



UNIVERSIDAD DE JAÉN

Escuela Politécnica Superior (Jaén)

Trabajo Fin de Grado

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA CONECTADA A RED EN MODALIDAD DE PRODUCCIÓN PARA EMPRESA DEL SECTOR AUTOMOVILÍSTICO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE MARTOS

Alumno: JAVIER MIRANDA VILLAR

Tutor: Prof. D. Jesús de la Casa
Hernández

Dpto: Ingeniería Eléctrica

MAYO, 2023



Universidad de Jaén
Escuela Politécnica Superior de Jaén
Departamento de Informática

Don Jesús De La Casa Hernández , tutor del Proyecto Fin de Carrera titulado:
INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA CONECTADA A RED EN MODALIDAD DE
PRODUCCIÓN PARA EMPRESA DEL SECTOR AUTOMOVILÍSTICO EN EL
TÉRMINO MUNICIPAL DE MARTOS, que presenta Javier Miranda Villar,
autoriza su presentación para defensa y evaluación en la Escuela Politécnica
Superior de Jaén.

Jaén, Mayo de 2023

El alumno:

Javier Miranda Villar

Los tutores:

Jesús De La casa Hernández



ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO 1. ANEXO: MEMORIA	7
1.1 INTRODUCCIÓN	8
1.2 ANTECEDENTES HISTÓRICOS	9
1.3 NOCIONES IMPORTANTES SOBRE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA	10
1.3.1 El efecto fotovoltaico	10
1.4 RADIACIÓN SOLAR	11
1.5 ASPECTOS TÉCNICOS	12
1.5.1 Panel fotovoltaico	12
1.6 OBJETO DEL PROYECTO	13
1.7 AUTOR DEL PROYECTO	14
1.8 LOCALIZACIÓN Y CLIMATOLOGÍA	14
1.9 ANTECEDENTES	15
1.10 ALCANCE	16
1.11. NORMATIVA, REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES	16
1.11.1 Otras referencias	17
1.12 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN	17
1.13 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	18
1.14 INVERSOR	20
1.15 INSTALACIÓN Y CONEXIONADO	21
1.16 RED DE CORRIENTE CONTINUA	21
1.17 CONDUCTORES	21
1.18 PROTECCIONES DE LA RED DE CORRIENTE CONTINUA	22
1.19 RED DE CORRIENTE ALTERNA	23
1.19.1 Cuadro general de baja tensión	23
1.19.2 Conexión a la red de BT de suministro interno	24
1.19.3 Módulo de medida y contador	25
1.19.4 Conductores	25
1.19.5 Canalizaciones	25
1.19.6 Protección de la interconexión	26



1.20 PUESTA A TIERRA	26
1.21 MONITORIZACIÓN Y COMUNICACIONES	27
1.22 Bibliografía	30
1.23 DEFINICIONES Y SÍMBOLOS	30
DOCUMENTO 2. ANEXO: CÁLCULO DE LA POTENCIA ÓPTIMA	33
2.1 POTENCIAL FOTOVOLTAICO	34
2.2 RESTRICCIONES LEGALES	35
2.3 VALOR DE LA POTENCIA ÓPTIMA	37
2.3.1 Coste medio de la energía	37
2.3.2 Precio de venta	38
2.3.3 Precio de adquisición de la energía	39
2.4. POTENCIA ÓPTIMA A INSTALAR.....	39
2.4.1 Coste medio de la energía	40
2.5 POTENCIA ÓPTIMA DE LA INSTALACIÓN	42
DOCUMENTO 3. ANEXO: CÁLCULOS DE GENERACIÓN, DIMENSIONADO, CONDUCTORES Y PROTECCIONES.....	46
3.1 DATOS DE GENERACIÓN.....	47
3.2 PRODUCTIVIDAD HORARIA FOTOVOLTAICA.....	47
3.3 POTENCIA ÓPTIMA	49
3.4 ELECCIÓN DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	49
3.4.1 Número de módulos a instalar.....	49
3.5 ELECCIÓN DE LOS INVERSORES	50
3.5.1 Comprobación de compatibilidad	50
3.5.2 Factor de dimensionado	50
3.5.3 Número máximo de módulos en serie.....	51
3.5.4 Número mínimo de módulos en serie	52
3.5.5 Número máximo de ramas en paralelo.....	53
3.6 CONFIGURACIÓN DEL GENERADOR	53
3.7 CÁLCULO DE CONDUCTORES.....	53
3.7.1 Red de corriente continua.....	53
3.7.2 Datos de partida.....	55
3.7.3 Criterio caída de tensión.....	55
3.7.4 Criterio térmico	56
3.7.5 Red de corriente alterna	59



3.7.6 Criterio de caída de tensión	59
3.7.7 Criterio térmico	60
3.8 INTENSIDAD NOMINAL DE MAGNETOTÉRMICOS DE PROTECCIÓN DE RAMA	61
DOCUMENTO 4. ANEXO: DATOS DE CONSUMO HORARIO	63
DOCUMENTO 5. ANEXO: DATOS DE RADIACIÓN	77
DOCUMENTO 6: ANEXO: FICHAS TÉCNICAS	91
6.1 SOLIS S5GC-60KW	92
6.2 HiKu7_CS7L-Mono-perc-610W	94
DOCUMENTO 7. PLANOS	97
DOCUMENTO 8: PLIEGO DE CONDICIONES	102
8.1 CONDICIONES GENERALES	103
8.1.1 Ámbito de aplicación	103
8.1.2 Documentos que definen las obras	103
8.1.3 Documentos que definen las obras (II)	103
8.2 DISPOSICIONES VIGENTES	104
8.2.1 Seguridad en el trabajo	105
8.2.2 Seguridad pública	105
8.3 CARÁTERISTICAS Y CALIDAD DE LOS MATERIALES	106
8.3.1 Generador fotovoltaico	106
8.3.2 Generalidades	106
8.3.3 Módulos fotovoltaicos	106
8.3.4 Inversor	107
8.3.5 Red de corriente continua	108
8.3.6 Red de corriente alterna	109
8.3.7 Puesta a tierra	109
8.4 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS	110
8.5 ENSAYO Y PRUEBAS DE RECEPCIÓN	110
8.6 MANTENIMIENTO	111
8.7 GARANTÍA	111
DOCUMENTO 9: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	113
9.1 OBJETO DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD	114
9.1.1 Descripción de obra y situación	114
9.1.2 Designación de un coordinador	114



9.1.3 Identificación de las actividades a realizar.....	115
9.1.4 Legislación y normativa técnica de aplicación	116
9.1.5 Servicios afectados y condiciones del terreno	117
9.1.6 Responsabilidad plan de seguridad	117
9.2 PRESUPUESTO PLAZO DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS DE LA SEGURIDAD SOCIA Y MANO DE OBRA.....	117
9.2.1 Relación de elementos a utilizar	118
9.2.2 Implantaciones de salubridad y confort	118
9.2.3 Botiquín de primeros auxilios	119
9.3 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS	119
9.4 MEDIDAS DE PREVENCIÓN PARA EVITAR RIESGOS.....	120
9.5 PROTECCIONES.....	121
9.6 PREVENCIÓN DE RIESGOS COLECTIVOS	122
9.7 CARÁCTERISTICAS GENERALES DE LA OBRA	122
DOCUMENTO 10: ESTUDIO ECONÓMICO	124
10.1 INTRODUCCIÓN	125
10.2 ESTUDIO DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA-FINANCIERA	125
10.2.1 Datos de partida.....	125
10.2.3 Coste de la financiación	127
10.2.4 Análisis financiero	129
10.2.5 Análisis económico	130
10.3 CONCLUSIONES	132
DOCUMENTO 11.....	134
PRESUPUESTO Y MEDICIONES	134
11.1 PRESUPUESTO Y MEDICIONES	135
11.1.1 Capítulo 01. Generador fotovoltaico	135
11.1.2 Capítulo 02. Red de baja tensión.....	137
11.1.3 Capítulo 03. Canalizaciones subterráneas.....	138
11.3 RESUMEN DEL PRESUPUESTO	138



TRABAJO FIN DE GRADO

DOCUMENTO 1. ANEXO: MEMORIA

1.1 INTRODUCCIÓN

La energía solar constituye la principal fuente de vida en la Tierra, dirige los ciclos biofísicos, geofísicos y químicos que mantienen la vida en el planeta, los ciclos del oxígeno, del agua, del carbono y del clima. La energía del sol es la que induce el movimiento del viento, del agua, y el crecimiento de las plantas. Por ello, la energía solar es el origen de la mayoría de las fuentes de energía renovables: eólica, hidroeléctrica, biomasa, de las olas y corrientes marinas, además del propio solar.

La energía solar fotovoltaica es aquella que se obtiene al convertir la luz solar en electricidad empleando una tecnología basada en el efecto fotoeléctrico. Se trata de un tipo de energía renovable, inagotable y no contaminante que puede producirse en instalaciones que van desde los pequeños generadores para autoconsumo hasta las grandes plantas fotovoltaicas.

España es uno de los países de Europa con mayor cantidad de horas de sol. Este factor, unido a los compromisos europeos de instalación de energías renovables, así como la conveniencia estratégica de disminuir la gran dependencia energética exterior y aumentar la autonomía energética ha hecho que la producción de energía solar sea particularmente atractiva en España, conllevando con esto una gran evolución de la energía solar fotovoltaica.

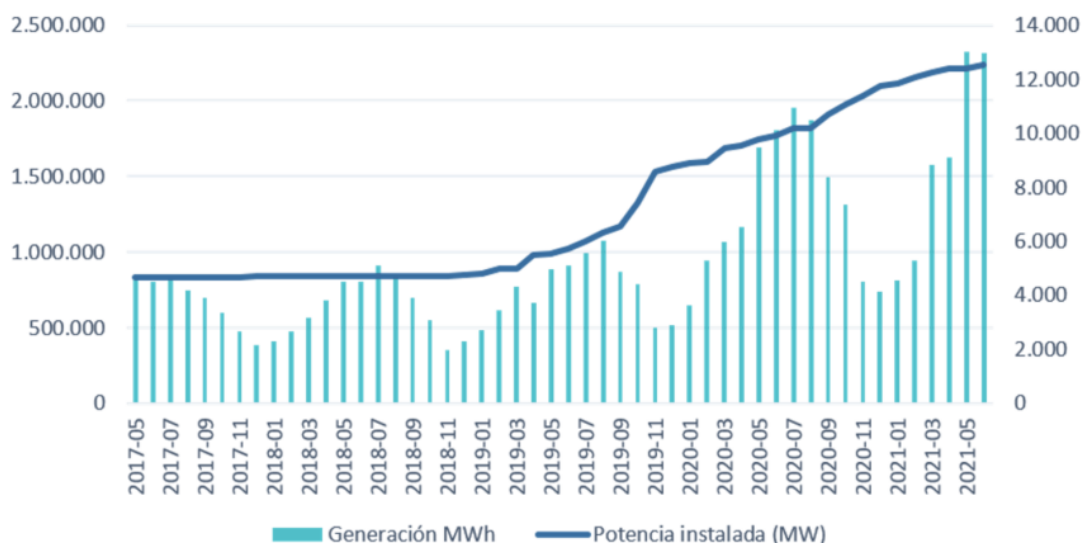


Figura 1.1.- Evolución de la energía solar fotovoltaica en España



Como se puede apreciar en la imagen anterior, se ha producido un notable incremento de la generación de energía solar fotovoltaica en estos últimos cuatro años, apreciándose de forma clara, la dinámica ascendente con la que se desarrolla este tipo de energía renovable en España.

Por otro lado, entra en vigor la nueva normativa de autoconsumo RD 244/2019 suprime el concepto de balance neto y lo sustituye por el de compensación de excedentes de consumo.

Ambas tratan de la contraprestación por la energía excedentaria vertida a la red eléctrica, pero con un matiz que las diferencia.

El balance neto supone una compensación vatio a vatio, es decir, cada vatio excedentario es devuelto por la compañía en la misma proporción, restando esos vatios de la factura.

En la compensación de excedentes, la compañía eléctrica asigna un coste a cada vatio que vertemos a la red y, al final del periodo de facturación, suma el total del coste de todos los vatios vertidos y nos lo descuenta de la factura.

1.2 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

El término fotovoltaico proviene del griego phos, que significa “luz” y voltaico, que proviene de la electricidad, en honor al científico italiano Alejandro Volta, (que también proporcionar el término voltio a la unidad de medida de la diferencia de potencial en el Sistema Internacional de Medidas).

El término fotovoltaico comenzó a usarse en Inglaterra desde el año 1849. El efecto fotovoltaico fue reconocido por primera vez en 1839 por el físico francés Becquerel, pero la primera célula solar no se construye hasta 1883.

Su autor fue Charles Fritts, quién recubrió una muestra de selenio semiconductor con un pan de oro para formar el empalme. Este primitivo dispositivo presentaba una eficiencia de solo un 1%. Russel Ohl patentó la célula solar moderna en el año 1946, aunque Sven Ason Berglund había patentado, con anterioridad, un método que trataba de incrementar la capacidad de las células fotosensibles.

La era moderna de la tecnología de potencia solar no llegó hasta el año 1954 cuando los laboratorios Bell, descubrieron de manera accidental que los semiconductores de silicio dopado con ciertas impurezas, eran muy sensibles a la luz.

Estos avances contribuyeron a la fabricación de la primera célula solar comercial con una conversión de la energía solar de, aproximadamente el 6%.

La URSS lanzó su primer satélite espacial en el año 1957, y los EEUU un año después. En el diseño de éste se usaron células solares creadas por Peter Lles en un esfuerzo encabezado por la compañía Hoffman Electronics.



La primera nave espacial que usó paneles solares fue el satélite norteamericano Vanguard, lanzado en marzo de 1958. Este hito generó un gran interés en la producción y lanzamiento de satélites geoestacionarios para el desarrollo de las comunicaciones, en los que la energía provendría de un dispositivo de captación de la luz solar. Fue un desarrollo crucial que estimuló la investigación por parte de algunos gobiernos y que impulsó la mejora de los paneles solares.

En 1970, La primera célula solar con estructura de arseniuro de galio (GaAs) y altamente eficiente se desarrolló en la extinguida URSS por Zhore Alferov y su equipo de investigación.

1.3 NOCIONES IMPORTANTES SOBRE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA

1.3.1 El efecto fotovoltaico

El efecto fotovoltaico (FV) es la base del proceso mediante el cual una célula FV convierte la luz solar en electricidad.

La luz solar está compuesta por fotones, o partículas energéticas. Estos fotones son de diferentes energías, correspondientes a las diferentes longitudes de onda del espectro solar. Cuando los fotones inciden sobre una célula FV, pueden ser reflejados o absorbidos, pueden pasar a su través. Únicamente los fotones absorbidos generan electricidad.

Cuando un fotón es absorbido, la energía del fotón se transfiere a un electrón de un átomo de la célula. Con esta nueva energía, el electrón es capaz de escapar de su posición normal asociada con un átomo para formar parte de una corriente en un circuito eléctrico.

Las partes más importantes de la célula solar son las capas de semiconductores, ya que es donde se crea la corriente de electrones.

Estos semiconductores son especialmente tratados para formar dos capas diferentes dopadas (tipo p y tipo n) para formar un campo eléctrico, positivo en una parte y negativo en otra.

Cuando la luz solar incide en la célula se liberan electrones que pueden ser atrapados por el campo eléctrico, formando una corriente eléctrica. Es por ello que estas células se fabrican a partir de este tipo de materiales, es decir, materiales que actúan como aislantes a baja temperatura y como conductores cuando se aumenta la energía.

Las células FV convierten la energía de la luz en energía eléctrica. El rendimiento de conversión, esto es, la proporción de luz solar que la célula convierte en energía eléctrica, es fundamental en los dispositivos fotovoltaicos, ya que el aumento del rendimiento hace de la energía solar FV una energía más competitiva con otras fuentes.

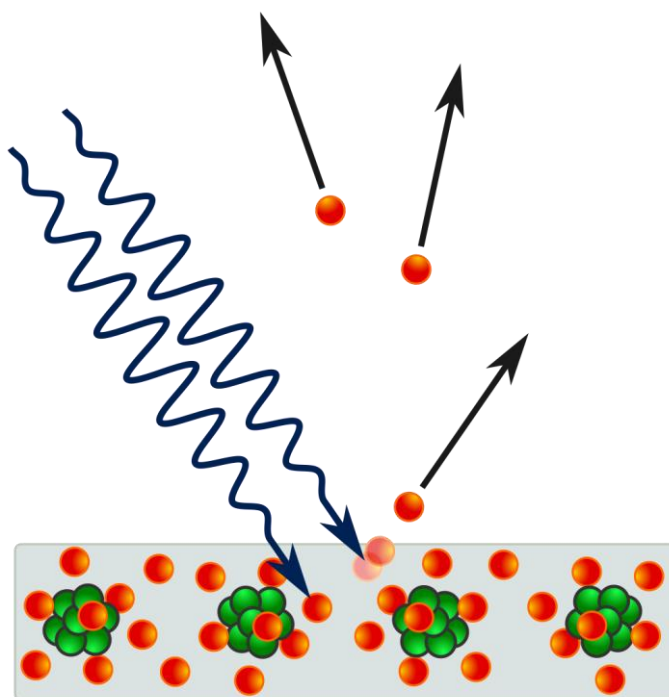


Figura 1.2.- Efecto fotovoltaico

1.4 RADIACIÓN SOLAR

La energía solar resulta del proceso de fusión nuclear que tiene lugar en el sol. Esta energía es el motor que mueve nuestro medio ambiente, siendo la energía solar que llega a la superficie terrestre 10.000 veces mayor que la energía consumida actualmente por toda la humanidad.

La radiación es transferencia de energía por ondas electromagnéticas y se produce directamente desde la fuente hacia fuera en todas las direcciones. Estas ondas no necesitan un medio material para propagarse, pueden atravesar el espacio interplanetario y llegar a la Tierra desde el Sol.

La longitud de onda y la frecuencia de las ondas electromagnéticas, son importantes para determinar su energía, su visibilidad y su poder de penetración.

Todas las ondas electromagnéticas se desplazan en el vacío a una velocidad de 299.792 km/s. Estas ondas electromagnéticas pueden tener diferentes longitudes de onda.

El conjunto de todas las longitudes de onda se denomina espectro electromagnético. El conjunto de las longitudes de onda emitidas por el Sol se denomina espectro solar.

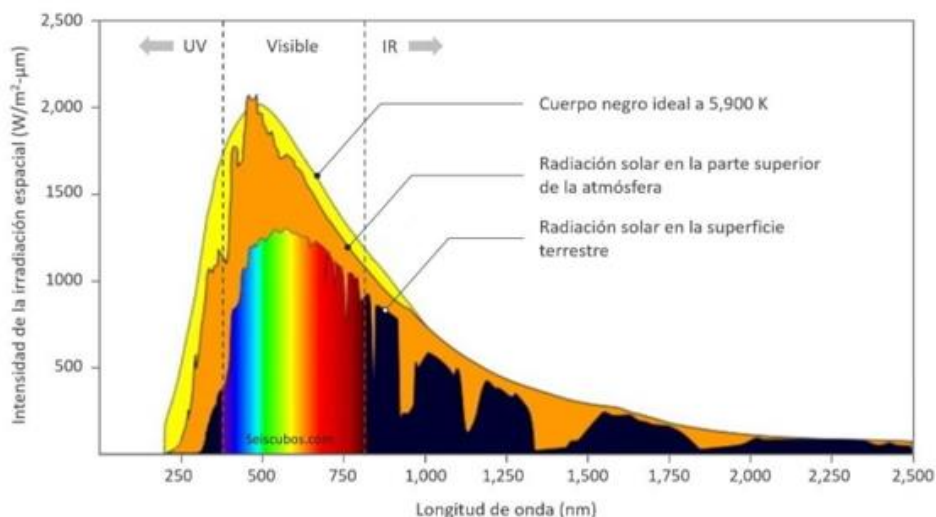


Figura 1.3- Distribución espectral de la radiación solar incidente

Como muestra la ilustración 1.3, los rayos X y otras radiaciones de onda muy corta del espectro solar son absorbidos en gran medida en la ionosfera por el nitrógeno, el oxígeno y otros componentes atmosféricos.

La mayor parte de los rayos ultravioleta, por su parte, son absorbidos por el ozono. Para longitudes de onda superiores a 2,500 nm se produce una fuerte absorción debida al dióxido de carbono y al agua presentes en la atmósfera, por lo que llega muy poca radiación de este tipo hasta la superficie terrestre.

En lo que respecta a las aplicaciones terrestres de la energía solar, las radiaciones más importantes tienen longitudes de onda comprendidas entre 290 y 2,500 nm. Estas radiaciones también son las que más variaciones sufren debido a la difusión y la absorción, especialmente en la parte de los infrarrojos.

1.5 ASPECTOS TÉCNICOS

1.5.1 Panel fotovoltaico

Los módulos fotovoltaicos o colectores solares fotovoltaicos están formados por un conjunto de celdas (Células fotovoltaicas) que producen electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos. El parámetro estandarizado para clasificar su potencia se denomina potencia pico, y se corresponde con la potencia máxima que el módulo puede entregar bajo unas condiciones estandarizadas, que son:

- Radiación de 1000 W/m^2 .
- Temperatura de célula de 25°C (no temperatura ambiente).

Las placas fotovoltaicas se dividen en:

- Cristalinas.
- Monocristalinas: se componen de secciones de un único cristal de silicio (reconocibles por su forma circular u octogonal, donde los cuatro lados cortos, si se observa se aprecia que son curvos, debido a que es una célula circular recortada).
- Policristalinas: cuando están formadas por pequeñas partículas cristalizadas.
- Amorfás: cuando el silicio no se ha cristalizado.



Figura1.4.- Módulo fotovoltaico

1.6 OBJETO DEL PROYECTO

El objeto principal de este proyecto es diseñar una extracción solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica destinada para el autoconsumo de una empresa dedicada a la industria de la automoción, situada en Martos-Jaén.

Para poder lograr el objetivo de forma exitosa se establecen una serie de objetivos parciales que conducen a la meta propuesta:

- Determinación de la potencia fotovoltaica óptima a instalar en función del consumo de la industria en el año anterior.
- Diseño del generador fotovoltaico instalado en el tejado de la nave industrial.
- Diseño de las instalaciones eléctricas de baja tensión, tanto en la parte de la corriente continua (CC) como en la corriente alterna (CA), desde el campo generador hasta el punto de conexión con la red, incluyendo cableado, paralaje, inversor y equipos necesarios.
- Diseño de los sistemas de protección para personas, equipos e interconexión con la red de baja tensión.



1.7 AUTOR DEL PROYECTO

El estudio del diseño del generador fotovoltaico según las necesidades de consumo energético que tiene la empresa para la cual se está elaborando el presente proyecto, el estudio y análisis y distintas necesidades para su correcta ejecución ha sido llevado a cabo por:

- Nombre: Javier Miranda Villar.
- DNI: 77373130-A.
- Dirección: Calle Camino de los Ayzos,2, Martos (Jaén).
- Código Postal: 23600.
- Móvil: 664102130.
- Correo electrónico: jmv00027@red.ujaen.es.

1.8 LOCALIZACIÓN Y CLIMATOLOGÍA

La ejecución del proyecto será en la provincia de Jaén. Como se puede observar en la imagen 6.1, se encuentra entre zona IV y V.

La instalación a proyectar está situada en la ciudad de Martos- Jaén. La dirección es Avenida de la forja, S/n. 23600, Martos (Jaén). España.

Para la realización del proyecto, hemos elegido una empresa dedicada al sector automovilístico, la cual opera como uno de los proveedores principales de Valeo, la empresa líder en el sector de iluminación en vehículos, en el cual se realizan tanto moldes para fabricación de piezas plásticas como útiles de trabajo, ensamblaje de maquinaria y puesta a punto de la misma.

Coordenadas:

- 37.70349°N.
- -3,96855°O.

Ver plano N°1 “Situación” del documento básico “planos” del proyecto.

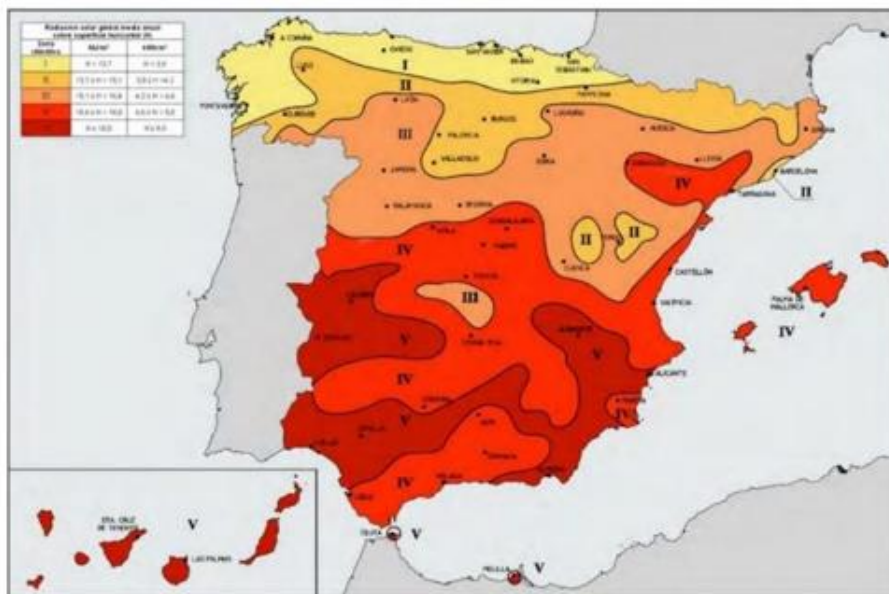


Figura 1.5.- Mapa de zonas climáticas según radiación solar en España

1.9 ANTECEDENTES

Hasta el momento la empresa obtenía el 100% del suministro de energía de la red. Con el presente proyecto se pretende implementar una instalación fotovoltaica capaz de abastecer el consumo total demandado por la empresa conllevando una reducción del consumo de la red, con lo que se consigue una reducción de costes.

En este proyecto se ha tenido en cuenta en todo momento lo estipulado en el documento de propuesta de trabajo de fin de grado presentado y aprobado por la “Comisión de Trabajos Fin de Grado” de la Escuela Politécnica Superior de Jaén.



1.10 ALCANCE

El alcance de este proyecto se limita al diseño de la instalación fotovoltaica, su conexión a la red de BT. y a la monitorización de dichas instalaciones.

Quedando al margen de este proyecto otros aspectos como el estudio estructural de la cubierta y las acciones derivadas de la instalación de los módulos fotovoltaicos, no obstante, si se tendrá en cuenta en el diseño reducir al mínimo estas acciones.

1.11. NORMATIVA, REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES

Para la elaboración del presente proyecto se ha tenido en cuenta las siguientes normas, reglamentos y disposiciones oficiales:

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Real Decreto 1995/2000, de 1 de diciembre, porque regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, porque se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITCRAT 01 a 023.
- Ley 22/2013 de 26 de diciembre del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y producción con autoconsumo.
- Real Decreto-Ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y protección de los consumidores.
- Real Decreto 614/2001: Disposiciones mínimas para la protección y seguridad de los trabajadores en instalaciones eléctricas.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e instrucciones técnicas complementarias.
- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Especificación AENOR EA 0038. Cables eléctricos de utilización en circuitos de sistemas fotovoltaicos.
- Normas particulares de Iberdrola.
- Normas UNE que sean de aplicación.
- Real Decreto 1627/97, sobre disposiciones mínimas en materia de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.

1.11.1 Otras referencias

Para la redacción de este Proyecto se ha utilizado el material académico de las asignaturas impartidas en la Escuela Politécnica Superior de Jaén “Tecnología Eléctrica de los Sistemas Fotovoltaicos”, “Instalaciones Fotovoltaicas” y “Gestión y Mantenimiento de Sistemas Fotovoltaicos”, asignaturas optativas grado de Ingeniería electrónica industrial.

Así como otras fuentes las cuales están más detalladas en el apartado bibliografía presente en este proyecto.

1.12 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

La instalación consta de 1 generador fotovoltaico de 60 kWp compuesto por 105 módulos fotovoltaicos de 610 W cada uno conectados a través de un inversor de 60 kW de potencia a la red interna de suministro eléctrico de la industria, los módulos estarán dispuestos en la cubierta de la nave industrial Plano III (Anexo 6).

