

Master Universitario en Diseño y Fabricación Integrada Asistidos por Computador

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño



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

Documento 2: Cálculos Justificativos

Autor: Salvador Ortiz Arjona

Tutor: Lorenzo Solano García

Septiembre 2017

Contenido

Introducción	3
Cálculo de la ventilación	4
Objetivo.....	4
Análisis.....	4
Unidad de desconexión.....	4
Caudal de refrigeración.....	4
Sección de entrada de aire.....	6
Dimensionado de las pletinas	7
Introducción.....	7
Corriente por las pletinas.....	7
Dimensionado de las pletinas.....	7
Consideraciones.....	9
Distancias de seguridad	10
Introducción.....	10
Distancia entre conductores.....	10
Aplicación en el equipo.....	11

Introducción

Para un correcto desarrollo del proceso de diseño de un nuevo equipo es conveniente recopilar y desarrollar todos los cálculos realizados en una sección específica para ellos. Esta sección por tanto debe entenderse como un anexo de consulta en caso de requerir un mayor nivel de detalle o explicaciones complementarias a las que aparecen en los apartados correspondientes en la Sección 1: Memoria.

A continuación, se muestran los cálculos más importantes a lo largo de este proyecto.

Cálculo de la ventilación

Objetivo

El objetivo del presente documento es el estudio de la ventilación forzada para refrigerar la unidad de desconexión instalada en el interior del inversor de interior HE PLUS de la compañía Power Electrónics.

Análisis

Para abordar del cálculo de la ventilación identificaremos las necesidades de caudal de aire para evacuar el calor generado por los diferentes elementos que componen la unidad de desconexión.

En el presente caso se instalarán dentro del inversor en módulos separados, la unidad de desconexión y los módulos encargados de la conversión de la energía eléctrica de CC a CA. En el caso de este estudio nos centraremos en la parte de la unidad de desconexión.

Unidad de desconexión

La unidad de desconexión instalada en el inversor, en el caso particular de este proyecto, tiene las siguientes características técnicas:

Dimensiones:

Nº de fusibles: 6x200A

Polos aislados de tierra

Potencia de salida: 2400 kW

Tensión: 400V

Caudal de refrigeración

El cálculo del caudal de refrigeración necesario, se hace a partir de la potencia disipada en el equipo:

$$P_{loss0} = P(1 - \mu)$$

En donde P es la potencia del equipo y μ es su eficiencia.

El calor necesario para elevar una la temperatura de una masa de aire es:

$$Q = mC_p\Delta T \quad C_p = 1012 \frac{J}{Kg^{\circ}K}$$

El calor por unidad de tiempo es la potencia, en este caso, potencia de refrigeración, que para evacuar este calor sería:

$$P_{sr} = \frac{Q}{t} = \frac{m}{t} C_p \Delta T = \dot{m} C_p \Delta T = p_0 Q_v C_p \Delta T$$

La potencia disipada en el equipo P_{loss0} debe ser igual a la potencia de refrigeración P_{sr} .

$$P_{sr} = P_{loss0}$$

$$\Delta T = T_{out} - T_{amb}$$

Donde T_{out} es la temperatura de la salida del aire y T_{amb} la temperatura ambiente.

Por tanto, el caudal volumétrico del aire necesario para evacuar la potencia calorífica de las pérdidas es:

$$Q_v = \frac{P_{loss}}{p_0 C_p \Delta T}$$

$$Q_v = \frac{P(1 - \mu)}{p_0 C_p \Delta T}$$

En el caso que nos ocupa:

$$P = 240kW$$

$$\text{Consideramos } \mu = 0.975$$

$$\Delta T = 20^{\circ}K$$

$$p(h) = p_0 \left[1 - \frac{K_T}{T_0} h \right]^{\frac{gM}{R K_T} - 1} = 1.21 kg/m^3$$

$$Q_v = \frac{240000(1 - 0.975)}{1.21 \cdot 1012 \cdot 20} = 0.244 m^3/s \approx 882 m^3/h$$

En este compartimento se instalarán dos ventiladores axiales de extracción con un caudal nominal de 925 m³/h.

Al tener instalados dos ventiladores el caudal generado es mayor del necesario, por tanto, queda sobredimensionada la instalación, de todas formas, consideramos correcta esta opción de cara a compensar posibles cambios en el equipo que produzcan una mayor necesidad de ventilación.

El datasheet con la información del ventilador escogido se puede encontrar en el documento 3: Planos y Hojas de Características.

