



## Trabajo Fin de Máster

# DISEÑO ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UN MÓDULO PORTÁTIL PARA EMERGENCIAS MÉDICAS

Autor

Rafael García Delgado

Director

José María Yusta Loyo

Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad de Zaragoza

2016



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

(Este documento debe acompañar al Trabajo Fin de Grado (TFG)/Trabajo Fin de Máster (TFM) cuando sea depositado para su evaluación).

D./D<sup>a</sup>. RAFAEL GARCÍA DELGADO

con nº de DNI 53595574P en aplicación de lo dispuesto en el art. 14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster) ENERGÍAS RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA, (Título del Trabajo) DISEÑO ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UN MÓDULO PORTÁTIL PARA EMERGENCIAS MÉDICAS.

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada debidamente.

Zaragoza, a 13 de Noviembre de 2016

Edo: Rafael Juan García Delgado

## RESUMEN

# DISEÑO ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UN MÓDULO PORTÁTIL PARA EMERGENCIAS MÉDICAS

La escasez de infraestructuras médicas en los lugares donde se producen catástrofes humanas hacen que sea necesaria la disponibilidad de equipos móviles para intervenir en situaciones de emergencia sanitaria. De aquí surge la idea del diseño de un módulo portátil para emergencias, con la finalidad ofrecer asistencia sanitaria y agua potable a la población afectada por estas catástrofes y conflictos.

El módulo se ha diseñado buscando la sostenibilidad, aprovechando el recurso solar para el funcionamiento de sus sistemas de potabilización y equipos sanitarios y utilizando contenedores marítimos reciclados para su diseño.

Para el desarrollo del proyecto se ha realizado un estudio de los distintos sistemas de atención sanitaria extrahospitalaria existentes en el mercado. Además, se han realizado entrevistas a la directora de un Centro de Salud y a un oficial militar. Basándose en las conclusiones obtenidas en el análisis previo, se han desarrollado los distintos bloques de los que consta el módulo.

Seguidamente se han dimensionado las instalaciones que proporcionarán energía al Módulo. Por un lado la instalación fotovoltaica y por otro lado el grupo electrógeno de apoyo. Debido a que el Módulo Sostenible de Emergencias puede ser utilizado en cualquier localización del planeta en función de las necesidades se ha realizado un análisis de las posibilidades de utilización de las cargas en función de las diferentes latitudes.

También se ha diseñado un sistema de potabilización de agua, mediante el cual se cubrirán las necesidades básicas que puedan darse en cualquiera de los escenarios para los que el Módulo está diseñado.

En definitiva se pretende ofrecer una herramienta a las distintas ONGs, gobiernos y entidades para afrontar de forma más eficaz y sostenible situaciones críticas como catástrofes naturales y conflictos bélicos.

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS .....	3
2. ANÁLISIS DE NECESIDADES PARA CIRUGÍA .....	5
2.1. SISTEMAS MÓVILES DE AYUDA SANITARIA.....	5
Soporte Vital Básico o SAMU. ....	5
Soporte Vital Avanzado o UCI MÓVIL. ....	5
Unidad Militar De Emergencias (UME) .....	5
Camiones Quirúrgicos .....	6
2.2. ENTREVISTAS .....	6
Entrevista a Josefa García. ....	6
Entrevista a David López. ....	8
2.3. REQUISITOS DE DISEÑO .....	8
3. DISEÑO DEL MÓDULO.....	9
3.1. CONTENEDORES.....	9
3.2. DISTRIBUCIÓN DE LOS BLOQUES.....	12
Bloque para la Estación Tratamiento de Agua Potable (ETAP). ....	12
Bloque de equipos del Sistema Fotovoltaico, clima y grupo electrógeno. ....	13
Bloque de vestuario y baños. ....	13
Bloque de triaje, atención primaria y enfermería.....	14
Bloque preoperatorio y recuperación postoperatoria.....	14
Bloque quirófano.....	15
Configuración de bloques. ....	15
3.3. CIMENTACIÓN .....	17
3.4. INSTALACIÓN DE CLIMA .....	19
3.5. ESPECIFICACIONES CONSTRUCTIVAS .....	20
Unión de los contenedores y cortes de huecos .....	20
Instalación de suelos .....	20
Instalación de marcos puertas y ventanas .....	21
Instalación de recubrimiento interior .....	21
Aislamiento de contenedores .....	21
4. DIMENSIONAMIENTO DE LAS INSTALACIONES DE PRODUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA .....	21
4.1. CÁLCULOS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....	21
4.1.1. DATOS DE CONSUMO.....	22

4.1.2.	DATOS PARA EL CÁLCULO DEL SISTEMA .....	24
4.1.3.	CÁLCULO DE LOS MÓDULOS .....	25
4.1.4.	CÁLCULO DE LA BATERÍA.....	27
4.1.5.	CÁLCULO DEL REGULADOR .....	28
4.1.6.	CÁLCULO DEL INVERSOR .....	29
4.2.	INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS.....	30
4.2.1.	ESTRUCTURA SOPORTE .....	30
4.2.2.	INCLINACIÓN, SEPARACIÓN Y ORIENTACIÓN DE LOS MÓDULOS .....	31
4.2.3.	UBICACIÓN E INSTALACIÓN DE BATERÍAS, INVERSOR Y REGULADOR .....	32
4.2.4.	DIMENSIONADO DEL CABLEADO .....	32
4.2.5.	RED DE TIERRAS.....	34
4.3.	GRUPO ELECTRÓGENO.....	35
4.4.	PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.....	37
4.5.	ESTUDIO DE LAS POSIBLES LOCALIZACIONES.....	38
	Latitudes con radiación solar 2 hsp .....	39
	Latitudes con radiación solar 4 hsp .....	39
	Latitudes con radiación solar 6 hsp .....	40
	Conclusiones para cada latitud .....	40
5.	MEMORIA TÉCNICA DE LA ETAP .....	41
5.1.	TIPOLOGÍA DE LA PLANTA.....	41
5.2.	OPERACIÓN DEL SISTEMA .....	42
5.2.1.	LÍNEA MULTICAPA .....	42
5.2.2.	LÍNEA ULTRAFILTRACIÓN .....	43
5.2.3.	DESINFECCIÓN.....	44
5.3.	RELACIÓN DE EQUIPOS. ....	44
6.	RESUMEN Y CONCLUSIONES.....	44
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46
8.	ANEXOS .....	48
8.1.	ANEXO I: ILUSTRACIONES.....	48
8.2.	ANEXO II: FICHAS TÉCNICAS DE EQUIPOS .....	49
8.3.	ANEXO III: PLANOS .....	61
8.4.	ESQUEMA ELÉCTRICO DE LA INSTALACIÓN.....	65

## 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.

El término desastre natural hace referencia a las enormes pérdidas materiales y vidas humanas ocasionadas por eventos o fenómenos naturales como los terremotos, inundaciones, tsunamis, deslizamientos de tierra, deforestación, contaminación ambiental...

Según la Oficina de la ONU para la Reducción del Riesgo de Desastres, aproximadamente 98,6 millones de personas se vieron afectadas por desastres durante el pasado año 2015.

Actualmente, los terremotos son la amenaza natural más mortal, como el sucedido en Nepal el 25 de abril de 2015 que causó 8.831 muertos. Más recientemente Haití ha sido golpeada por los efectos del huracán Matthew que dejó una cifra de muertos de varios millares además del resurgir de la epidemia de cólera que apareció tras el terremoto de 2010 y que ya ha causado más de 9.000 muertos según la Organización Mundial de la Salud (OMS). “Lo más urgente ahora es proporcionar agua potable para prevenir las enfermedades, así como alimentos y productos básicos” comentaba el director de Oxfam en Haití.

No podemos olvidar los desastres provocados por el ser humano como la actual guerra en Siria, donde los hospitales, depósitos de agua y demás infraestructuras básicas para la supervivencia de la población civil están siendo objetivos de bombardeos como el hospital de Alepo el cual ha quedado reducido a escombros o el hospital materno-infantil respaldado por la ONG Save the Children, situado en el norte de Siria. Otro ejemplo es la destrucción por parte de la aviación de Putin y Asad de un depósito de agua crucial para todo Alepo el pasado 24 de septiembre de 2016. Casi dos millones de alepinos quedaron sin agua corriente, hecho calificado por UNICEF como "crimen de guerra".

Para atender a la población ante este tipo de catástrofes y conflictos existen Organizaciones No Gubernamentales como Médicos Sin Fronteras o cuerpos de las Fuerzas Armadas como la Unidad Militar de Emergencias las cuales disponen de equipos para intervenir en situaciones de emergencia sanitaria.

Por otro lado, hoy en día nos encontramos en un mundo que avanza hacia la sostenibilidad y el aprovechamiento de los recursos disponibles en el entorno de una forma eficaz. Debemos encaminar los esfuerzos hacia la eficiencia energética, buscando no generar gastos energéticos innecesarios, y aprovechando los recursos del entorno, como la energía solar, para continuar avanzando en este mundo globalizado.

El modelo productivo tiene en el sistema de transporte uno de los elementos centrales que garantiza su funcionamiento, por lo que el transporte es la columna vertebral de la globalización. Según la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo, el 89,6 % del volumen del comercio se realiza por medios marítimos en los que se emplean contenedores de carga, que son recipientes destinados al transporte de mercancías. La vida útil de un contenedor de carga es de 12 años según regulaciones internacionales, por lo tanto, millones de unidades quedan varadas en los puertos y bodegas ocupando espacio vacío.

En la empresa donde estoy creciendo profesionalmente trabajamos en el desarrollo de una planta potabilizadora alimentada a través de una instalación fotovoltaica. Partiendo de esta idea y situándonos en el contexto anteriormente expuesto he querido ir más allá a través del

desarrollo de un módulo portátil energéticamente eficiente para emergencias médicas, al que he llamado Módulo Sostenible de Emergencias el cual busca ofrecer asistencia sanitaria y agua potable a la población en situaciones de catástrofe natural o conflictos bélicos en los que sea imposible acceder a estos servicios básicos. Con ello se busca reducir la mortalidad de la población en este tipo de situaciones así como evitar la propagación de enfermedades debido a la escasez de agua potable. Todo ello buscando la sostenibilidad, aprovechando el recurso solar para el funcionamiento de sus sistemas de potabilización y equipos sanitarios, de forma que tenga el menor impacto en el medio ambiente.

Además, el Módulo Sostenible de Emergencias está formado por contenedores de transporte modulares reciclados, lo que le confiere gran versatilidad, permitiendo que sean ensamblados de formas diferentes y transportados cómodamente sin importar lugar de emplazamiento, facilitando un rápido despliegue, aspecto crítico a la hora de atender a la población en este tipo de situaciones.

En definitiva se pretende ofrecer una herramienta a las distintas ONGs, gobiernos y entidades para afrontar de forma más eficaz y sostenible situaciones críticas como catástrofes naturales y conflictos bélicos.

Para el desarrollo del proyecto se ha realizado una documentación sobre los distintos sistemas de atención sanitaria extrahospitalaria existentes en el mercado. Con el objetivo de diseñar un espacio enfocado al usuario, que se adapte a las necesidades de profesionales médicos y pacientes, así como la necesidad de construir un dispositivo de intervención rápida, se han realizado entrevistas a la directora de un Centro de Salud y a un oficial militar.

Basándonos en las conclusiones obtenidas en el análisis previo, se desarrollan los distintos bloques de los que consta el Módulo Sostenible de Emergencias, estos son: Estación de Tratamiento de Agua Potable; equipos del sistema fotovoltaico y grupo electrógeno; vestuario y baños; triaje, atención primaria y enfermería; preoperatorio y postoperatorio; quirófano.

Seguidamente se dimensionan las instalaciones que proporcionarán energía al Módulo. Por un lado la instalación fotovoltaica, con el cálculo de los módulos, baterías, reguladores e inversores necesarios y por otro lado se elige el grupo electrógeno que funcionará como apoyo para casos de emergencia en los que no se pueda alimentar el Módulo mediante el sistema fotovoltaico.

Debido a que el Módulo Sostenible de Emergencias puede ser utilizado en cualquier localización del planeta en función de las necesidades se ha realizado un análisis de las posibilidades de utilización de las cargas en función de las diferentes latitudes.

A continuación se describen el sistema de potabilización de agua, mediante el cual se cubrirán las necesidades básicas que puedan darse en cualquiera de los escenarios para los que el Módulo está diseñado.

En el último apartado se describe el desarrollo constructivo de los bloques de los que se compone el Módulo, explicando el tipo de contenedores elegidos, sistema de cimentación, suelos, equipos de climatización, etc.

## 2. ANÁLISIS DE NECESIDADES PARA CIRUGÍA.

Con el objetivo de conocer las características que necesitará el Módulo Sostenible de Emergencias, en este apartado analizaremos los distintos sistemas móviles de ayuda sanitaria existentes en el mercado, viendo sus principios de funcionamiento y principales ventajas para adaptarlos a nuestro sistema, detallando el tipo de cirugía que se practicará en él.

Asimismo se han realizado entrevistas a la directora de un Centro de Salud y a un oficial militar con el objetivo de diseñar un espacio enfocado al usuario. Seguidamente se detallan los requisitos que debe tener el Módulo Sostenible de Emergencias.

### 2.1. SISTEMAS MÓVILES DE AYUDA SANITARIA.

Actualmente, existen en el mercado distintos sistemas de atención sanitaria extrahospitalaria: ambulancias de soporte vital básico o avanzado, unidades militares de emergencia o camiones quirúrgicos. Con objeto de desarrollar el mejor diseño para el módulo sostenible quirúrgico se han estudiado dichos sistemas.

#### **Soporte Vital Básico o SAMU.**

Equipamiento asistido por dos técnicos en emergencias, en el cual no puede suministrarse medicación a excepción de oxígeno. Se compone de desfibrilador automático, collarines, elementos de protección individual, silla de rescate en edificios, colchón de vacío, gasas, vendas, goteros, botellas de oxígeno...

#### **Soporte Vital Avanzado o UCI MÓVIL.**

Las Unidades de Cuidados Intensivos (UCI) móviles están preparadas para prestar todo tipo de cuidados de emergencia. Para ello están dotadas de personal cualificado (médico, enfermero y técnico en emergencias) así como todo el equipamiento necesario: desfibrilador, bomba de perfusión (inyección de medicamentos), frigorífico, termo...

En cuanto a las características constructivas observamos:

- Suelo linóleum antideslizante, ignífugo, bacterístico y de fácil lavado.
- Cubierta con esmalte anticorrosivo.
- Aislamiento termo-acústico de fibra mineral de alta densidad, con retardante ignífugo.
- Puertas abatibles 180º.
- Comunicación entre el habitáculo del conductor y sanitario.
- Dimensiones mínimas de longitud 2 m, altura 1,25 m, y anchura 1,45 m.
- Dos conexiones eléctricas.

#### **Unidad Militar De Emergencias (UME)**

La Unidad Militar de Emergencias (UME) es un cuerpo integrante de las Fuerzas Armadas Españolas creado con la finalidad de intervenir de forma rápida en cualquier lugar de territorio nacional español en casos de catástrofe, grave riesgo y otras necesidades públicas. Consta de los siguientes medios terrestres:

- Transporte de personal y material: 372
- Telecomunicaciones: 39
- Máquinas de Ingenieros: 53

- Autobombas: 140
- Embarcaciones: 21

La ambulancia utilizada por la UME está especialmente acondicionada para permitir su actuación en ambiente NBQ (nuclear, biológico o químico). Permite la estabilización simultánea de dos pacientes críticos, así como el transporte sanitario manteniendo el SVA (Soporte vital avanzado) de uno de ellos.

Dispone de dos baterías, la segunda de las cuales asegura el suministro energético necesario para el material sanitario del SVA, del que se destacan:

- Dos respiradores automáticos.
- Un monitor desfibrilador con marcapasos y posibilidad de efectuar la desfibrilación semiautomática.
- Ampliamente dotada de material de rescate.

### **Camiones Quirúrgicos**

Estos camiones están equipados para realizar intervenciones quirúrgicas, atención de partos, pediatría, estomatología, gastroenterología, medicina interna y traumatología, entre otros. Operarán para atender a poblaciones de difícil acceso, gracias a la movilidad del camión plataforma.

Disponen de suministro de energía de emergencia a través de grupo electrógeno. Realizan un control ambiental exhaustivo tanto en calefacción como en refrigeración. Como característica adicional disponen de un compartimento de almacenamiento modular.

Cuenta con vestuarios, sala de anestesia y de operaciones y sus medidas son alrededor de 15 metros de largo por 8 metros de ancho. Disponen del siguiente equipamiento:

- Compresor aire medicinal.
- Depósitos de agua limpia y residual.
- Botellas de oxígeno.
- Gas anestésico.

## **2.2.ENTREVISTAS**

Con la finalidad de diseñar un espacio enfocado al usuario, adaptado a las necesidades de organización y despliegue con el objetivo de constituir un dispositivo de intervención rápida en cualquier territorio, se han realizado las siguientes entrevistas, además de visitas a uno de los centros de salud de Andújar y a uno de los quirófanos del hospital Alto Guadalquivir.

### **Entrevista a Josefa García.**

Josefa García es diplomada en enfermería, ha ocupado los cargos de Directora de la Delegación de Salud de la Provincia de Jaén, directora del Centro de Salud Virgen de la Cabeza en el municipio de Andújar y ha sido concejal de sanidad del Ayuntamiento de dicha localidad durante los años de construcción del hospital Alto Guadalquivir. Las conclusiones que se obtienen de este encuentro son:

### **Estructura**

- Las áreas básicas que debe incluir el módulo quirúrgico son: el vestuario, la sala de reanimación, y la sala de operaciones.
- El paciente debe poder trasladarse directamente desde el preoperatorio hasta el quirófano.
- Es conveniente un vestuario diferenciado para médicos y pacientes.
- Diseño sencillo que facilite la movilidad y el trabajo de los profesionales.
- Sería interesante disponer de un avance que haga las funciones de sala de espera.

### Funcionalidad

- Necesaria una correcta iluminación.
- Tomas de agua para la limpieza tras la cirugía
- La climatización debe proporcionar una temperatura comprendida entre 20 y 24 °C.
- Facilidad de desinfección de los espacios.

### Equipos

- El equipo básico en el quirófano está compuesto por un electrobisturí, equipo de anestesia, aspirador, bomba de gases medicinales.
- Para trasladar al paciente es necesario disponer de camilla.
- Torretas para instrumentos, iluminación y anestesia así como mesa de operaciones.
- Instalación de bombas de gas (oxígeno, peróxido...), desfibrilador, respirador.
- Es necesario un equipo de esterilización de instrumentación.



Ilustración 1: Entrevista a Josefa García. Equipos UCI móvil



Ilustración 2: Entrevista a Josefa García. UCI móvil



Ilustración 3: Entrevista a Josefa García. interior UCI móvil



Ilustración 4: Quirófano

### Entrevista a David López.

David López es oficial militar y ha participado en la misión de paz del Líbano. Las conclusiones aportadas tras la entrevista mantenida son las siguientes:

- Rapidez de despliegue de los equipos.
- Facilidad y versatilidad en el transporte.
- Robustez de los módulos.
- Espacios sencillos y prácticos.
- Necesidad de red de agua potable.
- Sistemas redundantes que garanticen suministro energético.
- Aprovechamiento de los recursos disponibles en el entorno



Ilustración 5: Entrevista a David López

### 2.3. REQUISITOS DE DISEÑO

Como conclusión de la información recopilada, para el diseño del módulo sostenible quirúrgico se busca aunar las principales características de los quirófanos convencionales junto con las ventajas de los sistemas móviles de atención sanitaria y el aprovechamiento de los recursos energéticos disponibles bajo las siguientes premisas:

- Rapidez y facilidad en el transporte.
- Utilidad en operaciones con medios aéreos, terrestres o marinos.
- Espacios sencillos y prácticos.
- Aprovechamiento de los recursos disponibles: energía solar, agua.

La dotación del módulo se va a destinar a intervenciones de cirugía menor, es decir, aquellas más sencillas que conllevan menor riesgo, proporcionando al paciente una atención primaria de urgencia de forma que quede estabilizado hasta que pueda ser trasladado al hospital más cercano.

El área quirúrgica debe estar compuesta por el quirófano, lavabo donde realizar el lavado quirúrgico, zona preoperatoria y postoperatoria, zona de esterilización y almacenaje de materiales.

Un quirófano es un local convenientemente acondicionado para realizar operaciones quirúrgicas. Debe ser una estructura cerrada para evitar contaminaciones desde el exterior además de permitir la atención de los pacientes por un equipo interdisciplinario (anestesistas, cirujanos, radiólogos, neumólogos...). Debe ocupar un lugar central dentro del hospital dada la necesidad de encontrarse cerca de áreas de hospitalización, servicios médicos.

Para ello se propone el diseño de seis áreas diferentes, con funciones y características concretas, con autonomía de suministro de energía y que proporcione agua potable a la población:

- Bloque para la Estación Tratamiento de Agua Potable (ETAP).
- Bloque de equipos del Sistema Fotovoltaico y Grupo Electrógeno.
- Bloque de vestuario y baños.
- Bloque de triaje, atención primaria y enfermería.
- Bloque preoperatorio.
- Bloque quirófano.

### 3. DISEÑO DEL MÓDULO

#### 3.1. CONTENEDORES

Como se comentó en la introducción, nos encontramos en un modelo productivo donde el transporte es uno de los elementos centrales que garantiza su funcionamiento.

Según la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo, el 89,6 % del volumen del comercio se realiza por medios marítimos en los que se emplean contenedores de carga.



Ilustración 6: Contenedores marítimos

Un contenedor es un recipiente destinado al transporte de mercancías, sea por vía terrestre, marítima o aérea. Sus dimensiones están normalizadas para poderlos apilar y desplazar con facilidad. Están fabricados principalmente de acero corten, pero existen de aluminio e incluso de madera contrachapada reforzados con fibra de vidrio. Internamente, están revestidos por un recubrimiento anti-humedad y el suelo es casi siempre de madera.

Su vida útil como contenedor de carga es de 12 años según regulaciones internacionales, por lo tanto, millones de unidades quedan varadas en los puertos y bodegas ocupando espacio vacío. Además son modulares, permitiendo ser ensamblados de formas diferentes, diseñados para ser trasladados fácilmente y de manera logística, sin importar el lugar de emplazamiento, economizando tiempo y energía.

Por otra parte son ecológicos, reciclables y con un buen diseño pueden alcanzar una habitabilidad y un confort altísimo.

Existen alrededor de ocho tipos distintos, con diferentes características. Los contenedores estándar son los Dry Van, herméticos y sin ventilación. Otros son refrigerados y tienen sistemas de conservación de frío o calor, mientras otros son abiertos en varias de sus caras para llevar cargas atípicas y de mayor tamaño (Open Top / Flat Rack).

