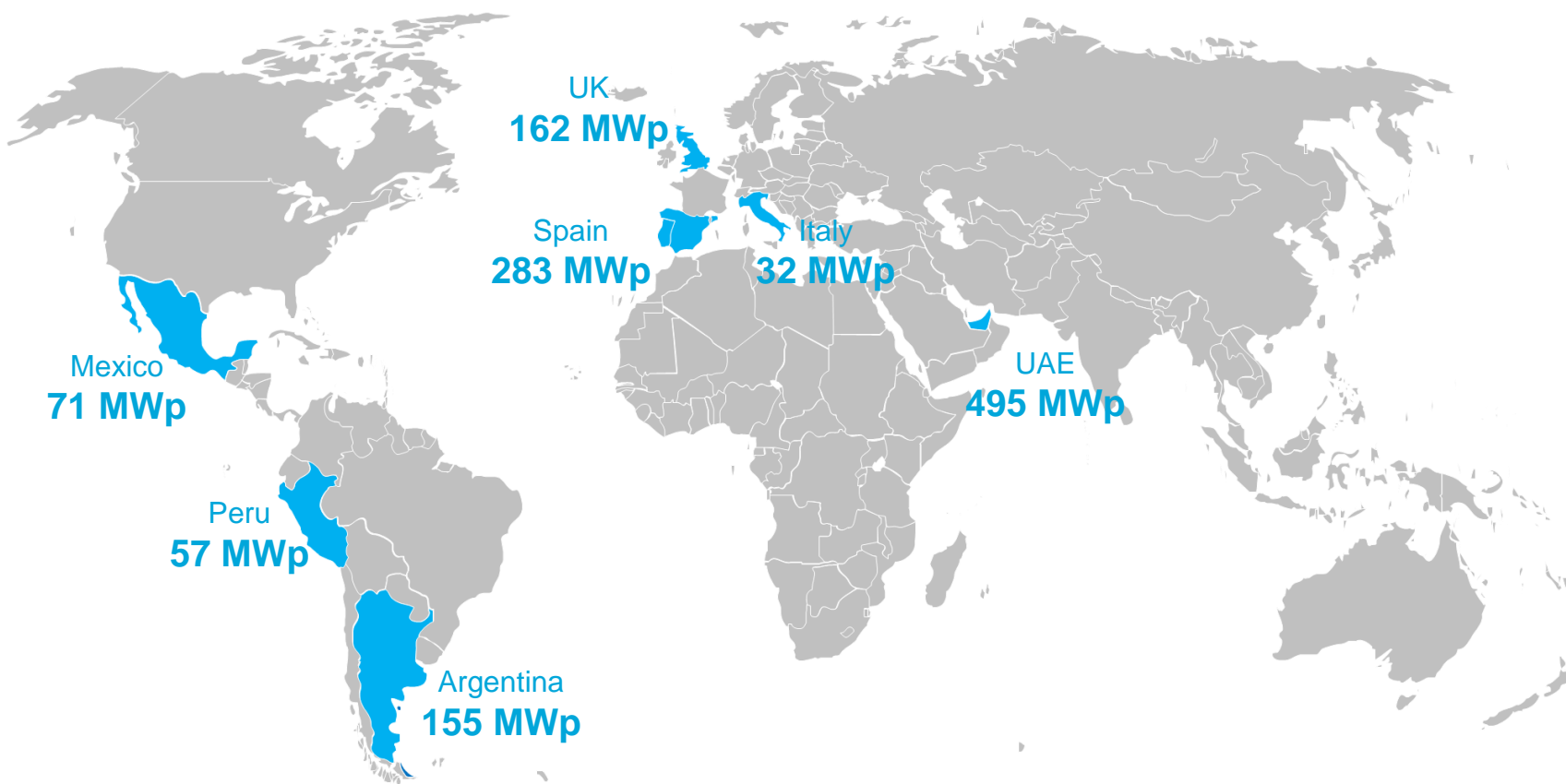




# Diseño y construcción optimizada de plantas solares fotovoltaicas con y sin almacenamiento con foco en la seguridad



# + 1.2 GWp Worldwide



PRESENTA-  
CIÓN

MALLAS DE  
TIERRA  
SOFTWARE

MALLAS DE  
TIERRA  
DISEÑO

PROTECCIÓN  
INVERSOR

INVERSOR  
CORTE EN  
CARGA

INVERSOR  
PUESTA A  
TIERRA

INVERSOR  
FALLO  
GFDI

ARQUITECT.  
BUSES

CAJAS  
SECCIONA-  
MIENTO

ALMACENA-  
MIENTO  
NORMATIVA

ALMACENA-  
MIENTO  
RIESGOS

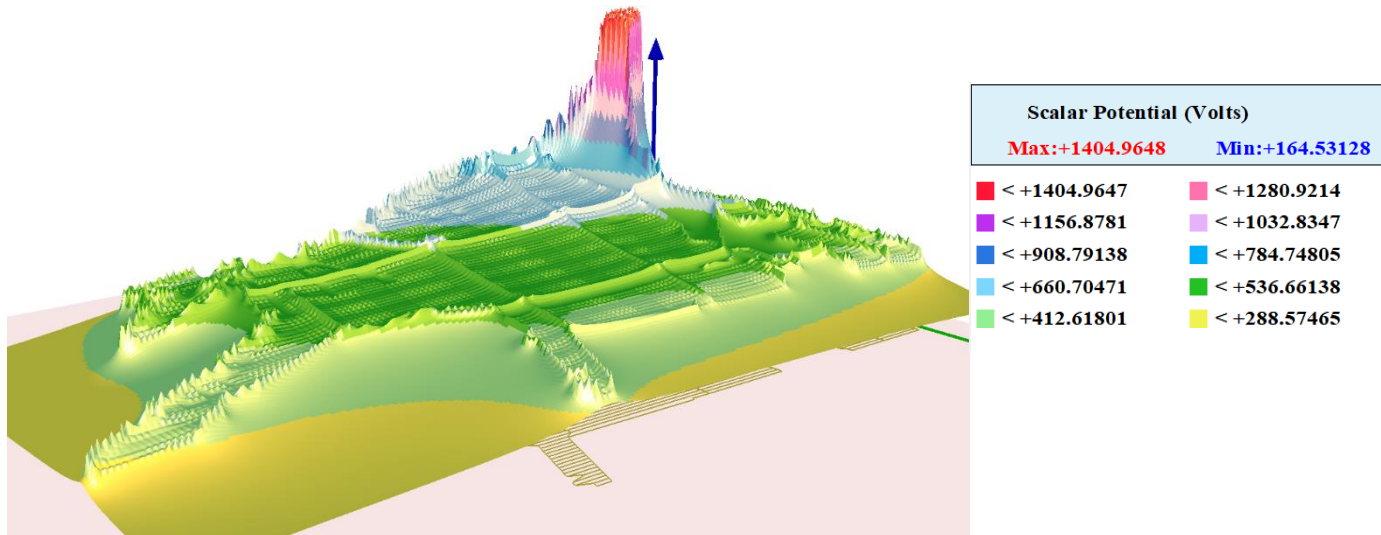




# MALLAS DE TIERRA – SOFTWARE

## ➤ Software Avanzado (CDEGS: MALZ, HIFREQ / XGSLab GSA\_FD)

- Tienen en cuenta las impedancias propias (MALZ) e incluso mutuas (HIFREQ, GSA\_FD) de los conductores.
- No se considera la malla de tierras como equipotencial