Sección de entrada de aire

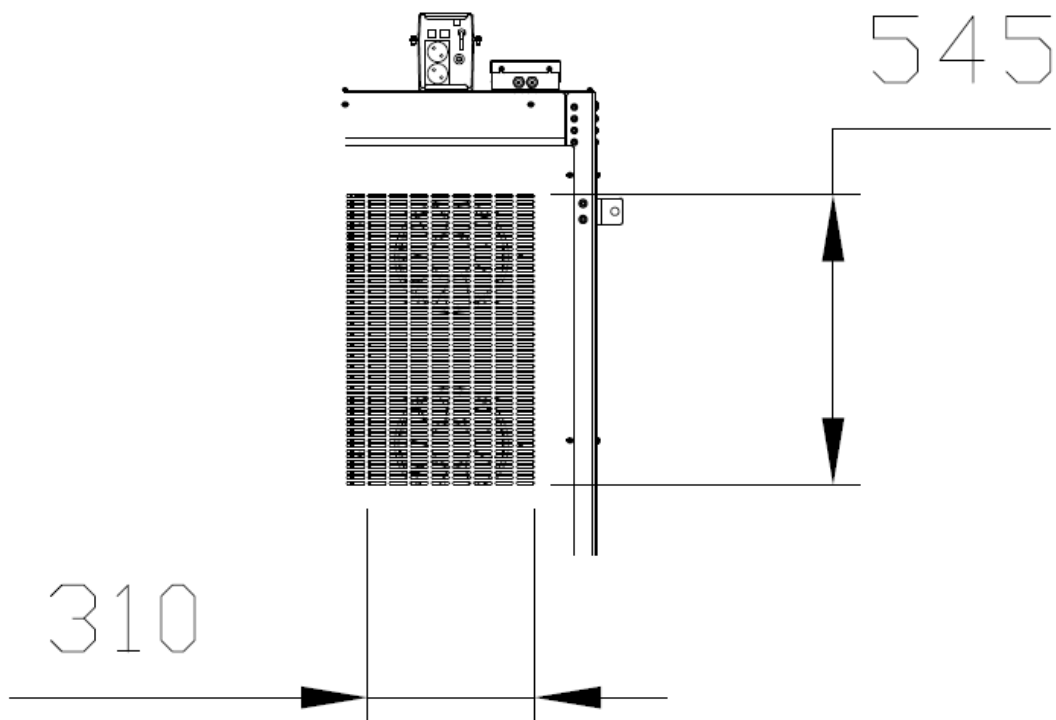
Para evacuar las pérdidas indicadas en el anterior punto es necesario dotar de las secciones de entrada de aire adecuadas.

El condicionante principal del dimensionado de estas superficies de paso será una velocidad máxima del aire a la entrada de 2m/s.

Por lo que la sección mínima de entrada será:

$$S_e \geq \frac{Qv}{V_e} = \frac{0.244}{2} = 0.122m^2$$

La sección de entrada disponible en el compartimento de la unidad de desconexión del inversor es de 0.168 m².



Dimensionado de las pletinas

Introducción

En el dimensionado de las pletinas de la unidad de desconexión se deberán tener en cuenta las condiciones de ventilación de esta misma unidad, la densidad de corriente que circulará por las pletinas y el material de las mismas.

Ventilación, material y densidad de corriente

La ventilación de los embarrados influirá sobre los límites de usos del material de construcción de estos.

Así pues, como norma general el criterio a seguir para las densidades de corriente en embarrados no ventilados será el siguiente:

Aluminio $d = 0.8 \text{ A/mm}^2$

Cobre $d = 1.2 \text{ A/mm}^2$

Mientras que con ventilación forzada a barras el criterio sería el siguiente:

Aluminio $d = 2 \text{ A/mm}^2$

Cobre $d = 3.5 \text{ A/mm}^2$

Corriente por las pletinas

Los datos de los que disponemos serán:

6 fusibles con una intensidad de ruptura de 200 A

Tensión de operación de la unidad de desconexión: 400 V

Para el cálculo de la corriente emplearemos la siguiente ecuación:

$$I = 6 \times 200 = 1200 \text{ A}$$

Dimensionado de las pletinas

Dimensionado de las pletinas para unidad de desconexión con ventilación forzada.

Dentro de la unidad de desconexión encontraremos pletinas de dos secciones distintas, por una parte, las pletinas que se unen directamente a los fusibles o contactores de cada bandeja (dos para la parte positiva de la instalación y dos para la negativa), y por otra las pletinas que actúan como colectores para la parte positiva y negativa de la instalación.