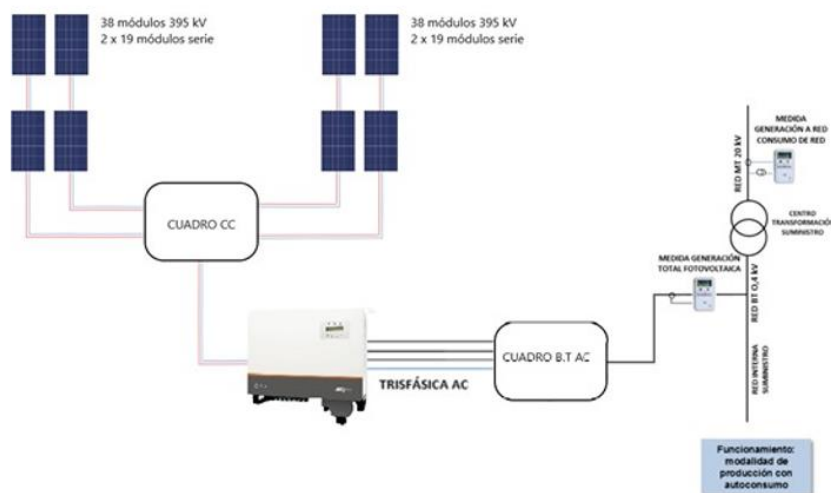


Figura 1.6.- Esquema general de la instalación fotovoltaica



Los cuadros CC y BT AC esta conformados por:

- Cuadro CC: conexión, seccionamiento y monitorización.
- Cuadro BT AC: conexión, protección y maniobra.

1.13 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

El módulo fotovoltaico elegido set el módulo “HiKu7_CS7L-Mono-perc-610W.”. de silicio monocristalino, 610 W de potencia, distribuido por Canadian solar.

Se ha elegido dicho módulo debido a las buenas características que presenta.

Para realizar el dimensionado de la instalación se tendrá que en cuenta las características del módulo proporcionadas por el fabricante (ANEXO V).

Tabla 1.1.- Parámetros principales del módulo en condiciones estándar

Parámetro	Valor
Potencia Nominal W	610 W
Eficiencia del módulo	21,6%
Corriente Punto de Máxima Potencia	17,2 A
Tensión Punto de Máxima Potencia	35,3 V
Corriente en Cortocircuito I_{sc}	18,5 A
Tensión de Circuito Abierto V_{oc}	41,7 V
Coeficiente de Temperatura de I_{sc}	0,05% /°C
Coeficiente de Temperatura de V_{oc}	-0,26% /°C
Coeficiente de Temperatura de (P)	-0,34% /°C
Tipo de célula	PERC Mono-Cristalino Silicon S.
Tensión máxima del sistema V	457 W

Tabla 1.2.- Datos mecánicos del módulo

DATOS	
Dimensiones mm	2172 × 1303 × 35 mm ($L \times W \times H$)
Peso kg	31
Células Solares	120
Cables de salida	1.5 m de largo, 1 × 4 mm ²
Conector	MC4-Evo2

A continuación, se mostrarán las curvas I-V de dicho módulo. En la cuales se observa:

- Operación de célula en función de la temperatura.
- Incidencia de irradiancia.

CS7L-590MS / I-V CURVES

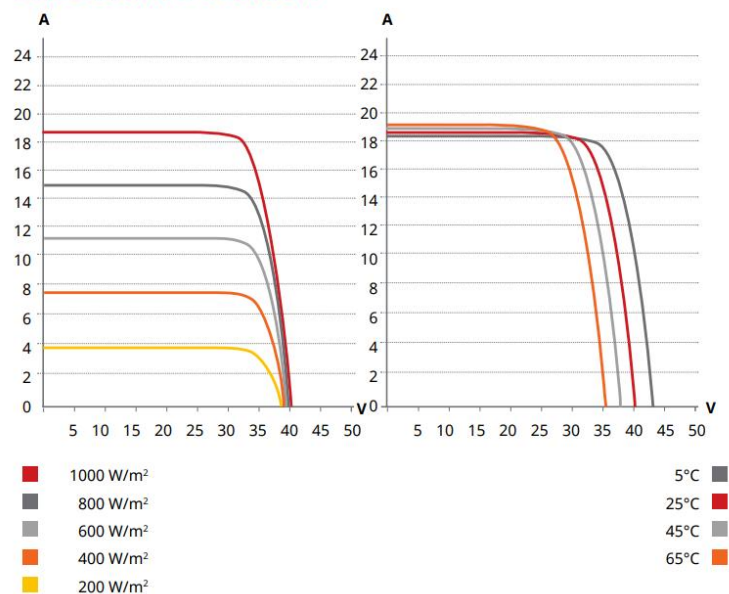


Figura 1.7.- Operación de célula en función de la temperatura

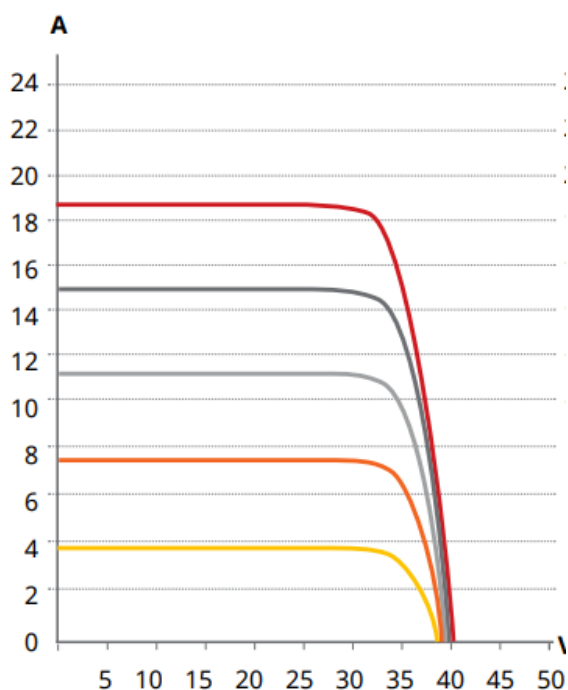


Figura 1.8.- Incidencia de irradiancia



1.14 INVERSOR

Para la conexión del generador a la red se utilizará un inversor de 60 kW de la casa Solis en concreto el modelo “Solis S5-GC60KW”, el cual será el encargado de convertir a la corriente continua generada por los módulos fotovoltaicos en corriente alterna que se inyecta a la red.

El inversor utilizado posee un funcionamiento completamente automático con seguimiento del punto de máxima potencia.

Las principales características del inversor elegido serán:

- Eficiencia máx. 98,7%.
- IP66.
- Relación CC/CA del 150%.
- Corriente de cadena de hasta 16 A.
- Soporta RS485, Wifi, GPR.
- Soporta control de potencia de exportación.
- Refrigeración inteligente y redundante del ventilador.
- Amplio rango de voltaje y bajo voltaje de arranque.
- Protección AFCI, reduce proactivamente el riesgo de incendio.
- Soporta el acceso de alambre de aluminio para reducir costos.
- Monitoreo inteligente de cadenas, SCAN inteligente de curvas I-V.
- Componentes de marca reconocidos a nivel mundial para una vida útil más larga.
- Admite módulos de alta potencia para reducir los costos de instalación.
- Diseño de 6 MPPT, admite el diseño de sistemas de orientación múltiple.
- Función de recuperación de PID nocturna, aumenta el rendimiento general del sistema (opcional).
- Escanear para registrarse en SolisCloud, admite actualización y control remotos.
- Soporta comunicación GPRS/Wifi con menos cableado y menores costos de instalación.

En la siguiente tabla se mostrarán las principales características técnicas del inversor.

Las cuales se han obtenido de las hojas de características ver (Documento 5).

Tabla 1.3- Características del inversor

Parámetro	Valor
Potencia de CC máxima	60 kW
Rango de tensión MPP	180-1000 V
Máxima tensión de entrada	1100 V
Máxima intensidad de entrada	32 A
Potencia nominal de salida	60 kW
Tensión de salida nominal	400 V
Frecuencia	60 HZ
Máxima intensidad de salida	100 A
Eficiencia	97,8%
Rango de temperaturas	-25 °C-60 °C
Grado de protección	IP66

Deberá cumplir las normas EMC EN 61000; EN 62109 y la normativa establecida en el RD 1699/2011 por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.

1.15 INSTALACIÓN Y CONEXIONADO

Los módulos al igual que las cajas de conexión serán instaladas en la propia cubierta de la nave industrial, en la zona A y B, los cuales adoptarán la inclinación de la propia nave, 12 grados. Irán dispuestos tal y como se muestra en el Anexo 6 (planos).

Dichas cajas serán de clase de protección IP66 y albergarán los elementos de protección frente a sobretensiones y sobre-intensidades indicados en el plano N.º 2 (Anexo 6 planos).

Se dispondrá de un cuadro general CC donde se realizará la conexión de los dos subgeneradores con el inversor. En dicho cuadro se dispondrá por cada inversor, y en el caso en que este no lo tenga incorporado, un interruptor seccionador para separar el inversor de la red de continua, de intensidad nominal 86,6 A y tensión 1000 V CC.

1.16 RED DE CORRIENTE CONTINUA

La red de corriente continua estará comprendida entre los módulos fotovoltaicos y el inversor.

Para el dimensionado de corriente continua se tendrán en cuenta una serie de normas:

- UNE-HD 60364-7-712: "Instalaciones eléctricas de baja tensión".
- UNE-EN 50618; "Cables eléctricos para sistemas fotovoltaicos".
- UNE-HD 60364-5-52: "Instalaciones eléctricas de baja tensión".
- AENOR EA 038: "Cables eléctricos de utilización en circuitos de sistemas fotovoltaicos".

1.17 CONDUCTORES

Los conductores a utilizar estarán especialmente diseñados para ser utilizados en la red de continua de sistemas fotovoltaicos. Cumplirán las especificaciones de la norma *UNE-EN 50618* "Cables eléctricos para sistemas fotovoltaicos".

Sus principales características son:

- Designación: H1Z2Z2-K.
- Tensión nominal: U_0/U 1,5/1,5 kV.
- Tensión máxima: U_{MAX} 1,8 kV.
- Conductor de cobre electrolítico estañado, clase 5 (flexible).
- Rango de temperaturas -40°C $+90^{\circ}\text{C}$.
- Máxima temperatura del conductor 120°C .
- Resistentes a la intemperie: rayos ultravioletas, ozono, absorción de agua.
- Cables de alta seguridad (AS): aislamiento y cubierta de compuesto reticulado libres de halógenos.
- No propagación de llama, no propagadores de fuego; baja emisión de humos; baja

Emisión de gases corrosivos.

- Vida útil de 30 años.
- Por otro lado, las secciones, justificadas debidamente en la memoria de cálculo, serán las siguientes.
- Módulo - módulo (formación de strings): de 4 mm^2 .
- Strings - Inversores: sección de 10 mm^2 .

Atendiendo a las características mencionadas anteriormente se dispondrá al correcto diseño del cableado de corriente continua.

En el cual se tendrá que tener en cuenta unas determinadas zonas de cableado.

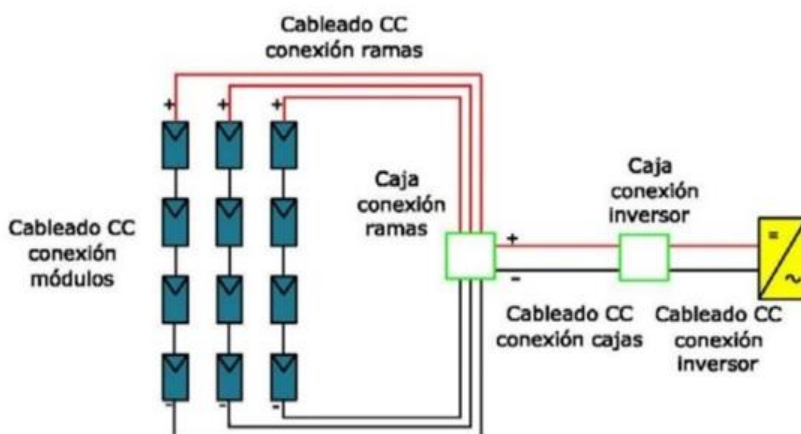


Figura 1.9.- Esquema zonas cableado CC de un generador fotovoltaico

A continuación, se mostrará un esquema donde se puede observar los distintos tramos que obtendremos de cableado para realizar las conexiones.

La red de corriente continua consta:

- Tramo 1: Desde caja de conexión CC inversor hasta la entrada del inversor (65 m), $25 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$.
- Tramo 2: Caja de conexión de ramas hasta caja de conexión CC inversor (52 m), $25 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$.
- Tramos 3: Cableado que realiza las conexiones de los módulos que forman las ramas, conductores unifilares de $4 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$.

1.18 PROTECCIONES DE LA RED DE CORRIENTE CONTINUA

El generador fotovoltaico consta para proteger la red de corriente continua de un sistema de protección de equipos basado en la instalación de:

- Descargadores de sobretensión.
- Diodos.
- Magnetotérmicos.



La protección frente a sobreintensidades tiene por objeto impedir que ninguna de las ramas del generador se convierta en carga de las demás en situaciones de sombreados parciales y de cortocircuitos en el generador.

Los diodos de paso que traen incorporados los módulos impiden estas sobrecargas en situaciones de sombreados parciales y la utilización de interruptores Magnetotérmicos las sobrecargas y sobreintensidades en situaciones de cortocircuito.

El empleo de interruptores Magnetotérmicos es la opción más interesante para la protección frente a sobreintensidades por las ventajas que ofrecen frente a los fusibles como: no introducen pérdidas en el circuito; no necesitan reposición en caso de actuación; permiten separar, incluso bajo carga, y aislar de una manera fácil las ramas para poder efectuar trabajos de reparación o mantenimiento; presenta una mejor curva de protección.

Por otro lado, también dispondrá de un sistema para la protección de personas, en cual estará basado en:

- Aislamiento de las partes activas de la red CC.
- Uso de una configuración flotante para generador.
- Utilización de un controlador permanente de aislamiento.
- Puesta a tierra de todas las masas que por defectos de aislamiento pudieran quedar en tensión.

1.19 RED DE CORRIENTE ALTERNA

La red de corriente alternar de baja tensión partirá desde la salida del inversor hasta llegar al cuadro general de baja tensión del centro de transformación, dicha red será trifásica con una tensión nominal de 600 V.

En dicho cuadro se instalarán los siguientes elementos de protección:

- Interruptor general magnetotérmico de 110,98 A, 4P, 600 V, con intensidad de cortocircuito de 25 kA, el cual consta un módulo de protección diferencial de sensibilidad regulable 30-300 mA con que se conseguirá evitar disparos intempestivos.

Para la protección del inversor se usarán interruptores magnetotérmicos de 110,98 A, 4P, 600 V, con intensidad de cortocircuito de 10 kA.

Por otro lado, se dispondrá de un dispositivo de protección frente a sobretensiones formado por un descargador.

1.19.1 Cuadro general de baja tensión

El cuadro general de baja tensión estará situado en la sala del inversor. En dicho cuadro se realizará el conexionado del inversor con la red de baja de corriente alterna y la conexión de la instalación fotovoltaica con el cuadro general de baja tensión del centro de alimentación el cual suministra la energía.

El cuadro de baja tensión estará compuesto por:

- Interruptor general magnetotérmico de 110,98 A, 4P, 600 V, con una intensidad de cortocircuito de 25 kA.
- 1 interruptor magnetotérmico de 110,98 A, 4P, 600 V, con intensidad de cortocircuito de 10 kA. Para la protección del inversor.
- Dispositivo de protección frente a sobretensiones formado por un descargador de las siguientes características.
 - Máxima tensión de servicio U_c 255 V/50 Hz.
 - Capacidad de apagado de la corriente consecutiva con U_c if 25 kAeff.
 - Corriente de choque tipo rayo (10/350) 75 kA.
 - Nivel de protección $U_p < 1,5$ kV.
 - Grado de protección IP20.

1.19.2 Conexión a la red de BT de suministro interno

La instalación fotovoltaica se conectará en una de las salidas del cuadro de baja tensión del centro de transformación propio de la industria.

Dicha conexión se realizará a través de un módulo de acometida, un módulo de medida y un módulo de contador con se puede observar en la imagen 1.10.

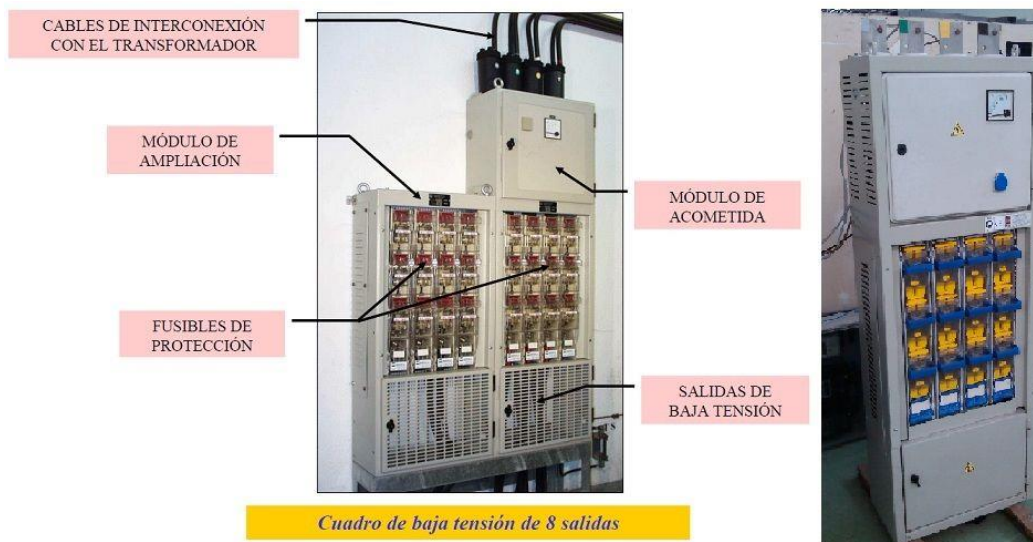


Figura 1.10.- Módulos de conexión con la red de baja tensión



1.19.3 Módulo de medida y contador

El módulo debe ser el encargado de medir tanto la energía que va para suministro interno es decir la energía autoconsumida como los excedentes de energía, es decir, la energía que se vierte a la red.

Para ello será necesario que la empresa suministradora utilice un contador de medida bidireccional el cual debe ir situado en el lado de alta del CT.

El módulo de medida y contador debe cumplir la normativa ENDESA NNLL005:

- Contador electrónico combinado para medida en cuatro cuadrantes y con clase de precisión 0,5 para activa y 1 para reactiva. Dispondrá de puerto óptico para la lectura y parametrización local y puerto serie RS232 para la conexión de un módem/interfaz.
- Registrador local de medidas con capacidad de lectura directa de la memoria del contador.
- Modem para la comunicación.
- 3 transformadores de intensidad de las siguientes características:
- Tensión nominal de aislamiento: 0,6 kV.
- Potencia nominal de precisión: 0,5s.
- Tipo de aislamiento: seco a base de resinas sintéticas.
- Intensidad límite térmica (I_{ter}): 60. Ip.
- Intensidad límite dinámica (I_{din}): 2,5 I_{ter} .
- Factor de seguridad (F_s): < 5.
- Intensidad nominal secundaria (I_s): 5 A.
- Intensidad nominal primaria (I_p): 200 A.
- Elementos de conexión.

1.19.4 Conductores

Desde el inversor hasta el cuadro general se utilizará un cable RZ1-K 0,6/1 kV EXZHELLENT GENERAL CABLE de 25 mm² de sección.

La conexión del cuadro general de baja tensión ubicado en la sala del inversor con el cuadro general de BT. del centro de transformación, se realizará con cables unipolares aislados con polietileno reticulado (XLPE) y con cubierta a base de policloruro de vinilo (PVC), RZ1-K 0,6/1 kV EXZHELLENT GENERAL CABLE de 25mm² de sección.

El top de montaje será enterrado bajo tubo hasta el cuadro general de Baja Tensión.

1.19.5 Canalizaciones

La canalización será entubada, instalándose los conductores bajo tubo de polietileno de 160 mm de diámetro que cumplirá las normas UNE EN 50086 y las de la Cía. Distribuidora.

La zanja tendrá una anchura mínima de 0.35 m y una profundidad de 0.9 m. En el fondo de la zanja y en toda la extensión se colocará una solera de limpieza de 0.05 m de espesor de arena, sobre la que se depositarán los tubos. A continuación, se colocará otra capa de arena con un espesor de 0.10 m por encima de los tubos y envolviéndolos completamente. Por último, se efectuará el relleno de la zanja con zahorra y se procederá



al compactado por medios mecánicos.

Sobre esta capa de tierra, y a una distancia del suelo de unos 0.20 m se colocará una cinta de señalización como advertencia de la presencia de cables eléctricos, las características, color, etc., de esta cinta serán las establecidas en las normas de la Cía. Distribuidora.

Para facilitar el montaje se dispondrá de arqueta en la entrada del centro de transformación y en los cambios de dirección de los tubulares y en las alineaciones superiores a los 40 metros.

1.19.6 Protección de la interconexión

Para la protección de la interconexión el inversor deberá incorporar las funciones de protección de frecuencia. El inversor será el encargado de realizar las maniobras de desconexión ante la pérdida de tensión o frecuencia en la red, el rearme de este será automático una vez vuelvan a la normalidad las condiciones de suministro de la red. El fabricante del inversor deberá aportar las certificaciones específicas de protección de acuerdo con el Real Decreto 1699/2011.

1.20 PUESTA A TIERRA

Dicha red tiene como objetivo permitir la correcta actuación de los limitadores de corriente y sobretensiones de la protección interna, difundir a tierra las corrientes de rayo en el caso de impacto en los dispositivos captadores de la protección externa, y la protección de personal frente a contactos indirectos.

Para la puesta a tierra se deberán seguir las instrucciones del Real Decreto 1699/2011 y la ITC-BT-40, donde se deben de cumplir las siguientes condiciones:

- De acuerdo con el Real Decreto 1699/2011, la instalación dispondrá de una separación galvánica entre la red de CC y CA. Para ello los inversores incorporarán dicha función, bien sea por medio de un transformador de aislamiento o cualquier otro medio que cumpla las mismas funciones de acuerdo con la reglamentación de seguridad y calidad industrial aplicable.
- Las masas de la instalación fotovoltaica estarán conectadas a una tierra independiente de la del neutro del centro de transformación.
- Para la puesta a tierra de la instalación fotovoltaica se utilizará el mismo electrodo de tierra existente para el suministro de la nave industrial. Para la puesta a tierra se utilizarán conductores de protección independientes de las masas del resto del edificio.

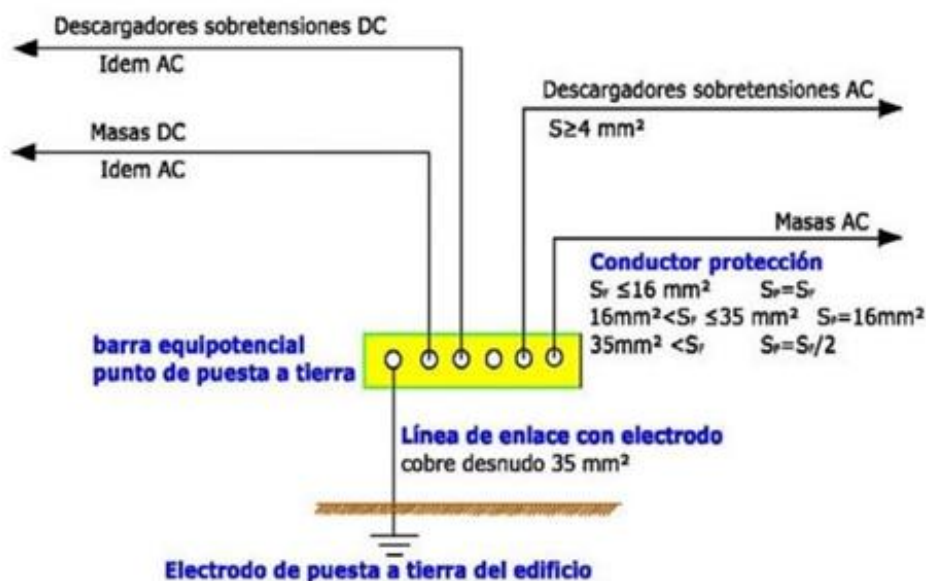


Figura 1.11.- Puesta a tierra

1.21 MONITORIZACIÓN Y COMUNICACIONES

La instalación fotovoltaica dispondrá de un sistema de monitorización y comunicaciones para registrar los principales parámetros de operación del generador y para posibilitar la consulta remota de los mismos. Así, la información obtenida mediante este sistema de tele monitorización, permitirá:

- Determinar si las instalaciones fotovoltaicas están funcionando correctamente, es decir, si producen la energía esperada y si los valores de sus principales parámetros están dentro de los márgenes adecuados de funcionamiento.
- Realizar el mantenimiento preventivo y correctivo de las instalaciones fotovoltaicas (detección de fallos, prevención de averías, etc.).
- Mejorar el funcionamiento de los sistemas que componen el generador, mediante el análisis de los datos históricos de operación.

La infraestructura que se desarrollará para la instalación de los sistemas de telecomunicaciones constará de los elementos necesarios para satisfacer las comunicaciones de datos mediante la creación de redes de datos locales (LAN), interconexión de las redes locales y conexión con las redes de datos exteriores (WAN-Internet).

Siendo necesario dotar a las instalaciones de un acceso a Internet para permitir la visualización de las páginas HTML con la información sobre la operación de la planta. El sistema de monitorización cumplirá básicamente con las normas UNE-EN 61724: 2000 "Monitorización de sistemas fotovoltaicos. Guías para la medida, el intercambio de datos y el análisis"; UNE-EN 61724-1: 2017 "Rendimiento del sistema fotovoltaico. Parte 1: Monitorización".



La norma UNE-EN 61724: 2000 Está basada en dos estándares internacionales que también serán considerados:

- EUR 16338 ENGuidelines for the Assessment of Photovoltaic Plants, Document B, Analysis and Presentation of Monitoring Data, Issue 2. Ispra, 1990.
- CEI/IEC 61724:1998, Photovoltaic system performance monitoring- Guidelines for measurement, data exchange and analysis.
- En dichos estándares se describen dos posibles tipos de monitorización.
- Monitorización global: Este tipo de monitorización se realiza mediante el registro de datos de forma manual, mediante lecturas acumuladas de los parámetros más significativos del sistema fotovoltaico, a intervalos no superiores a un mes.
- Las variables monitorizadas son: La irradiación en el plano del generador (kWh/m²), la energía a la salida del generador (kWh), la energía suministrada a todas las cargas (kWh), la energía suministrada a la red (kWh), y la energía suministrada por generadores auxiliares (kWh). Esta monitorización se recomienda para instalaciones fotovoltaicas de poca potencia (menor de 5 kWp) con el objeto de no aumentar mucho el coste de las mismas.
- Monitorización analítica: Este tipo de monitorización se basa en un sistema automático de adquisición de datos capaz de tomar muestras cada diez minutos y almacenarlas, o bien, de tomar muestra cada minuto y almacenar los valores medios cada hora.
- El conjunto mínimo de parámetros que deben ser monitorizados y sus unidades se recogen en la tabla 8 y se muestran en la figura 7.
- Esta monitorización se recomienda para instalaciones fotovoltaicas de media-alta potencia (mayor de 5 kWp) para las cuales el coste del sistema de monitorización no repercute excesivamente en el precio final de la instalación.

Tabla 1.4.- Parámetros medidos en monitorización analítica

Parámetro	Símbolo	Unidades
Irradiancia global en el plano del generador	G_I	W/m^2
Temperatura ambiente	T_{AM}	$^{\circ}C$
Tensión a la salida del generador	V_A	V
Corriente a la salida del generador	I_A	A
Tensión de la parte continua	V_S	V
Corriente a la salida del conversor CC/CC	I_C	A
Corriente a todas las cargas de CC	$I_{L,c.c}$	A
Corriente a la entrada del inversor	I_{II}	A
Potencia a la salida del inversor	P_{IO}	kW
Potencia suministrada a las cargas CA	$P_{L,AC}$	kW

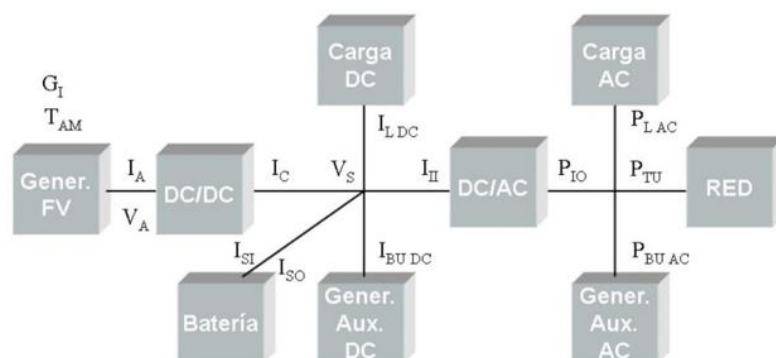


Figura 1.12.- Esquema general de monitorización analítica

El sistema de monitorización proporcionará medidas, como mínimo, de las siguientes variables:

- Tensión y corriente CC a la entrada del inversor.
- Tensión y corriente AC de cada una de las fases a la salida del inversor.
- Potencia activa y reactiva de salida del inversor.
- Energía activa de salida del inversor.
- Radiación solar en cada uno de los planos de los módulos de los distintos subgeneradores, medida con un módulo o una célula calibrada de tecnología equivalente.
- Temperatura ambiente en la sombra.
- Temperatura de los módulos.