➤ Los modelos equipotenciales subestiman el GPR para suelos de baja resistividad o mallas extensas

➤ Proyectos fotovoltaicos → Mallas de tierra muy extensas  
→ Asunción Equipotencial siempre falsa

PRESENTA-  
CIÓN

MALLAS DE  
TIERRA  
SOFTWARE

MALLAS DE  
TIERRA  
DISEÑO

PROTECCIÓN  
INVERSOR

INVERSOR  
CORTE EN  
CARGA

INVERSOR  
PUESTA A  
TIERRA

INVERSOR  
FALLO  
GFDI

ARQUITECT.  
BUSES

CAJAS  
SECCIONA-  
MIENTO

ALMACENA-  
MIENTO  
NORMATIVA

ALMACENA-  
MIENTO  
RIESGOS



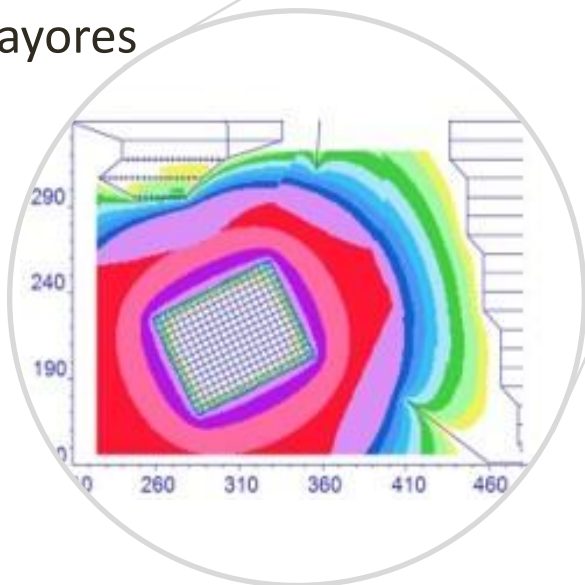


# MALLAS DE TIERRA - DISEÑO

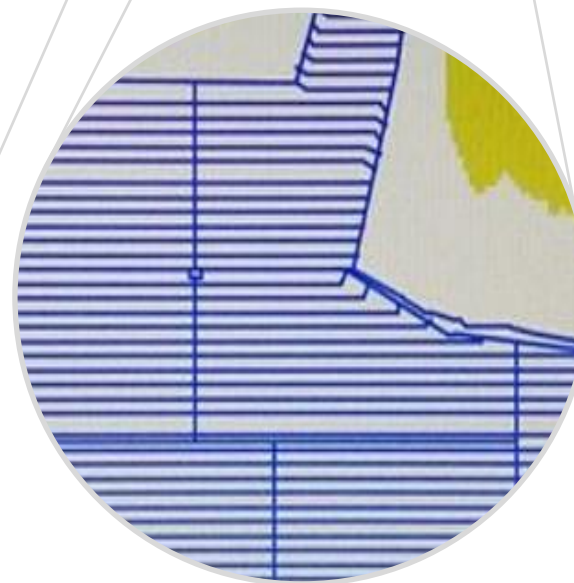
## ➤ Práctica habitual en Plantas Fotovoltaicas:

- Conductor de tierra de cobre desnudo en todas las zanjas
- Secciones entre  $35 \text{ mm}^2$  -  $70 \text{ mm}^2$

## ➤ Se descuidan las zonas próximas a Subestación donde los potenciales y corrientes de fuga son mayores



## ➤ Se sobredimensiona el cobre en zonas donde no se necesita



PRESENTA-  
CIÓN

MALLAS DE  
TIERRA  
SOFTWARE

MALLAS DE  
TIERRA  
DISEÑO

PROTECCIÓN  
INVERSOR

INVERSOR  
CORTE EN  
CARGA

INVERSOR  
PUESTA A  
TIERRA

INVERSOR  
FALLO  
GFDI

ARQUITECT.  
BUSES

CAJAS  
SECCIONA-  
MIENTO

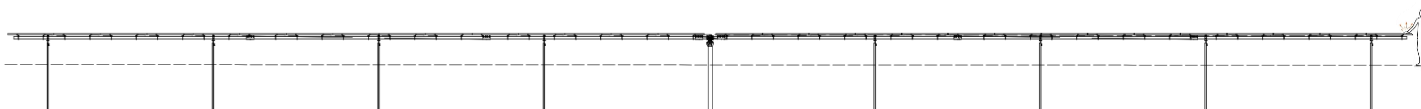
ALMACENA-  
MIENTO  
NORMATIVA

ALMACENA-  
MIENTO  
RIESGOS

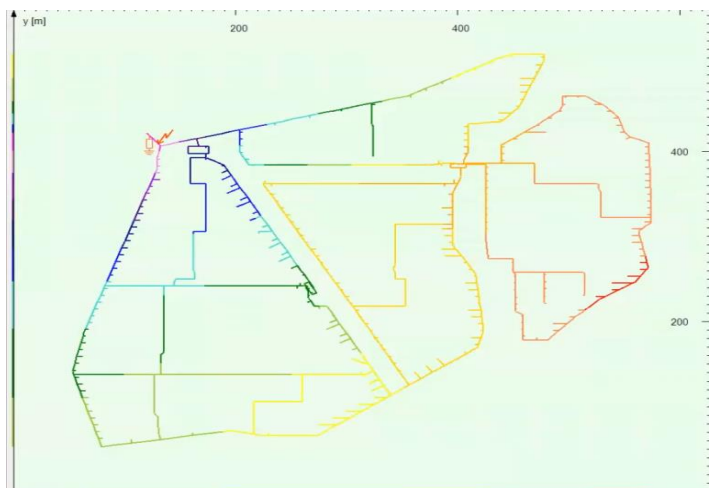


# MALLAS DE TIERRA - DISEÑO

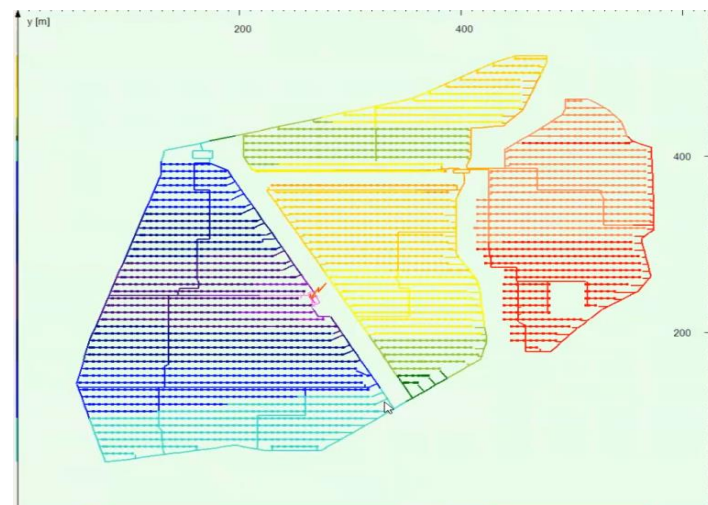
- Se desprecian los postes de la estructura como elementos de Puesta a Tierra