Las medidas varían dentro de un cierto rango pero los más usados alrededor del mundo son de una longitud entre 6 y 12 metros:

	LONGITUD	ANCHO	ALTO
EXTERIORES	12,192 m	2,438 m	2,896 m
INTERIORES	12,000 m	2,350 m	2,690 m
PUERTAS		2,340 m	2,590 m

	LONGITUD	ANCHO	ALTO
EXTERIORES	6,058 m	2,438 m	2,591 m
INTERIORES	5,898 m	2,350 m	2,390 m
PUERTAS		2,340 m	2,590 m

## Contenedores Comunes

20' Estándar



40' Estándar



Ilustración 7: Tamaños de contenedores comunes

Los contenedores se componen de los siguientes elementos:

- **Pilares:** son los componentes del marco vertical que se sitúan en cada una de las esquinas de los contenedores, integrándose con los esquineros y las estructuras del suelo.
- **Esquineros:** son las molduras que se ubican en las ocho esquinas del contenedor. Estas molduras proporcionan un medio para elevar y manipular el contenedor.
- **Travesaño y solera:** son los marcos horizontales situados encima de la puerta de acceso y en la parte baja de la misma.
- **Marco frontal:** es la estructura que se encuentra en el lado opuesto a la puerta de entrada, compuesta de travesaños superiores e inferiores sujetos a los esquineros.
- **Travesaño Superior:** Estructuras longitudinales ubicadas en el lado superior en los dos costados del contenedor de carga.
- **Travesaño inferior:** Vigas longitudinales situadas en la parte inferior de los dos lados del contenedor.
- **Travesaños de suelo:** se componen de una serie de vigas transversales con alrededor de 30 cm de separación entre ellas y sujetas al travesaño lateral inferior para sustentar el peso del contenido.
- **Suelo:** este puede ser de madera laminada, tablones, o de chapa.
- **Techo:** El techo está compuesto por travesaños con unos 50 cm de separación. En caso de no disponer de estos, el techo estará formado por láminas de acero soldadas a los travesaños del marco.
- **Laterales y frontal:** están fabricados en láminas de acero corrugado.
- **Puertas:** La puertas pueden ser de metal, contrachapado o combinación con fibra de vidrio. Las puertas con bisagras cuentan con burletes de puerta con borde de plástico o goma como sellos contra la penetración de agua.

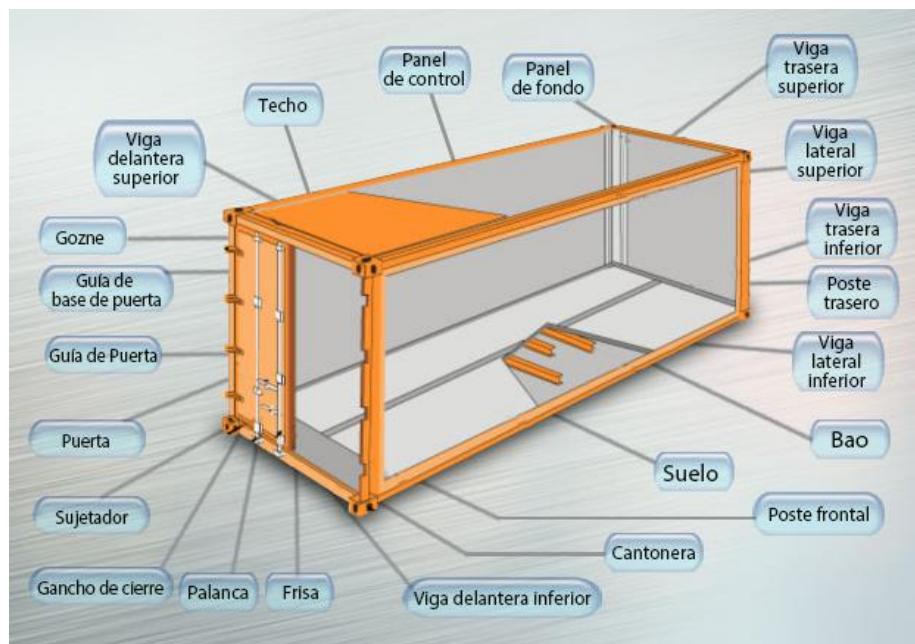


Ilustración 8: Elementos de contenedor marítimo

### 3.2.DISTRIBUCIÓN DE LOS BLOQUES

En este apartado se describe el desarrollo constructivo de los bloques de los que se compone el Módulo. Como se detalló en el apartado 2.3, se ha propuesto el diseño de los bloques de la siguiente forma:

- Bloque para la Estación Tratamiento de Agua Potable (ETAP).
- Bloque de equipos eléctricos del Sistema Fotovoltaico y Grupo Electrógeno.
- Bloque de vestuario y baños.
- Bloque de triaje, atención primaria y enfermería.
- Bloque preoperatorio.
- Bloque quirófano.

Se ha elegido el tamaño de los contenedores en función de las necesidades de cada bloque, buscando un diseño compacto y funcional enfocado al usuario. A continuación se detallan las características de cada uno de ellos, así como los fines a los que están destinados, detallando los equipos que incluyen:

#### **Bloque para la Estación Tratamiento de Agua Potable (ETAP).**

Este bloque se ha diseñado para contener el sistema de potabilización de agua, con la finalidad de cubrir las necesidades básicas de núcleos de población que no dispongan de este servicio debido a catástrofes naturales o conflictos bélicos. El acceso a este bloque se realizará desde la parte exterior del mismo para evitar atravesar los departamentos sanitarios durante las labores de mantenimiento, es decir, es un bloque completamente independiente del resto del módulo, por lo que se respeta la puerta original del contenedor.

En el apartado 5 se detallan cada uno de los equipos que conforman la ETAP. Entre los elementos incluidos en este bloque se encuentran las bombas de aportación de agua a la ETAP, el depósito decantador y el de agua bruta, el sistema de bombeo de la planta, la línea de filtración multicapa y la de ultrafiltración, el grupo sobrepresor de agua tratada y los cuadros de mando y control del sistema. De este bloque partirá la conducción de agua potable que se distribuirá en el punto donde sea necesario para abastecer a la población. Teniendo en cuenta los elementos que incluirá este bloque, se ha optado por la elección de un contenedor de 6 metros, ya que permite la instalación de la ETAP sin necesidad de disponer de gran espacio libre.

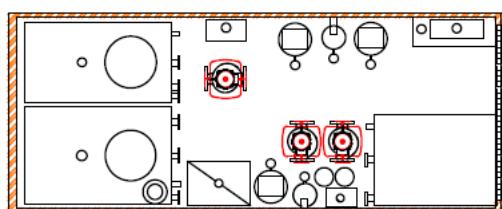
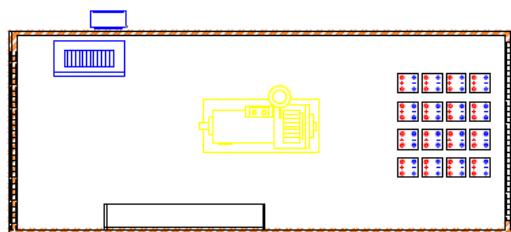


Ilustración 9: Distribución Bloque ETAP

### **Bloque de equipos del Sistema Fotovoltaico, clima y grupo electrógeno.**

El diseño de este bloque se ha enfocado a albergar los equipos de los que consta el suministro energético, es decir, los elementos de control y regulación sistema fotovoltaico como las baterías, el regulador, el inversor y cuadros eléctricos. Además en él se instala el grupo electrógeno de apoyo, que dará servicio al Módulo en aquellos momentos en los que el sistema fotovoltaico no esté disponible. La máquina de clima se instala en este compartimento, y desde aquí se distribuye al resto del bloque a través de conductos textiles, tal y como se describe en el apartado 3.4.

Al igual que en el bloque de la ETAP, el contenedor elegido es de 6 metros de largo. En este compartimento el acceso se realiza desde la parte exterior para no interferir ni contaminar los bloques de cirugía durante las labores de mantenimiento, por ello, la puerta de acceso al mismo será la puerta original del contenedor.

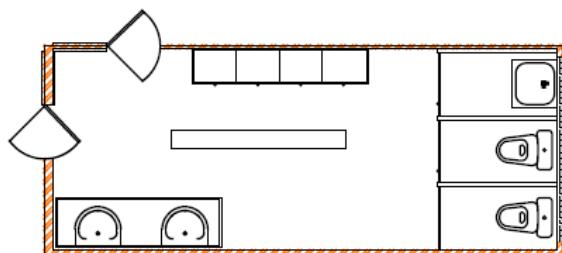


**Ilustración 10: Distribución Bloque de equipos del Sistema Fotovoltaico, clima y grupo electrógeno.**

### **Bloque de vestuario y baños.**

Este módulo está pensado para ser utilizado tanto por los pacientes como por los profesionales médicos, por lo que se ha diseñado de tal forma que disponga de dos puertas, las cuales darán acceso a los usuarios desde el bloque quirófano y desde el bloque preoperatorio.

El bloque está provisto de dos retretes y una ducha confinados en tres compartimentos independientes además de dos lavabos. El agua necesaria para alimentar estos sanitarios es obtenida del agua tratada desde la ETAP. Para que el personal pueda vestirse con el pijama médico se incluye un banco y varias taquillas. Viendo las necesidades de los usuarios Se ha determinado que el tamaño de contenedor adecuado para albergar los baños y vestuario es de 6 metros.



**Ilustración 11: Distribución Bloque de vestuario y baños.**

### **Bloque de triaje, atención primaria y enfermería.**

Esta dependencia está destinada al proceso de recepción y acogida del paciente, ofreciendo un primer diagnóstico para su posterior clasificación según su situación de salud y darle la prioridad necesaria. Para ello se dota al bloque de un puesto de trabajo con escritorio y ordenador que permita al profesional médico realizar las tareas de confección de historial y demás consultas necesarias. Asimismo este módulo hará las funciones de enfermería, y se proporcionará al paciente atención primaria, por lo que se dota al bloque de una camilla de observación y un biombo para preservar la intimidad del paciente.

Dadas las necesidades detalladas anteriormente, se ha elegido un contenedor de 12 metros para albergar el bloque de triaje, atención primaria y enfermería, dotándolo de amplitud y ofreciendo un espacio adecuado para la recepción de los pacientes. El acceso al conjunto sanitario del Módulo se realizará desde el exterior hacia este bloque, y desde este se tiene acceso al bloque de pre y postoperatorio que se describe a continuación.

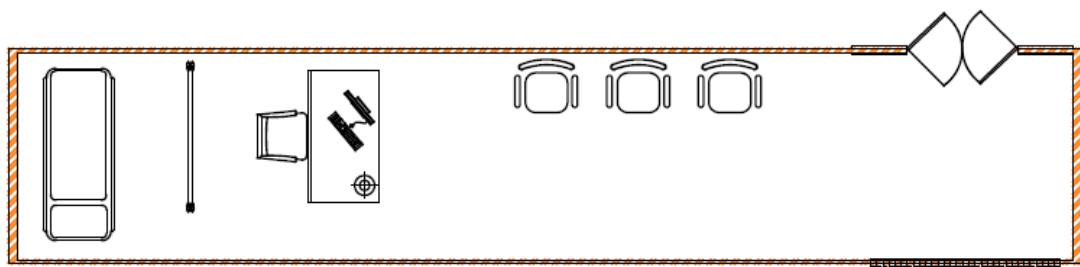


Ilustración 12: Distribución Bloque de triaje, atención primaria y enfermería.

### **Bloque preoperatorio y recuperación postoperatoria.**

Este bloque está pensado para realizar la preparación del paciente de cara a la intervención que se le realizará y su posterior recuperación. Para ello se incorporan tres camillas para el traslado de pacientes. Además en este compartimento se incluirá un armario medicinal y un frigorífico para la conservación de medicamentos. Debido a la necesidad de espacio suficiente para circular con las camillas se ha optado por un contenedor de 12 metros.

Al bloque pre y postoperatorio se accederá desde el bloque de triaje, atención primaria y enfermería, y desde él se tendrá acceso a los vestuarios y al bloque quirófano. De esta forma el traslado del paciente a través de los distintos bloques es más cómodo y efectivo.

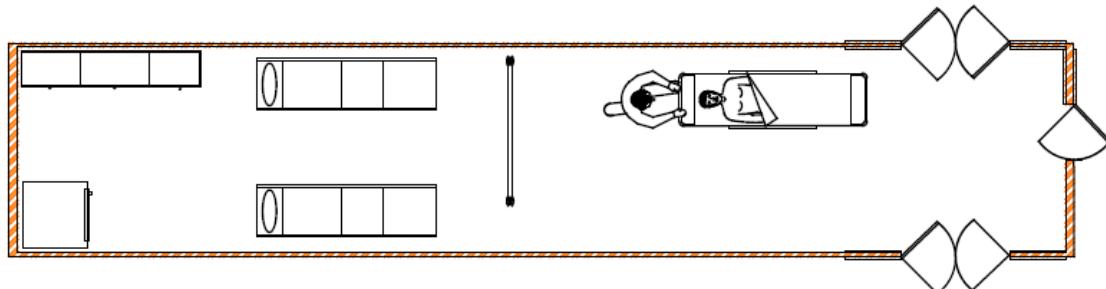


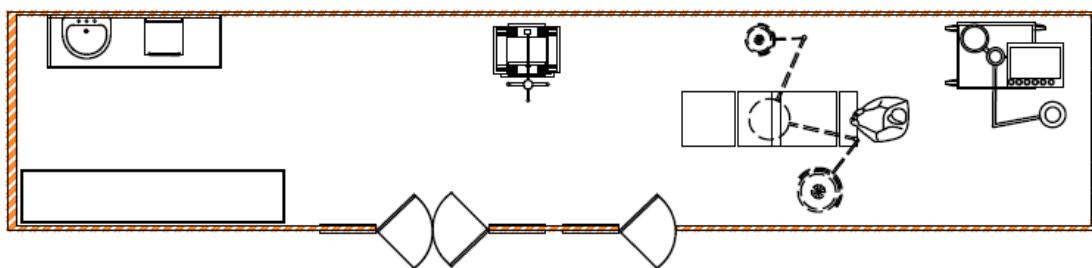
Ilustración 13: Distribución Bloque preoperatorio y recuperación postoperatoria.

### **Bloque quirófano.**

Este bloque es el bloque principal del Módulo Sostenible de Emergencias, ya que es en él donde se realizan las operaciones de cirugía menor. Entre los elementos que se deben incluir se encuentran la mesa de operaciones, donde se realizarán todas las intervenciones quirúrgicas a los pacientes.

Para garantizar una buena intervención es necesario incluir una torre de iluminación, que irá anclada al techo e incorporará dos focos con brazos extensibles y móviles para facilitar el trabajo de los cirujanos y ocupar solamente el espacio necesario. También es necesario incluir un lavabo para realizar el lavado quirúrgico de las herramientas utilizadas durante las operaciones además de un autoclave para la desinfección de las mismas.

Para completar los útiles de este bloque contamos con el portasueros, bomba de vacío, oxígeno y aire, así como una mesa para el instrumental y un armario medicinal. A este bloque se accede desde el preoperatorio y postoperatorio y a su vez se tiene acceso al vestuario y baños. Con la finalidad de ofrecer un espacio adecuado para que los profesionales médicos puedan trabajar cómodamente, se ha diseñado el bloque quirófano dentro de un contenedor de 12 metros de largo.



**Ilustración 14: Distribución Bloque quirófano.**

### **Configuración de bloques.**

Una vez detallados cada uno de los bloques y teniendo en cuenta las premisas establecidas anteriormente, con el objetivo de adaptar el módulo a las necesidades de los usuarios, se ha optado por un diseño compacto.

De esta forma se optimiza el fácil traslado de los pacientes entre el módulo de triaje y enfermería, pre y postoperatorio y el bloque quirófano, estableciéndose un doble acceso al bloque de vestuario y baños, lo que permite acceder a este desde el bloque pre y postoperatorio y desde el quirófano.

Además, como se estudiará en el apartado 4, esta configuración permite situar la totalidad de los módulos fotovoltaicos sobre las cubiertas de los contenedores.



Ilustración 15: Diseño Módulo Sostenible de Emergencias.

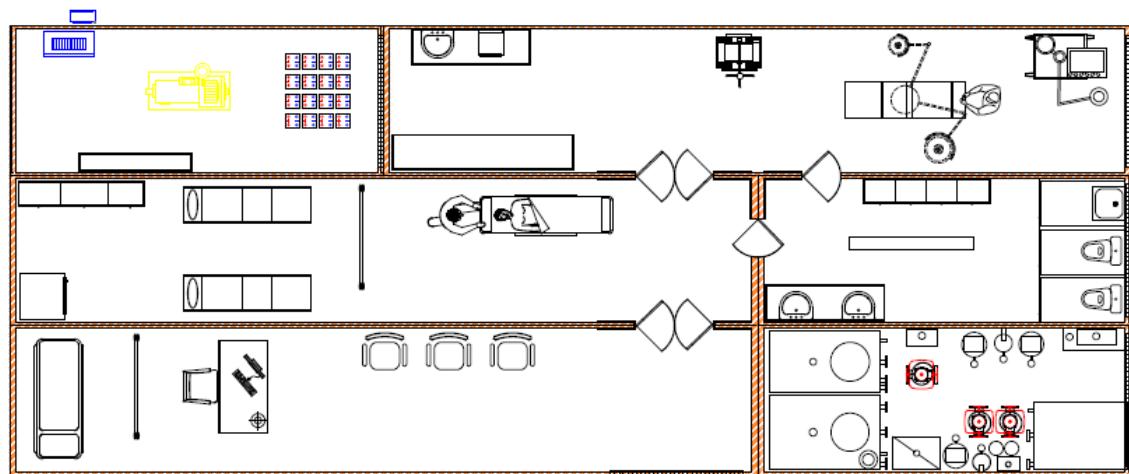


Ilustración 16: Distribución Módulo Sostenible de Emergencias.

La distribución elegida ofrece un Módulo compacto, reduciendo las distancias que debe recorrer el paciente entre cada uno de los módulos, además, permite que el total de las placas solares se puedan situar en la parte superior de los bloques. No obstante el Módulo Sostenible de Emergencias ofrece una gran versatilidad debido a su construcción a base de contenedores, de forma que pueden darse otras configuraciones como la siguiente:

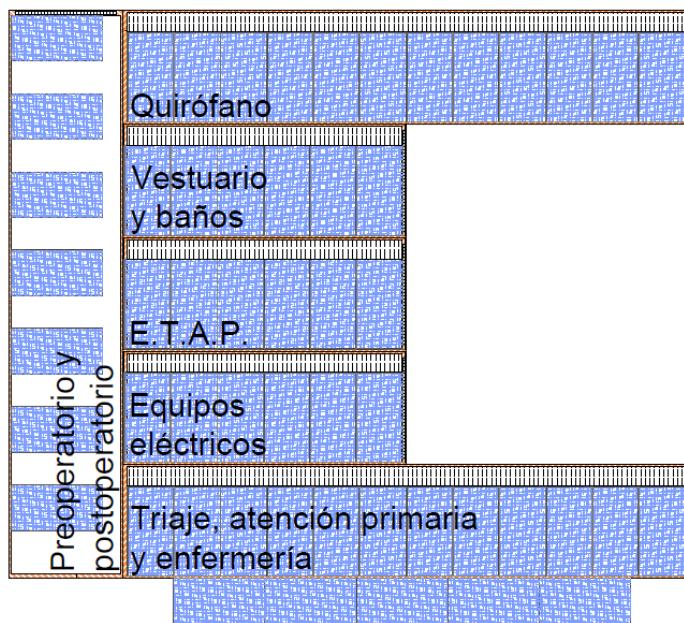
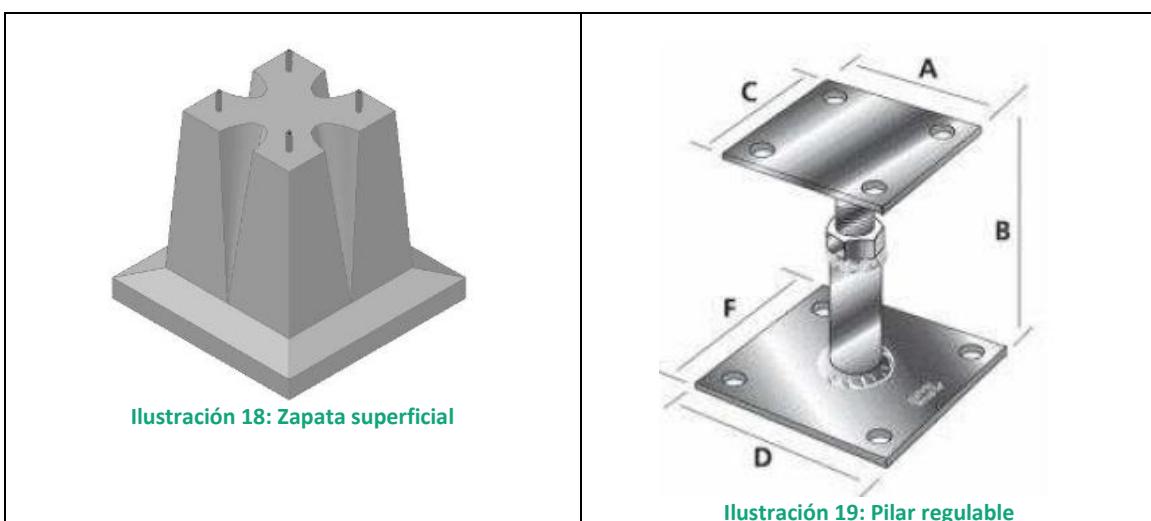


Ilustración 17: Diseño alternativo del Módulo Sostenible de Emergencias

Esta configuración permite trasladar al paciente entre el módulo de triaje y enfermería, pre y postoperatorio y el bloque quirófano. También se mantendría el doble acceso a los vestuarios desde el bloque quirófano y el pre y post operatorio. Como se estudiará en el punto 3, el inconveniente de esta configuración aparece al situarse el bloque pre y postoperatorio transversalmente al resto de los bloques, lo que obliga a mantener la distancia entre placas y nos lleva a colocar cinco de ellas en una extensión del techo del Módulo.

### 3.3. CIMENTACIÓN

Cada uno de los bloques del Módulo Sostenible de Emergencias se colocará sobre diez zapatas prefabricadas de hormigón armado. Debido al desconocimiento del desnivel del terreno sobre el que se instalará el módulo sostenible quirúrgico, y con la finalidad de salvar dicho desnivel, los contenedores irán ubicados sobre unos pies de pilares regulables en altura, fabricados de acero inoxidable atornillados mediante la pletina inferior a las zapatas de hormigón prefabricado y soldados en su parte superior al suelo del contenedor.



Debido al desconocimiento del terreno sobre el que se instalará el Módulo, los bloques se colocarán sobre diez zapatas prefabricadas de hormigón armado con una base de 60x60 cm y una altura de 50 centímetros. No obstante es necesario realizar un cálculo previo antes de la instalación del Módulo para, en caso de ser necesario, recurrir a unas zapatas con la superficie adecuada. Para realizar el cálculo de la superficie de la zapata necesitamos conocer el peso de la misma así como el peso que debe soportar de cada uno de los bloques que conforman el Módulo Sostenible de Emergencias.