Los datos de energía se visualizarán en gráficas horarias, mensuales y total anual. También se proporcionará el coeficiente de rendimiento (performance ratio), relación del rendimiento energético real con respecto al rendimiento energético teóricamente posible, de cada instalación.

Los tiempos de adquisición, la precisión de las medidas y el formato de presentación se hará de acuerdo a la norma UNE-EN 61724-1: 2017 “Rendimiento del sistema fotovoltaico. Parte 1: Monitorización”.



1.22 Bibliografía

- P. Vidal, J. de la Casa. Apuntes de la asignatura tecnología eléctrica de los sistemas fotovoltaicos, grado en Ingeniería Electrónica 2021/2022.
- IDAE. Pliego de condiciones Técnicas de instalaciones Conectadas a Red C- REV-julio 2011.
- E. Lorenzo. Ingeniería Fotovoltaica. Volumen III.
- Plan de Energías Renovables (PER) 2011-2020. IDEA.
- Directiva 2009/28/CE del parlamento europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.
- Pedro Gómez. TFG “Instalación fotovoltaica conectada a red en la modalidad de autoconsumo”.
- Ignacio Espinosa de los Monteros Martínez. TFM “Proyecto de instalación fotovoltaica con conexión a red y análisis de posibles configuraciones para autoconsumo de supermercado”.
- Presente y futuro de la energía fotovoltaica en España | AEQ (aeqenergia.com).
- Microsoft Word - Formato.doc (aemet.es).
- Efecto de la radiación solar en la Tierra (seiscubos.com).

1.23 DEFINICIONES Y SÍMBOLOS

CA:	<i>Corriente alterna.</i>
AT:	<i>Alta tensión.</i>
BT:	<i>Baja tensión.</i>
CC:	<i>Corriente continua.</i>
CT:	<i>Centro de transformación.</i>
THD:	<i>Tasa de distorsión armónica.</i>
E_{ca} :	<i>Energía en alterna generada por el sistema fotovoltaico.</i>
CEM:	<i>Condiciones estándar de medida.</i>
GSTC:	<i>Irradiancia en condiciones estándar.</i>
G:	<i>Irradiancia global Gd: Irradiancia difusa.</i>
H:	<i>Irradiación global.</i>
I_G :	<i>Corriente del generador.</i>
I_M	<i>Corriente del módulo.</i>
I_{MPM}	<i>Corriente del punto de máxima potencia del módulo.</i>
I_{SCM} :	<i>Corriente de cortocircuito del módulo.</i>



I_{SCG} :	<i>Corriente de cortocircuito del generador.</i>
I_{MPG} :	<i>Corriente del punto de máxima potencia del generador.</i>
N_{MP} :	<i>Número de módulos en paralelo del generador fotovoltaico.</i>
N_{MS} :	<i>Número de módulos en serie del generador fotovoltaico.</i>
P_{CA} :	<i>Potencia a la salida del inversor.</i>
P_{CC} :	<i>Potencia a la entrada del inversor.</i>
P_G :	<i>Potencia del generador.</i>
P_F :	<i>Factor de comportamiento (Performance Ratio).</i>
P_{MG} :	<i>Potencia del punto de máxima potencia del generador.</i>
P_{MM} :	<i>Potencia del punto de máxima potencia del módulo.</i>
T_A :	<i>Temperatura ambiente.</i>
T_{ONC} :	<i>Temperatura de operación nominal de la célula.</i>
V_G :	<i>Tensión del generador.</i>
V_M :	<i>Tensión del módulo.</i>
V_{MPM} :	<i>Tensión del punto de máxima potencia del módulo.</i>
V_{MPG} :	<i>Tensión del punto de máxima potencia del generador.</i>
V_{OCG} :	<i>Tensión de circuito abierto del generador.</i>
V_{OCM} :	<i>Tensión de circuito abierto del módulo.</i>
η :	<i>Rendimiento del inversor.</i>



Jaén, mayo de 2023

El alumno

Javier Miranda Villar



TRABAJO FIN DE GRADO

DOCUMENTO 2. ANEXO: CÁLCULO DE LA POTENCIA ÓPTIMA

2.1 POTENCIAL FOTOVOLTAICO

A continuación, se mostrará el lugar donde se realizará la instalación fotovoltaica a realizar, delimitado por un perímetro de color verde para clarificar la cubierta de la empresa a tratar, es decir, las cubiertas de la nave industrial de la empresa donde se va a realizar el estudio de la instalación. Como se puede apreciar en la imagen adjunta, la ubicación real de la nave cuenta con una localización sin apenas obstáculos en cuanto a la zona sur se refiere, alguna arboleda que, ni mucho menos nos perjudicará por sombras o por ningún otro cometido ya que las alturas son diferentes.



Figura 2.1.- Imagen de Satélite de localización real de la industria

La instalación se realizará en las superficies de la cubierta ‘A’ y ‘B’ de la ilustración 2.2. Como podemos ver, hemos diferenciado las dos cubiertas que vamos a considerar para la realización de la instalación.

La zona A, tiene una superficie total de $270 m^2$, para una inclinación de 12 grados perfectamente orientados al sur y con una separación adecuada para poder evitar la aparición de sombras.

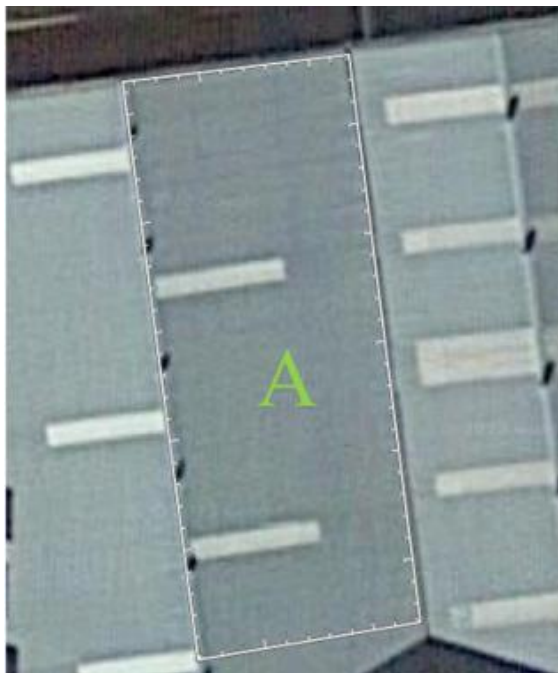


Figura 2.2.- Imagen de Satélite de localización de superficie A

En la zona B, como podemos ver en la figura 2.3, tenemos una superficie de 182,25 m^2 . La cubierta tiene una pendiente de 12 grados, la cual se tendrá en consideración para la realización del dimensionado. Los módulos tendrán una orientación Sur-este.

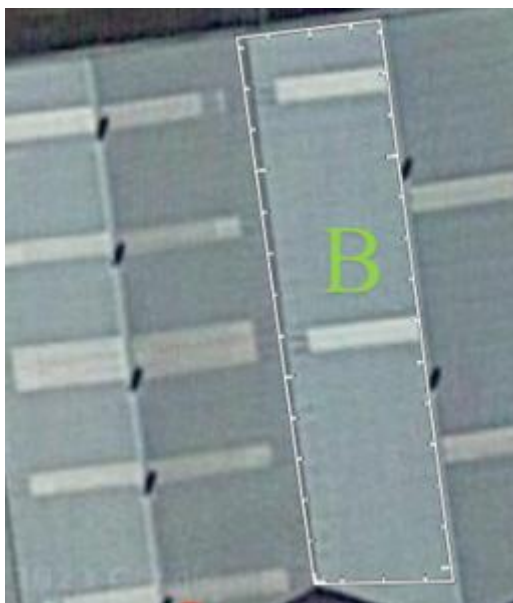


Figura 2.3.- Imagen de Satélite de localización de superficie B

2.2 RESTRICCIONES LEGALES

Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, “por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica”. Este es de aplicación para aquellas potencias no superiores a 100 kW y para cuando se conecten a las líneas de tensión no superior a 1 kV de la empresa distribuidora, ya sea directamente,

o de una red interior de un consumidor. Así como teniendo en cuenta la Instrucción Técnica ICT-BT-40 “Instalaciones generadoras de baja tensión” del Reglamento electrotécnico para baja tensión, se limita la potencia máxima que se puede conectar tanto a la red de distribución de BT, como a la red de suministro eléctrico interno de BT. de un consumidor, a 100 kW de potencia de inversor. Por tanto, según la potencia prevista a instalar 60 kW, se encontraría dentro de esta reglamentación.

Tras lo comentado anteriormente tendremos que basarnos en el Real Decreto 900/2015 siendo este de aplicación de aquellas instalaciones de generación para autoconsumo conectadas en el interior de una red. El Real Decreto 900/2015 busca garantizar un desarrollo ordenado del autoconsumo, compatible con la necesidad de garantizar la sostenibilidad técnica y económica del sistema eléctrico en su conjunto.

El RD 244/2019 regula las condiciones administrativas, técnicas y económicas del Real Decreto 15/2018 de medidas urgentes para la transición energética y la protección a los ciudadanos que habían realizado una inversión en autoconsumo fotovoltaico. Los cambios más importantes que se establecen en la nueva normativa para instalar placas solares son:

- La energía producida a partir de instalaciones de autoconsumo quedaba completamente libre de impuestos. Con ello, quedó derogado de forma definitiva el conocido como impuesto al sol.
- Se reconoce el derecho al autoconsumo colectivo.
- Se simplifican los trámites administrativos y técnicos, especialmente para instalaciones de pequeña potencia.
- Se elimina el límite de potencia. Antes, únicamente se podía instalar una potencia fotovoltaica igual o inferior a la contratada. Con la entrada en vigor del RD 244/2019 no existe esta limitación.
- Se posibilita el alquiler de tejados y/o cubiertas para que terceros puedan producir electricidad.

El Real Decreto establece dos modalidades de autoconsumo:

Tipo 1: Autoconsumo sin excedentes: se trata de aquellas instalaciones con conexión a red y que cuentan con un dispositivo anti vertido que impida la inyección de excedentes de energía a la red de distribución.

Tipo 2: Autoconsumo con excedentes: instalaciones que además de producir energía eléctrica para autoconsumo, pueden inyectar sus excedentes energéticos en las redes de transporte y distribución. En esta modalidad, se pueden dar dos casos:

Autoconsumo con excedentes acogida a compensación: instalaciones en las que el productor y consumidor se acogen al sistema de compensación simplificada de excedentes. Por tanto, si los usuarios no consumen toda la energía producida por su instalación, pueden inyectarla a la red de distribución para que, a final de cada periodo de facturación, la comercializadora compense por los sobrantes energéticos. Para pertenecer a esta modalidad, es necesario cumplir los siguientes requisitos:

- La fuente de energía tiene que ser renovable.
- La potencia de la instalación (o instalaciones asociadas) no debe ser mayor de 100 kW.
- El consumidor debe estar adherido a un solo contrato de suministro para el consumo con una comercializadora.
- El consumidor y el productor han firmado un contrato de compensación de excedentes tal y como se especifica en el RD 244/2019.
- El consumidor no puede obtener beneficio económico ya que no es una actividad retributiva. Esto quiere decir que únicamente se puede compensar la energía no consumida y el resultado de la factura nunca será negativo.

Autoconsumo con excedentes no acogida a compensación: este tipo lo componen las instalaciones que no cumplen los requisitos para pertenecer al mecanismo de compensación de excedentes (o que deciden no acogerse a ella). En esta modalidad, los excedentes se venden al mercado eléctrico.

La instalación pertenece a la modalidad de tipo 2, autoconsumo con excedentes acogida a compensación pudiéndose vender los excedentes a red teniendo esto en cuenta a la hora de calcular el coste medio de la energía en €/kWh.

Otro punto de interés a destacar sobre el Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, es que en este se eliminan los cargos al autoconsumo.

2.3 VALOR DE LA POTENCIA ÓPTIMA

Para realizar el cálculo del valor de la potencia óptima a instalar en la banda 0- 100 kW se determinará en base a la optimización de dos parámetros:

- Variación del coste medio de la energía consumida, el cual se calculará a lo largo de los 25 años de vida útil de la instalación en función de la potencia instalada.
- El coste del kWp en función de la potencia instalada, el cual se ha determinado buscando información en diferentes empresas instaladores y en diferentes instalaciones de consumos similares el cual será de 1024,79 €.

2.3.1 Coste medio de la energía

El coste medio de la energía se determina en base al coste de la inversión, la energía consumida durante los 25 años, y en base al precio del kWh generado e inyectado a red en los diferentes periodos, en el caso de que la instalación pertenezca a la modalidad tipo 2 el cual es nuestro caso, por el contrario, si se adoptara la modalidad tipo 1 el precio de la energía inyectada a red sería cero.

El procedimiento para determinar el precio medio del kWh generado es el siguiente:

- En primer lugar, para cada valor de la potencia pico del generador se determinan los valores horarios de producción para un día típico de cada mes del año.
- En segundo lugar, partiendo de los datos horarios de consumo (ver anexo III) se compara, para todas las horas del año, el valor de generación con el de consumo en cada periodo horario. Si el consumo es mayor toda la energía generada en esa hora se dedica a consumo en el periodo tarifario correspondiente, si es menor el excedente de generación va a red. Como resultado de esta comparación se obtendrán unos gastos de la energía que se coge de red para una hora en concreto, cuyos precios de energía se han obtenido de la plataforma Esios, descargando los archivos necesarios en formato Excel de 8760 datos cada uno referidos a todas las horas del año.

Conocidos los precios del coste del suministro de cual tendremos dos precios:

- Precio de compra de energía con peajes y cargos.
- Precio de compra de energía sin peajes ni cargos.

La diferencia entre ambos recae en que la compañía cuando nos descuentan por el precio de energía que se inyecta a red no se puede compensar los peajes y los cargos, es decir, como máximo solo se podrá compensar el 100% del precio de compra de energía sin peajes y cargos, dicho de otra manera, los ingresos por venta de red nunca podrán ser superiores al gasto por compra de energía sin cargos.

- Los ingresos se obtendrán en función de la energía que se inyecta a red, los cuales van a depender del valor del precio que tenga la energía a red en esa hora determinada. Cabe destacar tener en cuenta que los ingresos de venta de energía estarán limitados por los gastos de compra sin incluir peajes y cargos.
- En la actualidad se ha remitido a la CNMC (Comisión Nacional de Los Mercados y la Competencia) para su informe, el borrador del Proyecto de Real Decreto por el que se establece la regulación de las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.

2.3.2 Precio de venta

El excedente de la producción fotovoltaica al estar en la modalidad tipo 2 irá vertido a la red, por el cual se obtendrá un ingreso determinado dependiendo del precio que tenga en el mercado eléctrico.

El precio al que se va a vender el excedente cambia va variando constantemente, por lo cual se ha realizado un estudio para todas las horas del año, la Red Eléctrica de España ha iniciado en la web del operador del sistema Esios, la publicación horaria del precio con el que se compensará a los auto consumidores que viertan a la red la energía excedentaria. En el cual se ha tenido un precio de venta diferente en función de cada hora del año.

2.3.3 Precio de adquisición de la energía

El precio de adquisición de la energía se ha obtenido en función de cada hora del año es decir de la página Esios se han obtenido los 8760 valores por los cuales que adquiere la energía para cada determinada hora del año, cabe destacar, que obtendremos dos tipos de precio de compra por hora a lo largo del año:

- Precio de compra de energía con peajes y cargos.
- Precio de compra de energía sin peajes ni cargos.

Se deberá de tener muy en cuenta estos precios ya que cuando compensamos el importe de la tarifa de la luz por venta de energía fotovoltaica a red, no se podrá compensar el importe en relación a los peajes y cargos.

2.4. POTENCIA ÓPTIMA A INSTALAR

Para obtener la potencia óptima a instalar se ha utilizado una hoja de cálculo Excel, en la cual, definida la potencia del generador, se ha comparado la producción frente al consumo en todas las horas del año.

Los datos de consumo son los recogidos en el DOCUMENTO 4.

Para una determinada hora del año el procedimiento es el siguiente:

- Se determina el periodo tarifario de dicha hora de acuerdo a los datos obtenidos de Esios.
- Si el consumo es mayor o igual a la generación, toda la generación de esa hora se destina a autoconsumo, no obstante, si la generación es mayor al autoconsumo la diferencia será inyectada a la red.
- Siguiendo el procedimiento mencionado anteriormente, se puede ver una tabla comparativa para todo un año en función de la potencia del generador.

En la siguiente tabla se puede ver el porcentaje de energía auto consumida y energía a red en función de la potencia generada.

Este punto es muy importante porque es a partir del cual nuestra instalación empieza a no ser eficiente respecto al tipo de estudio que estamos haciendo. Es decir, modalidad autoconsumo, por lo tanto, a partir de este punto, aunque se aumente la potencia de la instalación nuestro autoconsumo no aumentará, por el contrario, el coste de la inversión no dejará de subir linealmente, la venta a red aumentará no obstante nos beneficiará siempre y cuando los ingresos obtenidos por venta a red no superen el total de la factura, cuyo importe mínimo incluirá los peajes y cargos correspondientes como ya se ha descrito en el punto anterior.

Tabla 2.1 Energía a red y autoconsumo en función de la potencia

Potencia(kwp)	Energía a red %	AUTOCONSUMO %
10	16,99	87,23
20	30,75	74,80
30	39,91	61,92
40	45,52	50,54
50	48,34	42,05
60	49,98	35,83
70	51,01	31,19
80	51,76	27,62
90	52,35	24,79
100	52,84	22,50
110	53,26	20,60
120	53,63	18,98

Se puede observar que de los 60 kWp aproximadamente en adelante la energía que se inyecta a la red es mayor que la de autoconsumo.

2.4.1 Coste medio de la energía

Este concepto se utiliza para hacer un estudio económico previo al diseño de generador fotovoltaico, con el fin de ver de manera aproximada la potencia optima de la instalación para que nuestro proyecto sea viable, al final del proyecto se realizará un estudio económico más exhaustivo en el cual se tendrá en cuenta más factores y veremos la rentabilidad del mismo.

El coste medio de la energía consumida durante los 25 años de vida útil de la instalación vendrá dado por la siguiente expresión.

$$\text{Coste medio} = \frac{\text{Gasto de inversión} + \sum \frac{CCE - IVE}{(1 + D)^n}}{\text{consumo total}}$$

donde:

- *Gasto de inversión*: Variará en función de la potencia instalada.
- *CCE*: Coste de compra de energía.
- *IVE*: Ingresos de venta de energía.
- *D*: Tasa de actualización.
- *consumo total*: Consumo total durante los 25 años.

Se tendrá en cuenta que la venta de energía a red está limitada por los gastos de compra sin incluir peajes y cargos, realizando esto para cada mes.

El estudio se realizará para los 25 años estimados de vida útil de la instalación, todo el estudio se realizará en el año 0, de ahí que tengamos el factor de actualización, el cual va



a variar en función del interés del dinero y la inflación, con este factor conseguiremos una actualización del capital, para obtener el valor actual de un capital futuro.

Aplicando la fórmula mencionada y variando la potencia se obtiene:

Tabla 2.2 Variación del Coste medio en función de la potencia instalada

POTENCIA (kWp)	COSTE MEDIO (€)
5	0,128
10	0,121
15	0,114
20	0,109
25	0,105
30	0,102
35	0,100
40	0,098
45	0,097
50	0,097
55	0,097
60	0,097
65	0,098
70	0,098
75	0,099
80	0,100
85	0,101
90	0,102
95	0,103
100	0,104
105	0,106
110	0,107
115	0,108
120	0,110

Obteniendo la siguiente gráfica, en la cual se muestra la evolución del coste medio de la energía durante los 25 años en función de la potencia.

COSTE MEDIO ENERGÍA

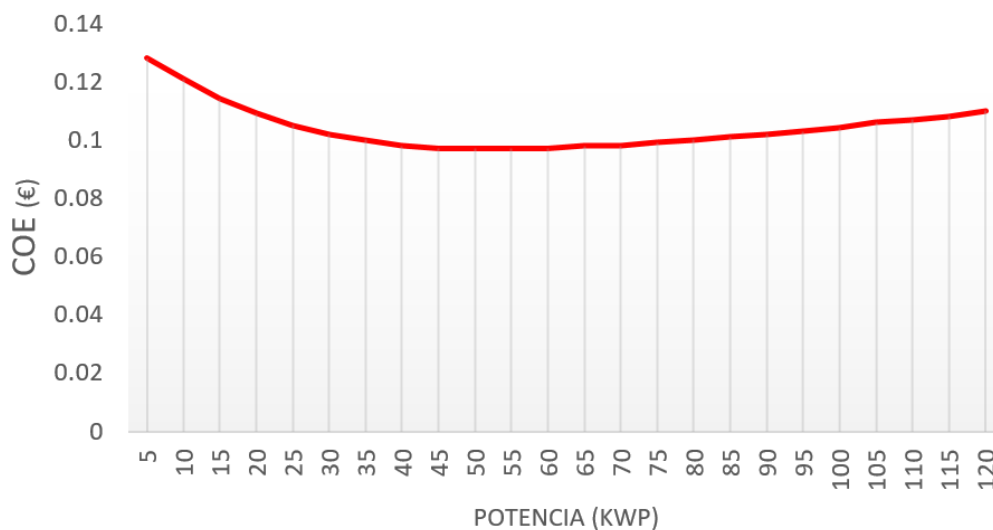


Figura 2.4.- Gráfica coste medio (CME)

Como se puede observar al principio de la gráfica a menor potencia el coste medio es cuando está más alto. Esto es debido que prácticamente toda la energía que se consume se está cogiendo de la red, a medida que vamos aumentando la potencia la cantidad de energía que consumimos va siendo cada vez en mayor medida de nuestro generador fotovoltaico, se puede observar que a los 60 kWp es donde está el coste medio más bajo por lo tanto ese será el punto óptimo de la instalación.

A partir de ese momento la inversión va a seguir creciendo linealmente, sin embargo, el porcentaje de autoconsumo disminuirá, con lo cual la energía sobrante será vertida a red generando unos ingresos muy bajos en comparación a la inversión que se tiene que hacer, no siendo rentable instalar un generador mayor a los 60 kWp.

2.5 POTENCIA ÓPTIMA DE LA INSTALACIÓN

Para determinar la potencia óptima de la instalación obtendremos una gráfica de evolución de la cobertura en función de la potencia instalada.

En la gráfica descrita se deberá de tener en cuenta el punto de saturación de la curva.



Tabla 2.3 Evolución de la cobertura en función de la potencia instalada

POTENCIA (kWp)	COBERTURA %
5	8,92
10	16,99
15	24,55
20	30,75
25	35,77
30	39,91
35	43,1
40	45,52
45	47,18
50	48,34
55	49,27
60	49,98
65	50,55
70	51,01
75	51,41
80	51,76
85	52,07
90	52,35
95	52,61
100	52,84
105	53,06
110	53,26
115	53,45
120	53,63

Obteniendo la siguiente gráfica, la cual muestra la evolución de la cobertura en función de la potencia instalada.

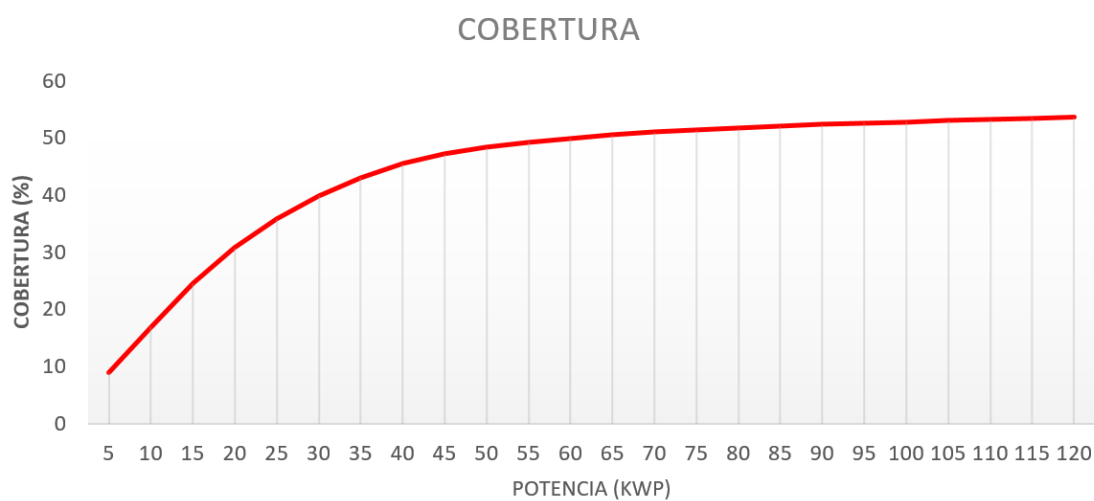


Figura 2.5.- Gráfica cobertura



Como se puede observar a partir de 60 kWp la curva de cobertura obtenida empieza a saturar, esto es debido a que la energía auto consumida ha alcanzado su mayor nivel.

Observando la gráfica se concluye que a partir de ese momento por más que se aumente la potencia de la instalación la energía será vertida a red por consecuencia no siendo rentable aumentar la potencia por encima de dicho valor, por lo tanto, la potencia optima de la instalación será 60 kWp.

A continuación, se mostrará la evolución de la cobertura, el porcentaje de autoconsumo y el porcentaje de energía inyectada a red en función de la potencia instalada.

En la cual se observará con claridad cómo afecta el incremento de la potencia del generador, viendo gráficamente cómo afectaría la potencia elegida respecto del consumo.

Se puede observar que a partir de los 60 kWp instalados la curva de la cobertura satura, el consumo de red empieza a disminuir de manera menos pronunciada, sin embargo, la energía a red aumenta, no siendo viable aumentar la potencia del generador.



Jaén, mayo de 2023

El alumno

Javier Miranda Villar



TRABAJO FIN DE GRADO

DOCUMENTO 3. ANEXO: CÁLCULOS DE GENERACIÓN, DIMENSIONADO, CONDUCTORES Y PROTECCIONES

3.1 DATOS DE GENERACIÓN

Los datos de generación se han obtenido de una herramienta llamada PVGIS, un software desarrollado y actualizado por la Comisión Europea. En la cual se recopila información, esta recopilación de información le permite recopilar datos precisos.

En este caso se necesitarán datos de radiación horaria determinados en la hora solar a la hora real de España.

3.2 PRODUCTIVIDAD HORARIA FOTOVOLTAICA

Una vez ya se ha determinado la potencia óptima a instalar, a continuación, se va a determinar cuál sería la generación para todos los meses del año.

Este parámetro será de vital importancia para obtener la generación en función de la potencia instalada.

La producción de energía del sistema fotovoltaico la obtenemos a partir de la siguiente expresión:

$$E_{ac} = P_{STC} \times \frac{H_i}{G_{STC}} \times PR$$

- E_{ac} : energía inyectada en red durante un tiempo determinado.
- P_{STC} : potencia de pico del generador fotovoltaico.
- H_i : irradiación producida sobre una superficie y un tiempo.
- G_{STC} : irradiación de referencia según condiciones estándar.
- PR : factor que agrupa pérdidas de funcionamiento.

Los coeficientes de pérdidas que se considerarán para los diferentes meses del año son:

Tabla 3.1. PR para los diferentes meses del año

MESES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
PR	0.79	0.78	0.76	0.75	0.73	0.72	0.71	0.71	0.73	0.75	0.76	0.79

En cuanto a la irradiación podemos obtenerla a partir de la irradiancia por medio de la expresión:

$$H_i = \int i \times G \times dt$$

Donde; i es el periodo fijado, en nuestro caso el periodo fijado será de una hora. Si las medidas de radiación instantánea G se toman en valores suficientemente cortos la integral se podrá convertir en un sumatorio, suponiendo que la irradiancia no cambia en ese periodo de tiempo.



