORMATO A3
SITUACIÓN: Avenida fuentes Claras, s/n, POLÍGONO INDUSTRIAL SAN COSME PARCELA 15 POLÍGONO 3, 47620 Villanubla, Valladolid			ESQUEMA UNIFILAR BAJA TENSIÓN (2) Salidas S7 a S10 DELINEADO: EVM FECHA: JUNIO-24

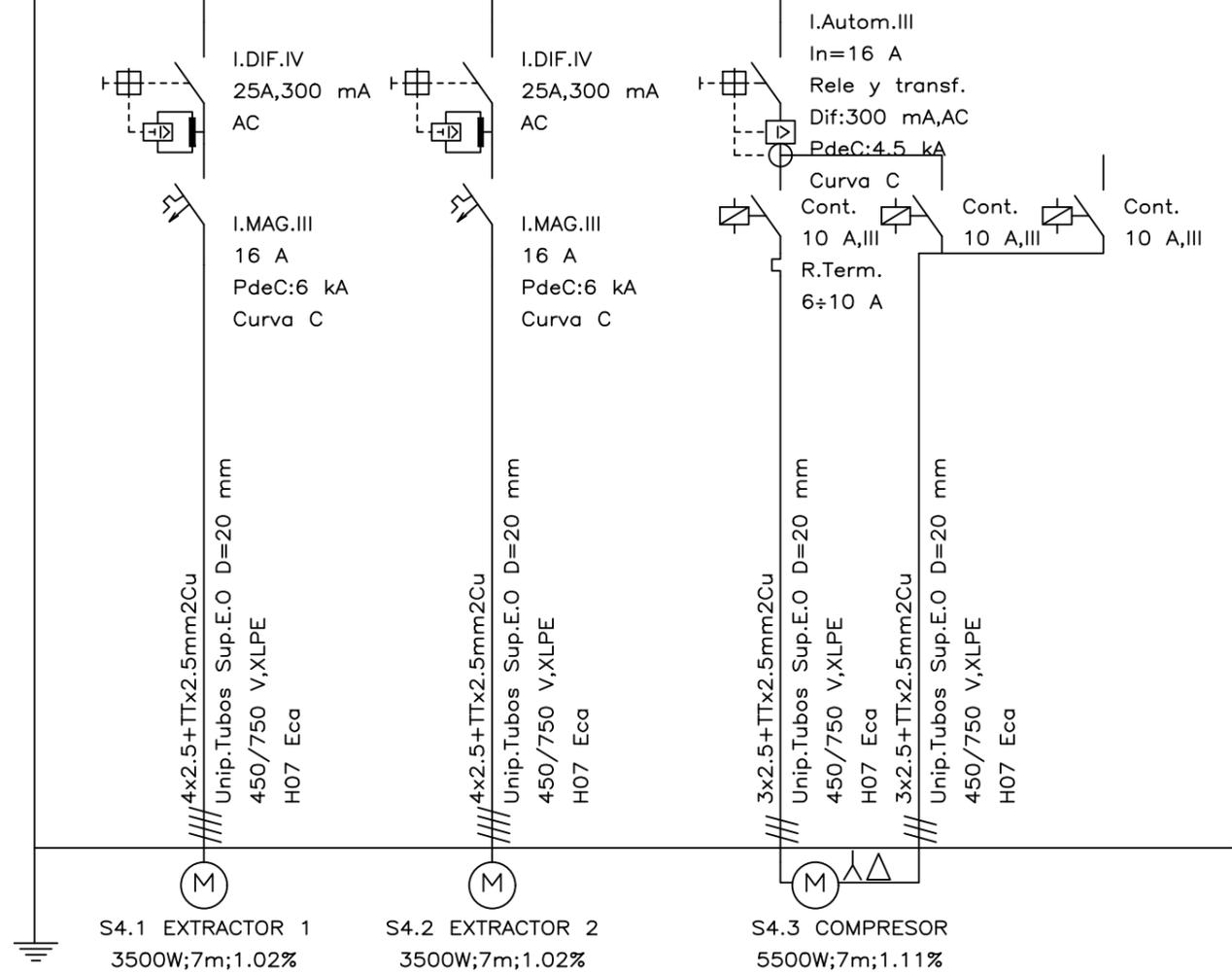


 ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		Grado en ingeniería Eléctrica	ENRIQUE VILLANUEVA MUÑOZ
INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UNA NAVE INDUSTRIAL E INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA			
ESCALA	PLANO	EXPEDIENTE	FORMATO
S/E	011	-	A3
SITUACIÓN: Avenida fuentes Claras, s/n, POLÍGONO INDUSTRIAL SAN COSME PARCELA 15 POLÍGONO 3, 47620 Villanubla, Valladolid			ESQUEMA UNIFILAR BAJA TENSIÓN (3) Salidas S11 a S14 DELINEADO: EVM FECHA: JUNIO-24

Cuadro de Mando y Protección
S4. EXTRACCIÓN

I.c.en carga
20 A

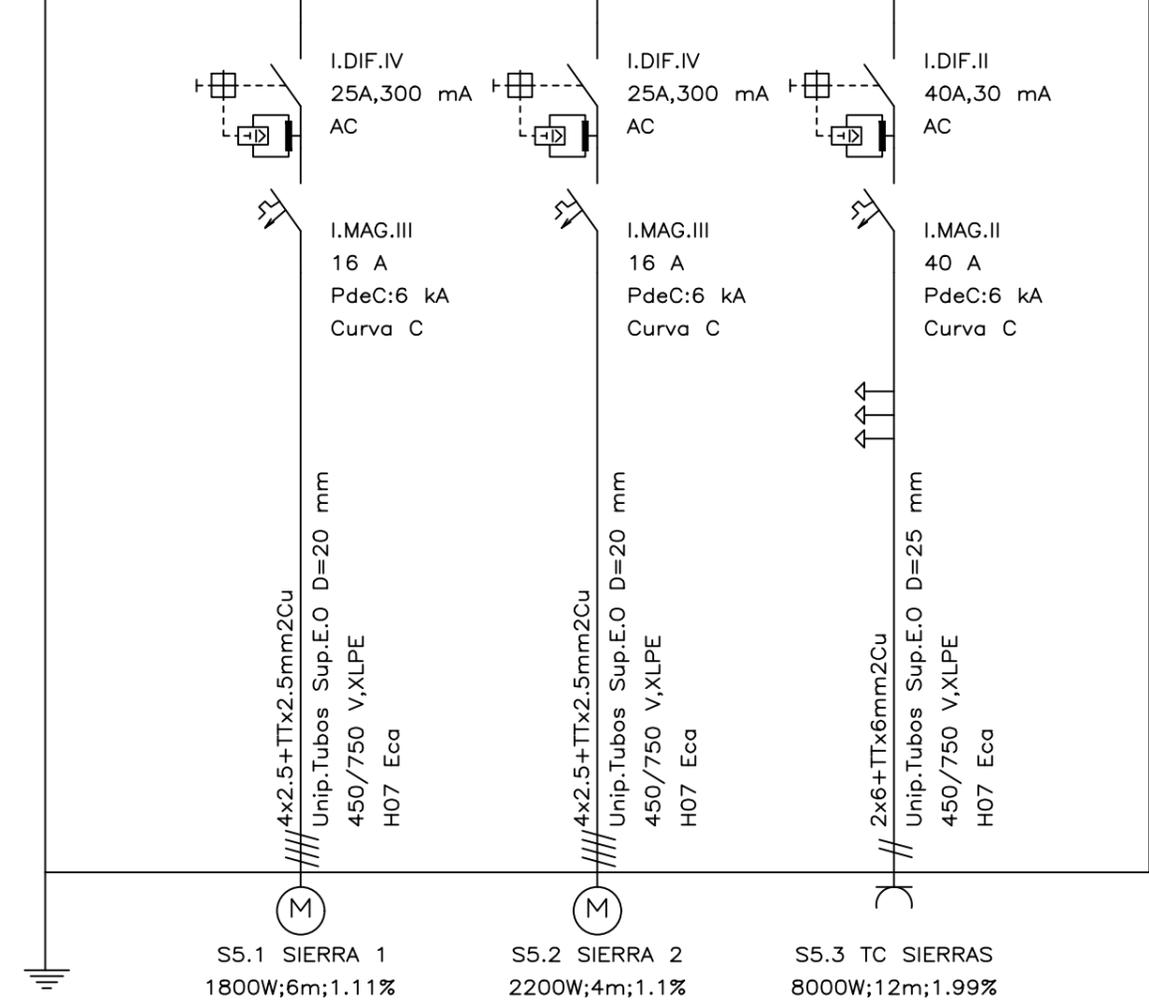
1(12x2)=24mm²Cu



Cuadro de Mando y Protección
S5. SIERRAS

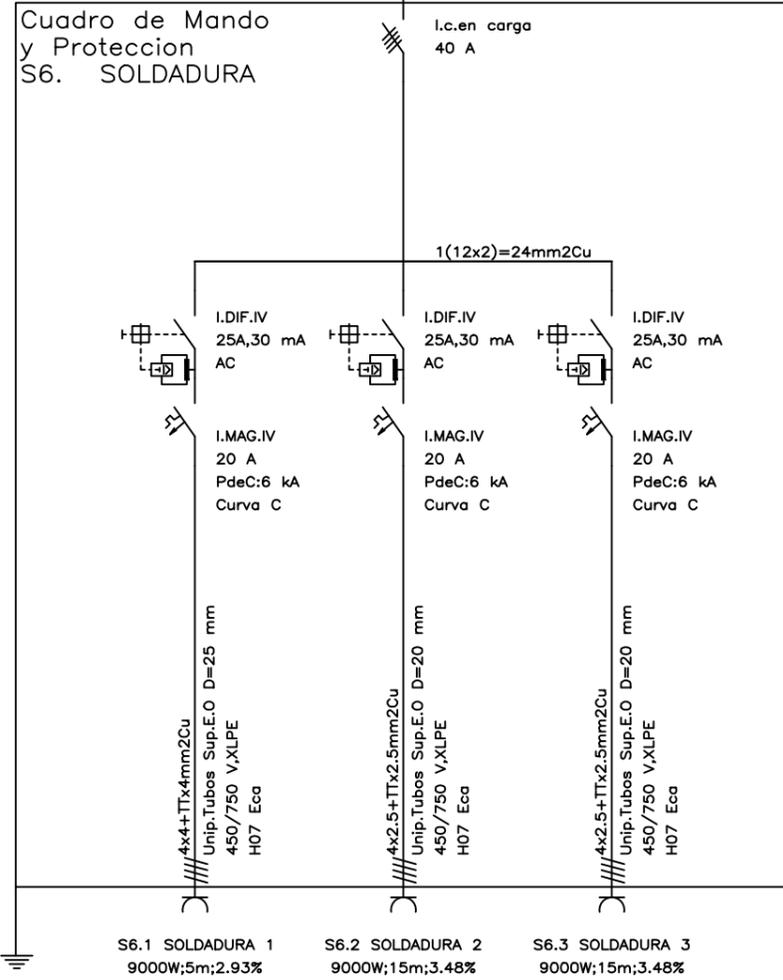
I.c.en carga
40 A

1(12x2)=24mm²Cu

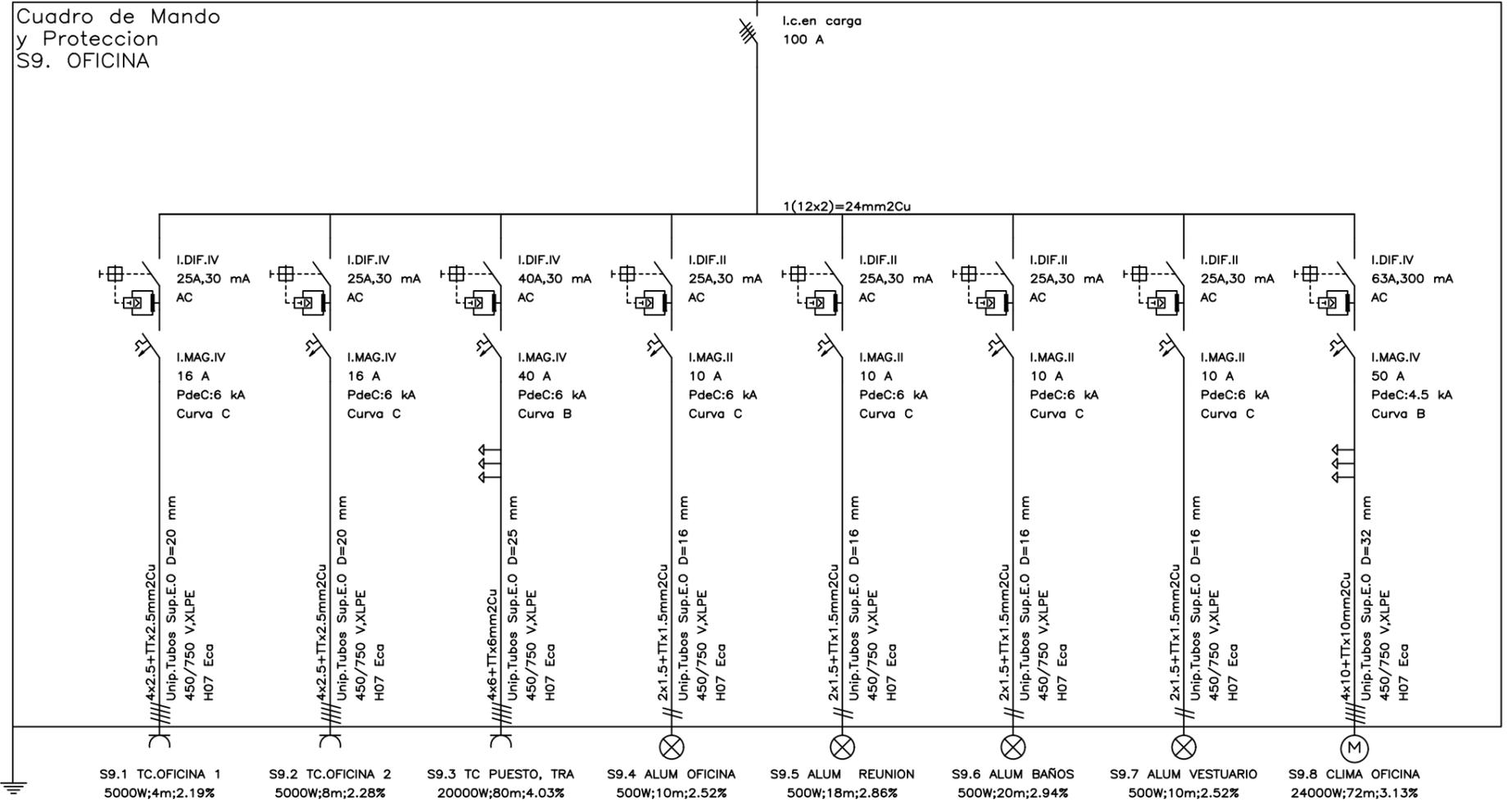


 ESCUOLA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	Grado en ingeniería Eléctrica	ENRIQUE VILLANUEVA MUÑOZ		
		INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UNA NAVE INDUSTRIAL E INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA		
ESCALA S/E	PLANO 012	EXPEDIENTE -	FORMATO A3	ESQUEMA UNIFILAR BAJA TENSIÓN (4) Salida 4 y 5
SITUACIÓN: Avenida fuentes Claras, s/n, POLÍGONO INDUSTRIAL SAN COSME PARCELA 15 POLÍGONO 3, 47620 Villanubla, Valladolid			DELINEADO: EVM	

Cuadro de Mando y Protección
S6. SOLDADURA



Cuadro de Mando y Protección
S9. OFICINA

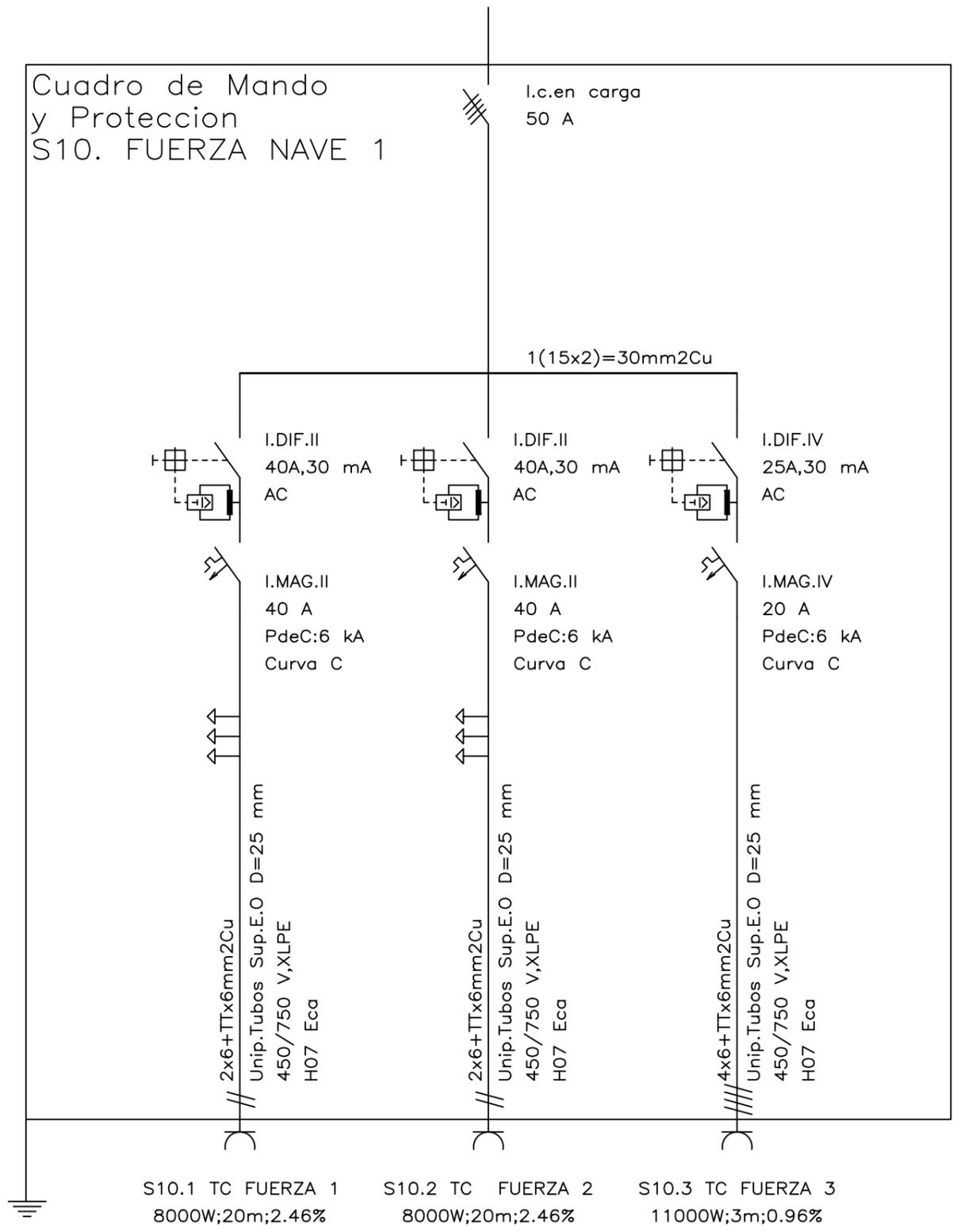


 ESCUOLA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	Grado en ingeniería Eléctrica	ENRIQUE VILLANUEVA MUÑOZ
	INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UNA NAVE INDUSTRIAL E INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	

ESCALA	PLANO	EXPEDIENTE	FORMATO	ESQUEMA UNIFILAR BAJA TENSIÓN (5) Salida 6 y 9
S/E	013	-	A3	

SITUACIÓN: Avenida fuentes Claras, s/n, POLÍGONO INDUSTRIAL SAN COSME PARCELA 15 POLÍGONO 3, 47620 Villanubla, Valladolid	DELINEADO: EVM	FECHA: JUNIO-24
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------	-----------------

