



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

“Instalación solar fotovoltaica aislada de un recinto destinado a paintball, con alojamiento y cafetería, situado en la parcela 102 del polígono 27 del término municipal de Gandía, Valencia”

MEMORIA PRESENTADA POR:

Adrián Marco Lloret

TUTOR/A:

Rafael Montoya Villena

GRADO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Convocatoria de defensa: SEPTIEMBRE 2021

Resumen

En este trabajo se mostrará una instalación fotovoltaica muy interesante que estará formada por un sistema de acumulación de baterías de litio y en el que trabajarán de forma conjunta Fronius y Victron.

Se trata de una instalación solar fotovoltaica totalmente aislada de la red y que será capaz de generar una producción anual de aproximadamente 140.000 kWh.

Para la realización del trabajo primero se realizará un análisis de los consumos totales de la instalación para diferentes perfiles de carga. Una vez obtenido dicho análisis se calculará el dimensionamiento de la instalación fotovoltaica adecuada para estos consumos.

In this work, a very interesting photovoltaic installation will be shown that will consist of a lithium battery accumulation system and in which Fronius and Victron will work together.

It is a photovoltaic solar installation totally isolated from the grid and which will be capable of generating an annual production of approximately 140.000 kWh.

To carry out the work, an analysis of the total consumption of the installation for different load profiles will first be carried out. Once this analysis has been obtained, the dimensioning of the photovoltaic installation suitable for these consumptions will be calculated.

Palabras Clave

Baja tensión; instalación fotovoltaica; energías renovables; autoconsumo.

Low voltage; photovoltaic installation; renewable energy; self-consumption.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA
CAMPUS D'ALCOI

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR D'ALCOI

ÍNDICE DE DOCUMENTOS

- 1. MEMORIA**
- 2. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS**
- 3. MEDICIONES Y PRESUPUESTO**
- 4. PLANOS**

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR D'ALCOI

1. MEMORIA

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA AISLADA DE UN RECINTO DESTINADO
A PAINTBALL

[Grado en Ingeniería Eléctrica]

ÍNDICE DE LA MEMORIA

1	ASPECTOS GENERALES	2
1.1	OBJETO.....	2
1.2	TIPO DE INSTALACIÓN.....	2
1.3	REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES CONSIDERADAS.....	2
1.4	TITULAR DE LA INSTALACIÓN.....	3
1.5	SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO.....	4
1.6	CARACTERISTICAS GENERALES DE LA INSTALACIÓN SOLAR.....	5
2	DESCRIPCIÓN TÉCNICA	6
2.1	ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN.....	6
2.2	DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS.....	7
2.2.1	<i>SISTEMAS DE CAPTACIÓN</i>	7
2.2.2	<i>REGULADOR DE CARGA</i>	8
2.2.3	<i>SISTEMA DE ALMACENAMIENTO</i>	9
2.2.4	<i>INVERSORES DC</i>	9
2.2.5	<i>INVERSORES AC</i>	10
2.2.6	<i>CANALIZACIONES O TUBOS DE PROTECCIÓN</i>	13
2.2.7	<i>ZANJAS</i>	15
2.2.8	<i>PROTECCIONES</i>	16
2.2.9	<i>SISTEMAS DE MONITORIZACIÓN</i>	17
2.2.10	<i>GRUPO ELECTRÓGENO</i>	19
2.2.11	<i>PUESTAS A TIERRA</i>	20
2.2.12	<i>TOMAS DE TIERRA</i>	20
2.2.13	<i>RED DE EQUIPOTENCIALIDAD</i>	20
2.3	PROGRAMA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	21
2.3.1	<i>MANTENIMIENTO PREVENTIVO</i>	21
2.3.2	<i>MANTENIMIENTO CORRECTIVO</i>	22
2.3.3	<i>OPERACIÓN</i>	22

1 ASPECTOS GENERALES

1.1 OBJETO

La presente memoria técnica se realiza con el objetivo de justificar y describir las características técnicas y económicas, de la instalación fotovoltaica aislada de la red de distribución en baja tensión.

La memoria servirá para obtener las licencias y los permisos necesarios en las administraciones públicas para llevar a cabo la legalización y ejecución de dicha instalación.

1.2 TIPO DE INSTALACIÓN

La presente instalación se acoge al pliego de condiciones técnicas de instalaciones aisladas de la red "PCT-A-REV-febrero 2009" por el que se establecen las condiciones técnicas que deben tomarse en consideración para la promoción de instalaciones de energía solar fotovoltaicas aisladas de la red.

De acuerdo con la clasificación de la ITC-BT-04 del REBT del 2002, en el punto 2, documentación de las instalaciones.

- a) La potencia instalada es menor a 10 kW, requiere de memoria técnica de diseño.
- b) La potencia instalada es mayor a 10 kW, requiere de proyecto.

Como la potencia de la instalación es de 79,2 kWp, se redacta el proyecto de Fotovoltaica Aislada de un recinto destinado a Paintball, situado en la parcela 102 del polígono 27 del término municipal de Gandía. A continuación, se presenta la memoria técnica.

1.3 REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES CONSIDERADAS

Para la confección del presente Proyecto se han tenido en cuenta las siguientes disposiciones:

Es de aplicación toda la normativa vigente en España que hace referencia de forma directa a los Sistemas Fotovoltaicos Aislados de la RED (PCT-A-REV-febrero 2009):

- Pliego de condiciones técnicas de instalaciones aislada de la red "PCT-A-REV-febrero 2009".
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- El Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT).
- El Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de energía eléctrica en régimen especial (BOE nº 126, de 26/05/2007).
- El Real Decreto 2224/98, de 16 de octubre por el que se establece el certificado de profesionalidad de la ocupación de instalador de sistemas fotovoltaicos y eólicos de pequeña potencia.
- El Real Decreto 1663/2000, describe los requisitos técnicos de conexión a red que un SFCR debe cumplir. Principalmente hace referencia a los sistemas de seguridad (para personas,

para equipos y para mantenimiento de la calidad de la red). Es válido para sistemas de hasta 100 kW y conexión en Baja Tensión.

- El Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Normas UNE.

En los RR.DD. mencionados se establece que la potencia de la instalación fotovoltaica es la suma de la potencia de los inversores que intervienen en las tres fases de la instalación en condiciones nominales de funcionamiento.

En cualquier caso, en la obra se aplicarán aquellas órdenes o normas que, aunque no estén contempladas en los decretos mencionados, sean de obligado cumplimiento.

1.4 TITULAR DE LA INSTALACIÓN

El Promotor de la instalación es:

- Titular: Adrián
- CIF: 8946546-A
- Dirección Fiscal: Calle
- Código Postal: 46730
- Provincia: Valencia
- Representante: Adrián Marco
- DNI representante: 20056647A
- Teléfono: 685749402
- E-mail: admarl1@epsa.upv.es

Empresa Solicitante:

- Nombre Comercial: PAINTBALL S.A
- Nombre Fiscal: Jaime
- CIF/NIF: B-23456677
- Dirección: Camí Pont de Montaner
- Localidad: Gandía
- Código Postal: 46730
- Provincia: Valencia
- Teléfono: 675421241
- Página web: www.paintballgandia.com

Persona de contacto:

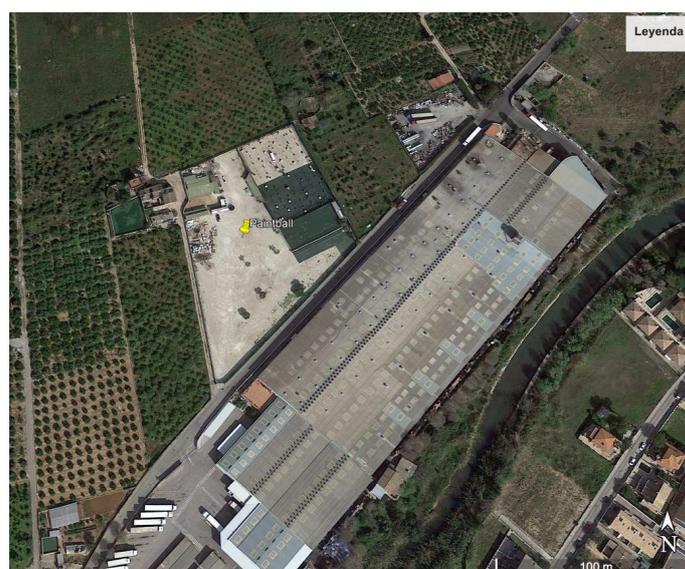
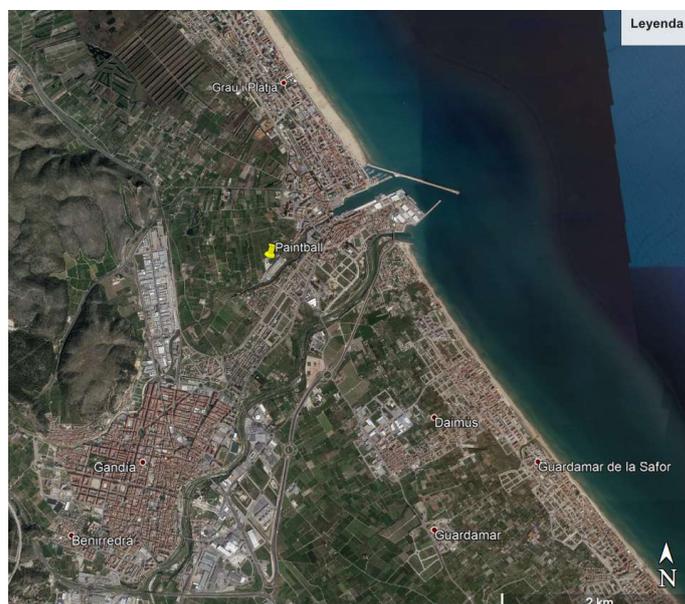
- Nombre: Jaime Mengual
- CIF/NIF: 28745457H
- Dirección: Calle Tetuán
- Localidad: Gandía

- Código Postal: 46730
- Provincia: Valencia
- Teléfono: 675421241

1.5 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

La instalación solar fotovoltaica está instalada sobre varias cubiertas de los edificios construidos en la parcela 102 del polígono 27 del término municipal de Gandía, situada en Camí Pont de Montaner con las siguientes coordenadas:

- Latitud: 38° 59' 16.08" N
- Longitud: 0° 10' 9,37" O
- Altitud: 7 m



1.6 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA INSTALACIÓN SOLAR

La instalación solar fotovoltaica aislada tiene de los paneles fotovoltaicos instalados de 86,4 kWp.

Al tratarse de una instalación combinada con AC-Coupling y DC-Coupling, el sistema podrá suministrar toda la energía DC-Coupling y además se le puede suministrar una energía extra con el AC-Coupling. Por tanto, la potencia nominal de la instalación fotovoltaica será de 72 kW en DC-Coupling y de 54 kW en AC coupling.

La instalación de los paneles se distribuye en distintos edificios de la parcela. Se diferencian tres zonas de montaje.

Los paneles solares tendrán las siguientes características según la zona de montaje:

- Montaje sobre cubierta de las casetas de alojamiento.

▪ Número de módulos:	48	Ud.
▪ Potencia Pico:	21.600	kWp
▪ Superficie colectora:	105	m ²
▪ Orientación:	12°	SE
▪ Inclinación:	30°	
▪ Tipo de Sistema:	Lastrado	
▪ Potencial energético:	1.541	kWh/kWp
▪ Producción energética estimada:	36.183	kWh anual

- Montaje sobre cubierta de la cafetería.

▪ Número de módulos:	72	Ud.
▪ Potencia Pico:	32.400	kWp
▪ Superficie colectora:	156,5	kWp
▪ Orientación:	12°	SE
▪ Inclinación:	15°	
▪ Tipo de Sistema:	Lastrado	
▪ Potencial energético:	1.572	kWh/kWp
▪ Producción energética estimada:	54.234	kWh anual

- Montaje sobre marquesina del aparcamiento.

▪ Número de módulos:	72	Ud.
▪ Potencia Pico:	32.400	kWp
▪ Superficie colectora:	156,5	m ²
▪ Orientación:	49°	SE
▪ Inclinación:	3°	
▪ Tipo de Sistema:	Coplanar	
▪ Potencial energético:	1.410	kWh/kWp
▪ Producción energética estimada:	48.586	kWh anual

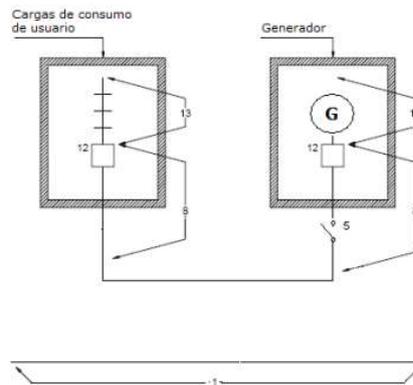
La energía producida se recolectará por medio de los paneles fotovoltaicos y se conducirá mediante el cableado hasta llegar a la sala técnica donde estarán situados los equipos de acumulación y de transformación de la energía eléctrica que se encargarán de entregarla a la red interior con las condiciones adecuadas para el autoconsumo instantáneo.

La explotación de la planta se prolongará hasta que acabe la vida útil de los módulos fotovoltaicos. Ésta es difícil de estimar, dado que puede superar los 30 años.

2 DESCRIPCIÓN TÉCNICA

2.1 ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN

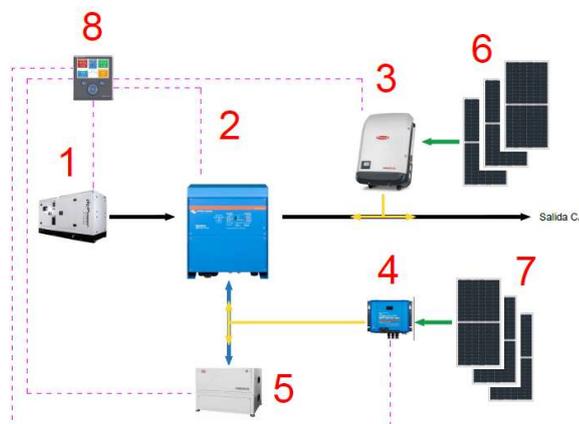
La presente instalación se ajusta al esquema de principio inferior:



Que se ajusta al esquema 1 del punto 4.1.A, Esquemas de la ITC-BT-40, instalaciones generadoras de baja tensión del sept-13 perteneciente al REBT 2002.

Como se observa en el esquema unifilar anexo, la instalación aislada se conecta en la red interior de las instalaciones del cliente.

Por tanto, la instalación seguirá el siguiente esquema de diseño:



1 1 x Grupo Electrónico	2 2 x Fronius ECO 27	5 20 x BYD Premium 15.4 kWh	7 48 x Longi Solar 450 Wp
2 9 x Quattro 8000 VA	4 3 x Smart Solar 250/100	6 144 x Longi Solar 450 Wp	8 1 x Color Control GX

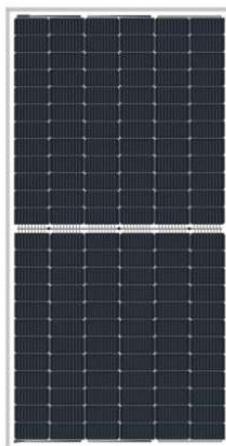
Se trata de una instalación solar fotovoltaica aislada de la red con un grupo electrógeno auxiliar en una parcela destinada para Paintball con alojamiento y cafetería. La instalación estará compuesta por un sistema combinado AC-DC Coupling. Esta instalación estará formada por:

- 192 paneles solares Longi Solar LR4-72HPH de 450Wp.
- 2 inversores Fronius AC Coupling de 27 kW nominales cada uno.
- 9 inversores cargadores Victron Energy Quattro de 8 kVA nominales cada uno a 48 V.
- 3 reguladores MPPT Victron Energy de 250 V y 100 Amperios.
- 20 baterías de litio BYD de 48V y 15,4 kWh.

2.2 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS

2.2.1 SISTEMAS DE CAPTACIÓN

El sistema de captación está compuesto por 176 módulos del fabricante Longi Solar, modelo LR4-72HPH-450Wp con un rendimiento del 20.7 %. Se trata de un módulo fotovoltaico de gran potencia que cuenta con tecnología PERC y se adapta fácilmente a cualquier clima. Se elige este módulo porque tiene una relación excelente entre la potencia y dimensiones, permitiendo aprovechar más potencia solar.



El módulo solar Longi Solar LR4-72HPH-450 Wp ha sido diseñado y fabricado según las normas IEC 61215, IEC 61730 y UL 61730, se elabora con celdas PERC de bajo LID y de alta calidad reducen la degradación inducida por la luz (LID) para un mejor rendimiento de por vida que el Mono PERC estándar.

Están equipados con diodos de derivación que evitan averías en las células y sus circuitos por sombreados parciales. La conexión de los paneles fotovoltaicos se realizará en las cajas de registro situadas en la parte posterior de estos con un grado de protección de IP67 y se conectarán con conectores MC4 que garantizan la conexión estable y segura de los módulos.

Las características eléctricas de estos módulos bajo condiciones estándar (STC) son las siguientes:

Potencia máxima (Pmax/W)	450 Wp
--------------------------	--------

Tensión en punto de máxima Potencia (Ump/V)	41,50 V
Corriente en unto de máxima Potencia (Impp/A)	10,85 A
Tensión de circuito abierto (Voc/V)	49,30 V
Corriente de cortocircuito (Isc/A)	11,60 A

2.2.2 REGULADOR DE CARGA

Los cargadores solares recogerán la energía de sus paneles solares y la proporcionarán directamente a las baterías. Los reguladores de carga SmartSolar MPPT 250/100 MC4 obtendrán un seguimiento ultrarrápido del punto de máxima potencia. Este regulador de carga tiene un gran rendimiento frente a los días con cielos nubosos, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, maximizando esta recogida de energía y gestionándola de forma inteligente para alcanzar la carga máxima en el menor tiempo posible.



En la instalación habrá tres SmartSolar MPPT 250/100 MC4 que tendrán la siguiente configuración fotovoltaica. Cada uno contará con 16 paneles solares conectados, con la disposición de 4 strings de 4 paneles en serie. Por tanto, los reguladores SmartSolar recogerán la energía de un total de 48 módulos fotovoltaicos. La entrada de las líneas en corriente continua vendrá protegida con un magnetotérmico de corriente continua de 20 amperios para cada entrada MC4 de los reguladores y un descargador de sobretensiones de 1000 V CC para cada SmartSolar.

La instalación de estos reguladores de carga hará que el sistema de carga de las baterías sea más eficiente y rápido y mejore el sistema conjunto de la instalación.

Las características eléctricas de estos reguladores son las siguientes:

Tensión de la batería	Ajuste automático a 12, 24 ó 48 V
Corriente de carga nominal	100 A
Potencia FV nominal a 48 V	5800 W
Máxima corriente de cortocircuito FV	70 A (máx. 30 A por conector MC4)
Tensión máxima del circuito abierto FV	250 V
Tensión de carga de "absorción"	14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6 (Regulable)
Tensión de carga de "flotación"	13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2 (Regulable)
Tensión de carga de "ecualización"	16,2 V / 32,4 V / 48,6 V / 64,8 V (Regulable)
Funcionamiento en paralelo	Si

2.2.3 SISTEMA DE ALMACENAMIENTO

El sistema de almacenamiento de energía está compuesto por 20 unidades de baterías de litio de la más moderna tecnología.

Se trata del modelo Battery-Box Premium LVL 15,4 que es el mayor fabricante mundial de baterías de litio, y cuentan con una capacidad de almacenaje de 15,4 kWh y una capacidad de descarga del 90 %.



BYD B-Box es una unidad de batería de fosfato de hierro y litio (LiFePO4) con sistema de gestión de batería (BMS) para su uso con un inversor externo.