Los datos de irradiancia se obtendrán mediante la herramienta PVGIS.

PVGIS es una aplicación oficial desarrollada por la Unión Europea que permite calcular tu producción fotovoltaica en cualquier zona de Europa, Asia y América.

Permite al usuario conocer las ventajas o desventajas que tendría instalar un equipo de autoconsumo en una zona geográfica determinada.

Esta herramienta nos proporciona los datos de irradiancia en periodos una hora, suficientes para nuestro propósito, los datos estarán recogidos en el Documento 4.

Con estos datos se podrá calcular la irradiación horaria producida sobre una superficie aplicando la siguiente fórmula:

$$H_i = \sum G\left(\frac{W}{M^2}\right) \times 1H$$

A continuación, se mostrará la irradiancia para todas las horas y todos los meses del año en la localización de la nave industrial situada en Martos, municipio de la provincia de Jaén.

Dicha nave tendrá una inclinación de 12 grados y un acimut de 45 grados de orientación sur-oeste ya que los módulos estarán dispuestos en una posición transversal a la dirección de la nave ver (PLANOS).

Tabla 3.2. Irradiancia por horas de todos los meses del año (Wh/m²)

HORAS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
7	0	0	0	28.65	94	117.9	97.16	47.06	5.3	0	0	0
8	0	1.26	77.97	182.78	260.05	299.47	285.33	229.35	160.49	94.91	10.01	0
9	95.04	150.12	254.58	350.52	443.24	496.56	495.48	439.58	362.49	280.42	172.77	109.4
10	248.02	314.18	422.91	524.33	612.92	673.21	684.87	637.08	546.49	435.23	313.99	265.99
11	386.62	444	556.74	647.92	740.95	825.32	840.63	802.64	697.47	582.84	442.67	392.28
12	471.09	546.06	655.45	724.24	826.02	921.94	946.5	910.88	782.63	661.54	517.18	481.25
13	513.1	573.01	663.15	752.7	856.94	964.19	992.02	952.74	812.31	671.4	528.35	510.22
14	483.49	571.69	667.29	715.73	818.11	929.97	975.03	929.4	778.32	631.96	490.71	481.02
15	423.54	504.62	596.83	634.22	732.11	841.81	889.03	843.71	669.11	533.7	401.58	397.15
16	321.47	402.63	477.61	539.28	611.98	697.05	751.34	700.29	545.85	399.55	289.2	280.91
17	184.34	264.51	327.57	389.19	447.49	525.15	571.22	516.53	368.43	230.63	139.45	132.83
18	10.18	97.07	166.5	218.03	277.46	337.7	366.21	306	172.85	51.71	0.17	0
19	0	0	10.81	60.75	108.12	154.88	169.87	107.93	15.67	0	0	0
20	0	0	0	0	2.16	20.03	18.61	0.53	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

En base a los datos de la tabla se muestra los meses del año donde la irradiancia H (Wh/m²) es mayor, en este caso para Julio, y menor, que será en diciembre.

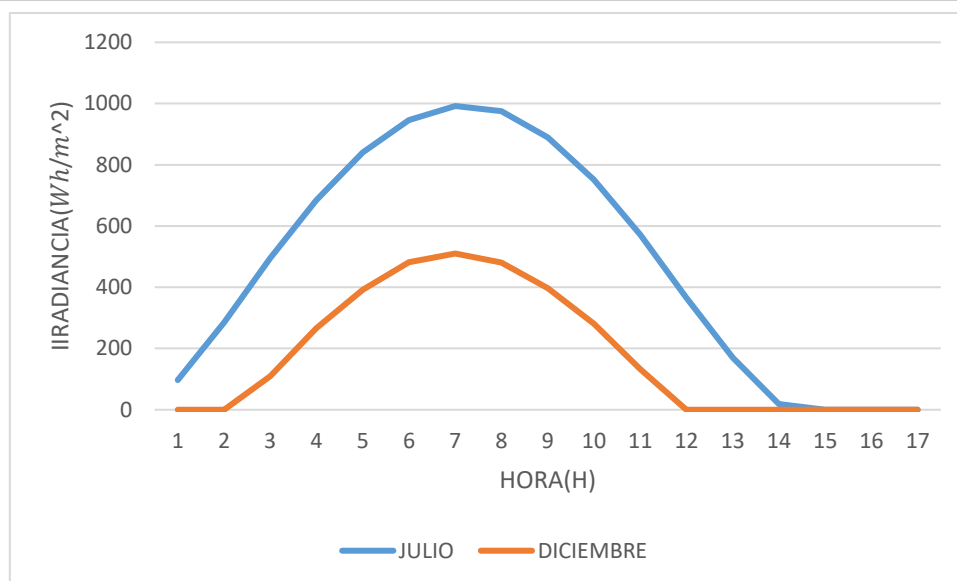


Figura 3.1.- Comparativa irradiancia julio y diciembre

3.3 POTENCIA ÓPTIMA

La potencia óptima del generador será de 60 kWp la cual hemos obtenido en el Documento 1. Los módulos tendrán la inclinación que nos da la cubierta de la nave industrial, 12 grados, por otro lado, el acimut de los módulos quedará definido por la orientación de la nave, 45 grados dirección sur-oeste véase Documento 3.

3.4 ELECCIÓN DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Nuestro generador fotovoltaico será dimensionado con los módulos “Canadian Solar (Hiku7 mono perc) monocristalino 600 Wp”, de silicio monocristalino, 610 W de potencia, distribuido por Canadian Solar.

Para realizar el dimensionado de la instalación se tendrá que tener en cuenta las características del módulo proporcionadas por el fabricante (ANEXO 6).

3.4.1 Número de módulos a instalar

Para determinar el número de módulos de los que va a constar nuestra instalación seguiremos una serie de pautas:

Como se ha mencionado en el apartado anterior los módulos 45 grados en la dirección sur-oeste. El número máximo de módulos a instalar en esta posición será el siguiente:

$$V = \frac{\text{Longitud vertical cubierta(m)}}{\text{Longitud vertical módulo (m)}} = \frac{62,49(m)}{1,303 (m)} = 47,95 \approx 48$$

$$H = \frac{\text{Longitud horizontal cubierta(m)}}{\text{Longitud horizontal módulo (m)}} = \frac{21,58(m)}{2,172(m)} = 9,93 \approx 10$$

El número máximo de módulos que se podrá poner en nuestra cubierta en esa posición será 480 módulos.

Una vez hecho esto se calculará el número de módulos que se necesitaran en la instalación:

$$N^{\circ} \text{ de módulos} = \text{Redondeo} \left[\frac{P_{GFV}}{P_{m\acute{a}x}} \right]$$

donde:

- P_{GFV} : Potencia total del generador fotovoltaico.
- $P_{m\acute{a}x}$: Potencia máxima del módulo.

Por tanto, se obtendrá:

$$N^{\circ} \text{ de módulos} = \text{Redondeo} \left[\frac{60000}{610} \right] = 98,94 \approx 99$$

Se ha elegido un total de 99 módulos, no obstante, con un pequeño incremento por encima de 60 kWp se consigue optimizar aún más óptima la instalación.

La potencia total del generador fotovoltaico con los módulos elegidos será:

$$P_{GFV} = 99 \times 610 = 60390 \text{ W}$$

3.5 ELECCIÓN DE LOS INVERSORES

Para la elección inicial de los inversores se ha realizado un predimensionado para obtener el menor número de inversores cumpliendo un factor de dimensionado aceptable es decir entre 0,85 y 1.

El inversor elegido ha sido “Solis S5-60KW”, se ha tomado la elección de este inversor por que cumple el factor de dimensionado que se requiere, y por otro lado debido a su buen rendimiento y flexibilidad de configuración ya que cuenta con 5 seguidores independientes del punto de máxima potencia.

3.5.1 Comprobación de compatibilidad

A continuación, se procederá a comprobar el funcionamiento del inversor, para verificar el funcionamiento de este, analizaremos que se deberán cumplir una serie de criterios.

3.5.2 Factor de dimensionado

En primer lugar, en Europa del sur, el factor de dimensionado estará entre 0,85 y 1, el cual vendrá dado por la siguiente expresión:

$$F_s = \frac{P_{inv,CC}}{P_{GFV,STC}}$$

- F_s : factor de dimensionado.
- $P_{inv,CC}$: potencia nominal a la entrada del inversor.
- $P_{GFV,STC}$: potencia pico del generador fotovoltaico.

$$F_s = \frac{60.000}{60.390} = 0,9$$

3.5.3 Número máximo de módulos en serie

El número máximo de módulos en serie debe ser tal que la variación con el tiempo a lo largo de todo el año de la suma de las tensiones en el punto de máxima potencia de todos los módulos se encuentre en el margen de tensiones en el cual el inversor busca el punto de máxima potencia de la curva V-I del generador. En ningún caso el valor de número de módulos en serie ha de ser tal que produzca una tensión en la entrada del inversor superior a la máxima admisible por éste.

Se suele tomar como temperatura extrema -10 grados centígrados.

$$Máx(Nms) = \text{int}\left[\frac{1000}{V_{mod,oc(-10^{\circ}C)}}\right]$$

$$V_{mod,oc(-10^{\circ}C)} = V_{mod,oc,stc} + \beta_{oc}(Tc - T)$$

donde:

- $V_{INV,MÁX}$: tensión máxima de entrada del inversor.
- $V_{mod,oc(-10^{\circ}C)}$: tensión circuito abierto temperatura de -10°C.
- $V_{mod,oc,stc}$: tensión de circuito abierto del módulo a 25°C.
- β_{oc} : coeficiente de temperatura circuito abierto.

$$V_{mod,oc(-10^{\circ}C)} = 41,7 + (-0,108)x(-10 - 25) = 45,48 \text{ V}$$

$$\beta_{oc} = \frac{-0,26x41,7}{100} = 0,1084$$

$$Máx(Nms) = \text{int}\left[\frac{1000}{V_{mod,oc(-10^{\circ}C)}}\right] = \frac{1000}{45.48} = 21,98 \approx 21 \text{ Módulos}$$

De igual manera se realizará el cálculo del número máximo de módulos en serie, pero en este caso con la máxima tensión del rango de punto de máxima potencia.

$$Máx(Nms) = \text{int} \left[\frac{V_{inv,mppmáx}}{V_{mod,oc(-10^{\circ}C)}} \right]$$

$$V_{mod,oc(-10^{\circ}C)} = V_{mod,M,stc} + \beta_m(Tc - T)$$

donde:

- $V_{INV,MÁX}$: tensión máxima de punto máxima potencia
- $V_{mod,oc(-10^{\circ}C)}$: tensión máxima del módulo a $-10^{\circ}C$.
- $V_{mod,oc(25^{\circ}C)}$: tensión máxima del módulo a $25^{\circ}C$.
- β_m : coeficiente de temperatura de tensión máxima.

$$V_{MOD, M(TC=-10^{\circ}C)} = 41,7 + (-0,108) \times (-10 - 25) = 45,48 \text{ V}$$

$$Máx(Nms) = \text{int} \left[\frac{V_{inv,mppmáx}}{V_{mod,oc(-10^{\circ}C)}} \right] = \frac{1000}{45.48} = 21,98 \approx 21 \text{ Módulos}$$

De los dos resultados obtenidos nos quedaremos con el más restrictivo por lo tanto el número máximo de módulos en serie que se podrán instalar serán 21.

3.5.4 Número mínimo de módulos en serie

En este caso se realizará el cálculo con la tensión mínima del rango de punto de máxima potencia, para realizar los cálculos se tomará como temperatura extrema $70^{\circ}C$.

$$Min(Nms) = \text{int} \left[\frac{V_{inv,mppmin}}{V_{mod,m(70^{\circ}C)}} \right] + 1 =$$

$$V_{mod,M(70^{\circ}C)} = V_{mod,M,stc} + \beta_m(Tc - T)$$

donde:

- $V_{inv,mppmin}$: tensión mínima del rango punto de máxima potencia.
- $V_{mod,m(70^{\circ}C)}$: tensión de trabajo máxima potencia en celda de $70^{\circ}C$.
- $V_{mod,M,stc}$: tensión máxima de circuito abierto del módulo a $25^{\circ}C$.
- β_m : coeficiente de temperatura de tensión máxima módulo.



$$V_{mod,oc(70^{\circ}C)} = 35.3 + (-0,1084)x(70 - 25) = 30.42 V$$

$$\beta_{oc} = \frac{-0,26x41,7}{100} = 0,1084$$

$$Min(Nms) = int \left[\frac{V_{inv,mppmin}}{V_{mod,m(70^{\circ}C)}} \right] + 1 = \frac{180}{30.42} + 1 = 6 \text{ Módulos}$$

El número mínimo de módulos en serie que se podrán instalar será 6.

3.5.5 Número máximo de ramas en paralelo

Se deben añadir tantas ramas en paralelo como sean necesarias hasta completar, aproximadamente, la potencia del generador fotovoltaico que se desea instalar. Además, se ha de evitar sobrepasar la intensidad máxima a la entrada del inversor.

El inversor consta con dos entradas de seguidor del punto de máxima potencia, el número de ramas en paralelo para cada entrada vendrá dado por la siguiente expresión:

$$I_{mod,sc,stc} \times Nmp \times 1,25 \leq I_{inv,sc,máx}$$

donde:

- $I_{mod,sc,stc}$: intensidad de cortocircuito del módulo condiciones estándar.
- Nmp : número máximo de ramas en paralelo.
- $I_{inv,sc,máx}$: Intensidad máxima a entrada seguidor de máxima potencia.

$$18,57 \times Nmp \times 1,25 \leq 30$$

$$Nmp \leq 1,37$$

El número máximo de ramas en paralelo que se podrán poner a cada entrada será de 1.

3.6 CONFIGURACIÓN DEL GENERADOR

El generador consta de 1 rama en paralelo de 21 módulos cada una por cada entrada del seguidor de punto de máxima potencia.

$$P_{GFV} = (1 \times 21) \times 5 \text{ entradas} \times 610 = 64050 W$$

Quedando una potencia máxima del generador de 64050 W.

3.7 CÁLCULO DE CONDUCTORES

3.7.1 Red de corriente continua

La red de corriente continua consta:

- Tramo 1: Desde caja de conexión CC inversor hasta la entrada del inversor (65 m).
- Tramo 2: Caja de conexión de ramas hasta caja de conexión CC inversor (52 m).
- Tramo 3: Cableado que realiza las conexiones de los módulos que forman las ramas.

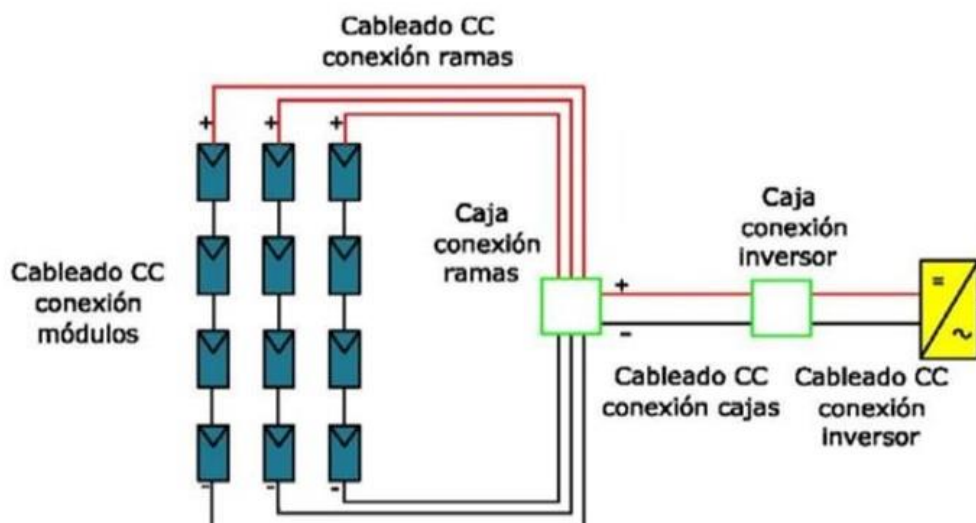
A continuación, se mostrará un esquema orientativo donde se puede observar distintos tramos que obtendremos de cableado para realizar las conexiones, no obstante, la distribución de los módulos y caja de conexiones se pueden ver más detalladamente en el plano 3 (PLANOS).

Ahora, se calcularán las secciones de los cables a lo largo de toda la red de corriente continua.

El cableado se realizará con los siguientes tipos de cables:

- Cableado CC conexión de módulos.
- Cableado CC conexión de ramas.
- Cableado CC conexión de cajas
- Cableado CC conexión inversor

Figura 3.3.- Esquema zonas cableado CC de un generador fotovoltaico



Para el dimensionado de corriente continua se tendrán en cuenta una serie de normas:

- UNE-HD 60364-7-712: 'Instalaciones eléctricas de baja tensión'.
- UNE-EN 50618; 'Cables eléctricos para sistemas fotovoltaicos'.
- UNE-HD 60364-5-52: 'Instalaciones eléctricas de baja tensión'.
- AENOR EA 038: 'Cables eléctricos de utilización en circuitos de sistemas fotovoltaicos'.
- Código FOTOVOLTAICO ZZ-F-(AS).

3.7.2 Datos de partida

Una vez diseñada la configuración que se utilizará un generador formado a su vez por cinco subgeneradores de 21 módulos en serie y una rama en paralelo.

Por otro lado, la caída de tensión permitida según las recomendaciones que expone el IDAE en su pliego de condiciones técnicas de instalaciones conectadas a la red será del 1,5%.

Los conductores deberán cumplir la norma UNE-EN 50618, y el material por el que estarán formados será el cobre.

Con el fin de homogeneizar la instalación para conseguir una instalación de más fácil conexión y por otro lado teniendo en cuenta criterios económicos, se utilizará siempre el caso más desfavorable el cual se aplicará a toda la instalación.

3.7.3 Criterio caída de tensión

Según el criterio que se va a utilizar, será la cadena que este más alejada al inversor el cual es el más desfavorable.

A través de la siguiente expresión se determinará la caída de tensión en continua:

$$S_{\Delta V} = \frac{2 \times \lambda \times I_{\Sigma B\Delta V}}{\sigma \times \Delta V_{\max}}$$

donde:

- λ : longitud virtual del tramo (m).
- $I_{\Sigma B\Delta V}$: intensidad de diseño del subgenerador FV.
- $\Delta V_{\max}$: caída máxima de tensión admisible para la línea.
- σ : conductividad del conductor, cobre 56(mm²).

Por otro lado, tenemos que:

$$\Delta V_{M\Delta X} = \frac{1,5}{100} \times V_{Rama}$$

donde:

- V_{rama} : Tensión de dicha rama, es decir, número de módulos en serie por la tensión en el punto de máxima potencia.

$$V_{Rama} = 21 \times V_{mp} = 21 \times 41,7 = 875,7 \text{ V}$$

Por lo tanto:

$$\Delta V_{\max} = 100 \times V_{rama} = 13,135 \text{ V}$$

$$I_{\Sigma B\Delta V} = I_{mpp} \times 5 = 13,83 \times 5 = 69,5 \text{ A}$$

3.7.4 Criterio térmico

El criterio térmico de conductores del inversor, lo establece la norma UNE 20460-7-712, debiéndose tener la siguiente corriente:

$$IBIZ = 1,25 \times NRP \times ISC, MOD$$

donde:

- $IBIZ$: intensidad de cortocircuito.
- NRP : número de ramas en paralelo.
- ISC, MOD : intensidad de cortocircuito del módulo.

$$IBIZ = 1,25 \times 1 \times 18,57 = 23,21 A$$

Tramo1: Desde caja de conexión CC inversor hasta la entrada del inversor:

- Tipo de instalación bajo tubo protector y enterrado.
- Tipo de conductor utilizado PV ZZ-F-(AS).
- Longitud virtual del tramo 65 m.

$$\lambda = \frac{\sum LxI_B}{I_{\Sigma BAV}} = \frac{(117 * 13,83)^5}{13,83 * 5} = 116,41 m$$

Aplicando el criterio de caída de tensión:

$$S_{AV} = \frac{2 * \lambda * I_{\Sigma BAV}}{\sigma * AV_{máx}} = \frac{2 * 116,41 * (13,83 * 5)}{13,135 * 56} = 21,9 mm^2$$

Aplicando el criterio térmico:

$$IBIZ = 1,25 \times 1 \times I_{scMAX} = 1,25 \times 1 \times 18,57 = 23,21 A$$

Las condiciones de uso de este serán a una temperatura ambiente de 40°C, temperatura máxima del conductor de 90°C.

El montaje de este tramo consta de dos métodos, un primero más extenso que será en tubo, y, al finalizar el tramo una parte que será enterrada, debido a esto se deberá coger la opción más desfavorable, es decir, cable en conductos enterrados.

Dado que la sección por caída de tensión es más desfavorable que eligiendo un aislamiento XLPE para dos conductores de 4 mm², para el cual tendríamos una intensidad máxima admisible de 23,21 A, y, teniendo en cuenta que se está cumpliendo el criterio térmico, no sería suficiente para cumplir el criterio por caída de tensión, entonces, la sección más inmediata a los 21,9 mm² sería la de 25 mm².

Observando la tabla vemos que, según la instalación de referencia, que es una instalación de tipo D, se puede observar que la intensidad máxima admisible para esta sección es 176 A, por lo que se cumple que:

$$IBIZ < IZ$$

$$23,21 A < 176 A$$



$$AV = \frac{2 * l * I_{\Sigma BAV}}{\sigma * SAV} = \frac{2 * 65 * 69,5}{25 * 56} = 6,45 \text{ V} < 13,135 \text{ V}$$

Después del análisis realizado se ha podido comprobar que cumple por los dos criterios por lo tanto la sección de 25 mm^2 sería correcta.

Tramo 2. Conexión de ramas hasta caja de conexión CC inversor.

- Tipo de instalación al aire y sobre superficie.
- Tipo de conductor utilizado PV ZZ-F-(AS).
- Longitud virtual del tramo 52 m.

Aplicando el criterio de caída de tensión:

$$S_{AV} = \frac{2 * \lambda * I_{\Sigma BAV}}{\sigma * AV_{\text{máx}}} = \frac{2 * 52 * 69,5}{6,685 * 56} = 19,309 \text{ mm}^2$$

Se calcula la tensión máxima para este tramo:

$$\Delta V_{\text{Tramo2}} = \Delta V_{\text{máx}} - \Delta V_{\text{Tramo1}} = 13,135 - 6,45 = 6,685 \text{ V}$$

Por el criterio de caída de tensión admisible la sección inmediatamente superior admisible será la de 25 mm^2 .

Aplicando el criterio térmico:

$$IB_{IZ} = 1,25 \times 1 \times I_{SC_{MAX}} = 1,25 \times 1 \times I_{SC_{MAX}} = 23,21 \text{ A}$$

$$23,21 < 142$$

Las intensidades máximas de los conductores son las recogidas en la norma *UNE- EN 50618:2015*. En la tabla mostrada a continuación se recoge la intensidad máxima admisible en función de la sección y del método de instalación.

En la tabla se mostrará cómo varía la intensidad en función de la sección para un único cable al aire libre, para un único cable sobre una superficie y para dos cables cargados en contacto sobre una superficie, siendo esto para una temperatura ambiente de 60°C y una temperatura máxima de tensión a 120°C . Por lo tanto, para aplicar la tabla se ha de tener en cuenta el método de instalación en función del tramo que se esté estudiando, aplicando la sección inmediatamente superior a la calculada en dicho tramo.



Tabla 2.4. Intensidades máximas admisibles en sistemas fotovoltaicos

Sección nominal (mm ²)	cable al aire libre (A)	Un cable cargado (A)	Dos cables cargados (A)
1,5	30	29	24
2,5	41	39	33
4	55	52	44
6	70	67	57
10	98	93	79
16	132	125	107
25	176	167	142
35	218	207	176
50	276	262	221
70	347	330	278
95	416	395	333
120	488	464	390
150	566	538	453
185	644	612	515
240	775	736	620

Por el criterio de caída de tensión se utilizará un cable unifilar de 25 mm² el inmediatamente superior a los 19,30 mm² en cual tiene una intensidad máxima admisible de 142 A según nos muestra la tabla mostrada anteriormente, siendo esta intensidad superior a los 23,21 A calculados.

Tramo 3: Cableado de ramas:

Según la norma UNE-EN 50618, para un método de instalación de dos cables cargados en contacto, para una sección de 4 mm² a una temperatura ambiente de 60°C la corriente máxima será de 44 A la cual es muy superior a la obtenida en nuestro diseño, por lo cual la sección será válida para este criterio.

3.7.5 Red de corriente alterna

Para el dimensionado de corriente alterna se tendrán en cuenta una serie de normas:

- UNE-HD 60364-5-52: 'Instalaciones eléctricas de baja tensión'.
- REBT-ITC-BT-07: 'Redes subterráneas para distribución en baja tensión'.
- REBT-ITC-BT-19: 'Instalaciones interiores o receptoras-prescripciones generales'.
- REBT-ITC-BT-40: 'Instalaciones generadoras de baja tensión'.

Por otro lado, se va a tener en cuenta una tensión de línea de 600 V y la caída de tensión permitida entre la salida del inversor y el punto de interconexión como anteriormente se ha especificado no será superior a 1,5%.

El tramo de corriente alterna tendrá una longitud total de 12 m.

3.7.6 Criterio de caída de tensión

En primer lugar, se calculará la sección:

$$S_{AV} = \frac{\sqrt{3} * L * I_{inv} * \cos\delta}{\sigma * AV_{m\acute{a}x}}$$

donde:

- L : longitud del cableado hasta el cuadro de CA.
- I_{inv} : intensidad procedente del inversor.
- σ : conductividad del conductor de cobre.
- $AV_{m\acute{a}x}$: tensión máxima.

A continuación, se calculará la caída de tensión máxima y la corriente que sale del inversor.

Tensión máxima:

$$\Delta V_{max} = \frac{1,5}{100} * V_{linea} = \frac{1,5}{100} * 600 = 9 \text{ V}$$

Corriente:

$$I_{inv} = \frac{P_{Ninv}}{\sqrt{3} * 600 * \cos\delta} = \frac{60000}{\sqrt{3} * 600 * 0,95} = 60,77 \text{ A}$$

Por el criterio de caída de tensión:

$$S_{AV} = \frac{\sqrt{3} * 12 * 60,77 * 0,95}{56 * 9} = 2,38 \text{ mm}^2$$

La inmediatamente superior es 2,5 mm².



La sección normalizada inmediatamente superior a esta es de $2,5 \text{ mm}^2$ según la ITC BT-19 con lo cual en principio nos quedaremos con esta sección.

3.7.7 Criterio térmico

Para poder cumplir el criterio térmico la intensidad permanente será de 1,25 veces la intensidad máxima de la salida del inversor según la norma ITC BT-40.

$$I_{inv} = \frac{P_{Ninv}}{\sqrt{3} * 600 * \cos\delta} = \frac{60000}{\sqrt{3} * 600 * 0,95} = 60,77 * 1,25 = 75,96 \text{ A}$$

El tipo de instalación que se realizará será canalizada subterránea bajo tubo. Se deberán aplicar unos determinados factores de reducción debido a las características que presenta el terreno en función a la norma ITC BT-07 los factores de reducción serán:

- Factor de corrección por temperatura del terreno de 35°C : $K1=0,92$.
- Factor de corrección por resistividad térmica de $1,20 \text{ k.m/W}$: $K2=0,93$.
- Factor de corrección por instalación en el interior de tubos: $K3=0,8$.

Por tanto, la intensidad por el criterio térmico será:

$$I_{inv} = \frac{75,96}{0,92 * 0,93 * 0,8} = 110,98 \text{ A}$$

Para poder cumplir este criterio se necesitará una sección de 16 mm^2 , la cual proporcionará $110,98 \text{ A}$ para un aislamiento XLPE de cables unipolares.

Para finalizar el tramo de corriente alterna, se realizará dos comprobaciones, por densidad de corriente y por caída de tensión.

- Densidad de corriente:

Se debe cumplir que:

$$I_{Ninv} < IZ$$

$$110,98 \text{ A} < 132 \text{ A}$$

- Caída de tensión:

$$Av = \frac{\sqrt{3} * L * I_{inv} * \cos\delta}{\sigma * AV_{\text{máx}}}$$



$$Av = \frac{\sqrt{3} * 12 * 60,67 * 0,95}{56 * 9} = 2,38 < 9 \text{ V}$$

Cumple por ambos criterios por lo tanto la sección elegida será de 16 mm^2

3.8 INTENSIDAD NOMINAL DE MAGNETOTÉRMICOS DE PROTECCIÓN DE RAMA

El dispositivo que se podrá utilizar para proteger contra sobrecargas debe de cumplir las siguientes condiciones:

$$ISC_{MAX} \leq I_n \leq I_R * I_{MG} \leq 1,45 I_R$$

donde:

- ISC_{MAX} : corriente para el dimensionado
- I_n : corriente asignada del interruptor.
- I_R : corriente máxima de reversión
- I_{MG} : corriente actuación

$$10,92 \leq I_n \leq I_R I_{MG} \leq 1,45 I_R$$

$$10,92 \leq I_n \leq 24 \leq 29$$

Un magnetotérmico válido para esta protección será uno que su corriente asignada esté entre 11 y 24 A.