Cuadro de Mando y Protección
S10. FUERZA NAVE 1

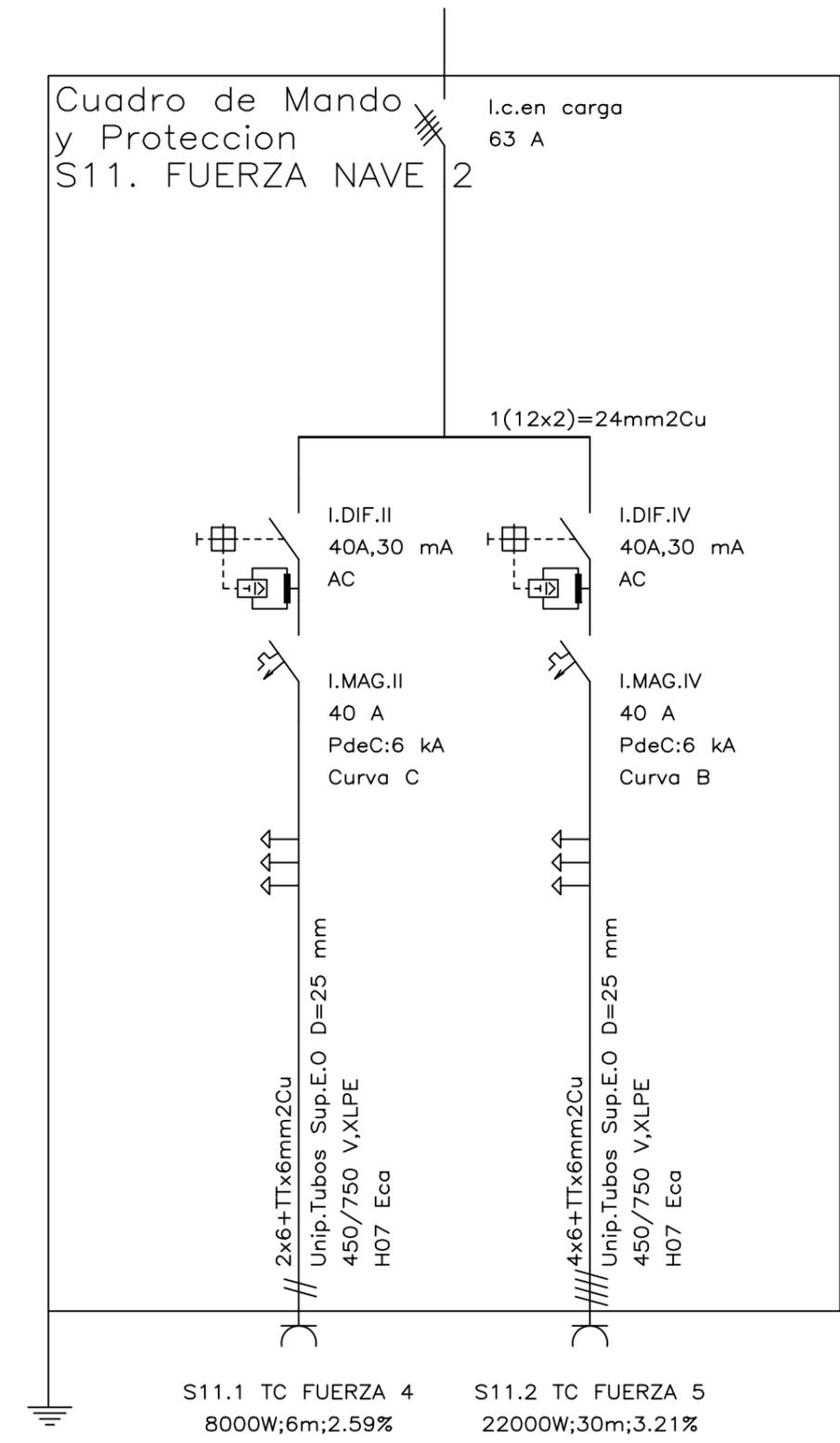


S10.1 TC FUERZA 1
8000W;20m;2.46%

S10.2 TC FUERZA 2
8000W;20m;2.46%

S10.3 TC FUERZA 3
11000W;3m;0.96%

Cuadro de Mando y Protección
S11. FUERZA NAVE 2



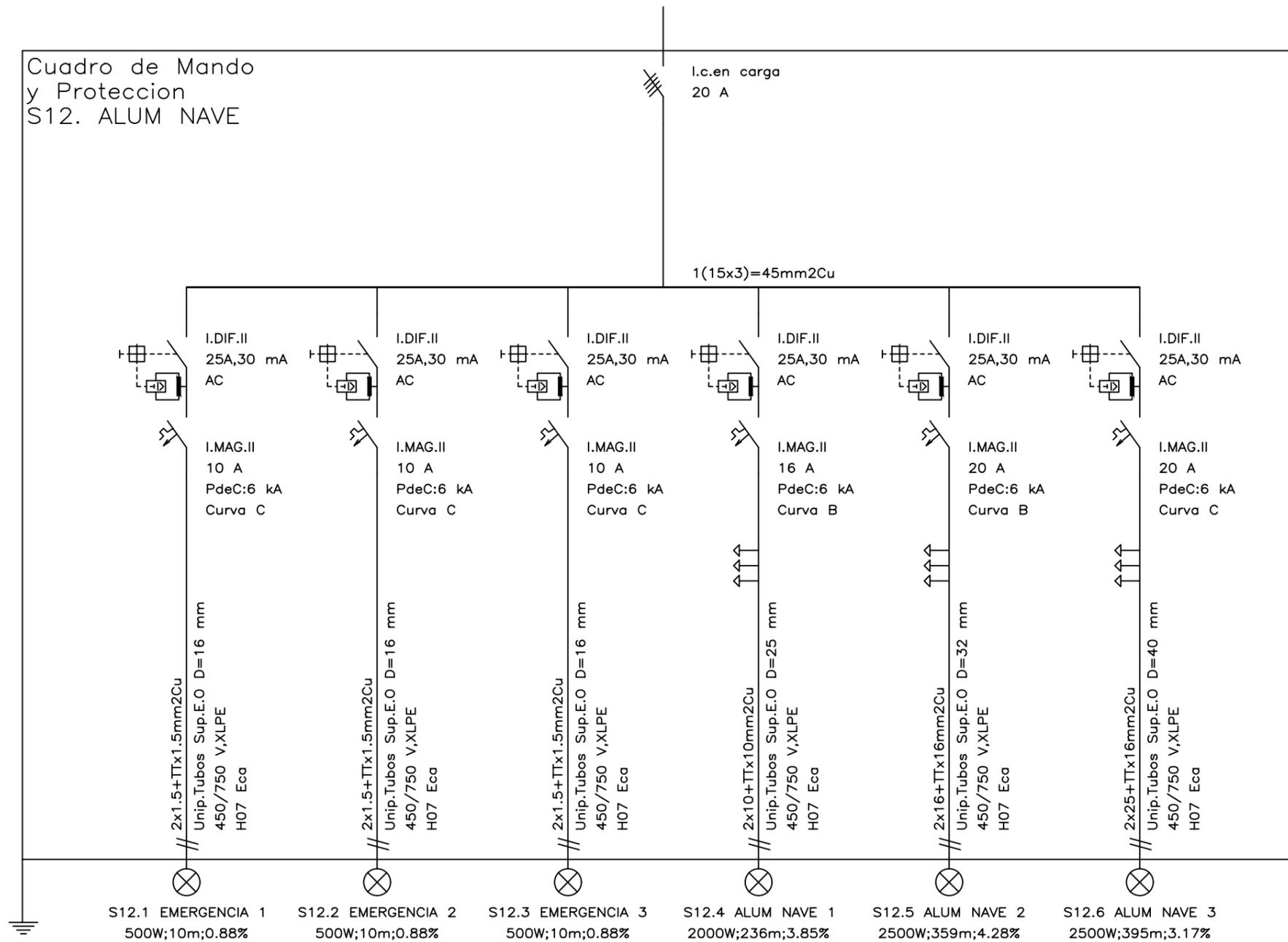
S11.1 TC FUERZA 4
8000W;6m;2.59%

S11.2 TC FUERZA 5
22000W;30m;3.21%

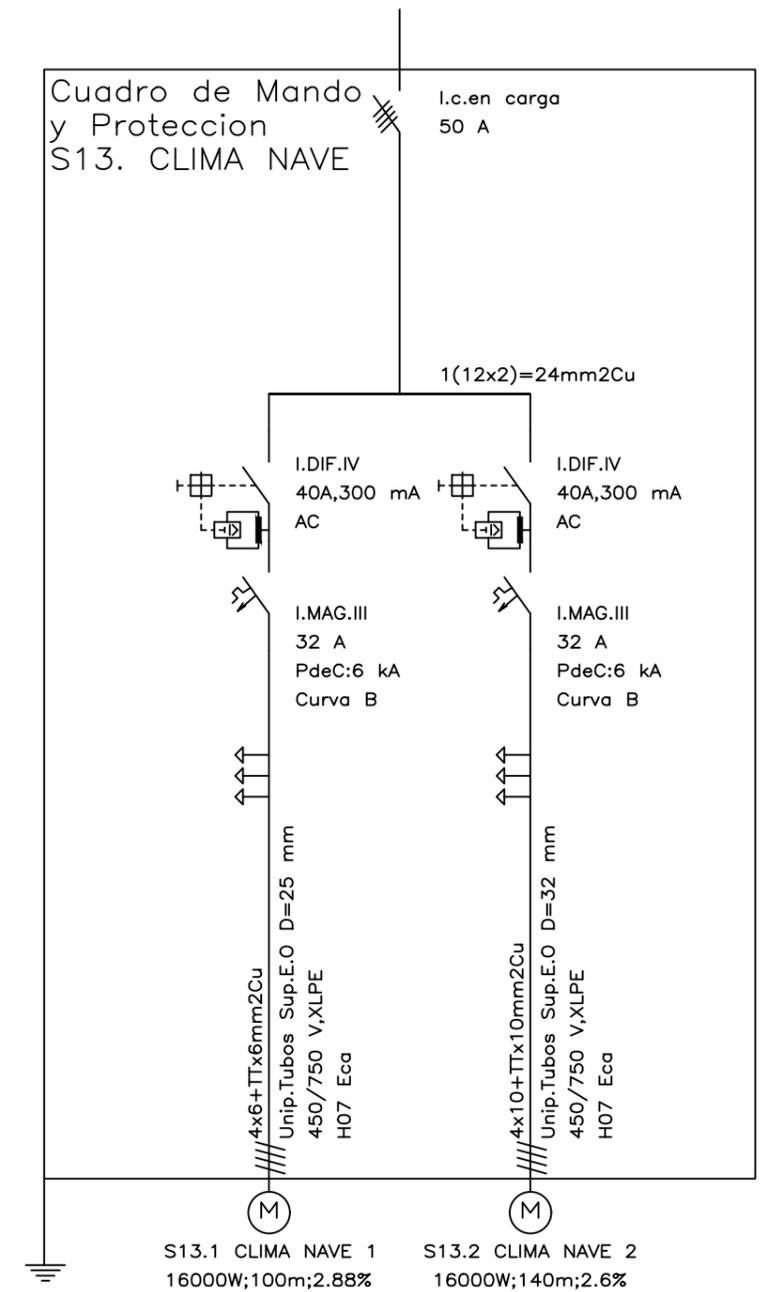
 ESCUOLA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	Grado en ingeniería Eléctrica	ENRIQUE VILLANUEVA MUÑOZ	
	INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UNA NAVE INDUSTRIAL E INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA		
ESCALA S/E	PLANO 014	EXPEDIENTE -	FORMATO A3
SITUACIÓN: Avenida fuentes Claras, s/n, POLÍGONO INDUSTRIAL SAN COSME PARCELA 15 POLÍGONO 3, 47620 Villanubla, Valladolid		DELINEADO: EVM	FECHA: JUNIO-24

ESQUEMA UNIFILAR BAJA TENSION (6)
Salida 10 y 11

Cuadro de Mando y Protección
S12. ALUM NAVE

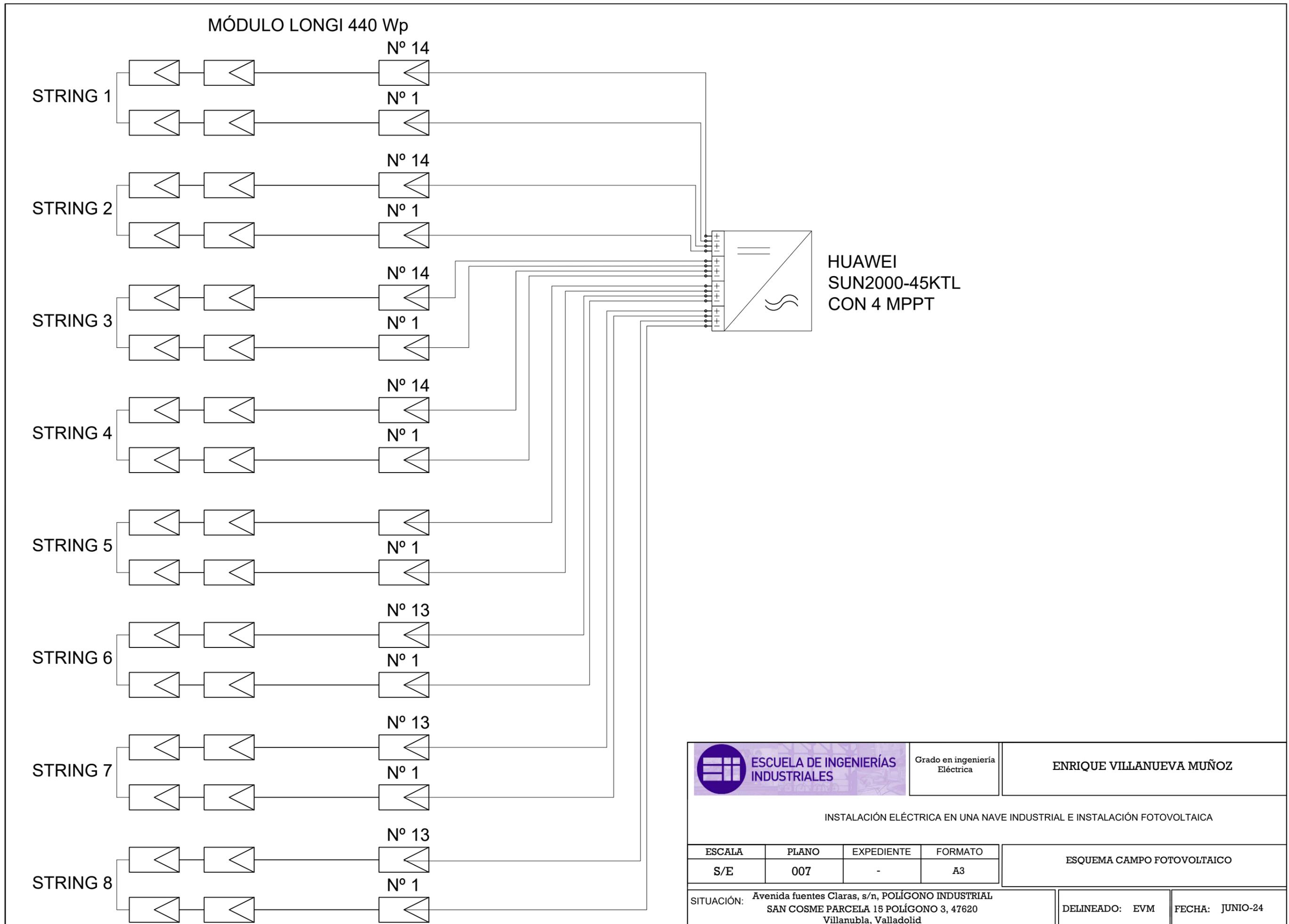


Cuadro de Mando y Protección
S13. CLIMA NAVE

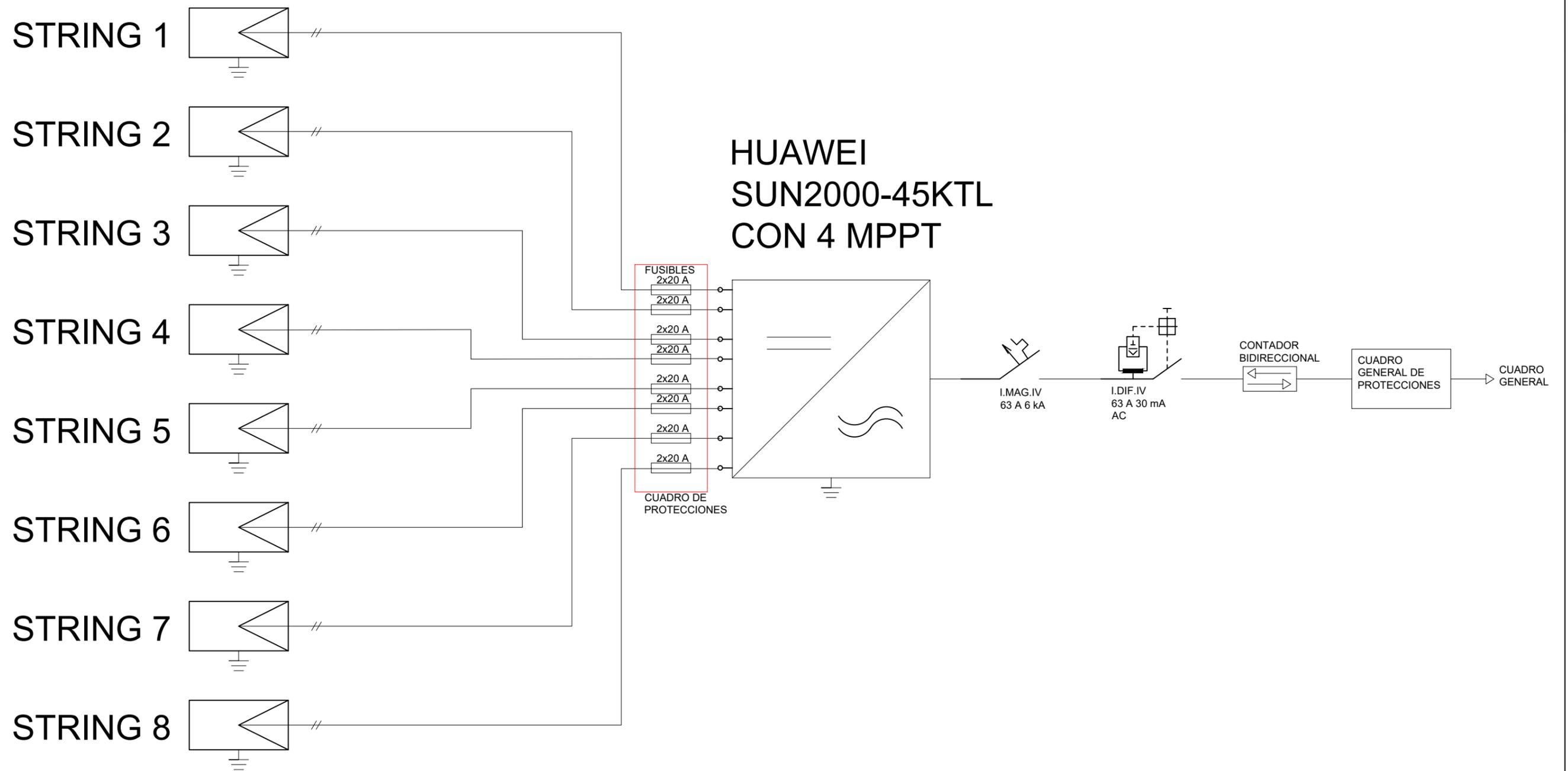


 ESCUOLA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	Grado en ingeniería Eléctrica	ENRIQUE VILLANUEVA MUÑOZ	
		INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UNA NAVE INDUSTRIAL E INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	
ESCALA	PLANO	EXPEDIENTE	FORMATO
S/E	015	-	A3
SITUACIÓN: Avenida fuentes Claras, s/n, POLÍGONO INDUSTRIAL SAN COSME PARCELA 15 POLÍGONO 3, 47620 Villanubla, Valladolid		DELINEADO: EVM	FECHA: JUNIO-24

ESQUEMA UNIFILAR BAJA TENSIÓN (7)
Salidas 12 y 13



 ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		Grado en ingeniería Eléctrica	ENRIQUE VILLANUEVA MUÑOZ
INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UNA NAVE INDUSTRIAL E INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA			
ESCALA	PLANO	EXPEDIENTE	FORMATO
S/E	007	-	A3
SITUACIÓN: Avenida fuentes Claras, s/n, POLÍGONO INDUSTRIAL SAN COSME PARCELA 15 POLÍGONO 3, 47620 Villanubla, Valladolid			DELINEADO: EVM FECHA: JUNIO-24



 ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		Grado en ingeniería Eléctrica	ENRIQUE VILLANUEVA MUÑOZ
INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UNA NAVE INDUSTRIAL E INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA			
ESCALA	PLANO	EXPEDIENTE	FORMATO
S/E	017	-	A3
SITUACIÓN: Avenida fuentes Claras, s/n, POLÍGONO INDUSTRIAL SAN COSME PARCELA 15 POLÍGONO 3, 47620 Villanubla, Valladolid		DELINEADO: EVM	FECHA: JUNIO-24

ANEXO II. PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE PLIEGO DE CONDICIONES.

Condiciones de la Instalación de baja tensión.

1.1	CONDICIONES GENERALES.	7
1.2	CANALIZACIONES ELÉCTRICAS.	7
1.2.1	CONDUCTORES AISLADOS BAJO TUBOS PROTECTORES.	8
1.2.2	CONDUCTORES AISLADOS FIJADOS DIRECTAMENTE SOBRE LAS PAREDES.	11
1.2.3	CONDUCTORES AISLADOS ENTERRADOS.	12
1.2.4	CONDUCTORES AISLADOS DIRECTAMENTE EMPOTRADOS EN ESTRUCTURAS.	12
1.2.5	CONDUCTORES AISLADOS EN EL INTERIOR DE LA CONSTRUCCIÓN.	13
1.2.6	CONDUCTORES AISLADOS BAJO CANALES PROTECTORAS.	13
1.2.7	CONDUCTORES AISLADOS BAJO MOLDURAS.	14
1.2.8	CONDUCTORES AISLADOS EN BANDEJA O SOPORTE DE BANDEJAS.	15
1.2.9	NORMAS DE INSTALACIÓN EN PRESENCIA DE OTRAS CANALIZACIONES NO ELÉCTRICAS.	16
1.2.10	ACCESIBILIDAD A LAS INSTALACIONES.	16
1.3	CONDUCTORES.	17
1.3.1	MATERIALES.	17
1.3.2	DIMENSIONADO.	18
1.3.3	IDENTIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES.	19
1.3.4	RESISTENCIA DE AISLAMIENTO Y RIGIDEZ DIELECTRICA.	19
1.4	CAJAS DE EMPALME.	19
1.5	MECANISMOS Y TOMAS DE CORRIENTE.	20
1.6	APARAMENTA DE MANDO Y PROTECCIÓN.	20
1.6.1	CUADROS ELÉCTRICOS.	20
1.6.2	INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS.	22
1.6.3	GUARDAMOTORES.	23
1.6.4	FUSIBLES.	23
1.6.5	INTERRUPTORES DIFERENCIALES.	23

1.6.6	SECCIONADORES.....	25
1.6.7	EMBARRADOS.....	25
1.6.8	PRENSAESTOPAS Y ETIQUETAS.....	26
1.7	RECEPTORES DE ALUMBRADO.....	26
1.8	RECEPTORES A MOTOR.....	27
1.9	PUESTAS A TIERRA.....	31
1.9.1	UNIONES A TIERRA.....	32
1.10	INSPECCIONES Y PRUEBAS EN FÁBRICA.....	33
1.11	CONTROL.....	34
1.12	SEGURIDAD.....	34
1.13	LIMPIEZA.....	35
1.14	MANTENIMIENTO.....	35
1.15	CRITERIOS DE MEDICIÓN.....	35

Condiciones de la Instalación fotovoltaica

1.16	CRITERIOS ECOLÓGICOS.....	36
1.17	INFORMACIÓN DE LAS HOJAS DE DATOS Y PLACAS DE CARACTERÍSTICAS.....	37
1.17.1	INFORMACIÓN DE LA HOJA DE DATOS.....	37
1.17.2	INFORMACIÓN DE LA PLACA DE CARACTERÍSTICAS.....	38
1.18	SUBSISTEMAS, COMPONENTES E INTERFACES DE LOS SISTEMAS FV DE GENERACIÓN.....	38
1.18.1	CONTROL PRINCIPAL Y MONITORIZACIÓN (CPM).....	38
1.18.2	SUBSISTEMA FOTOVOLTAICO (FV).....	39
1.18.3	ACONDICIONADOR CORRIENTE CONTINUA (CC).....	39
1.18.4	INTERFAZ CC/CC.....	40
1.18.5	INVERSOR.....	41
1.18.6	INTERFAZ CA/CA.....	43
1.18.7	INTERFAZ A LA RED.....	44
1.19	ENSAYOS EN MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.....	45
1.19.1	ENSAYO ULTRAVIOLETA.....	45
1.19.2	ENSAYO DE CORROSIÓN POR NIEBLA SALINA.....	45
1.19.3	RESISTENCIA DE ENSAYO AL IMPACTO.....	45

Montaje de la instalación fotovoltaica

1.20 ESTUDIO Y PLANIFICACIÓN PREVIA.....	45
1.21 LA ESTRUCTURA SOPORTE.....	47
1.21.1 MONTAJE SOBRE CUBIERTA.....	48
1.22 ENSAMBLADO DE LOS MÓDULOS.....	48
1.22.1 UBICACIÓN DEL CAMPO FOTOVOLTAICO.....	49
1.22.2 CONEXIONADO Y ENSAMBLADO DE LOS MÓDULOS.....	49
1.22.3 IZADO Y FIJACIÓN DE LOS PANELES A LA ESTRUCTURA.....	50
1.23 INSTALACIÓN DE LA TOMA DE TIERRA Y PROTECCIONES.....	50
1.24 MONTAJE DEL RESTO DE COMPONENTES.....	51

Mantenimiento de la Instalación fotovoltaica

1.25 GENERALIDADES.....	52
1.26 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.....	52

Condiciones Técnicas para la ejecución y montaje de instalaciones eléctricas en baja tensión

1.1 CONDICIONES GENERALES.

Todos los materiales a emplear en la presente instalación serán de primera calidad y reunirán las condiciones exigidas en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y demás disposiciones vigentes referentes a materiales y prototipos de construcción.

Todos los materiales podrán ser sometidos a los análisis o pruebas, por cuenta de la contrata, que se crean necesarios para acreditar su calidad. Cualquier otro que haya sido especificado y sea necesario emplear deberá ser aprobado por la Dirección Técnica, bien entendiendo que será rechazado el que no reúna las condiciones exigidas por la buena práctica de la instalación.

Los materiales no consignados en proyecto que dieran lugar a precios contradictorios reunirán las condiciones de bondad necesarias, a juicio de la Dirección Facultativa, no teniendo el contratista derecho a reclamación alguna por estas condiciones exigidas.