- Planta sin considerar los postes de Estructuras como PaT



- Consideración de postes de Estructuras como PaT



- Ahorro de un 30% a un 50% en cobre de malla de PaT
- Garantizar la equipotencialidad de las estructuras (módulos, marco, postes)

PRESENTA-  
CIÓNMALLAS DE  
TIERRA  
SOFTWAREMALLAS DE  
TIERRA  
DISEÑOPROTECCIÓN  
INVERSORINVERSOR  
CORTE EN  
CARGAINVERSOR  
PUESTA A  
TIERRAINVERSOR  
FALLO  
GFDIARQUITECT.  
BUSESCAJAS  
SECCIONA-  
MIENTOALMACENA-  
MIENTO  
NORMATIVAALMACENA-  
MIENTO  
RIESGOS

# PROTECCIÓN DE INVERSORES

## ➡ Normas Europeas Relevantes:

- HD 60364-7-712: Requisitos para instalaciones o emplazamientos especiales. Sistemas de alimentación solar fotovoltaica (FV)
- EN 62109-1: Seguridad de los convertidores de potencia utilizados en sistemas de potencia fotovoltaicos. Parte 1: Requisitos generales.
- EN 62109-2: Seguridad de los convertidores de potencia utilizados en sistemas de potencia fotovoltaicos. Parte 2: Requisitos particulares para inversores
- EN 61439: Conjuntos de aparamenta de baja tensión.
- Directiva 2014/35/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre la armonización de las legislaciones de los Estados miembros en materia de comercialización de material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión

PRESENTA-  
CIÓNMALLAS DE  
TIERRA  
SOFTWAREMALLAS DE  
TIERRA  
DISEÑOPROTECCIÓN  
INVERSORINVERSOR  
CORTE EN  
CARGAINVERSOR  
PUESTA A  
TIERRAINVERSOR  
FALLO  
GFDIARQUITECT.  
BUSESCAJAS  
SECCIONA-  
MIENTOALMACENA-  
MIENTO  
NORMATIVAALMACENA-  
MIENTO  
RIESGOS

## PROTECCIÓN DE INVERSORES – CORTE EN CARGA

- ➔ HD 60364-7-712. Apartado 712.537.2.2.104 - Medidas para prevenir interrupción de corriente continua en carga:
- Con objeto de prevenir los arcos eléctricos, cada dispositivo sin poder de corte que pueda utilizarse para abrir un circuito de corriente continua debe asegurarse contra cualquier funcionamiento intempestivo o no autorizado.

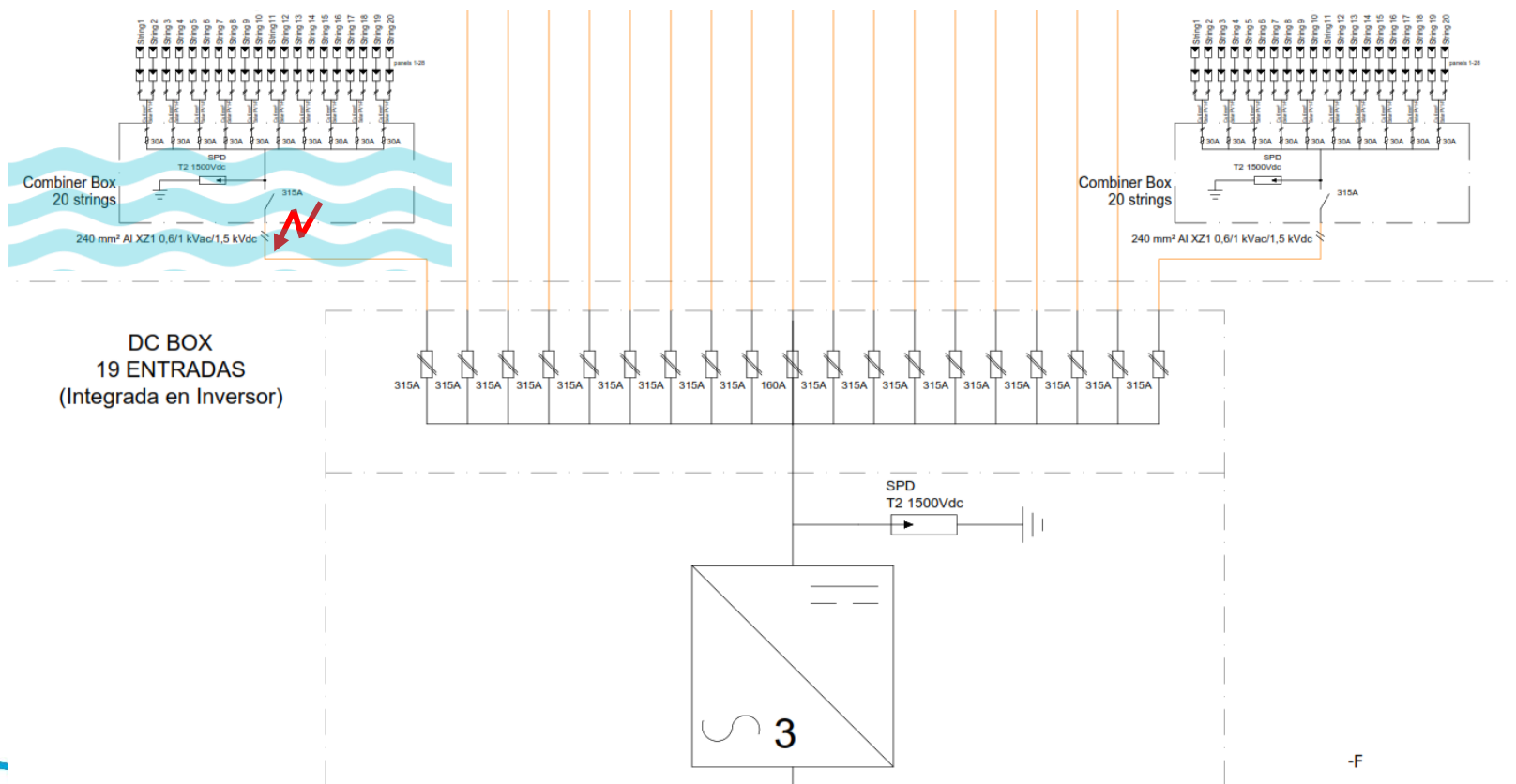
PRESENTA-  
CIÓNMALLAS DE  
TIERRA  
SOFTWAREMALLAS DE  
TIERRA  
DISEÑOPROTECCIÓN  
INVERSORINVERSOR  
CORTE EN  
CARGAINVERSOR  
PUESTA A  
TIERRAINVERSOR  
FALLO  
GFDIARQUITECT.  
BUSESCAJAS  
SECCIONA-  
MIENTOALMACENA-  
MIENTO  
NORMATIVAALMACENA-  
MIENTO  
RIESGOS