Gracias a su puerto de control y comunicación (BMU), la B-BOX Premium LVL crece con sus requisitos. El sistema puede ser escalable desde 15,4 hasta 983 kWh.

Las baterías de fosfato de litio y hierro (LiFePO4) no pueden oxidarse y, por lo tanto, son extremadamente seguras. Esto asegura que, incluso en un incendio u otra violencia externa, la batería no será una fuente de peligro.

Estas baterías tienen las siguientes características eléctricas:

Tipo de Batería	Fosfato de Litio y Hierro (LiFePO4)
Número de módulos	2
Energía Utilizable	15,4 kWh
Voltaje nominal	51,2 V
Rango de voltaje operativo	40 a 59 V
Corriente máxima de salida	250 A
Corriente de salida pico	375 A durante 5 segundos
Peso	164 Kg
Escalabilidad	Hasta 64 en paralelo (983 kWh)
Comunicaciones	CAN/RS485
Temperatura Operativa	-10 °C a +50 °C
Certificados	IEC62619 / CE / CEC / UN38.3

Con las 20 unidades de la B-BOX Premium LVL 15,4 el sistema será capaz de almacenar **308 kWh**.

2.2.4 INVERSORES DC

Los 9 inversores-cargadores Victron Quattro 48/8000 VA de potencia cada uno, forman una red trifásica permitiendo la carga y descarga de baterías, aportando corriente al sistema o desviando la energía sobrante hacia las baterías.



La energía, en este caso, proviene de dos fuentes. En primer lugar, la energía del campo fotovoltaico mediante los inversores de red (AC-Coupling), donde se deberá cumplir la regla del factor 1 que se explicará en el apartado de "Cálculos justificativos" de este proyecto, y, en segundo lugar, del grupo electrógeno como fuente auxiliar, que abastecerá el sistema de energía en caso de no ser suficiente la energía fotovoltaica, que el estado de carga de las baterías sea bajo, o por un aumento puntual de las cargas.

Las características eléctricas del inversor cargador Victron Quattro 48/8000 VA son las siguientes:

QUATTRO 8 kVA	
Entradas CA	2
Rango de tensión de entrada (VCA)	187 / 265
Factor de potencia	1
Corriente máxima de alimentación (A)	2×100
INVERSOR	
Rango de tensión de entrada (VCC)	(9,5-17) V / (19-33) V / (38-66) V
Tensión de salida (V)	230 VCA ± 2%
Frecuencia (Hz)	51 Hz ± 0,1%
Pico de potencia (W)	16000
Rendimiento máximo (%)	94 / 96
CARGADOR	
Tensión de carga de "absorción" (VCC)	28,8 / 57,6
Tensión de carga de "flotación" (VCC)	27,6 / 55,2
Modo de almacenamiento (VCC)	26,4 / 52,8
Corriente de carga de la batería (A)	200 / 110

2.2.5 INVERSORES AC

El inversor será el encargado de transformar la corriente continua proveniente de los módulos a corriente alterna trifásica para su posterior utilización en modo directo para el suministro de los consumos, y en modo indirecto, para la carga de las baterías a través de los inversores cargadores que serán los encargados de volver a transformar la corriente para la adecuada carga.

En la instalación se instalarán dos inversores Fronius ECO 27 trifásicos de 27 kW nominales que cuentan con la garantía y fiabilidad de la marca Fronius. Incorpora un MPPT con un amplio rango de funcionamiento, con una puesta en marcha sencilla, un funcionamiento muy estable y una monitorización de la producción muy completa.



Los dos inversores Fronius 27 tendrán la misma configuración fotovoltaica que será la siguiente:

- Potencia máxima de paneles: 32.400 Wp
- Tensión en punto de máxima potencia (U_{mpp}): 747 V
- Corriente en punto de máxima potencia (I_{mpp}): 43,4 A
- Tensión de circuito abierto (U_{oc}): 887,4 V
- Corriente de cortocircuito (I_{sc}): 46,4 A

A cada inversor Fronius se conectarán un total de 72 módulos solares, que estarán dispuestos en un MPPT de cuatro strings de 18 series cada uno.

Las características eléctricas del inversor Fronius ECO 27 son las siguientes:

DATOS DE ENTRADA	
Máxima corriente de entrada ($I_{dc \text{ máx}}$)	47,7 A
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV	71,6 A
Mínima tensión de entrada ($U_{dc \text{ mín.}}$)	580 V
Tensión CC mínima de puesta en servicio ($U_{dc \text{ arranque}}$)	650 V
Tensión de entrada nominal ($U_{dc, r}$)	580 V
Máxima tensión de entrada ($U_{dc \text{ máx.}}$)	1.000 V
Rango de tensión MPP ($U_{mpp \text{ mín.}} - U_{mpp \text{ máx.}}$)	580-850 V
Número de seguidores MPP	1
Número de entradas CC	6
Máxima salida del generador FV ($P_{dc \text{ máx}}$)	37,8 kW pico

DATOS DE SALIDA	
Potencia nominal CA ($P_{ac, r}$)	27.000 W
Máxima potencia de salida	27.000 VA
Máxima corriente de salida ($I_{ac\ máx.}$)	39 A
Acoplamiento a la red (Rango de tensión)	3~NPE 400 V / 230 V (+20% / -30%)

2.2.5.1 CABLEADO

De acuerdo con la instrucción técnica complementaria número 40 de baja tensión se establece que los cables de conexión deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125 % de la máxima intensidad del generador y la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión a la instalación interior, no será superior al 1,5% para la intensidad nominal.

2.2.5.2 CABLEADO CC

Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y sobrecargas. Los conductores en la parte de corriente continua deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior al 1,5%.

El tipo de cableado variará dependiendo de los diferentes tramos de la instalación.

Para los tramos de corriente continua de la salida de los módulos hasta la sala técnica donde se sitúan los equipos, se utilizará el cable tipo TECSUN H1Z2Z2-K (AS) 1/1 kV o similar.

Para los tramos a las entradas de las baterías el cable a utilizar será el tipo Exzhellent RZ1-K AS 0,6/1 kV XLPE 90°C o similar.

Todo el cable será de doble aislamiento y adecuado para su uso en intemperie, al aire o enterrado de acuerdo con la norma UNE 20460-5-523:2004. La longitud de los cables será la suficiente para que no pueda generarse esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidades de enganche por el tránsito normal de personas.

Los conductores se protegerán con un ducto apropiado que cumpla con la ITC-BT-21.

En el apartado de "Cálculos justificativos" se definirá la sección de los distintos tramos de cableado y se comprobará que los conductores seleccionados cumplen las especificaciones de caída de tensión, calentamiento, cortocircuitos y pérdida de potencia.

2.2.5.3 CABLEADO CA

Todos los tramos de salida de los inversores hasta el cuadro de protecciones de alterna, el conductor deberá ser el Exzhellent RZ1-K AS 0,6/1 kV XLPE 90°C o similar.

De acuerdo con la ITC BT 42, las caídas de tensión máximas entre los generadores y el punto de conexión a la red interior no superarán el 1,5%.

Las secciones, distancias y demás valores de cálculo de detallarán en el apartado de cálculos justificativos.

Todos los conductores cumplen con la normativa de UNE 20460-5-523:2004, referenciada en la ITC-BT-19 que son los necesarios para estar expuestos a fenómenos climatológicos adversos con distintos métodos de instalación.

Todo el cableado de corriente alterna se protegerá con un ducto apropiado que cumpla con la ITC-BT-21.

2.2.6 CANALIZACIONES O TUBOS DE PROTECCIÓN

Para las conducciones de las líneas eléctricas, tanto de corriente continua, como de corriente alterna de la instalación solar fotovoltaica, se realizarán zanjas y arquetas de registro e inspección de manera que las conducciones se hagan de forma segura y sin posibilidad de interrupciones.

Los conductores irán introducidos en tubos de 160 mm de diámetro, todos de PVC corrugado y de color rojo en la parte exterior.

Existirá un tubo exclusivamente para la conducción del cableado de corriente continua.

En las canalizaciones enterradas, los tubos protectores serán conformes a lo establecido en la norma UNE-EN 50.086 2-4 y sus características mínimas serán, para las instalaciones ordinarias las indicadas en la siguiente tabla.

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

El cumplimiento de estas características se realizará según los ensayos indicados en la norma UNE-EN 50.086 -2-4.

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

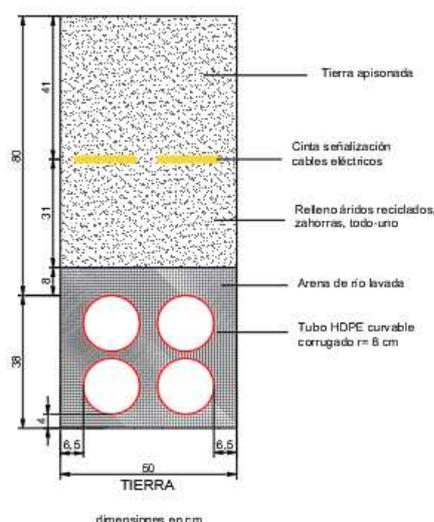
- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.
- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.
- Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.
- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los especificados por el fabricante conforme a UNE-EN 50.086-2-2.
- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.
- Los registros podrán estar destinados únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.
- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Si son metálicas estarán protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50% del mismo, con un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interior mínimo será de 60 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.
- En ningún caso se permitirá la unión de conductores como empalmes o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión; puede permitirse, asimismo, la utilización de bridas de conexión. El retorcimiento o arrollamiento de conductores no se refiere a aquellos casos en los que se utilice cualquier dispositivo conector que asegure una correcta unión entre los conductores, aunque se produzca un retorcimiento parcial de los mismos y con la posibilidad de que puedan desmontarse fácilmente. Los bornes de conexión para uso doméstico o análogo serán conformes a lo establecido en la correspondiente parte de la norma UNE-EN 60.998.
- Durante la instalación de los conductores para que su aislamiento no pueda ser dañado por su roce con los bordes libres de los tubos, los extremos de éstos, cuando sean metálicos y penetren en una caja de conexión o aparato, estarán provistos de boquillas con bordes redondeados o dispositivos equivalentes, o bien los bordes estarán convenientemente redondeados.
- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta las posibilidades de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el uso de una "T" de la que uno de los brazos no se emplea.

- Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.
- No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.
- Para la colocación de los conductores se seguirá lo señalado en la ITC-BT-20.
- A fin de evitar los efectos del calor emitido por fuentes externas (distribuciones de agua caliente, aparatos y luminarias, procesos de fabricación, absorción del calor del medio circundante, etc.) las canalizaciones se protegerán utilizando los siguientes métodos eficaces:
 - Pantallas de protección calorífuga.
 - Alejamiento suficiente de las fuentes de calor.
 - Elección de la canalización adecuada que soporte los efectos nocivos que se puedan producir.
 - Modificación de material aislante a emplear.

2.2.7 ZANJAS

En la instalación se dispondrán de unas zanjas para llevar el cableado de corriente continua hasta la sala técnica. El trazado de las zanjas irá desde los módulos fotovoltaicos situados en las distintas cubiertas hasta la sala técnica donde se albergarán todos los equipos de la instalación, baterías, reguladores e inversores. Las líneas se enterrarán bajo tubo, a una profundidad de 800 mm, con una resistencia suficiente a los esfuerzos posibles, tanto durante la obra, como durante la explotación a la actividad.

Se escogerá el siguiente tipo de zanja que pertenece a uno de los normalizados por la distribuidora Iberdrola o similar.



Para el relleno de las zanjas en las zonas sin pavimentar, se aprovechará la tierra procedente de la excavación.

Los detalles constructivos y de detalle de las zanjas se mostrarán en el apartado de "Planos" de este proyecto.

2.2.8 PROTECCIONES

Para proporcionar seguridad tanto a los equipos que forman la instalación solar fotovoltaica como al personal encargado de su mantenimiento y correcta operación, es necesario proporcionar una serie de elementos de protección que aseguren una explotación correcta de la instalación.

2.2.8.1 PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES

Al igual que para el cálculo del cableado de la instalación, el cálculo de protecciones se realizará independientemente para cada uno de los circuitos que forman la instalación.

Aunque los fusibles e interruptores para corriente continua son diferentes a los de corriente alterna, el cálculo es similar; según la norma ITC-BT-22 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, un dispositivo protege contra sobrecargas a un conductor si se verifican estas condiciones:

- $I_B \leq I_N \leq I_Z$
- $I_2 \leq 1,45 \times I_Z$

donde:

- I_B es la corriente de empleo o utilización.
- I_N es la corriente nominal del dispositivo de protección.
- I_Z es la corriente máxima admisible por el elemento a proteger.
- I_2 es la corriente convencional de funcionamiento del dispositivo de protección.

2.2.8.2 PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES

Se instalarán descargadores a tierra de red para proteger la instalación contra las sobretensiones transitorias originadas como consecuencia de descargas atmosféricas, maniobras de conmutación y descargas electrostáticas.

2.2.8.3 PROTECCIÓN DE LAS PERSONAS

Para la protección de las personas se tomarán dos tipos de medidas, contra contactos directos y contra contactos indirectos.

La protección de las personas contra contactos directos queda asegurada mediante un aislamiento apropiado de todas las partes activas de la instalación, según establece el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión de 2002 en la instrucción ITC-BT-24. Las partes activas están cubiertas de un aislamiento que solo se puede eliminar destruyéndose.

En la parte de continua de la instalación se protege a las personas de los contactos indirectos mediante la utilización de módulos con clase de aislamiento II. La estructura que soporta los módulos estará puesta a tierra.

En la protección contra contactos indirectos en la parte de corriente alterna se utiliza protección diferencial y puesta a tierra, según la instrucción ITC-BT-24 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión del 2002. La protección diferencial se trata de un interruptor diferencial de clase A localizada a la salida del inversor con el fin de proteger la línea de BT hasta el cuadro de protección y medida, que cumple la instrucción ITC-BT-17 sobre dispositivos generales e individuales de mando y protección.

2.2.9 SISTEMAS DE MONITORIZACIÓN

El cuadro de control del sistema está formado por un color control GX y un BMW 701 para la monitorización del sistema y control del mismo.

El Color Control (CCGX) ofrece un control y monitorización intuitivos del sistema eléctrico, y además de monitorizar y controlar productos de forma local en el propio CCGX, también envía todas las lecturas a la página web de monitorización remota: el Portal en línea VRM.



La Color Control GX (CCGX) presenta las siguientes características:

- Monitoriza, controla y configura el CCGX de forma remota, a través de Internet.
- Todo puede hacerse de forma remota, igual que si tuviera el dispositivo delante.
- Un sistema de arranque y parada altamente personalizable. Utiliza el estado de carga, la tensión, la carga y otros parámetros.
- El CCGX gestiona la energía en un sistema ESS.
- Al conectarlo a Internet, todos los datos se envían al portal VRM. Si no hay una conexión a Internet disponible, el CCGX almacenará los datos internamente durante un tiempo dependiendo de la tarjeta microSD.

2.2.9.1 ESTRUCTURA SOPORTE

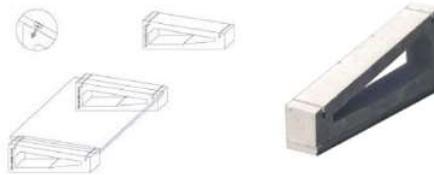
Uno de los elementos importantes en una instalación fotovoltaica, para asegurar un perfecto aprovechamiento de la radiación solar es la estructura soporte. Se encarga de sustentar los módulos solares y formar el propio panel, dándole la inclinación más adecuada. En este caso, la orientación y el tipo de montaje vendrán dados por las características geométricas de cada cubierta, distinguiéndose entre tres tipos de montaje.

Por lo tanto, se diferenciarán tres tipos de montaje con tres estructuras soporte diferentes:

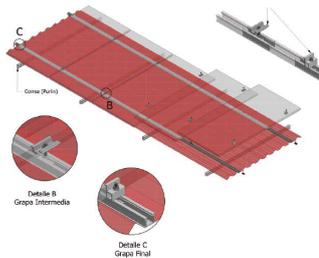
- Cubierta casetas alojamiento: soporte inclinado para cubierta plana, vertical.



- Cubierta Cafetería: soporte lastrado Solarbloc.



- Cubierta del aparcamiento: soporte coplanar sistema gulpiyuri.



Para la cubierta de casetas se selecciona un soporte inclinado para cubierta plana en vertical con un ángulo de 20° con una desviación acimut de -12° con orientación SE. La orientación se fija según la orientación de la cubierta ya que se dispone de espacio reducido. Respecto a la inclinación se opta por 20° ya que la estación anual más demandada de energía se efectuará en verano. Para este tipo de cubierta se instalarán un total de 48 módulos solares.

Para la cubierta de la cafetería se selecciona una estructura para módulos solares de la marca Solar Bloc, del tipo de bloques de hormigón que ancla por lastrado, siendo la inclinación de estos de 15 grados. La orientación implantada será la marcada por la orientación de la cubierta para facilitar la labor de montaje y debido a la relación del número de placas a instalar y espacio útil que se dispone para mantener el criterio de sombras. En esta cubierta irán instalados un total de 72 módulos solares.

Para la cubierta del aparcamiento se optará por un tipo de montaje coplanar debido al material de la cubierta de chapa grecada, lo cual es el tipo de montaje que mejor se adapta a este tipo de estructura. La cubierta tiene una inclinación de 3° con una desviación de acimut de -49° con orientación SE. Para esta cubierta se instalará un total de 72 módulos solares.

Todos los cálculos estáticos del sistema de fijación de los módulos deberán justificarse suficientemente por el fabricante proveedor de dicha parte de la estructura de sustentación.

Tal y como marca el PPCCT-C-REV-julio 2011 la estructura soporte cumplirá con los siguientes puntos.

- La estructura soporte cumple las especificaciones con el Código Técnico de la Edificación respecto a seguridad.
- La estructura soporte de módulos resisten, con los módulos instalados, las sobrecargas del viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en el Código Técnico de la Edificación y demás normativa de aplicación.

- El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de módulos, permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, siguiendo las indicaciones del fabricante.
- El diseño de la estructura se realizará para la orientación y el ángulo de inclinación especificado para el generador fotovoltaico, teniendo en cuenta la facilidad de montaje y desmontaje, y la posible necesidad de sustituciones de elementos.
- La tornillería será realizada de acero inoxidable.

2.2.10 GRUPO ELECTRÓGENO

En esta instalación al no tener la posibilidad de consumir energía de la red eléctrica convencional, se dotará a la instalación con un sistema de respaldo con el objetivo de garantizar el suministro eléctrico de los consumos, sobre todo los días nublados y las noches en que las baterías no sean capaces de proporcionar la alimentación necesaria.

El grupo electrógeno estará dimensionado para que nunca trabaje por encima del 60% de su potencia nominal para que trabaje en las condiciones óptimas.

El grupo electrógeno elegido será el HRFW-100 T5 de la marca HIMOINSA.



Este grupo electrógeno cumple el marcado CE que incluye las siguientes directivas:

- 2006/42/CE Seguridad de Máquinas.
- 2014/30/UE de Compatibilidad Electromagnética.
- 2014/35/UE material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión.
- 2000/14/CE Emisiones Sonoras de Máquinas de uso al aire libre (modificada por 2005/88/CE)
- EN 12100, EN 13857, EN 60204

Algunas características de este grupo electrógeno son las siguientes:

Potencia	100 kVA
Potencia nominal	80 kW
Régimen de funcionamiento	1500 r.p.m.
Tensión estándar	400/230
Factor de Potencia	0,8

Relación de compresión	17,5 : 1
Tipo de Motor	Diesel 4 tiempos
Consumo combustible 100 % PRP	22 l/h
Consumo combustible 80 % PRP	16,2 l/h
Consumo combustible 50 % PRP	11 l/h
Regulador	Tipo Mecánico
Filtro de Aire	Tipo Seco

2.2.11 PUESTAS A TIERRA

Se conectará a la toma de tierra los marcos de los módulos, las estructuras y las carcasas de los equipos de electrónica de potencia, mediante cable de cobre y pica de tierra, siguiendo la normativa vigente en este tipo de instalaciones, es decir, sin alterar las condiciones de puesta a tierra de la red de la empresa distribuidora.