Todos los trabajos incluidos en el presente proyecto se ejecutarán esmeradamente, con arreglo a las buenas prácticas de las instalaciones eléctricas, de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, y cumpliendo estrictamente las instrucciones recibidas por la Dirección Facultativa, no pudiendo, por tanto, servir de pretexto al contratista la baja en subasta, para variar esa esmerada ejecución ni la primerísima calidad de las instalaciones proyectadas en cuanto a sus materiales y mano de obra, ni pretender proyectos adicionales.

1.2 CANALIZACIONES ELÉCTRICAS.

Los cables se colocarán dentro de tubos o canales, fijados directamente sobre las paredes, enterrados, directamente empotrados en estructuras, en el interior de huecos de la construcción, bajo molduras, en bandeja o soporte de bandeja, según se indica en Memoria, Planos y Mediciones.

Antes de iniciar el tendido de la red de distribución, deberán estar ejecutados los elementos estructurales que hayan de soportarla o en los que vaya a ser empotrada: forjados, tabiquería, etc. Salvo cuando al estar previstas se hayan dejado preparadas las necesarias canalizaciones al ejecutar la obra previa, deberá replantearse sobre ésta en forma visible la situación de las cajas de mecanismos, de registro y protección, así como el recorrido de las líneas, señalando de forma conveniente la naturaleza de cada elemento.

1.2.1 CONDUCTORES AISLADOS BAJO TUBOS PROTECTORES.

Los tubos protectores pueden ser:

- Tubo y accesorios metálicos.
- Tubo y accesorios no metálicos.
- Tubo y accesorios compuestos (constituidos por materiales metálicos y no metálicos).

Los tubos se clasifican según lo dispuesto en las normas siguientes:

- UNE-EN 50.086 -2-1: Sistemas de tubos rígidos.
- UNE-EN 50.086 -2-2: Sistemas de tubos curvables.
- UNE-EN 50.086 -2-3: Sistemas de tubos flexibles.
- UNE-EN 50.086 -2-4: Sistemas de tubos enterrados.

Las características de protección de la unión entre el tubo y sus accesorios no deben ser inferiores a los declarados para el sistema de tubos.

La superficie interior de los tubos no deberá presentar en ningún punto aristas, asperezas o fisuras susceptibles de dañar los conductores o cables aislados o de causar heridas a instaladores o usuarios.

Las dimensiones de los tubos no enterrados y con unión roscada utilizados en las instalaciones eléctricas son las que se prescriben en la UNE-EN 60.423. Para los tubos enterrados, las dimensiones se corresponden con las indicadas en la norma UNE-EN 50.086 -2-4. Para el resto de los tubos, las dimensiones serán las establecidas en la norma correspondiente de las citadas anteriormente. La denominación se realizará en función del diámetro exterior.

El diámetro interior mínimo deberá ser declarado por el fabricante.

En lo relativo a la resistencia a los efectos del fuego considerados en la norma particular para cada tipo de tubo, se seguirá lo establecido por la aplicación de la Directiva de Productos de la Construcción (89/106/CEE).

Tubos en canalizaciones fijas en superficie.

En las canalizaciones superficiales, los tubos deberán ser preferentemente rígidos y en casos especiales podrán usarse tubos curvables.

Tubos en canalizaciones empotradas.

En las canalizaciones empotradas, los tubos protectores podrán ser rígidos, curvables o flexibles.

Tubos en canalizaciones aéreas o con tubos al aire.

En las canalizaciones al aire, destinadas a la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida, los tubos serán flexibles.

Se recomienda no utilizar este tipo de instalación para secciones nominales de conductor superiores a 16 mm².

Tubos en canalizaciones enterradas.

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.

Se considera suelo ligero aquel suelo uniforme que no sea del tipo pedregoso y con cargas superiores ligeras, como por ejemplo, aceras, parques y jardines. Suelo pesado es aquel del tipo pedregoso y duro y con cargas superiores pesadas, como por ejemplo, calzadas y vías férreas.

Instalación.

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

El diámetro exterior mínimo de los tubos, en función del número y la sección de los conductores a conducir, se obtendrá de las tablas indicadas en la ITC-BT-21, así como las características mínimas según el tipo de instalación.

Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.
- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.
- Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.
- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los especificados por el fabricante conforme a UNE-EN

- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.
- Los registros podrán estar destinados únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.
- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Si son metálicas estarán protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interior mínimo será de 60 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.
- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta la posibilidad de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el uso de una "T" de la que uno de los brazos no se emplea.
- Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.
- No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

Cuando los tubos se instalen en montaje superficial, se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.
- Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.

- En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores al 2 por 100.
- Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.

Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 centímetros.
- No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.
- Para la instalación correspondiente a la propia planta, únicamente podrán instalarse, entre forjado y revestimiento, tubos que deberán quedar recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 centímetro de espesor, como mínimo, además del revestimiento.
- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de tapas de registro.
- Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedarán enrasados con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo cuando no se instalen en el interior de un alojamiento cerrado y practicable.
- En el caso de utilizarse tubos empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 centímetros como máximo, de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 centímetros.

1.2.2 CONDUCTORES AISLADOS FIJADOS DIRECTAMENTE SOBRE LAS PAREDES.

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 0,6/1 kV, provistos de aislamiento y cubierta (se incluyen cables armados o con aislamiento mineral).

Para la ejecución de las canalizaciones se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

- Se fijarán sobre las paredes por medio de bridas, abrazaderas, o collares de forma que no perjudiquen las cubiertas de los mismos.
- Con el fin de que los cables no sean susceptibles de doblarse por efecto de su propio peso, los puntos de fijación de los mismos estarán suficientemente próximos. La distancia entre dos puntos de fijación sucesivos, no excederá de 0,40 metros.
- Cuando los cables deban disponer de protección mecánica por el lugar y condiciones de instalación en que se efectúe la misma, se utilizarán cables armados. En caso de no utilizar estos cables, se establecerá una protección mecánica complementaria sobre los mismos.
- Se evitará curvar los cables con un radio demasiado pequeño y salvo prescripción en contra fijada en la Norma UNE correspondiente al cable utilizado, este radio no será inferior a 10 veces el diámetro exterior del cable.
- Los cruces de los cables con canalizaciones no eléctricas se podrán efectuar por la parte anterior o posterior a éstas, dejando una distancia mínima de 3 cm entre la superficie exterior de la canalización no eléctrica y la cubierta de los cables cuando el cruce se efectúe por la parte anterior de aquélla.
- Los extremos de los cables serán estancos cuando las características de los locales o emplazamientos así lo exijan, utilizándose a este fin cajas u otros dispositivos adecuados. La estanqueidad podrá quedar asegurada con la ayuda de prensaestopas.
- Los empalmes y conexiones se harán por medio de cajas o dispositivos equivalentes provistos de tapas desmontables que aseguren a la vez la continuidad de la protección mecánica establecida, el aislamiento y la inaccesibilidad de las conexiones y permitiendo su verificación en caso necesario.

1.2.3 CONDUCTORES AISLADOS ENTERRADOS.

Las condiciones para estas canalizaciones, en las que los conductores aislados deberán ir bajo tubo salvo que tengan cubierta y una tensión asignada 0,6/1kV, se establecerán de acuerdo con lo señalado en la Instrucciones ITC-BT-07 e ITC-BT-21.

1.2.4 CONDUCTORES AISLADOS DIRECTAMENTE EMPOTRADOS EN ESTRUCTURAS.

Para estas canalizaciones son necesarios conductores aislados con cubierta (incluidos cables armados o con aislamiento mineral). La temperatura mínima y máxima de instalación y servicio será de -5°C y 90°C respectivamente (polietileno reticulado o etileno-propileno).

1.2.5 CONDUCTORES AISLADOS EN EL INTERIOR DE LA CONSTRUCCIÓN.

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Los cables o tubos podrán instalarse directamente en los huecos de la construcción con la condición de que sean no propagadores de la llama.

Los huecos en la construcción admisibles para estas canalizaciones podrán estar dispuestos en muros, paredes, vigas, forjados o techos, adoptando la forma de conductos continuos o bien estarán comprendidos entre dos superficies paralelas como en el caso de falsos techos o muros con cámaras de aire.

La sección de los huecos será, como mínimo, igual a cuatro veces la ocupada por los cables o tubos, y su dimensión más pequeña no será inferior a dos veces el diámetro exterior de mayor sección de éstos, con un mínimo de 20 milímetros.

Las paredes que separen un hueco que contenga canalizaciones eléctricas de los locales inmediatos, tendrán suficiente solidez para proteger éstas contra acciones previsibles.

Se evitarán, dentro de lo posible, las asperezas en el interior de los huecos y los cambios de dirección de los mismos en un número elevado o de pequeño radio de curvatura.

La canalización podrá ser reconocida y conservada sin que sea necesaria la destrucción parcial de las paredes, techos, etc., o sus guarnecidos y decoraciones.

Los empalmes y derivaciones de los cables serán accesibles, disponiéndose para ellos las cajas de derivación adecuadas.

Se evitará que puedan producirse infiltraciones, fugas o condensaciones de agua que puedan penetrar en el interior del hueco, prestando especial atención a la impermeabilidad de sus muros exteriores, así como a la proximidad de tuberías de conducción de líquidos, penetración de agua al efectuar la limpieza de suelos, posibilidad de acumulación de aquélla en partes bajas del hueco, etc.

1.2.6 CONDUCTORES AISLADOS BAJO CANALES PROTECTORAS.

La canal protectora es un material de instalación constituido por un perfil de paredes perforadas o no, destinado a alojar conductores o cables y cerrado por una tapa desmontable. Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Las canales protectoras tendrán un grado de protección IP4X y estarán clasificadas como "canales con tapa de acceso que sólo pueden abrirse con herramientas". En su interior se podrán colocar mecanismos tales como interruptores, tomas de corriente, dispositivos de mando y control, etc, siempre que se fijen de acuerdo con las instrucciones del fabricante. También se podrán realizar empalmes de conductores en su interior y conexiones a los mecanismos.

El cumplimiento de estas características se realizará según los ensayos indicados en las normas UNE-EN 501085.

Las canales protectoras para aplicaciones no ordinarias deberán tener unas características mínimas de resistencia al impacto, de temperatura mínima y máxima de instalación y servicio, de resistencia a la penetración de objetos sólidos y de resistencia a la penetración de agua, adecuadas a las condiciones del emplazamiento al que se destina; asimismo las canales serán no propagadoras de la llama. Dichas características serán conformes a las normas de la serie UNE-EN 50.085.

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan al local donde se efectúa la instalación.

Las canales con conductividad eléctrica deben conectarse a la red de tierra, su continuidad eléctrica quedará convenientemente asegurada.

La tapa de las canales quedará siempre accesible.

1.2.7 CONDUCTORES AISLADOS BAJO MOLDURAS.

Estas canalizaciones están constituidas por cables alojados en ranuras bajo molduras. Podrán utilizarse únicamente en locales o emplazamientos clasificados como secos, temporalmente húmedos o polvorientos. Los cables serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Las molduras cumplirán las siguientes condiciones:

- Las ranuras tendrán unas dimensiones tales que permitan instalar sin dificultad por ellas a los conductores o cables. En principio, no se colocará más de un conductor por ranura, admitiéndose, no obstante, colocar varios conductores siempre que pertenezcan al mismo circuito y la ranura presente dimensiones adecuadas para ello.
- La anchura de las ranuras destinadas a recibir cables rígidos de sección igual o inferior a 6 mm² serán, como mínimo, de 6 mm.

Para la instalación de las molduras se tendrá en cuenta:

- Las molduras no presentarán discontinuidad alguna en toda la longitud donde contribuyen a la protección mecánica de los conductores. En los cambios de dirección, los ángulos de las ranuras serán obtusos.
- Las canalizaciones podrán colocarse al nivel del techo o inmediatamente encima de los rodapiés. En ausencia de éstos, la parte inferior de la moldura estará, como mínimo, a 10 cm por encima del suelo.
- En el caso de utilizarse rodapiés ranurados, el conductor aislado más bajo estará, como mínimo, a 1,5 cm por encima del suelo.
- Cuando no puedan evitarse cruces de estas canalizaciones con las destinadas a otro uso (agua, gas, etc.), se utilizará una moldura especialmente concebida para estos cruces o preferentemente un tubo rígido empotrado que sobresaldrá por una y otra parte del cruce. La separación entre dos canalizaciones que se crucen será, como mínimo de 1 cm en el caso de utilizar molduras especiales para el cruce y 3 cm, en el caso de utilizar tubos rígidos empotrados.
- Las conexiones y derivaciones de los conductores se hará mediante dispositivos de conexión con tornillo o sistemas equivalentes.
- Las molduras no estarán totalmente empotradas en la pared ni recubiertas por papeles, tapicerías o cualquier otro material, debiendo quedar su cubierta siempre al aire.
- Antes de colocar las molduras de madera sobre una pared, debe asegurarse que la pared está suficientemente seca; en caso contrario, las molduras se separarán de la pared por medio de un producto hidrófugo.

1.2.8 CONDUCTORES AISLADOS EN BANDEJA O SOPORTE DE BANDEJAS.

Sólo se utilizarán conductores aislados con cubierta (incluidos cables armados o con aislamiento mineral), unipolares o multipolares según norma UNE 20.460-5-52.

El material usado para la fabricación será acero laminado de primera calidad, galvanizado por inmersión. La anchura de las canaletas será de 100 mm como mínimo, con incrementos de 100 en 100 mm. La longitud de los tramos rectos será de dos metros. El fabricante indicará en su catálogo la carga máxima admisible, en N/m, en función de la anchura y de la distancia entre soportes. Todos los accesorios, como codos, cambios de plano, reducciones, tres, uniones, soportes, etc, tendrán la misma calidad que la bandeja.

Las bandejas y sus accesorios se sujetarán a techos y paramentos mediante herrajes de suspensión, a distancias tales que no se produzcan flechas superiores a 10 mm y estarán perfectamente alineadas con los cerramientos de los locales.

No se permitirá la unión entre bandejas o la fijación de las mismas a los soportes por medio de soldadura, debiéndose utilizar piezas de unión y tornillería cadmiada. Para las uniones o derivaciones de líneas se utilizarán cajas metálicas que se fijarán a las bandejas.

1.2.9 NORMAS DE INSTALACIÓN EN PRESENCIA DE OTRAS CANALIZACIONES NO ELÉCTRICAS.

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia mínima de 3 cm. En caso de proximidad con conductos de calefacción, de aire caliente, vapor o humo, las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que no puedan alcanzar una temperatura peligrosa y, por consiguiente, se mantendrán separadas por una distancia conveniente o por medio de pantallas calorífugas.

Las canalizaciones eléctricas no se situarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, tales como las destinadas a conducción de vapor, de agua, de gas, etc., a menos que se tomen las disposiciones necesarias para proteger las canalizaciones eléctricas contra los efectos de estas condensaciones.

1.2.10 ACCESIBILIDAD A LAS INSTALACIONES.

Las canalizaciones deberán estar dispuestas de forma que faciliten su maniobra, inspección y acceso a sus conexiones. Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que mediante la conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

En toda la longitud de los pasos de canalizaciones a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, no se dispondrán empalmes o derivaciones de cables, estando protegidas contra los deterioros mecánicos, las acciones químicas y los efectos de la humedad.

Las cubiertas, tapas o envolventes, mandos y pulsadores de maniobra de aparatos tales como mecanismos, interruptores, bases, reguladores, etc, instalados en los locales húmedos o mojados, serán de material aislante.

1.3 CONDUCTORES.

Los conductores utilizados se regirán por las especificaciones del proyecto, según se indica en Memoria, Planos y Mediciones.

1.3.1 MATERIALES.

Los conductores serán de los siguientes tipos:

- De 450/750 V de tensión nominal.
 - Conductor: de cobre.
 - Formación: unipolares.
 - Aislamiento: policloruro de vinilo (PVC).
 - Tensión de prueba: 2.500 V.
 - Instalación: bajo tubo.
 - Normativa de aplicación: UNE 21.031.

- De 0,6/1 kV de tensión nominal.
 - Conductor: de cobre (o de aluminio, cuando lo requieran las especificaciones del proyecto).
 - Formación: uni-bi-tri-tetrapolares.
 - Aislamiento: policloruro de vinilo (PVC) o polietileno reticulado (XLPE).
 - Tensión de prueba: 4.000 V.
 - Instalación: al aire o en bandeja.
 - Normativa de aplicación: UNE 21.123.

Los conductores de cobre electrolítico se fabricarán de calidad y resistencia mecánica uniforme, y su coeficiente de resistividad a 20 °C será del 98 % al 100 %. Irán provistos de baño de recubrimiento de estaño, que deberá resistir la siguiente prueba: A una muestra limpia y seca de hilo estañado se le da la forma de círculo de diámetro equivalente a 20 o 30 veces el diámetro del hilo, a continuación de lo cual se sumerge durante un minuto en una solución de ácido hidrociorhídrico de 1,088 de peso específico a una temperatura de 20 °C. Esta operación se efectuará dos veces, después de lo cual no deberán apreciarse puntos negros en el hilo. La capacidad mínima del aislamiento de los conductores será de 500 V.

Los conductores de sección igual o superior a 6 mm² deberán estar constituidos por cable obtenido por trenzado de hilo de cobre del diámetro correspondiente a la sección del conductor de que se trate.

1.3.2 DIMENSIONADO.

Para la selección de los conductores activos del cable adecuado a cada carga se usará el más desfavorable entre los siguientes criterios:

- Intensidad máxima admisible. Como intensidad se tomará la propia de cada carga. Partiendo de las intensidades nominales así establecidas, se elegirá la sección del cable que admita esa intensidad de acuerdo a las prescripciones del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión ITC-BT-19 o las recomendaciones del fabricante, adoptando los oportunos coeficientes correctores según las condiciones de la instalación. En cuanto a coeficientes de mayoración de la carga, se deberán tener presentes las Instrucciones ITC-BT-44 para receptores de alumbrado e ITC-BT-47 para receptores de motor.

- Caída de tensión en servicio. La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización, sea menor del 3 % de la tensión nominal en el origen de la instalación, para alumbrado, y del 5 % para los demás usos, considerando alimentados todos los receptores susceptibles de funcionar simultáneamente. Para la derivación individual la caída de tensión máxima admisible será del 1,5 %. El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de la derivación individual, de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas.

- Caída de tensión transitoria. La caída de tensión en todo el sistema durante el arranque de motores no debe provocar condiciones que impidan el arranque de los mismos, desconexión de los contactores, parpadeo de alumbrado, etc.

La sección del conductor neutro será la especificada en la Instrucción ITC-BT-07, apartado 1, en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación.

Los conductores de protección serán del mismo tipo que los conductores activos especificados en el apartado anterior, y tendrán una sección mínima igual a la fijada por la tabla 2 de la ITC-BT-18, en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación. Se podrán instalar por las mismas canalizaciones que éstos o bien en forma independiente, siguiéndose a este respecto lo que señalen las normas particulares de la empresa distribuidora de la energía.

1.3.3 IDENTIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES.

Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que por conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente por lo que respecta al conductor neutro y al conductor de protección. Esta identificación se realizará por los colores que presenten sus aislamientos. Cuando exista conductor neutro en la instalación o se prevea para un conductor de fase su pase posterior a conductor neutro, se identificarán éstos por el color azul claro. Al conductor de protección se le identificará por el color verde-amarillo. Todos los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no se prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por los colores marrón, negro o gris.

1.3.4 RESISTENCIA DE AISLAMIENTO Y RIGIDEZ DIELECTRICA.

La rigidez dieléctrica será tal que, desconectados los aparatos de utilización (receptores), resista durante 1 minuto una prueba de tensión de $2U + 1000 V$ a frecuencia industrial, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, y con un mínimo de 1.500 V.

Las corrientes de fuga no serán superiores, para el conjunto de la instalación o para cada uno de los circuitos en que ésta pueda dividirse a efectos de su protección, a la sensibilidad que presenten los interruptores diferenciales instalados como protección contra los contactos indirectos.

1.4 CAJAS DE EMPALME.

Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material plástico resistente incombustible o metálicas, en cuyo caso estarán aisladas interiormente y protegidas contra la oxidación. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será igual, por lo menos, a una vez y medio el diámetro del tubo mayor, con un mínimo de 40 mm; el lado o diámetro de la caja será de al menos 80 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas adecuados. En ningún caso se permitirá la unión de conductores, como empalmes o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión.

Los conductos se fijarán firmemente a todas las cajas de salida, de empalme y de paso, mediante contratuercas y casquillos. Se tendrá cuidado de que quede al descubierto el número total de hilos de rosca al objeto de que el casquillo pueda ser perfectamente apretado contra el extremo del conducto, después de lo cual se apretará la contratuerca para poner firmemente el casquillo en contacto eléctrico con la caja.

Los conductos y cajas se sujetarán por medio de pernos de fiador en ladrillo hueco, por medio de pernos de expansión en hormigón y ladrillo macizo y clavos Split sobre metal. Los pernos de fiador de tipo tornillo se usarán en instalaciones permanentes, los de tipo de tuerca cuando se precise desmontar la instalación, y los pernos de expansión serán de apertura efectiva. Serán de construcción sólida y capaces de resistir una tracción mínima de 20 kg. No se hará uso de clavos por medio de sujeción de cajas o conductos.

1.5 MECANISMOS Y TOMAS DE CORRIENTE.

Los interruptores y conmutadores cortarán la corriente máxima del circuito en que estén colocados sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos sin posibilidad de toma una posición intermedia. Serán del tipo cerrado y de material aislante. Las dimensiones de las piezas de contacto serán tales que la temperatura no pueda exceder de 65 °C en ninguna de sus piezas. Su construcción será tal que permita realizar un número total de 10.000 maniobras de apertura y cierre, con su carga nominal a la tensión de trabajo. Llevarán marcada su intensidad y tensiones nominales, y estarán probadas a una tensión de 500 a 1.000 voltios.

Las tomas de corriente serán de material aislante, llevarán marcadas su intensidad y tensión nominales de trabajo y dispondrán, como norma general, todas ellas de puesta a tierra.

Todos ellos irán instalados en el interior de cajas empotradas en los paramentos, de forma que al exterior sólo podrá aparecer el mando totalmente aislado y la tapa embellecedora.

En el caso en que existan dos mecanismos juntos, ambos se alojarán en la misma caja, la cual deberá estar dimensionada suficientemente para evitar falsos contactos.

1.6 APARAMENTA DE MANDO Y PROTECCIÓN.

1.6.1 CUADROS ELÉCTRICOS.

Todos los cuadros eléctricos serán nuevos y se entregarán en obra sin ningún defecto. Estarán diseñados siguiendo los requisitos de estas especificaciones y se construirán de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y con las recomendaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI).

Cada circuito en salida de cuadro estará protegido contra las sobrecargas y cortocircuitos. La protección contra corrientes de defecto hacia tierra se hará por circuito o grupo de circuitos según se indica en el proyecto, mediante el empleo de interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada, según ITC-BT-24.

Los cuadros serán adecuados para trabajo en servicio continuo. Las variaciones máximas admitidas de tensión y frecuencia serán del + 5 % sobre el valor nominal.

Los cuadros serán diseñados para servicio interior, completamente estancos al polvo y la humedad, ensamblados y cableados totalmente en fábrica, y estarán constituidos por una estructura metálica de perfiles laminados en frío, adecuada para el montaje sobre el suelo, y paneles de cerramiento de chapa de acero de fuerte espesor, o de cualquier otro material que sea mecánicamente resistente y no inflamable.

Alternativamente, la cabina de los cuadros podrá estar constituida por módulos de material plástico, con la parte frontal transparente.

Las puertas estarán provistas con una junta de estanquidad de neopreno o material similar, para evitar la entrada de polvo.

