

Master Universitario en Diseño y Fabricación Integrada Asistidos por Computador
Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

DISEÑO DE LA UNIDAD DE DESCONEXIÓN DE UN INVERSOR FOTOVOLTAICO DE POTENCIA NOMINAL 600 kW

Documento 1: Memoria

Autor: Salvador Ortiz Arjona

Tutor: Lorenzo Solano García

Septiembre 2017

Resumen

Este trabajo fin de master (a partir de ahora "TFM") trata sobre el diseño de un equipo de inversión de energía fotovoltaica de una potencia nominal de 600 kW. Para su diseño y posterior estudio se tendrá en cuenta tanto la reglamentación vigente para este tipo de equipos como los conocimientos adquiridos por la empresa encargada del diseño en anteriores proyectos similares a este.

Se realizará el rediseño del equipo inversor tomando como base un equipo similar pero de mayores dimensiones, también se realizará el diseño de la parte del equipo encargada de la protección eléctrica de CC (unidad de desconexión), el diseño se realizará de forma que teniendo en cuenta los factores limitantes impuestos por la empresa promotora y los que impone la normativa vigente obtenga una potencia nominal aproximada de 600 kW, modularidad en el equipo, alta fiabilidad e intentando conseguir la máxima rentabilidad en el proceso de diseño y construcción del equipo. Para conseguir dicho diseño se utilizarán los componentes y materiales que ofrezcan el mayor rendimiento.

Los equipos irán situados dentro de una caseta de obra situada en un campo fotovoltaico emplazado en la localidad de Albacete (España), este dato se tendrá en cuenta a la hora de seleccionar el equipo más adecuado. Dentro de esta misma caseta se encuentra el transformador de media tensión que conecta directamente con la red eléctrica por lo que no tendremos que preocuparnos por este punto.

Cabe destacar otros apartados del proyecto como son los cálculos justificativos para la elección de la ventilación, el dimensionado de las pletinas conductoras y los espacios de seguridad. En este apartado se detallan los cálculos que me han ayudado a tomar decisiones que resultan muy importantes durante el proceso de diseño. También forma parte de este proyecto el anexo donde se podrán encontrar planos del equipo y hojas de características de distintos componentes.

Contenido

Introducción	5
Objeto del TFM.....	5
Justificación del proyecto.....	5
Alcance	5
Condicionantes del diseño	5
Introducción a la energía fotovoltaica	7
Aplicaciones principales	8
Aplicaciones autónomas	8
Aplicaciones conectadas a la red	9
Funcionamiento de una planta fotovoltaica	11
El panel solar, tipos y tecnologías.	12
Inversores, tipos y tecnologías.....	14
Características del equipo diseñado	16
Diseño mecánico del equipo	19
Introducción	19
Desarrollo del producto	20
Definición del producto.....	20
Especificación del producto	21
Diseño conceptual.....	21
Diseño de detalle. Materializar la Solución.....	24
Identificar los requerimientos limitadores.....	24
Determinar funciones y parámetros críticos.....	25
Alternativas de diseño preliminares	26
Materializar las restantes funciones	28
Completar el diseño final	29
Incorporar las últimas modificaciones	32
Bibliografía	35

Tabla de ilustraciones

Imagen 1. Inversor outdoor con Unidad de Desconexión fuera del equipo.....	6
Imagen 2. Esquema general de una instalación autónoma con inversor.	11
Imagen 3. Instalación fotovoltaica conectada a la red.	12
Imagen 4. Constitución de un panel solar.....	13
Imagen 5. Instalación solar con inversor en cadena o central.....	14
Imagen 6. Instalación solar usando microinversores.....	15
Imagen 7. Inversor indoor con módulos extraíbles.	16
Imagen 8. Interior del inversor.....	16
Imagen 9. Situación de los componentes principales de un inversor.....	17
Imagen 10. Vista frontal y lateral del inversor.....	18
Imagen 11. Diseño conceptual de la unidad de desconexión.....	22
Imagen 12. Bastidor de la unidad de desconexión.....	23
Imagen 13. Funciones y parámetros críticos.	26
Imagen 14. Alternativas de diseño.....	27
Imagen 15. Panel de control.....	28
Imagen 16. Diseño final de la unidad de desconexión.....	29
Imagen 17. Bandejas inferior y superior respectivamente.....	30
Imagen 18. Isométrico del diseño final.....	30
Imagen 19. Detalle de embarrado.....	31
Imagen 20. Unidad de desconexión con policarbonatos protectores.....	32
Imagen 21. Unidad de desconexión con panel de control.....	33
Imagen 22. Unidad de desconexión integrada en inversor.....	34

Tabla de figuras y tablas

Figura 1. Clasificación Tipos Energía Solar.....	8
Figura 2. Clasificación Sistemas de Producción de energía.....	10
Tabla 1. Especificaciones del producto.....	21
Tabla 2. Requerimientos limitadores.....	25
Tabla 3. Tabla de cumplimiento especificaciones limitadoras.....	27

Introducción

Objeto del TFM

Este proyecto consiste en el rediseño de un inversor solar de potencia nominal 600 kVA para ser instalado en el interior de una caseta ya existente preparada para tal efecto. El cometido de este inversor es el de transformar la corriente del campo fotovoltaico para ser posteriormente inyectada a la red.

En el transcurso del proyecto se estudia la viabilidad y la adecuación del diseño teniendo en cuenta los requerimientos del cliente.

Justificación del proyecto

La justificación de este proyecto de diseño de un inversor solar se realiza en base a la decisión de la empresa promotora (EIFFAGE) de obtener un producto acorde a sus necesidades. Esta empresa posee un campo fotovoltaico situado en la provincia de Albacete en el cual tienen dos equipos averiados que necesitan sustituir por otros equipos con características similares.

Alcance

En primer lugar, se expondrán los aspectos más importantes de la tecnología fotovoltaica, realizando una breve introducción y un repaso a las aplicaciones principales de este tipo de tecnología, así como a los componentes principales de este tipo de instalaciones.

Se estudiará el caso concreto de un inversor para un campo fotovoltaico con unas características determinadas situado en la provincia de Albacete con la necesidad de sustituir un equipo. Se analizarán entre otros, los siguientes aspectos:

- Funcionamiento de la energía fotovoltaica.
- Componentes del equipo.
- Distribución física de los elementos dentro del equipo.
- Diseño estructural
- Cálculo de los conductores
- Cálculo de la ventilación
- Distancias mínimas de seguridad

Se trata, por tanto, del diseño de un inversor fotovoltaico teniendo en cuenta las especificaciones requeridas por la empresa promotora.

Condicionantes del diseño

La empresa promotora impone ciertos condicionantes que hay que tener en cuenta a la hora de realizar el diseño de la instalación, ya que estos pueden ser importantes en la toma de decisiones:

- El equipo tiene que estar preparado para funcionar en el interior de una caseta de obra ya existente.
- Interferir lo mínimo posible en el normal funcionamiento del campo fotovoltaico actual.
- Alta fiabilidad del equipo.
- Diseño modular.
- Sistema redundante para minimizar los daños en caso de que un módulo falle.
- Integración del sistema de protección de CC dentro del equipo.

Para el diseño del equipo se tomará como base un equipo con características similares, pero de mayores dimensiones el cual habrá que redimensionar para este proyecto en particular. Uno de los requerimientos por parte de la empresa promotora es que el sistema de protección de CC se encuentre dentro del equipo, en nuestros equipos normalmente este sistema se encuentra fuera del equipo.



IMAGEN 1. INVERSOR OUTDOOR CON UNIDAD DE DESCONEXIÓN FUERA DEL EQUIPO.

En la imagen 1 se observa que dicho sistema se encuentra en el armario más pequeño, en el desarrollo del proyecto nos centraremos principalmente en el diseño de esta unidad de forma que quede integrada dentro del equipo principal.

Introducción a la energía fotovoltaica

La electricidad es una de las formas de energía más versátiles y que mejor se adaptan a cada necesidad. Su utilización está tan extendida que difícilmente podría concebirse una sociedad tecnológicamente avanzada que no hiciese uso de ella.

La energía solar fotovoltaica consiste en la conversión directa de la luz solar en electricidad, mediante un dispositivo electrónico denominado “célula solar”. La conversión de la energía de la luz solar en energía eléctrica es un fenómeno físico conocido como “efecto fotovoltaico”. Presenta características peculiares entre las que se destacan:

- Elevada calidad energética
- Pequeño o nulo impacto ecológico
- Inagotable a escala humana

La energía solar fotovoltaica permite un gran número de aplicaciones, ya que puede suministrar energía en emplazamientos aislados de la red (viviendas aisladas, faros, postes SOS, bombeos, repetidores de telecomunicaciones, etc.) o mediante instalaciones conectadas a la red eléctrica, que pueden ser de pequeño tamaño (instalación en vivienda individual) o centrales de gran tamaño (en España existes proyectos de hasta 48 MW de potencia).

Un punto importante que debemos destacar es que cada kWh generado con energía solar fotovoltaica evita la emisión a la atmosfera de aproximadamente 1 kg de CO₂, en el caso de comparar con generación eléctrica con carbón, o aproximadamente 0.4 kg de CO₂ en el caso de comparar con generación eléctrica con gas natural.

Hoy día existen miles de aparatos que, bien en forma de corriente continua o de corriente alterna, utilizan la electricidad como fuente de energía, y su uso ha provocado un gran aumento de la demanda de consumo eléctrico.

Este hecho ha propiciado la búsqueda de nuevas fuentes de energía y nuevos sistemas de producción eléctrica, basados, fundamentalmente, en el uso de energías renovables.

Los sistemas tradicionales de producción de electricidad tienen una problemática asociada que hace necesario intentar desarrollar otro tipo de fuentes energéticas:

- Centrales hidráulicas: el efecto invernadero y el cambio climático hacen que cada vez las sequías sean más prolongadas y, por tanto, no se pueda asegurar la producción estable de electricidad a través de estas centrales.
- Centrales térmicas: tienen el problema de que los combustibles fósiles son un recurso limitado en el tiempo. Además, provocan una gran emisión de gases contaminantes perjudiciales para el efecto invernadero.
- Centrales nucleares: tienen en problema de la eliminación de los residuos generados, además del potencial riesgo de un accidente nuclear.

Como ya hemos comentado, la tendencia actual es la utilización de energías renovables. Es aquí donde cobra importancia la energía solar. Varias son las formas de aprovechar el sol para la producción de electricidad; se distingue entre:

- Métodos indirectos: el sol se aprovecha para calentar un fluido (que puede ser agua, sodio, sales fundidas...) y convertirlo en vapor, con el fin de producir electricidad mediante el movimiento de un alternador. La producción de la electricidad se realiza mediante un ciclo termodinámico convencional, como se haría en una central térmica de combustible fósil.
- Métodos directos: en ellos la luz del sol es convertida directamente a electricidad mediante el uso de las células solares. Se distingue entre sistemas conectados a red y sistemas aislados.