# PROTECCIÓN DE INVERSORES – CORTE EN CARGA

## ➔ Cortocircuito en un cuadro inundado:

- No se puede abrir seccionador de corte en carga en el cuadro
- Hay que esperar a la noche para poder seccionar en el inversor



PRESENTA-  
CIÓN

MALLAS DE  
TIERRA  
SOFTWARE

MALLAS DE  
TIERRA  
DISEÑO

PROTECCIÓN  
INVERSOR

**INVERSOR  
CORTE EN  
CARGA**

INVERSOR  
PUESTA A  
TIERRA

INVERSOR  
FALLO  
GFDI

ARQUITECT.  
BUSES

CAJAS  
SECCIONA-  
MIENTO

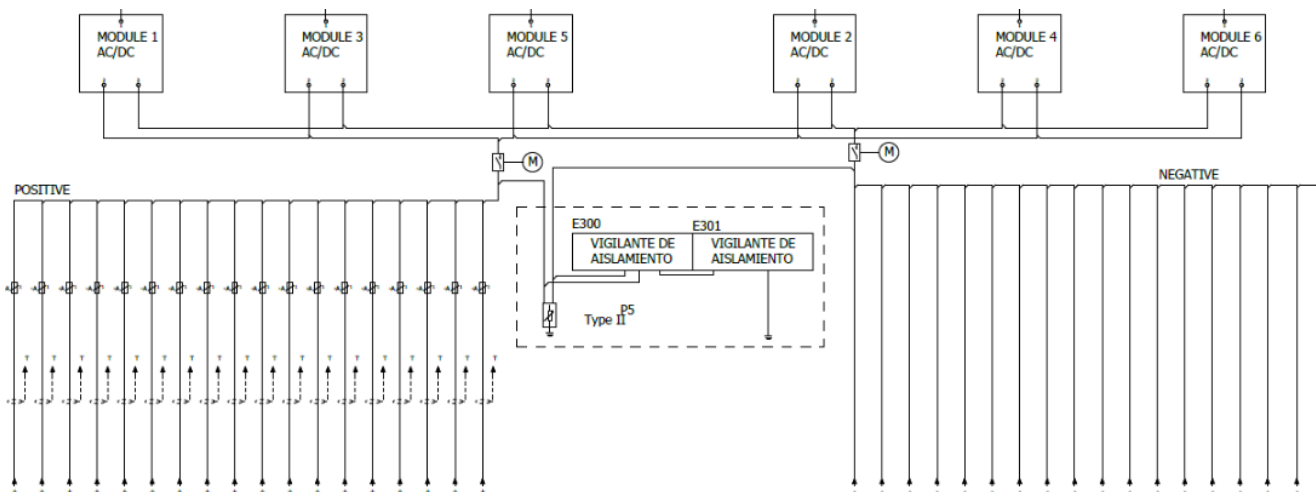
ALMACENA-  
MIENTO  
NORMATIVA

ALMACENA-  
MIENTO  
RIESGOS

# PROTECCIÓN DE INVERSORES – PUESTA A TIERRA

## ➔ Sistemas con Puesta a Tierra Funcional (Negativo a Tierra)

- 712.421.101.2 Si se aplica una conexión funcional a un conductor activo en el interior de un inversor en el lado de la corriente continua, deben suministrarse medidas para asegurar la interrupción de la corriente de defecto en caso de un defecto de aislamiento a tierra.
- Instalación fotovoltaica  $P_{\text{nominal}} > 250 \text{ kW} \rightarrow I_{\text{defecto máx.}} = 5 \text{ A}$
- Detector-interruptor de corriente a tierra “GFDI” instalado entre el polo negativo y tierra (Vigilante de Aislamiento)