La puesta a tierra debe asegurar en todo momento una tensión de paso y de contacto inferiores a lo establecido en el RD 1663/2000.

2.2.12 TOMAS DE TIERRA

Se instalará una toma de tierra formada por un mínimo de 3 electrodos, formados a base de piquetas normalizadas hasta conseguir los valores establecidos en el RD 1663/2000 para conseguir una resistencia en tierra en valores admisibles para la seguridad de las personas y equipos del sistema para conseguir valores de tensiones de contacto y de paso.

Estas piquetas serán de cobre con una longitud de 2 metros y un diámetro de 14 o 16 mm, y estarán recubiertas por una capa de cobre de espesor adecuado.

La resistencia de tierra establecida será de 20 Ω .

A la toma de tierra establecida se conectará todas las masas metálicas existentes en la zona de la instalación, y las masas metálicas de los aparatos accesibles, cuando su clase de aislamiento o condiciones así lo exijan.

2.2.13 RED DE EQUIPOTENCIALIDAD

Según lo ordenado en la ITC-BT-24, apartado 2, se realizará una conexión equipotencial entre las canalizaciones metálicas existentes y las masas de los aparatos metálicos y demás elementos conductores accesibles para asegurar una tensión de paso y contacto segura para la actividad diaria de las personas.

El conductor que asegure esta conexión será de cobre con una sección mínima de 2,5 mm² si se protege con tubo, o de 4 mm² si no se protege.

Este conductor se fijará por medio de terminales, tuercas y contratuercas, collarines de material no férnico adaptados a las cañerías, o también con terminales y tuercas a otros elementos conductores.

En toda la instalación se tendrá en cuenta el Reglamento de Baja Tensión, y en particular la ITC-BT-40 por regirse a instalaciones generadoras de energía eléctrica como la energía solar fotovoltaica.

2.3 PROGRAMA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Se definen dos escalones de actuación para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida útil de la instalación para asegurar el funcionamiento, aumentar la producción y prolongar la duración de la misma:

1. Mantenimiento preventivo.
2. Mantenimiento correctivo.
3. Operación.

Plan de mantenimiento preventivo: operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otras, que aplicadas a la instalación deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la misma.

El mantenimiento se deberá realizar por personal técnico cualificado.

2.3.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo de la instalación incluirá 2 visitas al año en la que se realizarán las siguientes actividades:

1) Módulos fotovoltaicos:

- Comprobación del estado de la estructura y par de aprietes de anclajes a correas y módulos.
- Comprobación del estado general de los módulos (limpieza, color células, etc.).
- Comprobación de cada una de las series (strings) en cuanto a sus parámetros eléctricos.
- Verificar la intensidad de cada serie, con pinza amperimétrica de CC, con el sistema en carga (se entiende que todas las verificaciones se realizarán de día y a ser posible soleado).
- Verificación del estado mecánico de las conexiones y vista general.

2) Inversores:

- Verificación de los indicadores exteriores.
- Comprobación de elementos de protección (interruptor de corte, fusibles y portafusibles, descargadores de sobretensión).
- Comprobación de configuración por medios informáticos (mk2+portátil).
- Comprobación del par de apriete de las distintas conexiones.

IMPORTANTE: no abrir las tapas del inversor sin consentimiento expreso de la empresa instaladora, durante la duración de la garantía, o del fabricante.

3) Protecciones CC:

- Verificación inicial con pistola térmica, al objeto de ver posibles zonas con exceso de temperatura para comprobar posibles flojedades en las conexiones.

- Verificación de la continuidad en los fusibles. Por observación de la mirilla del propio fusible, o si hay dudas con pinza amperimétrica.
 - Verificación de tensión en cada uno de los polos. La tensión se medirá en la entrada de cada uno de los polos positivos con el embarrado de los negativos, tanto en inversores como en baterías.
- 4) Cuadro de protecciones AC:
- Verificación inicial con pistola térmica, al objeto de ver posibles zonas con exceso de temperatura para comprobar posibles flojedades en las conexiones.
 - Pulsado de test de los diferenciales (con el sistema de carga).
 - Accionamiento del conmutador para dar paso a la corriente auxiliar. Este accionamiento se deberá de hacer con el grupo parado, para evitar arcos eléctricos que pudieran derivar en averías en el inversor.
 - Una vez accionado el conmutador a la posición "generador", arrancar el grupo y comprobar si llega corriente a la salida del Cuadro CA.
- 5) Comprobación del estado mecánico de cables y terminales (incluyendo cables de tomas de tierra y reapriete de bornas), pletinas, transformadores, ventiladores/extractores, uniones, reaprietes, limpieza.
- 6) Realización de un informe técnico de cada una de las visitas en el que se refleje el estado de las instalaciones y las incidencias acaecidas (documentación adjunta).
- 7) Registro de las operaciones de mantenimiento realizadas en un libro de mantenimiento, en el que constará la identificación del personal de mantenimiento (nombre, titulación y autorización de la empresa).

2.3.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

- 1) La visita a la instalación en los plazos indicados y cada vez que el usuario lo requiera por avería grave en la misma.
- 2) El análisis y elaboración del presupuesto de los trabajos y reposiciones necesarias para el correcto funcionamiento de la instalación.
- 3) Los costes económicos del mantenimiento correctivo, con el alcance indicado, forman parte del precio anual del contrato de mantenimiento (primer año incluido en la garantía).
- 4) Los equipos a sustituir serán presupuestados para su aprobación por el Cliente antes de su colocación.
- 5) No estarán incluidas ni la mano de obra ni las reposiciones de equipos necesarias más allá del período de garantía.

2.3.3 OPERACIÓN

La instalación se encuentra vigilada en todo momento a través del sistema de monitorización.

Este sistema posee una serie de alertas y alarmas que detectan y comunican cada vez que algún parámetro se encuentra fuera del funcionamiento normal.

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR D'ALCOI

2. **CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS**

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA AISLADA DE UN RECINTO DESTINADO
A PAINTBALL

[Grado en Ingeniería Eléctrica]

ÍNDICE DE CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

1	ESTUDIO ENERGÉTICO	25
1.1	ESTIMACIÓN DE LAS NECESIDADES	25
1.2	RADIACIÓN SOLAR	27
1.3	ORIENTACIÓN DE LOS PANELES	28
1.4	INCLINACIÓN Y DISTANCIA DE LOS PANELES	29
1.5	CÁLCULO DE SOMBRAS	30
2	DIMENSIONADO DEL SISTEMA	31
2.1	DIMENSIONADO PANELES SOLARES	31
2.2	DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE BATERÍAS	32
2.3	DIMENSIONADO DE LOS REGULADORES	33
2.4	DIMENSIONADO INVERSORES AC COUPLING	33
2.5	DIMENSIONADO INVERSORES DC COUPLING	33
2.5.1	REGLA DEL FACTOR 1.0.....	33
3	CÁLCULOS ELÉCTRICOS DE LA INSTALACIÓN	34
3.1	CABLEADO.....	34
3.1.1	CABLEADO DE CONTINUA.....	34
3.1.2	CABLEADO DE ALTERNA	38
3.2	PROTECCIONES DE CONTINUA	41
3.3	PROTECCIONES DE ALTERNA.....	41

1 ESTUDIO ENERGÉTICO

1.1 ESTIMACIÓN DE LAS NECESIDADES

Para el estudio de las necesidades se diseñará una estimación con unos criterios a fijar. Al tratarse de una instalación aislada y no poseer datos de la red eléctrica convencional, se optará por seguir unos criterios de aplicación para realizar la estimación lo más exacta posible.

En primer lugar, se elaborará una tabla con los consumos típicos de las cargas que se pueden encontrar en la instalación del recinto. Para cada zona de la instalación se considerará los aparatos electrodomésticos y cargas que pueden tener y se le aplicará unas horas de consumo al día como la siguiente **Tabla 2.1**: **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Tabla 2.1. Consumos diarios típicos de la instalación.

CARGAS	Suma de Pot. CA TOTAL (W)	Suma de Tiempo de uso al día (h)	Suma de Consumo diario (Wh/día)
CAFETERIA	27.390	174	116.710
ABATIDORA	1.000	2	2.000
BANDEJA FRÍA	100	24	2.400
CAFETERA	4.000	3	12.000
CONGELADOR	400	24	9.600
EXPOSITOR REFRIGERADO	440	24	10.560
EXPRIMIDORA DE ZUMOS	150	1	150
EXTRACTOR	1.200	5	6.000
EXTRACTOR DE BAÑO	200	5	1.000
FREIDORA	4.000	3	12.000
HORNO	5.000	4	20.000
ALUM. BAÑOS	150	2	300
ALUM. BARRA	300	8	2.400
ALUM. COCINA	500	6	3.000
ALUM. EXTERIOR	600	4	2.400
ALUM. ZONA PÚBLICO	500	10	5.000
LAVAVAJILLAS	2.800	3	8.400
MAQUINA RECREATIVA	200	3	600
MESA REFRIGERACIÓN	300	24	7.200
MICROONDAS	1.100	2	2.200
OTROS RECEPTORES	800	2	1.600
RAC MUSICA	150	6	900
TELEVISORES	500	8	4.000
TOSTADORA	3.000	1	3.000

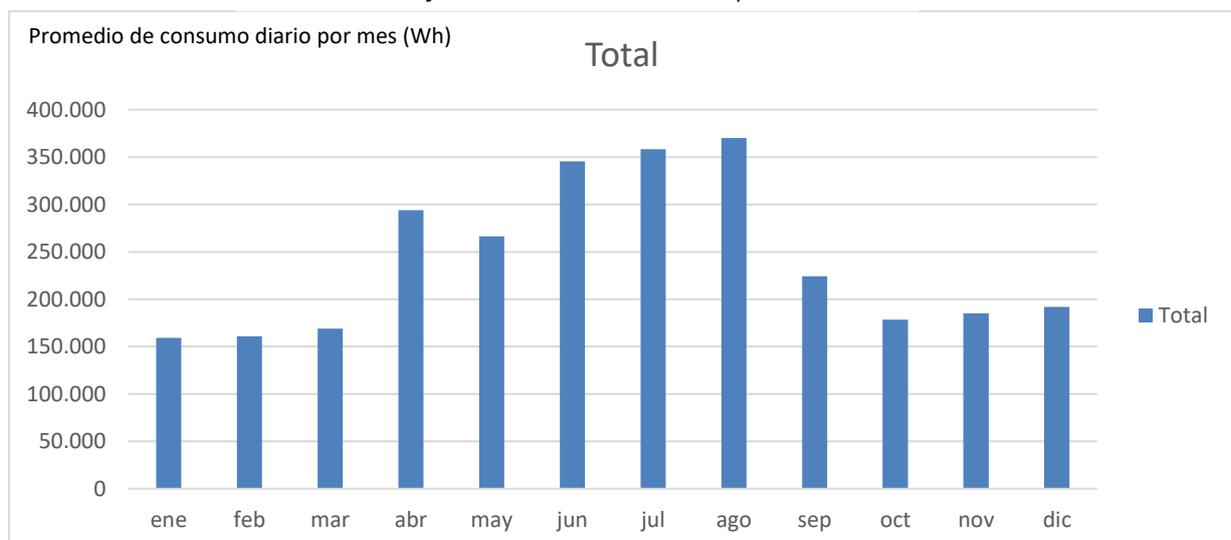
Por tanto, se estudiará el mismo tipo de tabla anterior para las otras zonas del recinto, donde quedarán los siguientes datos considerados para una ocupación máxima del alojamiento:

Tabla 2.2. Consumos diarios por zonas.

CONSUMOS	Suma de Pot. CA TOTAL (W)	Suma de Consumo diario (Wh/día)
ALMACÉN	6.650	19.450
CAFETERIA	27.390	116.710
CASA 1	8.825	17.710
CASA 2	8.825	17.710
CASA 3	8.825	17.710
CASA 4	8.825	17.710
CASA 5	8.825	17.710
CASA 6	8.825	17.710
CASA GUARDIA	8.825	16.210
PAINTBALL	1.500	6.900
APARCAMIENTO	15.100	95.900
PISCINA	3.550	38.050
VESTUARIOS	320	1.600
Total general	116.285	401.080

Con las tablas anteriores se podrá obtener unas necesidades energéticas al día que variarán dependiendo de la ocupación del recinto y del alojamiento, por tanto, se hará una tabla con un consumo diario para cada día del año, estimando las épocas del año y los días donde puede haber más demanda y mayor ocupación del recinto. A continuación, se mostrará el **Gráfico 2.1** de necesidades energéticas obtenida con los promedios de consumos diarios para cada mes del año. Esta tabla servirá para hacer una estimación de las necesidades energéticas para cada mes.

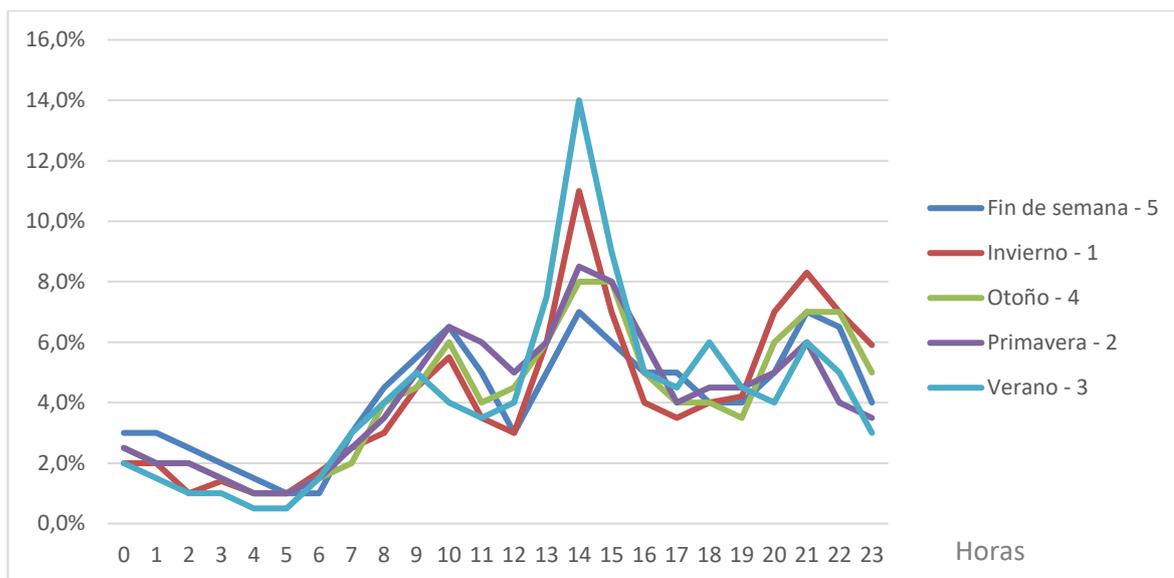
Gráfico 2.1. Consumo diario medio por mes.



Con todos los datos anteriores ya obtenidos, se crearán unos perfiles de carga según la estación del año, puesto que las horas de consumo de energía variarán dependiendo si es verano o invierno, puesto que en verano se suele consumir más energía por el día, mientras que, en invierno debido a la calefacción y menor número de horas diurnas, por la noche se tendrá más consumo.

Por lo tanto, se establecerá unos porcentajes de perfiles de carga, aplicando un total de 5 perfiles de carga que seguirán la siguiente **Gráfico 2.2** respecto a las horas del día:

Gráfico 2.2. Perfiles de carga según época del año.



Con los datos obtenidos, se procederá al análisis de dimensionamiento de la instalación.

La energía necesaria anual para cubrir las necesidades energéticas estimadas en los cálculos anteriores será de 73 MWh, que equivale a un promedio estimado por día de 200 kWh.

1.2 RADIACIÓN SOLAR

Una vez conocido el estudio de la potencia que necesitan los consumos, se necesitará conocer la información de la irradiación solar de cada mes en el lugar de la instalación. Para ello, se utilizará el programa informático "PVGIS" para realizar la siguiente **Tabla 2.3** con los datos de irradiancia media diaria ($Wh/m^2\text{-día}$) en la ubicación de la instalación para cada mes y para diferentes ángulos de inclinación.

Tabla 2.3. Irradiancia media diaria para cada mes y para diferentes inclinaciones, en $Wh/m^2\text{-día}$

Inclinación Paneles	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
5°	2.499	3.722	4.975	5.854	6.958	7.881	7.518	6.894	5.840	3.819	2.757	2.035
15°	2.974	4.259	5.418	6.093	7.003	7.825	7.504	7.086	6.274	4.275	3.241	2.458
20°	3.186	4.492	5.593	6.160	6.965	7.729	7.431	7.118	6.435	4.467	3.455	2.649
30°	3.554	4.876	5.844	6.188	6.768	7.400	7.150	7.058	6.639	4.771	3.820	2.983

A partir de esta tabla se podrá obtenerlas Horas Solares Pico para realizar el dimensionamiento de paneles solares de la instalación y saber de una manera aproximada la producción energética que tendrá. Será importante destacar que no toda esa energía que se genera llegará a los equipos, ya que siempre se producen pérdidas en los mismos.

1.3 ORIENTACIÓN DE LOS PANELES

La orientación de los paneles dependerá en gran medida de la orientación de las cubiertas donde se van a situar y de las características geométricas de estas. Para esta instalación los paneles irán alojados sobre tres cubiertas con diferentes características cada una de ellas.

- Cubierta casetas: se trata de una cubierta plana de un container de trailer, por lo tanto, los paneles deberán seguir la misma orientación de la cubierta debido al limitado espacio para la colocación de los paneles y soportes de estos.
- Cubierta cafetería: es una cubierta plana rellena de gravilla, con gran espacio para la colocación de los paneles. Debido al número de paneles que irán y al escaso desplazamiento del ángulo azimut respecto al sur, se optará por colocar los paneles en la misma orientación para distanciar la separación entre filas de los paneles para disminuir las pérdidas por sombras entre paneles y para facilitar el proceso de montaje, puesto que este será de tipo lastrado con bloques de hormigón pesados que habrá que situarlos perfectamente para la correcta colocación de los módulos.
- Cubierta aparcamiento: se trata de una cubierta de chapa grecada, por lo que los paneles irán con una estructura coplanar acoplada a las grecas y tendrá la misma orientación que la cubierta.

Por lo tanto, la orientación de los paneles será la siguiente:

Cubierta:	Casetas
Tipo de cubierta:	Plana
Tipo de montaje:	Soporte inclinado vertical
Número de paneles:	48
Orientación:	12° azimut respecto al sur
Cubierta:	Cafetería
Tipo de cubierta:	Plana con gravilla
Tipo de montaje:	Soporte lastrado
Número de paneles:	72
Orientación:	12° azimut respecto al sur
Cubierta:	Aparcamiento
Tipo de cubierta:	Chapa grecada
Tipo de montaje:	Coplanar
Número de paneles:	72
Orientación:	49° azimut respecto al sur

1.4 INCLINACIÓN Y DISTANCIA DE LOS PANELES

El óptimo ángulo de inclinación vendrá dado en función de algunos posibles periodos de uso junto con la latitud de nuestra instalación fotovoltaica. Para establecer el criterio de inclinación de los paneles es interesante estudiar los consumos durante el año para ver cuando nos interesa obtener mejor producción. Por lo tanto, se analizará los estudios de consumos vistos anteriormente. Según la época del año tenemos tres inclinaciones óptimas diferentes que siguen la siguiente fórmula:

- Para solamente verano:

$$\beta = \phi - 20^\circ$$

- Para solamente invierno:

$$\beta = \phi + 15^\circ$$

- Anual constante:

$$\beta = \phi + 10^\circ$$

donde,

β = Ángulo de inclinación.

