



TECNOLOGÍAS DE FILTROS ACTIVOS EN LA CORRECCIÓN DE LOS FENÓMENOS ELÉCTRICOS

Filtros Activos para Armonicas

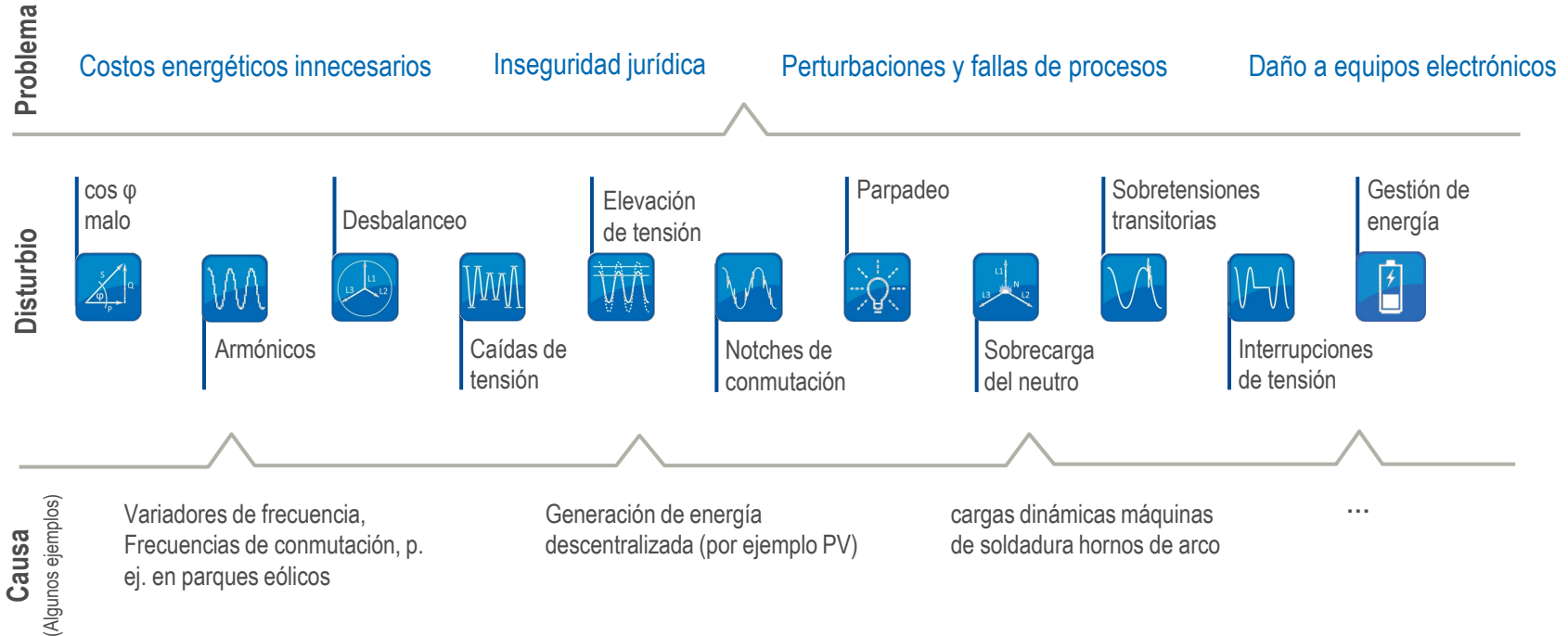


Ing. Ernesto Viveros Dominguez

EXPO ELÉCTRICA Y SOLAR NORTE 2021

FUNDAMENTOS TÉCNICOS

Calidad y eficiencia del suministro en redes eléctricas



Filtro de Armónico Pasivo:



Filtrado de armónicos
(frecuencia individual)

TOTAL HARMONIC SOLUTION

Típicos Filtros Activos en el Mercado :