PRESENTA-  
CIÓN

MALLAS DE  
TIERRA  
SOFTWARE

MALLAS DE  
TIERRA  
DISEÑO

PROTECCIÓN  
INVERSOR

INVERSOR  
CORTE EN  
CARGA

INVERSOR  
PUESTA A  
TIERRA

INVERSOR  
FALLO  
GFDI

ARQUITECT.  
BUSES

CAJAS  
SECCIONA-  
MIENTO

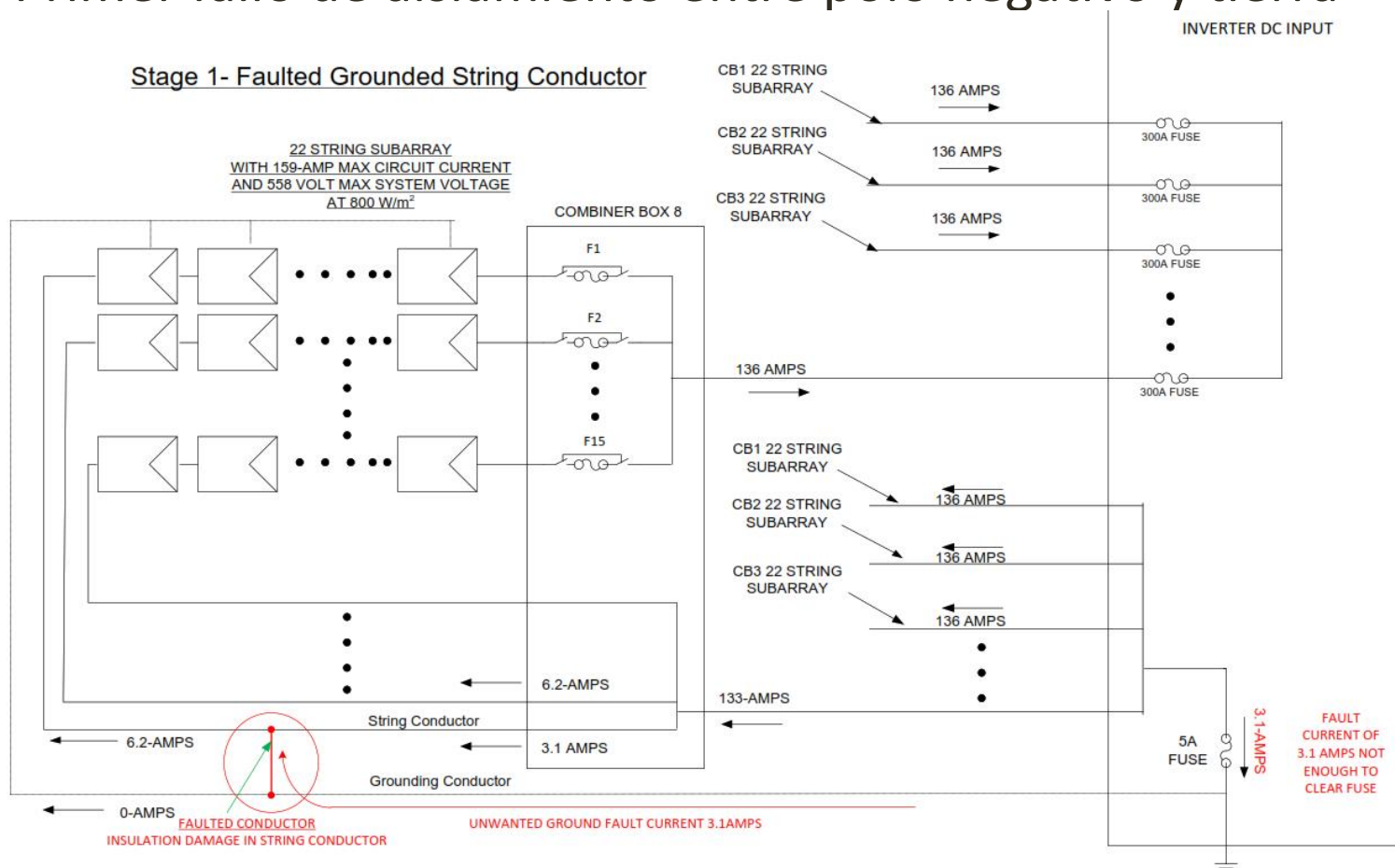
ALMACENA-  
MIENTO  
NORMATIVA

ALMACENA-  
MIENTO  
RIESGOS

## PROTECCIÓN DE INVERSORES – FALLO GFDI

➤ *Fuego de Bakersfield*

## Primer fallo de aislamiento entre polo negativo y tierra



## PRESENTACIÓN

MALLAS DE  
TIERRA  
SOFTWARE

MALLAS DE  
TIERRA  
DISEÑO

PROTECCIÓN  
INVERSOR

## INVERSOR CORTE EN CARGA

## INVERSOR PUESTA A TIERRA

INVERSOR  
FALLO  
GFDI

ARQUITECT.  
BUSES

## CAJAS SECCIONAMIENTO

## ALMACENAMIENTO NORMATIVA

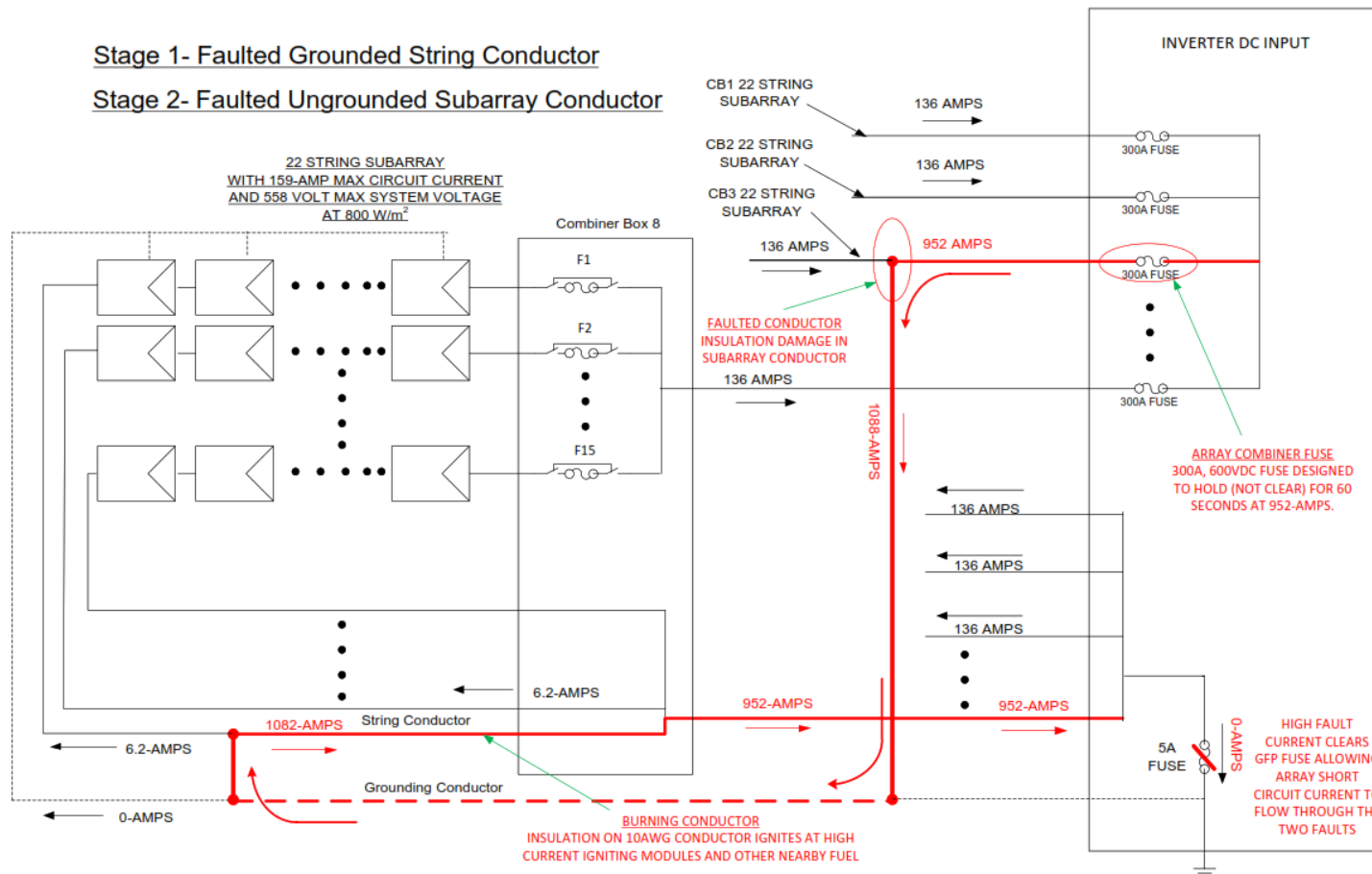
## ALMACENAMIENTO RIESGOS



## PROTECCIÓN DE INVERSORES – FALLO GFDI

➤ *Fuego de Bakersfield*

## Segundo fallo de aislamiento entre polo positivo y tierra



## PRESENTACIÓN

MALLAS DE  
TIERRA  
SOFTWARE

MALLAS DE  
TIERRA  
DISEÑO

## PROTECCIÓN INVERSOR

## INVERSOR CORTE EN CARGA

## INVERSOR PUESTA A TIERRA

INVERSOR  
FALLO  
GFDI

ARQUITECT.  
BUSES

## CAJAS SECCIONAMIENTO

## ALMACENAMIENTO NORMATIVA

## ALMACENAMIENTO RIESGOS

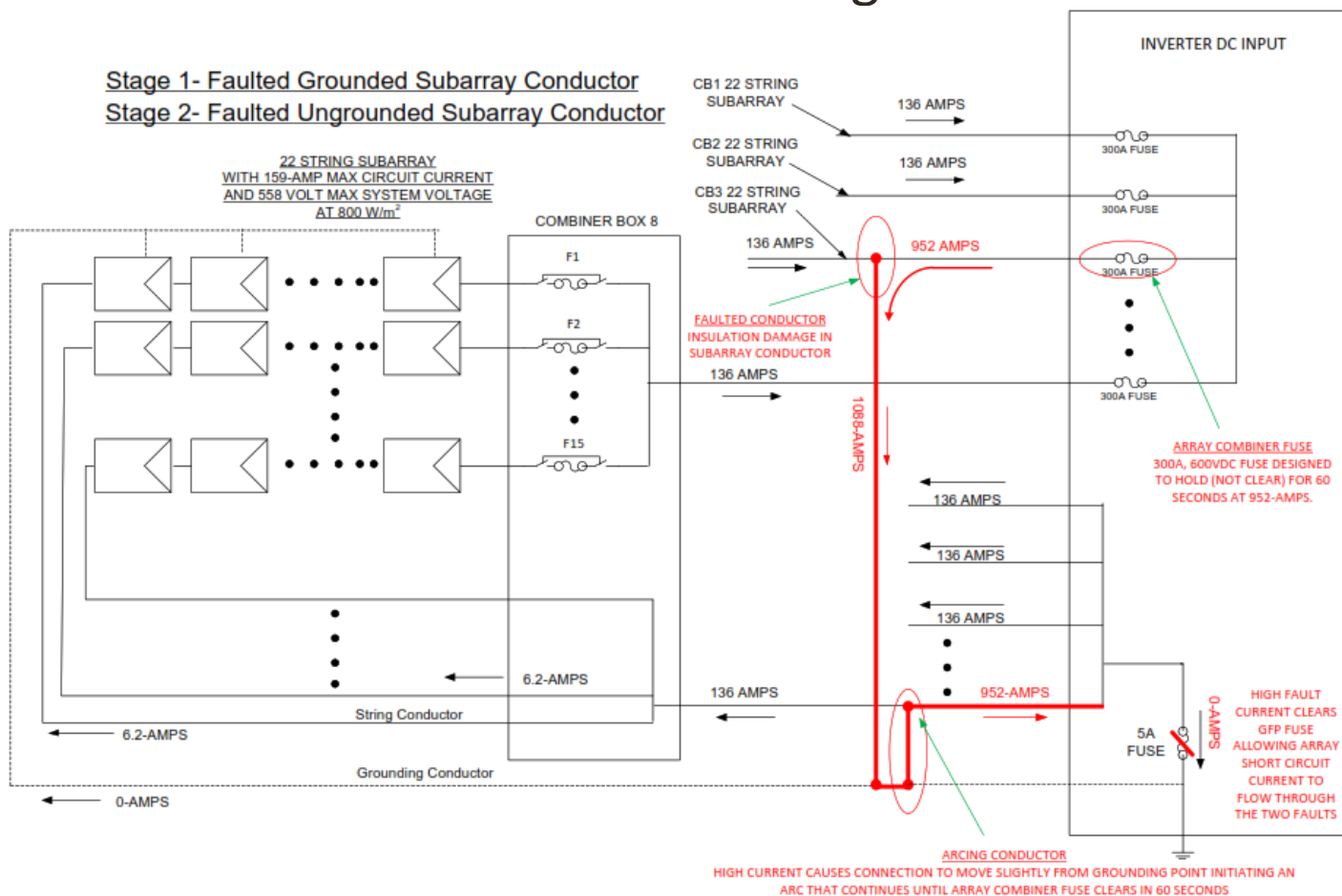