ϕ = Latitud.

Además de estos criterios habrá que tener en cuenta la disponibilidad de la superficie útil a instalar los paneles y potencia pico que necesitamos para la instalación, ya que, a mayor inclinación, mayor será la distancia entre módulos para minimizar las pérdidas por sombreado y menor será el número de módulos que se puedan instalar en la superficie.

Por tanto, teniendo en cuenta esta última premisa, para la cubierta de la cafetería se estudiará la distancia mínima entre filas dependiendo de la inclinación para que en dicha cubierta quepan los 72 módulos fotovoltaicos estipulados.

La distancia mínima que debe existir entre dos filas dependerá de la latitud del lugar de la instalación y de la altura que existe entre la parte alta de una fila y la parte inferior de la siguiente, es decir:

$$d = \frac{h}{\text{tg}(61 - \phi)}$$

donde,

d = Distancia mínima entre módulos.

h = Altura parte alta de una fila e inferior de la siguiente.

ϕ = Latitud.

Realizando el cálculo anterior y verificando la superficie útil para la cubierta de la cafetería, la inclinación quedará definida con 15 grados y con una distancia mínima entre filas de 63 cm.

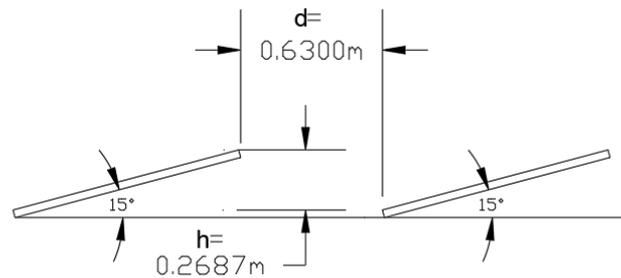


Figura 2.1. Distancia mínima entre filas

Para la cubierta de las casetas, la inclinación a fijar si que se tendrá en cuenta por el primer criterio, puesto que solo consta de una fila y no habrá pérdidas por sombras. Por tanto, según los datos energéticos estudiados anteriormente, se puede observar que los meses con mayor demanda de energía corresponden a los meses de verano, pero, por el contrario, al tener la mayor parte de la instalación con una inclinación óptima para verano, en estas cubiertas se considerará una inclinación para mejorar la producción para los meses de invierno, y así obtener mejor producción del sistema anualmente.

$$\beta = 38^\circ + 15^\circ = 53^\circ$$

El ángulo óptimo para invierno sería de 53°, pero al colocarse los paneles de manera vertical, es una inclinación algo elevada y muy expuesta a la fuerza del viento, por tanto, se considerará el mayor ángulo a aplicar según el fabricante del soporte estructural elegido. Este ángulo será de 30°.

Por último, para la cubierta del aparcamiento, al tratarse de un tipo de montaje coplanar, no se realizará ningún estudio de inclinación ni distancia de los paneles.

1.5 CÁLCULO DE SOMBRAS

Dada la distribución de los edificios de la parcela y de ser una zona despejada de árboles, la instalación solar fotovoltaica no se verá afectada por sombras externas de ningún tipo.

2 DIMENSIONADO DEL SISTEMA

2.1 DIMENSIONADO PANELES SOLARES

Para dimensionar el número de paneles solares necesarios en la instalación, habrá que conocer la energía necesaria para alimentar los equipos para garantizar el suministro eléctrico. También se necesitará aplicar la **Tabla 2.3**. Irradiancia media diaria para cada mes y para diferentes inclinaciones, en Wh/m²·día, en el lugar de la instalación para poder obtener las Horas Solares Pico equivalentes.

El módulo utilizado será el Longi Solar LR4-72HPH de 450 Wp.

Para obtener el dimensionado de los paneles, se tomará como ángulo general de la instalación 15°, y se estudiará para el mes crítico, que según la ubicación de la instalación será en diciembre.

En primer lugar, se aplicará la siguiente fórmula para obtener las Horas Solares Pico para el mes más desfavorable:

$$HSP_{15^\circ} = \frac{G_\beta}{I_{\beta(CEM)}} = \frac{2.458}{1.000} = 2,458 \text{ HSP}$$

donde,

G_β = Irradiación solar media diaria, en Wh/m²·día, para un ángulo de inclinación β .

$I_{\beta(CEM)}$ = Potencia de radiación incidente, en W/m², para las Condiciones Estándar de Medida (CEM), siendo su valor de 1000 W/m².

Conocida las Horas Solares Pico para el ángulo incidente y sabiendo la potencia pico del módulo solar, se podrá calcular el número de paneles solares de estas características para abastecer la energía necesaria para el mes crítico con la siguiente fórmula:

$$N_{T.paneles} = \frac{E_{Consumos}}{HSP_{15^\circ} \cdot P_p \cdot \eta_m} = \frac{191.870}{2,458 \cdot 450 \cdot 0,9} = 192 \text{ módulos}$$

donde,

$E_{Consumos}$ = Consumo promedio diario en Wh/día para el mes crítico.

HSP_{15° = Horas Solares Pico para un ángulo de 15°.

P_p = Potencia pico módulo solar utilizado.

η_m = Rendimiento del módulo por pérdidas.

La instalación solar fotovoltaica contará con 192 módulos fotovoltaicos de 450 Wp cada uno.

2.2 DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE BATERÍAS

Para el análisis del sistema de captación se utilizará el modelo B-Box Premium LVL 15,4 del fabricante líder en baterías BYD. El sistema de baterías vendrá determinado principalmente por:

- Promedio de energía diaria a cubrir.
- Número de baterías.
- Conexión de las baterías.
- Profundidad de descarga de las baterías.
- Número de días de autonomía.

Para el criterio de número de días de autonomía, aunque el IDAE recomienda tres o cuatro días, las baterías actuales de litio han mejorado mucho las características respecto a las utilizadas anteriormente de plomo-ácido, teniendo una carga más rápida y una profundidad de descarga mucho mayor. Además, considerando que la instalación está situada con buenas condiciones climáticas para este tipo de instalación y al tratarse de la parte con más coste económico de la instalación, aplicaremos un número de días de autonomía cercano a los 1.5 días.

Por tanto, el cálculo del dimensionado de la capacidad de almacenamiento de la instalación vendrá dado por la siguiente fórmula:

$$C_{sist} = \frac{E \cdot N}{V_{cc} \cdot P_d} = \frac{200.000 \cdot 1.5}{51,2 \cdot 0.9} = 6510 \text{ Ah}$$

donde,

E = Consumos medios diarios (Wh/día).

N = Número de días de autonomía.

V_{cc} = Tensión nominal de la batería.

P_d = Profundidad de descarga de la batería.

Para que el sistema de almacenamiento pueda proporcionar la capacidad calculada, habrá que conectar en paralelo las ramas de las baterías individuales. Por tanto, para saber el número total necesario de baterías aplicaremos la siguiente fórmula:

$$N_p = \frac{C_{sist}}{C_{bat}} = \frac{6510}{300} = 21,6$$

donde,

C_{sist} = Capacidad almacenamiento calculada (Ah).

C_{bat} = Capacidad batería (Ah)

El número de baterías a conectar deberá estar alrededor de 21 unidades. Al tratarse de una instalación aislada, es difícil estimar los consumos, así que la instalación estará comprendida por 20 unidades de baterías BYD B-Box Premium LVL conectadas en paralelo con previsión de ampliación. La capacidad del sistema total será:

$$C_{sist} = N_p \cdot C_{bat} = 20 \cdot 300 = 6000 \text{ Ah.}$$

Por tanto, la instalación contará con una capacidad de almacenamiento total de 6000 Ah.

2.3 DIMENSIONADO DE LOS REGULADORES

El regulador elegido para la instalación será el Smart Solar MPPT 250/100 MC4. Para el cálculo de conexión de los módulos Longi Solar de 450 W se ha utilizado la hoja Excel proporcionada por el propio fabricante para que cumplan las condiciones de voltaje y de corriente apropiados para su enseriado de módulos y conexionado.

2.4 DIMENSIONADO INVERSORES AC COUPLING

El inversor AC-Coupling elegido para la instalación es el Fronius ECO de 27 kW nominales. Para el cálculo de conexionado de los módulos de la instalación se ha utilizado el programa informático Solar Configurator proporcionado por el fabricante. Por tanto, la configuración estará acorde para cumplir las condiciones eléctricas necesarias para su conexionado y posterior puesta en marcha.

2.5 DIMENSIONADO INVERSORES DC COUPLING

Los inversores DC-Coupling utilizados para esta instalación serán los Victron Quattro 8000 VA monofásicos. Al tratarse de inversores monofásicos, y la instalación eléctrica interior trifásica, para operar correctamente, los inversores tendrán que ser como mínimo 3 o múltiplos de este de igual potencia y modelo para distribuir cada uno a una fase. La instalación contará con 9 equipos Victron Quattro 8000 VA repartidos en tres Quattro en paralelo para cada fase. Además, habrá que tener en cuenta un factor importantísimo para el buen funcionamiento de estos equipos denominado la **regla del factor 1.0**.

2.5.1 REGLA DEL FACTOR 1.0

La potencia nominal de la suma de los inversores DC-Coupling deberá ser igual o superior a la potencia pico instalada de los inversores conectados a la salida del Victron Quattro.

Esta regla se aplica debido a que, cuando el inversor Quattro está trabajando a máxima potencia, si se desconecta la carga de modo repentino, el inversor fotovoltaico seguirá funcionando a máxima potencia hasta que se aumente la frecuencia de alterna y durante ese intervalo de tiempo toda la energía se dirigirá a las baterías provocando lo siguiente:

- Si las baterías están llenas o casi, el voltaje de la batería aumentará, lo que provocará que el Quattro se apague por una sobretensión en CC.

- El mismo pico anterior provocará un pico de voltaje de salida en alterna que puede dañar el inversor fotovoltaico, el Quattro y también las cargas conectadas y otros equipos.

3 CÁLCULOS ELÉCTRICOS DE LA INSTALACIÓN

3.1 CABLEADO

Para el cálculo de la sección de los conductores se ha seguido lo que especifica el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión en vigor.

Para la elección de la sección del conductor se escogerá el criterio más restrictivo entre intensidad máxima admisible y caída de tensión máxima admisible.

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

3.1.1 CABLEADO DE CONTINUA

Para el cálculo en la parte de corriente continua se considera como intensidad del circuito, la intensidad de cada sector de módulos fotovoltaico nominal más un 125 % de seguridad, y como tensión de funcionamiento máximo, la tensión en el punto de máxima potencia.

De acuerdo con la instrucción técnica complementaria número 40 de baja tensión (ITC-BT-40), se establece que los cables de conexión deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad de cada cadena de módulos fotovoltaicos y la caída de tensión máxima admisible será del 1.5% en la parte de continua.

Para los tramos de corriente continua de las baterías y los cargadores hasta el embarrado de continua, el cable será asignado según manual de los fabricantes de los equipos para asegurar la garantía de estos equipos.

3.1.1.1 CÁLCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN

En una línea de corriente continua, un conductor de sección S y longitud L , formado por un material con una resistividad ρ por el que circula una intensidad I , presenta una resistencia R que origina una caída de tensión.

Para el cálculo de la caída de tensión en los tramos de continua se aplica la fórmula de caída de tensión en monofásica:

$$\Delta V = \frac{2 \cdot \rho_0 \cdot L \cdot I}{S}$$

donde,

ΔV = Caída de tensión (V).

ρ_0 = Resistividad del conductor a la temperatura prevista ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$).

L = Longitud de la línea(m).

P = Intensidad de la línea (A).

S = Sección del conductor (mm²).

Como consecuencia, la tensión en el origen V_0 y en bornes de la carga V son diferentes. Si se quiere que esta diferencia no sea superior a un valor determinado, $\Delta V_{m\acute{a}x}$, la sección a utilizar será de:

$$S = I \cdot 2 \cdot \rho \cdot \frac{L}{\Delta V_{m\acute{a}x}}$$

Por tanto, sustituyendo los datos establecidos para los tramos de corriente continua de los módulos fotovoltaicos a los inversores y reguladores de carga, se determinan las secciones de los conductores para que su caída de tensión sea inferior a 1,5 % y se muestran los resultados en la siguiente **Tabla 2.4**:

Tabla 2.4. Secciones por caída de tensión.

Entrada	Nº módulos	Tensión String (V)	Longitud (m)	Sección (mm ²)	Caída de tensión (V)	% Caída de tensión
Inversor_1						
String_1	18	747	117	4	10,73	1,44%
String_2	18	747	115	4	10,54	1,41%
String_3	18	747	136	6	8,35	1,12%
String_4	18	747	138	6	8,48	1,14%
Inversor_2						
String_1	18	747	44	4	3,80	0,51%
String_2	18	747	57	4	5,03	0,67%
String_3	18	747	64	4	5,70	0,76%
String_4	18	747	73	4	6,55	0,88%
Regulador_1						
String_1	4	166	37	6	2,09	1,26%
String_2	4	166	41	6	2,34	1,41%
String_3	4	166	28	6	1,52	0,92%
String_4	4	166	36	6	2,03	1,22%
Regulador_2						
String_1	4	166	52	10	1,82	1,10%
String_2	4	166	56	10	1,97	1,19%
String_3	4	166	45	10	1,56	0,94%
String_4	4	166	49	10	1,71	1,03%
Regulador_3						
String_1	4	166	69	16	1,54	0,93%
String_2	4	166	73	16	1,64	0,99%
String_3	4	166	62	16	1,38	0,83%
String_4	4	166	66	16	1,47	0,89%

3.1.1.2 CÁLCULO DE LA MÁXIMA INTENSIDAD ADMISIBLE

Para el cálculo de la máxima intensidad admisible, la corriente calculada se mayorará un 125 % para cumplir con la normativa establecida por la ITC-BT-40.

Además, habrá que aplicarle un factor de corrección (Kt), por agrupación de cables, por tipo de montaje y por temperatura.

En la siguiente **Tabla 2.5** se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 2.5. Cálculo por Intensidad Admisible.

Entrada	Intensidad string mayorada 1,25	Factor de Corrección (Kt)	Intensidad calculada con Kt (A)	Sección (mm ²)	Intensidad Máx. admisible conductor(A)
Inversor_1					
String_1	13,56	0,64	29,44	4	46
String_2	13,56	0,64	29,44	4	46
String_3	13,56	0,64	37,12	6	58
String_4	13,56	0,64	37,12	6	58
Inversor_2					
String_1	13,56	0,75	27	4	36
String_2	13,56	0,75	27	4	36
String_3	13,56	0,75	27	4	36
String_4	13,56	0,75	27	4	36
Regulador_1					
String_1	13,56	0,56	32,48	6	58
String_2	13,56	0,56	32,48	6	58
String_3	13,56	0,56	32,48	6	58
String_4	13,56	0,56	32,48	6	58
Regulador_2					
String_1	13,56	0,56	43,12	10	77
String_2	13,56	0,56	43,12	10	77
String_3	13,56	0,56	43,12	10	77
String_4	13,56	0,56	43,12	10	77
Regulador_3					
String_1	13,56	0,56	56	16	100
String_2	13,56	0,56	56	16	100
String_3	13,56	0,56	56	16	100
String_4	13,56	0,56	56	16	100

3.1.1.3 RESULTADOS

De acuerdo con los cálculos anteriores, la sección para cada string vendrá dada por la condición mas restrictiva de los cálculos anteriores.

Por lo tanto, la sección de cada string será la especificada en la siguiente **Tabla 2.6**:

Tabla 2.6. Secciones de conductores elegidas.

Entrada	Sección (mm ²)	Intensidad máxima admisible (A)	% de caída de tensión
Inversor_1			
String_1	4	46	1,44%
String_2	4	46	1,41%
String_3	6	58	1,12%
String_4	6	58	1,14%
Inversor_2			
String_1	4	36	0,51%
String_2	4	36	0,67%
String_3	4	36	0,76%
String_4	4	36	0,88%
Regulador_1			
String_1	6	58	1,26%
String_2	6	58	1,41%
String_3	6	58	0,92%
String_4	6	58	1,22%
Regulador_2			
String_1	10	77	1,10%
String_2	10	77	1,19%
String_3	10	77	0,94%
String_4	10	77	1,03%
Regulador_3			
String_1	16	100	0,93%
String_2	16	100	0,99%
String_3	16	100	0,83%
String_4	16	100	0,89%

El cableado elegido para los tramos de corriente continua será el tipo H1Z2Z2-K 1/1 kV.

3.1.2 CABLEADO DE ALTERNA

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

De acuerdo con la instrucción técnica complementaria número 40 de baja tensión (ITC-BT-40), se establece que los cables de conexión deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad del generador y la caída de tensión máxima admisible será del 1.5% en la parte de alterna.

3.1.2.1 CÁLCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN

Para el cálculo de la caída de tensión en alterna habrá que diferenciar los tramos con tensión monofásica y los tramos trifásicos.

Por tanto, para el cálculo de la caída de tensión para los tramos monofásicos será:

$$\Delta V = \frac{2 \cdot \rho_0 \cdot L \cdot I}{S}$$

donde,

ΔV = Caída de tensión (V).

ρ_0 = Resistividad del conductor a la temperatura prevista ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$).

L = Longitud de la línea(m).

P = Intensidad de la línea (A).

S = Sección del conductor (mm^2).

Para el cálculo de la caída de tensión para los tramos de tensión trifásica será:

$$\Delta V = \frac{\rho_0 \cdot L \cdot I}{S}$$

donde,

ΔV = Caída de tensión (V).

ρ_0 = Resistividad del conductor a la temperatura prevista ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$).

L = Longitud de la línea(m).

P = Intensidad de la línea (A).

S = Sección del conductor (mm^2).

Como consecuencia, la tensión en el origen V_0 y en bornes de la carga V son diferentes. Si se quiere que esta diferencia no sea superior a un valor determinado, $\Delta V_{m\acute{a}x}$, la sección a utilizar será de:

$$S = I \cdot 2 \cdot \rho \cdot \frac{L}{\Delta V_{m\acute{a}x}}$$

Por tanto, sustituyendo los datos establecidos para los tramos de corriente continua desde los inversores y reguladores de carga hasta el punto de conexión de la instalación interior, se determinan las secciones de los conductores para que su caída de tensión sea inferior a 1,5 % y se muestran los resultados en la siguiente **Tabla 2.7**:

Tabla 2.7. Cálculos de sección por caída de tensión.

Tramo	Tensión (V)	Longitud (m)	Sección (mm)	Caída de tensión AC (V)	% Caída de tensión AC
Inv 1 Fronius	400	4	16	0,20	0,05%
Inv 2 Fronius	400	4	16	0,20	0,05%
Inv 1 Quattro	230	6	25	0,33	0,15%
Inv 2 Quattro	230	6	25	0,33	0,15%
Inv 3 Quattro	230	6	25	0,33	0,15%
Inv 4 Quattro	230	8	25	0,45	0,19%
Inv 5 Quattro	230	8	25	0,45	0,19%
Inv 6 Quattro	230	8	25	0,45	0,19%
Inv 7 Quattro	230	10	25	0,56	0,24%
Inv 8 Quattro	230	10	25	0,56	0,24%
Inv 9 Quattro	230	10	25	0,56	0,24%
Grupo Electrónico	400	76	70	2,51	0,63%

Como se observa en la **Tabla 2.7**, para las secciones escogidas, la caída de tensión no supera el 1,5 %.