El principio de funcionamiento de las instalaciones está basado en el efecto fotovoltaico, mediante el cual se transforma la energía radiante del sol en energía eléctrica. Este proceso de transformación se produce en un elemento semiconductor que se denomina célula fotovoltaica. Cuando la luz del sol incide sobre una célula fotovoltaica, los fotones de la luz solar transmiten su energía a los electrones del semiconductor para que así puedan circular dentro del sólido. La tecnología fotovoltaica consigue que parte de estos electrones salgan al exterior del material semiconductor generándose así una corriente eléctrica capaz de circular por un circuito externo.

Aplicaciones principales

La clasificación de las instalaciones solares fotovoltaicas (figura 1) se pueden realizar en función de la aplicación a la que están destinadas. Así, distinguiremos entre aplicaciones autónomas y aplicaciones conectadas a la red.



FIGURA 1. CLASIFICACIÓN TIPOS ENERGÍA SOLAR

Aplicaciones autónomas

Producen electricidad sin ningún tipo de conexión con la red eléctrica, a fin de dotar de este tipo de energía al lugar donde se encuentran ubicadas. Pueden distinguirse dos bloques:

- Aplicaciones espaciales: sirven para proporcionar energía eléctrica a elementos colocados por el ser humano en el espacio, tales como satélites de comunicaciones, la Estación Espacial Internacional, etc. La investigación en esta área propició el desarrollo de los equipos fotovoltaicos tal y como los conocemos en la actualidad.
- Aplicaciones terrestres, entre las que cabe destacar las profesionales:
 - o Telecomunicaciones: telefonía rural, vía radio; repetidores (de telefonía, televisión, etc)
 - o Electrificación de zonas rurales y aisladas: estas instalaciones, que se pueden realizar en cualquier lugar, están pensadas para países y regiones en desarrollo y todas aquellas zonas en que no existe acceso a la red eléctrica comercial: viviendas aisladas, de ocupación permanente o periódica, refugios de montaña, etc.
 - o Señalización: se aplica, por ejemplo, a señales de tráfico luminosas, formadas por diodos LED, alimentados por un panel solar y una batería.
 - o Alumbrado público: se utiliza en zonas en las que resulta complicado llevar una línea eléctrica convencional.
- Bombeo de agua: estas instalaciones están pensadas para lugares tales como granjas, ranchos, etc. Se pueden realizar en cualquier lugar. Su uso puede ser tanto para agua potable como para riego
- Redes VSAT (Very Small Aperture Terminal): redes privadas de comunicación (para una empresa, un organismo oficial, etc.) que actúan a través de satélite y que se usan para el intercambio de información. La energía solar se utiliza para alimentar las estaciones de la red.
- Telemetría: permite realizar medidas sobre variables físicas y transmitir la información a una central.

Aplicaciones conectadas a la red

En ellas, el productor no utiliza la energía directamente, sino que es vendida al organismo encargado de la gestión de la energía del país. Tienen la ventaja de que la producción de la electricidad se realiza precisamente en el periodo de tiempo en el que la curva de demanda de electricidad aumenta, es decir, durante el día, siendo muy importante los kilovatios generados. Cabe distinguir:

- Centrales fotovoltaicas y huertos solares: recintos en los que se concentra un número determinado de instalaciones fotovoltaicas de diferentes propietarios con el fin de vender la electricidad producida a la compañía eléctrica con la cual se haya establecido el contrato. La energía vendida puede estar a nombre de una persona, una sociedad, etc. (la potencia instalada depende de las dimensiones del campo fotovoltaico). Cada instalación tiene su propietario y todas ellas se ubican en el mismo lugar. Esto posibilita mejoras en el mantenimiento de la instalación, vigilancia, pólizas de seguros, etc.

- Edificios fotovoltaicos: es una de las últimas aplicaciones desarrolladas para el uso de la energía fotovoltaica. La rápida evolución en los productos de este tipo ha permitido el uso de los módulos como material constructivo en cerramientos, cubiertas y fachadas de gran valor visual. Además, la energía fotovoltaica es el sistema de energía renovable más adecuado para la generación de electricidad en zonas urbanas sin provocar efectos ambientales adversos. La integración arquitectónica consiste en combinar la doble función, como elemento constructivo y como productor de electricidad, de los módulos fotovoltaicos.

La mayoría de estos sistemas han sido integrados en tejados, porque es allí donde alcanzan la máxima captación de energía solar, pero últimamente se está comenzando a integrarlos en muros y fachadas, en las que, por ejemplo, el vidrio es reemplazado por módulos de láminas delgadas semitransparentes. A la hora de realizar este tipo de instalaciones se tienen en cuenta consideraciones estéticas (en la elección del tipo de panel), además de las relacionadas con el rendimiento energético.

En la figura 2 se puede observar una clasificación de los distintos sistemas de producción de energía:

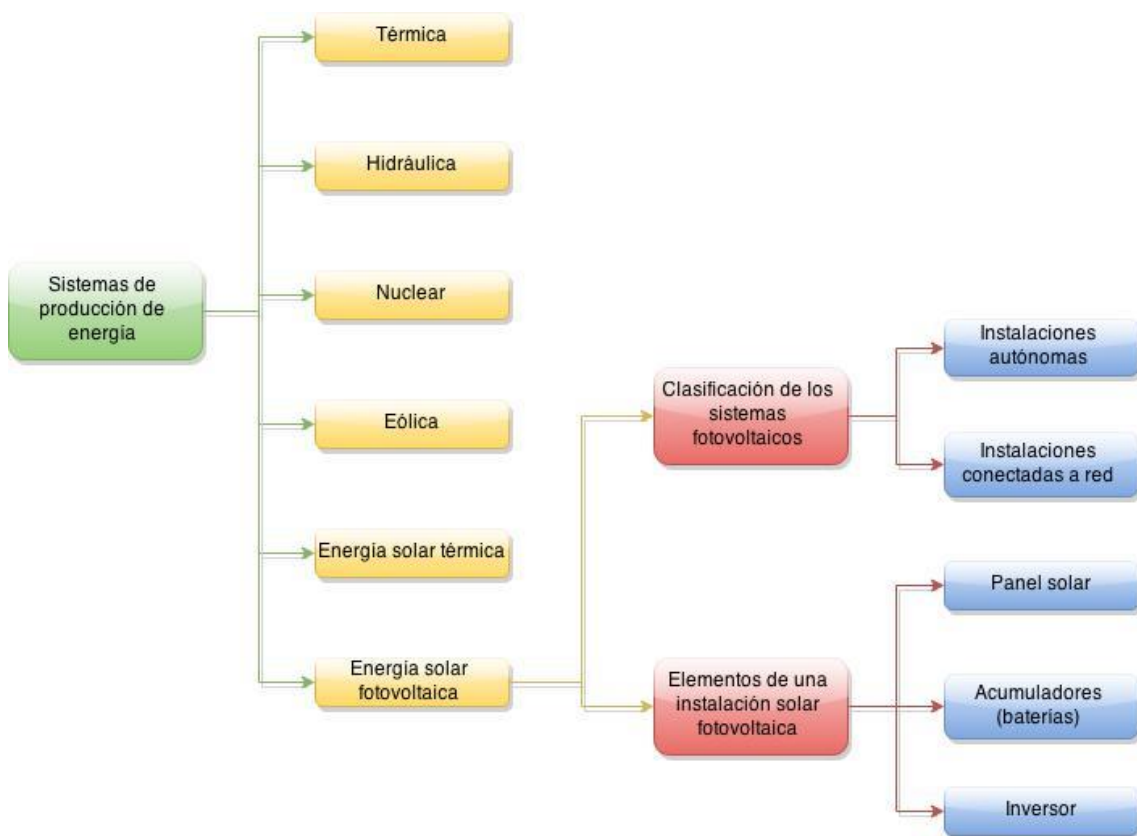


FIGURA 2. CLASIFICACIÓN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA.

Funcionamiento de una planta fotovoltaica

En el caso más habitual, un sistema fotovoltaico conectado a la red está formado por:

- Generador fotovoltaico
- Inversor
- Conexión a la red
- Protecciones

El generador fotovoltaico es el encargado de transformar la energía del sol en energía eléctrica. Está formado por varios módulos fotovoltaicos conectados en serie y/o paralelo, y a su vez cada módulo está formado por unidades básicas llamadas células fotovoltaicas. La potencia típica que puede suministrar una célula de este tipo es de unos 3 W. Este valor tan pequeño hace necesario que se agrupen varias células fotovoltaicas (normalmente unas 36) en un solo componente, el módulo o panel fotovoltaico. Si la potencia suministrada por un módulo es insuficiente, se instalarán todos los que sean necesarios en una configuración serie/paralelo apropiada.

En el caso de los sistemas aislados (no conectados a red) suele ser necesario almacenar la energía producida por el generador fotovoltaico en un sistema de baterías (Imagen 2). De este modo, la energía producida durante las horas de sol se puede utilizar durante toda la noche, o en momentos en los que la radiación sea insuficiente como para generar la energía demandada. La carga y descarga de la batería, que depende de la generación y del consumo, estará controlada por un regulador de carga. Este elemento actúa como protección de las baterías en caso de sobrecargas o descargas excesivas que podrían resultar dañinas para estas, acortando su vida útil. Estos elementos, sin embargo, no son necesarios en las aplicaciones de plantas conectadas a la red eléctrica.

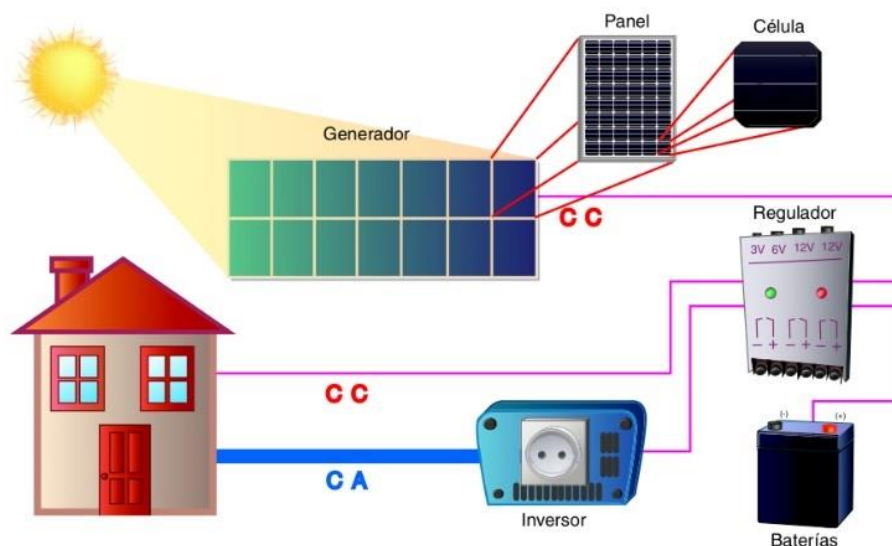


IMAGEN 2. ESQUEMA GENERAL DE UNA INSTALACIÓN AUTÓNOMA CON INVERSOR.