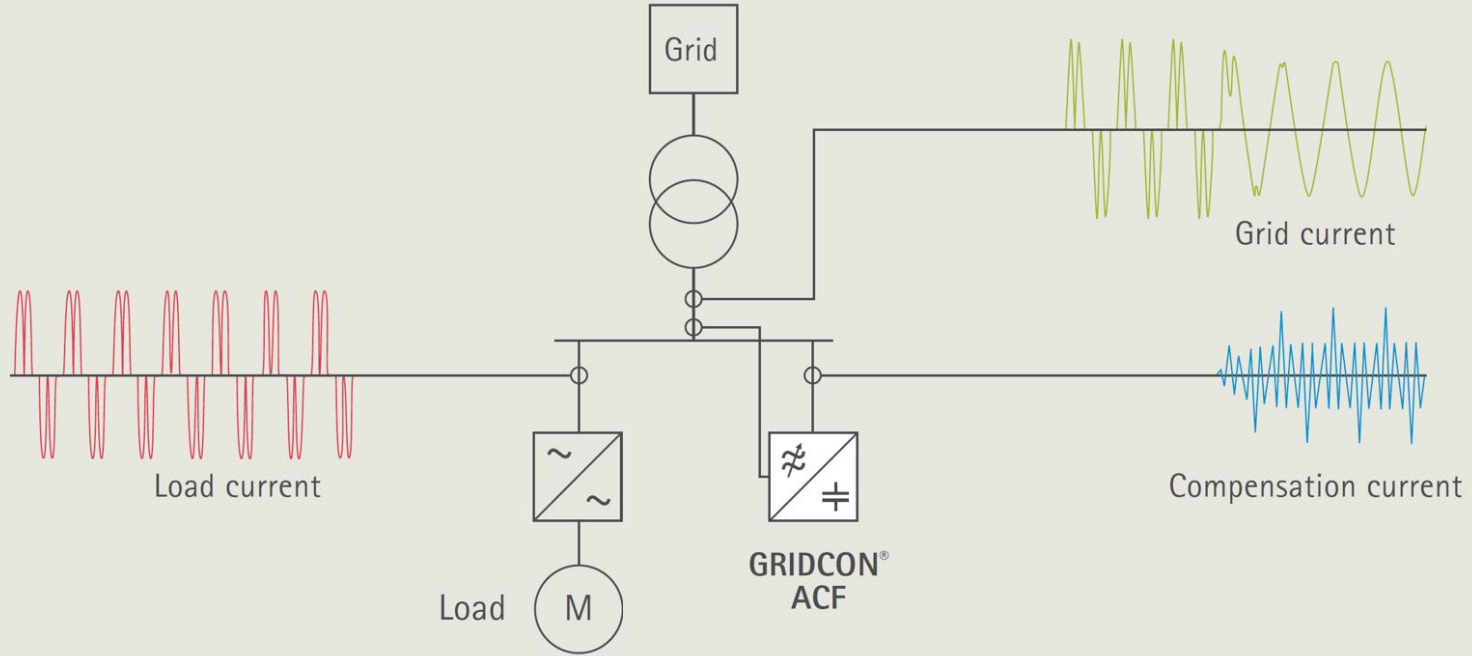
TOTAL HARMONIC SOLUTION

Total Harmonic Solution: Todo en Uno.