Consideramos las cuatro bandejas iguales, por donde circulará una intensidad de corriente de 600 A, por tanto, en los colectores circulará una intensidad de 1200 A en cada uno.

- Sección de pletinas de aluminio primer tramo:

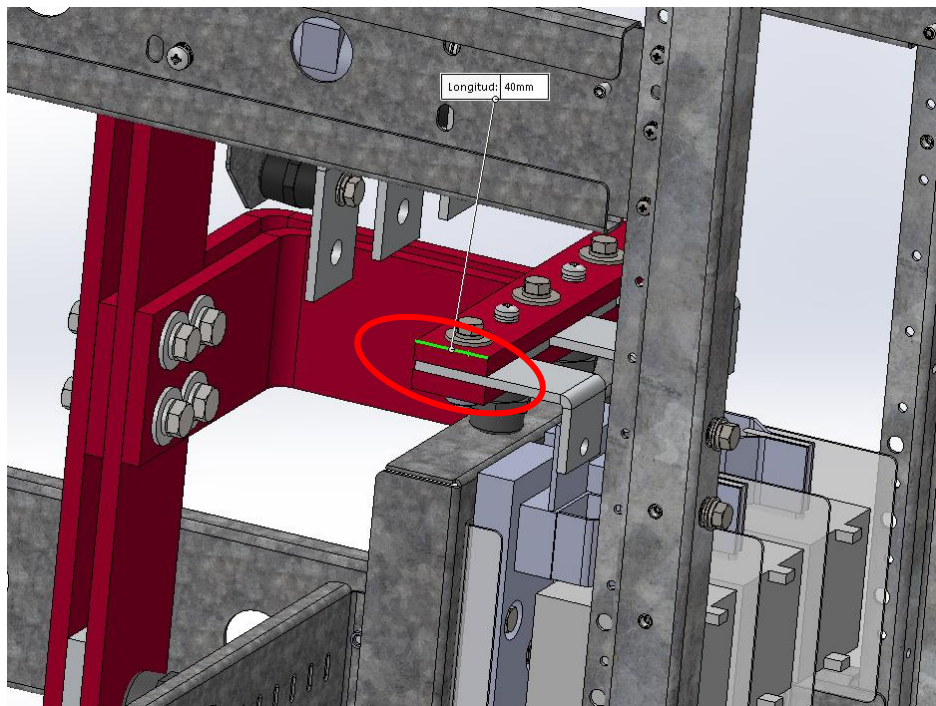
$$S_{al} = 600/1.5 = 400mm^2$$

Una sección de pletina de aluminio de 40 x 10 sería suficiente.

- Sección de pletinas de cobre primer tramo:

$$S_{cu} = 600/2.7 \approx 225mm^2$$

Una sección de pletina de cobre de 25 x 10 sería suficiente.



- Sección de pletinas de aluminio colectores:

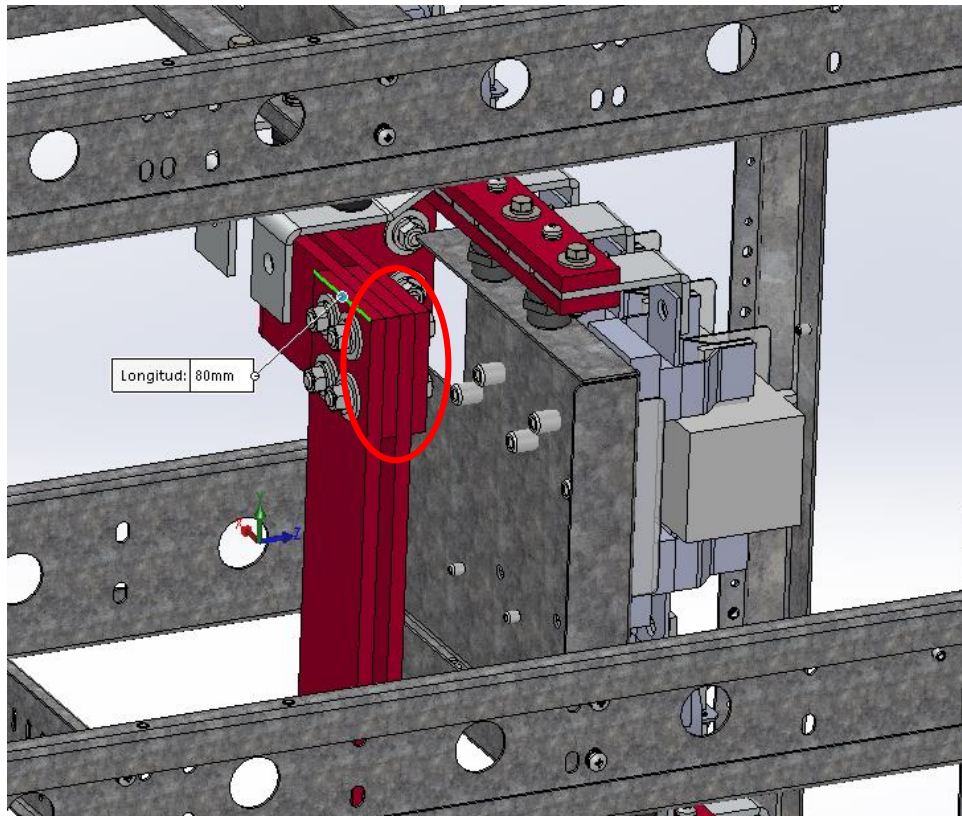
$$S_{al} = 1200/1.5 = 800mm^2$$

Una sección de pletina de aluminio de 80 x 10 sería suficiente.

- Sección de pletinas de cobre colectores:

$$S_{cu} = 1200/2.7 \approx 450mm^2$$

Una sección de pletina de cobre de 45 x 10 sería suficiente.



Consideraciones

No hemos utilizados los valores de densidad de corriente para embarrados con ventilación forzada directa ya que no es exactamente nuestro caso, estos valores han corregidos ya que la ventilación de la que disponemos es de extracción y no directa al embarrado.

En el momento de la instalación siempre se dispone de doble embarrado, por lo que realmente sería necesario utilizar embarrados de la mitad de sección. Sin embargo, la instalación no es un sistema cerrado y en un futuro es posible que los valores de intensidad de corriente que circule por ellos cambie, por tanto, se ha optado por sobredimensionar estos embarrados de cara a compensar estos posibles cambios que pueda sufrir la instalación.

Se ha determinado que el material a utilizar sea el **Aluminio**, ya que es un material mucho más económico que el cobre y, aunque las dimensiones del conductor sean mayores, este nos permite realizar la instalación de forma cómoda y sin problemas ya que no tendremos problemas de espacio.

Distancias de seguridad

Introducción

Es importante mantener distancias de seguridad entre elementos activos de una instalación debido a las descargas parciales. Esto está relacionado con la ruptura dieléctrica y la creación de arcos eléctricos.

Cuando dos superficies están a diferente potencial eléctrico, podemos decir que entre ellas hay una diferencia de potencial (que es el voltaje). A partir de determinadas diferencias de potencial, elementos que antes no eran conductores, se convierten en conductores. Este valor es el valor de ruptura dieléctrica, y se mide en MV/m. Cada elemento tiene asociada el suyo.

Se pueden distinguir dos tipos de descargas parciales, las de corona y las superficiales.

- Descargas de corona:

Cuando entre un elemento y otro se forma una diferencia de potencial mayor de 3MV/m (constante dieléctrica del aire), la dielectricidad del aire se rompe, y el aire pasa a ser conductor.

Este fenómeno es el que debemos evitar en nuestro diseño. Aplicándolo a nuestro caso las dos partes conductoras a distinto potencial pueden ser parte del embarrado y el bastidor de la unidad de desconexión, y lo que evita la formación de un arco eléctrico entre ellos es la distancia. Como el aire tiene menor densidad conforme vamos subiendo en altura, la constante dieléctrica es menor, por lo que hay que aplicar un factor corrector. El camino que seguirá el arco eléctrico siempre será el menor.

- Descargas de superficie:

De la misma forma que el aire puede ser un conductor, la corriente también se puede conducir por un camino hecho de suciedad que está depositada por las superficies. Según el ambiente (medido en 1, 2 ó 3), y el tipo de material sobre el que está situada esta suciedad (en I, II, III a ó III b), se necesitará una distancia u otra para evitar que se cree un camino conductor.

Distancia entre conductores

Teniendo en cuenta el emplazamiento en el que va a trabajar nuestro equipo y conociendo sus características técnicas hemos tomado durante todo el diseño una distancia de seguridad mínima entre partes conductoras de **20mm**.