3.1.2.2 CÁLCULO DE LA MÁXIMA INTENSIDAD ADMISIBLE

Para el cálculo de la sección por el criterio de la intensidad máxima admisible, el método de instalación será el tipo F en el interior de la sala técnica según lo indicado en la ITC-BT-19. Para este cálculo se tendrán en cuenta el factor de corrección (Kt) por agrupación de cables, por tipo de montaje y por temperatura.

Se escogerá la corriente máxima de salida utilizada por los inversores y se aplicará un coeficiente de seguridad del 125% establecido en la ITC-BT-40.

Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente **Tabla 2.8**:

Tabla 2.8. Cálculo de secciones por intensidad admisible.

Tramo	Intensidad Máx. admisible mayorada 1,25 (A)	Factor de Corrección (Kt)	Intensidad Máx. admisible real (A)	Sección (mm ²)
Inv 1 Fronius	48,75	0,80	69,6	16
Inv 2 Fronius	48,75	0,80	69,6	16
Inv 1 Quattro	43,47	0,57	62,7	25
Inv 2 Quattro	43,47	0,57	62,7	25
Inv 3 Quattro	43,47	0,57	62,7	25
Inv 4 Quattro	43,47	0,57	62,7	25
Inv 5 Quattro	43,47	0,57	62,7	25
Inv 6 Quattro	43,47	0,57	62,7	25
Inv 7 Quattro	43,47	0,57	62,7	25
Inv 8 Quattro	43,47	0,57	62,7	25
Inv 9 Quattro	43,47	0,57	62,7	25
Grupo Electrónico	144,33	0,80	148	70

3.1.2.3 RESULTADOS

De acuerdo con los resultados obtenidos en las tablas anteriores, la sección para cada tramo será:

Tabla 2.9. Secciones de conductores elegidos.

Tramo	% Caída de tensión AC	Intensidad máx. admisible(A)	Sección (mm ²)
Inv 1 Fronius	0,05%	69,6	16
Inv 2 Fronius	0,05%	69,6	16
Inv 1 Quattro	0,15%	62,7	25
Inv 2 Quattro	0,15%	62,7	25
Inv 3 Quattro	0,15%	62,7	25
Inv 4 Quattro	0,19%	62,7	25
Inv 5 Quattro	0,19%	62,7	25
Inv 6 Quattro	0,19%	62,7	25
Inv 7 Quattro	0,24%	62,7	25
Inv 8 Quattro	0,24%	62,7	25
Inv 9 Quattro	0,24%	62,7	25
Grupo Electrónico	0,63%	148	70

El cableado escogido para los tramos de corriente alterna será el tipo Excellent RZ1-K 0.6/1 kV.

3.2 PROTECCIONES DE CONTINUA

Para la selección de las protecciones de corriente continua habrá que proteger contra sobreintensidades las líneas de la salida de los módulos, la salida de las baterías, la salida de los reguladores de carga y la salida de los inversores cargadores. Por tanto, se escogerán las protecciones adecuadas para cada línea y se elegirán acorde a los manuales de cada equipo si así lo especifican.

En el tramo de la salida de los módulos, la intensidad máxima de esta es de 10,85 A, por lo que instalaremos un magnetotérmico de 1000 Vdc con una intensidad de 20 amperios para cada cadena de módulos antes de la entrada al inversor. Además, cada conjunto de cadenas de cada inversor contará con un descargador contra sobretensiones de 1000 V para proteger posibles tensiones inducidas por relámpagos.

Para el tramo de los inversores cargadores, la intensidad máxima de salida de corriente continua para la carga de las baterías es de 110 A, por lo tanto, se protegerá la línea con un fusible tipo ANL de 300 A según manual del equipo, para cada salida del polo positivo de cada cargador.

En el tramo de los reguladores de carga, la línea que alimenta la batería deberá protegerse con un fusible tipo ANL con un valor nominal de 120 A según manual del fabricante.

3.3 PROTECCIONES DE ALTERNA

En la parte de alterna habrá que proteger las salidas de las líneas de los inversores, de los cargadores y del grupo electrógeno.

Para el tramo de la salida de los inversores Fronius ECO trifásicos, la línea estará protegida contra sobreintensidades con un magnetotérmico de 4 polos de 50 A Curva C con un poder de corte de 15 kA. Además, se le añadirá una protección diferencial de 4 polos de 63 A del tipo A y con una sensibilidad de 300 mA, que será aceptada al no considerarse una carga directa manipulable y debido a las pequeñas fugas internas que pueden tener estos equipos.

Para el tramo de los cargadores, tendrán una protección contra sobreintensidades de un magnetotérmico de 50 A tanto para la entrada de AC del grupo electrógeno como para la salida en monofásico de cada uno de ellos. Además, en la salida AC, se le añadirá una protección diferencial de 63 A del tipo A y con una sensibilidad de 300 mA.

Para el grupo electrógeno, las protecciones vendrán incorporadas en el mismo generador según fabricante.

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR D'ALCOI

3. MEDICIONES Y PRESUPUESTO

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA AISLADA DE UN RECINTO DESTINADO
A PAINTBALL

[Grado en Ingeniería Eléctrica]

Instalación Solar Fotovoltaica Aislada**PAINTBALL_TFG**

Código	Ud	Resumen	Cantidad	Materiales	%	Maquinaria	%	Mano de obra	%	Otros	%	Importe
Capítulo 01 ESTRUCTURAS MÓDULOS												
E01	u	Estructura soporte cubierta cafeteria	72,00	684,00	0,3			365,04	0,1	144,00	0,1	1.193,04
E02	u	Estructura soporte cubierta aparcamiento	72,00	2.520,00	0,9			182,16	0,1			2.702,16
E03	u	Estructura soporte casetas	48,00	1.920,00	0,7			182,40	0,1			2.102,40
Total capítulo 01				5.124,00	1,9			729,60	0,3	144,00	0,1	5.997,60
Capítulo 02 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS												
LS72450	u	Panel solar Longi 450W de 72 cél.	192,00	34.560,00	12,7			1.699,20	0,6			36.259,20
Total capítulo 02				34.560,00	12,7			1.699,20	0,6			36.259,20
Capítulo 03 DUCTOS Y BANDEJAS												
U09BZ010	u	ARQUETA PREFABRICADA PP REGISTRO 35x35x60 cm S/FONDO	10,00	829,20	0,3			91,90				921,10
REJ01	m	Bandeja Rejilla Rejiband 60x30 mm con tapa	120,00	720,00	0,3			303,60	0,1			1.023,60
EIEC.2lb	m	CANALIZACIÓN B. T. 160 mm.	300,00	852,00	0,3			75,00				927,00
Total capítulo 03				2.401,20	0,9			470,50	0,2			2.871,70
Capítulo 04 INVERSORES FOTOVOLTAICOS												
REVSS250	u	Regulador Smart Solar MPPT250/100	3,00					44,28		2.880,00	1,1	2.924,28
ICVQ	u	Inversor Victron Quattro 8kVA	9,00					531,18	0,2	28.800,00	10,6	29.331,18
IEF0	u	Inversor Fronius Eco 27	2,00	3.580,00	1,3			177,06	0,1			3.757,06
Total capítulo 04				3.580,00	1,3			752,52	0,3	31.680,00	11,6	36.012,52
Capítulo 05 SISTEMA DE ALMACENAMIENTO												
BMU	Ud	Sistema BMU	1,00	200,00	0,1			9,63				209,63
BAT1	Ud	Battery B-Box Premium LVL	20,00	166.000,00	61,0			590,20	0,2			166.590,20
Total capítulo 05				166.200,00	61,1			599,83	0,2			166.799,83
Capítulo 06 COMUNICACIONES Y MONITORIZACIÓN												
CCGX	Ud	Monitorización Color Control GX	1,00	750,00	0,3			38,50		15,77		804,27
Total capítulo 06				750,00	0,3			38,50		15,77		804,27

Proyecto: "Fotovoltaica aislada Paintball"

Capítulo 07 CABLEADO Y PROTECCIONES AC												
IM100A	u	INT.MAGNETOT.C120H 4P 100A CURV.C 18480	1,00	650,00	0,2					650,00		
ID100A	u	INT.DIF Schneider iID 4P 100A 300mA A Inst Acc	1,00	1.035,00	0,4					1.035,00		
PLEFS	u	PLETINA DE COBRE ROSCADA 20X5	4,00	284,80	0,1					284,80		
ACGMP	u	Cuadro metálico New Vega Superficie 168 módulos	1,00	325,00	0,1					325,00		
P1201	u	Interruptor magnetotérmico 4p 50 A Curva C	2,00	736,00	0,3					736,00		
P1202	u	Interruptor diferencial 4P 63 A 300 mA tipo A-si	2,00	1.022,00	0,4					1.022,00		
P1203	u	Interruptor magnetotérmico 2 P 50 A Curva C	18,00	828,00	0,3					828,00		
P1204	u	Interruptor diferencial 2P 63A 300 mA tipo A-si	9,00	1.080,00	0,4					1.080,00		
E32	u	Cableado	1,00	2.890,60	1,1					2.890,60		
Total capítulo 07				8.851,40	3,3					8.851,40		
Capítulo 08 CABLEADO Y PROTECCIONES DC												
ISMC4.1a	Ud	ud Suministro de conector multicontact MC4	270,00	1.366,20	0,5					1.366,20		
SDFAD	u	Pletina de cobre perforada 1200 mm	12,00	4.620,00	1,7		1.062,36	0,4		5.682,36		
ENVOL	u	Envolvente modular superficie IP66 24 módulos	3,00	483,60	0,2		38,01			521,61		
CAND		Canaletas	1,00	453,40	0,2		38,01			491,41		
E31	u	Cableado	1,00	2.495,60	0,9		1.522,83	0,6	2.042,09	0,8	6.060,52	
Total capítulo 08				9.418,80	3,5		2.661,21	1,0	2.042,09	0,8	14.122,10	
Capítulo 09 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA												
E17T020	u	TOMA DE TIERRA INDEPENDIENTE CON PICA	1,00	151,84	0,1		37,26			189,10		
Total capítulo 09				151,84	0,1		37,26			189,10		
Capítulo 10 GESTION DE RESIDUOS												
GRB020	m³	Canon de vertido por entrega de residuos inertes de ladrillos, t	3,00			22,62		0,45		23,07		
D49GC1912F4	ud	TRANSPORTE DE CONTENEDOR CON RCDs DE 16 m³	3,00			246,48	0,1		17,25	263,73		
Total capítulo 10						269,10	0,1		17,70	286,80		
Total obra				231.037,24	84,9	269,10	0,1	6.988,62	2,6	33.899,56	12,5	272.194,52

RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
01	ESTRUCTURAS MÓDULOS	5,997.60	2.20
02	MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	36,259.20	13.32
03	DUCTOS Y BANDEJAS	2,871.70	1.06
04	INVERSORES FOTOVOLTAICOS	36,012.52	13.23
05	SISTEMA DE ALMACENAMIENTO	166,799.83	61.28
06	COMUNICACIONES Y MONITORIZACIÓN	804.27	0.30
07	CABLEADO Y PROTECCIONES AC	8,851.40	3.25
08	CABLEADO Y PROTECCIONES DC	14,122.10	5.19
09	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	189.10	0.07
10	GESTION DE RESIDUOS	286.80	0.11
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL		272,194.52	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de DOSCIENTOS SETENTA Y DOS MIL CIENTO NOVENTA Y CUATRO EUROS CON CINCUENTA Y DOS CÉNTIMOS.

Gandía 23/07/2021

Adrian Marco Lloret

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR D'ALCOI

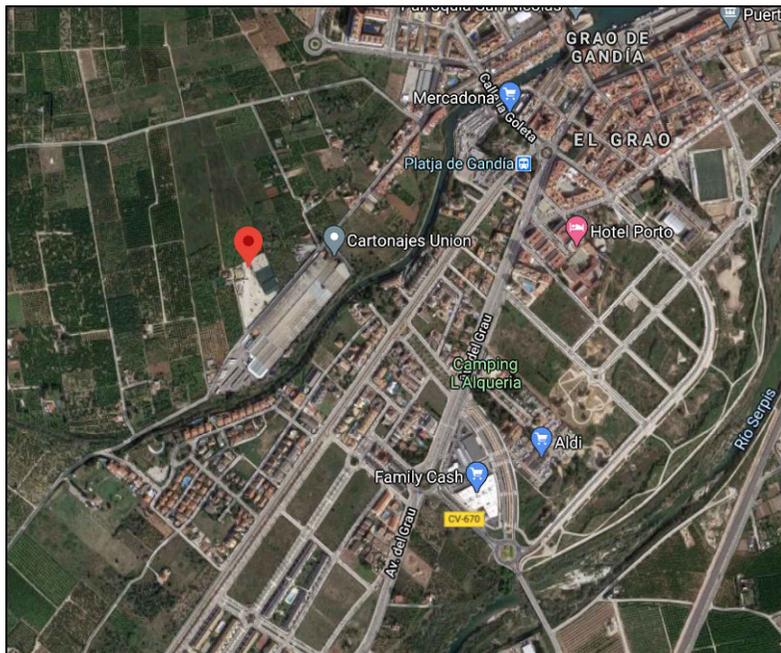
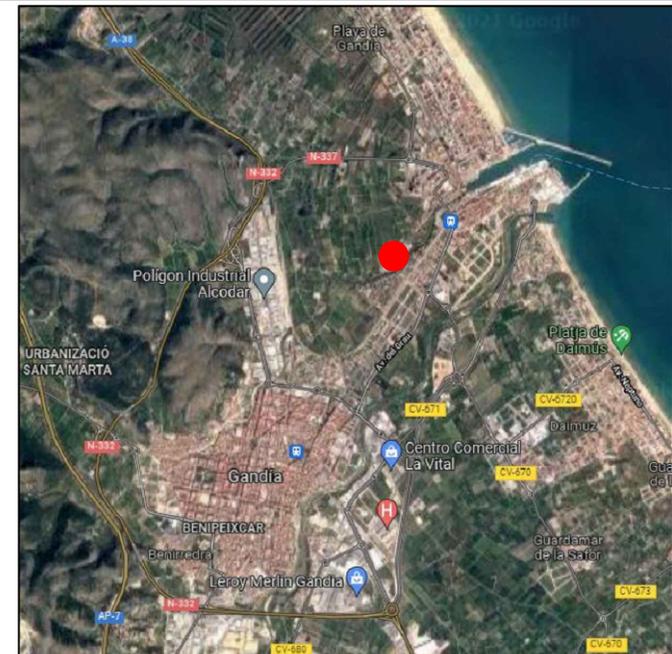
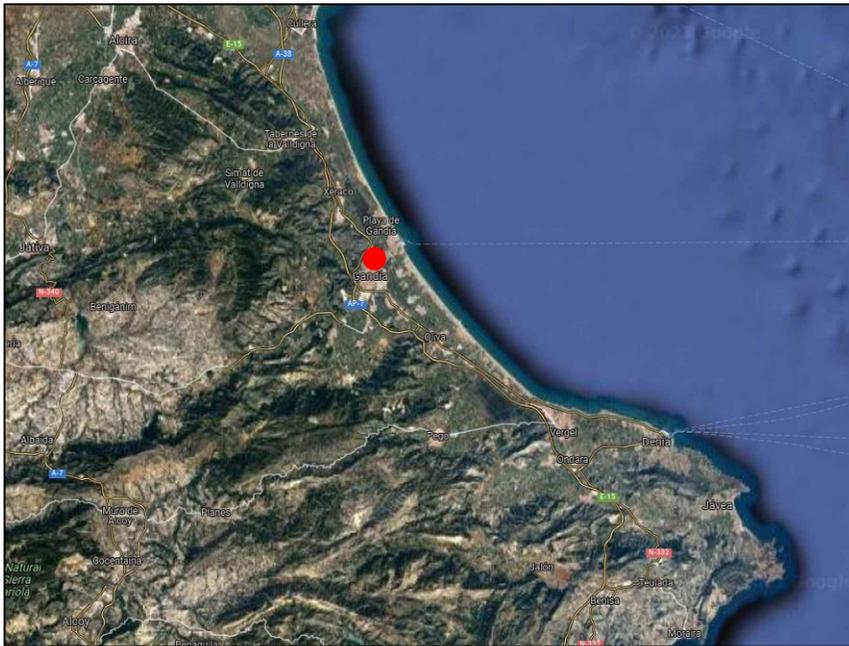
4. PLANOS

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA AISLADA DE UN RECINTO DESTINADO
A PAINTBALL

[Grado en Ingeniería Eléctrica]

ÍNDICE DE PLANOS

- 1 PLANO SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN
- 2 PLANO CATASTRAL
- 3 ESQUEMA DE PRINCIPIO DE LA INSTALACIÓN
- 4 PLANTA GENERAL DE LA INSTALACIÓN
- 5 SERIES DEL REGULADOR 1
- 6 SERIES DEL REGULADOR 2
- 7 SERIES DEL REGULADOR 3
- 8 SERIES DEL INVERSOR 2
- 9 SERIES DEL INVERSOR 1
- 10 PLANO IDENTIFICACIÓN DE CUBIERTAS
- 11 PLANO DE BANDEJAS Y ZANJAS
- 12 PLANO DE DETALLE DE ZANJAS
- 13 ESQUEMA UNIFILAR CC INVERSOR FRONIUS ECO 27
- 14 ESQUEMA UNIFILAR CC REGULADOR SMART SOLAR
- 15 ESQUEMA UNIFILAR DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
- 16 ESQUEMA MULTIFILAR DE LA INSTALACION FOTOVOLTAICA
- 17 ESQUEMA UNIFILAR MANIOBRA GRUPO ELECTRÓGENO
- 18 DISEÑO SALA TÉCNICA



Domicilio:	Camí Pont de Montaner	Latitud:	38° 59' 16.08" N
Población:	Gandía	Longitud:	0° 10' 9,37" O
CP:	46730	Elevación:	7 m
Provincia:	Valencia		
País:	España		
Referencia Catastral:	46133A027001020000FG		
HUSO:	30		
UTM_X:	774619,34		
UTM_Y:	4320410,74		

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERIA ELÉCTRICA



ESCUELA
POLITÉCNICA
SUPERIOR
DE ALCOI

Proyecto: **INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA
AISLADA DE UN RECINTO DESTINADO
A PAINTBALL**