GRIDCON® ACF

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

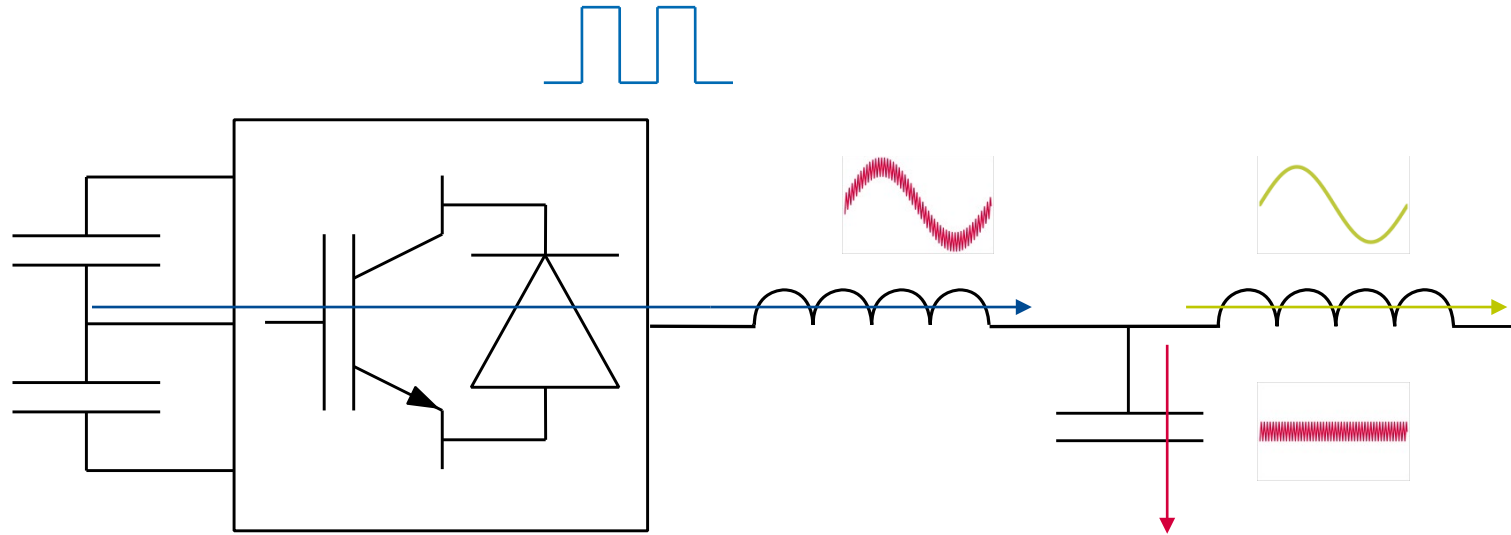




- Un Filtro Activo es un Equipo mitigador esencialmente de corrientes armónicas en la red eléctrica, que se conecta generalmente en paralelo entre la impedancia del sistema y la carga No Lineal.
- Gracias a los avances de la electrónica de potencia, un filtro activo esta formado por una fuente de corriente o tensión controlable, que se conecta directamente o a través de un transformador al sistema de potencia. El Filtro Activo se basa en un control de lazo cerrado de un convertidor electrónico de potencia (Inversor), que inyecta en el sistema una corriente o tensión lo más fiel posible a una referencia dada. Esta corriente o tensión mantiene activamente la corriente que circula por la fuente libre de armónicos

- En general existen dos tipos de convertidores operando en modo inversor, inversor por fuente de corriente (CSI - Current Source Inverter) o inversor fuente de tensión (VSI – Voltaje Source Inverter), con estos dispositivos es posible inyectar armónicos de una manera especial (contra fase), logrando que la frecuencia de la señal de corriente que suministra la fuente de alimentación sea única.
- Con la inserción de un Filtro Activo en un sistema de potencia y un control adecuado es posible compensar la energía reactiva de la carga, al igual que el desbalance de corriente entre fases, también presenta una rápida respuesta dinámica, que logra compensar perturbaciones transitorias y no periódicas, por último presenta un amplio ancho de banda de compensación de las corrientes armónicas.