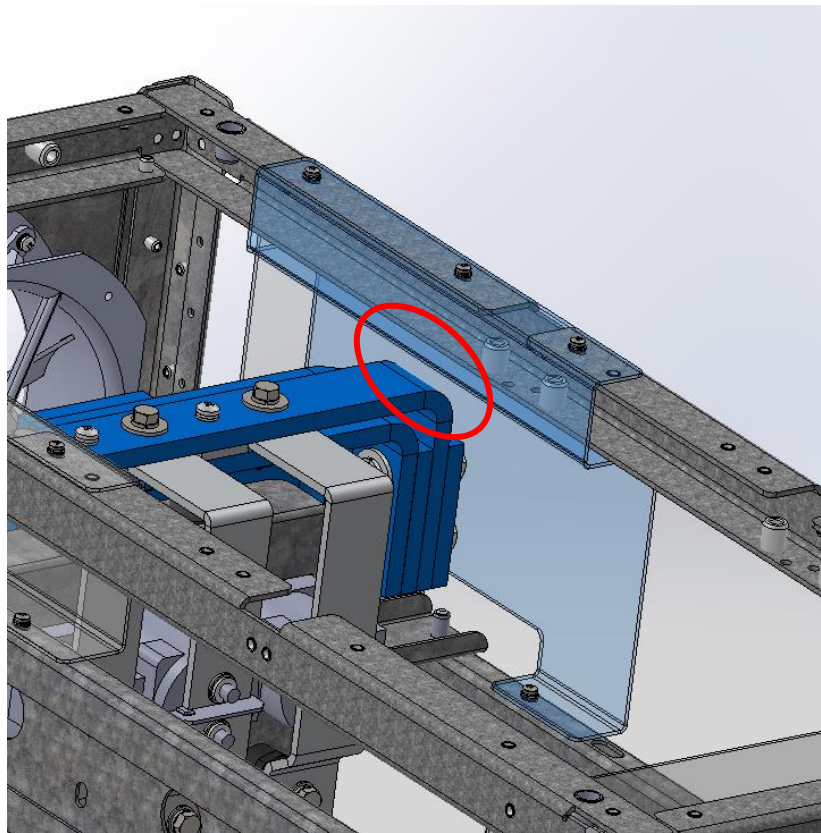
Esta distancia es mayor de la realmente necesaria, por lo que se podría ajustar un poco más esta distancia, pero tomamos esta distancia para asegurarnos que no tendríamos ningún problema relacionado con las descargas parciales, por otra parte, también desconocemos cada cuanto y como serán las operaciones de mantenimiento o la acumulación de suciedad sobre las superficies, factores que pueden afectar negativamente a este tipo de fenómenos.

Aplicación en el equipo

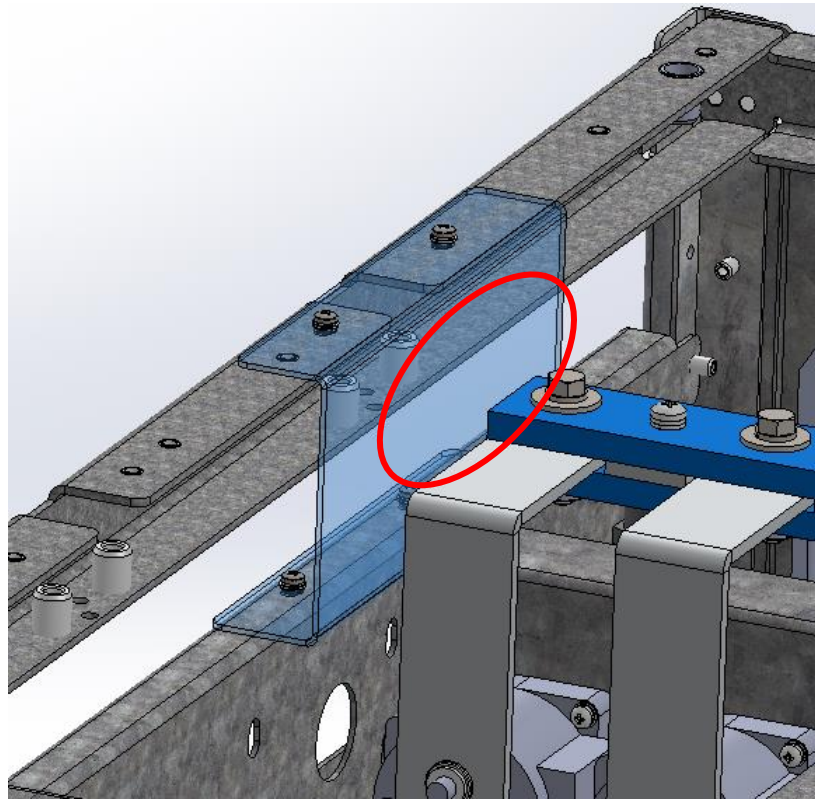
Uno de los problemas que más nos ha afectado durante el diseño del equipo ha sido la falta de espacio para colocar todos los elementos que componen la unidad de desconexión, por este motivo ha habido veces que no se podía respetar la distancia de seguridad entre elementos conductores, para solucionar esta incidencia hemos colocado en las zonas afectadas policarbonatos con la intención de evitar que se produzcan descargas parciales.