Todos los cables se instalarán dentro de canaletas provistas de tapa desmontable. Los cables de fuerza irán en canaletas distintas en todo su recorrido de las canaletas para los cables de mando y control.

Los aparatos se montarán dejando entre ellos y las partes adyacentes de otros elementos una distancia mínima igual a la recomendada por el fabricante de los aparatos, en cualquier caso nunca inferior a la cuarta parte de la dimensión del aparato en la dirección considerada.

La profundidad de los cuadros será de 500 mm y su altura y anchura la necesaria para la colocación de los componentes e igual a un múltiplo entero del módulo del fabricante. Los cuadros estarán diseñados para poder ser ampliados por ambos extremos.

Los aparatos indicadores (lámparas, amperímetros, voltímetros, etc), dispositivos de mando (pulsadores, interruptores, conmutadores, etc), paneles sinópticos, etc, se montarán sobre la parte frontal de los cuadros.

Todos los componentes interiores, aparatos y cables, serán accesibles desde el exterior por el frente.

El cableado interior de los cuadros se llevará hasta una regleta de bornas situada junto a las entradas de los cables desde el exterior.

Las partes metálicas de la envoltura de los cuadros se protegerán contra la corrosión por medio de una imprimación a base de dos manos de pintura anticorrosiva y una pintura de acabado de color que se especifique en las Mediciones o, en su defecto, por la Dirección Técnica durante el transcurso de la instalación.

La construcción y diseño de los cuadros deberán proporcionar seguridad al personal y garantizar un perfecto funcionamiento bajo todas las condiciones de servicio, y en particular:

-Los compartimentos que hayan de ser accesibles para accionamiento o mantenimiento estando el cuadro en servicio no tendrán piezas en tensión al descubierto.

-El cuadro y todos sus componentes serán capaces de soportar las corrientes de cortocircuito (kA) según especificaciones reseñadas en planos y mediciones.

1.6.2 INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS.

En el origen de la instalación y lo más cerca posible del punto de alimentación a la misma, se colocará el cuadro general de mando y protección, en el que se dispondrá un interruptor general de corte omnipolar, así como dispositivos de protección contra sobreintensidades de cada uno de los circuitos que parten de dicho cuadro.

La protección contra sobreintensidades para todos los conductores (fases y neutro) de cada circuito se hará con interruptores magnetotérmicos o automáticos de corte omnipolar, con curva térmica de corte para la protección a sobrecargas y sistema de corte electromagnético para la protección a cortocircuitos.

En general, los dispositivos destinados a la protección de los circuitos se instalarán en el origen de éstos, así como en los puntos en que la intensidad admisible disminuya por cambios debidos a sección, condiciones de instalación, sistema de ejecución o tipo de conductores utilizados. No obstante, no se exige instalar dispositivos de protección en el origen de un circuito en que se presente una disminución de la intensidad admisible en el mismo, cuando su protección quede asegurada por otro dispositivo instalado anteriormente.

Los interruptores serán de ruptura al aire y de disparo libre y tendrán un indicador de posición. El accionamiento será directo por polos con mecanismos de cierre por energía acumulada. El accionamiento será manual o manual y eléctrico, según se indique en el esquema o sea necesario por necesidades de automatismo. Llevarán marcadas la intensidad y tensiones nominales de funcionamiento, así como el signo indicador de su desconexión.

El interruptor de entrada al cuadro, de corte omnipolar, será selectivo con los interruptores situados aguas abajo, tras él.

Los dispositivos de protección de los interruptores serán relés de acción directa.

1.6.3 GUARDAMOTORES.

Los contactores guardamotores serán adecuados para el arranque directo de motores, con corriente de arranque máxima del 600 % de la nominal y corriente de desconexión igual a la nominal.

La longevidad del aparato, sin tener que cambiar piezas de contacto y sin mantenimiento, en condiciones de servicio normales (conecta estando el motor parado y desconecta durante la marcha normal) será de al menos 500.000 maniobras.

La protección contra sobrecargas se hará por medio de relés térmicos para las tres fases, con rearme manual accionable desde el interior del cuadro.

En caso de arranque duro, de larga duración, se instalarán relés térmicos de característica retardada. En ningún caso se permitirá cortocircuitar el relé durante el arranque.

La verificación del relé térmico, previo ajuste a la intensidad nominal del motor, se hará haciendo girar el motor a plena carga en monofásico; la desconexión deberá tener lugar al cabo de algunos minutos.

Cada contactor llevará dos contactos normalmente cerrados y dos normalmente abiertos para enclavamientos con otros aparatos.

1.6.4 FUSIBLES.

Los fusibles serán de alta capacidad de ruptura, limitadores de corriente y de acción lenta cuando vayan instalados en circuitos de protección de motores.

Los fusibles de protección de circuitos de control o de consumidores óhmicos serán de alta capacidad ruptura y de acción rápida.

Se dispondrán sobre material aislante e incombustible, y estarán contruidos de tal forma que no se pueda proyectar metal al fundirse. Llevarán marcadas la intensidad y tensión nominales de trabajo.

No serán admisibles elementos en los que la reposición del fusible pueda suponer un peligro de accidente. Estará montado sobre una empuñadura que pueda ser retirada fácilmente de la base.

1.6.5 INTERRUPTORES DIFERENCIALES.

1º/ La protección contra contactos directos se asegurará adoptando las siguientes medidas:

Protección por aislamiento de las partes activas.

Las partes activas deberán estar recubiertas de un aislamiento que no pueda ser eliminado más que destruyéndolo.

Protección por medio de barreras o envolventes.

Las partes activas deben estar situadas en el interior de las envolventes o detrás de barreras que posean, como mínimo, el grado de protección IP XXB, según UNE20.324. Si se necesitan aberturas mayores para la reparación de piezas o para el buen funcionamiento de los equipos, se adoptarán precauciones apropiadas para impedir que las personas o animales domésticos toquen las partes activas y se garantizará que las personas sean conscientes del hecho de que las partes activas no deben ser tocadas voluntariamente.

Las superficies superiores de las barreras o envolventes horizontales que son fácilmente accesibles, deben responder como mínimo al grado de protección IP4X o IP XXD.

Las barreras o envolventes deben fijarse de manera segura y ser de una robustez y durabilidad suficientes para mantener los grados de protección exigidos, con una separación suficiente de las partes activas en las condiciones normales de servicio, teniendo en cuenta las influencias externas.

Cuando sea necesario suprimir las barreras, abrir las envolventes o quitar partes de éstas, esto no debe ser posible más que:

- bien con la ayuda de una llave o de una herramienta;
- o bien, después de quitar la tensión de las partes activas protegidas por estas barreras o estas envolventes, no pudiendo ser restablecida la tensión hasta después de volver a colocar las barreras o las envolventes;
- o bien, si hay interpuesta una segunda barrera que posee como mínimo el grado de protección IP2X o IP XXB, que no pueda ser quitada más que con la ayuda de una llave o de una herramienta y que impida todo contacto con las partes activas.

Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial-residual.

Esta medida de protección está destinada solamente a complementar otras medidas de protección contra los contactos directos.

El empleo de dispositivos de corriente diferencial-residual, cuyo valor de corriente diferencial asignada de funcionamiento sea inferior o igual a 30 mA, se reconoce como medida de protección complementaria en caso de fallo de otra medida de protección contra los contactos directos o en caso de imprudencia de los usuarios.

2º/ La protección contra contactos indirectos se conseguirá mediante "corte automático de la alimentación". Esta medida consiste en impedir, después de la aparición de un fallo, que una tensión de contacto de valor suficiente se mantenga durante un tiempo tal que pueda dar como resultado un riesgo. La tensión límite convencional es igual a 50 V, valor eficaz en corriente alterna, en condiciones normales y a 24 V en locales húmedos.

Todas las masas de los equipos eléctricos protegidos por un mismo dispositivo de protección, deben ser interconectadas y unidas por un conductor de protección a una misma toma de tierra. El punto neutro de cada generador o transformador debe ponerse a tierra.

Se cumplirá la siguiente condición:

$$R_a \times I_a \leq U$$

Donde:

- R_a es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.
- I_a es la corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección. Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de corriente diferencial-residual es la corriente diferencial-residual asignada.
- U es la tensión de contacto límite convencional (50 ó 24V).

1.6.6 SECCIONADORES.

Los seccionadores en carga serán de conexión y desconexión brusca, ambas independientes de la acción del operador.

Los seccionadores serán adecuados para servicio continuo y capaces de abrir y cerrar la corriente nominal a tensión nominal con un factor de potencia igual o inferior a 0,7.

1.6.7 EMBARRADOS.

El embarrado principal constará de tres barras para las fases y una, con la mitad de la sección de las fases, para el neutro. La barra de neutro deberá ser seccionable a la entrada del cuadro.

Las barras serán de cobre electrolítico de alta conductividad y adecuadas para soportar la intensidad de plena carga y las corrientes de cortocircuito que se especifiquen en memoria y planos.

Se dispondrá también de una barra independiente de tierra, de sección adecuada para proporcionar la puesta a tierra de las partes metálicas no conductoras de los aparatos, la carcasa del cuadro y, si los hubiera, los conductores de protección de los cables en salida.

1.6.8 PRENSAESTOPAS Y ETIQUETAS.

Los cuadros irán completamente cableados hasta las regletas de entrada y salida.

Se proveerán prensaestopas para todas las entradas y salidas de los cables del cuadro; los prensaestopas serán de doble cierre para cables armados y de cierre sencillo para cables sin armar.

Todos los aparatos y bornes irán debidamente identificados en el interior del cuadro mediante números que correspondan a la designación del esquema. Las etiquetas serán marcadas de forma indeleble y fácilmente legible.

En la parte frontal del cuadro se dispondrán etiquetas de identificación de los circuitos, constituidas por placas de chapa de aluminio firmemente fijadas a los paneles frontales, impresas al horno, con fondo negro mate y letreros y zonas de estampación en aluminio pulido. El fabricante podrá adoptar cualquier solución para el material de las etiquetas, su soporte y la impresión, con tal de que sea duradera y fácilmente legible.

En cualquier caso, las etiquetas estarán marcadas con letras negras de 10 mm de altura sobre fondo blanco.

1.7 RECEPTORES DE ALUMBRADO.

Las luminarias serán conformes a los requisitos establecidos en las normas de la serie UNE-EN 60598.

La masa de las luminarias suspendidas excepcionalmente de cables flexibles no deben exceder de 5 kg. Los conductores, que deben ser capaces de soportar este peso, no deben presentar empalmes intermedios y el esfuerzo deberá realizarse sobre un elemento distinto del borne de conexión.

Las partes metálicas accesibles de las luminarias que no sean de Clase II o Clase III, deberán tener un elemento de conexión para su puesta a tierra, que irá conectado de manera fiable y permanente al conductor de protección del circuito.

El uso de lámparas de gases con descargas a alta tensión (neón, etc), se permitirá cuando su ubicación esté fuera del volumen de accesibilidad o cuando se instalen barreras o envoltentes separadoras.

En instalaciones de iluminación con lámparas de descarga realizadas en locales en los que funcionen máquinas con movimiento alternativo o rotatorio rápido, se deberán tomar las medidas necesarias para evitar la posibilidad de accidentes causados por ilusión óptica originada por el efecto estroboscópico.

Los circuitos de alimentación estarán previstos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas y de arranque. Para receptores con lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase. Será aceptable un coeficiente diferente para el cálculo de la sección de los conductores, siempre y cuando el factor de potencia de cada receptor sea mayor o igual a 0,9 y si se conoce la carga que supone cada uno de los elementos asociados a las lámparas y las corrientes de arranque, que tanto éstas como aquéllos puedan producir. En este caso, el coeficiente será el que resulte.

En el caso de receptores con lámparas de descarga será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,9.

En instalaciones con lámparas de muy baja tensión (p.e. 12 V) debe preverse la utilización de transformadores adecuados, para asegurar una adecuada protección térmica, contra cortocircuitos y sobrecargas y contra los choques eléctricos.

Para los rótulos luminosos y para instalaciones que los alimentan con tensiones asignadas de salida en vacío comprendidas entre 1 y 10 kV se aplicará lo dispuesto en la norma UNE-EN 50.107.

1.8 RECEPTORES A MOTOR.

Los motores deben instalarse de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente. Los motores no deben estar en contacto con materias fácilmente combustibles y se situarán de manera que no puedan provocar la ignición de estas.

Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125 % de la intensidad a plena carga del motor. Los conductores de conexión que alimentan a varios motores, deben estar dimensionados para una intensidad no inferior a la suma del 125 % de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia, más la intensidad a plena carga de todos los demás.

Los motores deben estar protegidos contra cortocircuitos y contra sobrecargas en todas sus fases, debiendo esta última protección ser de tal naturaleza que cubra, en los motores trifásicos, el riesgo de la falta de tensión en una de sus fases. En el caso de motores con arrancador estrella-triángulo, se asegurará la protección, tanto para la conexión en estrella como en triángulo.

Los motores deben estar protegidos contra la falta de tensión por un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia del restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidentes, o perjudicar el motor, de acuerdo con la norma UNE 20.460 -4-45.

Los motores deben tener limitada la intensidad absorbida en el arranque, cuando se pudieran producir efectos que perjudicasen a la instalación u ocasionasen perturbaciones inaceptables al funcionamiento de otros receptores o instalaciones.

En general, los motores de potencia superior a 0,75 kilovatios deben estar provistos de reóstatos de arranque o dispositivos equivalentes que no permitan que la relación de corriente entre el período de arranque y el de marcha normal que corresponda a su plena carga, según las características del motor que debe indicar su placa, sea superior a la señalada en el cuadro siguiente:

De 0,75 kW a 1,5 kW: 4,5

De 1,50 kW a 5 kW: 3,0

De 5 kW a 15 kW: 2

Más de 15 kW: 1,5

Todos los motores de potencia superior a 5 kW tendrán seis bornes de conexión, con tensión de la red correspondiente a la conexión en triángulo del bobinado (motor de 230/400 V para redes de 230 V entre fases y de 400/693 V para redes de 400 V entre fases), de tal manera que será siempre posible efectuar un arranque en estrella-triángulo del motor.

Los motores deberán cumplir, tanto en dimensiones y formas constructivas, como en la asignación de potencia a los diversos tamaños de carcasa, con las recomendaciones europeas IEC y las normas UNE, DIN y VDE. Las normas UNE específicas para motores son la 20.107, 20.108, 20.111, 20.112, 20.113, 20.121, 20.122 y 20.324.

Para la instalación en el suelo se usará normalmente la forma constructiva B-3, con dos platos de soporte, un extremo de eje libre y carcasa con patas. Para montaje vertical, los motores llevarán cojinetes previstos para soportar el peso del rotor y de la polea.

La clase de protección se determina en las normas UNE 20.324 y DIN 40.050. Todos los motores deberán tener la clase de protección IP 44 (protección contra contactos accidentales con herramienta y contra la penetración de cuerpos sólidos con diámetro mayor de 1 mm, protección contra salpicaduras de agua proveniente de cualquier dirección), excepto para instalación a la intemperie o en ambiente húmedo o polvoriento y dentro de unidades de tratamiento de aire, donde se usarán motores con clase de protección IP 54 (protección total contra contactos involuntarios de cualquier clase, protección contra depósitos de polvo, protección contra salpicaduras de agua proveniente de cualquier dirección).

Los motores con protecciones IP 44 e IP 54 son completamente cerrados y con refrigeración de superficie.

Todos los motores deberán tener, por lo menos, la clase de aislamiento B, que admite un incremento máximo de temperatura de 80 °C sobre la temperatura ambiente de referencia de 40 °C, con un límite máximo de temperatura del devanado de 130 °C.

El diámetro y longitud del eje, las dimensiones de las chavetas y la altura del eje sobre la base estarán de acuerdo a las recomendaciones IEC.

La calidad de los materiales con los que están fabricados los motores serán las que se indican a continuación:

- Carcasa: de hierro fundido de alta calidad, con patas solidarias y con aletas de refrigeración.
- Estator: paquete de chapa magnética y bobinado de cobre electrolítico, montados en estrecho contacto con la carcasa para disminuir la resistencia térmica al paso del calor hacia el exterior de la misma. La impregnación del bobinado para el aislamiento eléctrico se obtendrá evitando la formación de burbujas y deberá resistir las sollicitaciones térmicas y dinámicas a las que viene sometido.
- Rotor: formado por un paquete ranurado de chapa magnética, donde se alojará el devanado secundario en forma de jaula de aleación de aluminio, simple o doble.
- Eje: de acero duro.
- Ventilador: interior (para las clases IP 44 e IP 54), de aluminio fundido, solidario con el rotor, o de plástico inyectado.

- Rodamientos: de esfera, de tipo adecuado a las revoluciones del rotor y capaces de soportar ligeros empujes axiales en los motores de eje horizontal (se seguirán las instrucciones del fabricante en cuanto a marca, tipo y cantidad de grasa necesaria para la lubricación y su duración).
- Cajas de bornes y tapa: de hierro fundido con entrada de cables a través de orificios roscados con prensa-estopas.

-

Para la correcta selección de un motor, que se hará par servicio continuo, deberán considerarse todos y cada uno de los siguientes factores:

- potencia máxima absorbida por la máquina accionada, incluidas las pérdidas por transmisión.
- velocidad de rotación de la máquina accionada.
- características de la acometida eléctrica (número de fases, tensión y frecuencia).
- clase de protección (IP 44 o IP 54).
- clase de aislamiento (B o F).
- forma constructiva.
- temperatura máxima del fluido refrigerante (aire ambiente) y cota sobre el nivel del mar del lugar de emplazamiento.
- momento de inercia de la máquina accionada y de la transmisión referido a la velocidad de rotación del motor.
- curva del par resistente en función de la velocidad.

Los motores podrán admitir desviaciones de la tensión nominal de alimentación comprendidas entre el 5 % en más o menos. Si se prevén desviaciones hacia la baja superiores al mencionado valor, la potencia del motor deberá "deratarse" de forma proporcional, teniendo en cuenta que, además, disminuirá también el par de arranque proporcional al cuadrado de la tensión.

Antes de conectar un motor a la red de alimentación, deberá comprobarse que la resistencia de aislamiento del bobinado estático sea superiores a 1,5 megohmios. En caso de que sea inferior, el motor será rechazado por la DO y deberá ser secado en un taller especializado, siguiendo las instrucciones del fabricante, o sustituido por otro.

El número de polos del motor se elegirá de acuerdo a la velocidad de rotación de la máquina accionada.

En caso de acoplamiento de equipos (como ventiladores) por medio de poleas y correas trapezoidales, el número de polos del motor se escogerá de manera que la relación entre velocidades de rotación del motor y del ventilador sea inferior a 2,5.

Todos los motores llevarán una placa de características, situada en lugar visible y escrita de forma indeleble, en la que aparecerán, por lo menos, los siguientes datos:

- potencia del motor.
- velocidad de rotación.
- intensidad de corriente a la(s) tensión(es) de funcionamiento.
- intensidad de arranque.
- tensión(es) de funcionamiento.
- nombre del fabricante y modelo.

1.9 PUESTAS A TIERRA.

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo, mediante una toma de tierra con un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo.

Mediante la instalación de puesta a tierra se deberá conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

La elección e instalación de los materiales que aseguren la puesta a tierra deben ser tales que:

- El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación y se mantenga de esta manera a lo largo del tiempo.
- Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de sollicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
- La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
- Contemplan los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

1.9.1 UNIONES A TIERRA.

Tomas de tierra.

Para la toma de tierra se pueden utilizar electrodos formados por:

- barras, tubos;
- pletinas, conductores desnudos;
- placas;
- anillos o mallas metálicas constituidos por los elementos anteriores o sus combinaciones;
- armaduras de hormigón enterradas; con excepción de las armaduras pretensadas;
- otras estructuras enterradas que se demuestre que son apropiadas.

Los conductores de cobre utilizados como electrodos serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE 21.022.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,50 m.

Conductores de tierra.

La sección de los conductores de tierra, cuando estén enterrados, deberán estar de acuerdo con los valores indicados en la tabla siguiente. La sección no será inferior a la mínima exigida para los conductores de protección.

Durante la ejecución de las uniones entre conductores de tierra y electrodos de tierra debe extremarse el cuidado para que resulten eléctricamente correctas. Debe cuidarse, en especial, que las conexiones, no dañen ni a los conductores ni a los electrodos de tierra.

Bornes de puesta a tierra.

En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un borne principal de tierra, al cual deben unirse los conductores siguientes:

- Los conductores de tierra.
- Los conductores de protección.
- Los conductores de unión equipotencial principal.
- Los conductores de puesta a tierra funcional, si son necesarios.

Debe preverse sobre los conductores de tierra y en lugar accesible, un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de tierra correspondiente. Este dispositivo puede estar combinado con el borne principal de tierra, debe ser desmontable necesariamente por medio de un útil, tiene que ser mecánicamente seguro y debe asegurar la continuidad eléctrica.

Conductores de protección.

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación con el borne de tierra, con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

En todos los casos, los conductores de protección que no forman parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección, al menos de:

- 2,5 mm², si los conductores de protección disponen de una protección mecánica.
- 4 mm², si los conductores de protección no disponen de una protección mecánica.

Como conductores de protección pueden utilizarse:

- conductores en los cables multiconductores, o
- conductores aislados o desnudos que posean una envolvente común con los conductores activos, o
- conductores separados desnudos o aislados.

Ningún aparato deberá ser intercalado en el conductor de protección. Las masas de los equipos a unir con los conductores de protección no deben ser conectadas en serie en un circuito de protección.

1.10 INSPECCIONES Y PRUEBAS EN FÁBRICA.

La aparatamenta se someterá en fábrica a una serie de ensayos para comprobar que están libres de defectos mecánicos y eléctricos.

En particular se harán por lo menos las siguientes comprobaciones:

- Se medirá la resistencia de aislamiento con relación a tierra y entre conductores, que tendrá un valor de al menos 0,50 Mohm.
- Una prueba de rigidez dieléctrica, que se efectuará aplicando una tensión igual a dos veces la tensión nominal más 1.000 voltios, con un mínimo de 1.500 voltios, durante 1 minuto a la frecuencia nominal. Este ensayo se realizará estando los aparatos de interrupción cerrados y los cortocircuitos instalados como en servicio normal.
- Se inspeccionarán visualmente todos los aparatos y se comprobará el funcionamiento mecánico de todas las partes móviles.
- Se pondrá el cuadro de baja tensión y se comprobará que todos los relés actúan correctamente.
- Se calibrarán y ajustarán todas las protecciones de acuerdo con los valores suministrados por el fabricante.

Estas pruebas podrán realizarse, a petición de la DO, en presencia del técnico encargado por la misma.

Cuando se exijan los certificados de ensayo, la EIM enviará los protocolos de ensayo, debidamente certificados por el fabricante, a la DO.

1.11 CONTROL.

Se realizarán cuantos análisis, verificaciones, comprobaciones, ensayos, pruebas y experiencias con los materiales, elementos o partes de la instalación que se ordenen por el Técnico Director de la misma, siendo ejecutados en laboratorio que designe la dirección, con cargo a la contrata.

Antes de su empleo en la obra, montaje o instalación, todos los materiales a emplear, cuyas características técnicas, así como las de su puesta en obra, han quedado ya especificadas en apartados anteriores, serán reconocidos por el Técnico Director o persona en la que éste delegue, sin cuya aprobación no podrá procederse a su empleo. Los que por mala calidad, falta de protección o aislamiento u otros defectos no se estimen admisibles por aquél, deberán ser retirados inmediatamente.