Principio de funcionamiento del convertidor ACF - IGBT con filtro LCL

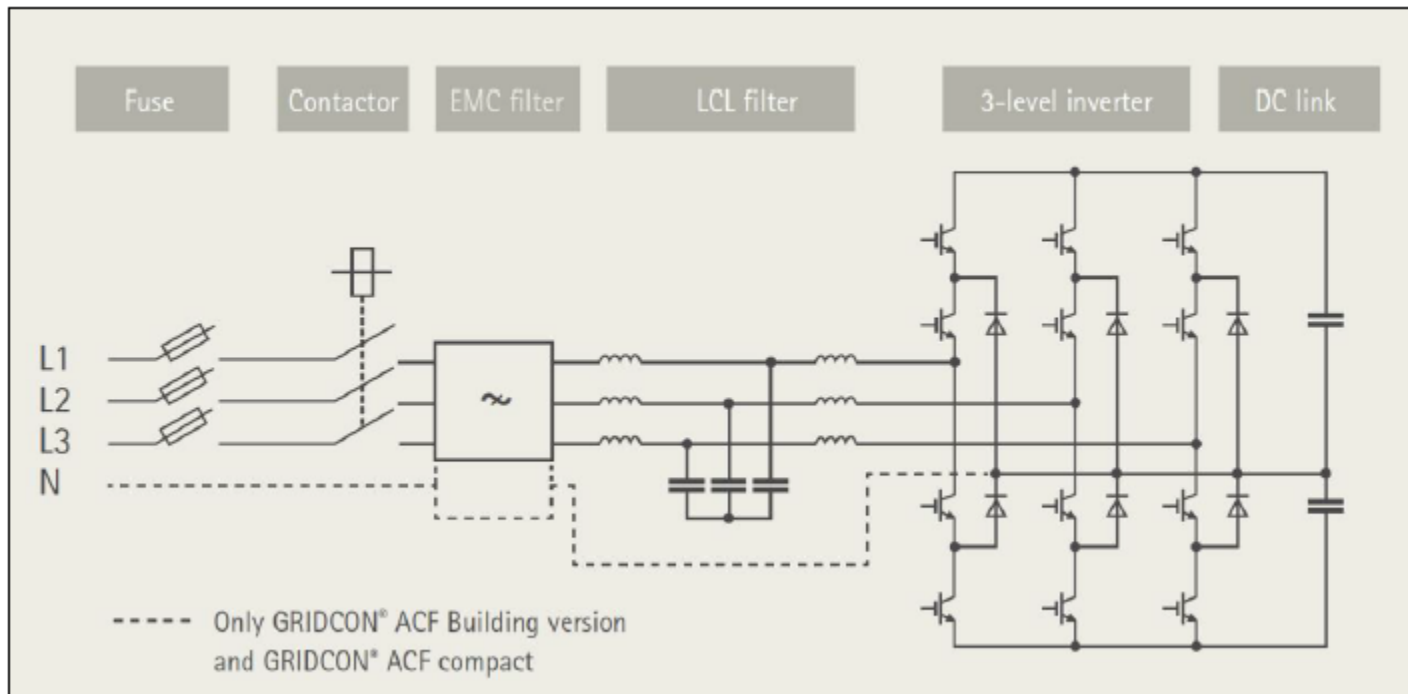


GRIDCON® ACF

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO



Principio de funcionamiento del convertidor ACF - IGBT con filtro LCL



Filtros Activos de Reinhausen



GRIDCON® ACF 3W para aplicaciones industriales

- | Voltaje: 400 V - 690 V, conexión de 3 hilos
- | Corriente: 125 A por módulo, hasta 500 A en un gabinete
- | Grado de protección: IP20 ... IP54
- | Versión refrigerada por aire y refrigerada por líquido disponible



GRIDCON® ACF 4W para aplicaciones en edificios

- | Voltaje: 208 V - 415 V, conexión de 4 hilos
- | Corriente: 60 A por módulo, hasta 300 A en un armario
- | El diseño 4W también resuelve los problemas del conductor neutro
- | Versión compacta con 60 A para montaje en pared disponible

GRIDCON® ACF

Ventajas del Hardware

Concepto modular

- | Facilita el servicio y las ampliaciones

Diseño robusto

- | Componentes de calidad para una mayor durabilidad

Inversor de 3 niveles

- | Para bajas pérdidas



Alta densidad de potencia

- | Mejor rendimiento con menor huella

Componentes estandarizados

- | Para un tiempo de entrega rápido y buena disponibilidad de repuestos

> 1,000 unidades instaladas

GRIDCON® ACF

GRIDCON® ACF industrial Modular Active Filter

- I Panel Táctil 7"
- I Computadora de Control CCU
- I Unidad de Potencia IPU 125 A
- I MIO: Unidad de Medida & I/O
- I Sección de Control con Alimentación de DC
- I Barra Colectora y Conexión de Cables



ACTIVE FILTER GRIDCON® ACF – VENTAJAS



Todos los filtros activos están diseñados en base a un sistema modular que facilita la extensión y el servicio