Jaén, mayo de 2023

El alumno

Javier Miranda Villar



TRABAJO FIN DE GRADO

DOCUMENTO 4. ANEXO: DATOS DE CONSUMO HORARIO



Tabla 4.1.- Consumo horario mes de enero

Hora	MES DE ENERO CONSUMO (kWh)																															
	Día																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
0	11	12	12	10	11	10	10	10	11	11	10	11	12	12	10	11	10	10	10	11	11	10	12	12	10	11	10	10	10	11	11	
1	11	11	11	10	10	10	10	10	10	11	10	11	11	11	10	10	10	10	10	10	11	10	11	11	10	10	10	10	10	10	11	
2	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10	11	11	10	10	10	10	10	10	10	
3	10	11	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10	11	11	10	10	10	10	10	10	10	
4	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	10	10	10	10	10	10	10	
5	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	10	10	10	10	10	10	10	
6	12	11	11	12	12	11	11	11	11	11	12	12	11	11	12	12	11	11	11	11	11	12	11	11	12	12	11	11	11	11	11	
7	16	12	11	15	15	15	15	14	11	11	15	16	12	11	15	15	15	15	14	11	11	15	12	11	15	15	15	15	14	11	11	
8	17	15	13	17	16	16	16	15	14	12	16	17	15	13	17	16	16	16	15	14	12	16	15	13	17	16	16	16	15	14	12	
9	19	17	13	19	19	18	18	17	15	12	19	19	17	13	19	19	18	18	17	15	12	19	17	13	19	19	18	18	17	15	12	
10	20	19	14	20	19	19	19	18	17	13	20	20	19	14	20	19	19	19	18	17	13	20	19	14	20	19	19	19	18	17	13	
11	20	19	15	20	19	19	19	18	18	14	20	20	19	15	20	19	19	19	18	18	14	20	19	15	20	19	19	19	18	18	14	
12	19	20	15	20	19	18	18	18	18	15	19	19	20	15	20	19	18	18	18	18	15	19	20	15	20	19	18	18	18	18	15	
13	18	19	15	18	18	17	17	17	17	15	18	18	19	15	18	18	17	17	17	17	15	18	19	15	18	18	17	17	17	17	15	
14	16	17	15	16	16	15	15	14	16	14	16	16	17	15	16	16	15	15	14	16	14	16	17	15	16	16	15	15	14	16	14	
15	15	16	14	15	15	14	14	13	15	13	15	15	16	14	15	15	14	14	13	15	13	15	16	14	15	15	14	14	13	15	13	
16	14	16	14	15	15	14	14	13	15	13	15	14	16	14	15	15	14	14	13	15	13	15	16	14	15	15	14	14	13	15	13	
17	14	16	14	15	15	15	14	13	15	13	15	14	16	14	15	15	15	14	13	15	13	15	16	14	15	15	15	14	13	15	13	
18	22	16	13	23	22	22	21	20	14	13	21	22	16	13	23	22	22	21	20	14	13	21	16	13	23	22	22	21	20	14	13	
19	22	17	14	22	22	21	21	20	15	13	22	22	17	14	22	22	21	21	20	15	13	22	17	14	22	22	21	21	20	15	13	
20	20	17	14	19	19	19	19	18	15	13	20	20	17	14	19	19	19	19	18	15	13	20	17	14	19	19	19	19	18	15	13	
21	18	15	14	17	17	16	16	16	14	13	17	18	15	14	17	17	16	16	16	14	13	17	15	14	17	17	16	16	16	14	13	
22	11	17	15	10	10	10	10	10	15	14	10	11	17	15	10	10	10	10	10	15	14	10	17	15	10	10	10	10	10	15	14	
23	10	15	14	9	9	9	9	9	14	13	9	10	15	14	9	9	9	9	9	14	13	9	15	14	9	9	9	9	9	14	13	



Tabla 4.2.- Consumo horario mes de febrero

Hora	MES DE FEBRERO CONSUMO (kWh)																											
	Día																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
0	10	11	11	11	11	12	12	11	12	11	11	11	12	12	11	11	11	11	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5
1	10	10	10	10	10	11	11	10	11	11	11	11	11	11	10	10	10	11	4	5	5	4	4	4	4	4	5	5
2	10	10	10	10	10	11	11	10	11	11	10	10	11	11	10	10	10	10	4	5	5	4	4	4	4	4	5	5
3	10	10	10	10	10	11	11	10	11	11	10	10	11	11	10	10	10	10	4	5	5	4	4	4	4	4	5	5
4	10	10	10	10	10	11	11	10	11	11	10	10	10	11	10	10	10	10	4	5	5	4	4	4	4	4	5	5
5	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	10	11	11	11	4	5	5	4	4	4	4	4	5	5
6	12	12	12	12	12	11	11	12	13	13	12	12	11	11	12	12	12	12	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
7	15	16	15	15	16	12	11	16	17	16	16	16	12	11	15	16	16	16	7	5	5	6	6	6	6	6	5	5
8	16	16	16	16	16	15	12	17	17	17	17	17	15	12	17	16	17	17	8	6	5	8	8	8	8	8	6	5
9	19	19	19	19	19	16	13	20	20	20	19	19	16	13	20	19	19	19	9	7	5	9	9	9	9	9	7	5
10	20	20	19	19	20	18	14	21	21	20	20	20	18	14	20	20	20	20	9	8	6	9	9	9	9	9	7	6
11	20	19	19	19	19	19	15	20	21	20	20	20	19	15	20	20	20	20	9	8	6	9	9	9	9	9	8	6
12	19	19	19	19	19	19	15	20	21	20	20	19	19	15	20	19	19	19	9	8	6	9	9	9	9	9	8	6
13	18	18	18	18	18	18	15	19	19	19	18	18	18	15	19	18	18	18	8	7	6	9	8	8	8	8	7	6
14	16	16	16	16	15	17	15	17	17	16	16	16	17	15	16	16	16	16	7	7	6	7	7	7	7	7	7	6
15	15	15	15	15	14	16	14	16	16	16	15	14	16	14	15	15	15	15	7	6	6	7	7	7	7	7	6	6
16	15	15	15	15	14	16	14	16	16	16	15	14	15	13	15	15	15	15	7	6	6	7	7	7	7	6	6	5
17	15	15	15	15	14	16	13	16	16	16	15	14	16	13	15	15	15	15	6	6	5	7	7	7	7	6	6	5
18	21	21	21	21	20	14	12	22	23	22	22	20	14	12	22	21	21	21	9	5	4	9	9	9	9	9	5	4
19	22	22	22	22	22	16	14	23	24	23	22	22	16	14	22	22	22	22	9	6	5	10	10	10	10	9	6	5
20	20	20	20	20	20	17	14	20	21	21	20	20	16	14	20	20	20	20	9	6	5	9	9	9	9	9	6	5
21	17	17	17	17	18	15	13	17	18	18	17	18	15	13	17	17	17	17	8	5	5	7	8	7	7	8	5	5
22	10	11	10	10	11	17	15	11	11	11	11	11	17	15	10	11	11	11	5	7	6	5	5	5	5	5	7	6
23	9	9	9	9	10	15	14	10	10	10	10	10	15	14	9	10	10	10	5	6	6	4	4	4	4	5	6	5



Tabla 4.3.- Consumo horario mes de marzo

Hora	MES DE MARZO CONSUMO (kWh)																															
	Día																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5	5	4	4	4	5	4
1	4	4	4	4	4	4	5	5	4	4	4	4	4	5	5	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	4	4	0	4	4	4	4
2	4	4	4	4	4	4	5	5	4	4	4	4	4	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	3	3	4	4	4
3	4	4	4	4	4	4	5	5	4	4	4	4	4	5	5	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4
4	4	4	4	4	4	4	5	5	4	4	4	4	4	5	5	4	4	4	4	4	3	3	4	5	4	4	4	3	3	4	4	4
5	4	4	4	4	4	4	5	5	4	5	5	4	4	5	5	4	4	4	4	4	4	3	5	5	5	5	5	3	3	4	4	4
6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	4	3	5	5	5
7	6	6	6	6	6	5	5	6	6	6	6	6	5	5	6	6	6	6	6	6	4	3	6	6	6	6	6	3	3	6	6	6
8	7	7	7	7	7	6	5	7	7	7	7	7	6	5	7	7	7	7	7	7	4	3	7	7	7	7	7	4	3	7	7	7
9	8	8	8	8	8	6	5	8	8	8	8	8	6	5	8	8	8	8	8	8	4	4	8	8	8	8	8	4	3	8	8	8
10	9	9	8	8	8	7	6	9	9	9	8	8	7	6	8	8	8	8	8	8	5	4	9	9	9	8	8	5	4	8	8	8
11	8	9	8	8	8	7	6	9	9	8	8	8	7	6	8	8	8	8	8	8	5	4	9	9	9	8	8	5	4	10	9	9
12	8	8	8	8	8	7	6	9	9	8	8	8	7	6	8	8	8	8	8	8	5	4	9	9	8	8	8	5	4	9	9	9
13	8	8	8	8	8	7	6	8	8	8	8	8	7	6	8	8	8	8	8	7	5	4	8	8	8	8	8	5	4	9	9	9
14	7	7	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	6	5	4	7	7	7	7	7	4	4	8	8	8
15	7	7	7	7	6	6	6	7	7	7	7	6	6	6	7	7	7	7	7	6	4	4	7	7	7	7	6	4	4	7	6	6
16	7	7	7	7	6	6	6	7	7	7	7	6	6	5	7	7	7	7	7	6	4	4	7	7	7	7	6	4	4	7	6	6
17	7	7	7	7	6	6	5	7	7	7	7	6	6	5	7	7	7	7	7	6	4	4	7	7	7	7	6	4	3	6	6	6
18	9	9	9	9	8	5	4	9	9	9	8	8	5	4	8	8	8	9	8	5	4	8	8	8	7	7	4	3	6	6	6	6
19	9	9	9	9	9	5	5	9	9	9	9	9	5	4	9	9	9	9	9	8	5	4	8	8	8	8	8	5	4	6	6	6
20	9	9	9	9	9	6	5	9	9	9	9	9	6	5	8	9	9	9	9	8	6	5	8	8	8	8	8	5	4	6	6	6
21	8	8	8	8	8	5	5	8	8	8	8	8	5	5	7	8	8	8	7	5	5	7	7	7	7	7	5	4	6	6	5	5
22	5	5	5	5	5	7	6	5	5	5	5	5	7	6	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5
23	4	5	5	4	5	6	6	5	5	5	4	5	6	5	4	4	4	4	4	5	4	4	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4



Tabla 4.4.- Consumo horario mes de abril

Hora	MES DE ABRIL CONSUMO (kWh)																														
	Día																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0	4	4	4	4	4	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	
1	4	3	3	3	4	4	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	4	4	4	5	5	4	4	
2	4	3	3	3	4	4	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
3	4	3	3	3	4	4	5	5	5	4	3	4	5	5	5	5	4	3	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
4	4	3	3	3	4	4	5	5	5	4	3	4	5	5	5	5	4	3	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
5	4	3	3	3	4	5	5	5	5	4	3	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5	4
6	4	3	3	3	4	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5
7	5	3	3	3	5	6	6	6	6	4	3	6	6	6	6	6	4	3	6	6	6	6	6	4	4	6	6	6	6	6	6
8	6	3	4	3	6	7	7	7	7	4	3	7	7	7	7	7	4	3	7	7	7	7	7	4	3	7	7	7	7	7	
9	7	3	4	3	7	8	8	8	8	4	4	8	8	8	8	8	4	4	8	8	8	8	8	5	4	8	8	8	8	8	
10	7	4	4	4	7	8	9	9	9	5	4	8	9	9	9	9	5	4	8	9	9	9	9	8	5	4	8	8	8	8	
11	8	4	5	4	8	10	10	10	10	5	4	9	10	10	10	10	5	4	10	10	10	10	10	10	8	6	9	10	10	9	
12	8	4	5	4	8	9	10	10	10	5	4	9	10	10	10	10	5	4	9	10	10	10	10	10	8	6	9	10	10	9	
13	8	4	5	4	8	9	9	9	9	5	4	9	10	10	10	9	5	4	9	9	9	9	9	8	6	9	9	9	9	9	
14	7	4	4	4	7	8	8	8	8	5	4	8	9	8	9	8	5	4	8	8	8	8	8	7	6	8	8	8	8	8	8
15	6	4	4	4	6	7	7	7	7	5	4	7	7	7	7	7	5	4	7	7	7	7	7	5	4	7	7	7	7	7	
16	6	4	4	4	6	7	7	7	7	4	4	7	7	7	7	7	4	4	7	7	7	7	7	5	4	7	7	7	7	6	
17	6	4	4	3	6	7	7	7	7	4	4	7	7	7	7	7	4	4	7	7	7	7	6	5	4	7	7	7	7	6	
18	6	3	4	3	5	6	7	7	6	4	4	6	7	7	7	6	4	4	6	7	7	7	6	5	4	6	7	7	7	6	
19	5	4	4	4	5	6	6	6	6	5	4	6	6	6	6	6	5	4	6	6	6	6	6	5	4	6	6	6	6	6	
20	5	4	4	4	5	6	6	6	6	5	4	6	6	6	6	6	5	4	6	6	6	6	6	5	4	6	6	6	6	6	
21	5	4	5	4	5	6	6	6	6	5	5	6	6	6	6	6	5	5	6	6	6	6	6	5	5	6	6	6	6	6	
22	5	4	4	4	5	5	5	5	6	5	4	5	5	5	6	6	5	4	5	5	5	5	6	5	4	5	5	5	5	6	
23	4	4	4	4	4	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	



Tabla 4.5.- Consumo horario mes de mayo

Hora	MES DE MAYO CONSUMO (kWh)																															
	Día																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	13	13	9	9	9	9	10	9	9	9	9
1	4	4	4	5	5	5	5	4	4	4	5	5	5	5	4	4	4	5	5	5	4	12	12	9	9	9	9	9	9	9	8	9
2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	12	11	8	8	8	8	9	8	8	8	8
3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	11	11	8	8	8	8	9	8	8	8	8
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	11	11	8	8	8	8	8	8	8	8	8
5	4	4	4	5	5	5	5	4	4	4	5	5	5	5	4	4	4	5	5	5	4	11	11	8	8	8	9	9	8	8	9	9
6	4	4	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	11	11	9	9	9	9	9	8	9	9	9
7	4	4	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	11	10	10	10	10	10	8	7	10	10	10
8	3	3	6	7	7	7	7	4	3	7	7	7	7	7	4	3	7	7	7	7	1	3	3	15	15	15	15	9	8	15	15	15
9	4	4	7	8	8	8	8	5	4	8	8	8	8	8	5	4	8	8	8	8	1	4	3	15	15	15	15	10	8	15	15	15
10	4	4	8	8	8	8	8	5	4	8	8	8	8	8	5	4	8	8	8	8	1	4	3	16	16	16	16	11	9	16	16	16
11	6	6	9	9	9	9	9	8	6	9	9	9	9	9	8	6	9	9	9	9	1	7	6	16	16	16	16	12	9	16	16	16
12	7	6	9	9	9	9	9	8	7	9	9	9	9	9	8	7	9	9	9	9	1	7	6	16	16	16	17	12	10	16	17	17
13	7	7	9	9	9	9	9	8	7	9	9	9	9	9	8	7	9	9	9	9	1	7	6	16	16	16	16	12	10	16	16	16
14	6	6	8	8	8	8	8	7	6	8	8	8	8	8	7	6	8	8	8	8	1	7	6	16	16	16	16	11	10	16	16	16
15	4	4	7	7	7	7	7	5	4	7	7	7	7	7	5	4	7	7	7	7	1	4	3	16	16	16	15	11	9	15	16	16
16	4	4	7	7	7	7	7	5	4	7	7	7	7	7	5	4	7	7	7	7	1	4	3	16	16	16	15	11	9	15	16	16
17	4	4	7	7	7	7	7	5	4	7	7	7	7	7	5	4	7	7	7	7	1	4	3	15	15	15	15	11	9	15	16	16
18	4	4	6	7	7	7	6	5	4	7	7	7	7	6	5	4	7	7	7	7	1	4	3	13	13	13	13	11	9	13	13	13
19	4	4	6	6	6	6	6	5	4	6	6	6	6	6	5	4	6	6	6	6	1	4	3	12	12	12	12	11	9	12	12	12
20	4	4	6	6	6	6	6	5	4	6	6	6	6	6	5	4	6	6	6	6	1	4	3	12	12	12	12	11	9	11	12	12
21	5	4	6	6	6	6	6	5	5	6	6	6	6	6	5	5	6	6	6	6	1	4	4	12	12	12	12	10	11	12	12	12
22	4	4	5	5	6	5	6	5	4	5	6	6	5	6	5	4	5	5	6	6	1	4	4	12	12	12	13	11	10	12	12	12
23	4	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	1	4	3	11	11	11	12	10	9	11	11	11



Tabla 4.6.- Consumo horario mes de junio

Hora	MES DE JUNIO CONSUMO (kWh)																															
	Día																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
0	11	11	11	12	11	10	11	11	11	11	12	11	11	11	11	11	11	12	12	11	11	12	12	12	13	13	12	12	12	12		
1	10	10	10	11	10	10	11	11	11	10	11	11	10	11	11	11	11	11	11	10	11	11	11	11	12	12	11	12	12	12		
2	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11		
3	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11		
4	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11		
5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11		
6	11	11	10	10	9	10	11	11	11	11	10	10	10	11	11	11	11	10	10	11	11	12	12	11	11	11	11	12	12	12		
7	12	12	12	10	9	11	12	12	12	12	10	9	12	12	12	12	12	10	9	12	12	13	13	13	11	10	13	13	13	13		
8	15	15	15	11	9	15	15	15	15	15	11	9	15	15	15	15	15	11	10	15	16	15	15	15	12	10	16	16	16	16		
9	16	16	16	12	10	16	17	17	17	16	12	10	17	17	17	17	17	13	11	17	17	18	18	18	13	11	19	18	18	18		
10	17	17	17	14	11	17	17	17	17	17	14	11	18	18	18	18	18	14	11	18	18	19	19	19	15	12	20	19	19	19		
11	18	18	18	14	11	18	18	18	18	18	14	11	18	18	18	18	18	15	12	18	18	19	19	19	16	12	20	20	20	20		
12	18	18	18	14	12	18	18	18	18	18	15	12	19	18	18	18	19	15	12	19	19	20	20	20	16	13	21	20	20	20		
13	18	18	18	14	12	18	18	18	18	18	15	12	18	18	18	18	18	15	12	18	18	19	19	19	16	13	20	20	20	20		
14	17	17	17	14	12	17	17	17	17	17	14	12	18	17	17	17	17	14	12	18	18	17	17	17	15	13	18	18	18	18		
15	16	16	16	13	11	16	16	16	16	16	14	12	17	17	17	17	16	14	12	17	17	16	16	16	15	13	17	17	17	17		
16	16	16	15	13	11	16	16	16	16	15	13	11	17	17	17	17	16	14	12	17	17	16	16	16	14	13	17	17	17	17		
17	16	16	15	13	11	16	17	17	17	16	13	11	17	17	17	17	16	13	11	17	17	17	17	16	14	12	18	17	17	17		
18	15	15	14	13	11	15	15	15	15	14	13	11	15	15	15	15	15	13	11	15	15	16	16	16	14	12	17	17	17	17		
19	14	14	14	13	11	14	14	14	14	14	13	11	14	14	14	14	14	14	11	14	15	15	15	15	14	12	16	16	16	16		
20	13	13	13	13	11	13	13	13	13	13	13	11	13	13	13	13	14	14	12	13	14	14	14	14	15	12	15	15	15	15		
21	13	13	13	13	12	12	13	13	13	13	14	12	13	13	13	13	13	14	12	13	13	14	14	14	15	13	14	14	14	14		
22	13	13	13	14	12	13	13	13	13	14	14	12	13	13	13	13	14	14	13	13	13	13	13	14	15	14	14	14	14	14		
23	12	12	12	13	11	12	12	12	12	13	13	11	12	12	12	12	13	13	12	12	12	12	12	13	14	13	12	12	12	12		



Tabla 4.7.- Consumo horario mes de julio

Hora	MES DE JULIO CONSUMO (kWh)																																
	Día																																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
0	11	12	12	11	11	11	11	11	12	12	11	11	12	12	11	12	12	11	11	11	11	11	12	12	11	11	11	11	11	12	12		
1	10	11	11	10	10	11	10	10	11	11	10	11	11	11	10	11	11	10	10	10	11	10	11	11	10	11	11	11	10	11	11		
2	9	10	10	10	10	10	10	9	11	10	10	10	10	10	10	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
3	9	10	10	9	10	10	10	9	10	10	10	10	10	10	9	10	10	10	10	10	10	10	9	10	10	9	10	10	10	9	10	10	
4	9	10	10	9	10	10	10	9	10	10	10	10	10	10	9	10	10	10	10	10	10	10	9	10	10	9	10	10	10	9	10	10	
5	9	10	10	10	10	10	10	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
6	10	10	10	10	11	11	11	10	10	10	11	11	11	11	10	10	10	11	11	11	11	10	10	10	10	11	11	11	10	10	10	10	
7	11	10	9	12	12	12	12	11	10	9	12	12	12	12	11	10	9	12	12	12	12	11	10	9	12	12	12	12	11	9	9		
8	18	11	9	19	19	19	19	18	11	9	20	19	20	20	18	11	9	20	20	20	19	18	11	9	19	19	19	19	18	11	9		
9	21	13	10	23	22	23	23	21	13	10	23	22	23	23	21	13	10	23	23	23	22	21	13	10	22	22	22	22	21	13	10		
10	23	14	11	25	24	25	24	23	14	11	25	24	25	25	23	14	11	25	25	25	24	23	14	11	24	24	24	24	23	14	11		
11	23	15	12	25	25	25	25	24	15	12	26	25	26	26	24	15	12	26	26	26	25	24	15	12	25	25	25	25	24	15	12		
12	24	15	12	26	26	26	26	24	16	12	26	26	26	26	25	15	12	27	27	27	26	24	15	12	25	26	26	26	24	15	12		
13	24	15	13	25	25	26	25	24	15	13	26	25	26	26	24	15	13	26	26	26	25	24	15	13	25	25	25	25	24	15	12		
14	21	14	12	23	23	23	23	22	15	12	23	23	24	24	22	14	13	24	24	24	23	22	14	12	22	23	23	23	22	14	12		
15	20	14	12	22	22	22	22	20	14	12	22	22	22	22	20	14	12	22	22	22	22	20	14	12	21	22	22	22	20	14	12		
16	19	14	12	22	22	22	22	20	14	12	22	22	22	22	20	14	12	22	22	22	22	20	14	12	21	22	22	22	20	14	12		
17	19	13	11	22	22	22	22	20	14	11	22	22	22	22	20	14	11	22	22	22	22	20	13	11	21	22	22	22	20	13	11		
18	19	13	11	21	21	22	21	19	14	11	22	21	22	22	20	14	11	22	22	22	21	19	13	11	21	21	21	21	19	13	11		
19	18	14	12	20	20	21	20	19	14	12	20	20	21	21	19	14	12	21	21	21	20	19	14	12	20	20	20	20	19	14	11		
20	18	14	12	19	19	19	19	18	14	12	19	19	19	19	18	14	12	19	19	19	19	18	14	12	18	19	19	19	18	14	12		
21	18	14	13	18	18	18	18	18	14	13	18	18	18	18	18	14	13	18	18	18	18	18	14	12	17	18	18	18	18	14	12		
22	17	14	13	17	18	18	18	17	15	13	18	18	18	18	18	15	13	18	18	18	17	17	15	13	17	17	17	18	17	14	13		
23	16	13	12	16	16	16	16	16	14	12	16	16	16	16	16	14	12	16	16	16	16	16	13	12	15	16	16	16	16	13	12		



Tabla 4.8.- Consumo horario mes de agosto

	MES DE AGOSTO CONSUMO (kWh)																															
	Día																															
	Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0	11	11	12	12	11	12	12	11	11	11	11	11	12	12	12	10	11	11	11	10	12	12	11	11	10	10	10	11	11	10	10	11
1	10	11	11	11	10	11	11	10	11	11	11	10	11	11	11	10	10	10	10	10	11	11	10	11	9	9	9	10	10	9	10	10
2	10	10	10	10	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	10	10	9	9	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9	9	9
3	10	10	10	10	10	10	10	9	10	10	10	9	10	10	10	9	9	9	9	9	10	10	9	10	9	9	8	9	9	9	9	9
4	10	10	10	10	9	10	10	9	10	10	10	9	10	10	10	9	9	9	9	9	10	10	9	10	9	9	8	9	9	9	9	9
5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	10	10	10	9	10	10	9	9	10	10	10	10	9	9	8	9	9	9	9	9
6	11	11	11	11	10	10	10	10	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	10	10	9	9	9	10	10	10
7	12	12	12	12	11	10	9	11	12	12	12	11	9	9	9	10	11	11	10	10	9	11	12	10	10	10	9	8	11	11	11	11
8	16	16	16	16	15	10	9	15	16	16	16	14	10	9	9	14	15	15	14	10	9	15	16	13	13	12	9	8	13	13	14	
9	18	18	19	19	17	12	10	18	18	18	18	17	12	10	10	16	17	17	16	12	10	18	18	15	15	14	11	9	15	15	15	
10	20	20	20	21	19	14	11	19	20	20	20	18	13	11	11	18	19	19	17	13	11	19	20	16	16	15	12	10	16	16	17	
11	20	20	21	21	19	14	12	20	20	20	20	19	14	12	12	18	19	20	18	14	11	20	20	17	17	15	13	10	17	17	17	
12	21	21	22	22	20	15	12	20	21	21	21	19	14	12	12	19	20	20	19	14	12	21	21	17	17	16	13	11	17	17	17	
13	21	21	21	22	20	15	12	20	20	20	20	19	14	12	12	18	20	20	18	14	12	20	21	17	17	16	13	11	17	17	17	
14	19	19	19	20	18	14	12	18	19	19	19	18	13	12	12	17	18	18	17	14	12	19	19	16	16	15	12	11	16	16	16	
15	18	18	18	18	17	13	12	17	18	18	18	16	13	12	12	16	17	17	16	13	12	17	18	15	15	13	12	11	15	15	15	
16	17	18	18	18	16	13	12	17	17	17	17	16	13	12	12	16	17	17	15	13	11	17	17	14	14	13	12	10	15	15	15	
17	17	18	18	18	16	13	11	17	17	17	17	16	13	11	11	16	17	17	15	13	11	17	18	15	14	13	12	10	15	15	15	
18	17	17	18	18	16	13	11	17	17	17	17	16	13	11	11	16	16	17	15	13	11	17	17	14	14	13	12	10	14	14	15	
19	17	17	17	17	16	13	11	16	17	17	17	16	13	11	11	15	16	16	15	13	11	16	17	14	14	13	12	10	14	14	14	
20	16	16	17	17	16	14	12	16	16	16	16	15	13	12	12	15	15	15	15	14	12	16	16	13	13	13	12	11	13	13	14	
21	16	16	17	17	16	15	13	16	16	16	16	16	14	13	13	15	16	16	15	15	13	16	17	14	14	13	13	12	14	14	14	
22	15	15	16	16	15	14	13	15	15	15	15	15	14	13	13	14	15	15	14	14	13	15	15	13	13	12	13	12	13	13	13	
23	14	14	14	14	14	13	12	13	14	14	14	14	13	12	12	12	13	13	13	13	12	14	14	11	11	11	12	11	12	12	12	