Este reconocimiento previo de los materiales no constituirá su recepción definitiva, y el Técnico Director podrá retirar en cualquier momento aquellos que presenten algún defecto no apreciado anteriormente, aún a costa, si fuera preciso, de deshacer la instalación o montaje ejecutados con ellos. Por tanto, la responsabilidad del contratista en el cumplimiento de las especificaciones de los materiales no cesará mientras no sean recibidos definitivamente los trabajos en los que se hayan empleado.

1.12 SEGURIDAD.

En general, basándonos en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y las especificaciones de las normas NTE, se cumplirán, entre otras, las siguientes condiciones de seguridad:

- Siempre que se vaya a intervenir en una instalación eléctrica, tanto en la ejecución de la misma como en su mantenimiento, los trabajos se realizarán sin tensión, asegurándonos la inexistencia de ésta mediante los correspondientes aparatos de medición y comprobación.
- En el lugar de trabajo se encontrará siempre un mínimo de dos operarios.
- Se utilizarán guantes y herramientas aislantes.
- Cuando se usen aparatos o herramientas eléctricos, además de conectarlos a tierra cuando así lo precisen, estarán dotados de un grado de aislamiento II, o estarán alimentados con una tensión inferior a 50 V mediante transformadores de seguridad.

- Serán bloqueados en posición de apertura, si es posible, cada uno de los aparatos de protección, seccionamiento y maniobra, colocando en su mando un letrero con la prohibición de maniobrarlo.
- No se restablecerá el servicio al finalizar los trabajos antes de haber comprobado que no exista peligro alguno.
- En general, mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos a tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal o artículos inflamables; llevarán las herramientas o equipos en bolsas y utilizarán calzado aislante, al menos, sin herrajes ni clavos en las suelas.
- Se cumplirán asimismo todas las disposiciones generales de seguridad de obligado cumplimiento relativas a seguridad, higiene y salud en el trabajo, y las ordenanzas municipales que sean de aplicación.

1.13 LIMPIEZA.

Antes de la Recepción provisional, los cuadros se limpiarán de polvo, pintura, cascarillas y de cualquier material que pueda haberse acumulado durante el curso de la obra en su interior o al exterior.

1.14 MANTENIMIENTO.

Cuando sea necesario intervenir nuevamente en la instalación, bien sea por causa de averías o para efectuar modificaciones en la misma, deberán tenerse en cuenta todas las especificaciones reseñadas en los apartados de ejecución, control y seguridad, en la misma forma que si se tratara de una instalación nueva. Se aprovechará la ocasión para comprobar el estado general de la instalación, sustituyendo o reparando aquellos elementos que lo precisen, utilizando materiales de características similares a los reemplazados.

1.15 CRITERIOS DE MEDICIÓN.

Las unidades de obra serán medidas con arreglo a lo especificado en la normativa vigente, o bien, en el caso de que ésta no sea suficiente explícita, en la forma reseñada en el Pliego Particular de Condiciones que les sea de aplicación, o incluso tal como figuren dichas unidades en el Estado de Mediciones del Proyecto. A las unidades medidas se les aplicarán los precios que figuren en el Presupuesto, en los cuales se consideran incluidos todos los gastos de transporte, indemnizaciones y el importe de los derechos fiscales con los que se hallen gravados por las distintas Administraciones, además de los gastos generales de la contrata. Si hubiera necesidad de realizar alguna unidad de obra no comprendida en el Proyecto, se formalizará el correspondiente precio contradictorio.

Los cables, bandejas y tubos se medirán por unidad de longitud (metro), según tipo y dimensiones.

En la medición se entenderán incluidos todos los accesorios necesarios para el montaje (grapasp, terminales, bornes, prensaestopasp, cajas de derivación, etc), así como la mano de obra para el transporte en el interior de la obra, montaje y pruebas de recepción.

Los cuadros y receptores eléctricos se medirán por unidades montadas y conexas.

La conexión de los cables a los elementos receptores (cuadros, motores, resistencias, aparatos de control, etc) será efectuada por el suministrador del mismo elemento receptor.

Condiciones de la Instalación fotovoltaica

Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad.

Se deberá tener particular precaución en la protección de equipos y materiales que pueden estar expuestos a agentes exteriores especialmente agresivos producidos por procesos industriales cercanos.

Será rechazado cualquier módulo que presente defectos de fabricación, como roturas o manchas en cualquiera de sus elementos, así como falta de alineación en las células o burbujas en el encapsulante.

Para que un módulo resulte aceptable, su potencia máxima y corriente de c.c. reales, referidas a las condiciones estándar, deberán estar comprendidas en el margen del +- 10 % de los correspondientes valores nominales de catálogo.

1.16 CRITERIOS ECOLÓGICOS.

El producto llevará el marcado CE de acuerdo con las Directivas 73/23/EC; 93/68/EC y 89/336/CEE según sea aplicable, cumpliendo además los siguientes requisitos:

Crerios ecológicos

- Fomento del reciclado: Utilización preferente de vidrio y aluminio reciclados
- Control de gases especiales: Control adecuado de las emisiones de F, Cl y COV y de la manipulación de gases especiales.
- Compuestos halogenados: Prohibidos.
- Devolución del productos en componentes: Aceptación y tratamiento adecuado de los productos con Marca AENOR usados devueltos.
- Envase: Ley 11/1997.

Requisitos de aptitud para el empleo

- Mercado CE: Conforme.
- Norma UNE-EN 61215: Conforme.

1.17 INFORMACIÓN DE LAS HOJAS DE DATOS Y PLACAS DE CARACTERÍSTICAS.

1.17.1 INFORMACIÓN DE LA HOJA DE DATOS.

Certificados

Todos los certificados relevantes deberán listarse en la hoja de datos

Material constructivo

Descripción de los materiales utilizados en la construcción de los siguientes componentes:

- Tipo de célula.
- Marco.
- Cubierta frontal.

Funcionamiento eléctrico

Se indicarán los valores característicos siguientes en las STC (1000 W/m², 25 +2 °C, AM 1,5):

- Potencia eléctrica máxima (Pmax).
- Corriente de cortocircuito (Isc).
- Tensión en circuito abierto (Voc).
- Tensión en el punto de máxima potencia (Vmpp).

Características generales

Se especificará la información sobre la caja de conexiones, tal como dimensiones, grado de protección IP, técnica para el conexionado eléctrico (por ejemplo, mediante conector o mediante cableado):

- Dimensiones externas (longitud, anchura) del módulo fotovoltaico.
- Espesor total del módulo fotovoltaico.
- Peso.

Características térmicas

Se requiere el valor de la NOCT.

Se requieren los valores de los coeficientes de temperatura.

Valores característicos para la integración de sistemas

Se requieren:

- Tensión de circuito abierto de diseño, tensión máxima permisible en el sistema y clasificación de protección.
- Corriente inversa límite.

Clasificación de potencia y tolerancias de producción

Se precisarán las tolerancias de producción superior e inferior para una potencia máxima dada.

1.17.2 INFORMACIÓN DE LA PLACA DE CARACTERÍSTICAS.

- Nombre y símbolo de origen del fabricante o suministrador.
- Designación de tipo.
- Clasificación de protección.
- Máxima tensión permitida en el sistema.
- P_{max} +/- tolerancias de producción, I_{sc} , V_{oc} y V_{mpp} (todos los valores en las STC).

1.18 SUBSISTEMAS, COMPONENTES E INTERFACES DE LOS SISTEMAS FV DE GENERACIÓN.

1.18.1 CONTROL PRINCIPAL Y MONITORIZACIÓN (CPM).

Este subsistema supervisa la operación global del sistema de generación FV y la interacción entre todos los subsistemas. También podrá interactuar con las cargas.

El CPM debería asegurar la operación del sistema en modo automático o manual.

La función de monitorización del subsistema CPM puede incluir detección y adquisición de señales de datos, procesamiento, registro, transmisión y presentación de datos del sistema según se demande. Esta función puede monitorizar:

- Campo fotovoltaico (FV).
- Acondicionador cc.
- Interfaz de carga cc/cc.
- Subsistema de almacenamiento.
- Interfaz ca/ca.
- Carga.
- Inversor.
- Fuentes auxiliares, etc.
- Interfaz a la red.
- Condiciones ambientales.

Las funciones del subsistema de control pueden incluir, pero no están limitadas a:

- Control de almacenamiento.
- Seguimiento solar.
- Arranque del sistema.
- Control de transmisión de potencia cc.
- Arranque y control del inversor de carga (ca).
- Seguridad.
- Protección contra incendios.
- Arranque y control de fuentes auxiliares.
- Control de la interfaz a la red.
- Arranque y control de funciones de apoyo.

En cualquier diseño particular de sistemas de generación FV, alguno de los subsistemas mostrados podría estar ausente y alguno de los componentes de un subsistema podría estar presente de una o varias formas.

1.18.2 SUBSISTEMA FOTOVOLTAICO (FV).

Consiste en un conjunto de componentes integrados mecánica y eléctricamente que forman una unidad que puede producir potencia en corriente continua (cc) directamente, a partir de la radiación solar.

El subsistema FV puede incluir, pero no está limitado a:

- Módulos.
- Subcampos de módulos.
- Campos fotovoltaicos.
- Interconexiones eléctricas.
- Cimentación.
- Estructuras soporte.
- Dispositivos de protección.
- Puesta a tierra.

1.18.3 ACONDICIONADOR CORRIENTE CONTINUA (CC).

El acondicionador cc suministra protección para los componentes eléctricos de cc y convierte la tensión del subsistema FV en una instalación de cc utilizable. Generalmente incluye todas las funciones auxiliares (tales como fuentes internas de alimentación, amplificadores de error, dispositivos de autoprotección, etc) requeridas para su correcta operación.

El acondicionador cc puede estar formado por uno o más, pero no únicamente, de los elementos siguientes:

- Fusible.
- Interruptor.
- Diodo de bloqueo.
- Equipo de protección (unidad de carga, aislamiento).
- Regulador de tensión.
- Seguidor del punto de máxima potencia.

Deberán especificarse los siguientes parámetros:

- Condiciones de entrada.
 - Tensión e intensidad nominales.
 - Rangos de tensión e intensidad.
 - Variaciones dinámicas.
- Condiciones de salida.
 - Tensión e intensidad.
 - Tolerancia en la tensión de salida.
 - Limitación de intensidad.
 - Características de las cargas.

Otras consideraciones:

- Rendimiento del acondicionador cc.
- Interacción con el control principal.
- Condiciones ambientales.
- Características mecánicas generales.
- Requisitos de seguridad.
- Interferencias de radiofrecuencia.
- Instrumentación.
- Nivel de ruido acústico.

1.18.4 INTERFAZ CC/CC.

Incluye las funciones necesarias para adaptar la tensión cc del sistema FV de generación a la carga cc. También puede conectarse a una fuente de potencia auxiliar cc.

La interfaz cc/cc puede incluir, sin excluir otros elementos, uno o más de los siguientes componentes:

- Interruptores automáticos y fusibles.
- Convertidor de tensión cc/cc.
- Conexión de fuente ca auxiliar de potencia.
- Dispositivos de filtrado.
- Dispositivos de protección tales como:
 - o Puesta a tierra.
 - o Protección contra rayos.
 - o Regulador de tensión.
 - o Aislamiento eléctrico entrada-salida.

Deberán especificarse los siguientes parámetros:

- Condiciones de entrada.
 - Tensión e intensidad nominales.
 - Rangos de tensión e intensidad.
 - Variaciones dinámicas.
- Condiciones de salida.
 - Tensión e intensidad.
 - Tolerancia en la tensión de salida.
 - Limitación de intensidad.
 - Características de las cargas.
- Rendimiento de la interfaz. Otras consideraciones:
 - Interacción con el control principal.
 - Condiciones ambientales.
 - Características mecánicas generales.
 - Requisitos de seguridad.
 - Interferencias de radiofrecuencia.
 - Instrumentación.
 - Nivel de ruido acústico.

1.18.5 INVERSOR.

El inversor convierte el acondicionador cc y/o salida de la batería de almacenamiento en potencia útil de ca (corriente alterna). Puede incluir control de tensión, fuentes de alimentación internas, amplificadores de error, dispositivos de autoprotección, etc.

Equipo de protección:

- Protección de la unidad.
- Protección de la carga.
- Aislamiento entre entrada y salida.
- Protecciones de sobretensión y sobreintensidad.

El inversor puede controlar uno o más, pero no está limitado a, los parámetros siguientes:

- Frecuencia.
- Nivel de tensión.
- Encendido y apagado.
- Sincronización.
- Potencia reactiva.
- Forma de la onda de salida.

Aunque el inversor puede especificarse y ensayarse independientemente del sistema de generación FV, las características técnicas dependen de los requisitos del sistema en el que se instale la unidad. Por ejemplo, los parámetros pueden ser distintos en un sistema autónomo y un sistema conectado a red.

Deberán especificarse los siguientes parámetros:

- Condiciones de entrada.
 - Tensión e intensidad nominales.
 - Rangos de tensión e intensidad.
 - Variaciones dinámicas de tensión de entrada.
- Condiciones de salida.
 - Número de fases.
 - Tensión e intensidad.
 - Distorsión armónica y frecuencia de salida.
 - Tolerancias de tensión y de frecuencia.
 - Limitación de intensidad.
 - Características de las cargas.
 - Factor de potencia.
- Rendimiento del inversor. Otras consideraciones:
 - Pérdidas sin carga.
 - Interacción con el control principal.
 - Condiciones ambientales.
 - Condiciones mecánicas generales.
 - Condiciones de seguridad.
 - Interferencias de radiofrecuencia.
 - Instrumentación.
 - Generación de ruido acústico.

1.18.6 INTERFAZ CA/CA.

Incluye las funciones necesarias para convertir la tensión ca del sistema de generación FV a una carga ca. También puede conectarse a una fuente auxiliar de ca.

Un subsistema ca/ca puede incluir uno o más (entre otros) de los elementos siguientes:

- Interruptores automáticos y fusibles.
- Convertidor de tensión ca/ca.
- Conexión de fuente ca auxiliar.
- Dispositivos de filtrado.
- Dispositivos de protección tales como:
 - o Puesta a tierra.
 - o Dispositivo de protección contra el rayo (pararrayos).
 - o Reguladores.
 - o Seguridad.
 - o Aislamiento entre entrada y salida.

Deberán especificarse los siguientes parámetros:

- Condiciones de entrada.
 - Número de fases.
 - Tensión (es) e intensidad (es) nominal (es).
 - Rangos de tensión e intensidad.
 - Frecuencia.
 - Rango de frecuencia.
 - Factor de potencia.
 - Variaciones dinámicas.
- Condiciones de salida.
 - Número de fases.
 - Rangos de tensión e intensidad.
 - Frecuencia y distorsión armónica.
 - Tolerancia de tensión y frecuencia.
 - Limitación de intensidad.
 - Características de las cargas.
 - Factor de potencia.
 - Equilibrio de fases.

Otras consideraciones:

- Interacción con el control principal.
- Condiciones ambientales.
- Características mecánicas generales.
- Requisitos de seguridad.
- Rendimiento de la interfaz.

- Interferencias de radiofrecuencia.
- Instrumentación.

1.18.7 INTERFAZ A LA RED.

Conecta eléctricamente la salida del inversor cc/ca y la red de distribución eléctrica. Posibilita al sistema de generación FV operar en paralelo con la red para así entregar o recibir energía eléctrica a o desde la red.

La interfaz a la red puede consistir, entre otros, de los elementos siguientes:

- Interruptores automáticos y fusibles.
- Convertidores de tensión ca/ca.
- Dispositivos de filtrado.
- Dispositivos de protección tales como:
 - o Puesta a tierra.
 - o Pararrayos.
 - o Reguladores de tensión.
 - o Relés.
 - o Transformador de aislamiento.
- Sistemas de acoplo y desacoplo. Deberán especificarse los siguientes parámetros:
 - Condiciones de entrada.
 - Número de fases.
 - Intensidad (es) y tensión (es) nominal (es).
 - Rangos de tensión e intensidad.
 - Frecuencia.
 - Rango de frecuencia.
 - Factor de potencia.
 - Variaciones dinámicas.
 - Condiciones de salida.
 - Número de fases.
 - Rangos de tensión e intensidad.
 - Frecuencia y distorsión armónica.
 - Tolerancia de tensión y frecuencia.
 - Limitación de intensidad.
 - Características de las cargas.
 - Factor de potencia.
 - Equilibrio de fases.
- Otras consideraciones:
 - Interacción con el control principal.
 - Condiciones ambientales.
 - Características mecánicas generales.
 - Requisitos de seguridad.

- Rendimiento de la interfaz.
- Interferencias de radiofrecuencia.
- Instrumentación.

1.19 ENSAYOS EN MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.

1.19.1 ENSAYO ULTRAVIOLETA.

El ensayo mediante el cual se determina la resistencia del módulo cuando se expone a radiación ultravioleta (UV) se realizará según UNE-EN 61435:1999.

Ese ensayo será útil para evaluar la resistencia a la radiación UV de materiales tales como polímeros y capas protectoras.

El objeto de este ensayo es determinar la capacidad del módulo de resistir la exposición a la radiación ultravioleta (UV) entre 280 mm y 400 mm. Antes de realizar este ensayo se realizará el ensayo de envejecimiento por luz u otro ensayo de pre-acondicionamiento conforme a CEI 61215 o CEI 61646.

1.19.2 ENSAYO DE CORROSIÓN POR NIEBLA SALINA.

El ensayo mediante el cual se determina la resistencia del módulo FV a la corrosión por niebla salina se realizará según UNE-EN 61701:2000.

Este ensayo será útil para evaluar la compatibilidad de materiales, y la calidad y uniformidad de los recubrimientos protectores.

1.19.3 RESISTENCIA DE ENSAYO AL IMPACTO.

La susceptibilidad de un módulo a sufrir daños por un impacto accidental se realizará según UNE-EN 61721:2000.

Montaje de la Instalación fotovoltaica

1.20 ESTUDIO Y PLANIFICACIÓN PREVIA.

Para llevar a cabo un buen montaje será necesario subdividir esta fase en tres etapas principales:

- Diseño.
- Planificación.
- Realización.

El diseño del montaje es una tarea que deberá abordarse en la propia fase de diseño general de la instalación, no limitándose ésta al cálculo y dimensionado. En esta etapa deberá quedar completamente definido el conjunto de la instalación, contando siempre con el usuario o propietario de la misma, ya que será entonces cuando deberá tener lugar el planteamiento, el debate y toma de decisiones sobre aspectos prácticos como el control, la monitorización y el mantenimiento, los requisitos estéticos, el impacto visual, los riesgos de robo y actos vandálicos, etc.

Se realizará una instalación, en la medida de lo posible, integrada arquitectónicamente con el entorno.

Se tomarán las debidas precauciones y medidas de seguridad con el fin de evitar los actos vandálicos y el robo de los diferentes elementos de la instalación, en especial del sistema de generación. Si no resulta posible ubicar los paneles en lugares inaccesibles o de muy difícil acceso, a veces no quedará más remedio que diseñar el montaje de los mismos de forma que sea prácticamente imposible desmontarlos sin romperlos y, por lo tanto, hacerlos inservibles.

Entre las posibles medidas extremas que se podrán tomar, pueden citarse:

- Rodear los paneles con un marco o perfil angular de acero.
- Pegar los módulos al marco o perfiles de la estructura con una soldadura química (fría).
- Elevar artificialmente la altura de la estructura soporte.
- Efectuar soldaduras en puntos "estratégicos" como, por ejemplo, alrededor de las tuercas de sujeción, haciendo imposible su manipulación con herramientas comunes.

En cualquier caso, el recinto ocupado por la instalación fotovoltaica, cuando ésta no quede integrada en una edificación o dentro de los límites de una propiedad con acceso restringido, deberá delimitarse por barreras físicas que aunque no puedan evitar la presencia de personas ajenas, sí la dificulten, y sirvan para demarcar los límites de la propiedad privada (además de los de seguridad).

En cuanto a la planificación del montaje, el propósito principal de esta etapa será minimizar los posibles imprevistos que puedan surgir y asegurar, en la medida de lo posible, el cumplimiento de plazos y presupuestos.

Será muy recomendable definir de antemano el momento, la secuencia y los tiempos previstos de operaciones, la gestión del personal montador, la gestión del material y de los recursos.

El instalador deberá considerar durante la planificación cómo y qué medida afectará el montaje de la instalación fotovoltaica a las personas ajenas a la misma, a su trabajo y a sus actividades. En este sentido, se deberá informar con la suficiente antelación sobre las operaciones que conlleven cortes de luz, ruido, polvo, obstrucción y/o ocupación de vías de paso (acceso de vehículos, pasillos, etc), utilización de espacios (habitaciones, despachos, etc), necesidad de presencia del propietario, etc.

Por último, la etapa de realización requerirá la utilización de planos, esquemas, manuales de instalación, instrucciones, etc, que especifiquen y faciliten las tareas de montaje. El objetivo de ello será doble: llevar a cabo las operaciones de forma correcta y eficiente, y evitar disconformidades por parte del propietario.

1.21 LA ESTRUCTURA SOPORTE.

Aunque en determinadas ocasiones es posible el montaje de paneles fotovoltaicos aprovechando un elemento arquitectónico existente, o incluso sustituyéndolo, en la generalidad de los casos dicha estructura se hará indispensable, ya que cumple un triple cometido:

- Actuar de armazón para conferir rigidez al conjunto de módulos, configurando la disposición y geometría del panel que sean adecuados en cada caso.
- Asegurar la correcta inclinación y orientación de los paneles, que serán en general distintas según el tipo de aplicación y la localización geográfica.
- Servir de elemento intermedio para la unión de los paneles y el suelo o elemento constructivo (tejado, pared, etc), que deberá soportar el peso y las fuerzas transmitidas por aquéllos, asegurando un anclaje firme y una estabilidad perfecta y permanente.

La estructura soporte de los paneles será un elemento auxiliar, por lo general metálico (acero galvanizado, aluminio o acero inoxidable). Se considerarán en todo caso las exigencias constructivas y estructurales del CTE, con el fin de garantizar la seguridad de la instalación.

Además del peso de los módulos y de la propia estructura, ésta se verá sometida a la sobrecarga producida por el viento, el cual producirá sobre los paneles una presión dinámica que puede ser muy grande. De ahí la importancia de asegurar perfectamente la robustez, no solamente de la propia estructura, sino también y muy especialmente, del anclaje de la misma.

Además de las fuerzas producidas por el viento, habrá que considerar otras posibles cargas como la de la nieve sobre los paneles.

En base a conseguir una minimización de los costes de instalación sin pérdida de calidad, en el diseño de las estructuras se debería tender a:

- Desarrollar kits de montaje universales.
- Minimizar el número total de piezas necesarias.
- Prever un sistema de ensamblaje sencillo para reducir los costes de mano de obra.
- Utilizar, en lo posible, partes pre-ensambladas en taller o fábrica.

- Asegurar la máxima protección a los paneles contra el robo o vandalismo.

Preferentemente se realizarán estructuras de acero galvanizado, debiendo poseer un espesor de galvanizado de 120 micras o más, recomendándose incluso 200 micras. Dicho proceso de galvanizado en caliente consistirá en la inmersión de todos los perfiles y piezas que componen la estructura en un baño de zinc fundido. De esta forma, el zinc recubrirá perfectamente todas las hendiduras, bordes, ángulos, soldaduras, etc, penetrando en los pequeños resquicios y orificios del material que, en caso de usar otro método de recubrimiento superficial, quedarían desprotegidos y se convertirían en focos de corrosión.

Toda la tornillería utilizada será de acero inoxidable. Adicionalmente, y para prever los posibles efectos de los pares galvánicos entre paneles y estructura, sobre todo en ambientes fuertemente salinos, conviene instalar unos inhibidores de corrosión galvánica, para evitar la corrosión por par galvánico.