# PROTECCIÓN DE INVERSORES – FALLO GFDI

## ➤ Fuego de Mount Holly

### Fallo secuencial de conductores de gran sección



PRESENTA-  
CIÓN

MALLAS DE  
TIERRA  
SOFTWARE

MALLAS DE  
TIERRA  
DISEÑO

PROTECCIÓN  
INVERSOR

INVERSOR  
CORTE EN  
CARGA

INVERSOR  
PUESTA A  
TIERRA

INVERSOR  
FALLO  
GFDI

ARQUITECT.  
BUSES

CAJAS  
SECCIONA-  
MIENTO

ALMACENA-  
MIENTO  
NORMATIVA

ALMACENA-  
MIENTO  
RIESGOS

## PROTECCIÓN DE INVERSORES – FALLO GFDI

### ➔ Soluciones para instalaciones existentes (*Retrofit*):

- Aumento de la sensibilidad GFDI ( $< 5 \text{ A}$ ) . No garantiza la eliminación del punto ciego
- Instalación de Sensores de Corriente Diferencial (RCDs)
- Dispositivos de Monitorización de Aislamiento (IMD)

### ➔ Recomendación para nuevas instalaciones:

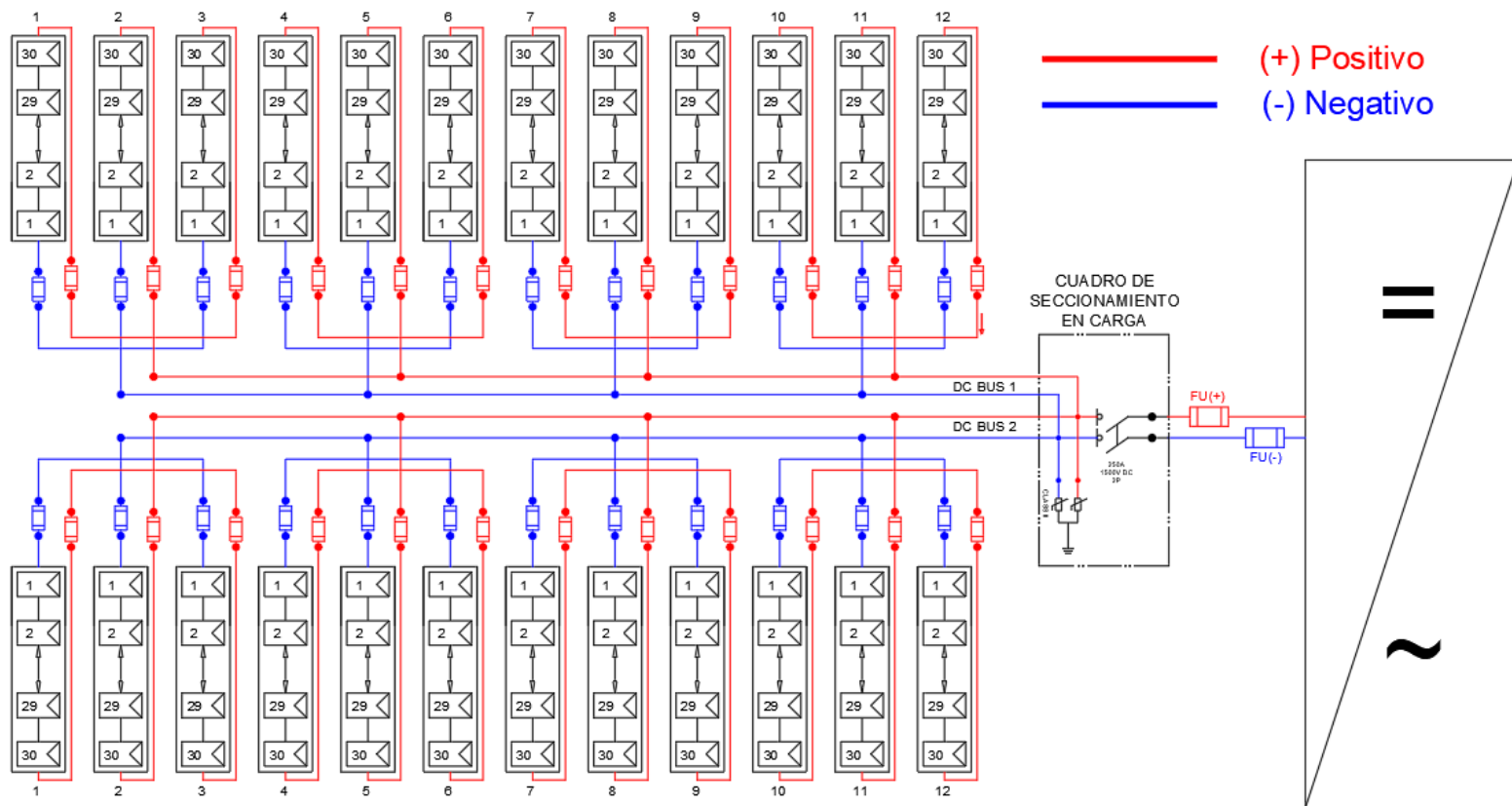
- IMD: Insulation Monitoring Device
  - Se comprueba el aislamiento con una medida nocturna o por la mañana, antes de conectar el Inversor a los Módulos
  - Lleva a cabo la separación de la tierra de función, convirtiendo la red en un sistema aislado IT
- El coste de implantar este sistema en fase de diseño es mínimo, y permite detectar anticipadamente los fallos en la instalación
- Normativa dispositivos IMD: EN 61557-8:2016 (Anexos C y D)