Los módulos fotovoltaicos producen electricidad en corriente continua, que se puede almacenar directamente en baterías, que suministran a su vez también corriente continua. En el caso en el que se necesite dar servicio a determinados consumos que funcionan con corriente alterna es necesario disponer de un inversor que se encargará de transformar la corriente continua en corriente alterna a una determinada tensión y frecuencia.

Los consumos de los equipos que irán conectados a una instalación autónoma, ya sea de alterna o continua, suponen un dato fundamental para el diseño del sistema fotovoltaico puesto que son los que normalmente determinan su tamaño. En las instalaciones conectadas a la red eléctrica, sin embargo, son otros los factores que determinan el tamaño de la instalación. Los sistemas fotovoltaicos en general pueden presentar consumos en continua, alterna o mixtos.

Aparte de los inversores, existen otros dispositivos capaces de regular el sistema que a veces son usados en otras aplicaciones, como los convertidores DC/DC, que son necesarios cuando se tienen consumos en corriente continua a unos valores de tensión y corriente distintos a los de generación.

En la imagen 3 se pueden observar los elementos más característicos de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red.

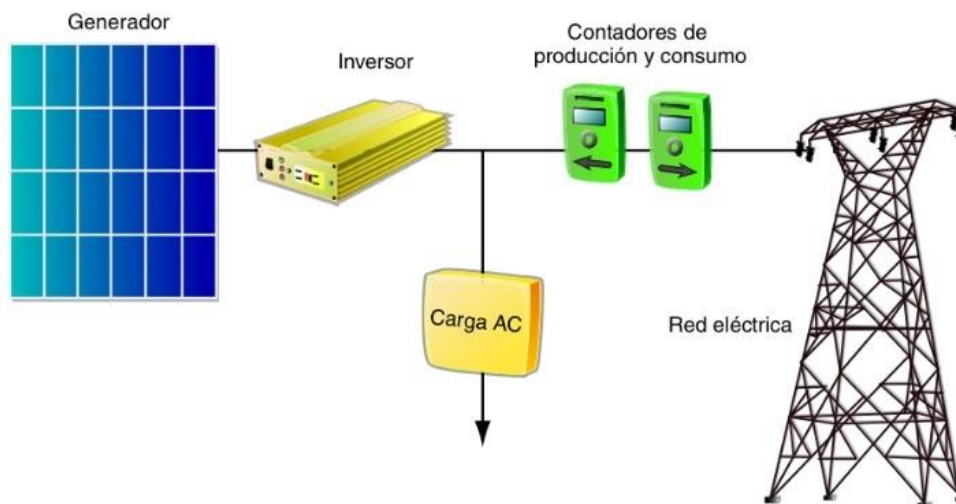


IMAGEN 3. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA CONECTADA A LA RED.

El panel solar, tipos y tecnologías.

Un panel solar o módulo fotovoltaico (Imagen 4) está formado por un conjunto de células, conectadas eléctricamente, encapsuladas, y montadas sobre una estructura de soporte o marco. Proporciona en su salida de conexión una tensión continua, y se diseña para valores concretos de tensión (6 V, 12 V, 24 V...), que definirán la tensión a la que va a trabajar el sistema fotovoltaico.

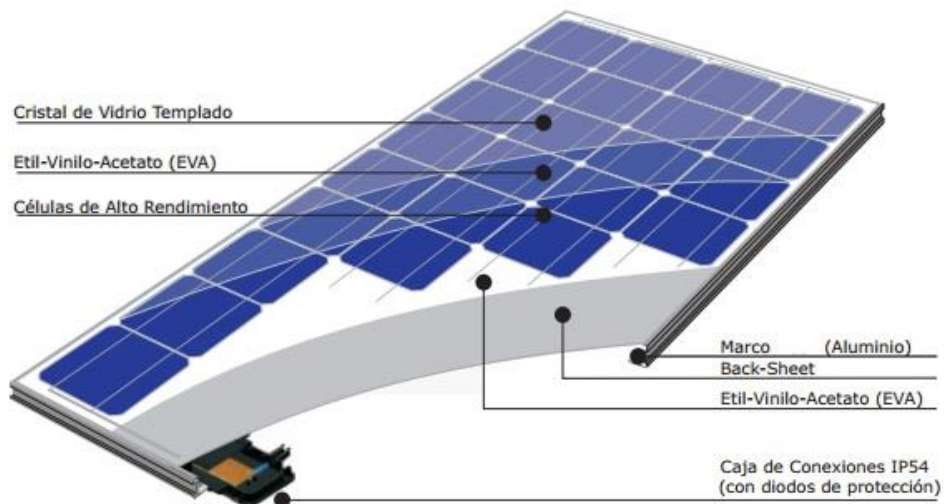


IMAGEN 4. CONSTITUCIÓN DE UN PANEL SOLAR.

- El vidrio que recubre el panel sirve como protección para las células solares ante los fenómenos atmosféricos.
- El marco del panel permitirá la instalación sobre un determinado soporte.
- Los cables de conexión del panel se encuentran en la caja de conexiones con un índice de protección IP54.
- El soporte debe proporcionar una rigidez estructural adecuada, con vistas a la instalación del módulo.
- El encapsulado protege al módulo de la intemperie; es muy importante que el módulo esté protegido frente a la abrasión, la humedad y los rayos UV. Este encapsulado también protege las células y las conexiones ante posibles vibraciones.
- El panel debe de ser fácil de instalar. Las células solares que forman el panel van conectadas entre sí en serie o en paralelo. Su asociación desde el punto de vista eléctrico proporciona el nivel adecuado de tensión e intensidad para el que ha sido diseñado el panel solar.

Los tipos de paneles solares vienen dados por la tecnología de fabricación de las células, y son fundamentalmente:

- Silicio monocristalino: de rendimiento energético entre 15 – 17%.
- Silicio policristalino: de rendimiento energético entre 12 – 14%.
- Silicio amorfo: con rendimiento energético menor del 10%.

Otros materiales: Arseniuro de Galio, diseleniuro de Indio y Cobre, telurio de Cadmio.

La potencia que proporciona una célula de tamaño estándar (digamos de 10 x 10 cm) es muy pequeña (en torno a 1 o 2 W), por lo que generalmente será necesario tener que asociar varias de ellas con el fin de proporcionar la potencia necesaria al sistema fotovoltaico de la instalación. Es de este hecho de donde surge el concepto de panel solar, cuyos elementos y características acabamos de ver.

Según la conexión eléctrica que se haga en las células, se pueden encontrar diferentes posibilidades:

- La conexión en serie de las células permitirá aumentar la tensión final en los extremos de la célula equivalente.
- La conexión en paralelo permitirá aumentar la intensidad total del conjunto.

Inversores, tipos y tecnologías.

El inversor es una pieza fundamental en la instalación eléctrica fotovoltaica, ya que permite la conversión de la energía generada por los paneles fotovoltaicos, por tanto, es una de las decisiones más importantes a la hora de realizar el diseño de la planta fotovoltaica. Se ha de elegir un inversor que cumpla tanto las normas establecidas por el Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), como los requerimientos técnicos que imponen los paneles solares. Cabe destacar que dependiendo del tipo de inversor a utilizar hay distintos tipos de arquitecturas de sistemas solares:

Sistemas solares FV convencionales que usan inversores en cadena o centrales

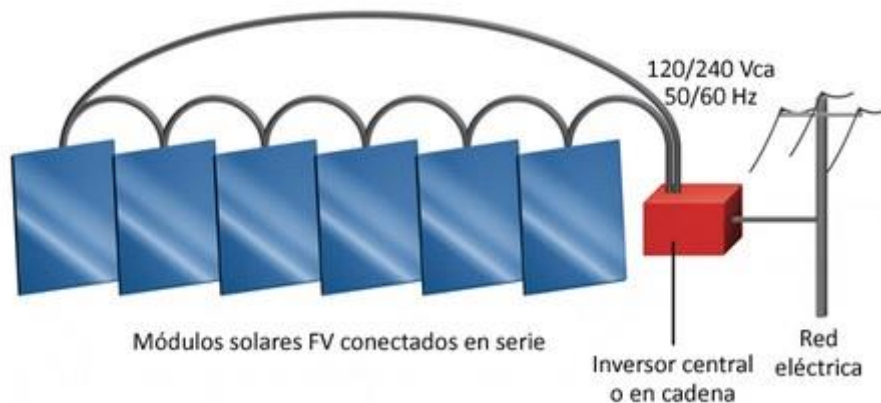


IMAGEN 5. INSTALACIÓN SOLAR CON INVERSOR EN CADENA O CENTRAL.

Hoy en día, la mayoría de instalaciones fotovoltaicas solares usan inversores en cadena o centrales convencionales (Imagen 5). Los paneles solares se conectan en serie mediante cables, creando una matriz fotovoltaica, que después se conecta a un inversor en cadena o central que convierte la corriente continua (CC) procedente de la matriz fotovoltaica en corriente alterna (CA) para su conexión a la red eléctrica. Los sistemas fotovoltaicos convencionales con inversores en cadena o centrales presentan las siguientes características:

- En nuestro caso, nuestro equipo está construido con una topología modular y redundante donde todos los componentes se repiten en cada módulo: tarjeta de control, etapa de potencia, sistema de ventilación e interruptores. Todos estos módulos se conectan en paralelo al bus de CC y CA, de modo que el sistema proporciona redundancia en caso de que uno o más módulos fallen. Estas

características hacen del inversor un producto capaz de manejar una gran potencia y un mayor rango de seguimiento de puntos de máxima potencia (MPPT). El rendimiento de los módulos solares, ya sea de forma individual o agrupada, suele verse afectado negativamente por un gran número de factores, entre estos factores se incluyen las sombras ocasionadas por las nubes, árboles, chimeneas, equipamientos u otras estructuras, la acumulación de suciedad, hojas u otros desechos en las superficies de los módulos o los problemas de calidad relativos a los propios módulos.

Sistemas fotovoltaicos solares usando microinversores

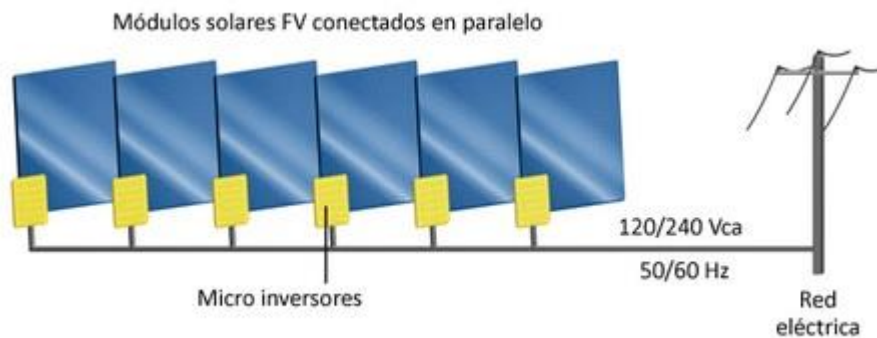


IMAGEN 6. INSTALACIÓN SOLAR USANDO MICROINVERSORES.