Plano: **SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO**

Autor: **ADRIÁN MARCO LLORET**

Fecha:
23/07/2021

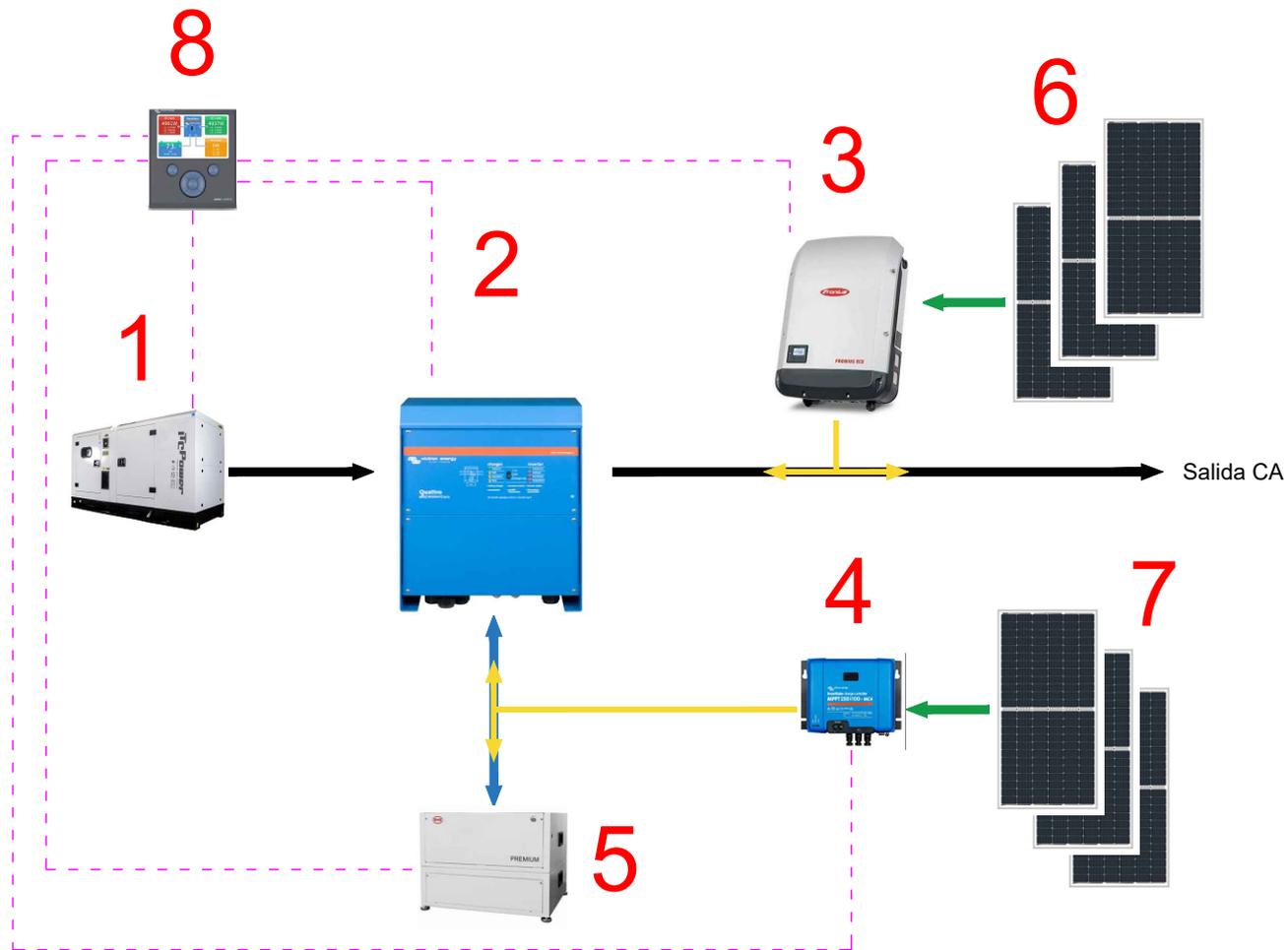
Escala:

Tamaño:
A4

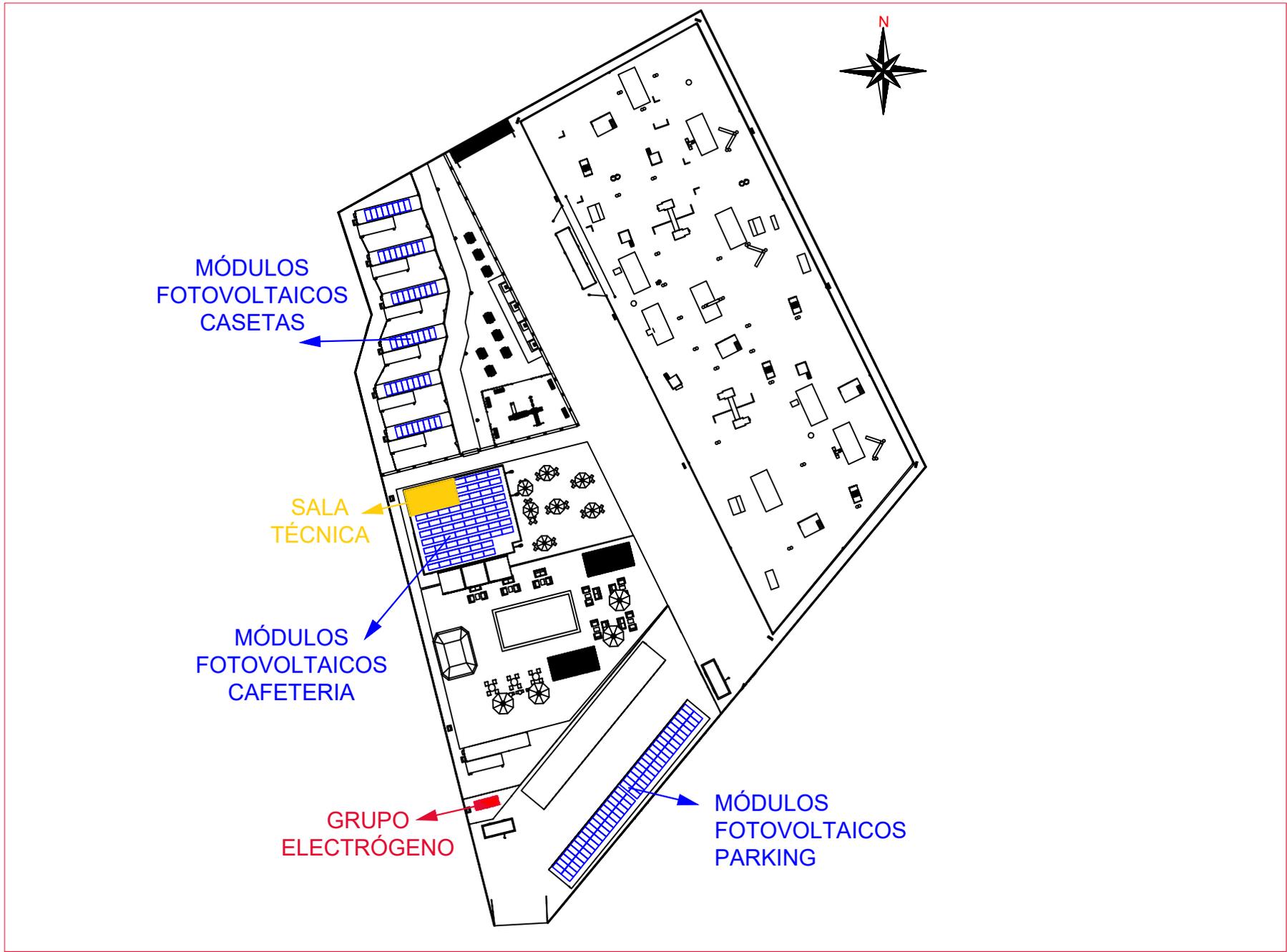
S.E.

Nº Plano:

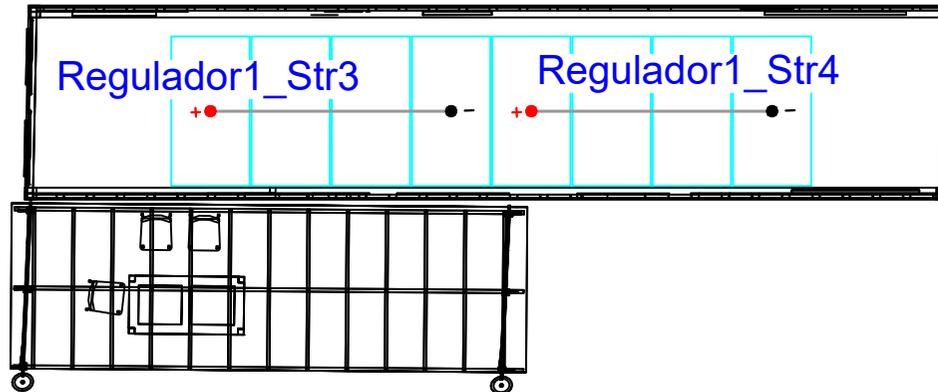
1



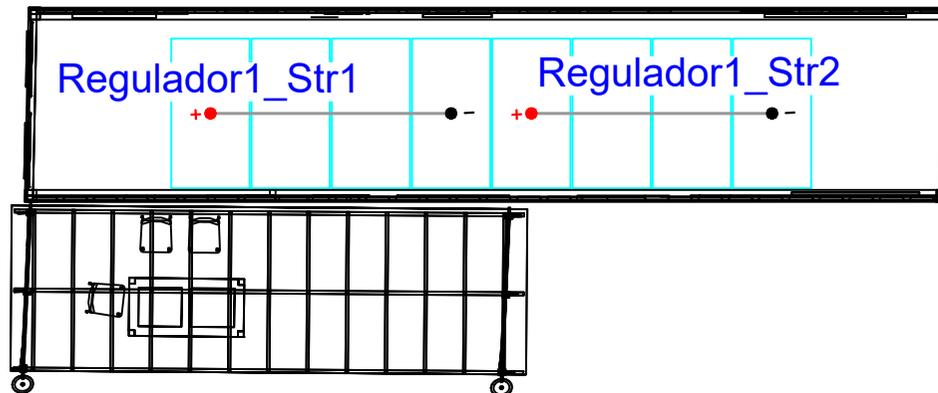
- | | | | |
|--------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| 1 1 x Grupo Electrónico | 3 2 x Fronius ECO 27 | 5 20 x BYD Premium 15.4 kWh | 7 48 x Longi Solar 450 Wp |
| 2 9 x Quattro 8000 VA | 4 3 x Smart Solar 250/100 | 6 144 x Longi Solar 450 Wp | 8 1 x Color Control GX |



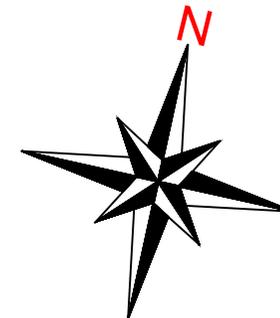
CUBIERTA C5



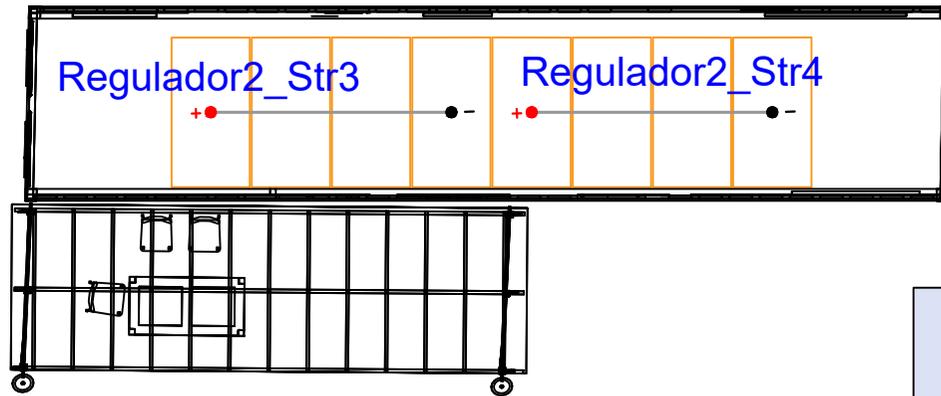
CUBIERTA C6



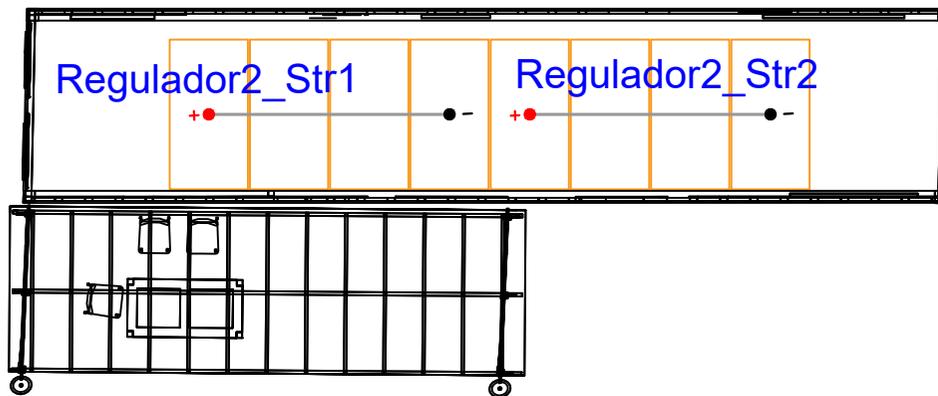
Entrada	Nº módulos	Potencia cadena (kWp)	Sección (mm ²)	Longitud (m)
Regulador_1 - Mppt_1 - String_1	4	1,8	6	37
Regulador_1 - Mppt_1 - String_2	4	1,8	6	41
Regulador_1 - Mppt_1 - String_3	4	1,8	6	28
Regulador_1 - Mppt_1 - String_4	4	1,8	6	36
Total general	16	7,2	24	142



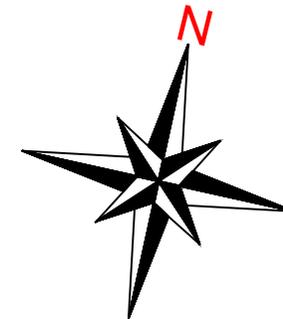
CUBIERTA C3



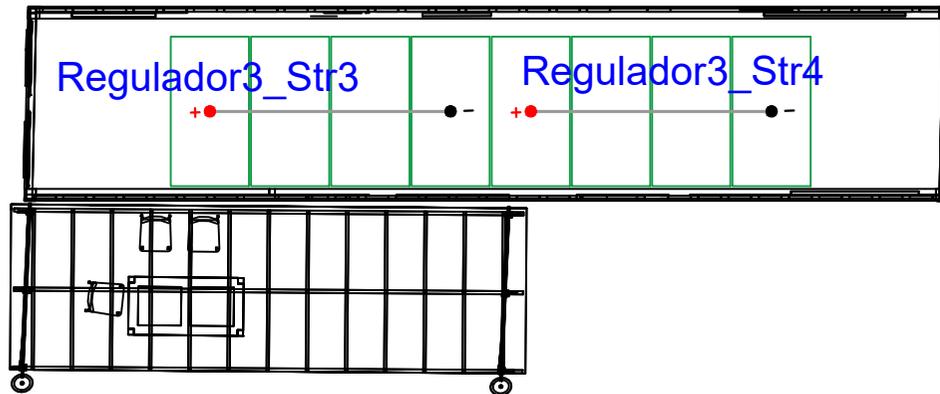
CUBIERTA C4



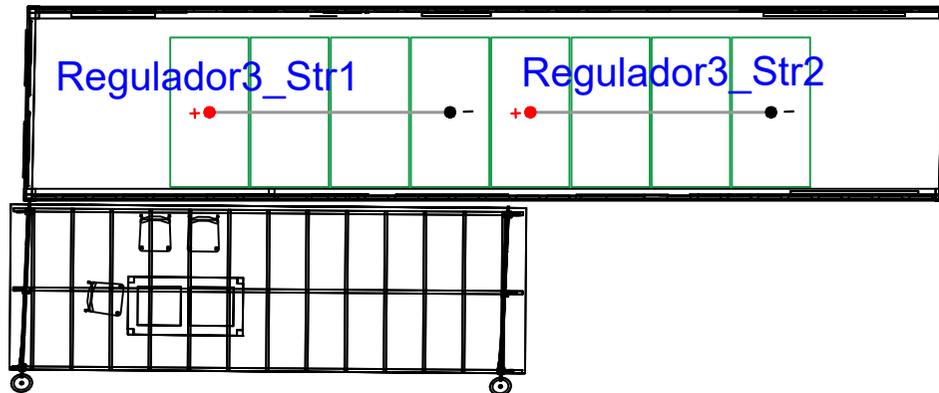
Entrada	Nº módulos	Potencia		
		cadena (kWp)	Sección (mm2)	Longitud (m)
Regulador_2 - Mppt_1 - String_1	4	1,8	10	52
Regulador_2 - Mppt_1 - String_2	4	1,8	10	56
Regulador_2 - Mppt_1 - String_3	4	1,8	10	45
Regulador_2 - Mppt_1 - String_4	4	1,8	10	49
Total general	16	7,2	10	202



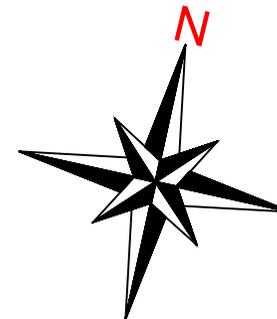
CUBIERTA C1

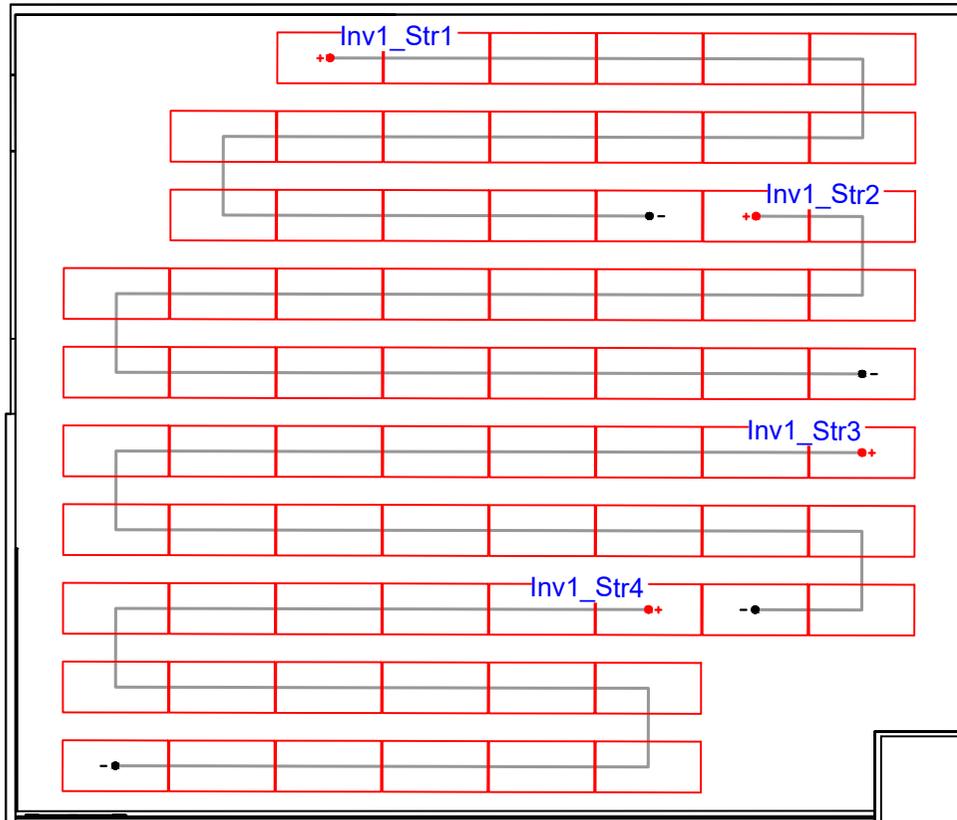


CUBIERTA C2



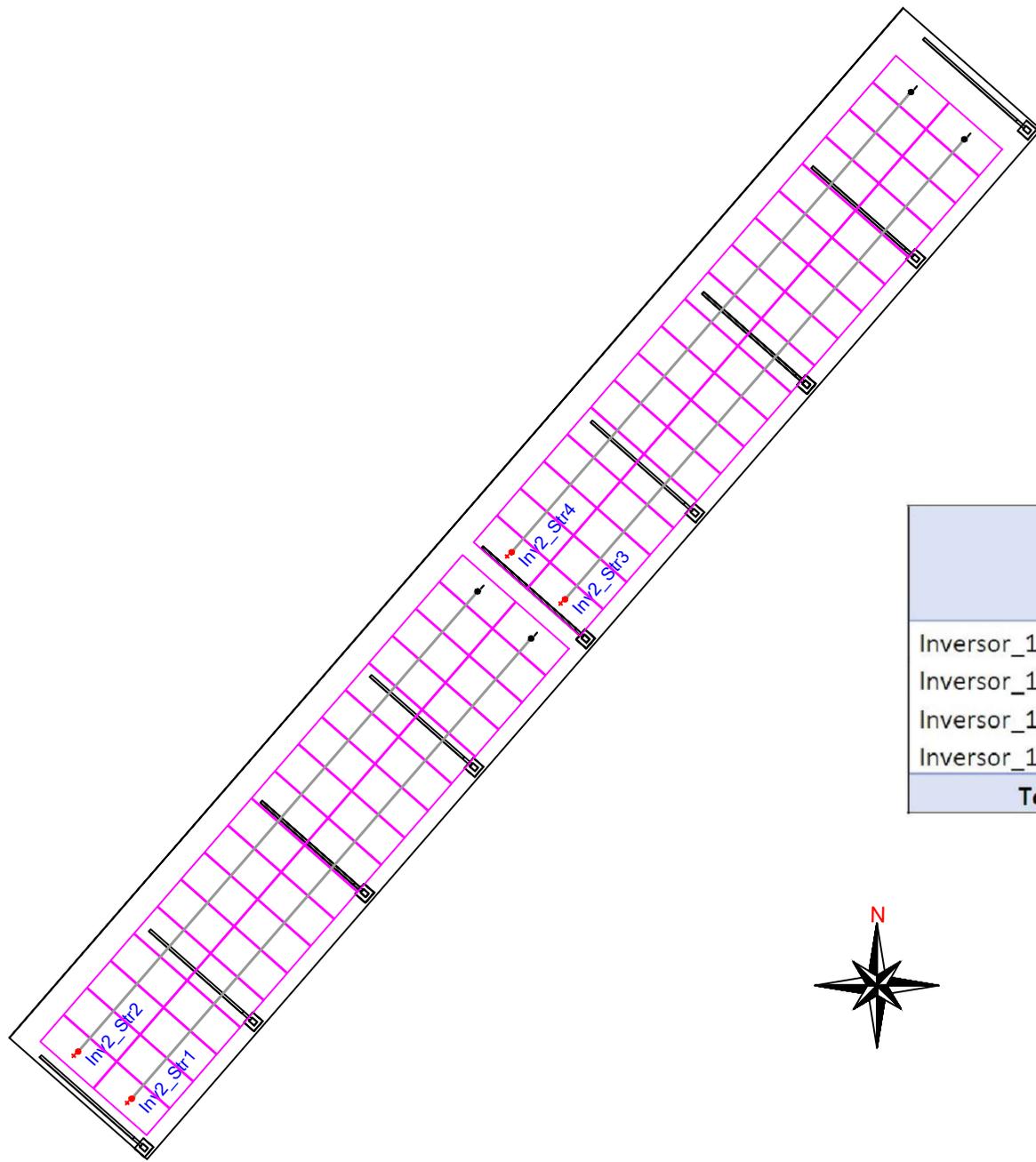
Entrada	Nº módulos	Potencia cadena (kWp)	Sección (mm2)	Longitud (m)
Regulador_3 - Mppt_1 - String_1	4	1,8	16	69
Regulador_3 - Mppt_1 - String_2	4	1,8	16	73
Regulador_3 - Mppt_1 - String_3	4	1,8	16	62
Regulador_3 - Mppt_1 - String_4	4	1,8	16	66
Total general	16	7,2	16	270