A continuación, mostramos las zonas en las que hemos tenido que utilizar estas medidas de protección:

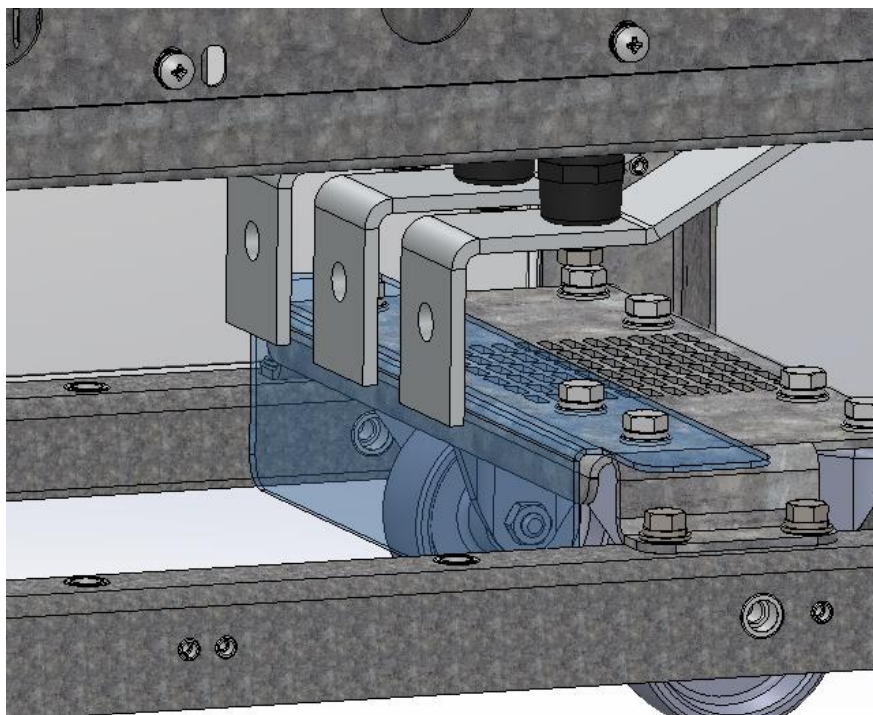
Se puede observar sombreado en azul el protector que hemos utilizado para cumplir la distancia de seguridad entre las pletinas superiores del embarrado y el bastidor de la unidad de desconexión.



Como ocurre en el caso anterior, también hemos tenido que usar un policarbonato protector para proteger esta zona, debido al espacio limitado disponible era imposible mover las pletinas a otra posición ya que, dentro de lo desfavorable, esta era la posición en la que menos zonas se podían ver afectadas por las descargas parciales.



Otra de las zonas que queríamos proteger, aunque realmente no resultaba necesario, era la que resulta entre las pletinas de conexión de cliente inferiores y el bastidor del equipo, a cada pletina irá conectado al menos un terminal que pasará muy cerca del bastidor o incluso puede que haya contacto entre ellos, para evitar posibles problemas utilizamos policarbonato protector.



Hay que tener muy en cuenta durante todas las etapas de diseño las distancias de seguridad entre superficies que se encuentren a distinto potencial, este puede ser un elemento muy condicionante a la hora de tomar decisiones como donde emplazar distintos elementos o el tamaño de estos. Para determinar cuál será esta distancia hemos tenido en cuenta todos los factores que influyen sobre ella y aun así la hemos sobredimensionado para evitar posibles problemas. Aun teniendo en cuenta este factor durante el diseño, hay zonas en las que no se ha podido respetar este condicionante por lo que hemos optado por protegerlas de posibles descargas parciales con elementos de un material no conductor de la electricidad que funcione como aislante.