El peso en vacío de los contenedores de 12 metros es de 3.700 kg, mientras que el peso de los contenedores de 6 metros es de 2.230 kg. El bloque de la ETAP será el bloque que más peso soporte, ya que incorpora los tres depósitos de 3.500, 3.000 y 2.800 litros cada uno. Conociendo el peso de los depósitos y teniendo en cuenta las bombas y la instalación hidráulica, se estima un peso máximo para el bloque de la ETAP de aproximadamente 15.000 kg. Llamamos P1 al peso que debe soportar la zapata y P2 al peso propio de la misma. Por lo tanto P3 será el peso total, suma de P1+P2. Siendo A la superficie de asiento en el terreno de la zapata, medido en  $\text{cm}^2$  tenemos:

$$A (\text{cm}^2) = \frac{P3 (\text{kg})}{\text{Presión del terreno} \left( \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)} = \frac{15.000 \text{ kg}}{\text{Presión del terreno} \left( \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)}$$

Por lo tanto, si L es la longitud del ancho de la zapata en cm y H su altura, sabiendo que la tenemos:

$$L = \frac{A}{60} \quad H = \frac{L}{2}$$

Presiones admisibles en el terreno de cimentación					
Naturaleza del terreno	Presión admisible en Kg/cm <sup>2</sup> , para profundidad de cimentación en m de:				
	0	0,5	1	2	3,00
<b>1. Rocas (1)</b>					
<b>No estratificadas</b>	30,0	40,0	50,0	60,0	60,0
<b>Estratificadas</b>	10,0	12,0	16,0	20,0	29,0
<b>2. Terrenos sin cohesión (2)</b>					
<b>Graveras</b>	-	4,0	5,0	6,3	8,0
<b>Arenosos gruesos</b>	-	2,5	3,2	4,0	5,0
<b>Arenosos finos</b>	-	1,6	2,0	2,5	3,2
<b>3. Terrenos coherentes</b>					
<b>Arcillosos duros</b>	-	-	4,0	4,0	4,0
<b>Arcillosos semiduros</b>	-	-	2,0	2,0	2,0
<b>Arcillosos blandos</b>	-	-	1,0	1,0	1,0
<b>Arcillosos fluidos</b>	-	-	0,5	0,5	0,5
<b>4. Terrenos deficientes</b>					
<b>Fangos</b>	En general resistencia nula, salvo que se determine experimentalmente el valor admisible				
<b>Terrenos orgánicos</b>					
<b>Rellenos sin consolidar</b>					
1) Los valores que se indican corresponden a rocas sanas, pudiendo tener alguna grieta. Para rocas meteorizadas o muy agrietadas las tensiones se reducirán prudencialmente.					
2) Los valores indicados se refieren a terrenos consolidados que requieren el uso del pico para removerlos. Para terrenos de consolidación media en que la pala penetra con dificultad, los valores anteriores se multiplicarán por 0.8. Para terrenos sueltos, que se remuevan fácilmente con la pala, los valores indicados se multiplicarán por 0,5.					
Los valores indicados corresponden a una anchura de cimiento igual o superior a 1 m. En caso de anchuras inferiores, la presión					
Cuando el nivel freático diste de la superficie de apoyo menos de su anchura, los valores de la Tabla se multiplicarán por 0,8.					

### 3.4. INSTALACIÓN DE CLIMA

Para ofrecer buen confort a los usuarios del Módulo Sostenible Quirúrgico se instalará una máquina de clima de conductos.

Para elegir el equipo con la capacidad necesaria, se deben tener en cuenta factores como la temperatura media de las estancias, los materiales de fabricación y aislamiento del Módulo, el tamaño de las aberturas, tamaño de la habitación.

Se calcula el volumen total de los habitáculos que deben estar refrigerados en el Módulo Sostenible de Emergencias que serán el bloque de vestuario y baños; bloque de triaje, atención primaria y enfermería; bloque preoperatorio y post operatorio y el bloque quirófano. Cada uno de los contenedores de 12 metros tendrá un volumen de  $62 \text{ m}^3$  mientras que el volumen de los contenedores pequeños es de  $31 \text{ m}^3$ . En total, el volumen que es necesario acondicionar es de  $217 \text{ m}^3$ .

Como medida muy general se suele utilizar el cálculo de 50 frigorías por metro cúbico, es decir, para el Módulo Sostenible Quirúrgico, con  $217 \text{ m}^3$  de volumen, harían falta un mínimo de 10.850 frigorías. Sabiendo que una frigoría equivale a 1,163 W tenemos que la máquina escogida debe ser de 12,6 kW de potencia frigorífica.

Se ha optado por instalar una máquina de conductos de la marca Mitsubishi, de la serie PRO, modelo GPEZS-140VJA/YJA, la cual cubrirá las necesidades climáticas del Módulo, tanto para frío en épocas calurosas como para calor, en aquellas zonas donde las temperaturas sean considerablemente bajas. Pueden verse las especificaciones técnicas en el Anexo II.

#### Serie ▶ PRO • GPEZS-VJA ó YJA



Ilustración 20: Máquina de conductos Mitsubishi GPEZS-140VJA/YJA,

Debido a la diversidad de formas para el montaje y la ubicación de los módulos, el sistema de distribución de clima elegido está basado en conductos y difusores textiles. Este tipo de conductos están fabricados en tejidos de alta resistencia a la tracción y al desgaste, son muy ligeros, de fácil instalación, modulares, lavables. Debido a la necesidad de ahorro de espacio se instalarán difusores textiles de segmento.



Ilustración 21: Conducto para clima textil de segmento

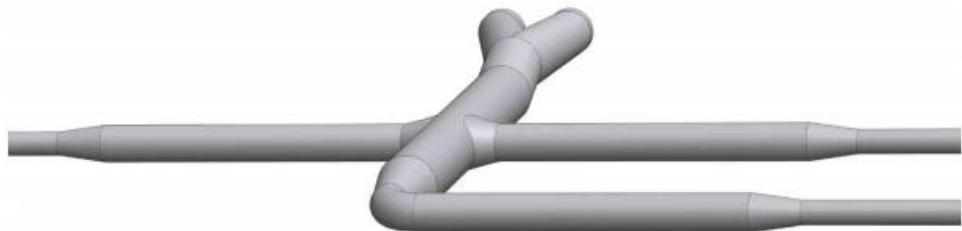


Ilustración 22: Ejemplo de distribución de conducto textil

Este sistema nos ofrece una solución bastante versátil, a la hora de elegir la configuración más adecuada en función de las necesidades del momento. Para el paso entre módulos de estos conductos, se realizarán aperturas en la chapa que posteriormente pueden ser selladas mediante paneles aislantes.

### 3.5.ESPECIFICACIONES CONSTRUCTIVAS

A continuación se detallan algunos detalles que deben tenerse en cuenta a la hora de construir el Módulo Sostenible de Emergencias, para dotarlo de una mejor habitabilidad y confort.

#### Unión de los contenedores y cortes de huecos

Los contenedores deberán montarse y desmontarse de forma relativamente asidua. Por ello se unirán mediante pernos o abrazaderas especializadas. Para el corte del acero para la apertura de las puertas en las paredes de los contenedores puede realizarse mediante un cortador de plasma, soplete o mediante una sierra de calar.

#### Instalación de suelos

Los suelos de los contenedores se tratan con diversos productos químicos para preservar su estado. Por este motivo se cubrirán los suelos mediante epoxi, creando una barrera física adicional mediante la construcción de un contrasuelo en la parte superior.

Antes de aplicar el epoxi se procederá realizará una limpieza del suelo con disolvente de un 90% de alcohol isopropílico para eliminar cualquier producto químico de superficie y aceites que impidan la penetración de la resina y la adhesión a la madera. El epoxi actuará como barrera ante los vapores de los productos, algo imprescindible especialmente en el módulo quirúrgico, ya que la atmósfera del mismo debe ser lo más pura posible.

Para cubrir el suelo se utilizarán paneles de sándwich compuestos por núcleo de poliestireno extruido de 60 cm de espesor más un panel de madera hidrófugo de 16 mm directamente atornillado a la madera base tratada del contenedor. Para el acabado se instalará suelo vinílico de colocación sencilla, fácil limpieza y resistente a la humedad.

#### **Instalación de marcos puertas y ventanas**

Para la instalación de las puertas y ventanas se colocarán marcos metálicos a los que se atornillará la carpintería de puertas y ventanas. Para fijar los bastidores de las puertas correderas se fijarán mediante soldadura a los travesaños del contenedor.

#### **Instalación de recubrimiento interior**

El marco interior se realizará con perfiles de chapa de acero galvanizado. Se colocarán montantes verticales con forma de “C”. Estos montantes cuentan con perforaciones para permitir el paso de las instalaciones.

Estos montantes se situarán sobre canales horizontales. Las canales de la pared interna del contenedor se recubrirán con poliestireno extruido a fin de mejorar el aislamiento del habitáculo. En el techo se instalarán perfiles omega para mayor sujeción de las placas.

#### **Aislamiento de contenedores**

Para facilitar la labor de los profesionales médicos así como para garantizar la estancia confortable del paciente se debe elegir un buen aislamiento que a su vez evite la condensación en las paredes interiores de acero, lo que produciría problemas de proliferación de organismos, humedades, corrosiones o moho. Este aislamiento viene incorporado en el panel de sándwich con el que se recubrirá el interior.

### **4. DIMENSIONAMIENTO DE LAS INSTALACIONES DE PRODUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA**

El Módulo Sostenible de Emergencias obtiene su energía directamente del Sol, a través de una instalación fotovoltaica la cual capta la energía procedente de nuestra estrella, transformándola en corriente continua a través de los módulos fotovoltaicos y la almacena en baterías en forma de energía electroquímica. Todo este proceso se controla mediante el regulador de carga, siendo el inversor el encargado de suministrar la energía a las cargas en forma de corriente alterna.

Además, debido a la necesidad de garantizar el suministro energético de cara a no interrumpir de forma inesperada intervenciones quirúrgicas, se dota al mismo de un grupo electrógeno de respaldo con conexión y parada automáticos para suplir posibles carencias puntuales de suministro.

#### **4.1. CÁLCULOS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA**

En este apartado se detallarán los cálculos realizados para el dimensionamiento tanto de la instalación solar fotovoltaica como del grupo electrógeno de apoyo que alimentarán al Módulo Sostenible de Emergencias. Concretamente se calculará el número de placas necesarias, tipo de baterías, reguladores e inversores necesarios, distancias entre placas, redes de tierras, ubicación de equipos...

Para el cálculo de la instalación fotovoltaica se ha usado el método del mes peor. Este método supone que si la instalación es capaz de asegurar el suministro en el período en el cual la relación de la radiación disponible y el consumo de energía es más crítica, no habrá problemas en el suministro durante el resto del año.

#### **4.1.1. DATOS DE CONSUMO**

Se ha realizado el estudio para latitudes más desfavorables donde la irradiación es de 2 h.s.p. es decir, aquellas algo superiores a  $\pm 35$  grados. La energía consumida por la instalación será idéntica a lo largo de los períodos de uso del Módulo, sin que se vea afectada por la estacionalidad.

Los datos necesarios que habrán de conocerse de cada equipo serán la potencia nominal de los equipos así como el número de horas de funcionamiento diario de los mismos.

A continuación se calcula el consumo total del Módulo Sostenible de Emergencias. Para ello se describen los equipos presentes en el mismo así como la potencia y el rendimiento de cada uno de ellos. Por otro lado, sabiendo el tiempo de utilización del elemento se obtiene su consumo diario.

Se han incluido los equipos de la ETAP como el grupo de presión, la bomba de lavado, el clorador y dispensador de coagulante, el compresor de lavado y los diferentes cabezales y electroválvulas. Se detallan las características de estos elementos en el apartado 5. Los tiempos de utilización han sido elegidos de tal forma que se prevea un funcionamiento continuo de la ETAP durante 8 horas, para lo cual el aporte de cloro y coagulante debe suministrarse durante un total de 15 minutos. El funcionamiento de las electroválvulas se estima de 2 horas en total y la bomba de lavado y el compresor funcionarán una media de media hora por cada 8 horas de trabajo de la ETAP.

Se ha incorporado un split de conductos para la refrigeración con un consumo de 2.000 W y una media de utilización de 1 hora diaria prevista para los tramos más calurosos del día. En el apartado 4.5 se detallan las posibilidades de uso del equipo de refrigeración.

Como elementos necesarios dentro del Módulo, encontramos un pequeño frigorífico para la conservación de los medicamentos así como la torre de anestesia. La utilización del frigorífico es continua, por lo que se establece que el funcionamiento de su compresor será de 5 horas, siendo la utilización de la torre estimada en 2 horas durante las intervenciones.

Finalmente se añaden los consumos del alumbrado de cada uno de los bloques en función de la utilización prestablecida así como seis tomas de corriente para la utilización de cualquier instrumento o equipo.

Descripción del equipo	Ud	P (W)	Rendimiento	Utilización (h/día)	Consumo (Wh/día)
Grupo de presión ETAP	1	600	0,9	8	5333,33
Bomba de lavado	1	550	0,9	0,5	305,56
Cabezales y electroválvulas	3	500	0,9	2	3333,33
Clorador	1	220	0,9	0,25	61,11
Compresor de lavado	1	350	0,9	0,5	194,44
Split refrigeración	1	2000	0,9	1	2222,22
Autoclave esterilización	1	1500	0,9	0,5	833,33
Frigorífico	1	120	0,9	5	666,67
Torreta de anestesia	1	70	0,9	2	155,56
Alumbrado atención primaria y enfermería	4	40	0,9	12	2133,33
Alumbrado bloque preoperatorio	4	40	0,9	12	2133,33
Alumbrado bloque quirófano	6	40	0,9	12	3200,00
Alumbrado aseos	2	40	0,9	3	266,67
Alumbrado sala energía SF	2	40	0,9	1	88,89
Alumbrado sala potabilizadora	2	40	0,9	1	88,89
Tomas de fuerza	6	250	0,9	2	3333,33
					24350 Wh/día

$$C_{TOT} = \sum_i^n \left( \frac{P * U}{\rho} \right) = 24.350 \text{ Wh/día}$$

Siendo:

$C_{TOT}$  = Consumo total de Módulo Sostenible de Emergencias.

P = Potencia consumida por el equipo.

U = Tiempo de utilización del equipo.

$\rho$  = Rendimiento del equipo.

Por lo tanto se establece que

#### 4.1.2. DATOS PARA EL CÁLCULO DEL SISTEMA

A continuación se detallan los datos necesarios para el cálculo del sistema fotovoltaico.

La eficiencia de la instalación en condiciones reales de trabajo tiene en cuenta pérdidas por dispersión de potencia, pérdidas por temperatura de la célula fotovoltaica, pérdidas por suciedad sobre los módulos fotovoltaicos, pérdidas eléctricas...

Pérdidas por temperatura de la célula: el rendimiento de los módulos disminuye con el incremento de la temperatura de trabajo a la que están sometidos. Por este concepto el sistema tiene unas pérdidas medias anuales de aproximadamente el 11 %

Pérdidas por Corriente Continua: Se considera un porcentaje de pérdidas en corriente continua de 15,5% detalladas a continuación:

- Pérdidas por inclinación y acimut: Según el Código Técnico de la Edificación (CTE)-HE5, las pérdidas asociadas a la inclinación y acimut, además de sombras (que en este caso son nulas), deben ser inferiores a los límites:

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

Para este tipo de instalación suponemos unas pérdidas por orientación e inclinación para el caso general del 10%.

- Pérdidas por degradación fotónica: Estas pérdidas se deben a la degradación de las células de silicio al ser expuestas al sol, se admite como valor el 0,5%.
- Pérdidas por dispersión de potencia: La potencia de todos los módulos no es exactamente la misma, por lo que al colocar los paneles en serie, la intensidad de paso de cada cadena será la menor de todos los paneles que componen la serie. El fabricante de nuestros paneles garantiza que su potencia está dentro del rango de 0+-4%
- Pérdidas por suciedad: En el caso del Módulo Sostenible de Emergencias en el que no permanecerá fijo en un emplazamiento durante largas temporadas se considera un factor de pérdidas por suciedad nulo.
- Pérdidas por refractancia: Las pérdidas que hacen referencia a los efectos angulares de reflexión y espectrales, cuyo caso se estiman en un 1%

La tensión nominal de los módulos ATERSA, elegidos en el apartado 4.1.3, es de 24 Vcc, por lo que se formarán series de dos módulos para obtener la tensión de trabajo del sistema de 48 Vcc, tensión elegida en función del sistema de acumuladores elegidos. La potencia pico de los paneles es de 290 Wp En el apartado 4.1.1 se ha desarrollado el cálculo del consumo total de la instalación. La profundidad de descarga de la batería viene dada por el fabricante, siendo en este caso de 60%. Se ha determinado una duración de autonomía de las baterías de 6 días, ya

que se consideran suficientes para proporcionar los servicios médicos de calidad, periodo tras el cual podrá ser usado el grupo electrógeno en caso de ser necesario.

La energía que capta un panel solar fotovoltaico va a depender tanto de la climatología del lugar como del ángulo de inclinación que el panel posea respecto a los rayos solares. El cálculo exacto de la energía solar incidente en una determinada ubicación es un complicado problema estadístico y físico. Debido a que el Módulo Sostenible de Emergencias no está destinado para una localización exacta no puede establecerse con exactitud la irradiación a la que estará expuesto. Sin embargo se pueden realizar aproximaciones suficientemente aceptables suponiendo que la energía recibida es la correspondiente a la media de diversas localizaciones comprendidas en latitudes de +/- 35º, concluyéndose que la irradiación media en el mes más desfavorable (diciembre en el hemisferio norte y junio en el hemisferio sur) puede admitirse de 2 horas solares pico (h.s.p.).

La energía de la que se alimentará el Módulo Sostenible de Emergencias proviene íntegramente del sol, a excepción de aquellos momentos en los que no sea posible y deba entrar en funcionamiento el grupo electrógeno de emergencias. Por ello se establece que un 100% de la energía necesaria para el módulo proviene del sistema fotovoltaico.

Se establece que régimen de trabajo del Módulo será continuo durante el tiempo que esté instalado en el lugar donde debe operar. Por ello los días de utilización del sistema por demanda será de 7 días por semana.

<b>Tensión del sistema (VS)</b>	48 Vcc
<b>Potencia pico del módulo (Pp)</b>	290 Wp
<b>Consumo total de la instalación (E)</b>	24350 Wh/día
<b>Pérdidas totales del sistema (e1)</b>	15,50%
<b>Margen adicional por temperatura (m1)</b>	11%
<b>Profundidad de descarga de la batería (DOD)</b>	60%
<b>Días de autonomía de la batería (A)</b>	6 días
<b>Irradiación solar (G)</b>	2 h.s.p.
<b>Energía fotovoltaica (E%)</b>	100%
<b>Días de utilización sistema por semana (d/s)</b>	7 días

#### 4.1.3. CÁLCULO DE LOS MÓDULOS

Los módulos fotovoltaicos transforman la radiación solar en electricidad, y de ellos dependerá en gran parte el rendimiento de la instalación, por lo que su elección debe hacerse de forma conciencia.

Según el pliego de condiciones técnicas del IDAE, los paneles deben ser iguales o compatibles entre ellos, así como estar certificados por algún laboratorio reconocido y homologado en la Comunidad Europea.

Pese a encontrar en el mercado paneles solares como el módulo policristalino AMERISOLAR - AS-6P30-250W que pueden alcanzar un 15,37 % de rendimiento, se ha optado por implantar

módulos solares ATERSA A-290P, que con un 14,91% de rendimiento tienen una garantía contrastada. Hay que tener en cuenta que el Módulo Sostenible de Emergencias estará expuesto a golpes durante los trasladados entre distintos emplazamiento, por ello, los módulos ATERSA A-290P son una buena elección, ya que están protegidos contra la suciedad, la humedad y los golpes por un cristal templado de alta resistencia con sistema antirreflejos y de alta transmisividad. Además son fabricados a partir de materiales de última generación y utilizan células de tecnología cristalina. El marco es de aluminio anodizado y lleva una serie de agujeros permitiendo una muy buena fijación a la estructura metálica. Sus características son:

- Potencia: 290 Wp
- Tecnología: Silicio policristalino
- Corriente en el punto de máxima potencia (Imp): 8,07 A
- Tensión en el punto de máxima potencia (Vmp): 35,93 V
- Corriente en cortocircuito (Isc): 8,67 A
- Tensión en circuito abierto (Voc): 44,67 V

En el Anexo II puede verse a ficha técnica de los módulos solares ATERSA A-290P.

A partir de la potencia de captación del panel elegido (Pp), en vatios-pico (Wp), del consumo total de la instalación y de la energía incidente estimada, obtenemos el número de paneles de la instalación

$$Nº \text{ de módulos} = \frac{E\% * E * (1 + e1) * (1 + m1) * (\frac{d}{s})}{G * Pp}$$

$$Nº \text{ de módulos} = \frac{1 * 24350 \text{ Wh/día} * 1,155 * 1,11 * 7/7}{2 \text{ h. s. p.} * 290 \text{ Wp}} = 53,82 \text{ módulos}$$

Donde;

- E%: Energía fotovoltaica.
- E: Consumo total de la instalación.
- E1: Pérdidas totales del sistema.
- M1: Margen adicional por temperatura.
- d/s: Días de utilización sistema por semana.
- G: Irradiación de referencia.
- CM: Corriente media del módulo.
- VM: Tensión nominal del módulo.

Para conseguir la tensión de trabajo del sistema de 48 Voltios, se necesita formar series de 2 módulos, teniendo 27 grupos en paralelo, en total para conseguir la energía requerida y redondeando necesitamos 54 módulos.

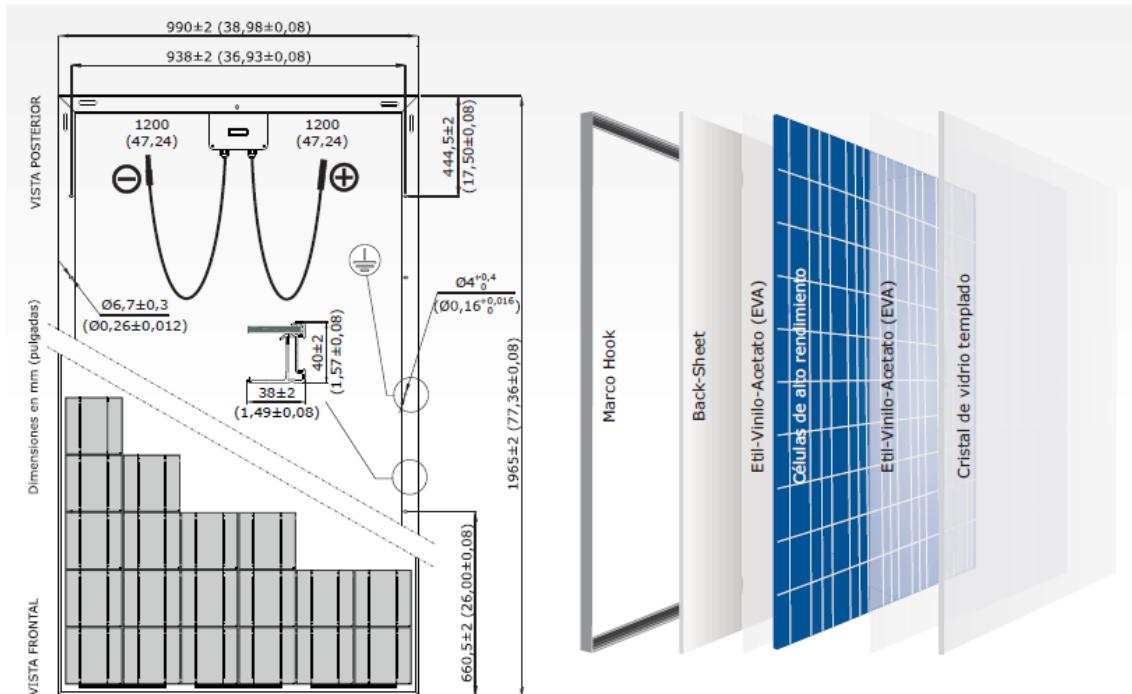


Ilustración 23: Módulo fotovoltaico ATERSA

#### 4.1.4. CÁLCULO DE LA BATERÍA

Este elemento es el encargado de almacenar la energía eléctrica generada por los paneles fotovoltaicos para ser usada en los momentos de poca radiación solar o de noche. Las baterías están formadas por dos compuestos generalmente (Plomo y ácido). Están construidas en módulos denominados vasos, que tendrán dos electrodos: el positivo y el negativo, con una diferencia de potencial de 2 voltios.