El microinversor es una unidad compacta que se instala en la parte posterior de cada módulo solar (Imagen 6). Convierte la energía de CC en energía de CA para su conexión a la red eléctrica sin necesidad de un inversor en cadena o central. La salida de CA del microinversor está sincronizada y en fase con la red eléctrica. La solución de microinversores aporta distintas características:

- Producción energética óptima: maximiza la energía producida en cada módulo solar y, por tanto, la de la matriz fotovoltaica en su conjunto. Esto se consigue al realizar el seguimiento de puntos de máxima potencia (MPPT), una técnica electrónica que maximiza la energía producida por cada módulo en condiciones ambientales variables. Al realizar el MPPT en cada módulo solar se garantiza la máxima producción energética incluso en condiciones de sombra parcial.
- Mejora de la seguridad: al realizarse la conversión de energía de CC a CA en cada módulo solar, se elimina el cableado de CC de alta tensión, lo que hace al sistema solar intrínsecamente más seguro.
- Simplificación del diseño y la instalación de la matriz fotovoltaica: en el caso de instalaciones en cubiertas, los módulos solares se pueden instalar en cualquier espacio disponible, lo que facilita el diseño de la matriz fotovoltaica en comparación con las instalaciones de inversores convencionales.
- Presenta el problema de que esta tecnología solo está disponible para pequeñas instalaciones, con una reducida cantidad de paneles solares, ya que los microinversores no están preparados para la gestión de grandes potencias.

Características del equipo diseñado

El hecho de que el inversor vaya a estar situado en el interior de una caseta de obra ya existente nos marca el camino a seguir a la hora de seleccionar qué equipo tomaremos como base para este rediseño en particular.

Tomaremos como base el inversor preparado para funcionar en interiores HE PLUS de POWER ELECTRONICS (Imagen 7), su rango de funcionamiento va desde los 600 kVA hasta los 2550 kVA lo cual lo hace adecuado para este proyecto en particular.



IMAGEN 7. INVERSOR INDOOR CON MÓDULOS EXTRAÍBLES.

Como podemos observar en la imagen 8 el equipo está basado en un diseño modular donde todos los componentes se repiten en cada módulo de forma que si uno falla no deja de funcionar el equipo por completo.



IMAGEN 8. INTERIOR DEL INVERSOR.

Lo que se observa en la imagen son los módulos encargados de la conversión de la CC que viene del campo fotovoltaico en CA apta para ser inyectada en la red. En el caso concreto del proyecto objeto de este TFM solo serán necesarios tres de estos módulos por lo que en el espacio sobrante equivalente a uno de estos módulos irá integrada la unidad de desconexión, condición que el propio cliente nos ha indicado en los requerimientos limitadores.

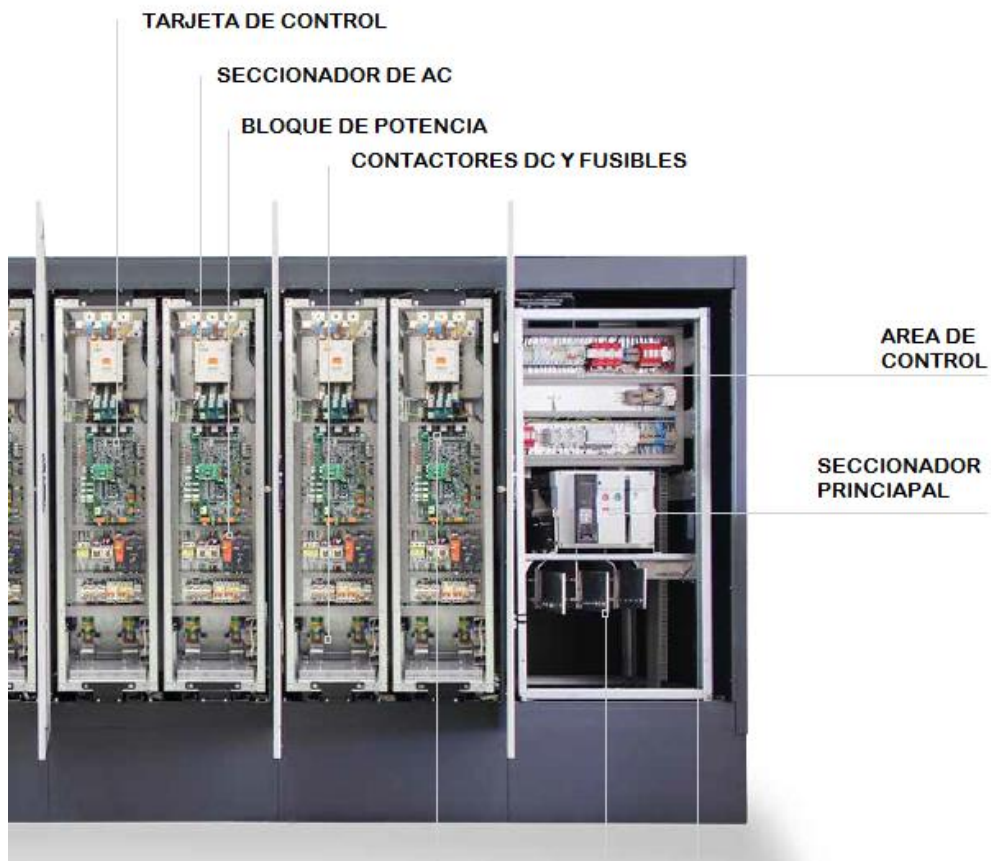


IMAGEN 9. SITUACIÓN DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES DE UN INVERSOR.

En la imagen 9 se pueden observar los elementos más importantes que componen un equipo estándar como son los seccionadores, tanto de CC como de CA, y las áreas de control. En la zona de la izquierda del equipo encontramos todo lo relacionado con la parte de CA, podemos encontrar las pletinas que conectamos al transformador de media tensión, el seccionador principal de equipo desde donde lo podemos desconectar por completo en caso de emergencia y el área de control donde se encuentran todos los elementos de toma de datos y protección.

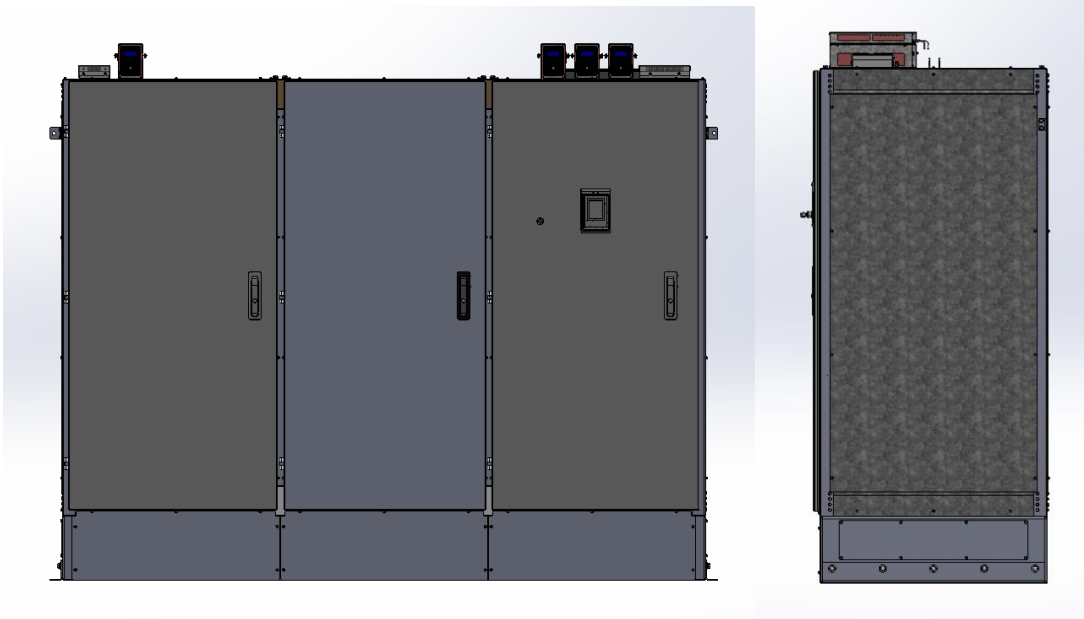


IMAGEN 10. VISTA FRONTAL Y LATERAL DEL INVERSOR

Finalmente se realiza el rediseño del inversor adaptándolo al tamaño necesario para albergar los tres módulos necesarios para cumplir con los requerimientos del cliente, en la imagen 10 se puede ver el producto acabado.

Diseño mecánico del equipo

Cabe destacar que en los siguientes puntos nos centraremos únicamente en el proceso de diseño de la unidad de desconexión, consideramos que es la parte en la que más se ha trabajado y por lo tanto más se ha profundizado ya que no se partía de ninguna base y el proceso de diseño se ha realizado desde cero. Respecto a la parte de diseño del equipo inversor el proceso de diseño no ha sido tan profundo ya que partíamos de una base y solo se ha tenido que reducir en tamaño para adecuarlo a las necesidades de este proyecto.

Introducción

Hoy en día, para mejorar la rentabilidad en el diseño de nuevos productos se puede contar con dos estrategias básicas:

- La innovación en producto (funciones y prestaciones)
- Utilizar técnicas de diseño para la fabricación y el montaje.

La innovación se caracteriza por presentar rentabilidades muy grandes bajo riesgos importantes, al contrario de lo que ocurre al utilizar técnicas de diseño para la fabricación y el montaje, que proporcionan rentabilidades inferiores con un bajo riesgo, retornándose rápidamente el dinero invertido en un proyecto.

Todas estas técnicas y metodologías de diseño, o rediseño, de un producto tienen como objetivo principal mejorar los aspectos de facilidad en la fabricación, montaje y costes, respetando las funciones esenciales del producto.

En el proceso de diseño se deben considerar diversos aspectos desde la perspectiva del producto y los recursos:

- **Producto:** tiene en cuenta tanto la gama que se fabrica como los requerimientos de las distintas etapas del ciclo de vida, los costes o recursos asociados (función, montaje, calidad, ...)
- **Recursos humanos:** Se trabaja en equipos pluridisciplinarios donde colaboran profesionales que actúan de forma colectiva en tareas de asesoramiento y decisión o de forma individual en tareas fomento y gestión.
- **Recursos materiales:** Concurren nuevas herramientas basadas en tecnologías de la información y la comunicación, cada vez más integradas (modelización 3D, herramientas de simulación y cálculo, prototipos y útiles rápidos, etc.)

Las decisiones tomadas en la fase de diseño comprometen un alto porcentaje del coste del producto. Si se desea reducir los costes de un producto, una opción es la optimización del diseño del producto teniendo en cuenta las técnicas de diseño para la fabricación y el montaje.

- **Ciclo de vida:** Diseñar teniendo en cuenta todo el ciclo de vida del producto ayuda a tener una percepción de los costes asociados de fabricación y montaje, determinando un escandallo de costes asociados de los diferentes módulos a lo largo de las diferentes etapas del ciclo de vida. A pesar de que las tecnologías de fabricación han mejorado enormemente, hay operaciones de montaje que se han de encomendar al

montaje manual. Por eso, facilitar estas operaciones redundará en menores equivocaciones, mayor simplicidad, menor especialización de los operarios, mayor rapidez y finalmente en menores costes de montaje.