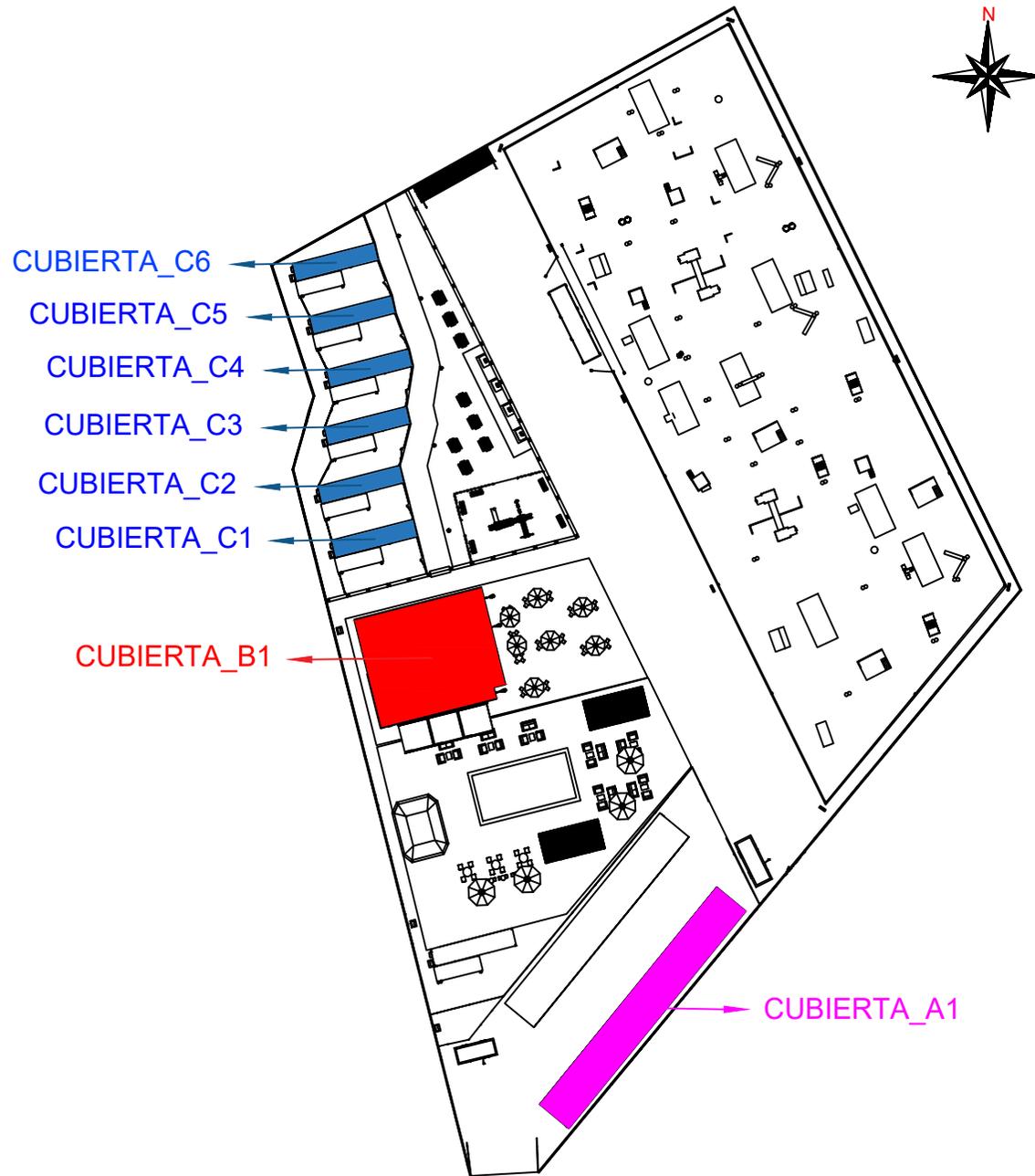
Entrada	Nº módulos	Potencia cadena (kWp)	Sección (mm ²)	Longitud (m)
Inversor_2 - Mppt_1 - String_1	18	8,1	4	44
Inversor_2 - Mppt_1 - String_2	18	8,1	4	57
Inversor_2 - Mppt_1 - String_3	18	8,1	4	64
Inversor_2 - Mppt_1 - String_4	18	8,1	4	73
Total general	72	32,4	4	238

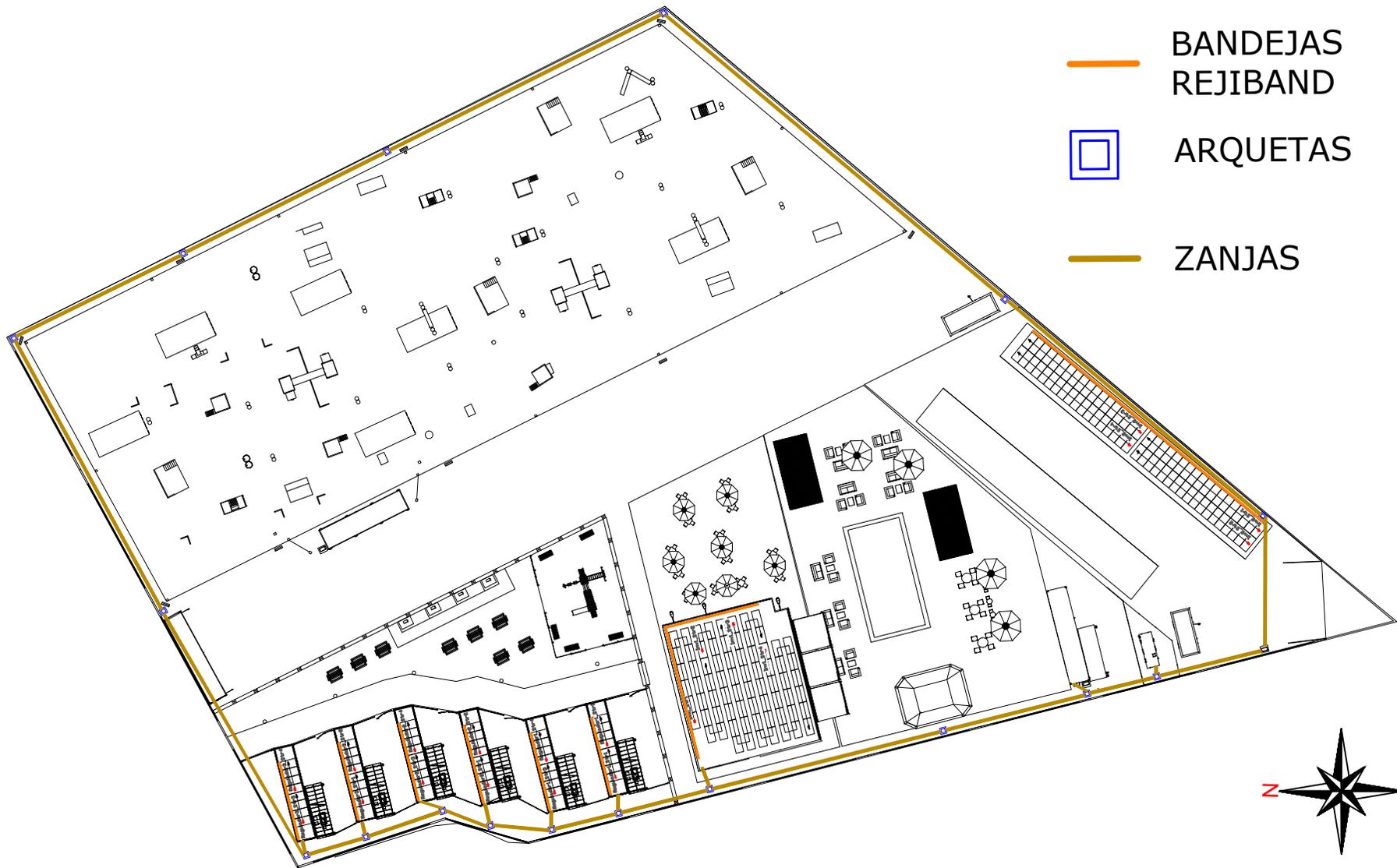




Entrada	Nº módulos	Potencia cadena (kWp)	Sección (mm2)	Longitud (m)
Inversor_1 - Mppt_1 - String_1	18	8,1	4	117
Inversor_1 - Mppt_1 - String_2	18	8,1	4	115
Inversor_1 - Mppt_1 - String_3	18	8,1	6	136
Inversor_1 - Mppt_1 - String_4	18	8,1	6	138
Total general	72	32,4		506

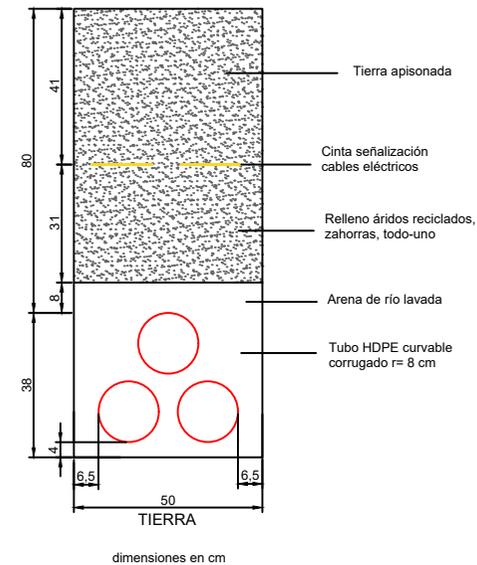
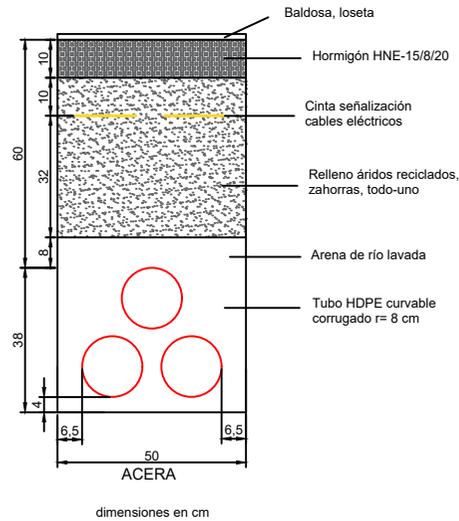
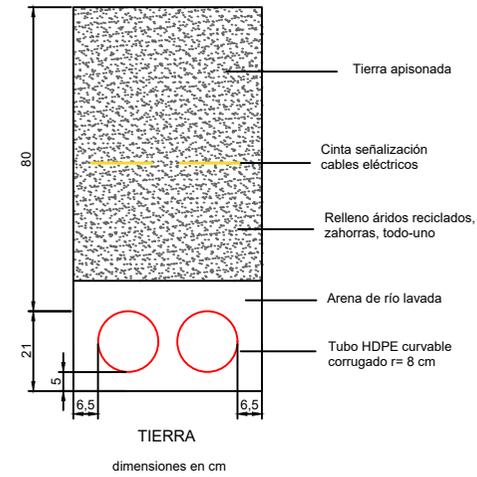
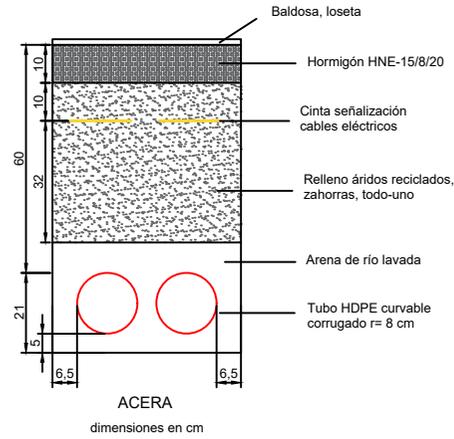




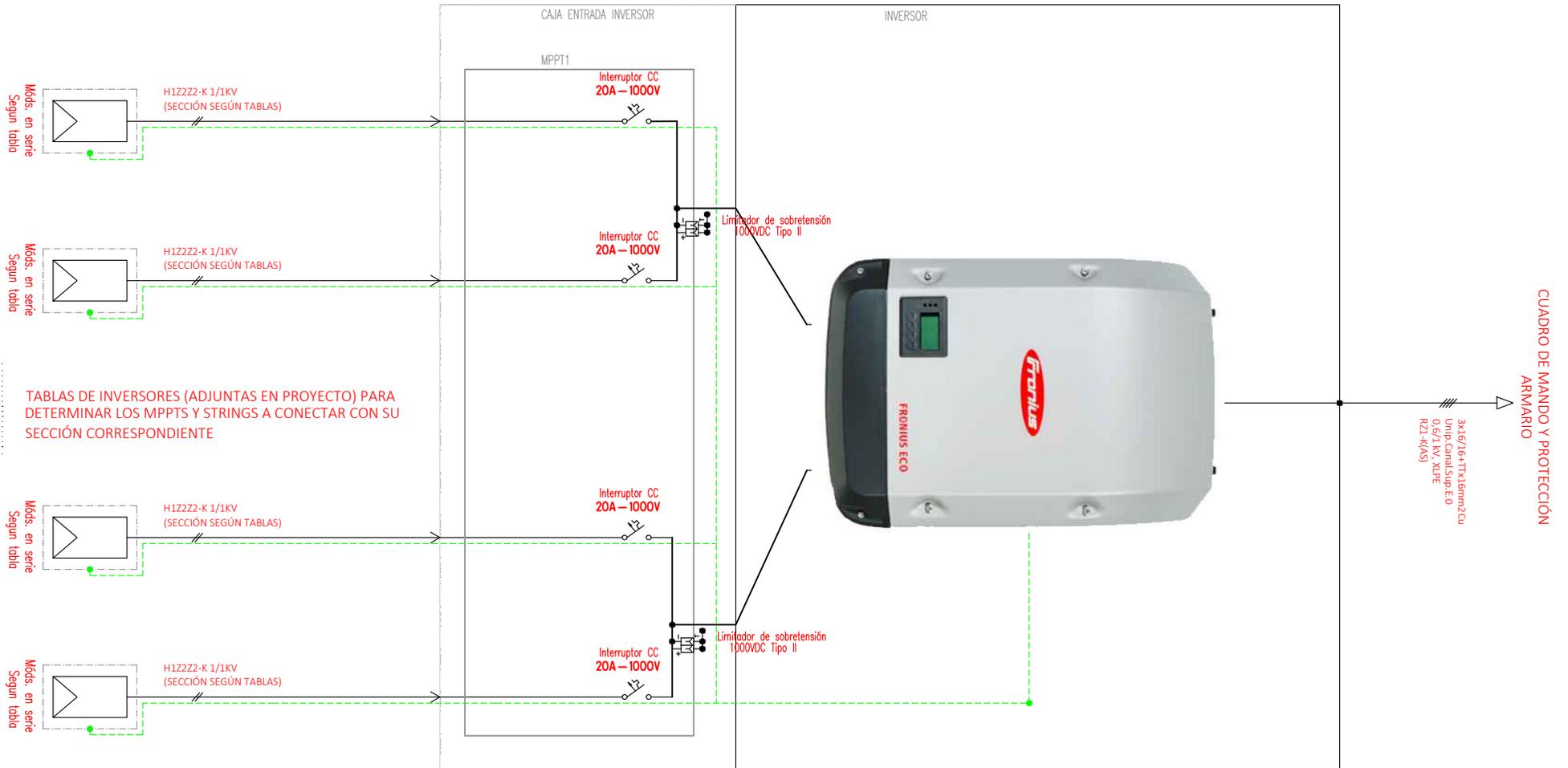


-  BANDEJAS REJIBAND
-  ARQUETAS
-  ZANJAS



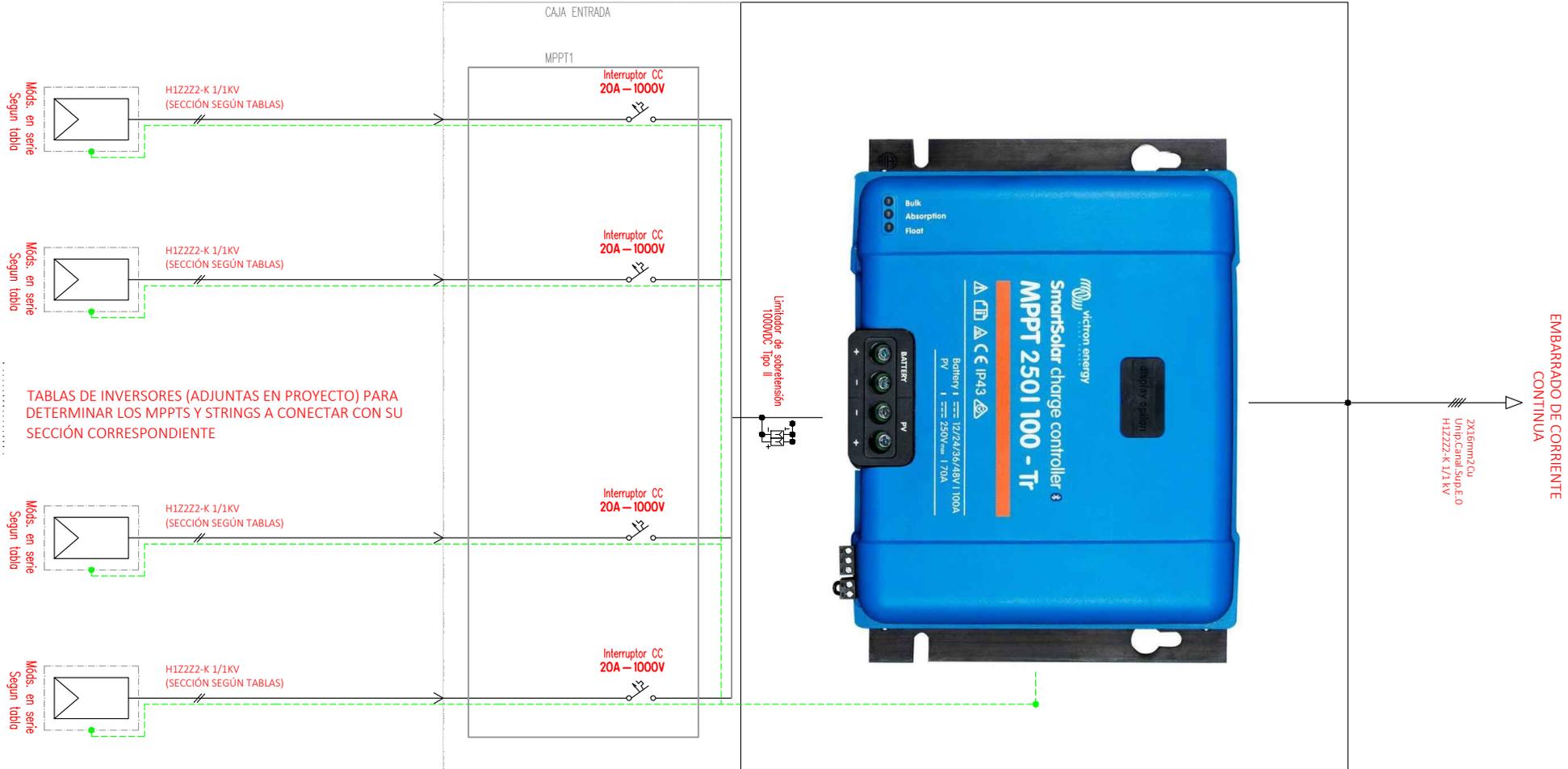


INVERSOR FRONIUS ECO 27-3.