La cantidad de energía que puede almacenar una batería depende de su capacidad que se mide en Ah y se dimensiona teniendo en cuenta los consumos a los que tiene que abastecer.

Para el Módulo Sostenible de Emergencias se ha optado por baterías de GEL, ya que componen de un electrolito gelificado, con lo cual nunca puede haber ningún tipo de derrame si se volcase la batería por accidente o durante el traslado del Módulo, como si podría ocurrir con una batería de ácido-plomo convencional. Otra ventaja de estas baterías es que no requieren mantenimiento ni es necesario realizar el relleno constante del líquido perdido.

Concretamente la batería propuesta es el modelo Sonnenschein A602/1415 Solar, se trata de una batería con tecnología gel libre de mantenimiento. Este gel se forma añadiendo sílice, que hace que el electrolito se gelifique. Además permite llegar a profundidades de descarga relativamente altas.

Para definir el tamaño del sistema de acumulación es necesario definir previamente los días de autonomía del mismo, es decir, el tiempo que podrá funcionar la instalación sin recibir radiación solar en condiciones adecuadas. Para una aplicación de vital importancia, como es el caso de estudio, se establece de 6 días.

Para la batería elegida se recomienda una profundidad máxima de descarga del 60%, correspondiente al límite de descarga que puede alcanzar la batería, sin perjudicarla de cara a sus prestaciones.

La batería está compuesta por 6 elementos de 2 V cada uno, obteniéndose una tensión nominal de 12 V. Sus características son:

- Electrolito: gelificado
- Capacidad: entre 295 Ah y 3920 Ah
- Tensión nominal: 12 V
- Rango de temperaturas: -40 °C y 50 °C
- Autodescarga: < 2% al mes
- Profundidad de descarga (DOD): 60%

$$\text{Capacidad batería} = \frac{E * (1 + m1) * A}{DOD * VS} = \frac{24350 \frac{\text{Wh}}{\text{día}} * 1,10 * 6 \text{días}}{0,6 * 48V} = 5580,21 \text{ Ah}$$

La batería comercial elegida para alcanzar el valor calculado con anterioridad, 5580,21 Ah es la batería Sonnenschein A602/1415 Solar con una capacidad C100 de 1382 Ah. Para alcanzar la tensión del sistema, 48 V, se necesitarán 4 baterías en serie y para lograr la capacidad necesaria se colocarán 4 baterías en paralelo. Por lo tanto la capacidad total del Módulo Sostenible de Emergencias será de 5528 Ah.

Según el IDAE, para asegurar la carga adecuada de las baterías, la capacidad nominal del acumulador no debe exceder la corriente de cortocircuito más de 25 veces. Por lo tanto, sabiendo que la intensidad de cortocircuito de los paneles elegidos es de 8,67, habiendo 27 grupos en paralelo se observa que se cumple la condición:

$$25 * Iccs > 5528 \text{ Ah}$$

$$25 * 8,67 * 27 > 5528 \text{ Ah}$$

$$5852,25 \text{ Ah} > 5528 \text{ Ah}$$

#### 4.1.5. CÁLCULO DEL REGULADOR

Este es el equipo encargado de gestionar la carga de las baterías, evitando las sobrecargas y descargas excesivas de estas.

El modelo elegido para el Módulo Sostenible de Emergencias es el regulador LEO20 50 A 48V. Una ventaja de esta familia de reguladores, es que permiten interconectarse entre ellos para ampliar la capacidad de carga a razón de 50A por equipo. En el Anexo II pueden observarse las características técnicas de estos equipos.

Estos reguladores, implementan un algoritmo inteligente que logra que el regulador se integre en el sistema optimizando sus tareas de regulación y gestión de la carga. Los reguladores LEO 20 realizan electrónicamente las tareas de mantenimiento de los acumuladores de manera automática, prolongando así su vida útil.

Además, el regulador de carga LEO 20, 50A 48V está indicado para sistemas de pequeña potencia en los que se necesita un equipo flexible, fiable y de muy bajo consumo.

- Tensión de trabajo: 48 Vcc
- Corriente máxima de entrada: 50 A
- Corriente máxima de consumos: 50 A
- Consumo medio: 12 mA
- Temperatura de funcionamiento: entre -20 °C y 40 °C
- Protección contra sobrecarga: SI
- Altura máxima de trabajo: 2500 m
- Protección contra sobretensiones, inversiones de polaridad y cortocircuitos.

A la hora de elegir el regulador de carga se debe fijar la tensión nominal de operación, en este caso de 48 V. Además debe ser capaz de soportar las corrientes que debe gestionar, es decir, la corriente que envían los paneles y la corriente que absorben las cargas. Como recomendación se establece que la corriente nominal del regulador sea un 25% superior a la corriente que proviene de los paneles o absorbe la carga.

$$I_{\text{paneles}} = N^{\circ} \text{ modulos paralelo} * I_{\text{cc}} = 1,25 * 27 * 8,67 \text{ A} = 292,61 \text{ A}$$

$$P_{\text{pico}} = (600W + 550W + 3 * 500 \text{ W} + 220W + 350W + 2000W + 1500W + 120W + 70W + 20 * 40W + 6 * 250) = 9210W$$

$$I_{\text{carga}} = 1,25 * \frac{9210 \text{ W}}{48 \text{ V}} = 239,58 \text{ A}$$

Sabiendo que la corriente en cortocircuito en paneles que soporta el regulador es de 50 A y que la de nuestra instalación es de 292,61 A se instalarán un regulador LEO20 50 A 48V Maestro y 6 LEO20 50 A 48V Esclavo, conectando a cada uno 4 grupos de placas en paralelo, excepto a uno de ellos, que llevará conectados 3 grupos de placas.

#### 4.1.6. CÁLCULO DEL INVERSOR

Este elemento se encarga de transformar la corriente continua producida por los paneles fotovoltaicos, en corriente alterna apta para el consumo de los receptores convencionales, es decir, este equipo es capaz de convertir la energía generada por los paneles en energía como la suministrada por la compañía eléctrica, apta para cualquier receptor convencional.

En nuestro caso, se han barajado distintas marcas y modelos de inversores como los inversores ATERSA BCR 150-3000 cuyo rango de potencias no supera los 3000 vatios. En el Módulo Sostenible de Emergencias nos encontramos con la necesidad de simplificar la instalación así como buscar reducir en lo posible los equipos para ahorrar espacio, por ello se ha optado por instalar un único inversor de potencia suficiente para toda la instalación solar fotovoltaica. Por este motivo se ha optado por instalar un inversor de la marca ZIGOR SOLAR XTR3, de onda senoidal pura. Estos inversores han sido especialmente concebidos para satisfacer las necesidades de las aplicaciones más variadas y asegurar su perfecto funcionamiento en todas

las condiciones. En el Anexo II pueden observarse las características técnicas de este equipo. El inversor ZIGOR SOLAR XTR3 permite gran versatilidad y un buen funcionamiento en todas las condiciones. Sus características son:

- Potencia nominal continua: 10.000 VA / 10000 W
- Potencia pico: +300 % de la potencia nominal.
- Tensión de salida regulada: 170-280 VAC 90-280 VAC.
- Tensión nominal de entrada: 48 Vcc (40 ~ 64 Vcc).
- Frecuencia de salida: 50/60 Hz +/-0,1 Hz (regulada)
- Forma de onda: senoidal pura
- Rendimiento máximo: 93 %
- Consumo en reposo: < 5 W

Se calcula la potencia pico consumida en el Módulo Sostenible de Emergencias.

$$P_{pico} = (600W + 550W + 3 * 500W + 220W + 350W + 2000W + 1500W + 120W + 70W + 20 * 40W + 6 * 250) = 9210W$$

La potencia pico máxima que se debe aportar es de 9210 W. Por lo tanto, y sabiendo que se requiere una simultaneidad de los consumos del 100% el modelo del inversor que se necesita es ZIGOR SOLAR XTR3 10 48V.

## 4.2. INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS

En este apartado se detallarán las condiciones básicas que deben cumplirse a la hora de instalar cada equipo en el conjunto del Módulo Sostenible de Emergencias. Se determinará la ubicación, orientación de los módulos y el resto de equipos distancia entre placas. También se detallarán los cálculos necesarios para la realización de las instalaciones eléctricas.

### 4.2.1. ESTRUCTURA SOPORTE

A la hora de elegir la estructura para el soporte de los módulos solares debemos intentar reducir el peso para facilitar el traslado del Módulo, así como buscar una estructura lo suficientemente robusta como para soportar los distintos traslados, montajes y desmontajes de los paneles para los traslados. Por ello se han elegido perfiles de aluminio tratado, con la finalidad de reducir las cargas que deberá soportar la cubierta y garantizar una protección eficaz contra las inclemencias ambientales y posibles golpes, prolongando la duración y disminuyendo el mantenimiento de la instalación.



Ilustración 24: Estructura para los módulos solares fotovoltaicos

#### 4.2.2. INCLINACIÓN, SEPARACIÓN Y ORIENTACIÓN DE LOS MÓDULOS

Los módulos deben protegerse de posibles sombras proyectadas de obstáculos como árboles y tejados. Según el IDAE se debe determinar la orientación e inclinación óptimas para el período de diseño elegido. En la siguiente tabla se presentan los períodos de diseño habituales y la correspondiente inclinación ( $\beta$ ) del generador, que hace que la colección de energía sea máxima.

Período de diseño	$\beta_{opt}$
Diciembre	$\phi + 10$
Julio	$\phi - 20$
Anual	$\phi - 10$

$\phi$  = Latitud del lugar en grados

En nuestro caso la inclinación de los módulos en función de la latitud donde se instale el Módulo Sostenible de Emergencias será equivalente a la latitud menos 10º:

LATITUD º	0	10	15	20	25	30	35
INCLINACIÓN MÓDULOS º	0	0	5	10	15	20	25

Como se indica en el IDAE, la distancia  $d$ , medida sobre la horizontal, entre filas de módulos o entre una fila y un obstáculo de altura  $h$  que pueda proyectar sombras, se recomienda que sea tal que se garanticen al menos 4 horas de sol en torno al mediodía del solsticio de invierno.

Por lo tanto,  $d$  ha de ser como mínimo igual a  $h * k$ , siendo  $k$  un factor adimensional al que se le asigna el valor  $1/\tan(61^\circ - \text{latitud})$ .

$$d = \frac{h}{\tan(61^\circ - \text{latitud})}$$

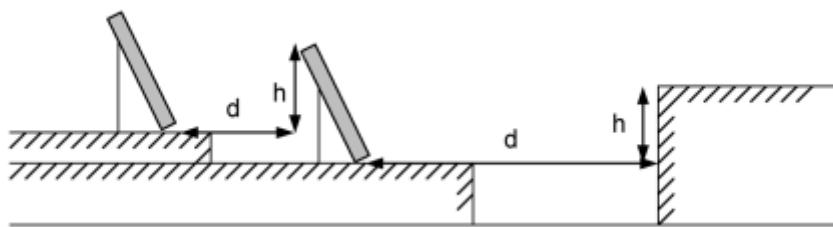


Ilustración 25: Separación de los módulos

En nuestro caso, para las distintas latitudes, la distancia de separación entre dos placas será:

LATITUD º	0	10	15	20	25	30	35
INCLINACIÓN MÓDULOS º	0	0	5	10	15	20	25
DISTANCIA ENTRE MODULOS mm	0	0	165	393	700	1118	1705

Sin embargo, no será siempre posible orientar e inclinar el generador de forma óptima, ya que pueden influir otros factores como son la acumulación de suciedad en los módulos, la resistencia al viento, las sombras, etc.

En el caso del Módulo Sostenible de Emergencias nos encontramos con la limitación del espacio disponible en el techo de los contenedores, siendo esta medida de 2438 mm. Por ello la inclinación óptima que se ha establecido es de 10 grados, ya que es la inclinación máxima que permite la colocación de todos los paneles solares sobre el techo de los bloques que conforman el Módulo.

En nuestro caso, para una latitud de +35º y una inclinación de 10º la distancia de separación entre dos paneles debe ser de:

$$d = \frac{h}{\tan(61^\circ - \text{latitud})} = \frac{341,22 \text{ mm}}{\tan(61^\circ - 35^\circ)} = 698 \text{ mm}$$

Para captar la máxima energía solar los módulos deben orientarse hacia el ecuador. Este dato se debe tener en cuenta en función del lugar donde se instale el Módulo, de forma que si se encuentra en una localización del hemisferio norte, los paneles deben orientarse al sur, y en el caso en el que el Modulo deba trabajar desde el hemisferio sur, los paneles se orientarán hacia el norte.

#### 4.2.3. UBICACIÓN E INSTALACIÓN DE BATERÍAS, INVERSOR Y REGULADOR

Tanto el regulador como la batería deben permanecer bajo cubierta, alejados de cualquier fuente de calor y de la radiación solar. La sala de baterías debe asegurar un adecuado aislamiento térmico y una buena ventilación, por lo que se instalará un extractor helicoidal que facilite la expulsión de posibles gases tóxicos.

#### 4.2.4. DIMENSIONADO DEL CABLEADO

A la hora de realizar la instalación eléctrica es muy importante elegir la sección adecuada del cableado, ya que en corriente continua se trabaja con muy baja tensión, en este caso de 48 V, por lo que las intensidades de corriente que se generarán serán de valores muy elevados, originándose pérdidas elevadas en forma de calor, deteriorando el cableado e incluso produciendo incendios.

Para minimizar este riesgo se deben reducir al máximo la longitud del cableado, instalando los reguladores, las baterías y el inversor lo más cercanos posibles. Todos los conductores serán de cobre aislado tipo RV-K0.6/1kV. Debido a que los cables podrán tener que pasar por zonas expuestas al sol, todos serán de tipo intemperie y resistentes a los rayos UV.

La sección obtenida debe adaptarse a los distintos conductores existentes en el mercado, además de adecuarse al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, respetando separación, señalización, protecciones.

Además, las caídas mínimas de tensión deberán encontrarse por debajo de los siguientes valores:

- Caída de tensión máxima del 3 % entre módulos y regulador/inversor.
- Caída de tensión máxima del 1% entre regulador y baterías.
- Caída de tensión máxima del 1 % entre baterías e inversor.
- Caída de tensión máxima del 1 % entre inversor y regulador.
- Caída de tensión máxima del 3% máximo entre inversor/regulador y cargas.

Para el cálculo de la sección mínima que debe cumplirse en los conductores se pueden aplicar las siguientes fórmulas para corriente continua como alterna:

**En corriente continua:**

$$S = \frac{2 * L * I * \delta}{V_A - V_B} = \frac{2 * L * I}{56 * (V_A - V_B)}$$

- L: La longitud de la conducción
- I: La intensidad
- $\delta$ : La resistencia específica cuyo valor a 20º C, para hilo estirado en frío, con una resistencia de más de 30 kg/mm<sup>2</sup> y con un diámetro mayor o igual a 1 mm es 1/56 Wmm<sup>2</sup> m<sup>-1</sup> = 0.001786 Wmm<sup>2</sup> m<sup>-1</sup>
- (V<sub>A</sub> - V<sub>B</sub>): Caída de tensión máxima admisible

**En corriente alterna monofásica:**

$$S = \frac{2 * L * I * \delta * \cos\varphi}{V_A - V_B}$$

- L: La longitud de la conducción
- I: La intensidad
- $\delta$ : La resistencia específica cuyo valor a 20º C, para hilo estirado en frío, con una resistencia de más de 30 kg/mm<sup>2</sup> y con un diámetro mayor o igual a 1 mm es 1/56 Wmm<sup>2</sup> m<sup>-1</sup> = 0.001786 Wmm<sup>2</sup> m<sup>-1</sup>
- (V<sub>A</sub> - V<sub>B</sub>): Caída de tensión máxima admisible
- Cos  $\varphi$ : Angulo de desfase entre la tensión e intensidad

A la hora de dimensionar los conductores, además de la caída de tensión, es necesario calcular la temperatura admisible del mismo. Esta temperatura marcará el límite a partir del cual el aislamiento sufrirá alteraciones de sus propiedades eléctricas, mecánicas o químicas. Para calcularlo se aplica la siguiente fórmula.

**Temperatura máxima:**

$$T = T_0 + T_{max} - T_0 * \left( \frac{I}{I_{max}} \right)^2$$

- T: Temperatura real estimada en el conductor.
- T<sub>0</sub>: Temperatura ambiente del conductor.
- T<sub>max</sub>: Temperatura máxima admisible para el conductor según su tipo de aislamiento.
- I<sub>max</sub>: Intensidad máxima admisible para el conductor según el tipo de instalación.

#### 4.2.5. RED DE TIERRAS

Todas las instalaciones cuyas tensiones superan los 48 voltios deben contar con una toma de tierra. En el caso del Módulo Sostenible de Emergencias, cuya tensión de trabajo es de 48 V se conectará la estructura del generador y los marcos metálicos de los módulos a una toma de tierra, que será la misma que la del resto de la instalación.

La puesta o conexión a tierra debe ser una unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo mediante una toma de tierra con un electrodo enterrado en el suelo.

Mediante la instalación de puesta a tierra se conseguirá que se permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico. Para el caso del Módulo Sostenible de Emergencias se opta por la instalación de varias picas enterradas, que podrán ser extraídas una vez finalizado el servicio en una determinada región.

Para reducir el valor de la resistencia del electrodo pueden conectarse varias picas en paralelo, manteniendo una distancia mínima entre ellas igual al doble de su longitud. Asimismo debe tenerse en cuenta que picas de gran longitud pueden llegar a alcanzar estratos con resistividades menores, que ayuden a la mejora de la instalación. La fórmula utilizada para estimar la resistencia de tierra en función de la resistividad del terreno y las características del electrodo para las picas es:

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

- R: Resistencia de tierra en Ohm
- $\rho$ : Resistividad del terreno (Ohm.m)
- L: Longitud del conductor (m)

Para la resistividad del terreno se puede usar la siguiente tabla:

NATURALEZA DEL TERRENO	Resistividad en ohm*metro
<b>Terrenos pantanosos</b>	de algunas unidades a 30
<b>Limo</b>	20 a 100
<b>Humus</b>	10 a 100
<b>Turba húmeda</b>	5 a 100
<b>Arcilla plástica</b>	50%
<b>Margas y Arcillas compactas</b>	100 a 200
<b>Margas del Jurásico</b>	30 a 40
<b>Arena arcillosa</b>	50 a 500
<b>Arena silícea</b>	200 a 3.000
<b>Suelo pedregoso cubierto de césped</b>	300v a 5.000
<b>Suelo pedregoso desnudo</b>	1.500 a 3.000
<b>Calizas blandas</b>	100 a 300
<b>Calizas compactas</b>	1.000 a 5.000
<b>Calizas agrietadas</b>	500 a 1.000

<b>Pizarras</b>	50 a 300
<b>Roca de mica y cuarzo</b>	800
<b>Granitos y gres procedente de alteración</b>	1.500 a 10.000
<b>Granito y gres muy alterado</b>	100 a 600

Se debe cumplir la siguiente condición:

$$Ra * Ia \leq U$$

- Ra: Suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección.
- Ia: Corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección.
- U: Es la tensión de contacto límite convencional, que en este caso será de 50 V al considerarse un local seco.

#### 4.3.GRUPO ELECTRÓGENO

La fuente de energía que alimentará al Módulo Sostenible de Emergencias son las placas solares, sin embargo, para asegurar la alimentación de las cargas se instalará un grupo electrógeno de apoyo.

Dada la criticidad de algunos elementos del Módulo Sostenible de Emergencias, el cuadro eléctrico se subdividirá en “Servicios Preferentes” y “Servicios No Preferentes”, de forma que se puedan prescindir de alimentación eléctrica ciertas cargas como el alumbrado de áreas secundarias o la ETAP, manteniendo sin embargo alimentados elementos críticos como puede ser el alumbrado del quirófano, la torre de anestesia...

Es importante tener en cuenta los picos de intensidad consumidos por los equipos en el momento del arranque. En sistemas de arranque ligero como son las bombas, suele tomarse el factor de corrección 2. A continuación se calcula la potencia total consumida por el Módulo Sostenible de Emergencias aplicando los factores de corrección.



Ilustración 26: Grupo electrógeno GENESAL ENERGY

Descripción del equipo	Ud	P (W)	P total (W)	Factor arranque	Potencia arranque (W)
<b>Grupo de presión ETAP</b>	1	600	600	2	1200
<b>Bomba de lavado</b>	1	550	550	2	1100
<b>Cabezales y electroválvulas</b>	3	500	1500	1	1500
<b>Clorador</b>	1	220	220	1	220
<b>Compresor de lavado</b>	1	350	350	2	700
<b>Split refrigeración</b>	1	2000	2000	1	2000
<b>Autoclave esterilización</b>	1	1500	1500	1	1500
<b>Frigorífico</b>	1	120	120	1	120
<b>Torreta de anestesia</b>	1	70	70	1	70
<b>Alumbrado atención primaria y enfermería</b>	4	40	160	1	160
<b>Alumbrado bloque preoperatorio</b>	4	40	160	1	160
<b>Alumbrado bloque quirófano</b>	6	40	240	1	240
<b>Alumbrado aseos</b>	2	40	80	1	80
<b>Alumbrado sala energía SF</b>	2	40	80	1	80
<b>Alumbrado sala potabilizadora</b>	2	40	80	1	80
<b>Tomas de fuerza</b>	6	250	1500	1	1500
<b>Total potencia con factores de arranque</b>					<b>10710 W</b>

Teniendo en cuenta que, en el caso más desfavorable, el Módulo Sostenible de Emergencias consumirá 10,71 kW, que sería la potencia que eventualmente podría solicitarse al generador, cuyo factor de potencia es de 0,8 se obtiene:

$$Q(kVA) = \frac{P(kW)}{\cos\varphi} = \frac{10,71 \text{ kW}}{0,8} = 13,38 \text{ kVA}$$

Siendo:

- P(kW): Potencia total con factores de arranque.
- $\cos\varphi$ : Factor de potencia.

Por ello la potencia aparente del grupo electrógeno será de aproximadamente 15 kVA, considerando que todos los equipos trabajan simultáneamente.

Se ha elegido un grupo electrógeno de la marca GENESAL ENERGY modelo XS POWER GEN16LC. Se ha tomado esta opción por la necesidad de incorporar un equipo silencioso, que permita realizar los trabajos en el Módulo Sostenible de Emergencias de forma cómoda. En el Anexo II pueden verse la hoja de características del grupo electrógeno elegido.

Se debe apuntar que la opción más utilizada en instalaciones aisladas con apoyo de grupo electrógeno es la de dimensionar este grupo con capacidad suficiente para alimentar los

consumos además de realizar la carga de las baterías, no obstante el Módulo Sostenible de Emergencias busca ser totalmente autónomo y valerse únicamente de la instalación fotovoltaica, por lo que las baterías se han dimensionado para garantizar 6 días de autonomía, haciendo que el tamaño de un grupo electrógeno con suficiente capacidad como para alimentar los consumos y cargar las baterías sea inviable dentro del Módulo.

#### 4.4. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

El Módulo Sostenible de Emergencias obtiene la energía mediante los módulos fotovoltaicos y la almacena directamente en las baterías en forma de corriente continua. La carga de éstas se controla mediante el regulador solar. El inversor se encarga de convertir la energía almacenada de corriente continua a corriente alterna para suministrar electricidad a los elementos del Módulo.