- **Organización de los equipos:** Los equipos de diseño se organizan en torno a la figura de un responsable o gestor de proyecto que impulsa el proyecto en todos sus ámbitos, apoyándose en comités o responsables de todas las etapas del ciclo de vida del producto para no pasar por alto aspectos que pudieran tomar importancia en etapas cercanas al lanzamiento del producto al mercado, con el poco margen de maniobra y costes asociados que ello conllevaría.
- **Arquitectura del producto:** Partiendo de unas buenas especificaciones, se comienza el diseño abordando la arquitectura del producto, teniendo en cuenta sus funciones y las posibilidades de estructurarlo en distintos módulos que pueden ser comunes en otros productos de la misma familia o gama.

Desarrollo del producto

Definición del producto

La decisión de desarrollar un producto parte de la manifestación de una necesidad o del reconocimiento de una oportunidad que puede tener numerosos orígenes, como, por ejemplo:

- La petición explícita de un cliente (producto por encargo, máquina especial)
- Un estudio de mercado del fabricante (nueva oferta, rediseño de un producto)

En nuestro caso, la decisión del desarrollo de este nuevo equipo viene determinada por la petición explícita del cliente bajo su necesidad de sustituir un equipo con unas especificaciones determinadas las cuales tendremos en cuenta en las distintas fases del diseño.

Establecer la definición del producto es una etapa fundamental para su correcto desarrollo posterior. Las deficiencias en la definición del producto llevan a menudo a desenfocar su resolución:

- Dedicando muchos esfuerzos en aspectos poco relevantes
- Desatendiendo aspectos fundamentales.

La definición del producto se establece a través de la especificación, lo que constituye la guía y referencia para su diseño y desarrollo. Si la especificación es demasiado ambiciosa puede repercutir en:

- Un incremento no justificado del coste del producto
- Un aumento de la dificultad de fabricación
- La reducción de la robustez de su funcionamiento

Especificación del producto

Es la manifestación explícita del conjunto de determinaciones, características o prestaciones que deben guiar el diseño y desarrollo del producto. La especificación puede ser muy larga y minuciosa o muy corta, según la conveniencia en cada caso.

Para ello disponemos de una lista de referencia sobre las especificaciones en la que podemos recorrer de forma metódica los diferentes conceptos relacionados con las funciones, características, prestaciones y condiciones del entorno del producto.

Concepto	Determinaciones
Función	Protección de la parte de CC de un inversor
Dimensiones	1600 x 400 x 900 mm
Movimientos	El producto parará la mayor parte del tiempo fijo, están previstas unas ruedas en la estructura de forma que se pueda deslizar por unas guías para operaciones de mantenimiento.
Fuerzas	El producto no se verá sometido a fuerzas que produzcan deformaciones ni desequilibrios.
Energía	Soportará corrientes de varios cientos de amperios que aun están por definir.
Materiales	El material de la estructura será de acero galvanizado, para la parte de los conductores se utilizará aluminio o cobre.
Señales y control	Se tendrán en cuenta en el diseño de un panel integrado en la estructura para los elementos de control
Fabricación y Montaje	Se fabricará una sola unidad aprovechando un bastidor ya diseñado
Transporte y distribución	El producto irá integrado dentro de un armario por lo que se aprovechará el embalaje del mismo
Vida útil y mantenimiento	Se tendrán en cuentas las operaciones de mantenimiento a la hora del diseño del producto
Costes y plazos	El diseño mecánico del producto tendrá que estar listo antes del 28/07/2017
Seguridad y ergonomía	Todas las partes activas tendrán que estar protegidas para evitar contactos accidentales
Aspectos legales	Cumplirá la normativa IEC para equipos eléctricos

TABLA 1. ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

Diseño conceptual

El diseño conceptual parte de la especificación y proporciona como resultados:

- Un principio de solución aceptado
- La estructura funcional
- La estructura modular

En todas las fases de diseño se generan soluciones alternativas que después son simuladas y evaluadas y que constituyen la base para la decisión a seguir. Sin embargo, el diseño conceptual es la etapa en la que este proceso tiene una mayor relevancia y significado.

En el caso específico de nuestro producto tendremos en cuenta, aparte de las especificaciones anteriores, que partimos de un bastidor ya definido, lo cual nos concreta las dimensiones del diseño. Debe albergar un total de 6 fusibles de tipo NH3 con cuchilla y 6 pletinas de conexión distribuidas en bandejas. Todo ello estará conectado eléctricamente a través de un embarrado que a su vez se conectará al embarrado del equipo principal, los cálculos para el dimensionado del embarrado se pueden encontrar en el documento 2: Cálculos Justificativos.

Estas especificaciones y las comentadas en el punto anterior son las que consideramos más importante de cara al diseño mecánico del producto.

En la imagen 11 observamos un diseño conceptual donde podemos encontrar una primera idea de cómo será la distribución de todos los componentes:

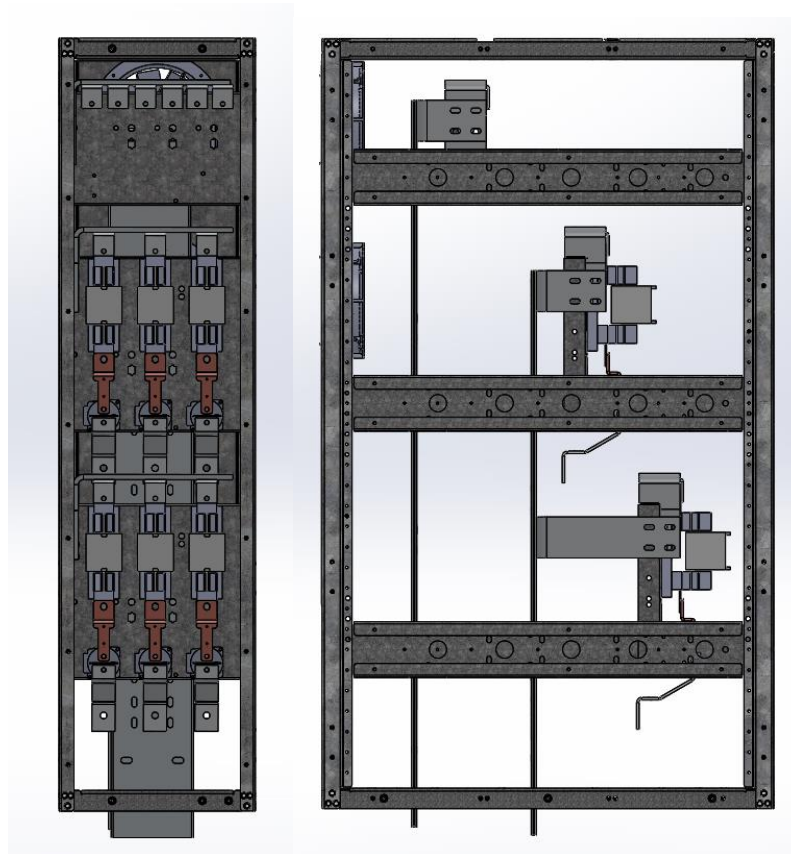


IMAGEN 11. DISEÑO CONCEPTUAL DE LA UNIDAD DE DESCONEXIÓN.

Tomando como base el bastidor (imagen 12), el cual se ha diseñado pensando en obtener el máximo espacio posible para colocar en su interior todos los elementos que forman la unidad de desconexión, se han distribuido los fusibles en dos grupos de 3 unidades cada uno fijados sobre unas bandejas, la orientación escogida es debido a facilitar las operaciones de mantenimiento.

En los primeros pasos del diseño es importante conocer los problemas a los que nos enfrentamos, ya que es ahora cuando se elaboran las soluciones para problemas concretos.

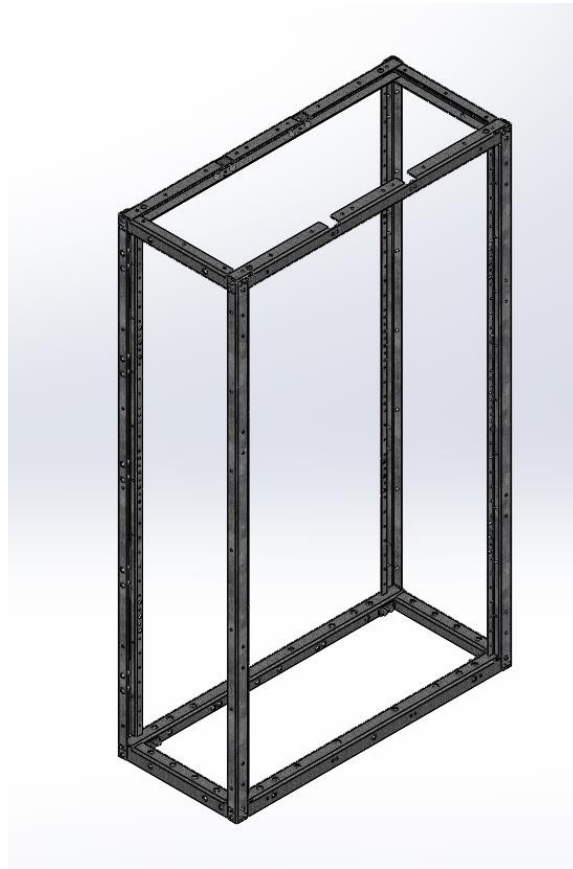


IMAGEN 12. BASTIDOR DE LA UNIDAD DE DESCONEXIÓN

El proceso de diseño conceptual suele seguir los siguientes pasos:

- **Conocer el problema:** Cuando diseñamos debemos conocer bien el enunciado y las limitaciones de los problemas que se nos presentan, de no ser así, surgen falsos principios de solución que después son descartados en fases más avanzadas del diseño.

En nuestro caso concreto sabemos de ante mano que unos de nuestros mayores problemas van a ser el espacio disponible para colocar todos los elementos, también sabemos que tendremos 6 fusibles con su porta-fusibles los cuales ocupan un espacio considerable en comparación con el disponible, todo ello deberá estar dispuesto de forma que facilitemos las operaciones de mantenimiento. Otra consideración importante a tener en cuenta son las distancias de seguridad que tendremos que dejar entre elementos activos de la instalación.

- **Generar ideas:** Este podría ser el proceso central de la operación de diseño, donde surgen ideas nuevas y se crean alternativas o principios de solución.

Consideramos este primer diseño conceptual válido, sabiendo que después habría partes sujetas a posibles modificaciones, ya que resuelve en mayor o menor medida los problemas presentados en las primeras fases del diseño. Aun sabiendo que faltaban muchas partes por integrar se pensó que sería un buen punto de partida de cara a avanzar con el diseño.

- **Simular y evaluar soluciones:** Gracias a las nuevas tecnologías, en nuestro caso a los programas de diseño 3D, podemos validar los principios de solución y en caso de no hacerlo aportar información sobre los aspectos que no se han cubierto y sus causas.