Ejemplo: La producción industrial se inicia con unas pocas máquinas

„Starter kit“

Crece fábrica → Mas máquinas → Extensión de ACF



250 A

+



375 A

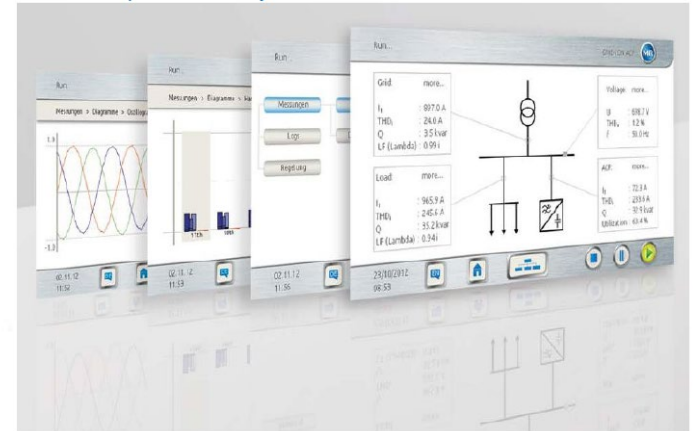
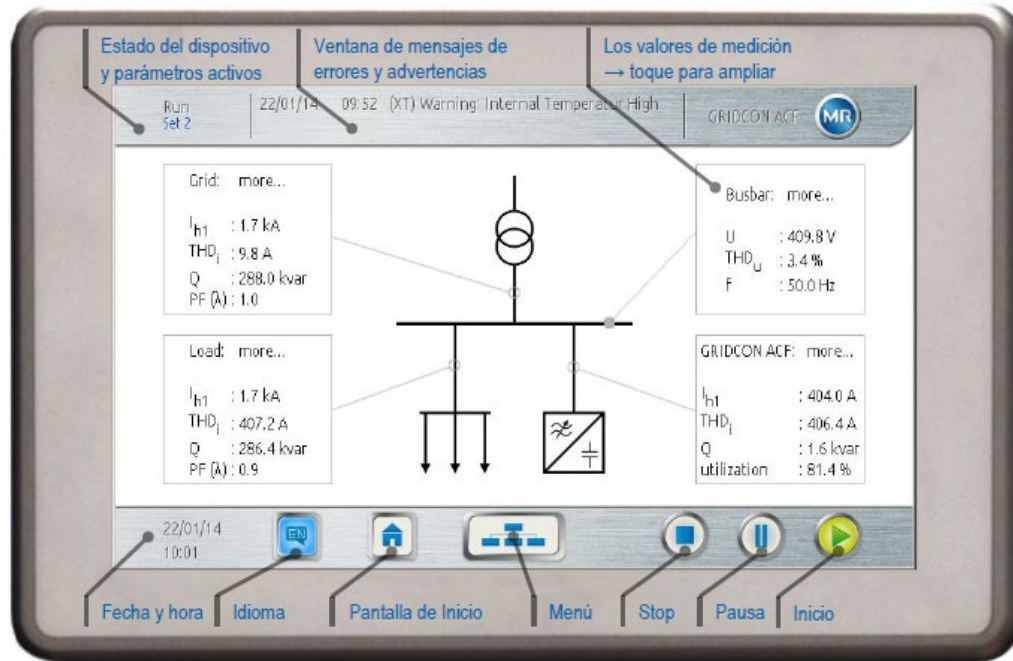
+



500 A

GRIDCON® ACF

Panel táctil para un manejo intuitivo



Ventajas de los filtros activos GRIDCON® ACF

Plug & Play	→	Software inteligente permite una fácil puesta en marcha
Control de Tensión	→	Permite la mitigación de la distorsión armónica de fondo
Máxima flexibilidad	→	5 modos de control para elegir para cada frecuencia
Limitador armónicos de voltaje	→	Cumplimiento automático de límites (auto-parametrización)
Diseño modular	→	Fácil extensión y mantenimiento
Bajas pérdidas	→	< 2,5%
Filtrado de Media Tensión	→	Posible, a través de cualquier transformador
Diseño robusto	→	MTBF > 1,000,000 h (calculado por instalaciones reales)
Auto-optimización	→	Escaneo de impedancia y la funcionalidad del limitador de armónicos