Por otro lado, el grupo electrógeno automático a través de su controlador, analiza el estado de la energía suministrada por el sistema fotovoltaico, arrancando en el momento en que se detecten valores de tensión superiores o inferiores al margen de tensión establecida o cuando la carga de las baterías alcance el 20%. A continuación se muestra el esquema de principio de la instalación:

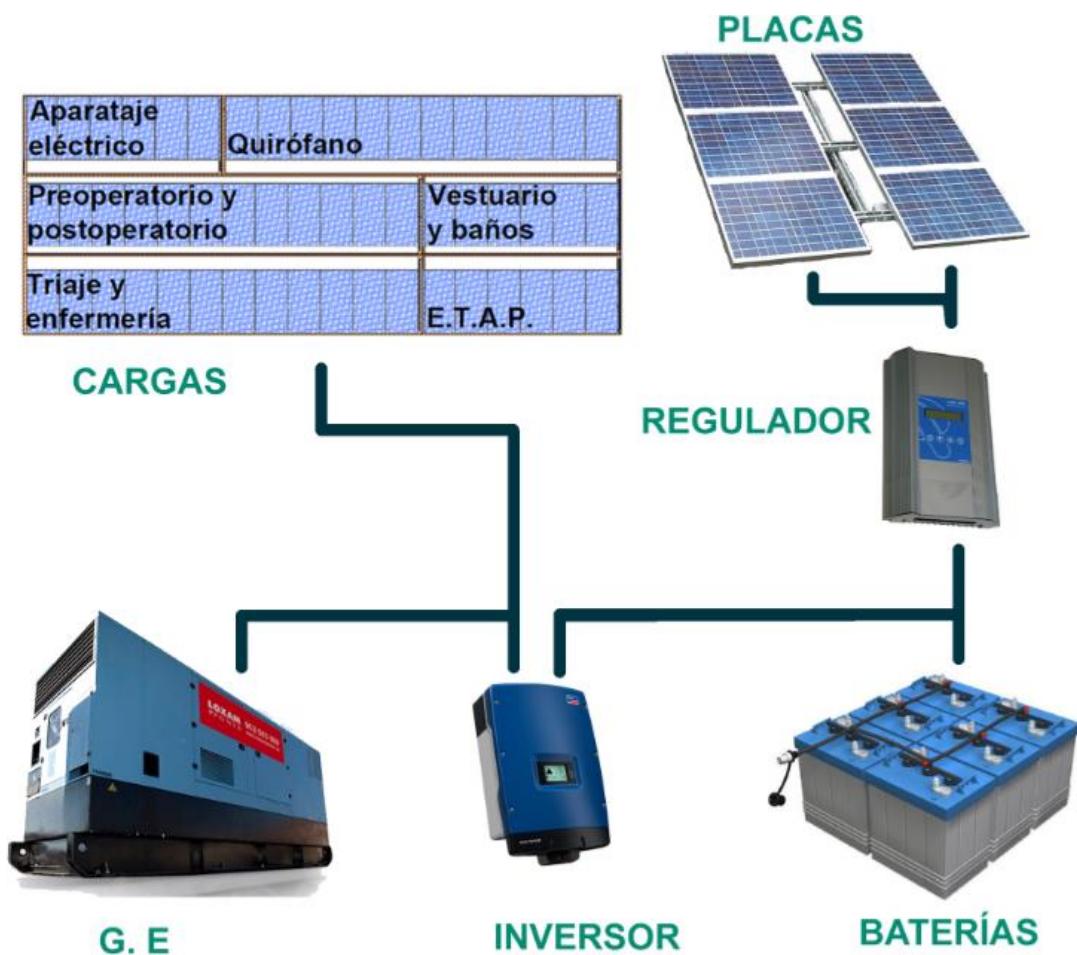


Ilustración 27: Principio de funcionamiento del Módulo Sostenible de Emergencias

## 4.5. ESTUDIO DE LAS POSIBLES LOCALIZACIONES

En este apartado se realiza un estudio del comportamiento del Módulo Sostenible de Emergencias en función de las distintas localizaciones en las que podrá trabajar el Módulo.

En función del lugar del mundo en el que se realice la instalación del Módulo Solar Fotovoltaico cambiarán los valores de la energía recibida por el sistema, es decir, variará la irradiación solar. Es complicado realizar el cálculo de dicha energía de forma exacta, pero pueden hacerse aproximaciones en función de la longitud y la latitud que ofrezcan un valor orientativo muy próximo.

Hay que recordar que siempre es aconsejable hacer un estudio previo de la zona de instalación dado que la irradiación no depende solo de la latitud del lugar. Otros factores que influyen en mayor o menor medida son la altitud, el tipo de vegetación, el tipo de suelo, etc.

Para conocer la respuesta que tendría el Modulo Solar Fotovoltaico en función de la latitud de su localización se han dividido el globo terráqueo en distintas longitudes, estudiando la irradiación solar en cada una de ellas, de forma que se ha obtenido un valor de irradiación media para cada una de las latitudes.

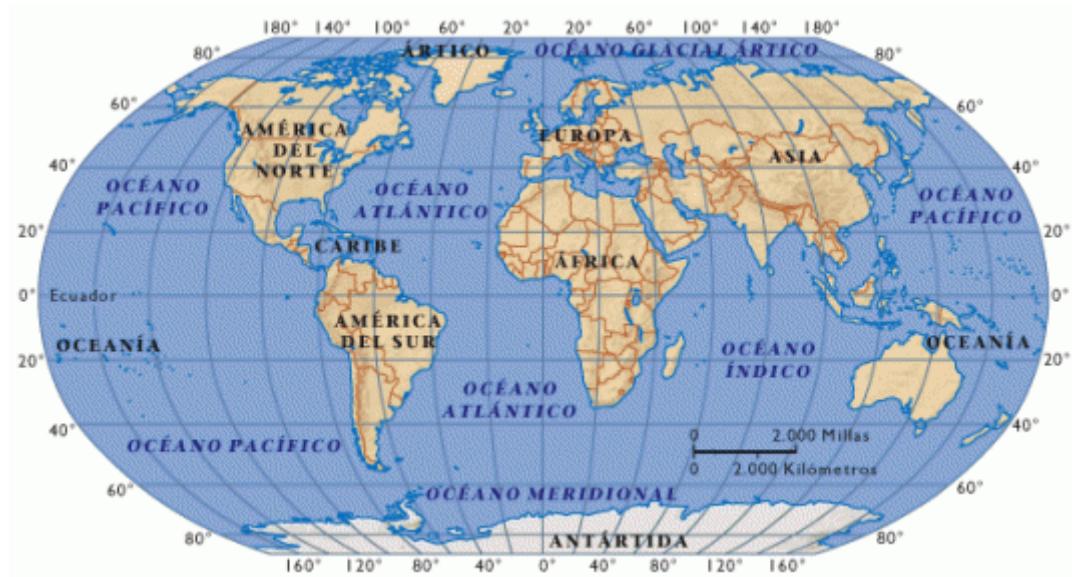


Ilustración 28: División de la tierra en longitudes y latitudes

Las latitudes estudiadas son las comprendidas entre  $\pm 35^{\circ}$ , y las longitudes.

Para obtener los valores de irradiación en función de la longitud y la latitud se ha recurrido a la fuente de datos de la NASA, usada por el programa RETSCREEN. Desde el enlace <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/> se puede acceder a dicho programa, el cual nos ofrece una amplia variedad de datos, entre los que se encuentra la irradiación solar diaria. Ya que se para el cálculo del sistema solar del Módulo se ha usado el método del mes peor, se han tomado los datos de dicho mes para cada una de las latitudes y longitudes en las que se ha dividido el mundo, hay que tener en cuenta que dicho mes no es el mismo para las distintas localizaciones. En este caso hemos elegido 4 opciones principales en base a la latitud.

LATITUDES		LONGITUDES																MEDIA						
		-150º	-120º	-90º	-60º	-30º	0º	30º	60º	90º	120º	150º	180º											
35º	1,97	35º	2,48	35º	2,09	35º	1,93	35º	2,19	35º	2,31	35º	2,76	35º	2,41	35º	3,06	35º	2,53	35º	1,83	35º	2,00	2,51
30º	2,68	30º	3,21	30º	2,59	30º	2,83	30º	2,98	30º	2,99	30º	2,69	30º	3,19	30º	3,72	30º	2,63	30º	2,57	30º	2,76	3,17
25º	3,55	25º	3,51	25º	3,43	25º	3,72	25º	3,73	25º	3,60	25º	3,64	25º	3,68	25º	4,21	25º	2,39	25º	3,45	25º	3,64	3,87
20º	4,28	20º	3,49	20º	3,98	20º	4,52	20º	4,30	20º	4,07	20º	4,38	20º	4,78	20º	4,74	20º	3,25	20º	4,29	20º	4,49	4,60
15º	4,79	15º	4,03	15º	3,52	15º	5,04	15º	4,63	15º	4,98	15º	5,27	15º	5,08	15º	4,92	15º	4,31	15º	4,97	15º	5,07	5,15
10º	4,92	10º	4,18	10º	5,89	10º	5,16	10º	4,78	10º	5,41	10º	5,85	10º	5,22	10º	4,91	10º	5,30	10º	5,17	10º	5,22	5,64
5º	4,83	5º	4,86	5º	4,25	5º	4,29	5º	3,86	5º	4,71	5º	4,80	5º	4,96	5º	4,77	5º	5,33	5º	4,96	5º	4,65	5,12
0º	6,44	0º	6,36	0º	5,87	0º	4,97	0º	5,29	0º	5,30	0º	4,92	0º	5,98	0º	5,18	0º	4,71	0º	5,51	0º	5,90	6,04
-5º	5,91	-5º	6,13	-5º	4,95	-5º	4,17	-5º	5,62	-5º	5,44	-5º	4,60	-5º	4,83	-5º	4,60	-5º	4,38	-5º	4,62	-5º	5,34	5,51
-10º	5,28	-10º	5,46	-10º	4,47	-10º	4,47	-10º	5,37	-10º	4,18	-10º	4,98	-10º	4,76	-10º	4,21	-10º	4,75	-10º	4,64	-10º	4,53	5,19
-15º	4,71	-15º	5,07	-15º	4,25	-15º	4,39	-15º	4,98	-15º	3,95	-15º	4,93	-15º	4,59	-15º	4,17	-15º	5,05	-15º	4,55	-15º	4,27	4,99
-20º	4,01	-20º	4,31	-20º	3,90	-20º	3,45	-20º	4,34	-20º	3,92	-20º	4,47	-20º	4,18	-20º	4,03	-20º	5,02	-20º	4,16	-20º	3,73	4,50
-25º	3,23	-25º	3,46	-25º	3,47	-25º	2,88	-25º	3,65	-25º	3,46	-25º	4,07	-25º	3,62	-25º	3,60	-25º	3,82	-25º	3,79	-25º	3,23	3,84
-30º	2,69	-30º	2,65	-30º	3,11	-30º	2,65	-30º	2,80	-30º	2,93	-30º	3,40	-30º	3,01	-30º	2,92	-30º	3,16	-30º	3,18	-30º	2,78	3,21
-35º	2,23	-35º	2,02	-35º	2,18	-35º	2,22	-35º	2,12	-35º	2,23	-35º	2,54	-35º	2,29	-35º	2,28	-35º	2,40	-35º	2,37	-35º	2,27	2,47

Los resultados obtenidos están expresados en Horas Solares Pico o kWh/m<sup>2</sup>

De esta forma se han obtenido distintos valores medios de radiación para cada una de las latitudes comprendidas entre  $\pm 35^\circ$  y en función de estos valores se ha estudiado la capacidad del Módulo Solar Fotovoltaico para mantener sus sistemas operativos.

### Latitudes con radiación solar 2 hsp

Para instalaciones que se encuentren en latitudes de algo más de  $\pm 35^\circ$  con radiación en el peor mes del año de 2 HSP. En este caso la relación de consumos del sistema sería la siguiente:

Descripción del equipo	Ud	P (W)	Redimiento	Utilización (h/día)	Consumo (Wh/día)
ETAP	1	600	0,9	8	9.227,78
Split refrigeración	1	2000	0,9	1	2.222,22
Alumbrado	4	40	0,9	12	7.911,11
Tomas de fuerza	6	250	0,9	2	3.333,33
Otros	1	1500	0,9	5	1.655,56
					24.350,00 Wh/día

### Latitudes con radiación solar 4 hsp

Para los casos en los que las instalaciones se encuentren en latitudes comprendidas entre  $\pm 20^\circ$  y  $\pm 30^\circ$  y con radiación en el peor mes del año de 4 HSP. En este caso la relación de consumos del sistema sería la siguiente:

Descripción del equipo	Ud	P (W)	Redimiento	Utilización (h/día)	Consumo (Wh/día)
<b>ETAP</b>	1	600	0,9	16	18.455,56
<b>Split refrigeración</b>	1	2000	0,9	1,5	3.333,33
<b>Alumbrado</b>	4	40	0,9	16	10.400,00
<b>Tomas de fuerza</b>	6	250	0,9	9	15.000,00
<b>otros</b>	1	1500	0,9	5	1.655,56
					<b>47.188,89 Wh/día</b>

### Latitudes con irradiación solar 6 hsp

En este último caso en los que las instalaciones se encuentren en latitudes comprendidas entre el ecuador y  $\pm 20^{\circ}$  con irradiación en el peor mes del año de 6 HSP. En este caso la relación de consumos del sistema sería la siguiente:

Descripción del equipo	Ud	P (W)	Redimiento	Utilización (h/día)	Consumo (Wh/día)
<b>ETAP</b>	1	600	0,9	24	27.683,33
<b>Split refrigeración</b>	1	2000	0,9	2	4.444,44
<b>Alumbrado</b>	4	40	0,9	20	12.888,89
<b>Tomas de fuerza</b>	6	250	0,9	16	26.666,67
<b>otros</b>	1	1500	0,9	5	1.655,56
					<b>73.338,89 Wh/día</b>

### Conclusiones para cada latitud

En los tres casos se mantendría el mismo número de módulos: 2 series de módulos, con 27 grupos en paralelo, haciendo un total de 54 módulos.

La diferencia principal radica en el aumento del tiempo de funcionamiento de la planta potabilizadora, es decir:

Para latitudes con irradiación de 2 hsp el sistema de potabilización de agua funcionaría durante 8 horas al día, ofreciendo agua potable a alrededor de 320 personas por ciclo de funcionamiento. En latitudes con 4 hsp de irradiación podría funcionar durante 16 horas, lo que equivale a abastecer a un total de 640 personas. Finalmente en latitudes cercanas al ecuador podría funcionar durante todo el día, proveyendo de agua potable a unas 960 personas al día.

Además habría capacidad suficiente para incrementar el uso del sistema de climatización así como de las tomas de corriente y el alumbrado.

No debemos olvidar la necesidad de hacer un estudio previo de la zona de instalación dado que la irradiación aparte de depender de la latitud del lugar, depende también de otros factores como son la altitud, el tipo de vegetación, el tipo de suelo, etc.

## 5. MEMORIA TÉCNICA DE LA ETAP

En la siguiente memoria se describe el sistema de potabilización de agua, mediante el cual se van a cubrir las necesidades básicas que puedan darse en un escenario de catástrofe natural o conflicto bélico. Para ello se detallarán los tipos de tratamiento de agua empleados: línea multicapa y ultrafiltración, explicando el funcionamiento de cada uno de ellos.

### 5.1. TIPOLOGÍA DE LA PLANTA

Para este sistema se ha optado por la implementación de dos tipos de tratamiento de agua potable, de forma que se cubran todas las posibilidades de potabilización que se puedan dar en el entorno donde pueda necesitar ser instalado el Módulo Sostenible Quirúrgico. Estas son:

ETAP Tipo A: Este tipo de potabilización se realiza mediante equipos de filtración multicapa, y está diseñada para las aguas con baja salinidad, y turbidez media o alta, contaminación orgánica, color, olor... Es decir, aguas superficiales de ríos, charcos, lagunas, acequias ...

ETAP Tipo B: para aguas de pozos o superficiales con alto contenido en sólidos disueltos, metales pesados, pesticidas... En estos casos la filtración multicapa es sustituida por equipos de osmosis inversa.

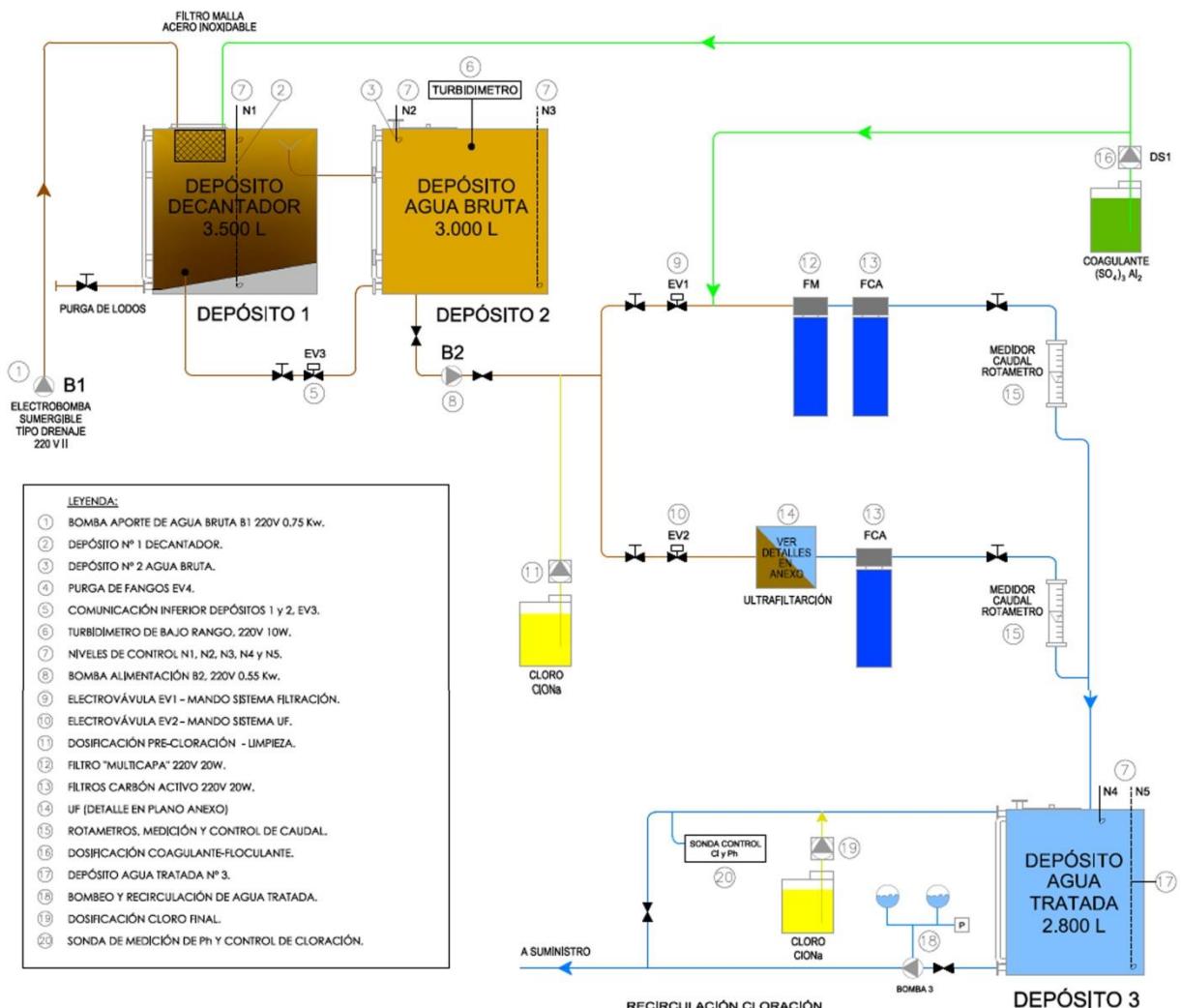


Ilustración 29: Principio de funcionamiento de la ETAP

## 5.2.OPERACIÓN DEL SISTEMA

El sistema recibe el agua desde la fuente de obtención de agua bruta, ya sea un pozo, una corriente de aguas superficiales, una presa, un lago... para el llenado del depósito nº1 que actúa de decantador por gravedad, y de éste pasa al número 2.

El depósito 1, o depósito decantador, dispone en su interior de un filtro tipo cesta de acero inoxidable y fácilmente extraíble, que se conecta con la tubería que conduce el agua hasta el fondo de este depósito 1, cuyo fondo presenta una pendiente para recoger los lodos acumulados hasta el punto de purga.

Este depósito está comunicado por su parte superior con el depósito nº 2, el cual dispone de un nivel electrónico para desconectar el sistema de aporte de agua una vez se haya llenado. Entonces comienza el tratamiento de potabilización por alguna de las dos etapas descritas.

En este momento el turbidímetro indica la turbidez del agua contenida en el depósito 2 para dar orden de tratamiento por la línea adecuada, es decir, multicapa o ultrafiltración. El límite previamente fijado para la centralita del turbidímetro es de 20 NTu, por encima de la cual actuará la línea de ultrafiltración en lugar de la línea multicapa.

Según la OMS, una calidad media de acceso a agua potable es aquél en el que las personas acceden a unos 50 litros de agua al día. La ETAP del Módulo Sostenible Multifunción va a ser capaz de proporcionar hasta 2.000 l/h de agua potable, lo que hace una media de 48.000 litros durante un día de trabajo, lo que implica abastecer a 960 personas.

### 5.2.1. LÍNEA MULTICAPA

La línea multicapa se activa cuando la turbidez es menor de 20 Ntu. La electrobomba de 0,55 kW aporta un volumen de agua de 2000 l/h, haciéndola pasar por el filtro multicapa. El filtro es un tanque con una carga mineral a base de sílex y tres capas filtrantes de diferente granulometría y densidad decreciente en el sentido del flujo (Antracita, sílex y granate).

Para mejorar el rendimiento del filtro multicapa se añade en la cabecera un dosificador que nos aportará coagulante-floculante  $Al_2(SO_4)_3$ . Este elemento ayuda a la formación de partículas de mayor tamaño, lo que permite que puedan ser retenidas con mayor facilidad.

A continuación el agua pasa por el filtro de carbón activo con características similares al filtro multicapa pero con carga de carbón activo. El tanque es capaz de filtrar un caudal de 2000 l/h. Finalmente el agua se transfiere al depósito de agua tratada, cuya capacidad es de 3000 litros.



Ilustración 30: Materiales de filtración

## 5.2.2. LÍNEA ULTRAFILTRACIÓN

Para los casos en los que la turbidez del agua supera los 20 Ntu se activa la línea de ultrafiltración. La ultrafiltración es un tipo de filtración por membranas en la cual la presión hidrostática fuerza un líquido contra una membrana semipermeable. Los sólidos suspendidos y los solutos de alto peso molecular son retenidos, mientras que el agua y los solutos de bajo peso molecular atraviesan la membrana. Este sistema es capaz de retener el 96% de las bacterias diluidas en el agua.

El sistema consta de los siguientes elementos:

- Filtro que actúa como pretratamiento.
- Electrobomba de para la realización de retrolavado.
- Compresor de aire para retrolavado aire-agua.
- Dosificadora de cloro con depósito.
- Rotámetro para controlar el caudal.

Para determinar la frecuencia de realización de los lavados, se instala un presostato diferencial el cual determina el ensuciamiento. Los lavados tienen una duración de 2 minutos.