Es complicado obtener un diseño válido a la primera y el uso de estas herramientas agiliza este proceso durante las fases del diseño lo cual hace que afrontemos con mayores garantías los futuros diseños.

Diseño de detalle. Materializar la Solución

Esta etapa del diseño es en la que, a partir de nuestro concepto, mediante conocimientos y criterios técnicos y económicos, se determinan las formas y dimensiones de las distintas piezas y componentes de las que va a estar formado nuestro equipo.

Para ello seguimos un ciclo básico de diseño, la materialización del concepto incluye actividades como: esbozar una disposición general, simular su comportamiento, calcular y dimensionar elementos (piezas, componentes, enlaces, etc.), ensayar y validar las soluciones. Gracias a las herramientas asistidas por ordenador podemos hacer esto de forma fácil y ágil.

Se establecieron las siguientes etapas durante el diseño de detalle:

Identificar los requerimientos limitadores

Identificamos aquellos requerimientos, o deseos, de la especificación que son limitaciones para el diseño de detalle:

- Combinación de fusibles y seccionadores para la protección de la parte de CC de la instalación.
- Dimensiones máximas de **1600 x 400 x 900 mm.**
- Tener en cuenta las tareas de mantenimiento a la hora del diseño, ciertos componentes han de ser fácilmente accesibles
- Los ventiladores de la parte trasera serán susceptibles de mantenimiento, así como los fusibles.
- Al tratarse de un diseño único para un cliente sabemos que los costes serán elevados, por lo tanto, debemos tener en cuenta esto en la toma de decisiones como que materiales utilizar y la cantidad de ellos.

A la hora de conocer nuestros requerimientos limitadores no solo hay que tener en cuenta las condiciones que afectan al diseño puro del equipo, también hay que tener en cuenta los elementos de los que disponemos para hacer realidad el diseño como pueden ser herramientas, máquinas y personal disponible, a continuación, presentamos en la tabla 2 los recursos de los que disponemos y recomendaciones a tener en cuenta.

Recursos	Requerimientos limitadores	Consideraciones
Almacén de chapa	Chapa de acero galvanizado o inox. = 2500 x 1250 mm	Factor limitante en el dimensionado de ciertos componentes del equipo.
Punzonadoras	Unificar espesores de chapa	Evitar tiempos de espera innecesarios al cambiar matrices en punzonadora.
	Conocer utillaje de punzonadora	Evitar colisos o circunferencias que no coinciden con herramientas.
Plegadora	Unificar espesores	Cambio de espesor implica cambiar matriz inferior de la plegadora.
	No dificultar tarea de plegado	En pliegues oblicuos generar una arista exterior paralela a la línea de pliegue.
Soldadura	Evitar soldaduras largas y de muchas piezas	Preferible aumentar los pliegues de las piezas para disminuir cantidad de piezas soldadas y longitud de soldadura.
	Piezas pequeñas	Preferible utilizar máquina de soldadura por puntos.
Remachado	Realizar después de la soldadura	Para evitar que se rompan las tuercas y salpicarlas de soldadura.
Insertables	Colocar antes de soldadura	Se utiliza maquina especial y es posible que no se puedan insertar piezas grandes o se necesiten dos personas.
Pintura	Indicar si la pieza es de interior o exterior	Piezas interiores (no a la vista del cliente) pintadas en blanco, las exteriores en función de cliente y pedido.
Espuma silicona	Acotar centro de la espuma en planos	Facilita la tarea de programación al operario.
	Proceso muy lento	El robot que realiza el espumado es uno de los cuellos de botella del proceso de fabricación.
Sierra	Utilización en chapas gordas	Espesores de chapa mayores de 5mm y en perfileria.
Mecanizado CNC	Indicar en plano el avellanado de las piezas	Muy importante para facilitar la tarea al operario.
	Tiempo en las operaciones	Se pueden realizar colisos con una operación de taladro más fresado (en lugar de utilizar punzonadora).

TABLA 2. REQUERIMIENTOS LIMITADORES.

Determinar funciones y parámetros críticos

Durante las primeras fases del diseño es cuando aparecen determinadas funciones (provenientes de la especificación o de las funciones técnicas) así como determinados parámetros que pueden ser críticos para la resolución del problema y sobre los que hay que establecer soluciones.

Estas funciones y parámetros críticos suelen mostrar importantes relaciones entre ellos, de forma que los consideraremos de forma conjunta a la hora de obtener una solución global.

Entre los parámetros críticos que condicionan el diseño destacamos los siguientes:

Ventilación

- Debemos asegurar que la temperatura en el interior del equipo no sobrepase ciertos límites ($< 50\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Conductores

- Hay que determinar el material y la sección de los elementos conductores de forma que no se derroche material.

Distancias de seguridad

- Hay que asegurar ciertas distancias de seguridad ($> 20\text{ mm}$) entre los elementos activos para evitar posibles accidentes producidos por arcos eléctricos no deseados.

IMAGEN 13. FUNCIONES Y PARÁMETROS CRÍTICOS.

Estos parámetros están definidos por las condiciones de trabajo del equipo (temperatura, tensión de funcionamiento, etc.), por lo tanto, pueden variar entre equipos distintos.

Alternativas de diseño preliminares

Una vez sabemos cuáles son los requerimientos limitadores, las funciones críticas y los parámetros críticos, corresponde desarrollar una o más soluciones de diseño para cada una de ellas (imagen 14). Esto significa establecer, mediante cálculo u otras consideraciones técnicas o económicas, las principales disposiciones, formas y dimensiones, así como una primera selección de los materiales de las piezas y componentes que intervienen en las funciones críticas.

El resultado ha de cumplir con las funciones principales del producto y los requerimientos limitadores. En este paso es el momento de, al menos, decidir, seleccionar y situar los componentes de mercado que incorporamos al producto.

Ventilación

- Usaremos dos ventiladores modelo W2E 200-HK los cuales harán que la temperatura de trabajo sea inferior a 50°C.

Conductores

- Los conductores serán de aluminio, la sección cambiará dependiendo de la intensidad de corriente que circule por ellos. Variará entre 40x10mm² y los 80x10mm²

Distancias de seguridad

- Se ha comprobado que las distancias de seguridad se cumplen alrededor de todas las partes activas del equipo.

IMAGEN 14. ALTERNATIVAS DE DISEÑO.

Estas soluciones de diseño se han tomado en base a diferentes características que definen al producto, en el caso concreto que atañe al diseño de este equipo se han tenido en cuenta que:

- Ventilación: Conociendo los valores de tensión e intensidad que van a circular por los elementos conductores se puede calcular la potencia que disiparán y por la tanto conocer en qué medida calentarán el aire que está a su alrededor, conociendo este dato se puede calcular la ventilación necesaria para no sobrepasar los 50 °C.
- Conductores: En el caso de los conductores nos basamos en los mismos valores que en el caso anterior, teniendo en cuenta que la densidad de corriente no debe sobrepasar ciertos valores y sabiendo el material de los conductores se puede despejar la sección de los mismos.
- Distancias de seguridad: Por seguridad debemos de evitar que se produzcan derivaciones o descargas parciales entre elementos que se encuentran a distinto potencial en el equipo, para ello aseguramos una distancia de seguridad entre estos elementos conductores que depende de factores como la altitud a la que va a trabajar el equipo o su tensión de trabajo.

Los cálculos que han propiciado esta toma de decisiones se pueden encontrar en el documento 2: Cálculos Justificativos.

Una vez se han evaluado las alternativas y se ha decidido por una debemos determinar si esta opción es la más adecuada, y si cumple con todos los criterios y especificaciones limitadoras.

Concepto	Determinaciones
Concepto	El producto responde a las funciones y prestaciones especificadas.
Prestaciones	Se observa un producto resistente y con unas prestaciones y vida útil adecuadas
Seguridad	Cumple con las directivas de seguridad, en el diseño están contemplados elementos de seguridad pasiva y activa para proteger al usuario
Ergonomía	Los elementos interactivos con el usuario se encuentran fácilmente accesibles
Producción	Se han evaluado todas las nuevas piezas y todas ellas se pueden fabricar con los medios con los que disponemos

Calidad	Cuando el producto esté acabado pasará por los controles de calidad pertinentes
Montaje	Los procesos de montaje no suponen ningún problema para los operarios de los que disponemos
Transporte	El transporte se realizará integrado dentro del equipo al que va destinado
Mantenimiento	Las operaciones de mantenimiento han sido previstas en el diseño de forma que se faciliten lo máximo posible
Costes	El producto se encuentra dentro del rango de costes establecido para este proyecto
Plazos	El fin del diseño mecánico del producto entra dentro de los plazos establecidos

TABLA 3. TABLA CUMPLIMIENTO ESPECIFICACIONES LIMITADORAS.

Materializar las restantes funciones

Una vez elegida una solución preliminar para los principales requerimientos, deben solucionarse el resto de problemas que plantea el diseño, funciones y parámetros.

En nuestro caso dentro de estas funciones destacaríamos las siguientes:

- Diseño del panel de control.
- Diseño de los policarbonatos de protección.
- Diseño de las pletinas de enlace entre la DU y el Inversor.

En la imagen 15 se puede observar el resultado final del diseño del panel de control, se ha tenido en cuenta la posición en la que se encuentra, de forma que los componentes con los que tiene que actuar el operario en las operaciones de mantenimiento se encuentren a una altura razonable, por otra parte, se ha puesto canaleta alrededor de los carriles DIN de forma que todos los cables que se utilizan para conectar los distintos elementos eléctricos no queden a la vista.

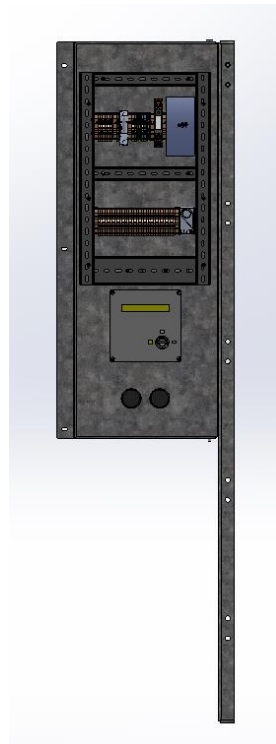


IMAGEN 15. PANEL DE CONTROL

Completar el diseño final

En esta fase del diseño integramos todas las soluciones obtenidas de los requerimientos, funciones y parámetros exigidos, hasta que el sistema quede totalmente definido.

En las imágenes 16 y 18 se puede observar la DU acabada, con todas sus funciones integradas en un diseño que, a falta de las comprobaciones finales, consideramos válido.