En el diseño de la estructura se deberá tener en cuenta la posibilidad de dilataciones y constricciones, evitando utilizar perfiles de excesiva longitud o interpuestos de forma que dificulten la libre dilatación, a fin de no crear tensiones mecánicas superficiales.

1.21.1 MONTAJE SOBRE CUBIERTA.

Tanto la propia cubierta, bien sea ésta plana o inclinada, como el edificio o construcción al cual pertenezca deberán soportar sin problemas las sobrecargas que produzca la estructura de paneles.

Para el caso de cubiertas planas, y si la resistencia de la misma lo permite, una técnica apropiada será el anclaje de la estructura sobre una losa de hormigón con un peso suficiente para hacer frente a vientos fuertes (todo ello según CTE). La losa podrá, simplemente, descansar sobre la cubierta, sin necesidad de anclaje con la misma.

La segunda alternativa conlleva la perforación de la cubierta y el anclaje de las barras o perfiles metálicos de sustentación de la estructura a las vigas bajo cubierta. Particular cuidado habrá de ponerse en el sellado e impermeabilización de las zonas por donde se hayan efectuado los taladros.

1.22 ENSAMBLADO DE LOS MÓDULOS.

Este apartado comprenderá las tareas de ubicación del campo fotovoltaico, conexionado y ensamblado de los módulos, e izado y fijación de los paneles a la estructura.

1.22.1 UBICACIÓN DEL CAMPO FOTOVOLTAICO.

A la hora de ubicar el campo fotovoltaico se tendrán en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Elegir un día soleado para la evaluación del emplazamiento.
- En el análisis de la orientación del campo fotovoltaico, manejar una buena brújula (profesional), situarse en un lugar al aire libre y no apoyarla sobre ningún objeto que pueda alterar la indicación de la misma.
- La brújula servirá para precisar, no para determinar. El deberá tener sentido de la orientación, lo que no resultará complicado en un día soleado y conociendo la hora.
- Una vez conocidas las dimensiones de la estructura, será conveniente delimitar y señalar el perímetro de la misma, lo que facilitará su posterior montaje. Si la estructura se va a colocar próxima a un lugar accesible o susceptible de alguna modificación, será conveniente informar al propietario sobre el espacio que deberá quedar libre de obstáculos que puedan proyectar sombras sobre los paneles.
- Generalmente habrá más de una ubicación posible y adecuada. En estos casos deberá considerarse los aspectos ya mencionados de integración, accesibilidad, etc.

1.22.2 CONEXIONADO Y ENSAMBLADO DE LOS MÓDULOS.

Los módulos fotovoltaicos dispondrán de una o dos cajas de conexiones, donde estarán accesibles los terminales positivo y negativo. Estas cajas dispondrán de unos orificios diseñados para admitir tanto prensaestopas (prensacables), como tubo protector para cables. Se podrán utilizar kits de conexión, compuestos de tubo no metálico flexible con prensaestopas en ambos extremos y ya listos para adaptarse a las cajas de conexión de sus módulos.

Los prensaestopas tendrán doble finalidad, por un lado asegurar que se mantiene la estanquidad en el orificio de la caja, y por otro servir como sujeción del cable, evitando así que cualquier posible esfuerzo se transmita directamente sobre las conexiones del interior. En el caso de utilizar tubo protector, este segundo aspecto quedará asegurado.

Los prensaestopas serán adecuados para la sección del cable a utilizar.

Aunque las cajas de conexiones tengan el grado de protección adecuado (aptas para la intemperie), será una buena práctica sellar todas las juntas y orificios con algún tipo de cinta, o sustancia especial para esta función.

Cuando exista una configuración serie-paralelo de cierta complejidad, el montaje de los módulos requerirá el manejo de un plano o esquema donde se refleje dicha configuración, con el fin de no cometer errores y facilitar la tarea de interconexión.

La secuencia de operaciones a seguir durante el montaje de los módulos dependerá en gran medida de las características de la estructura soporte. Cuando se permite con facilidad el acceso a la parte trasera de los módulos, el conexionado de los mismos podrá realizarse una vez fijados éstos a la estructura. En caso contrario, el conexionado será previo a su fijación en la estructura.

Durante el conexionado de los módulos deberá tenerse en cuenta la presencia de tensión en sus terminales cuando incide la radiación solar sobre ellos, por lo tanto, durante su manipulación, se recomienda cubrir completamente los módulos con un material opaco.

1.22.3 IZADO Y FIJACIÓN DE LOS PANELES A LA ESTRUCTURA.

Si no es posible colocar la estructura en su posición definitiva habiendo montado ya previamente en aquella los paneles, éstos se agruparán para ser izados (generalmente mediante medios mecánicos), hasta el lugar donde vayan a ser instalados.

Esta operación puede ser delicada, tanto para los paneles como para las personas, por ello convendrá proteger los paneles para evitar golpes accidentales durante las maniobras y adoptar las medidas de seguridad personal adecuadas.

Para la fijación de los módulos a la estructura, o al bastidor que conforma el panel, se utilizarán únicamente los taladros que ya existan de fábrica en el marco de los mismos. Nunca se deberán hacer nuevos taladros en dicho marco, pues se correría el riesgo de dañar el módulo y el orificio practicado carecería del tratamiento superficial al que el fabricante ha sometido el marco. Si son necesarios, los taladros se efectuarán en una pieza adicional que se interpondrá entre los módulos y el cuerpo principal de la estructura. Toda la tornillería será de acero inoxidable, observando siempre las indicaciones facilitadas por el fabricante.

1.23 INSTALACIÓN DE LA TOMA DE TIERRA Y PROTECCIONES.

Según UNE-EN 61173:1998 se podrán adoptar cualesquiera de los tres métodos siguientes:

- Puesta a tierra común de todos los equipos de la instalación fotovoltaica (cercos metálicos, cajas, soportes y cubiertas de los equipos, etc).

- Puesta a tierra común de todos los equipos de la instalación fotovoltaica (cercos metálicos, cajas, soportes y cubiertas de los equipos, etc) y del sistema. La puesta a tierra del sistema se consigue conectando un conductor eléctrico en tensión a la tierra del equipo, y puede ser importante porque puede servir para estabilizar la tensión del sistema respecto a tierra durante la operación normal del sistema; también puede mejorar la operación de los dispositivos de protección contra sobrecorrientes en caso de fallo.
- Punto central del sistema y equipos electrónicos conectados a una tierra común.

Si se utiliza el sistema de puesta a tierra, uno de los conductores del sistema bifásico o el neutro en un sistema trifásico deberá sólidamente conectado a tierra de acuerdo a lo siguiente:

- La conexión a tierra del circuito de corriente continua puede hacerse en un punto único cualquiera del circuito de salida del campo FV. Sin embargo, un punto de conexión a tierra tan cerca como sea posible de los módulos FV y antes que cualquier otro elemento, tal como interruptores, fusibles y diodos de protección, protegerá mejor el sistema contra las sobretensiones producidas por rayos.

- La tierra de los sistemas o de los equipos no debería ser interrumpida cuando se desmonte un módulo del campo.
- Es conveniente utilizar el mismo electrodo de tierra para la puesta a tierra del circuito de CC y la puesta a tierra de los equipos. Dos o más electrodos conectados entre sí serán considerados como un único electrodo para este fin. Además, es conveniente que esta puesta a tierra sea conectada al neutro de la red principal, si existe. Todas las tierras de los sistemas de CC y CA deberían ser comunes.

Caso de no utilizar un sistema de puesta a tierra para reducir las sobretensiones, se deberá emplear cualesquiera de los siguientes métodos (según UNE-EN 61173:1998):

- Métodos equipotenciales (cableado).
- Blindaje.
- Interceptación de las ondas de choque.
- Dispositivos de protección.

1.24 MONTAJE DEL RESTO DE COMPONENTES.

Para el montaje de los componentes específicos como reguladores, inversores, etc, se deberán seguir las instrucciones del fabricante.

Respecto al tendido de líneas, a veces será preciso sacrificar la elección del camino o recorrido ideal del cableado para salvar dificultades u obstáculos que supondrían un riesgo o encarecimiento de la mano de obra de la instalación. Se recomienda el uso de un lubricante en gel para el tendido de cables bajo tubo.

Se deberán identificar adecuadamente todos los elementos de desconexión de la instalación, así como utilizar uniformemente el color de los cables de igual polaridad (incluidos los del campo fotovoltaico). El color rojo se suele reservar para el polo positivo y el negro para el polo negativo.

Mantenimiento de la Instalación fotovoltaica

1.25 GENERALIDADES.

Se realizará un contrato de mantenimiento (preventivo y correctivo), al menos de tres años.

El mantenimiento preventivo implicará, como mínimo, una revisión anual.

El contrato de mantenimiento de la instalación incluirá las labores de mantenimiento de todos los elementos de la instalación aconsejados por los fabricantes.

1.26 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.

Se realizarán dos escalones de actuación para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida útil de la instalación para asegurar el funcionamiento, aumentar la producción y prolongar la duración de la misma:

- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento correctivo.

El plan de mantenimiento preventivo engloba las operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otras, que aplicadas a la instalación deberán permitir mantener, dentro de límites aceptables, las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación.

El plan de mantenimiento correctivo engloba todas las operaciones de sustitución necesarias para asegurar que el sistema funcione correctamente durante su vida útil. Incluirá:

- La visita a la instalación en los plazos siguientes:
- Aislada de red: 48 horas si la instalación no funciona o de una semana si el fallo no afecta al funcionamiento.
- Conectada a red: 1 semana ante cualquier incidencia y resolución de la avería en un plazo máximo de 15 días.

- El análisis y presupuestación de los trabajos y reposiciones necesarias para el correcto funcionamiento de la misma.
- Los costes económicos del mantenimiento correctivo, con el alcance indicado, forman parte del precio anual del contrato de mantenimiento. Podrán no estar incluidas ni la mano de obra, ni las reposiciones de equipos necesarias más allá del período de garantía.

El mantenimiento deberá realizarse por personal técnico cualificado bajo la responsabilidad de la empresa instaladora.

En instalaciones aisladas de red, el mantenimiento preventivo de la instalación incluirá una visita anual en la que se realizarán, como mínimo, las siguientes actividades:

- Verificación del funcionamiento de todos los componentes y equipos.
- Revisión del cableado, conexiones, pletinas, terminales, etc.
- Comprobación del estado de los módulos. situación respecto al proyecto original, limpieza y presencia de daños que afecten a la seguridad y protecciones.
- Estructura soporte: revisión de daños en la estructura, deterioro por agentes ambientales, oxidación, etc.
- Baterías: nivel del electrolito, limpieza y engrasado de terminales, etc.
- Regulador de carga: caídas de tensión entre terminales, funcionamiento de indicadores, etc.
- Inversores: estado de indicadores y alarmas.
- Caídas de tensión en el cableado de continua.
- Verificación de los elementos de seguridad y protecciones: tomas de tierra, actuación de interruptores de seguridad, fusibles, etc.

En instalaciones con monitorización la empresa instaladora de la misma realizará una revisión cada seis meses, comprobando la calibración y limpieza de los medidores, funcionamiento y calibración del sistema de adquisición de datos, almacenamiento de los datos, etc.

En instalaciones conectadas a red, el mantenimiento preventivo de la instalación incluirá una visita anual en instalaciones de potencia inferior a 5 kWp y semestral para el resto, en la que se realizarán, como mínimo, las siguientes actividades:

- Comprobación de las protecciones eléctricas.
- Comprobación del estado de los módulos. situación respecto al proyecto original y verificación de los estados de las conexiones.
- Comprobación del estado del inversor: funcionamiento, lámparas de señalizaciones, alarmas, etc.

- Comprobación del estado mecánico de cables y terminales (incluyendo cables de tomas de tierra y reapriete de bornas), pletinas, transformadores, ventiladores/extractores, uniones, reaprietes, limpieza.
- Realización de un informe técnico de cada una de las visitas en el que se refleje el estado de las instalaciones y las incidencias acaecidas.

En ambos casos, se registrarán las operaciones de mantenimiento realizadas en un libro de mantenimiento, en el que constará la identificación del personal de mantenimiento (nombre, titulación y autorización de la empresa).

**ANEXO III. ESTUDIO
BÁSICO DE
SEGURIDAD Y
SALUD.**

ÍNDICE ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

1.1	PREVENCIÓN DE RIESGOS GENERALES. GENERALIDADES.....	59
1.1.1	Introducción.....	59
1.1.2	Derechos y obligaciones.....	59
1.1.2.1	Derecho a la protección frente a los riesgos laborales.....	59
1.1.2.2	Principios de la acción preventiva.....	60
1.1.2.3	Evaluación de los riesgos	60
1.1.2.4	Equipos de trabajo y medios de protección	62
1.1.2.5	Información, consulta y participación de los trabajadores...	62
1.1.2.6	Formación de los trabajadores	62
1.1.2.7	Medidas de emergencia	63
1.1.2.8	Riesgo grave e inminente	63
1.1.2.9	Vigilancia de la salud	63
1.1.2.10	Documentación.....	63
1.1.2.11	Coordinación de actividades empresariales	64
1.1.2.12	Protección de trabajadores especialmente sensibles a determinados riesgos	64
1.1.2.13	Protección de la maternidad	64
1.1.2.14	Protección de los menores	64
1.1.2.15	Relaciones de trabajo temporales, de duración determinada y en empresas de trabajo temporal.	64
1.1.2.16	Obligaciones de los trabajadores en materia de prevención de riesgos	65
1.1.3	Servicios de prevención	65
1.1.3.1	Protección y prevención de riesgos profesionales	65
1.1.3.2	Servicios de prevención	66
1.1.4	Consulta y participación de los trabajadores	66
1.1.4.1	Consulta de los trabajadores	66
1.1.4.2	Delegados de prevención	67
1.2	DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LOS LUAGRES DE TRABAJO.....	67
1.2.1	Introducción.....	67

1.2.2	Obligaciones del empresario	68
1.2.3	Condiciones constructivas	68
1.2.4	Orden, limpieza y mantenimiento. Señalización.....	70
1.2.5	Condiciones ambientales	70
1.2.6	Iluminación	71
1.2.7	Servicios higiénicos y locales de descanso	71
1.2.8	Material y locales de primeros auxilios	72
1.3	DISPOSICIONES MÍNIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACIÓN EN EL TRABAJO.....	72
1.3.1	Introducción.....	72
1.3.2	Obligaciones generales del empresario	73
1.4	DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACIÓN DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO	74
1.4.1	Introducción.....	74
1.4.2	Obligación general del empresario	74
1.4.2.1	Disposiciones mínimas generales aplicables a los equipos de trabajo	75
1.4.2.2	Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo móviles.....	76
1.4.2.3	Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo para elevación de cargas	77
1.4.2.4	Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo para movimientos de tierras y maquinaria pesada en general	77
1.4.2.5	Disposiciones mínimas adicionales aplicables a la maquinaria herramienta	79
1.5	DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA UTILIZACIÓN DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL.....	80
1.5.1	Introducción.....	80
1.5.2	Obligaciones generales del empresario	80
1.5.2.1	Protectores de la cabeza	81
1.5.2.2	Protectores de manos y brazos.....	81
1.5.2.3	Protectores de pies y piernas	81
1.5.2.4	Protectores del cuerpo.....	81

1.27 PREVENCIÓN DE RIESGOS GENERALES. GENERALIDADES.

1.27.1 Introducción

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales tiene por objeto la determinación del cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

Como ley establece un marco legal a partir del cual las normas reglamentarias irán fijando y concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas.

Estas normas complementarias quedan resumidas a continuación:

- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

1.27.2 Derechos y obligaciones

1.27.2.1 *Derecho a la protección frente a los riesgos laborales*

Los trabajadores tienen derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo.

A este efecto, el empresario realizará la prevención de los riesgos laborales mediante la adopción de cuantas medidas sean necesarias para la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, con las especialidades que se recogen en los artículos siguientes en materia de evaluación de riesgos, información, consulta, participación y formación de los trabajadores, actuación en casos de emergencia y de riesgo grave e inminente y vigilancia de la salud.

1.27.2.2 Principios de la acción preventiva

El empresario aplicará las medidas preventivas pertinentes, con arreglo a los siguientes principios generales:

- Evitar los riesgos.
- Evaluar los riesgos que no se pueden evitar.
- Combatir los riesgos en su origen.
- Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.
- Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.
- Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.
- Adoptar las medidas necesarias a fin de garantizar que sólo los trabajadores que hayan recibido información suficiente y adecuada puedan acceder a las zonas de riesgo grave y específico.
- Prever las distracciones o imprudencias no temerarias que pudiera cometer el trabajador.

1.27.2.3 Evaluación de los riesgos

La acción preventiva en la empresa se planificará por el empresario a partir de una evaluación inicial de los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores, que se realizará, con carácter general, teniendo en cuenta la naturaleza de la actividad, y en relación con aquellos que estén expuestos a riesgos especiales. Igual evaluación deberá hacerse con ocasión de la elección de los equipos de trabajo, de las sustancias o preparados químicos y del acondicionamiento de los lugares de trabajo.

De alguna manera se podrían clasificar las causas de los riesgos en las categorías siguientes:

- Insuficiente calificación profesional del personal dirigente, jefes de equipo y obreros.
- Empleo de maquinaria y equipos en trabajos que no corresponden a la finalidad para la que fueron concebidos o a sus posibilidades.
- Negligencia en el manejo y conservación de las máquinas e instalaciones. Control deficiente en la explotación.
- Insuficiente instrucción del personal en materia de seguridad.

Referente a las máquinas herramienta, los riesgos que pueden surgir al manejarlas se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Se puede producir un accidente o deterioro de una máquina si se pone en marcha sin conocer su modo de funcionamiento.
- La lubricación deficiente conduce a un desgaste prematuro por lo que los puntos de engrase manual deben ser engrasados regularmente.
- Puede haber ciertos riesgos si alguna palanca de la máquina no está en su posición correcta.
- El resultado de un trabajo puede ser poco exacto si las guías de las máquinas se desgastan, y por ello hay que protegerlas contra la introducción de virutas.
- Puede haber riesgos mecánicos que se deriven fundamentalmente de los diversos movimientos que realicen las distintas partes de una máquina y que pueden provocar que el operario:
 - Entre en contacto con alguna parte de la máquina o ser atrapado entre ella y cualquier estructura fijo o material.
 - Sea golpeado o arrastrado por cualquier parte en movimiento de la máquina.
 - Ser golpeado por elementos de la máquina que resulten proyectados.
 - Ser golpeado por otros materiales proyectados por la máquina.
 - Puede haber riesgos no mecánicos tales como los derivados de la utilización de energía eléctrica, productos químicos, generación de ruido, vibraciones, radiaciones, etc.

Los movimientos peligrosos de las máquinas se clasifican en cuatro grupos:

- Movimientos de rotación. Son aquellos movimientos sobre un eje con independencia de la inclinación del mismo y aun cuando giren lentamente. Se clasifican en los siguientes grupos:
 - Elementos considerados aisladamente tales como árboles de transmisión, vástagos, brocas, acoplamientos.
 - Puntos de atrapamiento entre engranajes y ejes girando y otras fijas o dotadas de desplazamiento lateral a ellas.
- Movimientos alternativos y de traslación. El punto peligroso se sitúa en el lugar donde la pieza dotada de este tipo de movimiento se aproxima a otra pieza fija o móvil y la sobrepasa.
- Movimientos de traslación y rotación. Las conexiones de bielas y vástagos con ruedas y volantes son algunos de los mecanismos que generalmente están dotados de este tipo de movimientos.

- Movimientos de oscilación. Las piezas dotadas de movimientos de oscilación pendular generan puntos de “tijera “entre ellas y otras piezas fijas.

Las actividades de prevención deberán ser modificadas cuando se aprecie por el empresario, como consecuencia de los controles periódicos previstos en el apartado anterior, su inadecuación a los fines de protección requeridos.

1.27.2.4 Equipos de trabajo y medios de protección

Cuando la utilización de un equipo de trabajo pueda presentar un riesgo específico para la seguridad y la salud de los trabajadores, el empresario adoptará las medidas necesarias con el fin de que:

- La utilización del equipo de trabajo quede reservada a los encargados de dicha utilización.
- Los trabajos de reparación, transformación, mantenimiento o conservación sean realizados por los trabajadores específicamente capacitados para ello.

El empresario deberá proporcionar a sus trabajadores equipos de protección individual adecuados para el desempeño de sus funciones y velar por el uso efectivo de los mismos.

1.27.2.5 Información, consulta y participación de los trabajadores.

El empresario adoptará las medidas adecuadas para que los trabajadores reciban todas las informaciones necesarias en relación con:

- Los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo.
- Las medidas y actividades de protección y prevención aplicables a los riesgos.

Los trabajadores tendrán derecho a efectuar propuestas al empresario, así como a los órganos competentes en esta materia, dirigidas a la mejora de los niveles de la protección de la seguridad y la salud en los lugares de trabajo, en materia de señalización en dichos lugares, en cuanto a la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en las obras de construcción y en cuanto a utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

1.27.2.6 Formación de los trabajadores

El empresario deberá garantizar que cada trabajador reciba una formación teórica y práctica, suficiente y adecuada, en materia preventiva.

1.27.2.7 *Medidas de emergencia*

El empresario, teniendo en cuenta el tamaño y la actividad de la empresa, así como la posible presencia de personas ajenas a la misma, deberá analizar las posibles situaciones de emergencia y adoptar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores, designando para ello al personal encargado de poner en práctica estas medidas y comprobando periódicamente, en su caso, su correcto funcionamiento.

1.27.2.8 *Riesgo grave e inminente*

Cuando los trabajadores estén expuestos a un riesgo grave e inminente con ocasión de su trabajo, el empresario estará obligado a:

- Informar lo antes posible a todos los trabajadores afectados acerca de la existencia de dicho riesgo y de las medidas adoptadas en materia de protección.
- Dar las instrucciones necesarias para que, en caso de peligro grave, inminente e inevitable, los trabajadores puedan interrumpir su actividad y además estar en condiciones, habida cuenta de sus conocimientos y de los medios técnicos puestos a su disposición, de adoptar las medidas necesarias para evitar las consecuencias de dicho peligro.

1.27.2.9 *Vigilancia de la salud*

El empresario garantizará a los trabajadores a su servicio la vigilancia periódica de su estado de salud en función de los riesgos inherentes al trabajo, optando por la realización de aquellos reconocimientos o pruebas que causen las menores molestias al trabajador y que sean proporcionales al riesgo.

1.27.2.10 *Documentación*

El empresario deberá elaborar y conservar a disposición de la autoridad laboral la siguiente documentación:

- Evaluación de los riesgos para la seguridad y salud en el trabajo, y planificación de la acción preventiva.
- Medidas de protección y prevención a adoptar.
- Resultado de los controles periódicos de las condiciones de trabajo.
- Práctica de los controles del estado de salud de los trabajadores.
- Relación de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales que hayan causado al trabajador una incapacidad laboral superior a un día de trabajo.

1.27.2.11 *Coordinación de actividades empresariales*

Cuando en un mismo centro de trabajo desarrollen actividades trabajadores de dos o más empresas, éstas deberán cooperar en la aplicación de la normativa sobre prevención de riesgos laborales.

1.27.2.12 *Protección de trabajadores especialmente sensibles a determinados riesgos*

El empresario garantizará, evaluando los riesgos y adoptando las medidas preventivas necesarias, la protección de los trabajadores que, por sus propias características personales o estado biológico conocido, incluidos aquellos que tengan reconocida la situación de discapacidad física, psíquica o sensorial, sean específicamente sensibles a los riesgos derivados del trabajo.