ACTIVE FILTER

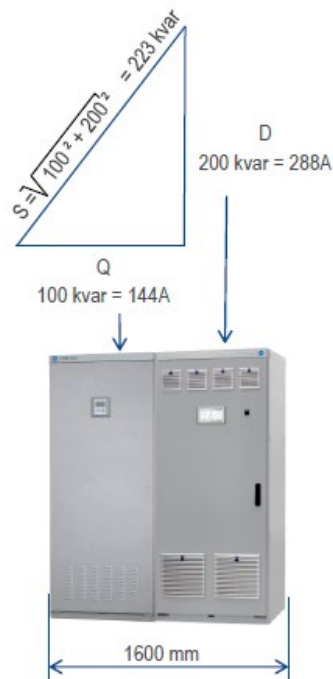
GRIDCON® ACF – VENTAJAS



DOS en UNO



Compensación de Q y D



GRIDCON® ACF



$S = 223 \text{ kvar} = 321 \text{ A}$

ACTIVE FILTER GRIDCON® ACF – VENTAJAS



Diseño fácil → Beneficios para consultores

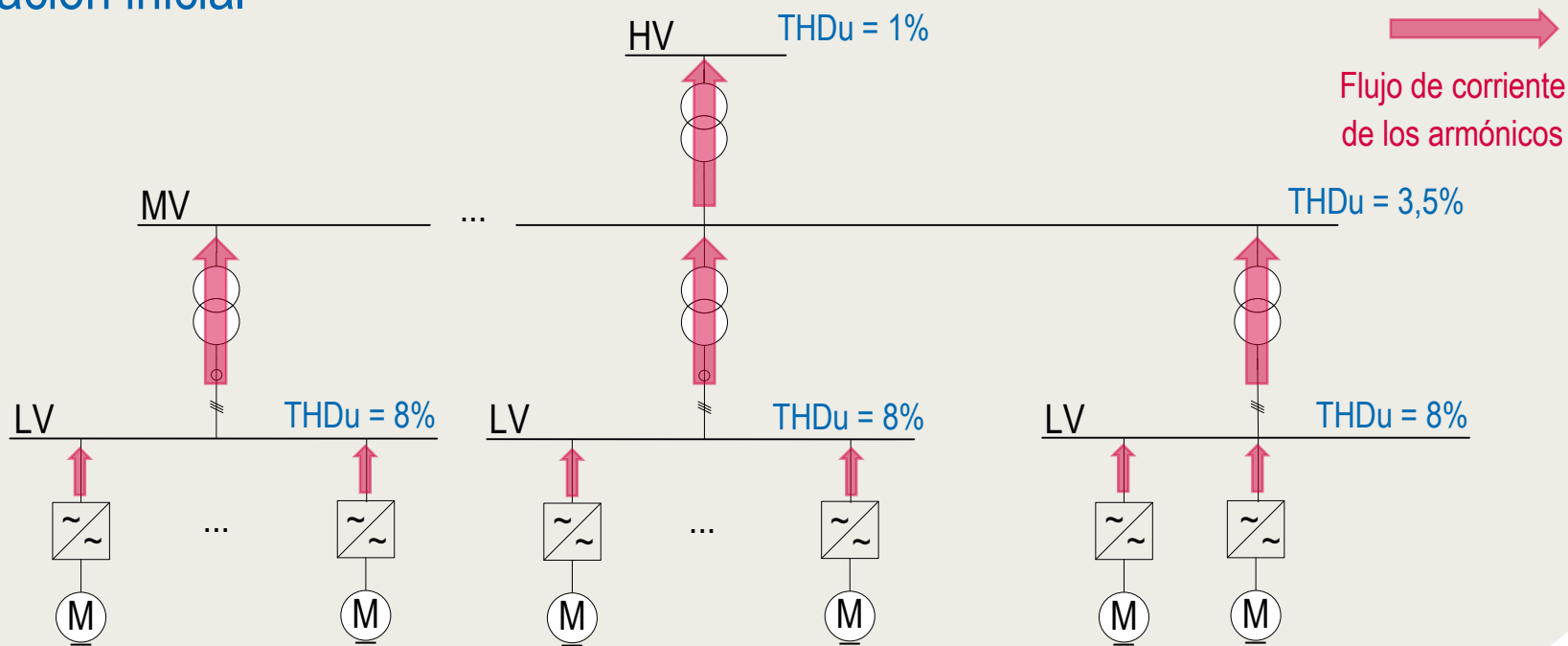
Un solo armario GRIDCON® ACF industrial es normalmente suficiente para todos los transformadores hasta 1600 kVA

thumb rules for compensation / active filter:
 linear loads: Q compensation = 1/3 of S load
 VFD: Harmonics filter = 1/3 of load current