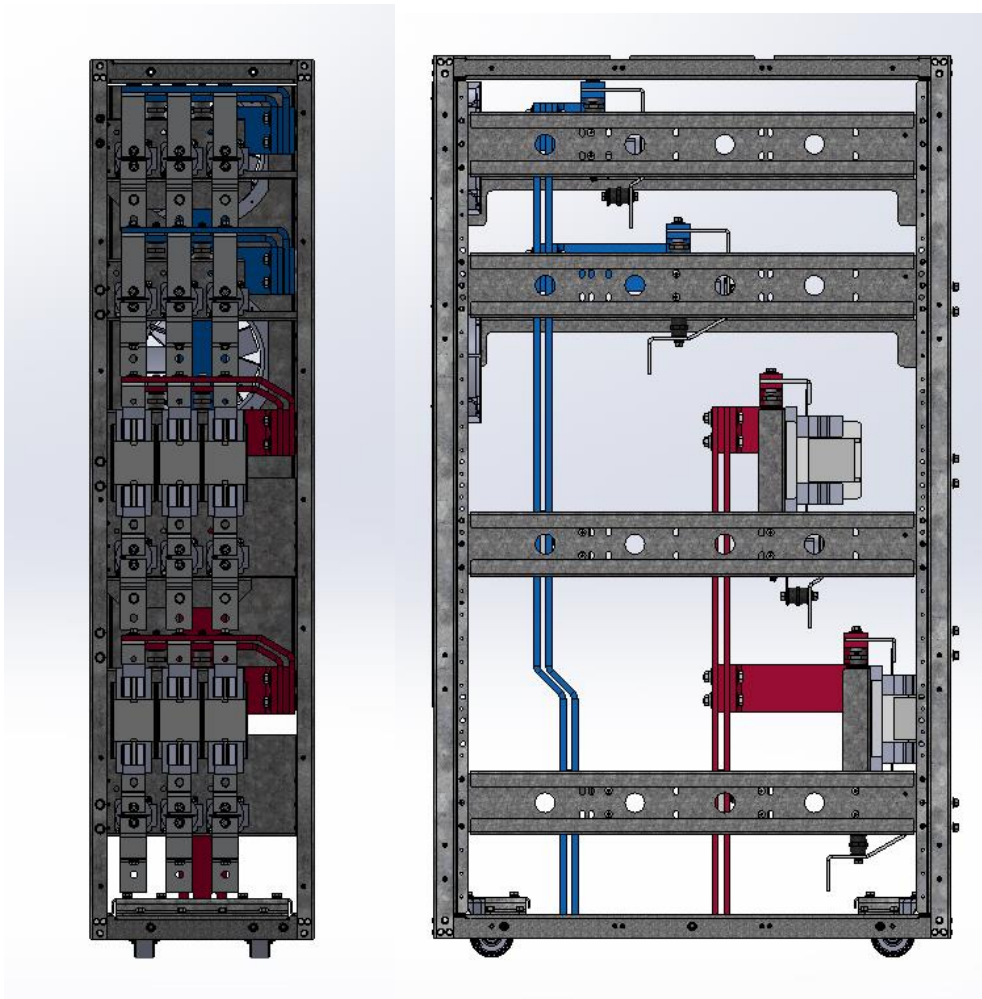


IMAGEN 16. DISEÑO FINAL DE LA UNIDAD DE DESCONEXIÓN.

Podemos observar que, respecto del diseño conceptual, se ha pasado de montar todos los elementos en tres bandejas a hacerlo en cuatro para poder respetar las distancias de seguridad entre elementos activos, dos de ellas (las inferiores) destinadas a la sujeción de los fusibles y que corresponden a la parte positiva de la instalación, las dos bandejas superiores están previstas para la conexión de la parte negativa de la instalación. Debido a la nueva configuración de 4 bandejas estas se recolocaron de forma que las pletinas de conexión del cliente fuesen fácilmente accesibles desde la parte frontal del equipo, consecuencia de ello se diseñaron dos tipos distintos de bandejas (imagen 17) para adecuarlas al espacio disponible.

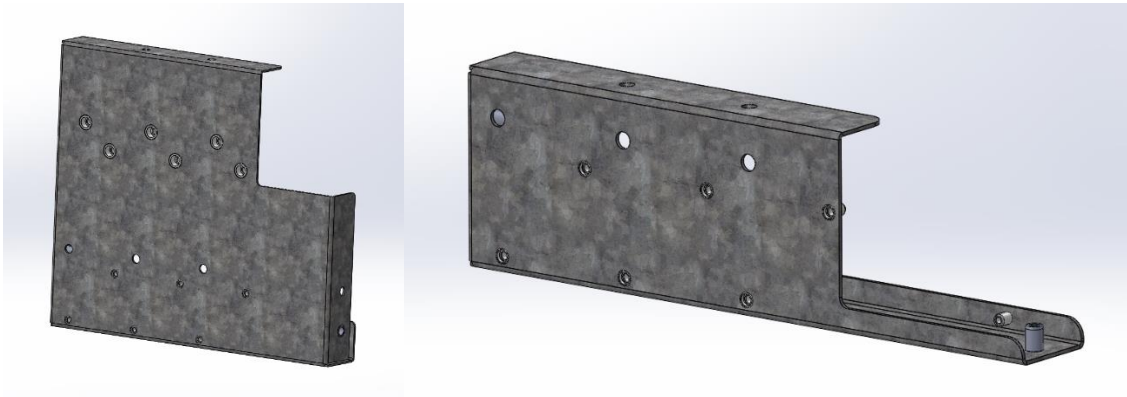


IMAGEN 17. BANDEJAS INFERIOR Y SUPERIOR RESPECTIVAMENTE

Durante todo el proceso de diseño se ha intentado utilizar, dentro de lo posible, el menor número posible de piezas distintas, en el caso de los perfiles que sujetan las bandejas de la parte superior no ha sido posible ya que de utilizar las mismas piezas no se respetarían las distancias de seguridad entre partes activas, lo mismo sucede con la parte del embarrado que está situado en la parte superior de cada bandeja, estas pletinas son distintas entre las bandejas de la parte superior e inferior.

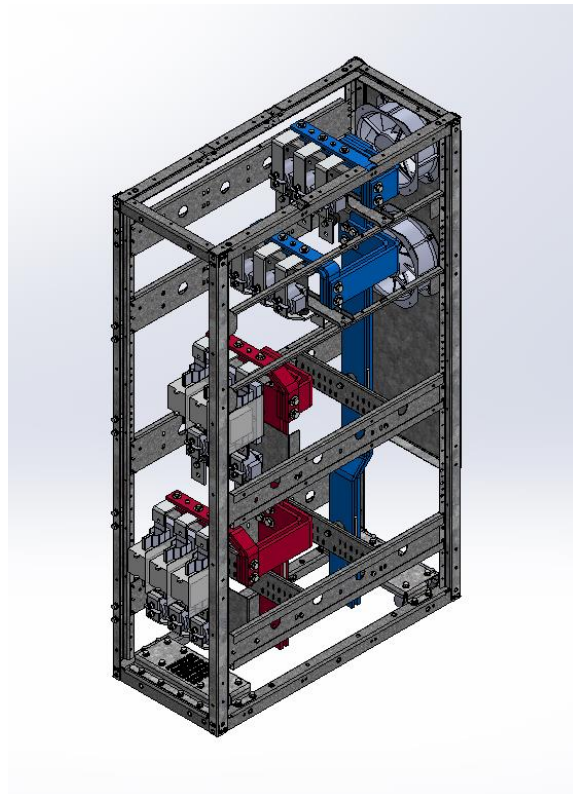


IMAGEN 18. ISOMÉTRICO DEL DISEÑO FINAL.

La posición del embarrado (imagen 19) se ha mantenido respecto al diseño previo, posicionándose en la parte trasera de las bandejas, sí que se aprecia el cambio en las dimensiones del mismo ya que después del estudio de sección, el cual se puede encontrar en el documento 2: Cálculos Justificativos, se detecta que en la versión anterior las pletinas del embarrado estaban muy sobredimensionadas, esto, aparte de ser un gasto innecesario de material, complicaba mucho el diseño por temas de espacio. Con el nuevo dimensionado de las pletinas del embarrado se ha podido realizar toda la instalación sin problemas.

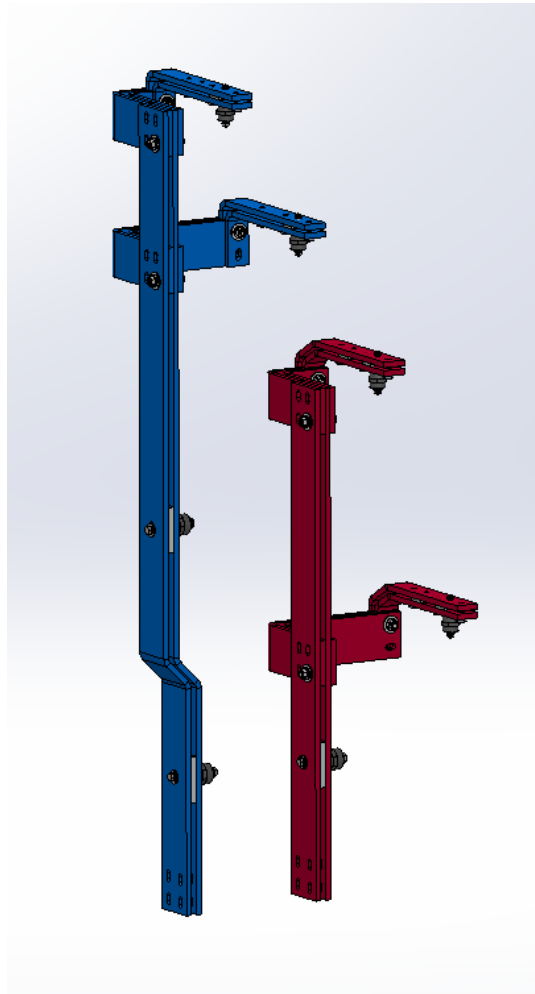


IMAGEN 19. DETALLE DE EMBARRADO

Durante el diseño de la unidad de desconexión nuestro mayor problema ha sido la falta de espacio para colocar todos los componentes indispensables que forman el equipo, el espacio disponible queda definido por el bastidor sobre el que van a ir montados todos los elementos y ello nos marca una restricción bastante importante a tener en cuenta durante el diseño de la unidad.

Teniendo en cuenta esta restricción, el tamaño de las bandejas donde se colocan todos los componentes se ha reducido al máximo posible con la intención de que todas las pletinas donde se conecta el cliente sean accesibles de una forma relativamente cómoda. El ruteado de las pletinas del embarrado se ha tenido que rehacer varias veces para satisfacer las distancias

mínimas de seguridad en elementos activos, consecuencia de ello también se tuvieron que modificar los perfiles que sujetan las bandejas superiores, como se puede observar en la imagen 18, con todas estas modificaciones conseguimos un diseño que consideramos adecuado y que cumple con todas las especificaciones.

Incorporar las últimas modificaciones

En este último paso incorporamos las últimas modificaciones en el conjunto, estas modificaciones suelen ser consecuencia del ensayo y la validación. Los ensayos son realizados por personal especializado que realiza distintas pruebas al equipo con la intención de encontrar posibles fallos que perjudicasen al normal funcionamiento del equipo, estas pruebas son ensayos de conductividad eléctrica así como la comprobación, en cámaras con temperatura controlada, de que los cálculos térmicos del equipo son correctos y por lo tanto, si los equipos de ventilación instalados son suficientes.

Como resultado se obtiene el diseño definitivo, la solución completa del diseño de materialización validada por el ensayo.