Tabla 4.9.- Consumo horario mes de septiembre

Hora	MES DE SEPTIEMBRE CONSUMO (kWh)																															
	Día																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
0	13	13	13	14	13	12	13	13	13	13	14	13	12	12	13	13	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	
1	12	12	12	13	12	11	12	12	12	12	12	12	11	12	12	12	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	
2	12	12	12	12	12	11	11	11	11	11	12	12	11	11	11	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
3	12	12	12	12	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
4	12	11	12	12	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
5	12	12	12	12	11	11	11	12	12	12	11	11	11	11	11	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
6	13	13	13	12	12	12	13	13	13	13	12	11	12	13	13	13	2	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	
7	15	15	15	12	11	14	15	15	15	15	12	11	14	15	15	15	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	
8	17	17	17	13	10	16	16	16	16	16	12	10	16	16	16	16	0	2	1	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	
9	22	22	21	14	11	20	21	21	21	21	14	11	20	21	21	21	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	
10	23	23	23	16	12	22	22	23	22	22	15	12	22	22	22	22	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	
11	24	24	24	17	13	22	23	23	23	23	16	13	22	23	23	23	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
12	24	24	24	17	14	23	24	24	24	23	17	13	23	23	24	24	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
13	24	24	23	17	14	22	23	23	23	23	17	14	22	23	23	23	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
14	19	19	19	16	14	18	19	19	19	18	16	13	18	19	19	19	0	2	2	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	
15	19	19	18	15	13	17	18	18	18	17	15	13	17	18	18	18	0	2	2	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	
16	19	19	18	15	13	17	18	18	18	17	15	13	17	18	18	18	0	2	2	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	
17	19	19	18	15	12	18	18	18	18	17	15	12	17	18	18	18	0	2	2	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	
18	20	20	19	15	12	19	19	19	19	18	15	12	19	19	19	19	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	
19	19	19	18	15	13	18	18	18	18	18	15	12	17	18	18	18	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
20	19	19	19	17	14	18	19	19	19	19	17	14	18	18	19	19	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
21	18	18	19	18	15	17	18	18	18	18	17	15	17	18	18	18	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
22	15	15	15	16	14	14	14	14	14	15	16	14	14	14	14	14	0	2	2	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	
23	13	13	14	15	13	12	12	13	13	13	15	13	12	12	12	12	0	2	2	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	



Tabla 4.10.- Consumo horario mes de octubre

Hora	MES DE OCTUBRE CONSUMO (kWh)																																
	Día																																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
0	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2		
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
6	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1		
7	2	1	1	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1	
8	0	1	1	0	0	0	0	0	2	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	1	1		
9	0	2	1	0	0	0	0	0	2	1	0	1	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	2	1		
10	0	2	1	0	0	0	0	0	2	1	0	1	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	2	1		
11	0	2	1	0	0	0	0	0	2	2	0	2	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	2	1		
12	0	2	2	0	0	0	0	0	2	2	0	2	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	2	2		
13	0	2	2	0	0	0	0	0	2	2	0	2	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	2	2		
14	0	2	2	0	0	0	0	0	2	2	0	2	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	2	2		
15	0	2	1	0	0	0	0	0	2	2	0	2	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	2	1		
16	0	2	1	0	0	0	0	0	2	1	0	1	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	2	1		
17	0	2	1	0	0	0	0	0	2	1	0	1	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	2	1		
18	0	2	1	0	0	0	0	0	2	1	0	1	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	2	1		
19	0	2	2	0	0	0	0	0	2	2	0	2	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	2	2		
20	0	2	2	0	0	0	0	0	2	2	0	2	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	2	2		
21	0	2	2	0	0	0	0	0	2	2	0	2	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	2	2		
22	0	2	2	0	0	0	0	0	2	2	0	2	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	2	2		
23	0	2	1	0	0	0	0	0	2	2	0	1	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	2	1		



Tabla 4.11.- Consumo horario mes de noviembre

Hora	MES DE NOVIEMBRE CONSUMO (kWh)																														
	Día																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2
7	1	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2
8	1	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2
9	1	7	7	7	7	2	1	7	7	7	7	7	2	1	8	8	8	8	8	2	1	8	8	8	8	8	7	2	1	8	8
10	1	7	7	7	7	2	1	7	7	8	8	7	2	1	8	8	8	8	8	2	1	8	8	8	8	8	8	2	1	8	8
11	1	7	7	7	7	2	1	7	7	8	8	8	2	1	8	8	8	8	8	2	2	8	8	8	8	8	8	2	2	8	8
12	1	7	7	7	7	2	1	7	7	7	8	7	2	2	8	8	8	8	8	2	2	8	8	8	8	8	8	2	2	8	8
13	1	7	7	7	7	2	1	7	7	7	7	7	2	2	7	7	7	7	7	2	2	7	7	7	7	7	7	2	2	7	7
14	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
15	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2
16	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2
17	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2
18	2	6	7	7	6	2	2	7	7	7	7	7	2	2	7	7	7	7	7	2	2	7	7	7	7	7	7	2	2	7	7
19	2	6	6	6	6	2	2	6	6	6	7	6	2	2	7	7	7	7	7	2	2	7	7	7	7	7	7	2	2	7	7
20	2	5	6	6	6	2	2	6	6	6	6	6	2	2	6	6	6	6	6	2	2	6	6	6	6	6	6	2	2	6	6
21	2	5	5	5	5	2	2	5	5	5	5	5	2	2	5	5	5	5	6	2	2	5	5	5	5	6	2	2	5	5	
22	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1	
23	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	



Tabla 4.12.- Consumo horario mes de diciembre

Hora	MES DE DICIEMBRE CONSUMO (kWh)																															
	Día																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
0	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
7	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
8	7	7	7	2	1	1	6	1	7	7	2	1	7	7	7	7	7	2	1	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
9	6	6	6	2	1	1	5	1	6	6	2	1	6	6	6	6	6	2	1	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
10	6	6	6	2	2	2	5	2	6	6	2	2	6	6	6	6	6	2	2	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
11	6	6	6	2	2	2	5	2	6	6	2	2	6	6	6	6	6	2	2	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
12	6	6	6	2	2	2	5	2	6	6	2	2	6	6	6	6	6	2	2	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
13	6	6	6	2	2	2	5	2	6	6	2	2	6	6	6	6	6	2	2	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
14	7	7	7	2	2	2	6	2	7	7	2	2	7	7	7	7	7	2	2	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
15	6	6	6	2	2	2	6	2	6	6	2	2	6	6	6	6	6	2	2	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
16	6	6	6	2	1	2	6	2	6	6	2	2	6	6	6	6	6	2	1	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
17	7	7	6	2	2	2	6	2	7	7	2	2	7	7	7	7	6	2	2	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
18	5	5	5	2	2	2	5	2	5	5	2	2	5	5	5	5	5	2	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
19	5	5	5	2	2	2	5	2	5	5	2	2	5	5	5	5	5	2	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
20	5	5	5	2	2	2	4	2	5	5	2	2	4	5	5	5	5	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
21	4	4	4	2	2	2	4	2	4	4	2	2	4	4	4	4	4	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
22	5	5	5	2	2	2	4	2	5	5	2	2	5	5	5	5	5	2	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
23	4	4	5	2	2	2	4	2	4	5	2	2	4	4	4	4	5	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4



Jaén, mayo de 2023

El alumno

Javier Miranda Villar



TRABAJO FIN DE GRADO

DOCUMENTO 5. ANEXO: DATOS DE RADIACIÓN

Fuente: Centro científico de la UE,

Página web: [Sistema de Información Geográfica Fotovoltaica PVGIS \(europa.eu\)](http://europa.eu).



Tabla 5.1.- Radiación mes de enero (Wh/m²)

time (UTC+1)	G(i)	Gb(i)	Gd(i)
00:00	0.0	0.0	0.0
01:00	0.0	0.0	0.0
02:00	0.0	0.0	0.0
03:00	0.0	0.0	0.0
04:00	0.0	0.0	0.0
05:00	0.0	0.0	0.0
06:00	0.0	0.0	0.0
07:00	0.0	0.0	0.0
08:00	0.0	0.0	0.0
09:00	95.0	59.7	35.1
10:00	248.0	163.7	83.9
11:00	386.6	270.8	115.2
12:00	471.0	339.0	131.5
13:00	513.1	369.0	143.3
14:00	483.4	345.1	137.7
15:00	423.5	291.5	131.4
16:00	321.4	216.9	104.1
17:00	184.3	118.9	65.1
18:00	10.1	5.11	5.0
19:00	0.0	0.0	0.0
20:00	0.0	0.0	0.0
21:00	0.0	0.0	0.0
22:00	0.0	0.0	0.0
23:00	0.0	0.0	0.0



Tabla 5.2.- Radiación mes de febrero (Wh/m2)

time (UTC+1)	G(i)	Gb(i)	Gd(i)
00:00	0.0	0.0	0.0
01:00	0.0	0.0	0.0
02:00	0.0	0.0	0.0
03:00	0.0	0.0	0.0
04:00	0.0	0.0	0.0
05:00	0.0	0.0	0.0
06:00	0.0	0.0	0.0
07:00	0.0	0.0	0.0
08:00	1.2	0.0	1.2
09:00	150.1	86.9	62.9
10:00	314.1	201.7	112.0
11:00	444.0	302.0	141.4
12:00	546.0	376.0	169.2
13:00	573.0	399.8	172.4
14:00	571.6	393.7	177.1
15:00	504.6	339.4	164.4
16:00	402.6	256.6	145.4
17:00	264.5	160.0	104.1
18:00	97.0	53.4	43.4
19:00	0.0	0.0	0.0
20:00	0.0	0.0	0.0
21:00	0.0	0.0	0.0
22:00	0.0	0.0	0.0
23:00	0.0	0.0	0.0



Tabla 5.3.- Radiación mes de marzo (Wh/m2)

time (UTC+1)	G(i)	Gb(i)	Gd(i)
00:00	0.0	0.0	0.0
01:00	0.0	0.0	0.0
02:00	0.0	0.0	0.0
03:00	0.0	0.0	0.0
04:00	0.0	0.0	0.0
05:00	0.0	0.0	0.0
06:00	0.0	0.0	0.0
07:00	0.0	0.0	0.0
08:00	77.9	35.8	41.9
09:00	254.5	147.9	106.2
10:00	422.9	267.2	155.0
11:00	556.7	368.1	187.8
12:00	655.4	445.6	208.9
13:00	663.1	446.2	215.9
14:00	667.2	442.5	223.8
15:00	596.8	386.6	209.3
16:00	477.6	296.6	180.3
17:00	327.5	186.6	140.4
18:00	166.5	85.2	81.0
19:00	10.8	3.2	7.5
20:00	0.0	0.0	0.0
21:00	0.0	0.0	0.0
22:00	0.0	0.0	0.0
23:00	0.0	0.0	0.0



Tabla 5.4.- Radiación mes de abril (Wh/m2)

time (UTC+1)	G(i)	Gb(i)	Gd(i)
00:00	0.0	0.0	0.0
01:00	0.0	0.0	0.0
02:00	0.0	0.0	0.0
03:00	0.0	0.0	0.0
04:00	0.0	0.0	0.0
05:00	0.0	0.0	0.0
06:00	0.0	0.0	0.0
07:00	28.6	7.6	20.9
08:00	182.7	91.2	91.2
09:00	350.5	202.4	147.5
10:00	524.3	336.1	187.3
11:00	647.9	435.3	211.6
12:00	724.2	493.7	229.4
13:00	752.7	509.4	242.1
14:00	715.7	477.6	237.1
15:00	634.2	400.3	232.9
16:00	539.2	338.9	199.5
17:00	389.1	225.7	162.9
18:00	218.0	112.4	105.2
19:00	60.7	22.2	38.3
20:00	0.0	0.0	0.0
21:00	0.0	0.0	0.0
22:00	0.0	0.0	0.0
23:00	0.0	0.0	0.0



Tabla 5.5.- Radiación mes de mayo (Wh/m²)

time (UTC+1)	G(i)	Gb(i)	Gd(i)
00:00	0.0	0.0	0.0
01:00	0.0	0.0	0.0
02:00	0.0	0.0	0.0
03:00	0.0	0.0	0.0
04:00	0.0	0.0	0.0
05:00	0.0	0.0	0.0
06:00	0.0	0.0	0.0
07:00	94.0	37.4	56.3
08:00	260.0	147.9	111.7
09:00	443.2	287.0	155.5
10:00	612.9	421.1	190.8
11:00	740.9	524.8	214.9
12:00	826.0	590.2	234.6
13:00	856.9	610.4	245.2
14:00	818.1	570.9	245.9
15:00	732.1	501.4	229.5
16:00	611.9	402.3	208.7
17:00	447.4	273.6	173.2
18:00	277.4	152.5	124.4
19:00	108.1	44.5	63.3
20:00	2.1	0.0	2.1
21:00	0.0	0.0	0.0
22:00	0.0	0.0	0.0
23:00	0.0	0.0	0.0



Tabla 5.6.- Radiación mes de junio (Wh/m2)

time (UTC+1)	G(i)	Gb(i)	Gd(i)
00:00	0.0	0.0	0.0
01:00	0.0	0.0	0.0
02:00	0.0	0.0	0.0
03:00	0.0	0.0	0.0
04:00	0.0	0.0	0.0
05:00	0.0	0.0	0.0
06:00	0.0	0.0	0.0
07:00	117.9	51.6	66.0
08:00	299.4	182.6	116.3
09:00	496.5	343.4	152.3
10:00	673.2	497.1	175.0
11:00	825.3	627.7	196.3
12:00	921.9	714.0	206.5
13:00	964.1	751.4	211.3
14:00	929.9	716.4	212.1
15:00	841.8	635.2	205.2
16:00	697.0	501.6	194.3
17:00	525.1	360.6	163.6
18:00	337.7	209.1	128.0
19:00	154.8	75.3	79.3
20:00	20.0	0.1	19.8
21:00	0.0	0.0	0.0
22:00	0.0	0.0	0.0
23:00	0.0	0.0	0.0



Tabla 5.7.- Radiación mes de julio (Wh/m²)

time (UTC+1)	G(i)	Gb(i)	Gd(i)
00:00	0.0	0.0	0.0
01:00	0.0	0.0	0.0
02:00	0.0	0.0	0.0
03:00	0.0	0.0	0.0
04:00	0.0	0.0	0.0
05:00	0.0	0.0	0.0
06:00	0.0	0.0	0.0
07:00	97.1	42.52	54.45
08:00	285.3	183.14	101.72
09:00	495.4	359.37	135.35
10:00	684.8	529.48	154.36
11:00	840.6	669.11	170.27
12:00	946.5	768.72	176.39
13:00	992.02	807.84	182.73
14:00	975.03	794.32	179.28
15:00	889.03	707.64	180.08
16:00	751.34	583.77	166.45
17:00	571.22	421.57	148.78
18:00	366.21	245.96	119.67
19:00	169.87	92.88	76.69
20:00	18.61	0.23	18.35
21:00	0.0	0.0	0.0
22:00	0.0	0.0	0.0
23:00	0.0	0.0	0.0



Tabla 5.8.- Radiación mes de agosto (Wh/m²)

<i>time</i> <i>(UTC+1)</i>	<i>G(i)</i>	<i>Gb(i)</i>	<i>Gd(i)</i>
00:00	0.0	0.0	0.0
01:00	0.0	0.0	0.0
02:00	0.0	0.0	0.0
03:00	0.0	0.0	0.0
04:00	0.0	0.0	0.0
05:00	0.0	0.0	0.0
06:00	0.0	0.0	0.0
07:00	47.06	15.73	31.24
08:00	229.35	140.33	88.66
09:00	439.58	312.62	126.3
10:00	637.08	485.98	150.16
11:00	802.64	635.23	166.25
12:00	910.88	732.27	177.29
13:00	952.74	771.91	179.47
14:00	929.4	744.49	183.57
15:00	843.71	660.03	182.46
16:00	700.29	537.53	161.73
17:00	516.53	377.03	138.74
18:00	306.0	200.35	105.18
19:00	107.93	51.67	56.08
20:00	0.53	0.0	0.53
21:00	0.0	0.0	0.0
22:00	0.0	0.0	0.0
23:00	0.0	0.0	0.0



Tabla 5.9.- Radiación mes de septiembre (Wh/m²)

<i>Time</i> <i>(UTC+1)</i>	<i>G(i)</i>	<i>Gb(i)</i>	<i>Gd(i)</i>
00:00	0.0	0.0	0.0
01:00	0.0	0.0	0.0
02:00	0.0	0.0	0.0
03:00	0.0	0.0	0.0
04:00	0.0	0.0	0.0
05:00	0.0	0.0	0.0
06:00	0.0	0.0	0.0
07:00	5.3	0.0	5.29
08:00	160.49	86.51	73.75
09:00	362.49	236.23	125.75
10:00	546.49	387.56	158.16
11:00	697.47	511.99	184.5
12:00	782.63	583.92	197.62
13:00	812.31	598.75	212.42
14:00	778.32	572.51	204.72
15:00	669.11	477.71	190.46
16:00	545.85	379.03	166.05
17:00	368.43	238.03	129.88
18:00	172.85	94.71	77.89
19:00	15.67	4.74	10.91
20:00	0.0	0.0	0.0
21:00	0.0	0.0	0.0
22:00	0.0	0.0	0.0
23:00	0.0	0.0	0.0



Tabla 5.10.- Radiación mes de octubre (Wh/m2)

<i>time</i> <i>(UTC+1)</i>	<i>G(i)</i>	<i>Gb(i)</i>	<i>Gd(i)</i>
00:00	0.0	0.0	0.0
01:00	0.0	0.0	0.0
02:00	0.0	0.0	0.0
03:00	0.0	0.0	0.0
04:00	0.0	0.0	0.0
05:00	0.0	0.0	0.0
06:00	0.0	0.0	0.0
07:00	0.0	0.0	0.0
08:00	94.91	49.16	45.63
09:00	280.42	175.41	104.64
10:00	435.23	289.7	144.94
11:00	582.84	414.34	167.72
12:00	661.54	474.44	186.21
13:00	671.4	476.13	194.37
14:00	631.96	439.35	191.76
15:00	533.7	359.96	173.03
16:00	399.55	256.79	142.23
17:00	230.63	135.92	94.41
18:00	51.71	24.63	27.01
19:00	0.0	0.0	0.0
20:00	0.0	0.0	0.0
21:00	0.0	0.0	0.0
22:00	0.0	0.0	0.0
23:00	0.0	0.0	0.0



Tabla 5.11.- Radiación mes de noviembre (Wh/m²)

<i>time</i> <i>(UTC+1)</i>	<i>G(i)</i>	<i>Gb(i)</i>	<i>Gd(i)</i>
00:00	0.0	0.0	0.0
01:00	0.0	0.0	0.0
02:00	0.0	0.0	0.0
03:00	0.0	0.0	0.0
04:00	0.0	0.0	0.0
05:00	0.0	0.0	0.0
06:00	0.0	0.0	0.0
07:00	0.0	0.0	0.0
08:00	10.01	3.78	6.22
09:00	172.77	101.56	71.0
10:00	313.99	198.8	114.81
11:00	442.67	299.44	142.67
12:00	517.18	360.46	156.06
13:00	528.35	368.04	159.63
14:00	490.71	332.76	157.33
15:00	401.58	266.27	134.8
16:00	289.2	182.11	106.73
17:00	139.45	80.83	58.46
18:00	0.17	0.0	0.17
19:00	0.0	0.0	0.0
20:00	0.0	0.0	0.0
21:00	0.0	0.0	0.0
22:00	0.0	0.0	0.0
23:00	0.0	0.0	0.0



Tabla 5.12.- Radiación mes de diciembre (Wh/m²)

<i>time</i> <i>(UTC+1)</i>	<i>G(i)</i>	<i>Gb(i)</i>	<i>Gd</i> <i>(i)</i>
00:00	0.0	0.0	0.0
01:00	0.0	0.0	0.0
02:00	0.0	0.0	0.0
03:00	0.0	0.0	0.0
04:00	0.0	0.0	0.0
05:00	0.0	0.0	0.0
06:00	0.0	0.0	0.0
07:00	0.0	0.0	0.0
08:00	0.0	0.0	0.0
09:00	109.4	67.65	41.64
10:00	265.99	178.8	86.88
11:00	392.28	279.3	112.51
12:00	481.25	354.23	126.43
13:00	510.22	374.59	135.0
14:00	481.02	348.6	131.83
15:00	397.15	279.42	117.25
16:00	280.91	187.68	92.9
17:00	132.83	84.51	48.19
18:00	0.0	0.0	0.0
19:00	0.0	0.0	0.0
20:00	0.0	0.0	0.0
21:00	0.0	0.0	0.0
22:00	0.0	0.0	0.0
23:00	0.0	0.0	0.0



Jaén, mayo de 2023

El alumno

Javier Miranda Villar



TRABAJO FIN DE GRADO

DOCUMENTO 6: ANEXO: FICHAS TÉCNICAS

6.1 SOLIS S5GC-60KW



Solis Three Phase Inverters

» S5-GC(15-23)K-LV



Efficient

- ▶ Max. efficiency 97.8%
- ▶ String current up to **16A**
- ▶ 3 MPPT design, supports multiple orientation system design
- ▶ Night time PID recovery function, increases overall system yield (optional)
- ▶ Wide voltage range and low startup voltage

Smart

- ▶ Supports export power control
- ▶ Intelligent string monitoring, smart I-V curve scan
- ▶ Supports RS485, WiFi, GPRS
- ▶ Scan to register on SolisCloud, supports remote upgrade and control

Safe

- ▶ IP66
- ▶ AFCI protection, proactively reduces fire risk
- ▶ Globally recognised branded componentry for longer life
- ▶ Intelligent redundant fan-cooling

Economic

- ▶ Supports GPRS/WiFi communication with less wiring and reduced installation costs
- ▶ > 150% DC/AC ratio
- ▶ Supports high power modules for lower installation costs
- ▶ Supports aluminium wire access to reduce cost

Model: 220V: S5-GC15K-LV S5-GC20K-LV S5-GC23K-LV



INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA CONECTADA A RED EN MODALIDAD DE PRODUCCIÓN PARA EMPRESA DEL SECTOR AUTOMOVILÍSTICO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE MARTOS

Hoja de datos

S5-GC(50-60)K

Modelo	50K	60K
Entrada (DC)		
Voltaje máximo de entrada	1100 V	
Voltaje nominal	600 V	
Voltaje de arranque	195 V	
Rango de voltaje MPPT	180-1000 V	
Corriente máxima de entrada	5*32 A	6*32 A
Corriente máxima de cortocircuito	5*40 A	6*40 A
Número de MPPT/Número máximo de cadenas de entrada	5/10	6/12
Salida (AC)		
Potencia nominal de salida	50 kW	60 kW
Potencia aparente máxima de salida	55 kVA	66 kVA
Potencia máxima de salida	55 kW	66 kW
Voltaje nominal de la red	3/N/PE, 220 V / 380 V, 230 V / 400 V	
Frecuencia nominal de la red	50 Hz / 60 Hz	
Corriente nominal de salida de red	76.0 A / 72.2 A	91.2 A / 86.6 A
Corriente máxima de salida	83.6 A	100.3 A
Factor de potencia	>0.99 (0.8 capacitivo a 0.8 inductivo)	
THDI	<3%	
Eficiencia		
Eficiencia máxima	98.7%	
Eficiencia EU	98.3%	
Protección		
Protección contra polaridad inversa DC	Sí	
Protección contra cortocircuito	Sí	
Protección de sobrecorriente de salida	Sí	
Protección contra sobretensiones	DC Tipo II / AC Tipo II	
Monitoreo de red	Sí	
Protección Anti-isla	Sí	
Protección de temperatura	Sí	
Monitoreo de cadenas	Sí	
Escaneo de curvas I/V	Sí	
AFCI integrado (Protección de falla de arco DC)	Sí ⁽²⁾	
Recuperación PID integrada	Opcional ⁽²⁾	
Interruptor de DC integrado	Opcional	
Datos generales		
Dimensiones (longitud*altura*ancho)	691*578*338 mm	
Peso	54.5 kg	
Topología	Sin Transformador	
Consumo propio (noche)	<1 W	
Rango de temperatura de funcionamiento	-25 ~ +60°C	
Humedad relativa	0-100%	
Nivel de protección	IP66	
Enfriamiento	Ventilador redundante inteligente	
Altitud máxima de funcionamiento	4000 m	
Estándar de conexión de red	G99, VDE-AR-N 4105 / VDE V 0124, EN 50549-1, VDE 0126 / UTE C 15 / VFR:2019, RD 1699 / RD 244 / UNE 206006 / UNE 206007-1, CEI 0-21, C10/11, NRS 097-2-1, EIFS 2018.2, IEC 62116, IEC 61727, IEC60068, IEC 61683, EN 50530	
Estándar de seguridad / EMC	IEC 62109-1/-2, IEC62116 & IEC 61000-6-1/-2/-3/-4	
Características		
Conexión de DC	Conector MC4	
Conexión de AC	Terminal OT (máxima 70 mm²)	
Pantalla	LCD, botones táctiles capacitivos	
Comunicación	RS485, USB, Opcional: Wi-Fi, GPRS	

6.2 HiKu7_CS7L-Mono-perc-610W



HiKu7 Mono PERC

580 W ~ 610 W

CS7L-580 | 585 | 590 | 595 | 600 | 605 | 610MS

MORE POWER

-  Module power up to 610 W
Module efficiency up to 21.6 %
-  Up to 3.5 % lower LCOE
Up to 5.7 % lower system cost
-  Comprehensive LID / LeTID mitigation technology, up to 50% lower degradation
-  Better shading tolerance

MORE RELIABLE

-  40 °C lower hot spot temperature, greatly reduce module failure rate
-  Minimizes micro-crack impacts
-  Heavy snow load up to 5400 Pa, wind load up to 2400 Pa*

 CanadianSolar



12
Years

Enhanced Product Warranty on Materials and Workmanship*

25
Years

Linear Power Performance Warranty*

1st year power degradation no more than 2%

Subsequent annual power degradation no more than 0.55%

*According to the applicable Canadian Solar Limited Warranty Statement.

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES*

ISO 9001:2015 / Quality management system
ISO 14001:2015 / Standards for environmental management system
ISO 45001: 2018 / International standards for occupational health & safety

PRODUCT CERTIFICATES*

IEC 61215 / IEC 61730 / CE / INMETRO / MCS / UKCA
UL 61730 / IEC 61701 / IEC 62716 / IEC 60068-2-68
UNI 9177 Reaction to Fire: Class 1 / Take-e-way



* The specific certificates applicable to different module types and markets will vary, and therefore not all of the certifications listed herein will simultaneously apply to the products you order or use. Please contact your local Canadian Solar sales representative to confirm the specific certificates available for your Product and applicable in the regions in which the products will be used.



Figure 10 consists of two graphs, A and B, showing the temperature dependence of the heat transfer coefficient h (W/m²K) as a function of the temperature difference V (°C). Both graphs show a plateau followed by a sharp drop in h as V increases.

Graph A: Shows h vs. V for different heat fluxes q (W/m²):

- 1000 W/m² (Red line): Plateau at $h \approx 18.5$ W/m²K, drops sharply at $V \approx 35$ °C.
- 800 W/m² (Dark Grey line): Plateau at $h \approx 15.5$ W/m²K, drops sharply at $V \approx 38$ °C.
- 600 W/m² (Light Grey line): Plateau at $h \approx 12.5$ W/m²K, drops sharply at $V \approx 40$ °C.
- 400 W/m² (Orange line): Plateau at $h \approx 8.5$ W/m²K, drops sharply at $V \approx 38$ °C.
- 200 W/m² (Yellow line): Plateau at $h \approx 4.5$ W/m²K, drops sharply at $V \approx 38$ °C.

Graph B: Shows h vs. V for different temperatures T (°C):

- 5°C (Red line): Plateau at $h \approx 19.5$ W/m²K, drops sharply at $V \approx 35$ °C.
- 25°C (Dark Grey line): Plateau at $h \approx 19.5$ W/m²K, drops sharply at $V \approx 38$ °C.
- 45°C (Light Grey line): Plateau at $h \approx 19.5$ W/m²K, drops sharply at $V \approx 40$ °C.
- 65°C (Orange line): Plateau at $h \approx 19.5$ W/m²K, drops sharply at $V \approx 42$ °C.

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.34 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.26 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature	41 ± 3°C



Jaén, mayo de 2023

El alumno

Javier Miranda Villar



TRABAJO FIN DE GRADO

DOCUMENTO 7. PLANOS



Polígono Industrial la Cañada, Av. de la Forja, S/N

23600 Martos, Jaén

37.70262170173614, -3.968548153024212

	Fecha	Nombre	Firmas	ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE JAÉN	
Dibujado	01/05/2023	Javier Miranda Villar			
Comprobado					
C. Calidad					
Escala 1:1	DESIGNACION Instalación fotovoltaica conectada a red para autoconsumo para empresa Pulimold Localización				Nº de plano 1
					Sustituye a
					Sustituido por:



	Fecha	Nombre	Firmas	ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE JAÉN	
Dibujado	01/05/2023	Javier Miranda Villar			
Comprobado					
C. Calidad					
Escala 1:1	DESIGNACION Instalación fotovoltaica conectada a red para autoconsumo para empresa Pulimold Orientación del emplazamiento				Nº de plano 2
					Sustituye a
					Sustituido por:



Jaén, mayo de 2023

El alumno

Javier Miranda Villar



TRABAJO FIN DE GRADO

DOCUMENTO 8: PLIEGO DE CONDICIONES



8.1 CONDICIONES GENERALES

8.1.1 Ámbito de aplicación

El presente pliego de condiciones determina los requisitos a los que se debe ajustar para llevar a cabo la realización, progreso, inspección y recepciones de las labores a realizar en la instalación fotovoltaica conectada a red de 60 kWp para autoconsumo.