1.27.2.13 *Protección de la maternidad*

La evaluación de los riesgos deberá comprender la determinación de la naturaleza, el grado y la duración de la exposición de las trabajadoras en situación de embarazo o parto reciente, a agentes, procedimientos o condiciones de trabajo que puedan influir negativamente en la salud de las trabajadoras o del feto, adoptando, en su caso, las medidas necesarias para evitar la exposición a dicho riesgo.

1.27.2.14 *Protección de los menores*

Antes de la incorporación al trabajo de jóvenes menores de dieciocho años, y previamente a cualquier modificación importante de sus condiciones de trabajo, el empresario deberá efectuar una evaluación de los puestos de trabajo a desempeñar por los mismos, a fin de determinar la naturaleza, el grado y la duración de su exposición, teniendo especialmente en cuenta los riesgos derivados de su falta de experiencia, de su inmadurez para evaluar los riesgos existentes o potenciales y de su desarrollo todavía incompleto.

1.27.2.15 *Relaciones de trabajo temporales, de duración determinada y en empresas de trabajo temporal.*

Los trabajadores con relaciones de trabajo temporales o de duración determinada, así como los contratados por empresas de trabajo temporal, deberán disfrutar del mismo nivel de protección en materia de seguridad y salud que los restantes trabajadores de la empresa en la que prestan sus servicios.

1.27.2.16 Obligaciones de los trabajadores en materia de prevención de riesgos

Corresponde a cada trabajador velar, según sus posibilidades y mediante el cumplimiento de las medidas de prevención que en cada caso sean adoptadas, por su propia seguridad y salud en el trabajo y por la de aquellas otras personas a las que pueda afectar su actividad profesional, a causa de sus actos y omisiones en el trabajo, de conformidad con su formación y las instrucciones del empresario.

Los trabajadores, con arreglo a su formación y siguiendo las instrucciones del empresario, deberán en particular:

- Usar adecuadamente, de acuerdo con su naturaleza y los riesgos previsibles, las máquinas, aparatos, herramientas, sustancias peligrosas, equipos de transporte y, en general, cualesquiera otros medios con los que desarrollen su actividad.
- Utilizar correctamente los medios y equipos de protección facilitados por el empresario.
- No poner fuera de funcionamiento y utilizar correctamente los dispositivos de seguridad existentes.
- Informar de inmediato un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- Contribuir al cumplimiento de las obligaciones establecidas por la autoridad competente.

1.27.3 Servicios de prevención

1.27.3.1 Protección y prevención de riesgos profesionales

En cumplimiento del deber de prevención de riesgos profesionales, el empresario designará uno o varios trabajadores para ocuparse de dicha actividad, constituirá un servicio de prevención o concertará dicho servicio con una entidad especializada ajena a la empresa.

Los trabajadores designados deberán tener la capacidad necesaria, disponer del tiempo y de los medios precisos y ser suficientes en número, teniendo en cuenta el tamaño de la empresa, así como los riesgos a que están expuestos los trabajadores.

En las empresas de menos de seis trabajadores, el empresario podrá asumir personalmente las funciones señaladas anteriormente, siempre que desarrolle de forma habitual su actividad en el centro de trabajo y tenga capacidad necesaria.

El empresario que no hubiere concertado el Servicio de Prevención con una entidad especializada ajena a la empresa deberá someter su sistema de prevención al control de una auditoría o evaluación externa.

1.27.3.2 Servicios de prevención

Si la designación de uno o varios trabajadores fuera insuficiente para la realización de las actividades de prevención, en función del tamaño de la empresa, de los riesgos a que están expuestos los trabajadores o de la peligrosidad de las actividades desarrolladas, el empresario deberá recurrir a uno o varios servicios de prevención propios o ajenos a la empresa, que colaborarán cuando sea necesario.

Se entenderá como servicio de prevención el conjunto de medios humanos y materiales necesarios para realizar las actividades preventivas a fin de garantizar la adecuada protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, asesorando y asistiendo para ello al empresario, a los trabajadores y a sus representantes y a los órganos de representación especializados.

1.27.4 Consulta y participación de los trabajadores

1.27.4.1 Consulta de los trabajadores

El empresario deberá consultar a los trabajadores, con la debida antelación, la adopción de las decisiones relativas a:

- La planificación y la organización del trabajo en la empresa y la introducción de nuevas tecnologías, en todo lo relacionado con las consecuencias que éstas pudieran tener para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- La organización y desarrollo de las actividades de protección de la salud y prevención de los riesgos profesionales en la empresa, incluida la designación de los trabajadores encargados de dichas actividades o el recurso a un servicio de prevención externo.
- La designación de los trabajadores encargados de las medidas de emergencia.
- El proyecto y la organización de la formación en materia preventiva.

1.27.4.2 Delegados de prevención

Los Delegados de Prevención son los representantes de los trabajadores con funciones específicas en materia de prevención de riesgos en el trabajo. Serán designados por y entre los representantes del personal, con arreglo a la siguiente escala:

- De 50 a 100 trabajadores: 2 Delegados de Prevención.
- De 101 a 500 trabajadores: 3 Delegados de Prevención.
- De 501 a 1000 trabajadores: 4 Delegados de Prevención.
- De 1001 a 2000 trabajadores: 5 Delegados de Prevención.
- De 2001 a 3000 trabajadores: 6 Delegados de Prevención.
- De 3001 a 4000 trabajadores: 7 Delegados de Prevención.
- De 4001 en adelante: 8 Delegados de Prevención.

En las empresas de hasta treinta trabajadores el Delegado de Prevención será el Delegado de Personal. En las empresas de treinta y uno a cuarenta y nueve trabajadores habrá un Delegado de Prevención que será elegido por y entre los Delegados de Personal.

1.28 DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LOS LUGARES DE TRABAJO

1.28.1 Introducción

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las normas reglamentarias las que fijarán y concretarán los aspectos más técnicos de las medidas preventivas, a través de normas mínimas que garanticen la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran necesariamente las destinadas a garantizar la seguridad y la salud en los lugares de trabajo, de manera que de su utilización no se deriven riesgos para los trabajadores.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 486/1997 de 14 de Abril de 1.997 establece las disposiciones mínimas de seguridad y de salud aplicables a los lugares de trabajo, entendiendo como tales las áreas del centro de trabajo, edificadas o no, en las que los trabajadores deban permanecer o a las que puedan acceder en razón de su trabajo, sin incluir las obras de construcción temporales o móviles.

1.28.2 Obligaciones del empresario

El empresario deberá adoptar las medidas necesarias para que la utilización de los lugares de trabajo no origine riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores.

En cualquier caso, los lugares de trabajo deberán cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el presente Real Decreto en cuanto a sus condiciones constructivas, orden, limpieza y mantenimiento, señalización, instalaciones de servicio o protección, condiciones ambientales, iluminación, servicios higiénicos y locales de descanso, y material y locales de primeros auxilios.

1.28.3 Condiciones constructivas

El diseño y las características constructivas de los lugares de trabajo deberán ofrecer seguridad frente a los riesgos de resbalones o caídas, choques o golpes contra objetos y derrumbes o caídas de materiales sobre los trabajadores, para ello el pavimento constituirá un conjunto homogéneo, llano y liso sin solución de continuidad, de material consistente, no resbaladizo o susceptible de serlo con el uso y de fácil limpieza, las paredes serán lisas, guarnecidas o pintadas en tonos claros y susceptibles de ser lavadas y blanqueadas y los techos deberán resguardar a los trabajadores de las inclemencias del tiempo y ser lo suficientemente consistentes.

El diseño y las características constructivas de los lugares de trabajo deberán también facilitar el control de las situaciones de emergencia, en especial en caso de incendio, y posibilitar, cuando sea necesario, la rápida y segura evacuación de los trabajadores.

Todos los elementos estructurales o de servicio (cimentación, pilares, forjados, muros y escaleras) deberán tener la solidez y resistencia necesarias para soportar las cargas o esfuerzos a que sean sometidos.

Las dimensiones de los locales de trabajo deberán permitir que los trabajadores realicen su trabajo sin riesgos para su seguridad y salud y en condiciones ergonómicas aceptables, adoptando una superficie libre superior a 2 m² por trabajador, un volumen mayor a 10 m³ por trabajador y una altura mínima desde el piso al techo de 2,50 m. Las zonas de los lugares de trabajo en las que exista riesgo de caída, de caída de objetos o de contacto o exposición a elementos agresivos, deberán estar claramente señalizadas.

El suelo deberá ser fijo, estable y no resbaladizo, sin irregularidades ni pendientes peligrosas. Las aberturas, desniveles y las escaleras se protegerán mediante barandillas de 90 cm de altura.

Los trabajadores deberán poder realizar de forma segura las operaciones de abertura, cierre, ajuste o fijación de ventanas, y en cualquier situación no supondrán un riesgo para éstos.

Las vías de circulación deberán poder utilizarse conforme a su uso previsto, de forma fácil y con total seguridad. La anchura mínima de las puertas exteriores y de los pasillos será de 100 cm.

Las puertas transparentes deberán tener una señalización a la altura de la vista y deberán estar protegidas contra la rotura.

Las puertas de acceso a las escaleras no se abrirán directamente sobre sus escalones, sino sobre descansos de anchura al menos igual a la de aquellos.

Los pavimentos de las rampas y escaleras serán de materiales no resbaladizos y caso de ser perforados la abertura máxima de los intersticios será de 8 mm. La pendiente de las rampas variará entre un 8 y 12 %. La anchura mínima será de 55 cm. para las escaleras de servicio y de 1 m. para las de uso general.

Caso de utilizar escaleras de mano, éstas tendrán la resistencia y los elementos de apoyo y sujeción necesarios para que su utilización en las condiciones requeridas no suponga un riesgo de caída, por rotura o desplazamiento de las mismas. En cualquier caso, no se emplearán escaleras de más de 5 m. de altura, se colocarán formando un ángulo aproximado de 75° con la horizontal, sus largueros deberán prolongarse al menos 1 m. sobre la zona a acceder, el ascenso, descenso y los trabajos desde escaleras se efectuarán frente a las mismas, los trabajos a más de 3,5 m. de altura, desde el punto de operación al suelo, que requieran movimientos o esfuerzos peligrosos para la estabilidad del trabajador, sólo se efectuarán si se utiliza cinturón de seguridad y no serán utilizadas por dos o más personas simultáneamente.

Las vías y salidas de evacuación deberán permanecer expeditas y desembocarán en el exterior. El número, la distribución y las dimensiones de las vías deberán estar dimensionadas para poder evacuar todos los lugares de trabajo rápidamente, dotando de alumbrado de emergencia aquellas que lo requieran.

La instalación eléctrica no deberá entrañar riesgos de incendio o explosión, para ello se dimensionarán todos los circuitos considerando las sobreintensidades previsibles y se dotará a los conductores y resto de aparataje eléctrico de un nivel de aislamiento adecuado.

Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizará el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no accesible por el trabajador, interposición de obstáculos y/o barreras (armarios para

cuadros eléctricos, tapas para interruptores, etc.) y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.

Para evitar el contacto eléctrico indirecto se utilizará el sistema de puesta a tierra de las masas (conductores de protección conectados a las carcasas de los receptores eléctricos, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada al tipo de local, características del terreno y constitución de los electrodos artificiales).

1.28.4 Orden, limpieza y mantenimiento. Señalización

Las zonas de paso, salidas y vías de circulación de los lugares de trabajo y, en especial, las salidas y vías de circulación previstas para la evacuación en casos de emergencia, deberán permanecer libres de obstáculos.

Las características de los suelos, techos y paredes serán tales que permitan dicha limpieza y mantenimiento. Se eliminarán con rapidez los desperdicios, las manchas de grasa, los residuos de sustancias peligrosas y demás productos residuales que puedan originar accidentes o contaminar el ambiente de trabajo.

Los lugares de trabajo y, en particular, sus instalaciones, deberán ser objeto de un mantenimiento periódico.

1.28.5 Condiciones ambientales

La exposición a las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no debe suponer un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.

En los locales de trabajo cerrados deberán cumplirse las condiciones siguientes:

- La temperatura de los locales donde se realicen trabajos sedentarios propios de oficinas o similares estará comprendida entre 17 y 27 °C. En los locales donde se realicen trabajos ligeros estará comprendida entre 14 y 25 °C.
- La humedad relativa estará comprendida entre el 30 y el 70 por 100, excepto en los locales donde existan riesgos por electricidad estática en los que el límite inferior será el 50 por 100.
- Los trabajadores no deberán estar expuestos de forma frecuente o continuada a corrientes de aire cuya velocidad exceda los siguientes límites:
 - Trabajos en ambientes no calurosos: 0,25 m/s.
 - Trabajos sedentarios en ambientes calurosos: 0,5 m/s.
 - Trabajos no sedentarios en ambientes calurosos: 0,75 m/s.

La renovación mínima del aire de los locales de trabajo será de 30 m³ de aire limpio por hora y trabajador en el caso de trabajos sedentarios en ambientes no calurosos ni contaminados por humo de tabaco y 50 m³ en los casos restantes.

Se evitarán los olores desagradables.

1.28.6 Iluminación

La iluminación será natural con puertas y ventanas acristaladas, complementándose con iluminación artificial en las horas de visibilidad deficiente. Los puestos de trabajo llevarán además puntos de luz individuales, con el fin de obtener una visibilidad notable. Los niveles de iluminación mínimos establecidos (lux) son los siguientes:

- Áreas o locales de uso ocasional: 50 lux
- Áreas o locales de uso habitual: 100 lux
- Vías de circulación de uso ocasional: 25 lux.
- Vías de circulación de uso habitual: 50 lux.
- Zonas de trabajo con bajas exigencias visuales: 100 lux.
- Zonas de trabajo con exigencias visuales moderadas: 200 lux.
- Zonas de trabajo con exigencias visuales altas: 500 lux.
- Zonas de trabajo con exigencias visuales muy altas: 1000 lux.

La iluminación anteriormente especificada deberá poseer una uniformidad adecuada, mediante la distribución uniforme de luminarias, evitándose los deslumbramientos directos por equipos de alta luminancia.

Se instalará además el correspondiente alumbrado de emergencia y señalización con el fin de poder iluminar las vías de evacuación en caso de fallo del alumbrado general.

1.28.7 Servicios higiénicos y locales de descanso

En el local se dispondrá de agua potable en cantidad suficiente y fácilmente accesible por los trabajadores.

Se dispondrán vestuarios cuando los trabajadores deban llevar ropa especial de trabajo, provistos de asientos y de armarios o taquillas individuales con llave, con una capacidad suficiente para guardar la ropa y el calzado. Si los vestuarios no fuesen necesarios, se dispondrán colgadores o armarios para colocar la ropa.

Existirán aseos con espejos, retretes con descarga automática de agua y papel higiénico y lavabos con agua corriente, caliente si es necesario, jabón y toallas individuales u otros sistema de secado con garantías higiénicas. Dispondrán además de duchas de agua corriente, caliente y fría, cuando se realicen habitualmente trabajos sucios, contaminantes o que originen elevada

sudoración. Llevarán alicatados los paramentos hasta una altura de 2 m. del suelo, con baldosín cerámico esmaltado de color blanco. El solado será continuo e impermeable, formado por losas de gres rugoso antideslizante.

Si el trabajo se interrumpiera regularmente, se dispondrán espacios donde los trabajadores puedan permanecer durante esas interrupciones, diferenciándose espacios para fumadores y no fumadores.

1.28.8 Material y locales de primeros auxilios

El lugar de trabajo dispondrá de material para primeros auxilios en caso de accidente, que deberá ser adecuado, en cuanto a su cantidad y características, al número de trabajadores y a los riesgos a que estén expuestos.

Como mínimo se dispondrá, en lugar reservado y a la vez de fácil acceso, de un botiquín portátil, que contendrá en todo momento, agua oxigenada, alcohol de 96, tintura de yodo, mercurocromo, gasas estériles, algodón hidrófilo, bolsa de agua, torniquete, guantes esterilizados y desechables, jeringuillas, hervidor, agujas, termómetro clínico, gasas, esparadrapo, apósitos adhesivos, tijeras, pinzas, antiespasmódicos, analgésicos y vendas.

1.29 DISPOSICIONES MÍNIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACIÓN EN EL TRABAJO

1.29.1 Introducción

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las normas reglamentarias las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a garantizar que en los lugares de trabajo exista una adecuada señalización de seguridad y salud, siempre que los riesgos no puedan evitarse o limitarse suficientemente a través de medios técnicos de protección colectiva.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 485/1997 de 14 de Abril de 1.997 establece las disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y de salud en el trabajo, entendiendo como tales aquellas señalizaciones que referidas a un objeto, actividad o situación determinada, proporcionen una indicación o una obligación relativa a la seguridad o la salud en el trabajo mediante una señal en forma de panel, un color, una señal luminosa o acústica, una comunicación verbal o una señal gestual.

1.29.2 Obligaciones generales del empresario

La elección del tipo de señal y del número y emplazamiento de las señales o dispositivos de señalización a utilizar en cada caso se realizará de forma que la señalización resulte lo más eficaz posible, teniendo en cuenta:

- Las características de la señal.
- Los riesgos, elementos o circunstancias que hayan de señalizarse.
- La extensión de la zona a cubrir.
- El número de trabajadores afectados.

Para la señalización de desniveles, obstáculos u otros elementos que originen riesgo de caída de personas, choques o golpes, así como para la señalización de riesgo eléctrico, presencia de materias inflamables, tóxica, corrosiva o riesgo biológico, podrá optarse por una señal de advertencia de forma triangular, con un pictograma característico de color negro sobre fondo amarillo y bordes negros.

Las vías de circulación de vehículos deberán estar delimitadas con claridad mediante franjas continuas de color blanco o amarillo.

Los equipos de protección contra incendios deberán ser de color rojo.

La señalización para la localización e identificación de las vías de evacuación y de los equipos de salvamento o socorro (botiquín portátil) se realizará mediante una señal de forma cuadrada o rectangular, con un pictograma característico de color blanco sobre fondo verde.

La señalización dirigida a alertar a los trabajadores o a terceros de la aparición de una situación de peligro y de la consiguiente y urgente necesidad de actuar de una forma determinada o de evacuar la zona de peligro, se realizará mediante una señal luminosa, una señal acústica o una comunicación verbal.

Los medios y dispositivos de señalización deberán ser limpiados, mantenidos y verificados regularmente.

1.30 DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACIÓN DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO

1.30.1 Introducción

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las normas reglamentarias las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a garantizar que de la presencia o utilización de los equipos de trabajo puestos a disposición de los trabajadores en la empresa o centro de trabajo no se deriven riesgos para la seguridad o salud de los mismos.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 1215/1997 de 18 de Julio de 1.997 establece las disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, entendiéndose como tales cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizado en el trabajo.

1.30.2 Obligación general del empresario

El empresario adoptará las medidas necesarias para que los equipos de trabajo que se pongan a disposición de los trabajadores sean adecuados al trabajo que deba realizarse y convenientemente adaptados al mismo, de forma que garanticen la seguridad y la salud de los trabajadores al utilizar dichos equipos.

Deberá utilizar únicamente equipos que satisfagan cualquier disposición legal o reglamentaria que les sea de aplicación.

Para la elección de los equipos de trabajo el empresario deberá tener en cuenta los siguientes factores:

- Las condiciones y características específicas del trabajo a desarrollar.
- Los riesgos existentes para la seguridad y salud de los trabajadores en el lugar de trabajo.
- En su caso, las adaptaciones necesarias para su utilización por trabajadores discapacitados.

Adoptará las medidas necesarias para que, mediante un mantenimiento adecuado, los equipos de trabajo se conserven durante todo el tiempo de utilización en unas condiciones adecuadas. Todas las operaciones de mantenimiento, ajuste, desbloqueo, revisión o reparación de los equipos de trabajo se realizará tras haber paradoo desconectado el equipo.

Estas operaciones deberán ser encomendadas al personal especialmente capacitado para ello.

El empresario deberá garantizar que los trabajadores reciban una formación e información adecuadas a los riesgos derivados de los equipos de trabajo. La información, suministrada preferentemente por escrito, deberá contener, como mínimo, las indicaciones relativas a:

- Las condiciones y forma correcta de utilización de los equipos de trabajo, teniendo en cuenta las instrucciones del fabricante, así como las situaciones o formas de utilización anormales y peligrosas que puedan preverse.
- Las conclusiones que, en su caso, se puedan obtener de la experiencia adquirida en la utilización de los equipos de trabajo.

1.30.2.1 Disposiciones mínimas generales aplicables a los equipos de trabajo

Los órganos de accionamiento de un equipo de trabajo que tengan alguna incidencia en la seguridad deberán ser claramente visibles e identificables y no deberán acarrear riesgos como consecuencia de una manipulación involuntaria.

Cada equipo de trabajo deberá estar provisto de un órgano de accionamiento que permita su parada total en condiciones de seguridad.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo de caída de objetos o de proyecciones deberá estar provisto de dispositivos de protección adecuados a dichos riesgos.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo por emanación de gases, vapores o líquidos o por emisión de polvo deberá estar provisto de dispositivos adecuados de captación o extracción cerca de la fuente emisora correspondiente.

Si fuera necesario para la seguridad o la salud de los trabajadores, los equipos de trabajo y sus elementos deberán estabilizarse por fijación o por otros medios.

Cuando los elementos móviles de un equipo de trabajo puedan entrañar riesgo de accidente por contacto mecánico, deberán ir equipados con resguardos o dispositivos que impidan el acceso a las zonas peligrosas.

Las zonas y puntos de trabajo o mantenimiento de un equipo de trabajo deberán estar adecuadamente iluminadas en función de las tareas que deban realizarse.

Las partes de un equipo de trabajo que alcancen temperaturas elevadas o muy bajas deberán estar protegidas cuando corresponda contra los riesgos de contacto o la proximidad de los trabajadores.

Todo equipo de trabajo deberá ser adecuado para proteger a los trabajadores expuestos contra el riesgo de contacto directo o indirecto de la electricidad y los que entrañen riesgo por ruido, vibraciones o radiaciones deberá disponer de las protecciones o dispositivos adecuados para limitar, en la medida de lo posible, la generación y propagación de estos agentes físicos.

Las herramientas manuales deberán estar construidas con materiales resistentes y la unión entre sus elementos deberá ser firme, de manera que se eviten las roturas o proyecciones de los mismos.

La utilización de todos estos equipos no podrá realizarse en contradicción con las instrucciones facilitadas por el fabricante, comprobándose antes de iniciar la tarea que todas sus protecciones y condiciones de uso son las adecuadas.

Deberán tomarse las medidas necesarias para evitar el atrapamiento del cabello, ropas de trabajo u otros objetos del trabajador, evitando, en cualquier caso, someter a los equipos a sobrecargas, sobrepresiones, velocidades o tensiones excesivas.

1.30.2.2 Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo móviles

Los equipos con trabajadores transportados deberán evitar el contacto de éstos con ruedas y orugas y el aprisionamiento por las mismas. Para ello dispondrán de una estructura de protección que impida que el equipo de trabajo incline más de un cuarto de vuelta o una estructura que garantice un espacio suficiente alrededor de los trabajadores transportados cuando el equipo pueda inclinarse más de un cuarto de vuelta. No se requerirán estas estructuras de protección cuando el equipo de trabajo se encuentre estabilizado durante su empleo.

Las carretillas elevadoras deberán estar acondicionadas mediante la instalación de una cabina para el conductor, una estructura que impida que la carretilla vuelque, una estructura que garantice que, en caso de vuelco, quede espacio suficiente para el trabajador entre el suelo y determinadas partes de dicha carretilla y una estructura que mantenga al trabajador sobre el asiento de conducción en buenas condiciones.