Uno de los puntos que faltaban para concluir el diseño era el de proteger a los operarios que puedan manipular el equipo de contactos accidentales con partes activas del equipo, para ello se optó por colocar policarbonatos de protección en las zonas que considerábamos necesarias, en la siguiente imagen se puede observar cómo se han dispuesto los policarbonatos.

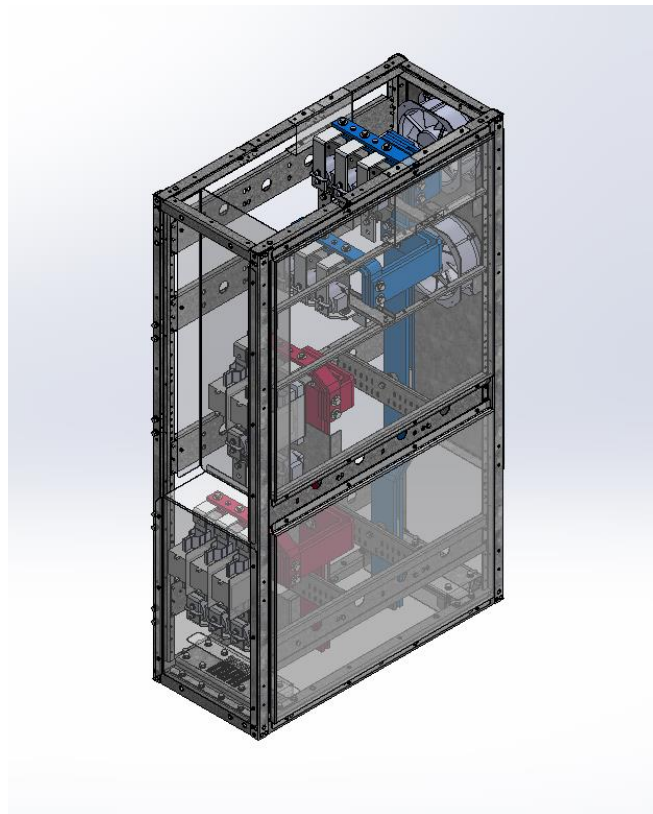


IMAGEN 20. UNIDAD DE DESCONEXIÓN CON POLICARBONATOS PROTECTORES.

Como se puede apreciar en la imagen 20 con la colocación de estos protectores hemos evitado estos posibles contactos accidentales que se pueden producir durante las operaciones de mantenimientos o incluso con otras partes del equipo.

Se colocaron dos paneles grandes a la derecha de la unidad de desconexión ya que es la que está en contacto con el resto del equipo que forma el inversor, consideramos que la zona opuesta de la unidad de desconexión no era necesaria protegerla ya que se encuentra al extremo del inversor y el contacto por ese lateral es prácticamente imposible, para acabar se protegió la parte delantera con otro policarbonato, teniendo en cuenta que fuese fácil de poner y quitar ya que es por esa zona por las que se realizaran las distintas operaciones de mantenimiento.

Para acabar definitivamente con el diseño de la unidad de desconexión se integró al diseño un panel con los distintos elementos de control de la unidad de desconexión (Imagen 21), debido a las restricciones de espacio que se están sufriendo durante todo el diseño se consideró que la mejor opción era configurar el panel en un módulo a parte de la estructura principal.

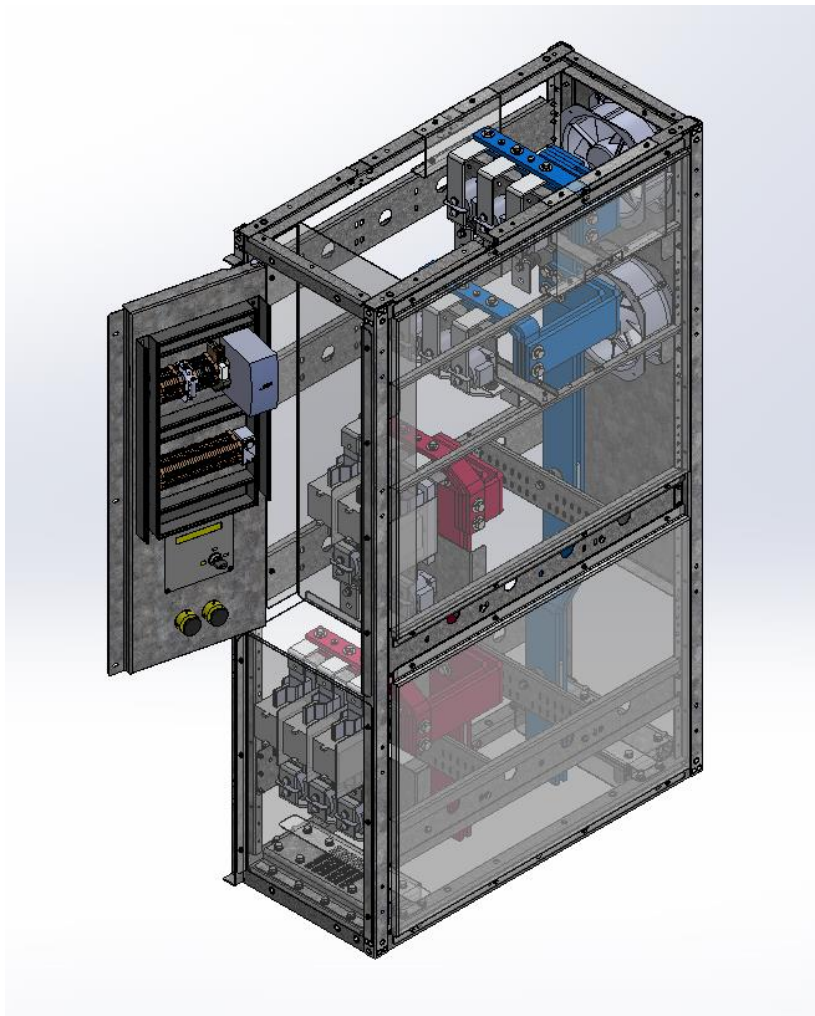


IMAGEN 21. UNIDAD DE DESCONEXIÓN CON PANEL DE CONTROL.

Este panel con los elementos de control se une a la estructura principal mediante un perfil con unas bisagras que permiten que el panel pueda oscilar permitiendo, que el panel se encuentre en posición de “puerta cerrada” mientras el equipo funciona normalmente, y que se pueda abatir, como se aprecia en la imagen, y no suponga un problema durante las operaciones de mantenimiento.

Con esto consideramos el diseño finalizado, siendo todos sus elementos funcionales y cumpliendo con todas las restricciones y requerimientos que se impusieron por parte de la empresa promotora del proyecto y por los parámetros críticos que se deben cumplir para que el equipo funcione correctamente. También se han tenido en cuenta las capacidades productivas de las que se disponen para fabricar los distintos elementos que componen el equipo.

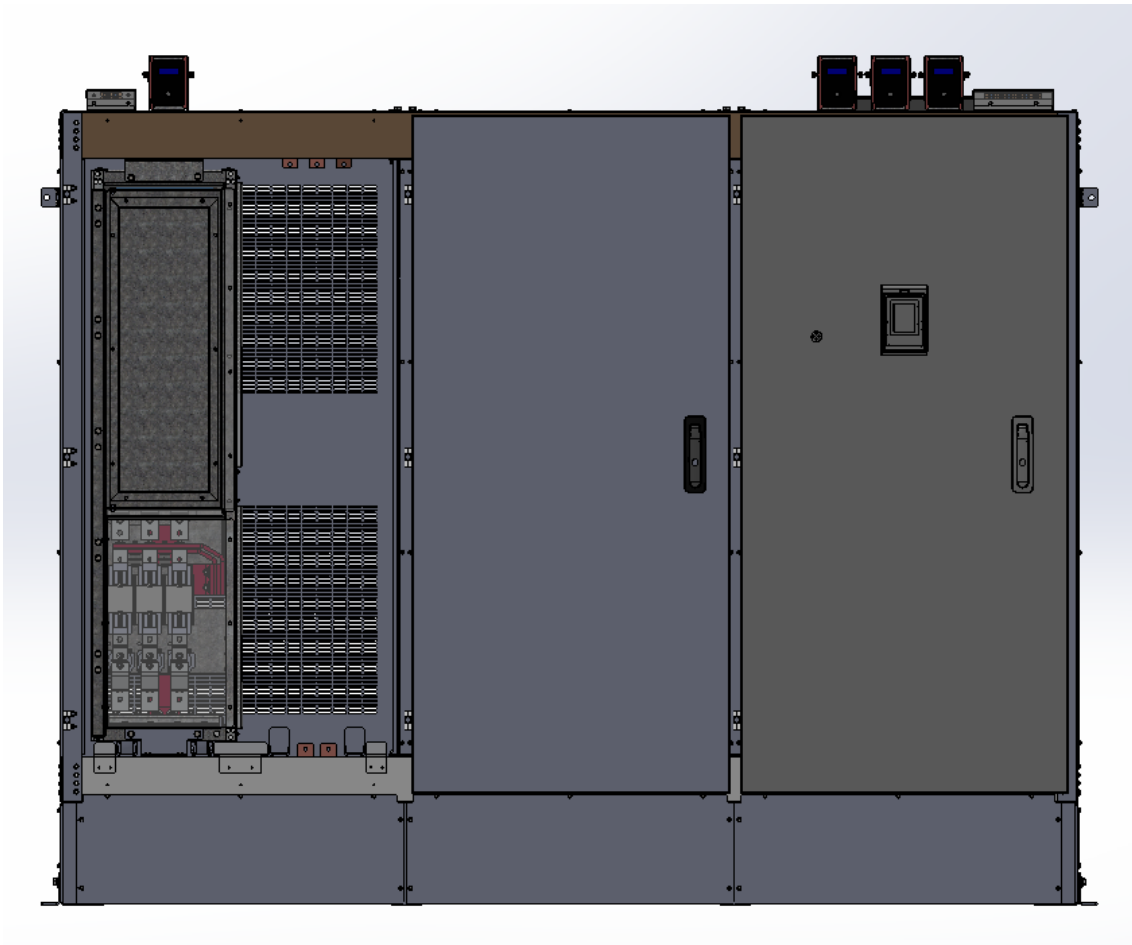


IMAGEN 22. UNIDAD DE DESCONEXIÓN INTEGRADA EN INVERSOR

En la imagen 22 observamos cómo se integra la unidad de desconexión que se ha diseñado con el equipo inversor, la unidad de desconexión aprovecha el hueco libre que deja unos de los módulos del inversor y se acopla perfectamente sin perjudicar el funcionamiento del resto de componentes del equipo.

Bibliografía

Centro de estudios de la Energía solar, CENSOLAR.

Ministerio de Ciencia y Tecnología, Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones técnicas complementarias, Boletín oficial del estado.

Instituto para el Ahorro y la Diversificación Energética, IDEA, Energía solar fotovoltaica.

Páginas web:

www.solarweb.net

www.solarfotovoltaicas.com

www.power-electronics.com