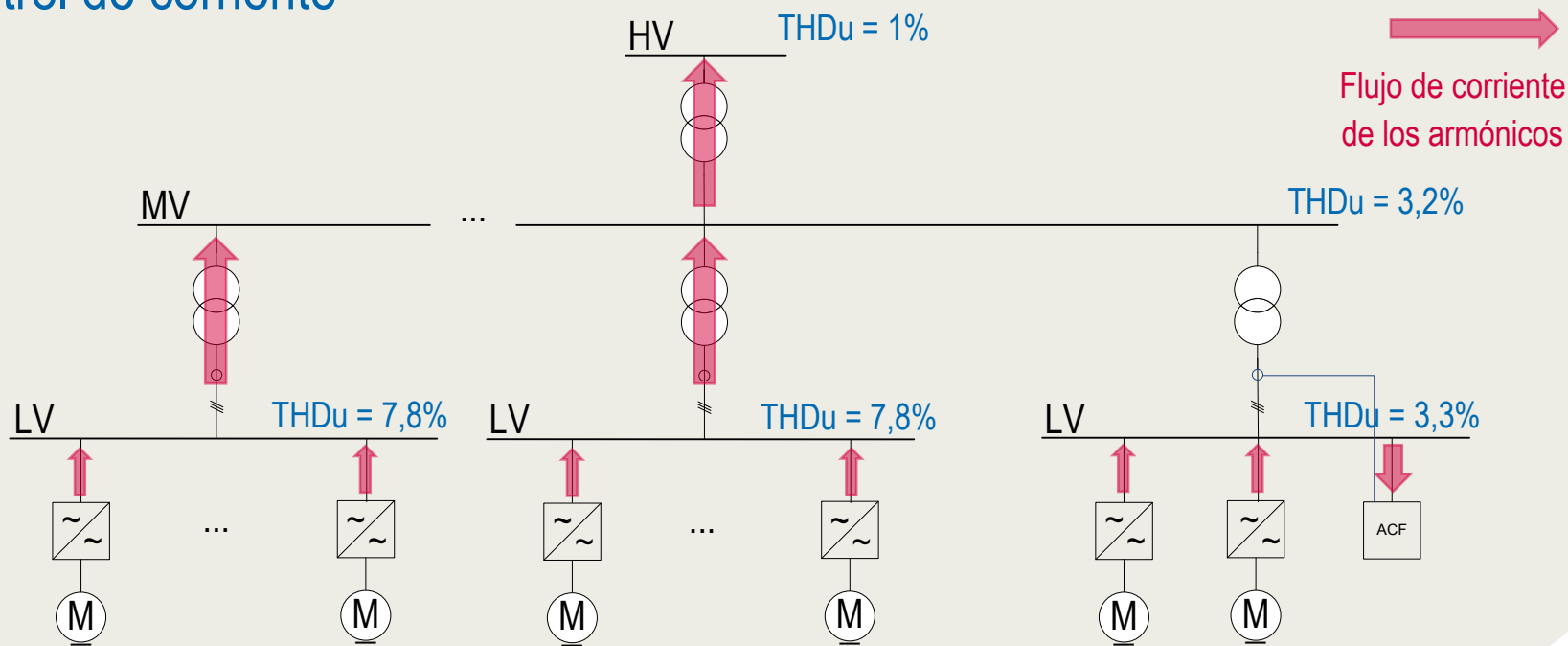
typical application

		no use of GRIDCON ACF				single cabinet GRIDCON ACF			two cabinets GRIDCON ACF			three cabinets GRIDCON ACF	
400 V grid		classic linear loads	light mix 25% VFD				balanced mix 50% VFD			heavy mix 75% VFD			pure electronics 100% VFD
Transformer size	Transformer current at 80% loading	only Q50 compensation	only Q50 compensation	only harmonics compensation	Q50 + Harmonics compensation	only Q50 compensation	only harmonics compensation	Q50 + Harmonics compensation	only Q50 compensation	only harmonics compensation	Q50 + Harmonics compensation	only harmonics compensation	