En él, se fijarán los niveles técnicos incluidos en cada anexo de la memoria descriptiva correspondiente a este proyecto.

En este documento, además está presente la localización de obras y la descripción general, las condiciones que han de cumplir los materiales, las instrucciones de ejecución, medición y abono de las unidades de obras, siendo de obligación cumplir por parte del Contratista.

8.1.2 Documentos que definen las obras

Las obras de este Proyecto son todas las necesarias para cumplir el objetivo de este proyecto de “Instalación fotovoltaica conectada a red para autoconsumo”, consistiendo en la instalación de un generador fotovoltaico de una potencia total de 60 kWp.

La instalación está compuesta por un inversor y un generador fotovoltaico de 60 kWp, a su vez compuesto por 105 módulos de 610 Wp cada uno. El generador estará situado en la propia cubierta de la nave industrial, ubicada en Martos, un municipio de la provincia de Jaén. ver plano N.º 1 “Situación y Emplazamiento” del Documento Básico “PLANOS” del presente Proyecto.

El generador se conectará a la red interna de BT. del consumo de la industria de la madera. La organización de la obra de este proyecto se desarrollará en base a las siguientes unidades de obra:

- Obra civil general: acondicionamiento de cubiertas, canalizaciones subterráneas.
- Instalación del generador fotovoltaico, así como realizar la instalación del cableado, red de corriente continua, red de corriente alterna, inversor, sistemas de tierra o sistemas de protección.
- Realización de la instalación del sistema de monitorización.

En la memoria descriptiva se podrá encontrar más detalles del proyecto.

8.1.3 Documentos que definen las obras (II)

Los principales documentos serán contractuales, definen la obra y, que la propiedad entregada al contratista, serán:

- Planos.
- Pliego de condiciones.



- Presupuesto.
- Memoria.

Todos los documentos están presentes en este proyecto, además de las condiciones que deben asentarse en el contrato que se deberá suscribir. La inclusión en Contrato de las cubricaciones y mediciones, no implica necesariamente su exactitud con respecto a la realidad.

Además, pueden ser entregados otros documentos al proyectista cuya finalidad sea informar sobre diferentes aspectos necesarios para entender el proyecto y que puede influir en la obra.

8.2 DISPOSICIONES VIGENTES

El Contratista está obligado al cumplimiento de la Reglamentación del Trabajo correspondiente y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten. En particular, deberá cumplir lo dispuesto en la Norma UNE 24042 “Contratación de Obras. Condiciones Generales”. Deberá estar clasificado, según el Orden del Ministerio de Hacienda, en el Grupo, Subgrupo y Categoría correspondientes al Proyecto.

Las obras del Proyecto, además de lo prescrito en el presente Pliego de Condiciones, se regirán por lo especificado en:

- Reglamentación General de la Ley de Contratas aprobado por Real Decreto 1098/2001, del 12 de octubre.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- RD 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Real Decreto 244/2019 de 05/04/2019, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.



- Normas particulares y condiciones técnicas de seguridad de la empresa distribuidora Iberdrola.
- Normas UNE que sean de aplicación.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, sobre Prevención de Riesgos Laborales y R.D. 1627/97 sobre disposiciones mínimas en materia de Seguridad y Salud en las Obras.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Acciones en la Edificación, AE-88.

8.2.1 Seguridad en el trabajo

El Contratista está obligado a cumplir las condiciones que se indican en la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales y cuantas en esta materia fueran de pertinente aplicación. Así mismo, deberá proveer cuanto fuese preciso para el mantenimiento de las máquinas, herramientas, materiales y útiles de trabajo en debidas condiciones de seguridad.

Mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos en tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal; los metros, reglas, mangos de aceiteras, útiles limpiadores, etc., que se utilicen no deben ser de material conductor. Se llevarán las herramientas o equipos en bolsas y se utilizará calzado aislante o al menos sin herrajes ni clavos en suelas.

El personal de la Contrata viene obligado a usar todos los dispositivos y medios de protección personal, herramientas y prendas de seguridad exigidos para eliminar o reducir los riesgos profesionales tales como casco, gafas, guantes, etc., pudiendo el Director de Obra suspender los trabajos, si estima que el personal de la Contrata está expuesto a peligros que son corregibles.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista, ordenándolo por escrito, el cese en la obra de cualquier empleado u obrero que, por imprudencia temeraria, fuera capaz de producir accidentes que hicieran peligrar la integridad física del propio trabajador o de sus compañeros.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista en cualquier momento, antes o después de la iniciación de los trabajos, que presente los documentos acreditativos de haber formalizado los regímenes de Seguridad Social de todo tipo (afiliación, accidente, enfermedad, etc.) en la forma legalmente establecida.

8.2.2 Seguridad pública

El Contratista deberá tomar todas las precauciones máximas en todas las operaciones y usos de equipos para proteger a las personas, animales y cosas de los peligros procedentes del trabajo, siendo de su cuenta las responsabilidades que por tales accidentes se ocasionen.



El Contratista mantendrá póliza de Seguros que proteja suficientemente a él y a sus empleados u obreros frente a las responsabilidades por daños, responsabilidad civil, etc., que en uno y otro pudieran incurrir para el Contratista o para terceros, como consecuencia de la ejecución de los trabajos.

8.3 CARÁTERISTICAS Y CALIDAD DE LOS MATERIALES

8.3.1 Generador fotovoltaico

8.3.2 Generalidades

Como principio general se ha de asegurar un grado de aislamiento eléctrico de tipo básico clase II, en lo que afecta tanto a equipos (módulos e inversores) como a materiales (conductores, cajas y armarios de conexión, exceptuando el cableado de continua que será de doble aislamiento).

La instalación incorporará todos los elementos y características necesarios para garantizar en todo momento la calidad del suministro eléctrico. El correcto funcionamiento de estas instalaciones no podrá dar lugar a situaciones peligrosas de trabajo para los operarios de mantenimiento y explotación de la red alterna de baja tensión a la que se conecta.

Se protegerá contra los a los materiales situados en intemperie contra los agentes ambientales, más en concreto, contra el efecto de la radiación solar y la humedad. Se incluirán todos los elementos necesarios de seguridad y protecciones, tanto de las personas como de la instalación fotovoltaica, asegurando con esto la protección frente sobrecargas, cortocircuitos, contactos directos e indirectos, así como otros elementos y protecciones que resulten de la aplicación de la legislación vigente.

Por motivos de seguridad y operación de los equipos, los indicadores, etiquetas... etc. De los mismos estarán en castellano.

8.3.3 Módulos fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos llevarán de forma claramente visible e indeleble el modelo y nombre o logotipo del fabricante, así como una identificación individual o número de serie trazable a la fecha de fabricación.

Deberán incorporar el marcado CE, según la Directiva 2006/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre el material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión.

Deberán cumplir:



- UNE-EN 61730, armonizada para la Directiva 2006/95/CE, sobre cualificación de la seguridad de módulos fotovoltaicos.
- UNE-EN 50380, sobre informaciones de las hojas de datos y de las placas de características para los módulos fotovoltaicos.
- UNE-EN 61215: “Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para uso terrestre. Cualificación del diseño y homologación”.
- Normas UNE/CEI e ISO aplicables y en particular las normas IEC 61215 y UL1703.
- Ser de Clase II, certificado por TUV o un organismo similar.

Los módulos deberán llevar los diodos de derivación para evitar las posibles averías de las células y sus circuitos por sombreados parciales, tendrán un grado de protección IP66.

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.

Los módulos deben cumplir las especificaciones para sus parámetros eléctricos principales en condiciones estándar de operación (irradiancia: 1000 W/m², AM: 1,5, T_c: 25 °C), definidas en la memoria.

Para que un módulo resulte aceptable, su potencia máxima y corriente de cortocircuito reales referidas a condiciones estándar deberán estar comprendidas en el margen del + 5% de los correspondientes valores nominales de catálogo.

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.

Las condiciones de garantía y degradación anual de potencia cumplirán con lo especificado en la memoria. Los módulos deben disponer de dos latiguillos de cable de 4 mm² para la conexión de los terminales del módulo con conectores “Multicontact MC4”.

8.3.4 Inversor

Para la conexión del generador será necesario el uso de un inversor trifásico cuya potencia se especifica en la memoria. Este dispositivo será específico para sistemas fotovoltaicos conectados a red y deberá cumplir la normativa nacional vigente.

Entre sus principales características tendrá las siguientes:

- Funcionamiento como fuente de corriente.
- Seguimiento automático del punto de máxima potencia del generador.
- No funcionarán en isla o modo aislado.
- Incorporación de funciones de monitorización y protección.
- Control del aislamiento del campo de paneles con localización selectiva de fallos y desconexión de seguridad.



- Incorporará separación galvánica entre la red de CC y AC.
- El factor de potencia de la potencia de salida del inversor se deberá encontrar en el rango 0,98 inductivo a 0,98 capacitivo.

El inversor cumplirá las siguientes normativas y reales decretos:

- UNE-EN 62093 “Componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos. Cualificación del diseño y ensayos ambientales”.
- UNE-EN 61683 “Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento”.
- IEC 62109-2:2012 (4.8.2.1. detección de la resistencia de aislamiento del campo fotovoltaico).
- RD 413:2014 por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Real Decreto 244/2019 de 05/04/2019, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.

El inversor irá alojado en el interior de un local habilitado, para ello su envolvente metálica se conectará a tierra.

8.3.5 Red de corriente continua

Los conductores de la red CC tendrán las secciones definidas en la memoria y cumplirán las especificaciones de la norma UNE-EN 50618 “Cables eléctricos para sistemas fotovoltaicos”. La designación de dichos conductores será H1Z2Z2-K y tendrán las siguientes características:

- Serán unipolares de cobre electrolítico estañado, de doble aislamiento y tensión asignada 1,8 kV.
- Resistentes a temperaturas extremas, de -40°C hasta +90°C.
- Resistentes a la intemperie: rayos UV, Ozono, absorción de agua.
- Cables de alta seguridad (AS): libres de halógenos; no propagación de llama, no propagadores de fuego; baja emisión de humos; baja emisión de gases corrosivos.

En las canalizaciones eléctricas de la red CC se establecerá una codificación de sus circuitos de forma que se pueda proceder en todo momento a reparaciones, operaciones de medida, operaciones de mantenimiento, etc.

Para ello el cableado de esta red estará identificado en sus extremos con dos números que definan el número de generador y de la cadena. El código de colores para los cables de la red CC será negro para el polo negativo y rojo para el polo positivo.

Los tubos utilizados para las canalizaciones subterráneas serán rígidos y cumplirá con las normativas indicadas de la ITC-BT-21. Se recomienda que los positivos y negativos de cada grupo de módulos se conduzcan separados para evitar posibles cortocircuitos.

8.3.6 Red de corriente alterna

Los conductores de la red AC serán unipolares, salvo que se indique lo contrario en la memoria, y cumplirán las especificaciones definidas en la memoria, serán de cobre con designación RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Dichos conductores tendrán las siguientes características:

- Tensión nominal 0,6/1 kV.
- Aislamiento Polietileno reticulado (XLPE).
- Cubierta Poliolefina termoplástica tipo DMZ-E según UNE-HD 603-1.
- Temperatura máxima del conductor de 90°C.
- Temperatura máxima de cortocircuito de 250°C (máximo 5 segundos).
- Temperatura mínima de servicio de -40°C.

La identificación de los conductores se realizará por los colores que presenten sus aislamientos. El conductor neutro se identificará por el color azul claro; el conductor de protección por el color verde-amarillo y los conductores de fase se identificarán por los colores marrón, negro o gris.

Los cuadros eléctricos estarán diseñados en base a los dispositivos de protección que deben albergar según las especificaciones de la memoria, y se construirán de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y con las recomendaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI).

Los cuadros estarán protegidos contra las sobrecargas y sobreintensidades por medio de interruptores magnetotérmicos de caja moldeada, siguiendo las especificaciones indicadas en la memoria para su ajuste. La protección contra corrientes de defecto a tierra se hará mediante el empleo de interruptores diferenciales.

8.3.7 Puesta a tierra

Para la realización de la puesta a tierra se emplearán las secciones que han sido definidas en el documento básico.

Se dispondrá de un borne de puesta a tierra al cual se unirán el conductor de protección y derivación con el conductor de tierra.

Para no alterar las condiciones de puesta a tierra de la red de la empresa distribuidora, y siguiendo las instrucciones del Real Decreto 1699/2011 y la ITC-BT-40, se cumplirán las siguientes condiciones:

- La instalación dispondrá de una separación galvánica entre la red de CC y CA.
- Las masas de la instalación fotovoltaica estarán conectadas a una tierra independiente de la del neutro de la empresa de distribuidora.



8.4 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Todas las normas de instalación de los generadores fotovoltaicos se ajustarán a los planos, mediciones y calidades que se expresan, así como a las directrices que la Dirección Facultativa estime oportunas.

Además del cumplimiento de lo expuesto, las instalaciones se ajustarán a las normativas que le pudieran afectar, emanadas por organismos oficiales.

El acopio de materiales se hará de forma que estos no sufran alteraciones durante su depósito en la obra, debiendo retirar y reemplazar todos los que hubieran sufrido alguna descomposición o defecto durante su estancia, manipulación o colocación en la obra.

A continuación, se indicarán algunas de las comprobaciones a realizar durante la ejecución del trabajo:

- Comprobación de la calidad de los materiales.
- Comprobación de la estética de la instalación.
- Comprobación de equipos, módulos, estructuras soportes, inversores, tuercas, elementos de protección, etc.
- Verificación del cumplimiento de todo el proyecto.

8.5 ENSAYO Y PRUEBAS DE RECEPCIÓN

El instalador entregará al promotor un documento o albarán en el que conste el suministro de componentes, materiales, manuales de uso y mantenimiento.

Todos los módulos deberán satisfacer las especificaciones UNE-EN 61215 para módulos de silicio cristalino, así como estar cualificados por algún laboratorio reconocido, lo que se acreditará mediante la presentación del certificado oficial correspondiente.

Antes de la puesta en servicio de todos los elementos principales (módulos, inversores, etc.), éstos deberán haber superado las pruebas de funcionamiento en fábrica, de las que se levantará oportuna acta que se adjuntará con los certificados de calidad, simulando diversos modos de funcionamiento.

Las pruebas a realizar por el instalador serán como mínimo las siguientes:

- Funcionamiento y puesta en marcha de todos los sistemas.
- Pruebas de arranque y parada en distintos instantes de funcionamiento.
- Pruebas de los elementos y medidas de protección, seguridad y alarma, así como su actuación.



Se realizará una revisión general de la instalación teniendo especial cuidado en las siguientes partes: módulos fotovoltaicos, generador fotovoltaico, cableado entre módulos, envoltentes de los cables, cajas de conexión, cableado entre módulos e inversor, inversor, cajas generales de conexión, fijaciones de las estructuras.

También se realizarán por técnicos cualificados las siguientes pruebas a la instalación:

- Generador fotovoltaico: Las características eléctricas serán las especificadas en la memoria y se realizarán las medidas, comprobaciones y verificaciones de los siguientes parámetros eléctricos del generador:
 - Tensión de circuito abierto *VOC*.
 - Corriente en el punto de máxima potencia *IMPP*.
 - Tensión en el punto de máxima potencia *VMPP*.
 - Medidas de curvas IV del generador.
 - Medida de la resistencia de aislamiento del circuito CC.
- Inversor: Se comprobará el correcto funcionamiento del inversor y se realizaran las siguientes medidas y verificaciones:
- -Comportamiento del sistema de protección del inversor.
 - Medida de la calidad de la onda de alterna de salida.
 - Comprobación de medidas de protección en red de AC de BT.
 - Medidas de rendimiento del inversor y global de la instalación.

8.6 MANTENIMIENTO

Se deberá de realizar un contrato de mantenimiento mínimo de dos años con personal técnico cualificado en instalaciones de baja tensión e instalaciones fotovoltaicas.

Este deberá incluir todos los elementos establecidos en la memoria. La revisión mínima será de dos días al mes.

8.7 GARANTÍA

Todos los elementos a instalar deberán contar con una garantía mínima de 3 años, la cual debe cubrir contra defectos de fabricación. Una vez esta garantía haya vencido, el instalador deberá de solucionar aquellos fallos provenientes de serie de los elementos. En todos los casos debe de realizarse lo establecido en la legislación.



Jaén, mayo de 2023

El alumno

Javier Miranda Villar



TRABAJO FIN DE GRADO

DOCUMENTO 9: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD



9.1 OBJETO DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

El objeto de este estudio es el obligado cumplimiento del Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre, el cual establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras. La obra sobre la que recaerá dicho cumplimiento es instalación de un sistema fotovoltaico conectado a red para la modalidad de autoconsumo para la potencia de 60 kWp, la cual está conectada a la red de la calle de la Avenida de la forja S/N en Martos, provincia de Jaén.

Los módulos fotovoltaicos de la instalación estarán ubicados sobre la cubierta de una nave industrial, donde se transportará la energía a partir de unos conductores sobre la superficie y canalizaciones hasta llegar al inversor.

Este documento establece las medidas de seguridad y salud que recaen sobre los diversos elementos de la instalación. También recaen sobre los trabajadores, incluidos autónomos y subcontratados, que colaboren en dicha instalación. Se incluyen las previsiones con respecto a los posibles accidentes, enfermedades y acciones relacionadas con el propio trabajo que puedan causar algún riesgo sobre los equipos y/o la salud.

También será de aplicación obligatoria la Ley 31/1995 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales, sobre la obligación del empresario titular de un centro de trabajo de informar y dar instrucciones adecuadas en relación con los riesgos existentes en el centro de trabajo y las medidas de protección y prevención correspondientes.

El Contratista, con base a este Estudio Básico de Seguridad y Salud, podrá elaborar un Plan de Seguridad y Salud, donde se tendrá en cuenta las diferentes circunstancias de los trabajos objetos del proyecto.

9.1.1 Descripción de obra y situación

Los trabajos han de ser los necesarios e imprescindibles para la correcta ejecución del proyecto de instalación fotovoltaica de 60 kWp para el autoconsumo de una instalación de un sistema fotovoltaico en modalidad de autoconsumo conectado a la red.

Como se ha dicho anteriormente la obra se ejecutará en el municipio de Martos, provincia de Jaén con las coordenadas ITM del conjunto terrenal 37,93122°N, 4,06258°O. Todas las obras a ejecutar serán las imprescindibles para la producción del autoconsumo. Ver plano N.º 1 “Plano de situación”.

9.1.2 Designación de un coordinador

Para una instalación correcta, el promotor de la obra será el encargado de elegir un coordinador encargado de la Seguridad y Salud de toda la ejecución del proyecto.

Según indica el Real Decreto 1627/1997, en este caso, el coordinador de Seguridad y Salud de la elaboración de este proyecto es el ingeniero que lo realiza.

En el caso de la intervención de dos o más empresas para la elaboración del generador fotovoltaico, el promotor deberá de indicar un coordinador para toda la ejecución de la instalación.

La elección de un coordinador no excluye al promotor de sus responsabilidades.

La vigencia del Estudio de Seguridad y Salud se inicia desde la fecha en que se produzca el visado del proyecto base de ejecución por el Colegio Oficial que corresponda y la aprobación expresa del Plan de Seguridad, por el Coordinador en materia de Seguridad e Higiene, durante la ejecución de la obra, responsable de su control y seguimiento.

Su aplicación es vinculante para todo el personal propio de la empresa adjudicataria, el dependiente de otras empresas subcontratadas por la misma y los distintos trabajadores autónomos, para la realización de sus trabajos en el interior del recinto de la obra, con independencia de las condiciones contractuales que regulen su intervención en ésta.

Este Estudio de Seguridad y Salud se aplicará mientras dure la ejecución de la instalación fotovoltaica según dicta la “Ley de Prevención de Riesgos Laborales”. Este estudio será aplicable particularmente:

- Para contratistas, subcontratistas y trabajadores autónomos (nombrados anteriormente).
- En la instalación del generador fotovoltaico.
- En el mantenimiento de la instalación.
- En la elección de los puestos y áreas de trabajo.
- Durante la manipulación de los elementos de trabajo y equipo auxiliares.
- Durante la puesta en marcha y pruebas correspondientes.
- Durante la recogida de materiales empleados y que a la vez puedan ser peligrosos.
- Durante la eliminación de escombros y residuos.

9.1.3 Identificación de las actividades a realizar

La ejecución de la obra del presente estudio se requiere la realización de los siguientes trabajos o actividades:

- Instalación de la estructura soporte de los módulos fotovoltaicos.
- Instalación y montaje de los módulos.
- Conexión de todos los módulos.
- Canalizaciones aéreas y subterráneas del cableado eléctrico de la red de corriente continua y alterna de los distintos subgeneradores de la Planta, de los servicios auxiliares y de la señal.
- Conexión de los módulos con el inversor.
- Instalación eléctrica de baja tensión entre inversor y el cuadro general de la industria.
- Instalación de elementos de protección.
- Instalación de puesta a tierra.
- Instalación de los equipos de medida y monitorización.

9.1.4 Legislación y normativa técnica de aplicación

La obligada normativa a cumplir será la expuesta a continuación:

- Estatuto de los Trabajadores, modificado según el Real Decreto Legislativo 1/1995 de 24 de marzo.
- Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 39/1997 de 24 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 614/2001 de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección, seguridad y salud de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 374/2001 de 6 de abril, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.
- Real Decreto 379/2001 de 6 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Real Decreto 783/2001 de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre Protección Sanitaria frente a Radiaciones Ionizantes.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud laboral.
- 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, por el que se establecen disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorso-lumbares, para los trabajadores.
- Real Decreto 488/1997 de 14 de abril, por el que se establecen 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 665/1997 de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo, así como la modificación del mismo según el Real Decreto 1124/2000 de 16 de junio.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo, por el que se establecen las 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 1316/1989 de 27 de octubre, sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo y modificaciones posteriores de 9 de diciembre de 1989 y 26 de mayo de 1990.
- Orden de 30 de junio de 1996, por la que se aprueba el texto revisado del reglamento de Aparatos Elevadores.
- Real Decreto 1435/1992 de 27 de noviembre, de seguridad en las máquinas.
- Real Decreto 1407/1992 de 20 de noviembre, que regula las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individuales.
- Reales Decretos por los que se aprueban los Reglamentos sobre clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas (R.D. 2216 de 23 de octubre de 1985 y R.D. 1078 de 2 de julio de 1993).
- Resolución del 30 de abril de 1984, sobre las verificaciones de las instalaciones eléctricas antes de su puesta en marcha.
- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación (R.D. 3275/1982 de 12 de noviembre) e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Real Decreto 1244/1979 de 4 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de Aparatos a Presión.
- Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias. Real Decreto 223/08 de 15 de febrero por el que se aprueba el Reglamento de Líneas de Alta Tensión.
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (O.M de 9/3/71. B.O.E de 16/3/71), en sus capítulos que no estén derogados.
- Norma Básica de la Edificación.

9.1.5 Servicios afectados y condiciones del terreno

Debido a que la obra será desarrollada en la periferia del pueblo, no afecta a los servicios del suministro.

Además, se encuentra sobre la cubierta de una industria situada en un polígono industrial con un terreno con topografía totalmente plana, sin presentar ningún tipo de vegetación.

9.1.6 Responsabilidad plan de seguridad

La empresa responsable del plan de seguridad será la empresa contratista.

9.2 PRESUPUESTO PLAZO DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS DE LA SEGURIDAD SOCIA Y MANO DE OBRA

Respecto al presupuesto del generador fotovoltaico desarrollado en el presente proyecto se debe detallar en el anexo al propio documento del proyecto de ejecución y que está estimado en documento básico “PRESUPUESTO Y MEDICIONES”.

El plazo de ejecución se indicará en el contrato formal entre todos los participantes en la instalación del generador fotovoltaico.

9.2.1 Relación de elementos a utilizar

En la duración de la obra se prevé utilizar la maquinaria y herramientas descritas a continuación:

- Para el movimiento de tierras: pala cargadora, camión cuba, retroexcavadora, motoniveladora.
- Para el transporte horizontal: motovolquete o dúmper pequeño), camión basculante, camión cisterna.
- Maquinaria de elevación: Grúa móvil autopropulsada.
- Maquinaria para la compactación y pavimentación: entendedora, rodillo vibrante autopropulsado, explanadora.
- Herramientas: herramientas de mano.

9.2.2 Implantaciones de salubridad y confort

Tanto la contrata principal como las empresas subcontratadas vinculadas con la misma asumen la dotación y mantenimiento de la implantación de las condiciones de salubridad y confort, para albergar a la totalidad de la plantilla participe en el proyecto.

Para todo lo expuesto anteriormente, la propiedad deberá de disponer de una serie de medidas.

El contratista será el responsable de los elementos necesarios de limpieza, maquinaria y herramienta, debiendo de contratar personal y facilitar los objetos necesarios para realizar estas acciones, en caso de ser preciso.

El recinto debe de contener las siguientes condiciones necesarias y obligatorias,

ya sea por adquisición propia o alquiler, para poder ofrecer salubridad y confort a los trabajadores participantes del proyecto. Las condiciones provisionales serán:

- Aseos para ambos sexos, situados de lugar aislado de los comedores y vestuarios, con una limpieza diaria realizada por un personal fijo, ventilación continua, en caso de trabajo sobre una zona cerrada.
- Equipamiento en los aseos de: papel higiénico, conexión a red de saneamiento, garantizados de higiene y limpieza y descarga automática de agua.
- Mínimo de un inodoro para hombres. En el caso de que existan más de 20 trabajadores, se le exigirá un inodoro más por cada 15.
- Mínimo de un inodoro para mujeres. En el caso de que existan más de 20 trabajadores, se le exigirá un inodoro más por cada 15.
- Vestuarios separados por sexos, con limpieza diaria por persona fija, con suelo liso y aislado térmicamente.
- Superficie de los vestuarios mínima de $1,25 m^2$ por persona.
- Calefacción y ventilación en los vestuarios.
- Una ducha por cada 5 trabajadores.
- Bancos en las zonas del vestuario.
- Instalaciones de agua caliente y fría.



- Al personal de limpieza se le deberá de equipar y dar todos los útiles de limpieza que sean necesarios para desempeñar su trabajo correctamente.
- Una taquilla guardarropa dotas de cierre individual mediante clave o llave y doble compartimento (separación del vestuario de trabajo y el de calle) y dos perchas por cada trabajador contratado o subcontratado directamente por la empresa constructora.
- Pileta corrida para el aseo del personal, cada 10 trabajadores un grifo. Además de todo el material necesario para desempeñar un aseo personal decente.
- Un espejo de 40 x 50 cms mínimo, por cada 25 trabajadores o fracción.

9.2.3 Botiquín de primeros auxilios

Se trata de una obligación interpuesta por ley para todos los centros de trabajo. Debe de constar al menos un equipamiento mínimo aconsejable, como lo es un armario botiquín que contenga desinfectantes, antisépticos autorizados, gasas estériles, algodón hidrófilo, vendas, esparadrapo, apósitos, adhesivos, tijeras, pinzas y guantes desechables.

9.3 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

Se pueden dar una serie de riesgos en la colocación de los módulos y en la colocación de inversores, cajas de protección y medida. Los riesgos identificados son los expuestos a continuación:

- Caída de personas a distinto nivel: para el caso de que se realicen trabajos en zonas elevadas en instalaciones que, en este caso por construcción, no cuentan con una protección adecuada como barandilla, murete, antepecho, barrera, etc. Esta situación de riesgo puede darse en los accesos a las nombradas zonas, además son zonas de riesgo los huecos sin protección y señalización que pueda haber pisos y zonas de trabajo.
- Caída de objetos: durante la ejecución del proyecto respecto y un nivel superior a otra zona de trabajo o en operaciones de transporte y elevación por medios manuales y mecánicos. Se puede caer objetos no manipulados y desprendidos de su emplazamiento.
- Desprendimientos, desplomes y derrumbes: respecto a las estructuras fijas o temporales o de parte de ellas sobre la zona de trabajo, se deben de contemplar la caída de escaleras portátiles, desplome de los apoyos, estructuras o andamios y el posible vuelco de cestas o grúas en la elevación del personal o traslado de cargas, desprendimiento o desplome de muros, hundimientos de zanjas o galerías.
- Choques y golpes: con partes saliente de máquinas, instalaciones o materiales, estrechamiento de zonas de paso, vigas, conductos a baja altura, del manejo de herramientas maquinaria con partes en movimiento etc., se pueden provocar lesiones.
- Contactos eléctricos: posibilidad de lesiones o daños producidos por el paso de la corriente por el cuerpo.
- Arco eléctrico: se plantea la posibilidad de lesiones o daños producidos por quemaduras al cebarse un arco eléctrico.