PRESENTA-  
CIÓNMALLAS DE  
TIERRA  
SOFTWAREMALLAS DE  
TIERRA  
DISEÑOPROTECCIÓN  
INVERSORINVERSOR  
CORTE EN  
CARGAINVERSOR  
PUESTA A  
TIERRAINVERSOR  
FALLO  
GFDIARQUITECT.  
BUSESCAJAS  
SECCIONA-  
MIENTOALMACENA-  
MIENTO  
NORMATIVAALMACENA-  
MIENTO  
RIESGOS

# ARQUITECTURA DE BUSES

## ➔ HD 60364-7-712: Protección de cables de un subgrupo

- Uno o dos subgrupos → No es necesario dispositivo de protección
- Corriente permanente admisible  $I_{SC\ MÁX\ SUBGRUPO} \leq I_Z$  (Criterio n-1)



PRESENTA-  
CIÓN

MALLAS DE  
TIERRA  
SOFTWARE

MALLAS DE  
TIERRA  
DISEÑO

PROTECCIÓN  
INVERSOR

INVERSOR  
CORTE EN  
CARGA

INVERSOR  
PUESTA A  
TIERRA

INVERSOR  
FALLO  
GFDI

ARQUITECT.  
BUSES

CAJAS  
SECCIONA-  
MIENTO

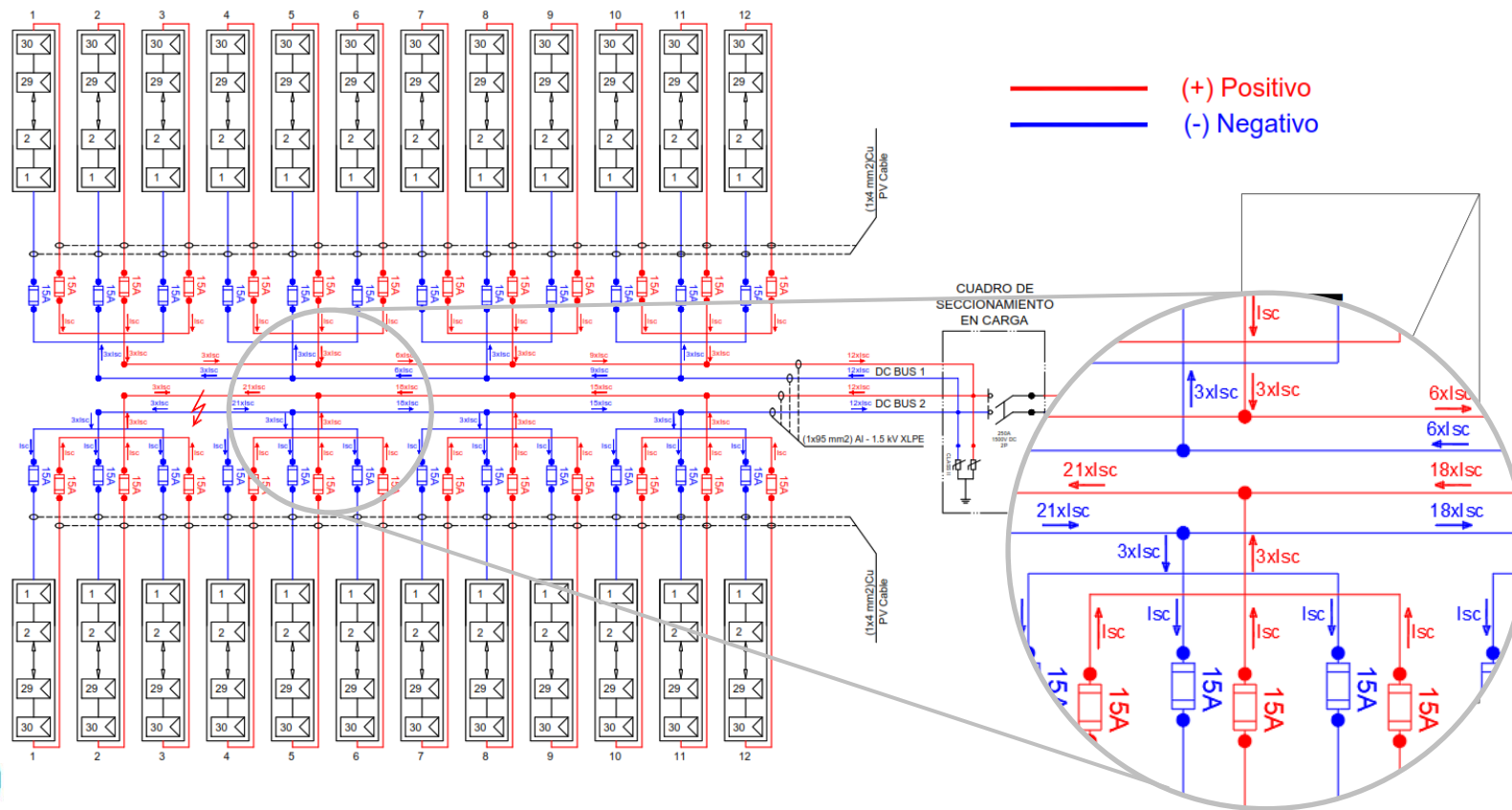
ALMACENA-  
MIENTO  
NORMATIVA

ALMACENA-  
MIENTO  
RIESGOS

# ARQUITECTURA DE BUSES

## ➤ Normativa Americana: NEC - NFPA

- Corriente máxima fuente fotovoltaica: Suma de corriente de cortocircuito de todos los módulos en paralelo x 125%
- Ampacidad conductor: 125% de la corriente máxima (156%  $I_{sc}$ )