Los equipos de trabajo automotores deberán contar con dispositivos de frenado y parada, con dispositivos para garantizar una visibilidad adecuada y con una señalización acústica de advertencia. En cualquier caso, su conducción estará reservada a los trabajadores que hayan recibido una información específica.

1.30.2.3 Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo para elevación de cargas

Deberán estar instalados firmemente, teniendo presente la carga que deban levantar y las tensiones inducidas en los puntos de suspensión o de fijación. En cualquier caso, los aparatos de izar estarán equipados con limitador del recorrido del carro y de los ganchos, los motores eléctricos estarán provistos de limitadores de altura y del peso, los ganchos de sujeción serán de acero con "pestillos de seguridad" y los carriles para desplazamiento estarán limitados a una distancia de 1 m de su término mediante topes de seguridad de final de carrera eléctricos.

Deberá figurar claramente la carga nominal.

Deberán instalarse de modo que se reduzca el riesgo de que la carga caiga en picado, se suelte o se desvíe involuntariamente de forma peligrosa. En cualquier caso, se evitará la presencia de trabajadores bajo las cargas suspendidas. Caso de ir equipadas con cabinas para trabajadores deberá evitarse la caída de éstas, su aplastamiento o choque.

Los trabajos de izado, transporte y descenso de cargas suspendidas, quedarán interrumpidos bajo régimen de vientos superiores a los 60 km/h.

1.30.2.4 Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo para movimientos de tierras y maquinaria pesada en general

Las máquinas para los movimientos de tierras estarán dotadas de faros de marcha hacia adelante y de retroceso, servofrenos, freno de mano, bocina automática de retroceso, retrovisores en ambos lados, pórtico de seguridad antivuelco y anti impactos y un extintor.

Se prohíbe trabajar o permanecer dentro del radio de acción de la maquinaria de movimiento de tierras, para evitar los riesgos por atropello.

Durante el tiempo de parada de las máquinas se señalizará su entorno con "señales de peligro", para evitar los riesgos por fallo de frenos o por atropello durante la puesta en marcha.

Si se produjese contacto con líneas eléctricas el maquinista permanecerá inmóvil en su puesto y solicitará auxilio por medio de las bocinas. De ser posible el salto sin riesgo de contacto eléctrico, el maquinista saltará fuera de la máquina sin tocar, al unísono, la máquina y el terreno.

Antes del abandono de la cabina, el maquinista habrá dejado en reposo, en contacto con el pavimento (la cuchilla, cazo, etc.), puesto el freno de mano y parado el motor extrayendo la llave de contacto para evitar los riesgos por fallos del sistema hidráulico.

Las pasarelas y peldaños de acceso para conducción o mantenimiento permanecerán limpios de gravas, barro y aceite, para evitar los riesgos de caída.

Se prohíbe el transporte de personas sobre las máquinas para el movimiento de tierras, para evitar los riesgos de caídas o de atropellos.

Se instalarán topes de seguridad de fin de recorrido, ante la coronación de los cortes (taludes o terraplenes) a los que debe aproximarse la maquinaria empleada en el movimiento de tierras, para evitar los riesgos por caída de la máquina.

Se señalarán los caminos de circulación interna mediante cuerda de banderolas y señales normalizadas de tráfico.

Se prohíbe el acopio de tierras a menos de 2 m. del borde de la excavación (como norma general).

No se debe fumar cuando se abastezca de combustible la máquina, pues podría inflamarse. Al realizar dicha tarea el motor deberá permanecer parado.

Se prohíbe realizar trabajos en un radio de 10 m. entorno a las máquinas de hinca, en prevención de golpes y atropellos.

Las cintas transportadoras estarán dotadas de pasillo lateral de visita de 60 cm. de anchura y barandillas de protección de éste de 90 cm. de altura. Estarán dotadas de encauzadores antidesprendimientos de objetos por rebose de materiales. Bajo las cintas, en todo su recorrido, se instalarán bandejas de recogida de objetos desprendidos.

Los compresores serán de los llamados “silenciosos” en la intención de disminuir el nivel de ruido. La zona dedicada para la ubicación del compresor quedará acordonada en un radio de 4 m. Las mangueras estarán en perfectas condiciones de uso, es decir, sin grietas ni desgastes que puedan producir un reventón.

Cada tajo con martillos neumáticos, estará trabajado por dos cuadrillas que se turnarán cada hora, en prevención de lesiones por permanencia continuada recibiendo vibraciones. Los pisones mecánicos se guiarán avanzando frontalmente, evitando los desplazamientos laterales. Para realizar estas tareas se utilizará faja elástica de protección de cintura, muñequeras bien ajustadas, botas de seguridad, cascos anti-ruido y una mascarilla con filtro mecánico recambiable.

1.30.2.5 Disposiciones mínimas adicionales aplicables a la maquinaria herramienta

Las máquinas-herramienta estarán protegidas eléctricamente mediante doble aislamiento y sus motores eléctricos estarán protegidos por la carcasa.

Las que tengan capacidad de corte tendrán el disco protegido mediante una carcasa anti-proyecciones.

Las que se utilicen en ambientes inflamables o explosivos estarán protegidas mediante carcasas anti-deflagrantes. Se prohíbe la utilización de máquinas accionadas mediante combustibles líquidos en lugares cerrados o de ventilación insuficiente.

Se prohíbe trabajar sobre lugares encharcados, para evitar los riesgos de caídas y los eléctricos. Para todas las tareas se dispondrá una iluminación adecuada, en torno a 100 lux.

En prevención de los riesgos por inhalación de polvo, se utilizarán en vía húmeda las herramientas que lo produzcan.

Las mesas de sierra circular, cortadores de material cerámico y sierras de disco manual no se ubicarán a distancias inferiores a tres metros del borde de los forjados, con la excepción de los que estén claramente protegidos (redes o barandillas, petos de remate, etc.). Bajo ningún concepto se retirará la protección del disco de corte, utilizándose en todo momento gafas de seguridad anti-proyección de partículas. Como normal general, se deberán extraer los clavos o partes metálicas hincadas en el elemento a cortar.

Con las pistolas fija-clavos no se realizarán disparos inclinados, se deberá verificar que no hay nadie al otro lado del objeto sobre el que se dispara, se evitará clavar sobre fábricas de ladrillo hueco y se asegurará el equilibrio de la persona antes de efectuar el disparo.

Para la utilización de los taladros portátiles y rozadoras eléctricas se elegirán siempre las brocas y discos adecuados al material a taladrar, se evitará realizar taladros en una sola maniobra y taladros o rozaduras inclinadas a pulso y se tratará no recalentar las brocas y discos.

Las pulidoras y abrillantadoras de suelos, lijadoras de madera y alisadoras mecánicas tendrán el manillar de manejo y control revestido de material aislante y estarán dotadas de aro de protección anti atrapamientos o abrasiones.

En las tareas de soldadura por arco eléctrico se utilizará yelmo del soldar o pantalla de mano, no se mirará directamente al arco voltaico, no se tocarán las piezas recientemente soldadas, se soldará en un lugar ventilado, se verificará la inexistencia de personas en el entorno vertical de puesto de trabajo, no se

dejará directamente la pinza en el suelo o sobre la perfilería, se escogerá el electrodo adecuada para el cordón a ejecutar y se suspenderán los trabajos de soldadura con vientos superiores a 60 km/h y a la intemperie con régimen de lluvias.

En la soldadura oxiacetilénica (oxicorte) no se mezclarán botellas de gases distintos, éstas se transportarán sobre bateas enjauladas en posición vertical y atadas, no se ubicarán al sol ni en posición inclinada y los mecheros estarán dotados de válvulas anti retroceso de la llama. Si se desprenden pinturas se trabajará con mascarilla protectora y se hará al aire libre o en un local ventilado.

Personal. En las empresas de treinta y uno a cuarenta y nueve trabajadores habrá un Delegado de Prevención que será elegido por y entre los Delegados de Personal.

1.31 DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA UTILIZACIÓN DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

1.31.1 Introducción

La ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

Así son las normas de desarrollo reglamentario las que deben fijar las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre ellas se encuentran las destinadas a garantizar la utilización por los trabajadores en el trabajo de equipos de protección individual que los protejan adecuadamente de aquellos riesgos para su salud o su seguridad que no puedan evitarse o limitarse suficientemente mediante la utilización de medios de protección colectiva o la adopción de medidas de organización en el trabajo.

1.31.2 Obligaciones generales del empresario

Hará obligatorio el uso de los equipos de protección individual que a continuación se desarrollan.

1.31.2.1 *Protectores de la cabeza*

- Cascos de seguridad, no metálicos, clase N, aislados para baja tensión, con el fin de proteger a los trabajadores de los posibles choques, impactos y contactos eléctricos.
- Protectores auditivos acoplables a los cascos de protección.
- Gafas de montura universal contra impactos y anti polvo.
- Mascarilla anti polvo con filtros protectores.
- Pantalla de protección para soldadura autógena y eléctrica.

1.31.2.2 *Protectores de manos y brazos*

- Guantes contra las agresiones mecánicas (perforaciones, cortes, vibraciones).
- Guantes de goma finos, para operarios que trabajen con hormigón.
- Guantes dieléctricos para B.T.
- Guantes de soldador.
- Muñequeras.
- Mango aislante de protección en las herramientas.

1.31.2.3 *Protectores de pies y piernas*

- Calzado provisto de suela y puntera de seguridad contra las agresiones mecánicas.
- Botas dieléctricas para B.T.
- Botas de protección impermeable.
- Polainas de soldador.
- Rodilleras.

1.31.2.4 *Protectores del cuerpo*

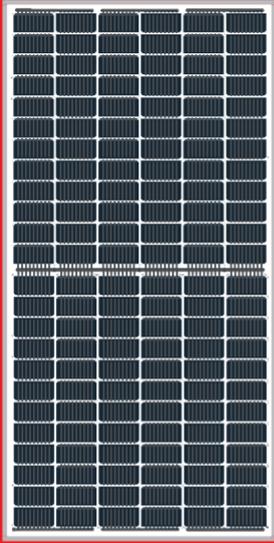
- Crema de protección y pomadas.
- Chalecos, chaquetas y mandiles de cuero para protección de las agresiones mecánicas.
- Traje impermeable de trabajo.
- Cinturón de seguridad, de sujeción y caída, clase A.
- Fajas y cinturones anti vibraciones.
- Pértiga de B.T.
- Banqueta aislante clase I para maniobra de B.T.
- Linterna individual de situación.
- Comprobador de tensión.

ANEXO IV. FICHAS TÉCNIAS

LR4-72HPH 425~455M

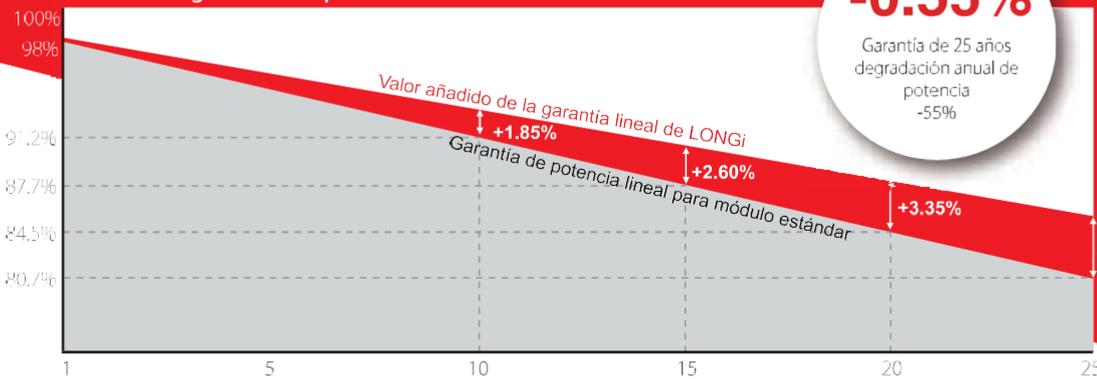
Hi-MO 4m

NEW



Mono PERC de baja LID
Alta eficiencia
Tecnología media célula

12 años de garantía de producto ;
25 años de garantía de potencia lineal



Certificaciones de producto y de sistema

IEC 61215, IEC 61730, UL 6173C

ISO 9001:2008: Sistema de gestión de calidad ISO

ISO 14001:2004: Sistema de gestión ambiental ISO

TS62941: La guía para la calificación del diseño del módulo y la aprobación de tipo

OSHAS 18001:2007 Salud y seguridad ocupacional



* Especificaciones sujetas a cambios técnicos y pruebas.
LONGi se reserva el derecho de interpretación.

Tolerancia positiva (0~+5W) garantizada

Alta eficiencia de conversión (hasta 20.9%)

Degradación de potencia más lenta gracias a la tecnología Mono PERC de baja LID; <2% primer año, 0,55% desde el segundo año hasta 25 años

Anti PID gracias a la optimización del proceso de células y a la cuidadosa selección de materiales

Menos pérdidas de energía a baja corriente operativa

Mayor rendimiento a baja temperatura operativa

Menor riesgo de hot spots gracias a la optimización del diseño eléctrico y a la baja temperatura operativa

LONGi

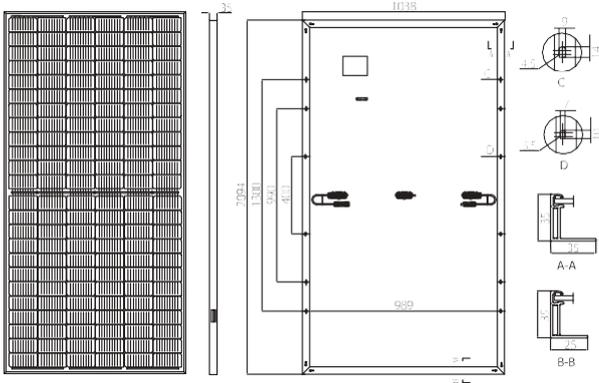
Century Avenue 826, Torre 3 Sala 801, Lujiazui Financial Plaza, Pudong Shanghai
Tel: +86 21 8016 2606 E-mail: module@longi-silicon.com

Nota: Debido a la innovación técnica y los continuos avances de I+D, los datos técnicos mencionados anteriormente pueden verse modificados en consecuencia. LONGi tiene el derecho exclusivo de realizar dichas modificaciones en cualquier momento sin previo aviso. Para la firma de contratos, la parte solicitante deberá reclamar la última versión de la hoja de datos para hacerla parte vinculante en la documentación legal firmada debidamente por ambas partes.

20200423V11 for EU DG only

LR4-72HPH 425~455M

Diseño (mm)



Datos mecánicos

Distribución de las células: 144 (6x24)
 Caja de conexiones: IP68, tres diodos
 Cables: 4mm², 1400mm de longitud (for EU DG)
 Vidrio: Vidrio templado recubierto de 3.2mm
 Marco: Marco de aleación de aluminio anodizado
 Peso: 23.5kg
 Dimensión: 2094x1038x35mm
 Embalaje: 30piezas por palet
 150piezas por 20'GP
 660piezas por 40'HC

Parámetros operativos

Temperatura de funcionamiento: -40 C ~ +85 C
 Tolerancia de potencia nominal (W): 0 ~ +5 W
 Tolerancia de Voc e Isc: ±3%
 Tensión máxima del sistema: DC1500V (IEC/UL)
 Capacidad máxima del fusible: 20A
 Temperatura de Operación Nominal de la célula: 45±2 C
 Categoría de prevención de incendios: Class II
 Clasificación de resistencia al fuego: UL tipo 1 o tipo 2

Datos eléctricos

Incertidumbre de Pmax ±3%

Código de producto	LR4-72HPH-425M		LR4-72HPH-430M		LR4-72HPH-435M		LR4-72HPH-440M		LR4-72HPH-445M		LR4-72HPH-450M		LR4-72HPH-455M	
Condiciones de ensayo	STC	NOCT												
Potencia máxima (Pmax/W)	425	317.4	430	321.1	435	324.9	440	328.6	445	332.3	450	336.1	455	339.8
Tensión de circuito abierto (Voc/V)	48.3	45.3	48.5	45.5	48.7	45.7	48.9	45.8	49.1	46.0	49.3	46.2	49.5	46.4
Corriente de cortocircuito (Isc/A)	11.23	9.08	11.31	9.15	11.39	9.21	11.46	9.27	11.53	9.33	11.60	9.38	11.66	9.43
Voltaje a potencia máxima (Vmp/V)	40.5	37.7	40.7	37.9	40.9	38.1	41.1	38.3	41.3	38.5	41.5	38.6	41.7	38.8
Corriente a potencia máxima (Imp/A)	10.50	8.42	10.57	8.47	10.64	8.53	10.71	8.59	10.78	8.64	10.85	8.70	10.92	8.75
Eficiencia del módulo (%)	19.6		19.8		20.0		20.2		20.5		20.7		20.9	

STC (Condiciones de prueba estándar): Irradiancia 1000 W/m², Temperatura de la Célula 25 C, Espectros a AM1,5

NOCT (Temperatura nominal para células de funcionamiento): Irradiancia 800W/m², Temperatura Ambiente 20 C, Espectros a AM1,5, Viento a 1m/s

Coefficientes de temperatura

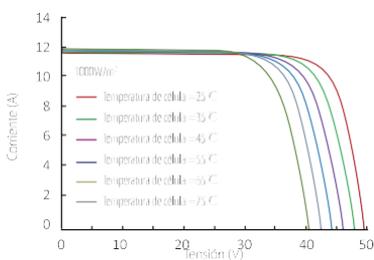
Coefficiente de temperatura en Isc: +0.018%/C
 Coeficiente de temperatura en Voc: -0.270%/C
 Coeficiente de temperatura en Pmax: -0.350%/C

Carga mecánica

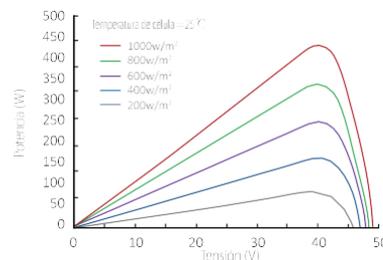
Carga de nieve: 5400Pa
 Carga de viento: 2400Pa
 Prueba con piedras de granizo: Granizo de 25mm a la velocidad de 23m/s

Curva I-V

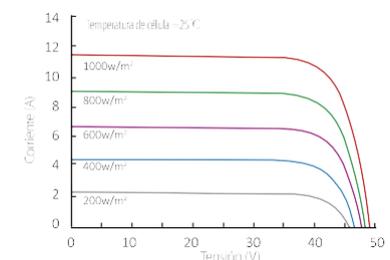
Curva de corriente - tensión (LR4-72HPH-440M)



Curva de potencia - tensión (LR4-72HPH-440M)



Curva de corriente - tensión (LR4-72HPH-440M)



LONGi

Century Avenue 826, Torre 3 Sala 801, Lujiazui Financial Plaza, Pudong Shanghai
 Tel: +86 21 8016 2606 E-mail: module@longi-silicon.com

Nota: Debido a la innovación técnica y los continuos avances de I+D, los datos técnicos mencionados anteriormente pueden verse modificados en consecuencia. LONGi tiene el derecho exclusivo de realizar dichas modificaciones en cualquier momento sin previo aviso. Para la firma de contratos, la parte solicitante deberá reclamar la última versión de la hoja de datos para hacerla parte vinculante en la documentación legal firmada debidamente por ambas partes.

Smart String Inverter

SUN2000-45KTL-US-HV-D0



Smart

- 8 strings intelligent monitoring and fast trouble-shooting
- Power Line Communication (PLC) supported
- Smart I-V Curve Diagnosis supported

Efficient

- Max. efficiency 98.7%
- CEC. efficiency 98.5%
- 4 MPPT per unit, effectively reducing string mismatch

Safe

- DC AFCI compliant to UL 1699B Type I
- Residual Current Monitoring Unit (RCMU) integrated inside
- Fuse free design

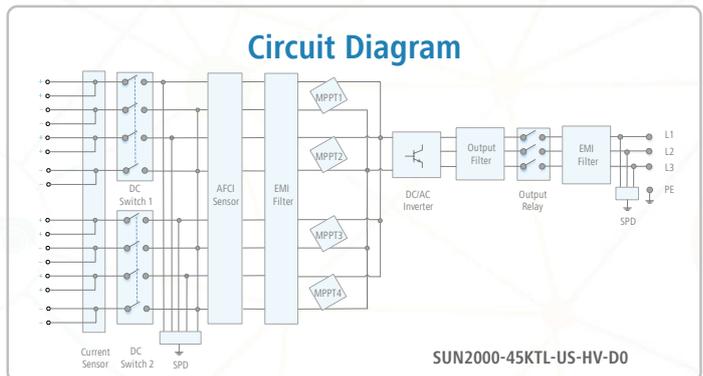
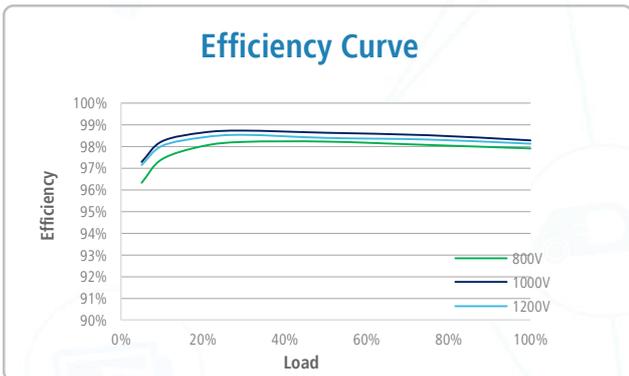
Reliable

- Natural cooling technology
- Protection degree of Type 4X
- Type II surge arresters for both DC and AC

Smart String Inverter (SUN2000-45KTL-US-HV-D0)



Technical Specifications	SUN2000-45KTL-US-HV-D0
	Efficiency
Max. Efficiency	98.7%
CEC. Efficiency	98.5%
	Input
Max. Input Voltage	1,500 V
Max. Current per MPPT	22 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	30 A
Start Voltage	650 V
MPPT Operating Voltage Range	600 V ~ 1,450 V
Number of Inputs	8
Number of MPP Trackers	4
	Output
Rated AC Active Power	45,000 W
Max. AC Apparent Power	50,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	50,000 W
Rated Output Voltage	600 V, 3W + PE
Rated AC Grid Frequency	60 Hz
Rated Output Current	43.3 A
Max. Output Current	48 A
Adjustable Power Factor Range	0.8 LG ... 0.8 LD
Max. Total Harmonic Distortion	< 3%
	Protection
DC Arc Fault Circuit Interrupter	Yes, compliant to UL 1699B Type I
Input-side Disconnection Device	Yes
Anti-islanding Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes
	Communication
Display	LED Indicators, Bluetooth + APP
USB	Yes
RS485	Yes
Power Line Communication (PLC)	Yes
	General
Dimensions (W x H x D)	930 x 600 x 270 mm (36.6 x 23.6 x 10.6 inch)
Weight (with mounting plate)	64 kg (141 lb.)
Operating Temperature Range	-25°C ~ 60°C (-13°F ~ 140°F)
Cooling Method	Natural Convection
Relative Humidity	0 ~ 100%
DC Connector	Amphenol Helios H4
AC Connector	Waterproof Cable Connector + OT Terminal
Protection Degree	Type 4X
Topology	Transformerless
	Standard Compliance (more available upon request)
Certificate	UL 1741, UL 1699B, UL 1741 SA, CSA C22.2 #107.1-01, FCC Part 15
Grid Code	IEEE 1547, IEEE 1547a



The text and figures reflect the current technical state at the time of printing. Subject to technical changes. Errors and omissions excepted. Huawei assumes no liability for mistakes or printing errors. For more information, please visit solar.huawei.com. Version No.:01-(2018)08