- Sobreesfuerzos o carga física dinámica: se puede dar la posibilidad de lesiones o daños producidos en músculos o en el esqueleto humano al darse un desequilibrio entre las exigencias de la tarea y la capacidad física.
- Explosiones: posibles mezclas explosivas de aire con gases o sustancias de la actividad laboral y las condiciones del lugar de trabajo.
- Incendios: en el caso de que se produzca o propague un incendio como consecuencia de la actividad laboral y las condiciones del lugar de trabajo.
- Confinamiento: para los casos en los que se quede una persona recluida o aislada en recintos cerrados y poder sufrir algún accidente como consecuencia de la atmósfera del recinto. Por lo que debe tenerse en cuenta la posibilidad de existencia de instalaciones de gas en las proximidades.
- Reacciones: Comprobaciones debidas a mordeduras, picaduras, irritaciones, sofocos, alergias, etc. Estas pueden ser provocadas por vegetales, animales, colonias, residuos y orinadas por su decrecimiento, presencia, estancia o nidificación en la instalación.

Igualmente, los sustos o imprevistos por esta presencia, pueden provocar el inicio de otros riesgos.

9.4 MEDIDAS DE PREVENCIÓN PARA EVITAR RIESGOS

Necesitaremos realizar una protección frente a contactos indirectos y directos en CC y BT, arco eléctrico en CC y BT y elementos candentes y quemaduras, debido a que esta instalación tiene una gran componente en CC y en baja tensión:

- Formación en tema eléctrico de acuerdo con lo requerido en el Real Decreto 614/2001, función del trabajo a desarrollar.
- Utilización de EPI's (Equipos de Protección Individual).
- Coordinar con la Empresa Suministradora definiendo las maniobras eléctricas a realizar, cuando sea preciso.
- Seguir los procedimientos de descargo de instalaciones eléctricas, cuando sea preciso.
- Aplicar las 5 Reglas de Oro en todos los trabajos:
 - Desconectar todas las fuentes de tensión.
 - Enclavamiento o bloqueo si es posible de los aparatos de corte y señalización siempre en el mando.
 - Verificación de la ausencia de tensión, puesta a tierra y en cortocircuito de todas las posibles fuentes de tensión.
 - Proteger frente a elementos próximos en tensión.
 - Establecer la señalización de seguridad adecuada, delimitando la zona de trabajo.
- Apantallar en caso de proximidad los elementos en tensión, teniendo en cuenta las distancias del Real Decreto 614/2001.



- Informar por parte del Jefe de Trabajo a todo el personal, la situación en la que se encuentra la zona de trabajo y donde se encuentran los puntos en tensión más cercanos.

Todos los trabajadores deben de tener la formación exigida por el R.D. 614.

La caída de altura debido a la gravedad de sus consecuencias, es un riesgo que nunca hay que olvidar. Y por ello, todo el personal que se exponga a él debe estar formado correctamente.

Se deben de tener también otras medidas en cuenta para el cumplimiento de:

- Según la normativa, protección y medida preventiva de los equipos y medios de seguridad.
- Prohibir el paso a personal, de la empresa o terceros, cercanos a las grandes máquinas salvo justificación.
- Prohibir a personal ajeno a la entrada de la obra.
- Señalizar el perímetro de la obra y los puntos más peligrosos.
- Mantener correctamente todas las maquinarias y herramientas.
- Controlar que no sobrepase los límites las cargas de los camiones,
- Utilizar los andamios, plataformas y equipos adecuados para evitar el mayor número de riesgos posibles.
- Utilizar las prendas de protección personal durante un periodo útil.
- Reponer aquellas prendas o equipos que debido a su deterioro han tenido una vida útil menor a lo esperado.

9.5 PROTECCIONES

Deberán de presentarse las siguientes protecciones sobre la ropa de trabajo:

- Protección de la cabeza: Cascos de protección (deberán de utilizarlo todas las personas que participen en la instalación.), Protectores auditivos (se utilizarán en el caso de superar un nivel de ruido de 80dBA.), Gafas contra impacto y anti polvo (deberán de ser utilizados durante todo momento por las personas que se encuentren en la instalación.) y Gafas de soldadura (deberán de utilizarse siempre que se realicen trabajos de soldadura.)
- Protecciones del cuerpo: Monos de trabajo (durante toda la jornada laboral), Impermeables (para trabajos en caso de existencia de humedad), Mandil de cuero (será necesario para todos los trabajos de soldadura) y Chalecos reflectantes (deberán de ser utilizados en todo momento por el personal de trabajo en caso de tener que señalizar).
- Protección de las extremidades: Polainas de cuero para la soldadura, calzado de puntera y suela metálica y botas impermeables para el caso de trabajo en presencia de humedad.



9.6 PREVENCIÓN DE RIESGOS COLECTIVOS

La señalización deberá ajustarse al RD 485/1997 del 14 de abril. Este se establece que:

- Será de obligado cumplimiento el uso de cinturones de seguridad, protectores auditivos, cascos, botas ya comentadas y guantes.
- Prohibir el paso a persona ajena
- Prohibir encender fuego.
- Prohibido fumar.
- Señal de localización de las zonas críticas, localización de botiquín y extintor. Respecto de la instalación eléctrica se deberán realizar las correctas puestas a tierra e instalar los interruptores diferenciales para la protección de personas.

Por último, respecto a las normas del manejo de materiales se estipula lo siguiente:

- Se deberá de realizar el levantamiento de cargas a mano con las piernas flexionadas y sin doblar la columna vertebral.
- Realizar un transporte de pesos equilibrado.
- Evitar realizar giros bruscos con carga.
- No situarse en la trayectoria de maquinaria con carga.

9.7 CARÁCTERÍSTICAS GENERALES DE LA OBRA

Existen una serie de características que deben de cumplir todo tipo de obras:

- Descripción de la obra y situación: Se deberá de realizar un anexo específico sobre la situación de la obra debido al Estudio de Seguridad y Salud. En este anexo hay que establecer los problemas que podemos encontrar con el emplazamiento, ya sea debido al medio de transporte o por dificultades en la llegada.
- Suministro de energía eléctrica: Será facilitado por la Empresa adjudicataria. Esta se encargará de abastecer la industria con los puntos de enganche necesarios.
- Suministro de agua potable: Se tomará agua potable de los conductos encontrados en la zona o región. Habría que disponer de los medios necesarios mínimos desde el comienzo de la realización de la obra.
- Servicios higiénicos: Como ya se ha comentado, se deberá de disponer de los servicios higiénicos reglamentarios.



Jaén, mayo de 2023

El alumno

Javier Miranda Villar



TRABAJO FIN DE GRADO

DOCUMENTO 10: ESTUDIO ECONÓMICO



10.1 INTRODUCCIÓN

Una vez calculado el proyecto a instalar, es conveniente realizar un estudio sobre la viabilidad de él. El principal objetivo de este tipo de instalaciones a nivel industrial es la de reducir los gastos de la empresa, por lo que es conveniente que sea rentable.

Uno de los objetivos establecidos en este proyecto de fin de carrera es el de realizar el estudio económico de la instalación a ejecutar. Es fundamental un estudio de la rentabilidad económica del proyecto para comprobar que es interesante realizar la instalación de él y así convencer a la empresa de que podría tener unas ventajas económicas con este tipo de instalaciones. Así mismo, como ya se comentó al principio del proyecto, este tipo de instalaciones también provocan una gran cantidad de ventajas medioambientales y sociales.

El estudio a realizar trata de evaluar los ingresos de cada uno de los años de vida útil de la instalación, donde se va a considerar 25 años de buen funcionamiento de ésta y siguiendo las recomendaciones del fabricante. Además, se va a tratar sobre las amortizaciones e interés provocado debido al préstamo realizado por la empresa para llevar a cabo dicho proyecto. Todo en conjunto debe de permitir una evolución asequible con el paso de los años para llevar a cabo la instalación.

Es interesante señalar que se van a utilizar tanto capitales ajenos, como propios, para darle una realidad al proyecto, aunque evidentemente siempre podrá existir una mejora de la financiación de dicho proyecto.

10.2 ESTUDIO DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA-FINANCIERA

A continuación, se presentarán los datos de partida que nutren el presente estudio económico y financiero en los que tendrán mayor relevancia la inversión inicial del presupuesto. Principal coste del proyecto que se supone como pago único y completo al inicio del proceso.

Por otro lado, la tarifa a la que está adscrito el cliente, que definirá el valor del precio de la electricidad que no se ha consumido como principal ingreso que genera la instalación. Herramientas cuyo resultado será indicativo de la viabilidad propia del proyecto.

10.2.1 Datos de partida

En la siguiente tabla se mostrarán los principales valores de partida que componen el sistema objeto del estudio, con los parámetros más importantes a tener en cuenta para la realización de un estudio económico atendiendo a las necesidades que esto requiere, desde el punto de vista tanto de recursos como de costes, valores de potencia a tener en cuenta, la vida útil, etc.



Tabla 9.1.- Datos para el estudio económico

DATOS GENERALES	
Potencia de la instalación kWp	60
Coste total de la inversión €	65.533,9
Recursos propios de financiación % inversión	30
Recursos ajenos de financiación % inversión	70
Producción eléctrica kWh/año	87.393
Producción eléctrica vertida a red kWh/año	49.336
Autoconsumo FV kWh	38.057
Vida útil del proyecto en años	25

A continuación, se mostrarán los datos de explotación, cabe destacar que los ingresos de producción por la venta de energía a red están limitados por los gastos de compra sin incluir peaje y cargos, ya que estos no podrán ser compensados, y, se tendrá que abonar el 100% de su importe en la factura independientemente de la energía fotovoltaica producida.

Por eso el objetivo de este proyecto es diseñar un generador fotovoltaico lo más óptimo posible llevando a este a suministrar a la industria la energía necesaria que esta va a consumir y no se dimensiona con intención de obtener beneficios.

No obstante, la rentabilidad del mismo será muy alta debido al precio de compra de la energía que hay en la actualidad, recuperando la inversión puesta en el proyecto en un corto plazo.

En resumen, ahora se demostrará con herramientas económicas la alta viabilidad del proyecto.

Tabla 9.2.- Datos de Explotación

DATOS DE EXPLOTACIÓN	
Ingreso por producción vertida a red €	1148
Beneficio Autoconsumo FV €	6.976
Tasa variación interanual precio electricidad 1,5%	1,5
Costes mantenimiento, seguro, generales% inversión	1
Tasa de variación interanual de los gastos/costes%	1,5



Tabla 9.3.-Datos de Financiación

DATOS FINANCIACIÓN	
Importa inicial de deuda €	45.873,7
Años de amortización del préstamo	15
Tasa de interés%	4
Cuota de amortización €	1529,12
Capital propio €	19.659,2
Amortización final del proyecto años	25
Autoconsumo FV kWh	23181
Dividendos sobre el capital propio%	5

10.2.3 Coste de la financiación

En la siguiente tabla se representan los valores financieros durante un periodo de 24 años.

Se ha de tener en cuenta para satisfacer las exigencias de rentabilidad deseadas para poder abordar el proyecto un coste del capital pasivo del 4,5%.



Tabla 9.4.- Dimensión Financiera del Préstamo y del Capital Propio

COSTE FINANCIACIÓN (€)					
Periodo	Dimensión financiera	Saldo inicial	Intereses	Amortización Financiera	Saldo Final
Inversión	- 61,487.4	30743.7	922.311	2049.58	28694.12
1,00	4816.51	28694.12	860.8236	2049.58	26644.54
2,00	4755.03	26644.54	799.3362	2049.58	24594.96
3,00	4693.54	24594.96	737.8488	2049.58	22545.38
4,00	4632.05	22545.38	676.3614	2049.58	20495.8
5,00	4570.56	20495.8	614.874	2049.58	18446.22
6,00	4509.08	18446.22	553.3866	2049.58	16396.64
7,00	4447.59	16396.64	491.8992	2049.58	14347.06
8,00	4386.10	14347.06	430.4118	2049.58	12297.48
9,00	4324.61	12297.48	368.9244	2049.58	10247.9
10,00	4263.12	10247.9	307.437	2049.58	8198.32
11,00	3586.76	8198.32	245.9496	2049.58	6148.74
12,00	3525.20	6148.74	184.4622	2049.58	4099.16
13,00	3463.79	4099.16	122.9748	2049.58	2049.58
14,00	3402.30	2049.58	61.4874	2049.58	0
15,00	3340.81				
16,00	1229.74				
17,00	1229.74				
18,00	1229.74				
19,00	1229.74				
20,00	1229.74				
21,00	1229.74				
22,00	1229.74				
23,00	1229.74				



10.2.4 Análisis financiero

Análisis de las tesorerías que resultan del tratamiento de flujo neto de caja, cash- flow de explotación o flujo neto de carga de un momento determinado t.

Tabla 9.5.- Análisis Financiero

Periodo	Cash-flow	I	Div	Ajeno	Neta	Tesorería	Flujos
Inver.	-5183,41	917,47	491,50	1529,12	2245,31	2245,31	-9830,09
1	-5244,84	856,31	491,50	1529,12	2367,90	4613,21	-5216,88
2	-5306,99	795,14	491,50	1529,12	2491,21	7104,42	1887,54
3	-5369,87	733,98	491,50	1529,12	2615,26	9719,68	11607,22
4	-5433,50	672,81	491,50	1529,12	2740,05	12459,73	24066,96
5	-5497,87	611,65	491,50	1529,12	2865,60	15325,33	39392,29
6	-5563,01	550,48	491,50	1529,12	2991,90	18317,23	57709,52
7	-5628,92	489,32	491,50	1529,12	3118,97	21436,20	79145,72
8	-5695,60	428,15	491,50	1529,12	3246,82	24683,02	103828,74
9	-5763,08	366,99	491,50	1529,12	3375,46	28058,48	131887,22
10	-5831,35	305,82	491,50	1529,12	3504,89	31563,37	163450,59
11	-5900,42	244,66	491,50	1529,12	3635,13	35198,50	198649,09
12	-5970,31	183,49	491,50	1529,12	3766,19	38964,69	237613,79
13	-6041,03	122,33	491,50	1529,12	3898,07	42862,76	280476,54
14	-6112,58	61,16	491,50	1529,12	4030,78	46893,54	327370,08
15	-6184,97		491,50		5693,47	52587,01	379957,09
16	-6258,22		491,50		5766,71	58353,72	438310,81
17	-6332,33		491,50		5840,83	64194,55	502505,36
18	-6407,32		491,50		5915,82	70110,37	572615,73
19	-6483,19		491,50		5991,69	76102,05	648717,78
20	-6559,96		491,50		6068,46	82170,51	730888,29
21	-6637,63		491,50		6146,13	88316,64	819204,93
22	-6716,22		491,50		6224,72	94541,36	913746,29
23	-6795,74		491,50		6304,24	100845,60	1014591,88

Consideraciones sobre los Flujos de caja:

- Puede ser positivo o negativo.
- Normalmente se producen los cobros y los pagos en el transcurso del año y no sólo al final. Se acepta que se considere un único Flujo de Caja al final por efectos de simplificación.

10.2.5 Análisis económico

Los beneficios esperados de una inversión realizada en un cierto momento y conservada a lo largo de su vida, radican esencialmente en la corriente de rendimientos futuros que se espera que la inversión propicie. La diferencia entre los ingresos y los gastos, descontados ambos, al año cero en el que el promotor comienza la inversión, es lo que se conoce como valor actualizado neto (VAN).

La ecuación para el cálculo del VAN es:

$$VAN = -A + \frac{Q^1}{1+K_1} + \frac{Q^2}{(1+K_1)+(1+K_2)} + \frac{Q^n}{(1+K_1)+(1+K_2)+(1+K_n)}$$

Donde:

- $k_1, k_2, \dots, k_n$: Tipos de actualización o descuentos aplicables a cada uno de los n años de duración del proyecto.
- A : Desembolso inicial de la inversión o tamaño de la inversión.
- $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$: Flujo neto de caja del año j .
- Si existiera valor residual de la inversión y k es constante:

$$VAN = -A + \frac{Q_1}{1+K} + \frac{Q_2}{(1+K)^2} + \frac{Q_3}{(1+K)^3} + \frac{Q_n}{(1+K)^n}$$

Solo se realizarán aquellas inversiones cuyo VAN sea positivo, cuando se deba elegir entre distintos proyectos con VAN positivo se elegirá aquel que presente un VAN superior.

Hay 3 posibilidades:

- $VAN > 0$, Existen beneficios, se acepta el proyecto de inversión.
- $VAN = 0$, No existen beneficios ni pérdidas, no se acepta el proyecto de inversión.
- $VAN < 0$, Existen pérdidas, se rechaza el proyecto de Inversión.

Si el VAN es positivo indica que la realización del proyecto de inversión permitirá recuperar el capital invertido, satisfacer todos los pagos y obtener un beneficio neto en términos absolutos igual a la cuantía expresada por el VAN por el contrario si el VAN es negativo, el proyecto de inversión no deberá llevarse a cabo porque de hacerse la empresa vería reducida su riqueza al incurrir en unas pérdidas iguales a la cuantía que indica el VAN.



Por otro lado, tenemos el TIR es aquel tipo de actualización o descuento r que hace igual a cero el valor capital, por lo tanto, será aquel valor r que hace cero el VAN. El VAN determina la rentabilidad absoluta, mientras que el TIR determina la rentabilidad en términos relativos.

$$VAN = -A + \frac{Q_1}{1+r} + \frac{Q_2}{(1+r)^2} + \frac{Q_3}{(1+r)^3} + \frac{Q_n}{(1+r)^n}$$

El criterio de la TIR proporciona una medida de la rentabilidad relativa bruta anual por unidad monetaria comprometida.

A continuación, se muestra el análisis económico sobre el que hemos analizado el VAN y el TIR de los ingresos de explotación y flujos de caja resultantes para definir finalmente la dimensión financiera, y con ello conseguir la evaluación definitiva de la factibilidad económica del proyecto.

El periodo de amortización con descuento que es el período de recuperación descontado es una versión modificada del período de recuperación que representa el valor temporal del dinero.

Ambas métricas se utilizan para calcular la cantidad de tiempo que le tomará a un proyecto "alcanzar el punto de equilibrio", o para llegar al punto en que los flujos de efectivo netos generados cubren el costo inicial del proyecto. Tanto el período de amortización como el período de amortización descontado se pueden utilizar para evaluar la rentabilidad y la viabilidad de un proyecto específico.

El período de recuperación descontado indica la rentabilidad de un proyecto al tiempo que refleja el momento de los flujos de efectivo y el valor temporal del dinero. Ayuda a una empresa a determinar si invertir en un proyecto o no. Si el período de amortización descontado de un proyecto es más largo que su vida útil, la empresa debe rechazar el proyecto.

Un proyecto puede tener un período de recuperación descontado más largo, pero también un VAN más alto que otro si crea muchas más entradas de efectivo después de su período de recuperación descontado. Tal análisis está sesgado en contra de los proyectos a largo plazo.



Tabla 9.6.- Resultado Análisis Económico

ESTUDIO FINAL	
Tasa interna de retorno	16,59%
Valor actual neto	68693,1 €
Período de amortización	3 años

10.3 CONCLUSIONES

El estudio económico es una herramienta que nos facilita la toma de decisiones sobre cuestiones relacionadas con el medio ambiente, así como de aspectos tecnológicos y sociales, aportándonos además métodos para la óptima realización de los proyectos de inversión.

Tras estudiar los distintos parámetros con sus características, podemos llegar a las siguientes conclusiones.

Deberán aceptarse los proyectos con:

- Mayores VAN (siempre que sean positivos).
- Mayores TIR (siempre que sean mayores a la tasa social de descuento).
- El menor periodo de recuperación de la inversión (siempre que sea recuperable).

Una vez obtenidos los resultados en el presente estudio económico se puede considerar que la instalación resulta rentable, se consigue una rentabilidad bastante alta, esto es debido a que el precio de la electricidad actual es muy grande.

Por lo tanto, la instalación que abarca este proyecto es factible.



Jaén, mayo de 2023

El alumno

Javier Miranda Villar



TRABAJO FIN DE GRADO

DOCUMENTO 11

PRESUPUESTO Y MEDICIONES



11.1 PRESUPUESTO Y MEDICIONES

11.1.1 Capítulo 01. Generador fotovoltaico

01	Generador fotovoltaico		
01.01	Puesta a tierra de la instalación		
	Red de puesta a tierra, para las masas metálicas y sistemas de protección frente a sobretensiones del generador fotovoltaico, formado por caja de seccionamiento y conexión; conductores de puesta a tierra; material de conexión y fijación,		
01.01.01	Oficial 2º		
electricista	4,000	h	14,52 232,08
01.01.02	Conductor cobre desnudo		
35mm2	15,000	m	1,25 72,75
01.01.03	Caja sec. y comprobación		
t.t	1,000	u	25,35 100,35
01.01.04	Conductor RV-k 0,6-1 kV 4mm2		
Cu	1,200	m	300,00
	1440,00		
		TOTAL,	
PARTIDA			1.848,72
01.02	Módulo fotovoltaico monocristalino 330 Wp		
	Módulo fotovoltaico monocristalino 610 Wp, de 60 células de silicio monocristalino, encapsuladas entre un cristal de alta transmisividad. Las cajas de conexiones incorporan cables de 4mm de sección de cobre con un conector combinable MC4 y una longitud de 1.100mm que facilita la interconexión en serie de los módulos sin necesitar ninguna herramienta adicional.		
01.02.01	Módulo fotovoltaico monocristalino 610		
Wp	105,000	u	243,7325.580
01.02.02	Oficial 1º		
electricista	12,000	h	30,53 372,21
01.02.03	Oficial 2º		
electricista	12,000	h	28,52 348,81
01.02.04	Pequeño		
material	105,000	u	1,25 131,25
		TOTAL,	
PARTIDA			26.442,03
01.03	Inversor trifásico de 60 kW		
	Inversor trifásico 60 kW, incluye integrada la caja de conexiones y cableado, además de las protecciones SPD de tipo II para CC y AC. Cuenta con dos reguladores MPPT independientes, con un amplio voltaje de trabajo, con interruptor CC integrado. Incluye protección IP66 por lo que se puede instalar perfectamente en el exterior. Incluido transporte, instalación y puesta en marcha.		



01.03.01	Inversor 60		
kW	1,000	u	4.682,56
	4.682,56		
01.03.02	Oficial 1°		
electricista	3,000	h	31,03 93,19
01.03.03	Oficial 2°		
electricista	3,000	h	29,52 88,56
01.03.04	Pequeño		
material	4,000	u	1,25 5,00
01.03.05	Puesta en		
marcha	1,000	u	30,53 30,53

TOTAL,
..... **4.902,96**

PARTIDA

01.04 Caja de conexión cubierta A1

Caja de conexión d.c. de módulos de cubierta incluye un descargador de sobretensión para tensión de servicio de hasta 1000 V, corriente de descarga 15 kA, 4 magnetotérmicos, tensión de servicio 1000 V e intensidad de 10 A, grado de protección IP 66 instalada.

01.04.01	Material		
eléctrico	1,000	u	160,00160,00
01.04.02	Caja de		
conexión	1,000	u	160,00160,00
01.04.03	Oficial de 1°		
electricista	4,000	h	30,53 120,12
01.04.04	Descargador de		
sobretensión	1,000	u	376,00376,00
01.04.05	Magnetotérmico	4,000 u	160,00 6
40,00			

TOTAL,
..... **1460,12**

PARTIDA

01.05 Caja de conexión inversor

Caja de conexión d.c generador inversor de 2 entradas y 2 salidas incluyendo 2 interruptores seccionadores bipolares para continua de 63 A, tensión de servicio 1000 V, grado de protección IP 66 instalada.

01.05.01	Material		
eléctrico	1,000	u	60,00 60,00
01.05.02	Caja de		
conexión	1,000	u	300,00300,00
01.05.03	Oficial 1°		
electricista	6,000	h	15,53 90,59
01.05.04	Interruptor seccionador 63		
A	2,000	u	235,00470,00



PARTIDA **TOTAL,**
..... **920,59**

01.06 Cables DC 4mm2 conexión generador
Cables unipolares CC conexión generador fotovoltaico

01.06.01	Oficial 1º		
electricista	1,000	h 31,73	31,67
01.06.02	Oficial 2º		
electricista	1,000	h 28,52	28,52
01.06.03	Con. Aisl. PV ZZ-F-(AS)-A,8 KV 4mm2		
Cu	2,000	m 0,85	171,00

TOTAL, PARTIDA
..... **230,84**

11.1.2 Capítulo 02. Red de baja tensión

02 Red de baja tensión

02.01 Cuadro general de baja tensión ac.
Cuadro general de baja tensión para la conexión de los módulos formado por 2 Interruptores magnetotérmicos 4P de 160 A poder de corte 25 kA, 2 interruptores magnetotérmicos 40 A 10 kA, y un descargador de sobretensión.

02.01.01	Interruptor magnetotérmico 4P de 160 A poder de corte 25 kA	2,000	u 160,00	320,00
02.01.02	Descargador de sobretensión	1,000	u 376,00	376,00
02.01.03	Interruptor magnetotérmico 40 A 10 kA	2,000	u 130,00	260,00

PARTIDA **TOTAL,**
..... **956,00**

02.02 Equipo de medida facturación generación
Equipo de medida de facturación generador fotovoltaico. Formado por un contador electrónico con medida de activa y reactiva bidireccional, registrador electrónico. modem para comunicación, regleta de verificación. Armario homologado totalmente aislado para contener equipos de este tipo.

Sin descomposición

PARTIDA **TOTAL,**
..... **5.400,00**

02.03 Módulo de acometida
Módulo de acometida con caja general de protección.



02.03.01	Material eléctrico	1,000	u	1120,00
		1120,00		
02.03.02	Oficial 1º electricista	4,000	h	15,53 60,06
02.03.03	Pequeño material	1,000	u	2,20 2,20

PARTIDA **TOTAL,**
..... **1182,26**

11.1.3 Capítulo 03. Canalizaciones subterráneas

03 Canalizaciones subterráneas

03.01 Canalización subterránea AC baja tensión

Canalización subterránea para corriente alterna, para conexión de

la instalación fotovoltaica con el cuadro general de baja tensión a partir de tubos rígidos, con zanja de 35 cm de ancho y 90 cm de profundidad, incluyendo excavación de zanja, asiento con 5 cm de arena de río, colocación de cinta de señalización, retirada y

transporte a vertedero de productos sobrantes de la excavación.

03.01.01	Excavación de zanja a máquina	0,415	m3	6,11 2,54
03.01.02	Relleno de tierra de zanja a mano	0,415	m3	6,77 2,81
03.01.03	Pequeño material	6,000	u	0,30 1,80
03.01.04	Cinta señalizadora	2,500	m	0,14 0,35
03.01.05	Tubo rígido PVC D 160 mm	1,800	m	4,26 7,67

PARTIDA **TOTAL,**
..... **30,17**

11.3 RESUMEN DEL PRESUPUESTO

RESUMEN DE PRESUPUESTO

Presupuesto
CAPÍTULO

RESUMEN

IMPORTE %

01	Generador	
fotovoltaico		33.896,6181,2



02	Red de baja	
tensión		7.571,2618,7
2		
03	Canalizaciones	
subterráneas		30,170,08

MATERIAL

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN
41.497,04

13,00 % Gastos generales
9.236,47
6,00 % Beneficio industrial
4.548,52

Suma 13.78

4,99

PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN SIN
IVA **55.281,03**

IVA

21%
..... 10.321,50

IVA

LICITACIÓN

PRESUPUESTO BASE DE
65.470,53

Asciende el presupuesto a la expresada cantidad de SESENTA Y CINCO MIL
CUATROCIENTOS SETENTA con CINCUENTA Y TRES CÉNTIMOS.

Martos, 03 de mayo 2023.



Jaén, mayo de 2023

El alumno

Javier Miranda Villar