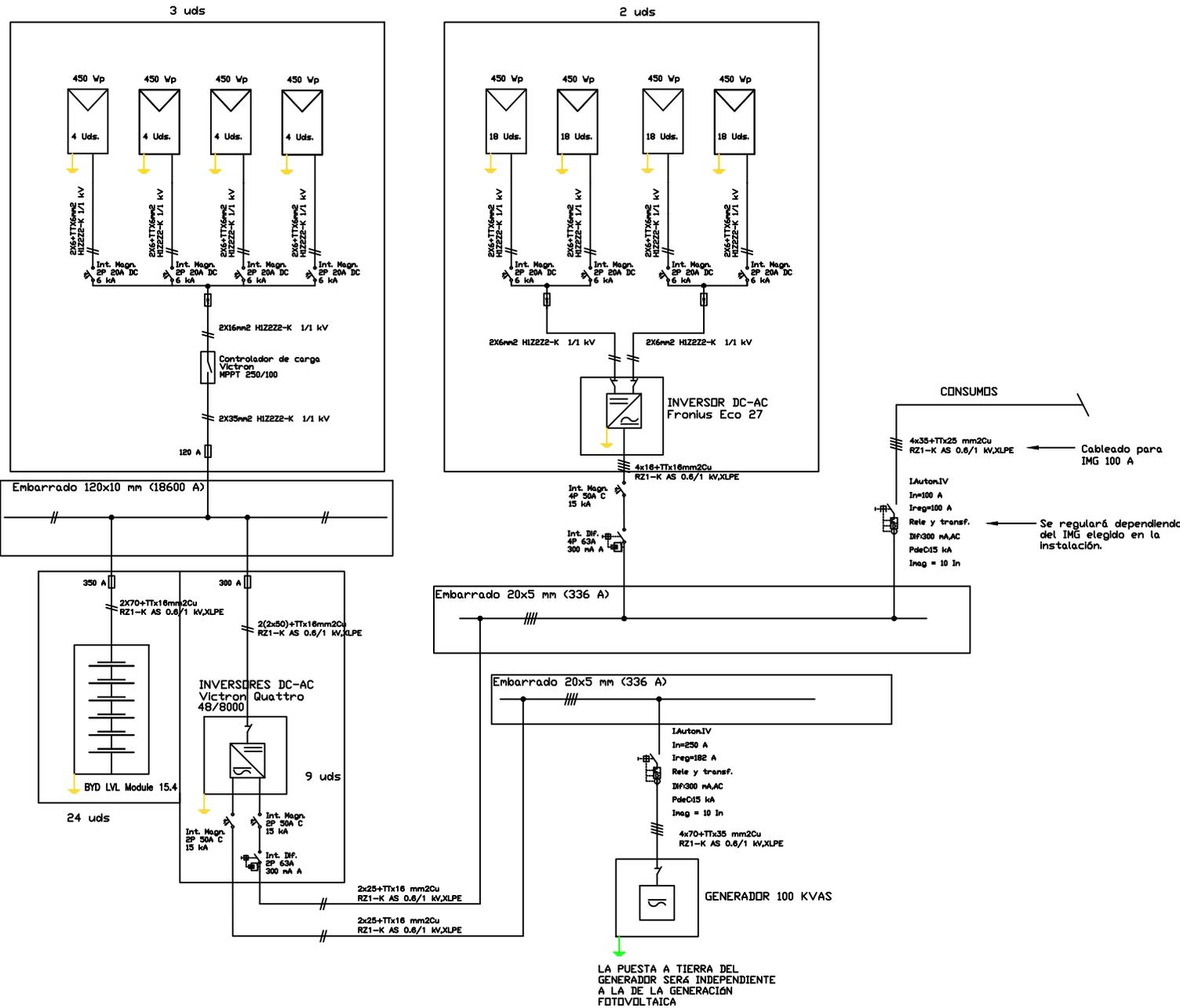
TABLAS DE CORRIENTE CONTINUA (ADJUNTAS EN PROYECTO) PARA DETERMINAR EL METRAJE Y SECCIÓN DE CABLEADO

REGULADOR SMART SOLAR MPPT 250/100 Tr



TABLAS DE CORRIENTE CONTINUA (ADJUNTAS EN PROYECTO) PARA DETERMINAR EL METRAJE Y SECCIÓN DE CABLEADO

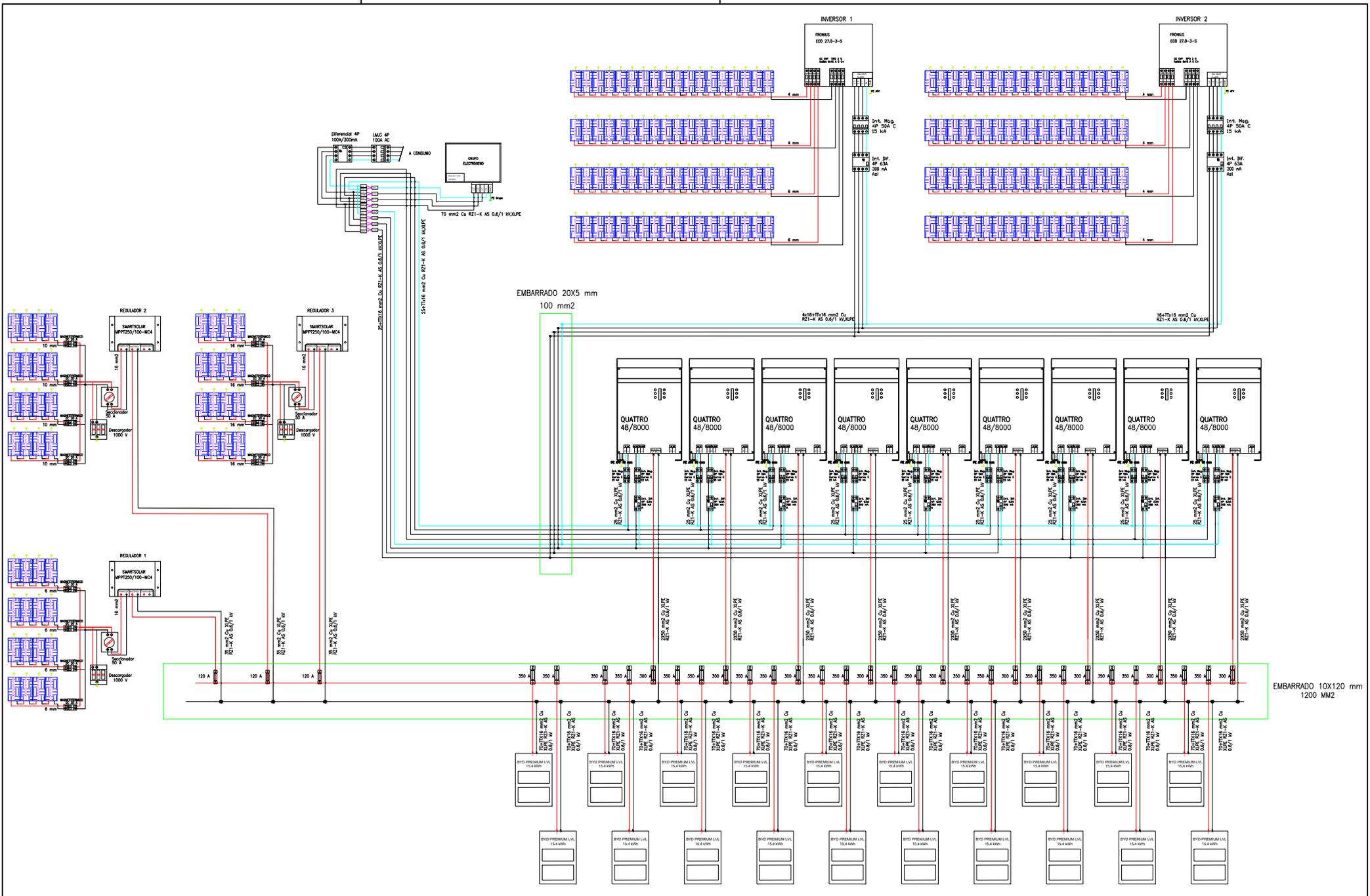
	Proyecto: INSTALACION SOLAR FOTOVOLTAICA AISLADA DE UN RECINTO DESTINADO A PAINTBALL	Plano: ESQUEMA UNIFILAR CC SMART SOLAR MPPT 250/100 Tr	Fecha: 23/07/2021	Tamaño: A4	Nº Plano: 14
		Autor: ADRIÁN MARCO LLORET	Escala: S/E		



LEYENDA ESQUEMAS UNIFILARES

	INTERRUPTOR DIFERENCIAL
	INTERRUPTOR MAGNETOTERMICO
	INTERRUPTOR SECCIONADOR EN CARGA
	FUSIBLE
	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO DE CAJA MOLDEADA
	TOMA DE TIERRA
	LÍNEA ELÉCTRICA
	INVERSOR RED
	CONTROLADOR DE CARGA
	TRAFO CORRIENTE
	SECCIONADOR FUSIBLE EN CARGA
	SECCIONADOR
	CONDUCTOR DE PROTECCIÓN
	ENVOLVENTE METÁLICA
	DESCARGADOR SOBRETENSIONES
	BATERIAS
	PANEL SOLAR
	GRUPO ELECTRÓGENO

TABLAS DE CORRIENTE CONTINUA (ADJUNTAS EN PROYECTO) PARA DETERMINAR EL METRAJE Y SECCIÓN DE CABLEADO



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERIA ELÉCTRICA



ESCUELA
POLITÉCNICA
SUPERIOR
DE ALCOI

Proyecto: **INSTALACION SOLAR FOTOVOLTAICA
AISLADA DE UN RECINTO DESTINADO
A PAINTBALL**

Plano: **ESQUEMA MULTIFILAR**

Autor: **ADRIÁN MARCO LLORET**

Fecha: **23/07/2021**

Escala:

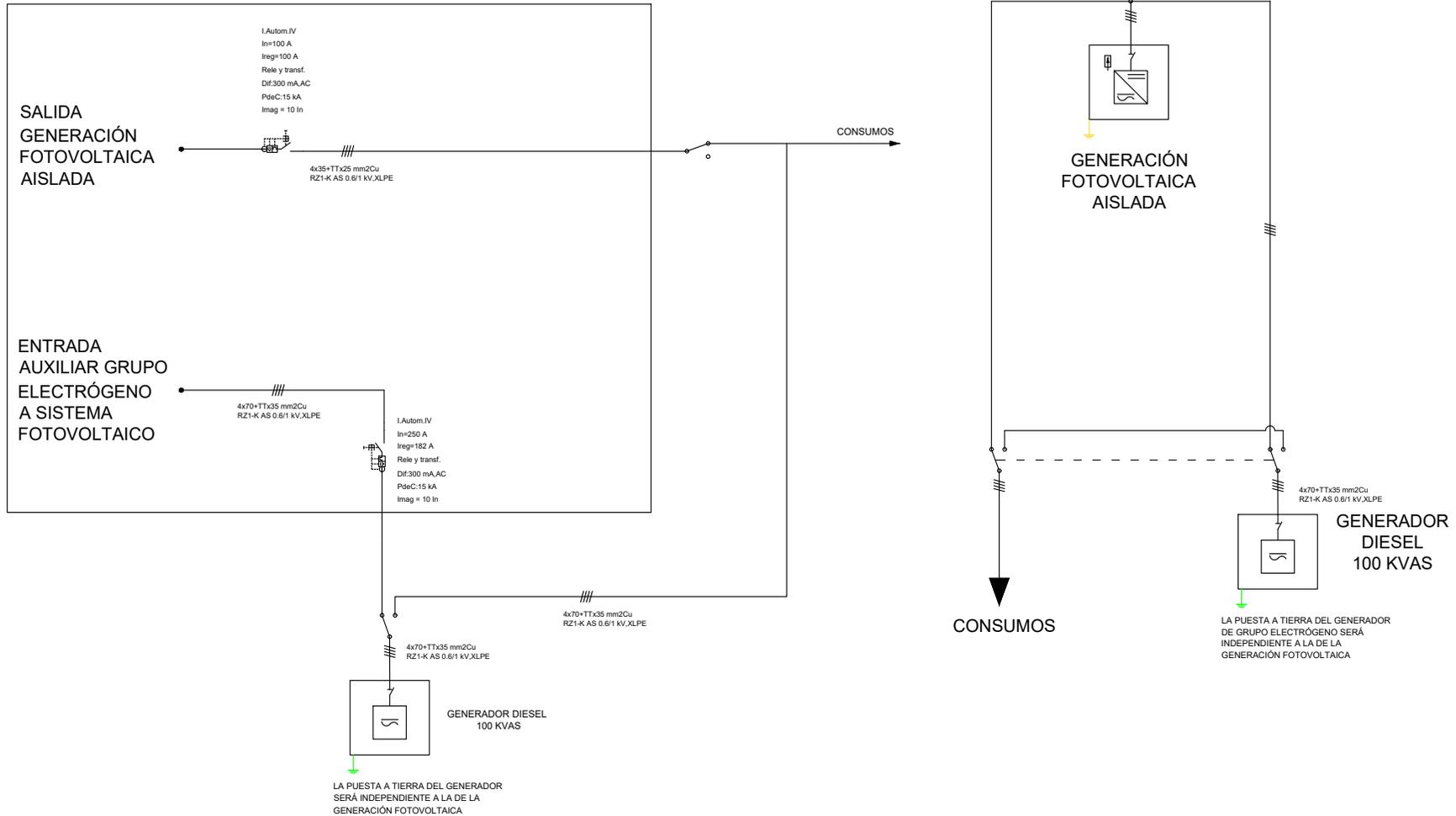
Tamaño: **A4**

S/E

Nº Plano:

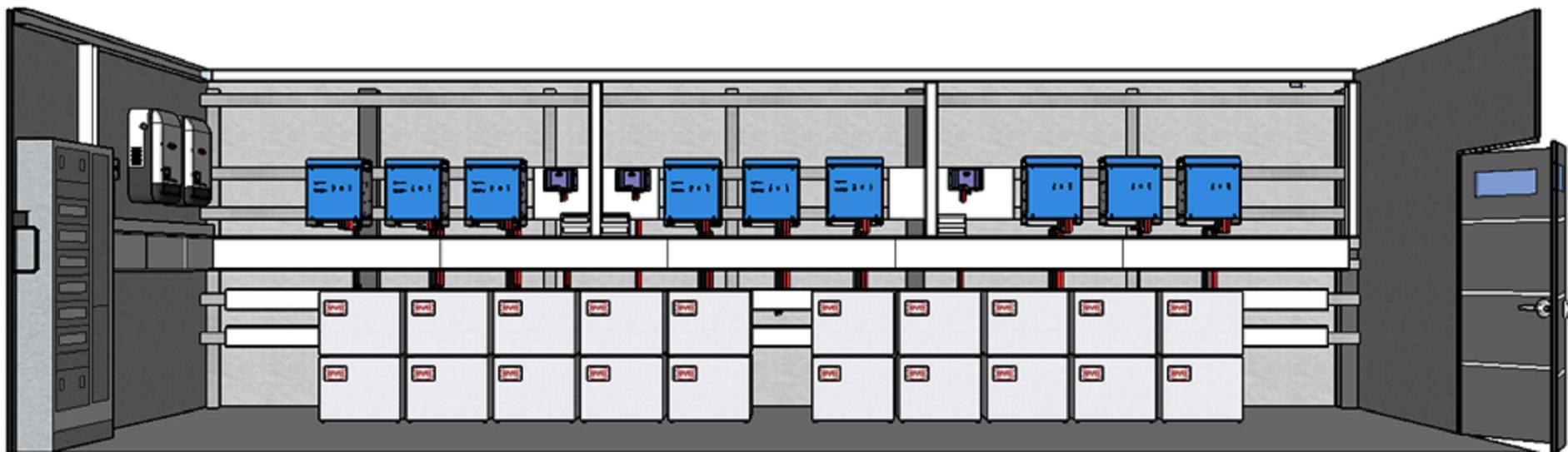
16

CUADRO GENERAL GENERACION FOTOVOLTAICA



LEYENDA ESQUEMAS UNIFILARES

	INTERRUPTOR DIFERENCIAL		TRAFEO CORRIENTE		INTERRUPTOR AUTOMATICO DE CAJA MOLDEADA		BATERIAS
	INTERRUPTOR MAGNETOTERMICO		SECCIONADOR FUSIBLE EN CARGA		TOMA DE TIERRA		PANEL SOLAR
	INTERRUPTOR SECCIONADOR EN CARGA		SECCIONADOR		LINEA ELECTRICA		GRUPO ELECTRÓGENO
	FUSIBLE		CONDUCTOR DE PROTECCION		INVERSOR RED		CONTROLADOR DE CARGA
	DESCARGADOR SOBRETENSIONES		ENVOLVENTE METÁLICA				



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA



ESCUELA
POLITÉCNICA
SUPERIOR
DE ALCOI

Proyecto: INSTALACION SOLAR FOTOVOLTAICA
AISLADA DE UN RECINTO DESTINADO
A PAINTBALL

Plano: SALA TÉCNICA

Autor: ADRIÁN MARCO LLORET

Fecha:
23/07/2021

Escala:

Tamaño:
A4

S/E

Nº Plano:

18