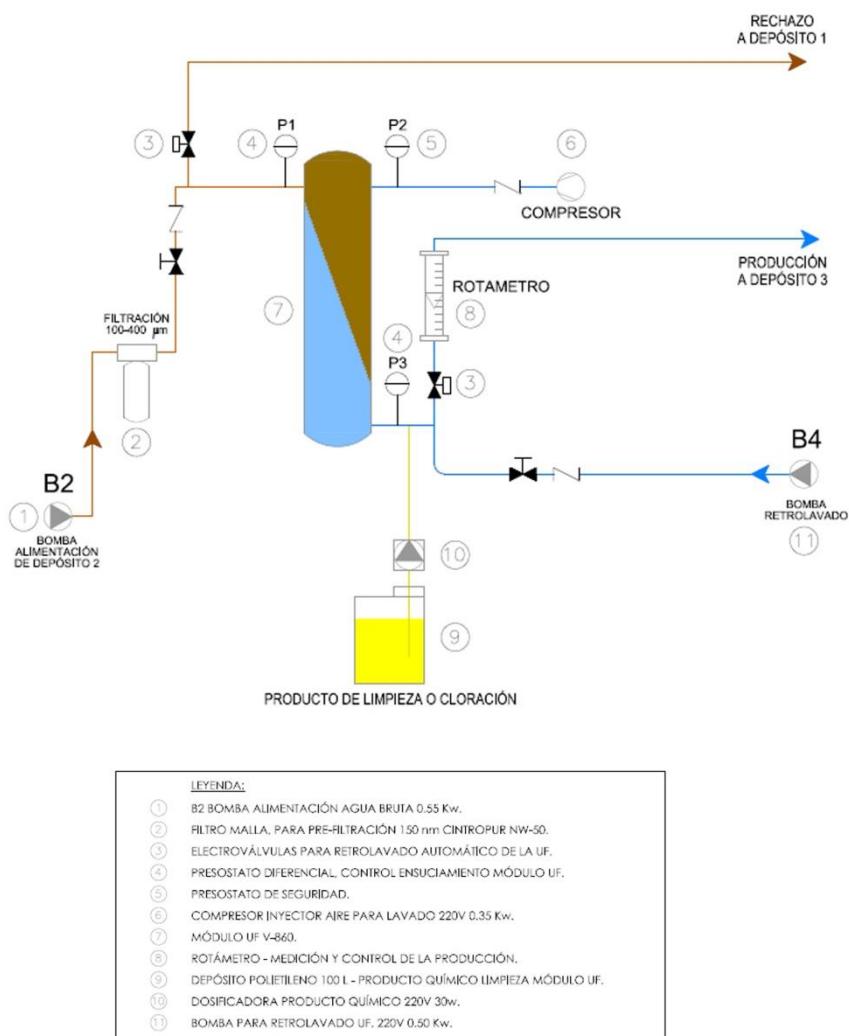


Ilustración 31: Detalle de la ultrafiltración

### 5.2.3. DESINFECCIÓN

El agua producida debe ser apta para el consumo humano, por ello se debe instalar un sistema de desinfección. Para ello, se añade al agua tratada pequeñas dosis de hipoclorito sódico  $\text{Cl}_2$ , el cual es un desinfectante autorizado. Al mismo tiempo se hace recircular el agua en el interior del depósito de agua tratada.

La dosificación del producto desinfectante se realiza mediante una bomba dosificadora controlada por una sonda que medirá el  $\text{Cl}_2$  y el ph. Finalmente el agua tratada se impulsa mediante un grupo de presión.

## 5.3. RELACIÓN DE EQUIPOS.

A continuación se describen cada uno de los equipos de los que consta la ETAP:

- Aportación de agua: electrobomba que proporciona el aporte de agua bruta con una potencia de 0,75 kW capaz de aportar un caudal de 6000 l/h.
- Depósito decantador: depósito de poliéster de 3.500 litros reforzado con fibra de vidrio para almacenaje del agua bruta, cuya base está inclinada con el fin de facilitar la decantación y purga de lodos.
- Depósito de agua bruta: Depósito de poliéster de 3.000 litros reforzado con fibra de vidrio comunicado con el depósito decantador. Este contiene el agua ya decantada.
- Bombeo potabilizadora: equipo de bombeo de 0,55 kW que se encarga de enviar el agua desde el depósito de agua bruta hasta alguno de los sistemas de filtración, en función de la turbidez de la misma.
- Filtración multicapa: filtro compuesto por sílex, granate y antracita para eliminar cargas en suspensión menores de 20 Ntu. Incluye un sistema de inyección de coagulante para facilitar la retención de partículas. Posteriormente se pasa el agua por un filtro de carbón activo con el fin de eliminar la materia orgánica.
- Ultrafiltración: compuesta por una membrana de baja presión con capacidad de retención de bacterias de un 98%. La turbidez obtenida es menor a 1 Ntu.
- Grupo sobrepresor: Electrobomba encargada de bombear y recircular el agua tratada. Es capaz de aportar 8.000 l/h de agua potable para el consumo humano.
- Automatismos: Cuadro eléctrico de mando y control para visualización del nivel de los depósitos, funcionamiento de equipos, calidad de agua, etc...

## 6. RESUMEN Y CONCLUSIONES

La escasez de infraestructuras médicas en los lugares donde se producen catástrofes humanas hacen que sea necesaria la disponibilidad de equipos móviles para intervenir en situaciones de emergencia sanitaria.

De aquí surge la idea del diseño de un Módulo Sostenible de Emergencias, que busca ofrecer asistencia sanitaria y agua potable a la población afectada por estas catástrofes y conflictos.

Millones de contenedores marítimos son desechados cada año. El Módulo está formado por este tipo de contenedores con la finalidad de darle una segunda oportunidad, permitiendo al Módulo ser transportado cómodamente y facilitando un rápido despliegue.

Basándonos en las conclusiones obtenidas en el análisis previo realizado sobre los sistemas de atención médica presentes en el mercado, se ha propuesto el diseño de los bloques del Módulo Sostenible de Emergencias: Estación de Tratamiento de Agua Potable; equipos del sistema fotovoltaico y grupo electrógeno; vestuario y baños; triaje, atención primaria y enfermería; preoperatorio y postoperatorio; quirófano.

El Módulo estará alimentado a través de un sistema de energía solar, de manera que todas las cargas sean alimentadas con la energía proveniente del sol, haciendo del Módulo un equipo sostenible. La instalación solar fotovoltaica, se ha dimensionado mediante 27 grupos de módulos, de 2 módulos en serie cada uno.

La batería comercial elegida para proporcionar al Módulo una autonomía de 6 días es la batería Sonnenschein A602/1415 Solar con una capacidad C100 de 1382 Ah. El banco de baterías está formado por 4 baterías en serie y 4 baterías en paralelo. Por lo tanto la capacidad total del Módulo Sostenible de Emergencias será de 5528 Ah. Se instalarán un regulador LEO20 50 A 48V Maestro y 6 LEO20 50 A 48V Esclavo. El modelo del inversor que se propone es ZIGOR SOLAR XTR3 10 48V.

Por otro lado se ha seleccionado el grupo electrógeno que funcionará como apoyo para casos de emergencia en los que no se pueda alimentar el Módulo mediante el sistema fotovoltaico. Este grupo constará de una potencia de 15 kVA.

Debido a que el Módulo Sostenible de Emergencias puede ser utilizado en cualquier localización del planeta, en función de las necesidades, se ha realizado un análisis de las posibilidades de utilización de las cargas en función de las diferentes latitudes.

Para ofrecer agua potable en aquellos lugares donde sea instalado el Módulo Sostenible de emergencias se ha incluido una Estación de Tratamiento de Agua Potable, con dos tipos de tratamiento de agua potable para cubrir todas las posibilidades de potabilización. Estos tratamientos son mediante filtración multicapa y mediante ósmosis inversa.

Según la OMS (Organización Mundial de la Salud), una calidad media de acceso a agua potable es aquél en el que las personas acceden a unos 50 litros de agua al día. La ETAP del Módulo Sostenible de Emergencias es capaz de proporcionar hasta 2.000 l/h de agua potable, lo que permite abastecer a hasta 960 personas durante un día de funcionamiento.

Para proporcionar el confort necesario tanto en climas calurosos como aquellos donde las temperaturas sean demasiado bajas, se ha instalado un máquina de conductos de la marca Mitsubishi, de la serie PRO, modelo GPEZS-140VJA/YJA.

En definitiva se pretende ofrecer una herramienta a las distintas ONGs, gobiernos y entidades para afrontar de forma más eficaz y sostenible situaciones críticas como catástrofes naturales y conflictos bélicos.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Eva María Egea Forcadell. Aparataje básico en el quirófano. [Consulta: 15/07/2016]: Disponible en: <http://www.logoss.net/uploads/editorial/temamuestra/tema137.pdf>
- [2] Estefanía Susana Camelos Pico. Diseño de un quirófano móvil para esterilizaciones de perros. [Consulta: 17/07/2016]: Disponible en:  
<http://repositorio.pucesa.edu.ec/handle/123456789/1607>
- [3] Adam Quílez, Marta; Agulló De Andrés, Vicent; Gomes, Joao Gabriel; Kelly, Claire; Pozo Rodríguez, Andrea. Quirófano modular. [Consulta: 17/07/2016]: Disponible en:  
<https://upcommons.upc.edu/handle/2117/83289?locale-attribute=es>
- [4] Ministerio de Defensa, Gobierno de España. Unidad Militar de Emergencias. [Consulta: 28/07/2016]: Disponible en: <http://www.ume.mde.es/>
- [5] Prendo aparatos de laboratorio. [Consulta: 28/07/2016]: Disponible en:  
[http://www.sevmexico.com/catalogos/AUTOCLAVES\\_140312.pdf](http://www.sevmexico.com/catalogos/AUTOCLAVES_140312.pdf)
- [6] Informes, Estudio e Investigación 2009. Ministerio de Sanidad y Política Social. Bloque quirúrgico, estándares y recomendaciones. [Consulta: 30/07/2016]: Disponible en:  
<http://www.msc.es/organizacion/sns/planCalidadSNS/docs/BQ.pdf>
- [7] Zaida del Carmen Amado. Atencion de enfermeria en los centros quirurgicos. [Consulta: 05/08/2016]: Disponible en:  
<http://www.msc.es/organizacion/sns/planCalidadSNS/docs/BQ.pdf>
- [8] Francisco Javier Sánchez Lozada. El Diseño Interior de hospitales móviles emergentes y su incidencia en la atención médica de los habitantes de las parroquias rurales del Cantón Ambato. [Consulta: 06/08/2016]: Disponible en:  
<http://www.repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/13212/1/FDAA-50.pdf>
- [9] ALARIO. Puntos a tener en cuenta para construir viviendas con ISO Containers. [Consulta: 15/08/2016]: Disponible en: <http://www.enriquealario.com/construir-viviendas-con-iso-containers/>
- [10] Adolfo Dalence Montaño. Manual sobre Control de Contenedores. Fecha edición: enero 2013. [Consulta: 15/08/2016]: Disponible en:  
<http://www.comunidadandina.org/DS/Manual%20Contenedores.pdf>
- [11] Diego Rodríguez García. Instalación de generación eléctrica mediante un campo solar fotovoltaico con grupo electrógeno de apoyo en centro de interpretación. [Consulta: 17/08/2016]: Disponible en: <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/13793>
- [12] Fundación Elecnor. Equipación de un aula-biblioteca con servicios despacho y una planta potabilizadora “ETAP” con sistema de generación de energía por medio de placas solares fotovoltaicas.
- [13] Fundación Elecnor. Proyecto de mejora de sistema de regadío y suministro eléctrico en el Totoral.

- [14] Consellería de Sanidade Xunta de Galicia. H2050 Hospital autosostenible. [Consulta: 01/09/2016]: Disponible en:  
[https://www.sergas.es/Docs/H2050\\_IS/H2050/Hospital%20autosostenible.pdf](https://www.sergas.es/Docs/H2050_IS/H2050/Hospital%20autosostenible.pdf)
- [15] Hispano Vema. Ambulatorio permanente. [Consulta: 06/09/2016]: Disponible en:  
[http://www.hispanovema.es/FitxersWeb/41367/ESP\\_ambulatorio\\_permanente1.pdf](http://www.hispanovema.es/FitxersWeb/41367/ESP_ambulatorio_permanente1.pdf)
- [16] Hispano Vema. Hospital rápido despliegue. [Consulta: 06/09/2016]: Disponible en:  
<http://www.hispanovema.es/es/hospital-rapido-despliegue.aspx>
- [17] Bayod Rújula Ángel Antonio. Energías Renovables, Sistemas Fotovoltaicos. Prensas Universitarias de Zaragoza, 2009.
- [18] ATERSA. Productos: módulos fotovoltaicos, regulación y control, convertidores, baterías. [Consulta: 18/09/2016]: Disponible en: <http://www.atersa.com/home.asp>
- [19] Revista Electro Industria. Cómo dimensionar un Grupo Electrógeno, consideraciones básicas para su correcta elección. [Consulta: 10/10/2016]: Disponible en:  
<http://www.emb.cl/electroindustria/first.mvc>
- [20] NASA Atmospheric Science Data Center. Surface meteorology and Solar Energy. [Consulta: 13/10/2016]: Disponible en: <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/>
- [21] Inés Valero Solesio. Cálculo y dimensionado de una instalación potabilizadora de agua con aprovechamiento de energía solar en Nikki, Benin. [Consulta: 14/10/2016]: Disponible en:  
<https://www.iit.comillas.edu/pfc/resumenes/557ea9c499796.pdf>
- [22] HIDRO METÁLICA. Equipos para tratamiento de aguas y reciclaje de residuos. Estructura y calderería. [Consulta: 15/10/216]: Disponible en: <http://hidrometalica.com/wp-content/uploads/FILTROARENApdf.pdf>
- [23] CULLIGAN. Filtración Industrial. [Consulta: 18/10/2016]: Disponible en:  
[http://www.culligan.es/wp-content/uploads/CL\\_Filtracion-Industrial\\_2011.pdf](http://www.culligan.es/wp-content/uploads/CL_Filtracion-Industrial_2011.pdf)
- [24] PRONIEM. Sistemas de aire acondicionado en instalaciones de salud. [Consulta: 20/10/2016]: Disponible en:  
<http://www.minsa.gob.pe/dgiem/cendoc/pdfs/SISTEMA%20AIRE%20ACONDICIONADO%20INSTALACIONES%20DE%20SALUD.pdf>

## 8. ANEXOS

A continuación se desarrollan los distintos anexos donde aparecen las ilustraciones, las fichas técnicas de los equipos instalados así como los planos del Módulo Sostenible de Emergencias.

### 8.1. ANEXO I: ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Entrevista a Josefa García. Equipos UCI móvil	7
Ilustración 2: Entrevista a Josefa García. UCI móvil	7
Ilustración 3: Entrevista a Josefa García. interior UCI móvil	7
Ilustración 4: Quirófano	7
Ilustración 5: Entrevista a David López	8
Ilustración 6: Contenedores marítimos	9
Ilustración 7: Tamaños de contenedores comunes	10
Ilustración 8: Elementos de contenedor marítimo	11
Ilustración 9: Distribución Bloque ETAP	12
Ilustración 10: Distribución Bloque de equipos del Sistema Fotovoltaico, clima y grupo electrógeno.	13
Ilustración 11: Distribución Bloque de vestuario y baños.	13
Ilustración 12: Distribución Bloque de triaje, atención primaria y enfermería.	14
Ilustración 13: Distribución Bloque preoperatorio y recuperación postoperatoria.	14
Ilustración 14: Distribución Bloque quirófano.	15
Ilustración 15: Diseño Módulo Sostenible de Emergencias.	16
Ilustración 16: Distribución Módulo Sostenible de Emergencias.	16
Ilustración 17: Diseño alternativo del Módulo Sostenible de Emergencias	17
Ilustración 18: Zapata superficial	17
Ilustración 19: Pilar regulable	17
Ilustración 20: Máquina de conductos Mitsubishi GPEZS-140VJA/YJA,	19
Ilustración 21: Conducto para clima textil de segmento	20
Ilustración 22: Ejemplo de distribución de conducto textil	20
Ilustración 23: Módulo fotovoltaico ATERSA	27
Ilustración 24: Estructura para los módulos solares fotovoltaicos	30
Ilustración 25: Separación de los módulos	31
Ilustración 26: Grupo electrógeno GENESAL ENERGY	35
Ilustración 27: Principio de funcionamiento del Módulo Sostenible de Emergencias	37
Ilustración 28: División de la tierra en longitudes y latitudes	38
Ilustración 29: Principio de funcionamiento de la ETAP	41
Ilustración 30: Materiales de filtración	42
Ilustración 31: Detalle de la ultrafiltración	43

## **8.2. ANEXO II: FICHAS TÉCNICAS DE EQUIPOS**

**FICHA TÉCNICA I: MODULO FOTOVOLTAICO ATERSA A-290P**

**FICHA TÉCNICA II: BATERÍA SONNENSCHEIN A602/1415 SOLAR**

**FICHA TÉCNICA III: REGULADOR DE CARGA LEO 20**

**FICHA TÉCNICA IV: INVERSOR ZIGOR SOLAR XTR3 10 48V**

**FICHA TÉCNICA V: GRUPO ELECTROGENO GENESAL ÉNERGY XS POWER GEN16LC.**

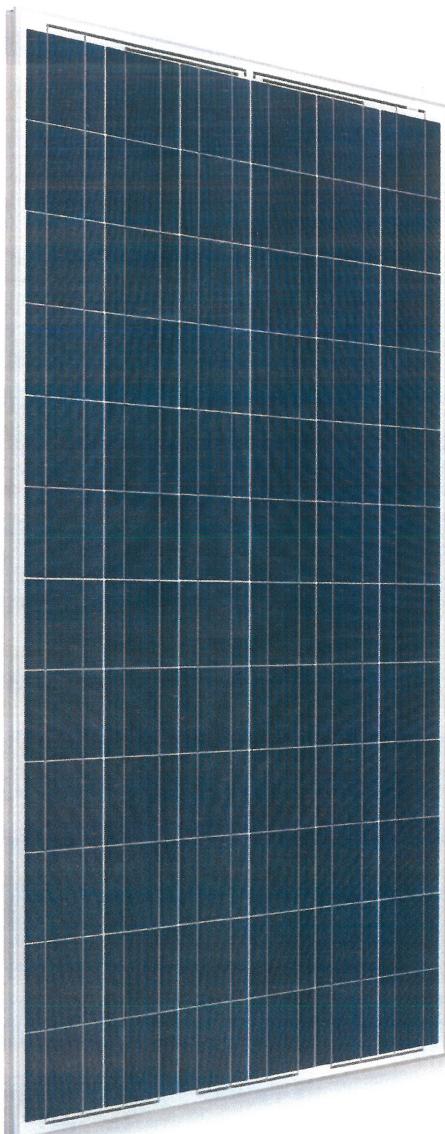
**FICHA TÉCNICA VI: MÁQUINA DE CONDUCTOS MITSUBISHI GPEZS-140VJA/YJA**



# +Ultra nueva gama

→ Módulo fotovoltaico

**A-290P / A-295P / A-300P (TYCO 3.2)**



**+ UltraTolerancia positiva**  
Positiva 0/+5 Wp

**+ UltraCalidad**  
Anti Hot-Spot

**+ UltraGarantía**  
10 años de garantía de producto

**+ UltraFiabilidad**  
En el mercado desde 1979

**+ UltraResistencia**  
Cristal templado de 3.2 mm

**+ UltraTES**  
Verificación eléctrica célula a célula



Sistema único  
en el mercado,  
patentado por  
Atersa.

Para una información más detallada de los  
términos de la garantía, consulte:

→ [www.tersa.com](http://www.tersa.com)

Nueva gama Ultra con Tolerancia positiva



Características eléctricas (STC: 1kW/m<sup>2</sup>, 25°C±2°C y AM 1,5)\*

## A-290P A-295P A-300P

Potencia Nominal (0/+5 W)	290 W	295 W	300 W
Eficiencia del módulo	14,91%	15,16%	15,42%
Corriente Punto de Máxima Potencia (Imp)	8,07 A	8,14 A	8,21 A
Tensión Punto de Máxima Potencia (Vmp)	35,93 V	36,23 V	36,52 V
Corriente en Cortocircuito (Isc)	8,67 A	8,78 A	8,89 A
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	44,67 V	44,82 V	44,97 V

## Parámetros térmicos

Coeficiente de Temperatura de Isc ( $\alpha$ )	0,04% /°C
Coeficiente de Temperatura de Voc ( $\beta$ )	-0,32% /°C
Coeficiente de Temperatura de P ( $\gamma$ )	-0,43% /°C

## Características físicas

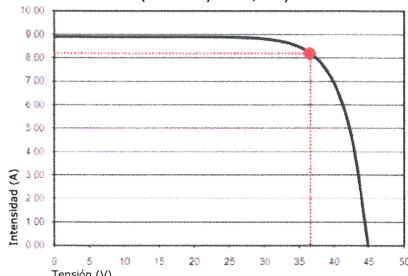
Dimensiones (mm ± 2 mm)	1965x990x40
Peso (kg)	21,5
Área (m <sup>2</sup> )	1,95
Tipo de célula	Policristalina 156x156 mm (6 pulgadas)
Células en serie	72 (6x12)
Cristal delantero	Cristal templado ultra claro de 3.2 mm
Marco	Aleación de aluminio anodizado o pintado en poliéster
Caja de conexiones	TYCO IP67
Cables	Cable Solar 4 mm <sup>2</sup> 1200 mm
Conectores	TYCO PV4

## Rango de funcionamiento

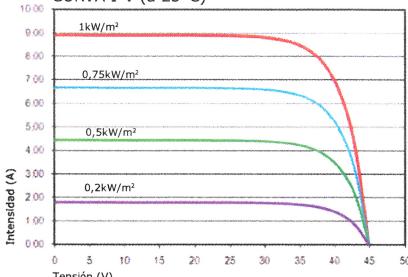
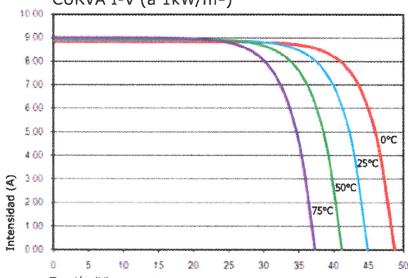
Temperatura	-40°C a +85°C
Máxima Tensión del Sistema / Protección	1000 V / CLASS II
Carga Máxima Viento / Nieve	2400 Pa (130 km/h)
Máxima Corriente Inversa (IR)	15,1 A

\*Especificaciones eléctricas medidas en STC. NOCT: 47±2°C.  
Tolerancias medida STC: ±3% (Pmp); ±10% (Isc, Voc, Imp, Vmp).