PRESENTA-  
CIÓN

MALLAS DE  
TIERRA  
SOFTWARE

MALLAS DE  
TIERRA  
DISEÑO

PROTECCIÓN  
INVERSOR

INVERSOR  
CORTE EN  
CARGA

INVERSOR  
PUESTA A  
TIERRA

INVERSOR  
FALLO  
GFDI

ARQUITECT.  
BUSES

CAJAS  
SECCIONA-  
MIENTO

ALMACENA-  
MIENTO  
NORMATIVA

ALMACENA-  
MIENTO  
RIESGOS

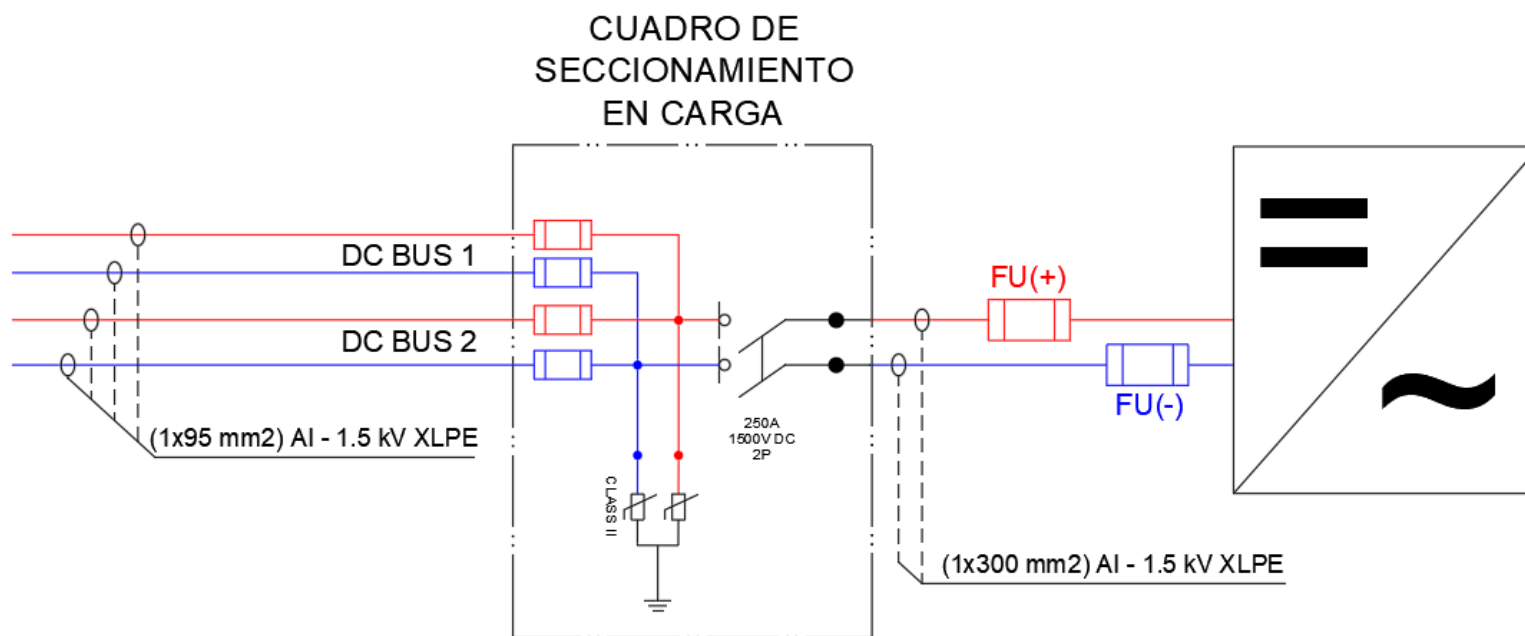


# BUSES - CAJAS DE SECCIONAMIENTO

## ➔ Soluciones para agrupación de buses en cuadro

- Instalar fusibles en los buses de entrada (recomendado)
- Instalar el mismo número de circuitos de entrada y de salida
- Sobredimensionar los cables de bus (= sección circuito salida)

➔ Mayor coste



PRESENTA-  
CIÓN

MALLAS DE  
TIERRA  
SOFTWARE

MALLAS DE  
TIERRA  
DISEÑO

PROTECCIÓN  
INVERSOR

INVERSOR  
CORTE EN  
CARGA

INVERSOR  
PUESTA A  
TIERRA

INVERSOR  
FALLO  
GFDI

ARQUITECT.  
BUSES

CAJAS  
SECCIONA-  
MIENTO

ALMACENA-  
MIENTO  
NORMATIVA

ALMACENA-  
MIENTO  
RIESGOS

# PLANTAS CON ALMACENAMIENTO - NORMATIVA

## ➡ Principales normas para Baterías de Ión Litio

- EN 50272-1 Safety requirements for secondary batteries and battery installations
- IEC 62619 (Edition 1.0, 2017-02-13) Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Safety requirements for secondary lithium cells and batteries, for use in industrial applications
- IEC 62620 Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes - Secondary lithium cells and batteries for use in industrial applications
- IEC 62485-1 Safety requirements for secondary batteries and battery installations Part 1: General safety information
- EC 62485-2 Safety requirements for secondary batteries and battery installations Part 2: Stationary batteries
- IEC 61427-2 Secondary cells and batteries for renewable energy storage – General requirements and methods of test - Part 2: On-grid applications
- IEC 62281 Safety of primary and secondary lithium cells and batteries during transport (IEC-'version' of UN38.3)

PRESENTA-  
CIÓNMALLAS DE  
TIERRA  
SOFTWAREMALLAS DE  
TIERRA  
DISEÑOPROTECCIÓN  
INVERSORINVERSOR  
CORTE EN  
CARGAINVERSOR  
PUESTA A  
TIERRAINVERSOR  
FALLO  
GFDIARQUITECT.  
BUSESCAJAS  
SECCIONA-  
MIENTOALMACENA-  
MIENTO  
NORMATIVAALMACENA-  
MIENTO  
RIESGOS

# PLANTAS CON ALMACENAMIENTO - RIESGOS

## ➔ Riesgos relacionados con Sistemas de Almacenamiento

Los sistemas de almacenamiento tienen altas densidades de Energía

Riesgo: Liberación incontrolada de esa Energía  
Fuego - Electrocución



Los sistemas de almacenamiento contienen productos químicos

Riesgo: Vertido de productos químicos



## ➔ Claves:

- Celdas de calidad
- Sistema de Gestión de Batería (BMS)
- Diseño adecuado

PRESENTACIÓN

MALLAS DE TIERRA SOFTWARE

MALLAS DE TIERRA DISEÑO

PROTECCIÓN INVERSOR

INVERSOR CORTE EN CARGA

INVERSOR PUESTA A TIERRA

INVERSOR FALLO GFDI

ARQUITECT. BUSES

CAJAS SECCIONAMIENTO

ALMACENAMIENTO NORMATIVA

ALMACENAMIENTO RIESGOS





**Gracias por su atención**