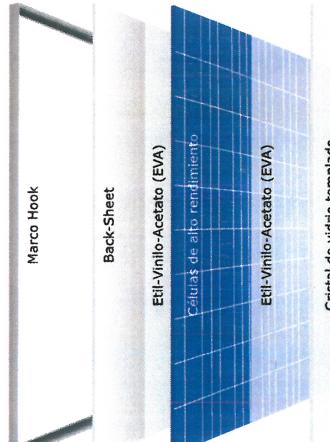
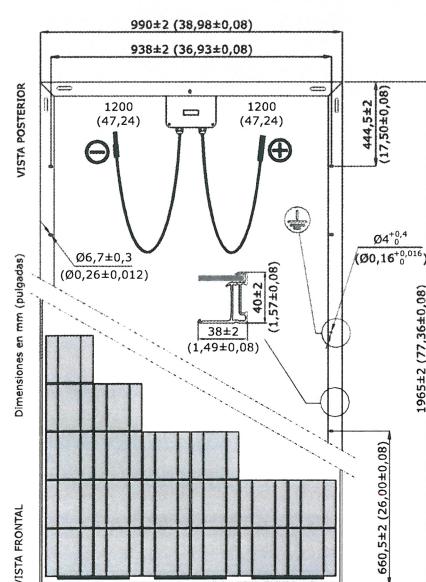
## Curvas modelo A-300P

CURVA I-V (a 25°C y 1kW/m<sup>2</sup>)

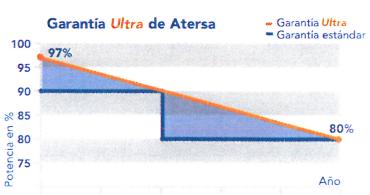
CURVA I-V (a 25°C)

CURVA I-V (a 1kW/m<sup>2</sup>)

## Vista genérica de la construcción de un módulo fotovoltaico



- Módulos por caja: 25 uds
- Peso por palé: 680 kg
- En un contenedor de 40 pies entran 21 cajas: 525 paneles
- En un contenedor de 40 pies entran 22 cajas: 550 paneles
- En un contenedor de 20 pies entran 9 cajas: 225 paneles
- En un camión TAUTLINER entran 26 cajas: 650 paneles



NOTA: Los datos contenidos en esta documentación están sujetos a modificación sin previo aviso.



## Sonnenschein A600

### More than just OPzV

Sonnenschein A600 has extraordinary energy-saving features in addition with robust reliability, proven for decades in many installations worldwide.

#### Your benefits:

- > **dryfit Gel – VRLA technology**
- > **Lowest energy consumption** – saving costs
- > **Robust design** – resilient in harsh conditions
- > **Proof against deep discharge** – greater long-term energy delivery
- > **Strong tubular plate design** – extremely long design life
- > **Horizontal mounting possible** – easy installation and maintenance
- > **Completely recyclable** – low CO<sub>2</sub> footprint



#### Specifications:

- > Very low gassing due to internal gas recombination
- > Nominal capacity 100 – 3286 Ah C<sub>10</sub>
- > Design life: 15 years for 6/12 V blocks and 20 years for 2 V cells at 20 °C (80 % remaining capacity from C<sub>10</sub>)
- > Available as standard or flame retardant version (UL 94-V0)
- > Long shelf life up to 2 years at 20 °C without recharge due to the very low self discharge rate

- > Cells in compliance with DIN 40 742
- > Blocks in compliance with DIN 40 744
- > Designed in accordance with IEC 60896-21-22
- > Manufactured in Europe in our ISO 9001 certified production plants



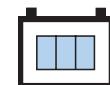
Design life in years:  
15 for blocks  
20 for cells



Nominal capacity  
100 – 3286 Ah



Block battery /  
single cell



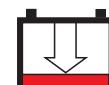
Tubular plate



Recyclable



Valve regulated  
lead-acid  
batteries



Proof  
against deep  
discharge



Maintenance-  
free (no  
topping up)

## Sonnenschein A600

### Technical data

#### Technical characteristics and data

Type	Part number	Type acc. to ¹DIN 40 742 ²DIN 40 744	Nom. voltage	Nominal capacity C <sub>10</sub> 1.80 Vpc 20 °C Ah	Length (l)	Width (b/w)	Height (h1)	Height* (h2)	Weight approx. kg	Internal resistance mOhm	Short circuit current A	Terminal	Pole pairs
A602/225	NGA6020225HS0FA	4 OPzV 200 <sup>1</sup>	2	224	105	208	357	399	17.4	0.95	2200	F-M8	1
A602/280	NGA6020280HS0FA	5 OPzV 250 <sup>1</sup>	2	280	126	208	357	399	22.0	0.79	2700	F-M8	1
A602/335	NGA6020335HS0FA	6 OPzV 300 <sup>1</sup>	2	337	147	208	357	399	25.0	0.61	3350	F-M8	1
A602/415	NGA6020415HS0FA	5 OPzV 350 <sup>1</sup>	2	416	126	208	473	515	30.0	0.62	3300	F-M8	1
A602/500	NGA6020500HS0FA	6 OPzV 420 <sup>1</sup>	2	499	147	208	473	515	35.0	0.53	3950	F-M8	1
A602/580	NGA6020580HS0FA	7 OPzV 490 <sup>1</sup>	2	582	168	208	473	515	39.0	0.47	4400	F-M8	1
A602/750	NGA6020750HS0FA	6 OPzV 600 <sup>1</sup>	2	748	147	208	648	690	49.0	0.48	4300	F-M8	1
A602/1010	NGA6021010HS0FA	8 OPzV 800 <sup>1</sup>	2	998	212	193	648	690	66.0	0.38	4850	F-M8	2
A602/1250	NGA6021250HS0FA	10 OPzV 1000 <sup>1</sup>	2	1248	212	235	648	690	80.0	0.33	6250	F-M8	2
A602/1510	NGA6021510HS0FA	12 OPzV 1200 <sup>1</sup>	2	1497	212	277	648	690	95.0	0.29	7850	F-M8	2
A602/1650C	NGA6021650HS0FA	12 OPzV 1500 <sup>1</sup>	2	1643	212	277	717	759	106	0.23	9000	F-M8	2
A602/2200	NGA6022200HS0FA	16 OPzV 2000 <sup>1</sup>	2	2190	216	400	775	816	149	0.19	10750	F-M8	3
A602/2740	NGA6022740HS0FA	20 OPzV 2500 <sup>1</sup>	2	2738	214	489	774	816	190	0.16	13400	F-M8	4
A602/3300	NGA6023300HS0FA	24 OPzV 3000 <sup>1</sup>	2	3286	214	578	774	816	238	0.10	16100	F-M8	4
A606/200	NGA6060200HS0FB	6V 4 OPzV 200 <sup>2</sup>	6	200	272	206	323	347	45.7	2.71	1707	F-M8	1
A606/300	NGA6060300HS0FB	6V 6 OPzV 300 <sup>2</sup>	6	300	380	206	323	347	65.4	1.90	2614	F-M8	1
A612/100	NGA6120100HS0FB	12V 2 OPzV 100 <sup>2</sup>	12	100	272	206	323	347	46.2	9.68	1934	F-M8	1
A612/150	NGA6120150HS0FB	12V 3 OPzV 150 <sup>2</sup>	12	150	380	206	323	347	66.9	6.43	2896	F-M8	1

\*includes installed connector

#### Approval, container, terminal and torque

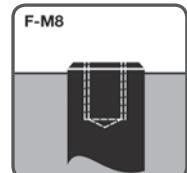
##### > Approval:

##### Blocks:

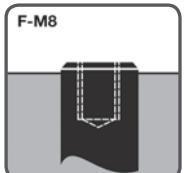
- DIN/Gost/TÜV, Russia

##### Cells:

- Underwriters Laboratories (UL), USA
- DNV GL (Germanischer Loyd)
- DIN/Gost/TÜV, Russia
- By many Telecom organisations worldwide



blocks – 12 Nm



cells – 20 Nm

Data are also valid for UL 94-V0 version.

Change »H« to »V« in the part number. E.g.:

> Standard: NGA6120100 H S0FB

> UL 94-V0: NGA6120100 V S0FB

# LEO 20

## REGULADOR SOLAR DE CARGA

El sistema de regulación y control LEO 20 proporciona un óptimo control y gestión de la carga de los acumuladores de su sistema solar fotovoltaico, protegiendo a todos los elementos de su instalación.

El diseño de esta serie de reguladores responde a sistemas de pequeña y mediana potencia, en los que no es necesaria instrumentación adicional y se pretende implementar un completo sistema de regulación digital que sea fiable, flexible y de muy bajo consumo.

Los reguladores LEO 20 implementan un algoritmo inteligente que logra que el regulador se integre en el sistema optimizando sus tareas de regulación y gestión de la carga. Los reguladores LEO 20 realizan electrónicamente las tareas de mantenimiento de los acumuladores de manera automática, prolongando así su vida útil.

El regulador LEO 20 llega configurado y calibrado de fábrica, está listo para funcionar desde el primer momento, sólo necesita conectarlo.

Todos los modelos con teclado cuentan con función de control de luminarias (FAR).

La familia de reguladores LEO 20 permite interconectarse para ampliar la capacidad de carga a razón de 50 A por equipo, hasta un total de 400 A, formado por un maestro y hasta 7 esclavos.

### Características principales

- Carga de baterías por modulación de anchura de pulso (PWM) mediante Hysteresis-band (HB)
- Consumo muy reducido
- Gestión inteligente de carga para alargar la vida de las baterías
- Indicación instantánea del estado de la carga (SOC)
- Reconocimiento automático de tensión para 12/24 V
- Disponible a tensión de 48 V
- Completa información del proceso: tensiones, intensidades, energías, alarmas, temperaturas
- Relés de estado sólido en líneas de paneles y consumo
- Compensación dinámica por temperatura
- Compensación dinámica de intensidad
- Interfaz de navegación intuitivo
- Algoritmo adaptativo de control de carga dinámica por histórico
- Control automático y adaptativo de luminarias (FAR).
- Desconexión automática de paneles para evitar fugas nocturnas, función diodo de bloqueo
- Parámetros operativos configurables (\*)
- Autochequeo funcional del equipo (Self test)
- Corrección de pérdidas por cableado
- Control de alarmas por ventanas
- Monitorización vía internet (\*\*)
- Opción de desconexión manual del consumo
- Salida de 3 relés de alarma con contactos libres de potencial (\*)
- Entradas de shunt externo, tensión auxiliar de batería, temperatura batería externa (\*)
- Ampliación capacidad de carga, mediante sistema plug&play interconexión 1 maestro + 7 esclavos (400 A) Max.

(\*) según modelo

(\*\*) bajo pedido



### Protecciones del sistema

El regulador LEO 20, incorpora protecciones para el propio regulador y todos los equipos que pueda tener conectados, paneles, baterías, consumos, etc.

- Cortocircuito en paneles/consumo
- Sobretensiones en la entrada de paneles
- Protección frente a descargas excesivas
- Sobrecorrientes en paneles/consumo
- Desconexión de batería
- Inversión de polaridad
- Sobretemperatura

### Alarmas

El LEO20 incorpora un avanzado sistema de detección de situaciones anómalas en el funcionamiento del proceso. Ante una situación de alarma, el equipo avisará mediante una señal acústica repetitiva y con un mensaje en pantalla, además de activarse un relé con contactos disponibles al usuario, con un total de 3 relés para cada conexión; grupo electrógeno, batería baja y batería alta.

### Visualización

Un intuitivo sistema de menús nos permite obtener todos los datos del proceso y mostrarlos de forma gráfica en pantalla.

Display LCD retroiluminado de dos líneas y 16 caracteres muestra todos los datos del sistema y el proceso, de forma clara y ordenada.

### Certificaciones

- Conforme a los estándares CE de seguridad eléctrica y compatibilidad electromagnética
- Fabricado en España
- Fabricado según normas DIN EN ISO 9001:2000 y DIN EN ISO 14001:2004

### Garantía

Garantía de 2 años por defecto de material o de fabricación.



Todo en energía solar fotovoltaica

[www.atersa.com](http://www.atersa.com)

## CARACTERÍSTICAS

### LEO 20

#### CARAC. ELÉCTRICAS

Tensión Nominal (V)	12 / 24	12 / 24	48	12 / 24	48
Tensión máxima Trabajo (V)	45	45	90	45	90
Consumo medio regulador (mA)	10	10	12	10	12
Corriente máxima Paneles / Consumo Constante (A) $I_N$ (*)	50 / 50			50 / -	
Corriente máxima Paneles / Consumo 1 minuto (A) $1,2 \times I_N$	60 / 60			60 / -	
Corriente de Cortocircuito en Paneles / Consumo (A)	50 / 300			50 / -	
Tiempo de Detección de Cortocircuito	< 500 $\mu$ s				
Rango de Temperatura de Funcionamiento	-20... +40 °C				
Rango de Temperatura de Almacenamiento	-20... +75 °C				
Precisión Medida de Tensión	2% FS + 2 dígitos				
Precisión Medida de Corriente	3% FS + 4 dígitos				
Resolución interna de la Tensión	0,1 V				
Resolución interna de la Corriente	0,01 A				
Entrada externa de Shunt	150 A / 60mV			NO	
Entrada externa Tensión Batería	NO	SI		NO	
Rango sonda externa temperatura	NO	-20... +80 °C		NO	
3 Relés de alarma	NO	30Vdc / 0,1 A		NO	
Teclado 4 teclas y Display LCD bajo Consumo	SI			NO	
Humedad Relativa (sin condensaciones)		< 90%			
Máxima Sección admisible en las bornas (mm <sup>2</sup> )		25			
Altura máxima de trabajo		2500m			

(\*)  $I_N$  = Corriente nominal a 40°C. Reducción corriente por temperatura: a 45°C la corriente es 45A, a 50°C la corriente es 35 A. .

#### CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Envoltorio	Aluminio
Peso	2,00 kg.
Dimensiones (H x W x L)	300x200x63mm
Grado Protección	IP 20

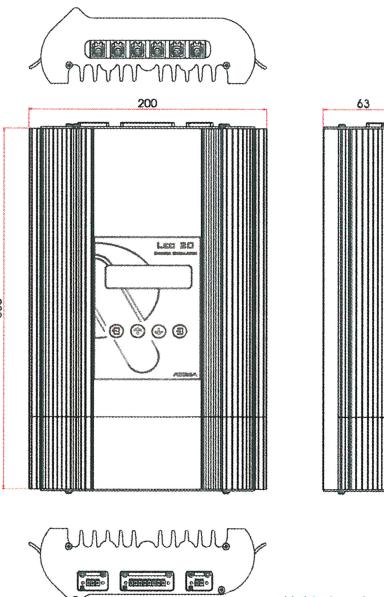
#### FASES DE CARGA



### MODELOS

BÁSICO	MAESTRO	ESCLAVO
12 / 24	12 / 24	48
45	45	90
10	10	12
50 / 50		50 / -
60 / 60		60 / -
50 / 300		50 / -
< 500 $\mu$ s		
-20... +40 °C		
-20... +75 °C		
2% FS + 2 dígitos		
3% FS + 4 dígitos		
0,1 V		
0,01 A		
150 A / 60mV		
NO	SI	NO
NO	-20... +80 °C	NO
NO	30Vdc / 0,1 A	NO
SI		
< 90%		
25		
2500m		

### LEO 20



Unidades plano: mm

\*Nota: Atersa se reserva el derecho de modificar las especificaciones del producto sin previo aviso y según sus propios criterios.

**ATERSA MADRID**  
C/ Embajadores, 187-3º  
28045 Madrid - España  
tel. +34 915 178 452  
fax. +34 914 747 467

**ATERSA VALENCIA**  
P.Industrial Juan Carlos I  
Avda. de la Foia, 14  
46440 Almussafes  
Valencia - España  
tel. 902 545 111  
fax. 902 503 355  
e-mail: [atrsa@elecnor.com](mailto:atrsa@elecnor.com)

**ATERSA ITALIA**  
Centro Direzionale Colleoni  
Palazzo Liocono - Ingresso 1  
Via Paracelso n. 2  
20864 Agrate Brianza  
(MB) - Italia  
tel. +39 039 2262482  
fax. +39 039 9160546

Todo en energía solar fotovoltaica

[www.tersa.com](http://www.tersa.com)

## INVERSOR TRIFÁSICO MURAL

### ZIGOR SOLAR XTR3

#### Gama de inversores trifásicos string

##### Descripción

Los inversores string ZIGOR SOLAR XTR3 son dispositivos de fácil manejo que han sido diseñados para cubrir las necesidades que se presentan en todas las plantas de generación solar conectadas a red. En un esfuerzo por mejorar el rendimiento de las plantas solares, estos inversores ofrecen un alto rendimiento energético, mayor del 97%.

Los inversores ZIGOR SOLAR XTR3 destaca por su comunicación mediante una aplicación web server a través de conexión SNMP. Así mismo la nueva gama de inversores string cuenta con display LCD, para facilitar al usuario el acceso a la información del inversor y sus parámetros.

Esta nueva gama de inversores string ofrece un rango de tensión DC de entrada entre 300 a 800 Vdc y un grado de estanqueidad IP54.



ZIGOR SOLAR XTR3

##### Características

- > Seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT)
- > Alto rendimiento energético mayor 97%
- > Muy baja distorsión armónica, THD <3%
- > Conexión directa a la red
- > Conexión en paralelo sin limitación
- > Protección anti-isla con desconexión automática
- > Monitorización del equipo mediante LCD
- > Protección contra: Polarización inversa, cortocircuitos, sobretensiones, fallo de aislamiento
- > Conexión SNMP: Web server incluido
- > Rango de tensión de entrada DC (300-800 Vdc)
- > Diseño compacto y ligero, fácil instalación
- > Aplicación incorporada para registro de eventos

##### Conectividad y opciones

###### Web server integrado

Programa Web server integrado para proporcionar acceso completo a toda la información de los inversores y para monitorizar y comunicarse con los inversores trifásicos ZIGOR SOLAR XTR3. Este servidor web permite al usuario acceder a los datos del inversor en diferentes idiomas y grabar los siguientes datos: estado, parámetros, eventos, registro de eventos, funcionamiento.



Más información sobre conectividad y opciones en la página 44

plantas pv on-grid



plantas pv media tensión



generación híbrida



ahorro energético



respaldo telecom



energía eólica



CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS				
<b>Modelo</b>	ZIGOR SOLAR XTR3 10	ZIGOR SOLAR XTR3 13	ZIGOR SOLAR XTR3 15	ZIGOR SOLAR XTR3 20
Referencia	301763	301764	301765	301766
Potencia nominal	10 kW	13 kW	15 kW	20 kW
SISTEMA				
Modo conversión	Alta frecuencia PWM			
Método de aislamiento	Transformador de bajas pérdidas (opcional)			
ENTRADA DC				
Tensión nominal DC	640 V			
Máxima tensión DC (1)	1000 V			
Rango de operación DC	300-800 V			
No. MPPT independientes	3(12 A Max)	3(15,6 A Max)	3(18 A Max)	3(25 A Max)
SALIDA AC				
Nº fases/ Nº hilos	3- fases/3- hilos o 3 – fases/ 4 – hilos			
Tensión nominal AC	3x400V			
Frecuencia nominal	50/60 Hz			
Corriente de salida nominal AC	14,5 A	19 A	22 A	29 A
Rango de distorsión armónica para la corriente nominal (2)	<3%			
Factor de potencia	Más de 0.99 (a corriente de salida nominal)			
Rendimiento máximo	97,7%			
Rendimiento europeo	96,8%			
PROTECCIÓN				
Entrada	Fallo de tierra / Aislamiento DC			
Salida	Sobre-sub tensión/Sobre-sub frecuencia/Anti-isla			
Grado de protección	IP 65 (electrónica) / IP 54 (otros)			
COMUNICACIONES				
Protocolo	MODBUS (RTU, TCP/IP, ASCII) y SNMP			
Estándar	TCP/IP Ethernet/RJ11/USB			
Opcional	RS 485			
CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES				
Temperatura	-20°C a +50°C/ -4°F a +122°F			
Humedad relativa	0-90% sin condensación			
Altitud	< 2000m			
CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS				
Dimensiones (AlxAnxF) mm	665 x 480 x 220			
Peso aproximado kg	39			
Refrigeración	Sistema optimizado de refrigeración			
NORMATIVAS				
Marcado	CE			
Directivas	2004/108/CE 2006/95/CE			
Normativas	IEC 60146, IEC 62116 EN 62109-1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-3, EN 61000-3-2, EN 61000-3-3			
Normativas internacionales				
USA	UL 1741, IEEE 1547			
Italia	CEI 0-21			
Alemania	VDE 4105			
Inglaterra	G83/1-1, G59/2			

Las especificaciones pueden cambiar sin previo aviso.

(1) Este valor de tensión no debe ser superado bajo ningún concepto.

(2) Para THDV<1% y Potencia Nominal.

Datos técnicos   Technical data   Données techniques		50 Hz
Modelo de motor   Engine model   Modèle de moteur	LOMBARDINI LDW1603	
Sistemas de refrigeración Cooling system   Systèmes de refroidissement	Radiador Radiator   Radiateur	
Potencia grupo PRP kVA/kWe   PRM power kVA/kWe Puissance du groupe en continu kVA/kWe	15/12	
Potencia grupo STP kVA/kWe   STP power kVA/kWe Puissance du groupe en secours kVA/kWe	16/12,8	
Factor de potencia (cos φ)   Rated at power factor (cos φ) Facteur de puissance (cos φ)	0,8	
Número de cilindros   Number of cylinders Nombre de cylindres	3 en línea	
Velocidad (r.p.m) Speed (r.p.m)   Vitesse (r.p.m)	1500	
Consumo combustible (l/h)   Specific fuel consumption at (l/h) Consommation carburant (l/h)		
AI 100%   At 100%   À 100%	4,6	
AI 75%   At 75%   À 75%	3,5	
Depósito de combustible grupo abierto (l)   Fuel tank of open Generator (l)   Reservoir de combustible groupe ouvert (l)	160	
Depósito de combustible grupo insonorizado (l)   Fuel tank of soundproof generator (l)   Reservoir groupe insonorisée (l)	160	
Máx. temperatura gas de escape (°C)   Max. Exhaust gas temperature (°C)   Max. température gaz d'échappement (°C)	480	
Caudal de gas de escape (m³/h)   Exhaust gas flow (m³/h)   Débit de gaz d'échappement (m³/h)	160	
Máxima contrapresión aceptable (kPa)   Maximum allowed backpressure (kPa)   Contre-pression maximun admissible (kPa)	4,15	
Aire necesario para la combustión 100% (m³/h)   Necessary air for combustion (m³/h)   Air nécessaire pour la combustion (m³/h)	74,2	
Caudal aire ventilador alternador (m³/h)   Alternator fan air flow (m³/h)   Débit d'air du ventilateur de l'alternateur (m³/h)	180	
Caudal de aire ventilador motor (m³/h)   Engine fan air flow (m³/h)   Débit air du ventilateur du moteur (m³/h)	2875	
Peso grupo en versión abierta (kg)   Weight of open power generator (kg)   Poids du groupe ouvert (kg)	356	
Peso grupo en versión insonorizada (kg)   Weight of soundproof power generator (kg)   Poids du groupe insonorisée (kg)	570	

Los grupos electrógenos GENESAL cumplen el marcado CE que incluye las siguientes directivas:

- I EN ISO 13857:2008 Seguridad de Máquinas
- I 2006/95/CE de Baja Tensión
- I 89/336/CEE de Compatibilidad Electromagnética
- I 2000/14/CE Emisiones Sonoras de Máquinas de uso al aire libre (modificada por 2005/88/CE)
- I 97/68/CE de Emisión de Gases y Partículas contaminantes (modificada por 2002/88/CE y 2004/26/CE). (Aplicable salvo acuerdo con el cliente).

Condiciones ambientales de referencia: 1000 mbar, 25°C, 30% humedad relativa. Potencia según la norma ISO 3046.

P.R.P. - ISO 8528: es la potencia máxima disponible para un ciclo de potencia variable que puede ocurrir por un número ilimitado de horas por año, entre los períodos de mantenimiento señalados. La potencia media consumible durante un período de 24 horas no debe rebasar del 80% de la P.R.P. 10% de sobrecarga es permitido solo para efectos de regulación.

Standby Power (ISO 3046 Fuel Stop power): Es la potencia máxima disponible para empleo bajo cargas variables por número limitado de horas por año (500h) dentro de los siguientes límites máximos de funcionamiento: 100% de la carga 25h/año -90% de la carga 200h/año. No existe sobrecarga. Es aplicable en caso de interrupción de la distribución en zonas de red eléctrica fiable.

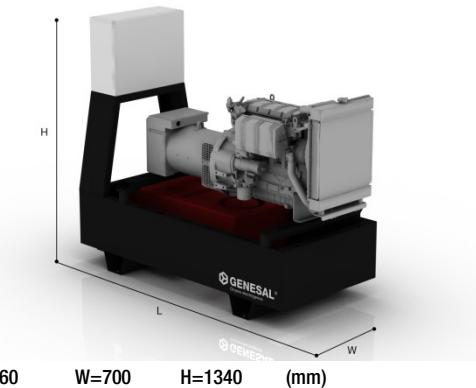
GENESAL gensets are compliant with EC mark which includes the following directives:

- I EN ISO 13857:2008 Machinery safety
- I 2006/95/CE Low voltage
- I 89/336/EEC Electromagnetic compatibility
- I 2000/14/EC Sound Power level. Noise emissions outdoor equipment (amended by 2005/88/CE)
- I 97/68/EC Emissions of gaseous and particulate pollutants (amended by 2002/88/EC & 2004/26/EC).

Ambient conditions of reference: 1000 mbar, 25°C, 30% relative humidity. Power according to ISO 3046 normative.

P.R.P. Prime Power - ISO 8528: prime power is the maximum power available during a variable power sequence, which may be run for an unlimited number of hours per year, between stated maintenance intervals. The permissible average power output during a 24 hours period shall not exceed 80% of the prime power. 10% overload available for governing purposes only.

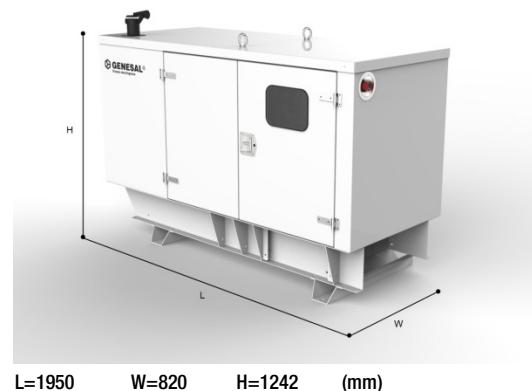
Standby Power (ISO 3046 Fuel Stop power): power available for use at variable loads for limited annual time (500h), within the following limits of maximum operating time: 100% load 25h per year -90% load 200h per year. No overload available. Applicable in case of failure of the main in areas of reliable electrical network.



Ejecución estándar, bajo demanda podrá ser fabricado de forma personalizada. Los productos GENESAL, pueden ser modificados sin previo aviso por evolución tecnológica.

Standard version, demand can be custom manufactured. Genesal products may be changed without notice by technological developments.

La version standard, la demande peut être fabriqué sur mesure. Genesal produits peuvent être modifiées sans préavis par les développements technologiques.



L'entreprise GENESAL est certifiée qualité ISO 9001. Les groupes électrogènes GENESAL sont conformes au marché CE qui comporte les directives suivantes:

- I EN ISO 13857: 2008 Sécurité des machines
- I 2006/95/CE de basse tension
- I 89/336/CEE de compatibilité électromagnétique
- I 2000/14/CE émission sonore de machines à usage à l'air libre (modifiée par 2005/88/CE)
- I 97/68/CE émission de gaz et de particules polluantes (modifiée par 2002/88/CE et 2004/26/CE).

Conditions environnementales de référence: 1000 mbar, 25°C, 30% d'humidité. Puissance selon la norme ISO 3046.

PRP - ISO 8528: Il s'agit de la puissance maximum disponible pour un cycle de puissance variable pouvant être atteint durant un nombre illimité d'heures par an, entre périodes de maintenance. La puissance moyenne durant 24 heures ne doit pas dépasser 80% de la PRP. Il est permis une surcharge de 10% seulement dans le cas de réglage.

Stand by power (ISO 3046 Fuel Stop power): Il s'agit de la puissance maximum disponible pour une utilisation en faible charge variables durant un nombre limité d'heures par an (500h) dans le cadre des limites de fonctionnement suivantes: 100% de la charge durant 25 h par an -90% de la charge durant 200h par an. Il n'existe pas de surcharge variable. Cette utilisation est applicable en cas d'interruption du réseau électrique.



EMPRESA CERTIFICADA ISO 9001  
CERTIFICADO N° ES09 / 6828



EMPRESA CERTIFICADA ISO 14001:2004  
CERTIFICADO N° ES11 / 9576

#### Fábrica y Sede Central

Parroquia de Cortiñán, D13-14, Polígono Industrial de Bergondo, 15165 Bergondo. A Coruña. España  
Tel.: + 34 981 674 158 | [genesal@genesal.es](mailto:genesal@genesal.es) | [www.genesal.com](http://www.genesal.com)



**Serie ▶ PRO • GPEZS-VJA ó YJA**

**COMPACTA**  
**250 mm. ALTURA**

**Tecnología**  
**REPLACE**



PEAD-SP-JA

SUZ-SA71/100VA

PUHZ-SP100YHA

PUHZ-SP125/140VHA/YHA

MODELO	GPEZS-71VJA	GPEZS-100VJAS	GPEZS-100YJA	GPEZS-125VJA/YJA	GPEZS-140VJA/YJA
Unidad interior	PEAD-SP71JA	PEAD-SP100JA	PEAD-SP100JA	PEAD-SP125JA	PEAD-SP140JA
Unidad exterior	SUZ-SA71VA	SUZ-SA100VA	PUHZ-SP100YHA	PUHZ-SP125VHA/YHA	PUHZ-SP140VHA/YHA
Capacidad	Frío Nominal (Mín-Máx) kW 7,1 (2,8-8,1)	Frío Nominal (Mín-Máx) kW 9,4 (5-9,9)	Frío Nominal (Mín-Máx) kW 9,4 (4,9-9,9)	Frío Nominal (Mín-Máx) kW 12,3 (5,5-13,0)	Frío Nominal (Mín-Máx) kW 13,0 (5,5-14,0)
Consumo Nominal	Frío kW 2,36	Frío kW 3,12	Frío kW 3,12	Frío kW 4,38	Frío kW 4,32
Calor Nominal	Calor kW 8 (2,6-8,9)	Calor kW 11,2 (5,1-11,5)	Calor kW 11,2 (4,5-11,5)	Calor kW 13,5 (5,0-15,0)	Calor kW 15,5 (5,0-17,0)
EER / COP	3,01 / 3,61	3,01 / 3,61	3,01 / 3,61	2,81 / 3,61	3,01 / 3,41
SEER (Rango)	5,2 (A)	4,6 (B)	4,6 (B)	-	-
SCOP (Rango)*	3,8 (A)	3,8 (A)	3,8 (A)	-	-
Caudal de aire (B/M/A)	m³/min 17,5 / 21,0 / 25,0		24,0 / 29,0 / 34,0	29,5 / 35,5 / 42,0	32,0 / 39,0 / 46,0
Presión Estática	Pa		35 / 50 / 70 / 100 / 150		
Nivel sonoro (B/M/A)	dB(A) 26 / 30 / 34		29 / 34 / 38	33 / 36 / 40	34 / 38 / 43
Dimensiones al x an x fon	mm 250 x 1.100 x 732		250 x 1.400 x 732		250 x 1.600 x 732
Unidad Exterior	Dimensiones alto x ancho x fondo	mm 880 x 840 x 330	880 X 840 X 330	943 x 950 x 330(+30)	1.350 x 950 x 330(+30)
Tensión/Fases - Intensidad Máxima	V/F - A 230/1 - 18,1	230/1 - 30,7	400/3 - 15,7	230/1 - 30,8	400/3 - 15,8
Diám. tuberías líquido/gas	mm		9,52 / 15,88	230/1 - 32,3	400/3 - 15,8
Long. Máx. tubería vert/total	m	30 / 30			30 / 40
<b>PVR</b>	Set con mando PAC-YT52 (Modelo sin sufijo)	<b>2.174 €</b>	<b>3.083 €</b>	<b>3.273 €</b>	<b>3.619 €</b>
	Set con mando PAR-31 (Modelo con sufijo -C31)	<b>2.219 €</b>	<b>3.128 €</b>	<b>3.318 €</b>	<b>3.664 €</b>
				<b>3.843 €</b>	<b>4.479 €</b>
				<b>4.524 €</b>	<b>4.814 €</b>

NOTAS: \*SCOP Para zona climática intermedia según directiva ErP 626/2011/EU | \*\* SEER/SCOP medidas según EN14825. Valores de referencia. | Las unidades PEAD-SP71~140 incluyen IT terminal. | N° máx. de curvas: 15 | La función de deshumidificación no funcionará cuando la temperatura en la habitación esté por debajo de los 13°C | Long. de tubería utilizada para cálculo de capacidad en condiciones nominales: 5m. | Control de condensación incorporado en todas las unidades. | Rendimiento aprox. PUHZ-SP incluyendo desescarches en calef. según T° ext: -20°C=56%, -15°C=59%, -10°C=63%, -5°C=66%, 0°C=74%, 5°C=97%, 10°C=110%, 15°C=122%.

**HPEZS-VJA ó YJA ZUBADAN**

**COMPACTA**  
**250 mm. ALTURA**

**Tecnología**  
**REPLACE**



PEAD-RP-JAQ



PUHZ-SHW112VHA  
PUHZ-SHW112/140YHA

MODELO	HPEZS-100VJA	HPEZS-100YJA	HPEZS-125YJA
Unidad interior		PEAD-RP100JAQ	PEAD-RP125JAQ
Unidad exterior	PUHZ-SHW112VHA	PUHZ-SHW112YHA	PUHZ-SHW140YHA
Capacidad	Frío Nominal (Mín-Máx) kW 10 (4,9-11,4)	Frío Nominal (Mín-Máx) kW 11,2 (4,5-14,0)	Frío Nominal (Mín-Máx) kW 12,5 (5,5-14,0)
Consumo Nominal	Frío kW 2,924		Frío kW 3,895
Calor	Calor kW 3,103		Calor kW 3,879
EER / COP	3,42 / 3,61		3,21 (A) / 3,61 (A)
SEER (Rango)	4,8 (B)		4,8 **
SCOP (Rango)*	3,8 (A)		3,6 **
Caudal de aire (B/M/A)	m³/min 24,0 / 29,0 / 34,0		29,5 / 35,5 / 42,0
Presión Estática	Pa	35 / 50 / 70 / 100 / 150	
Nivel sonoro (B/M/A)	dB(A) 29 / 34 / 38		33 / 36 / 40
Dimensiones al x an x fon	mm 250 x 1.400 x 732		250 x 1.400 x 732
Unidad Exterior	Dimensiones alto x ancho x fondo	mm 1.350 x 950 x 330(+30)	
Tensión/Fases - Intensidad Máxima	V/F - A 230/1 - 37,65	400/3 - 15,65	400/3 - 15,76
Diám. tuberías líquido/gas	mm 9,52 / 15,88		9,52 / 15,88
Long. Máx. tubería vert/total	m 30 / 75		30 / 75
Unidad Interior		1.285 €	1.581 €
Unidad Exterior		3.790 €	4.890 €
<b>PVR</b>	Set con mando PAC-YT52 (Modelo sin sufijo)	<b>5.179 €</b>	<b>6.575 €</b>
	Set con mando PAR-31 (Modelo con sufijo -C31)	<b>5.224 €</b>	<b>6.620 €</b>
			<b>1.473 €</b>

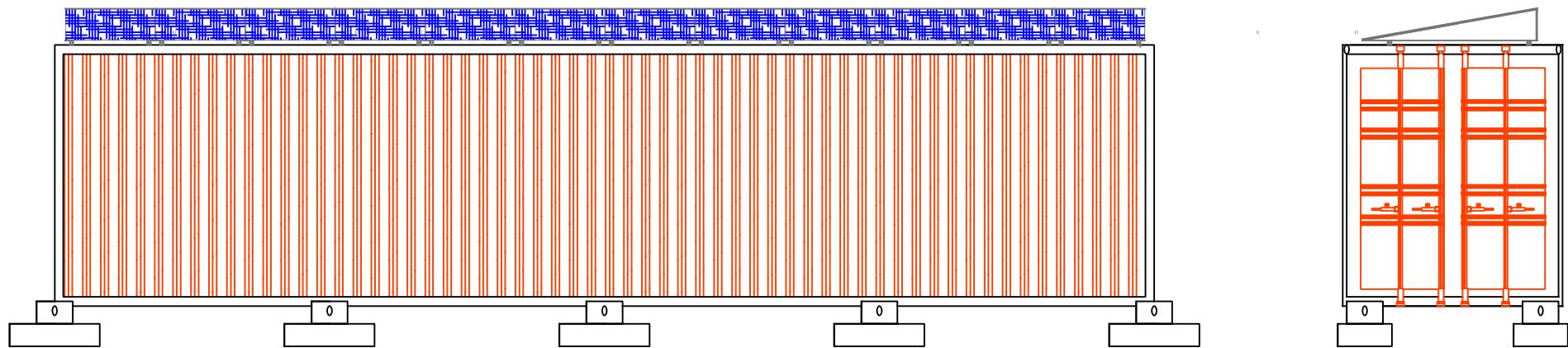
NOTAS: \*SCOP Para zona climática intermedia según directiva ErP 626/2011/EU | \*\* SEER/SCOP medidas según EN14825. Valores de referencia. | Las unidades PEAD-RP60~140 incluyen IT terminal. | N° máx. de curvas: 15 | La función de deshumidificación no funcionará cuando la temperatura en la habitación esté por debajo de los 13°C | Long. de tubería utilizada para cálculo de capacidad en condiciones nominales: 5m. | Control de condensación incorporado en todas las unidades. | Rendimiento aprox. incluyendo desescarches en calef. según T° ext: -25°C=80%, -20°C=90%, -15°C=100%, 5°C=100%, 10°C=110%, 15°C=122%.

### **8.3. ANEXO III: PLANOS**

**PLANO I. ALZADO Y PERFIL**

**PLANO II. DISTRIBUCIÓN MÓDULO SOSTENIBLE DE EMERGENCIAS**

**PLANO III. DISEÑO MÓDULO SOSTENIBLE DE EMERGENCIAS**



PROYECTO FIN DE CARRERA:  
MÓDULO SOSTENIBLE DE EMERGENCIAS

AUTOR:  
RAFAEL GARCIA DELGADO

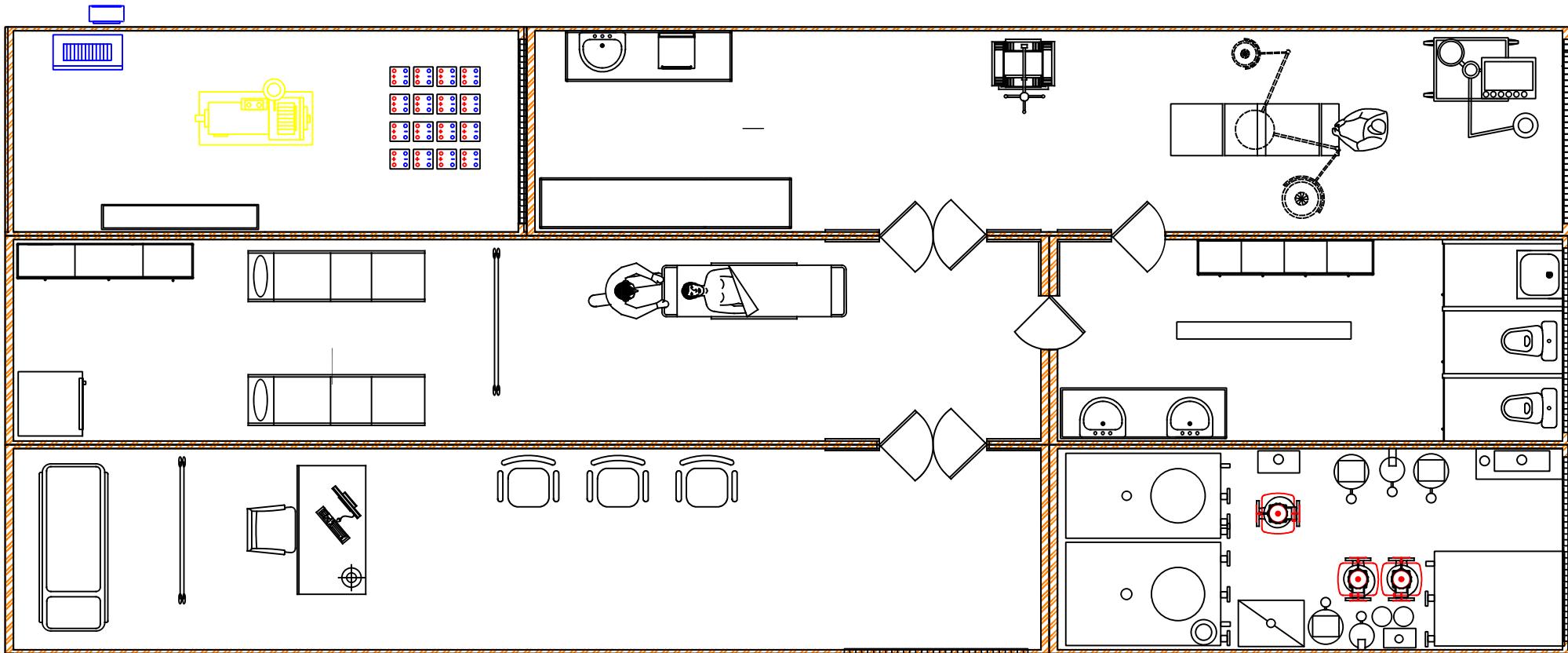
SEPTIEMBRE 2016

ESCUOLA DE INGENIERIA  
Y ARQUITECTURA  
UNIVERSIDAD DE  
ZARAGOZA

ALZADO Y PERFILE

ESCALA: 1:50

1



PROYECTO FIN DE CARRERA:  
MÓDULO SOSTENIBLE DE EMERGENCIAS

AUTOR:  
RAFAEL GARCIA DELGADO

ESCUOLA DE INGENIERIA  
Y ARQUITECTURA  
UNIVERSIDAD DE  
ZARAGOZA

SEPTIEMBRE 2016

DISTRIBUCIÓN MÓDULO  
SOSTENIBLE DE EMERGENCIAS

ESCALA: 1:50

2

**Equipos  
eléctricos**

**Quirófano**

**Preoperatorio  
postoperatorio**

**Vestuario  
baños**

**Triaje y  
enfermería**

**E.T.A.P.**

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
MÓDULO SOSTENIBLE DE EMERGENCIAS**

**AUTOR:  
RAFAEL GARCIA DELGADO**

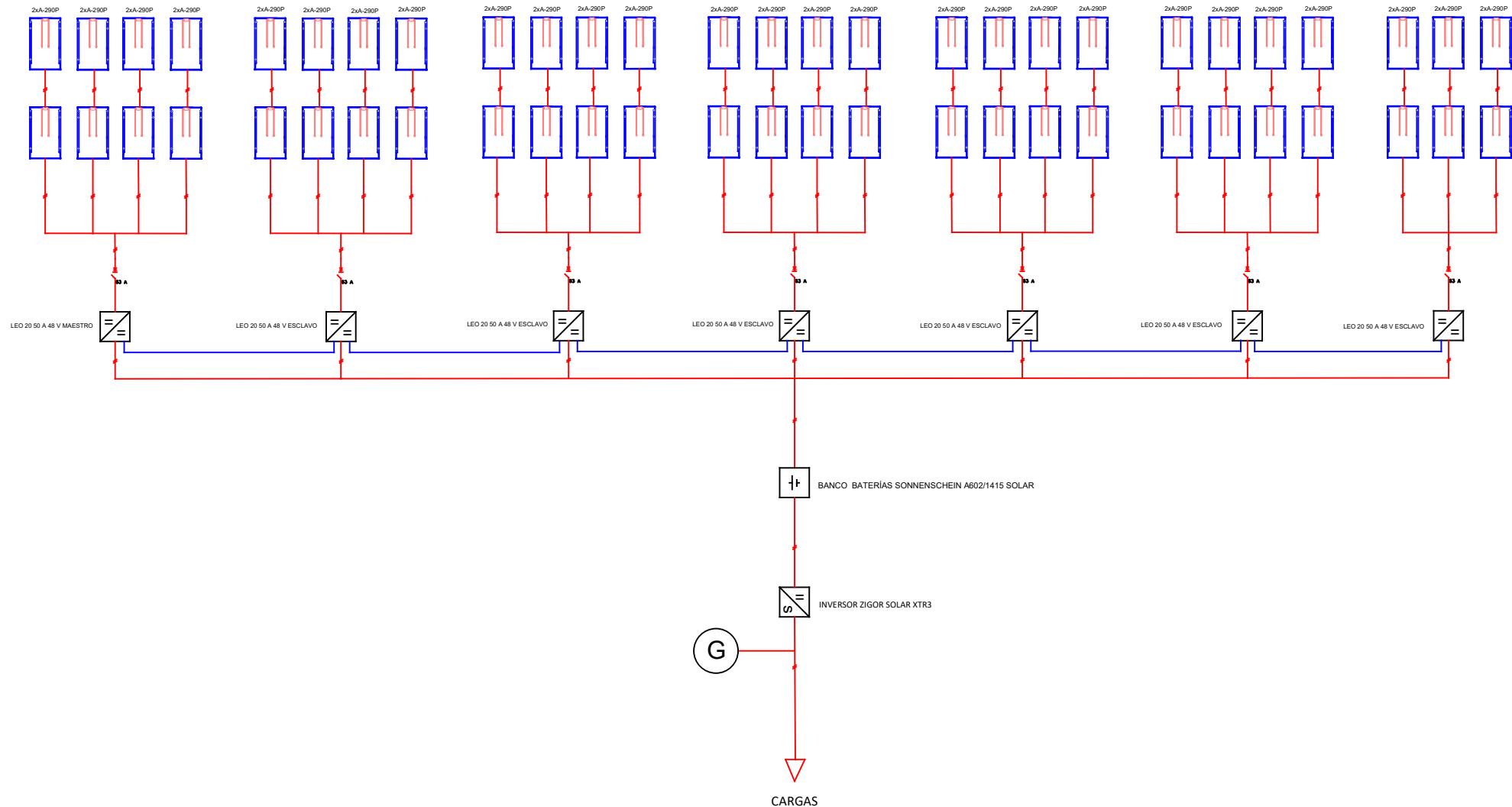
**ESCUOLA DE INGENIERIA  
Y ARQUITECTURA  
UNIVERSIDAD DE  
ZARAGOZA**

**DISEÑO MÓDULO SOSTENIBLE  
DE EMERGENCIAS**

**ESCALA: 1:50**

**3**

## 8.4.ESQUEMA ELÉCTRICO DE LA INSTALACIÓN



PROYECTO FIN DE CARRERA:  
MÓDULO SOSTENIBLE DE EMERGENCIAS

AUTOR:  
RAFAEL GARCIA DELGADO

ESCUOLA DE INGENIERÍA  
Y ARQUITECTURA  
UNIVERSIDAD DE  
ZARAGOZA

SEPTIEMBRE 2016

ESQUEMA ELÉCTRICO

ESCALA: 4