kVA	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
400	462	154	115	38	122	77	77	109	38	115	122	154	
630	727	242	182	61	192	121	121	171	61	182	192	242	
800	924	308	231	77	243	154	154	218	77	231	243	308	
1000	1155	385	289	96	304	192	192	272	96	289	304	385	
1250	1443	481	361	120	380	241	241	340	120	361	380	481	
1600	1848	616	462	154	487	308	308	435	154	462	487	616	
2000	2309	770	577	192	609	385	385	544	192	577	609	770	
2500	2887	962	722	241	761	481	481	680	241	722	761	962	

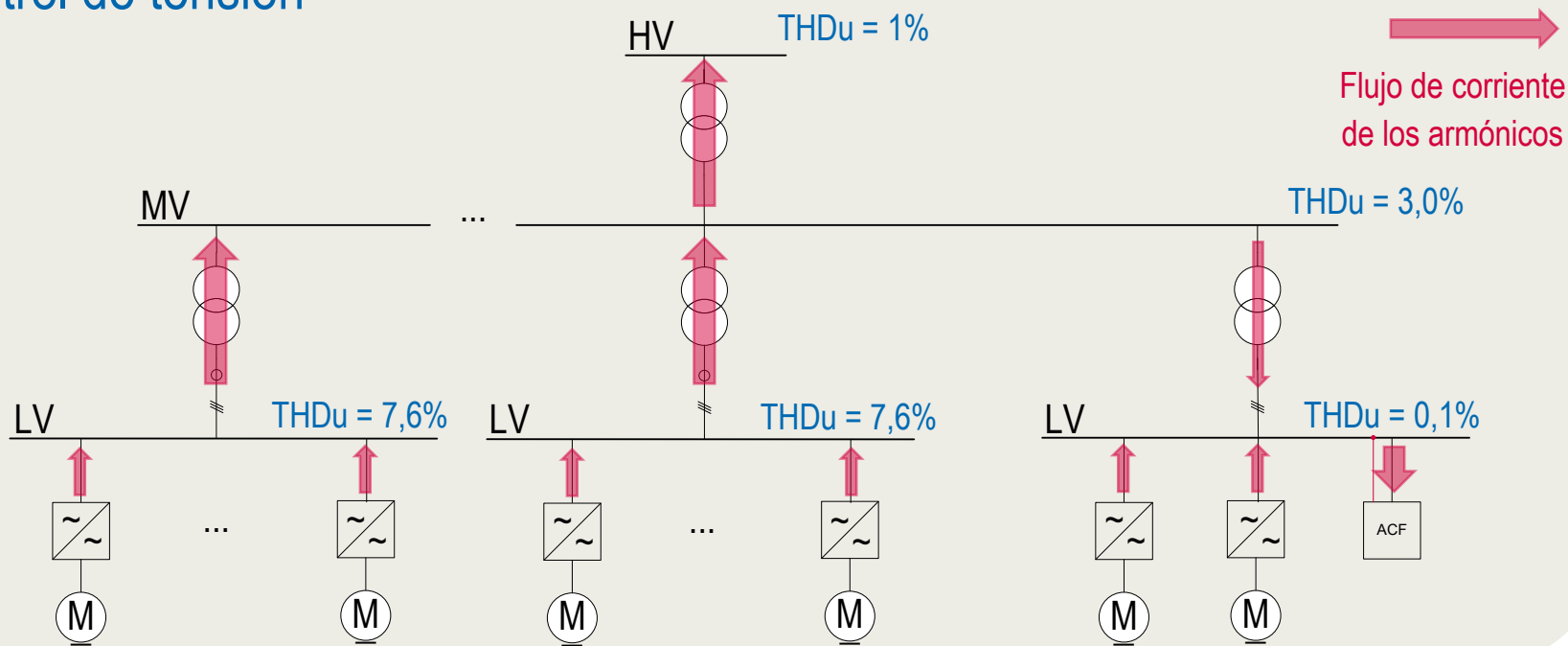
Situación inicial



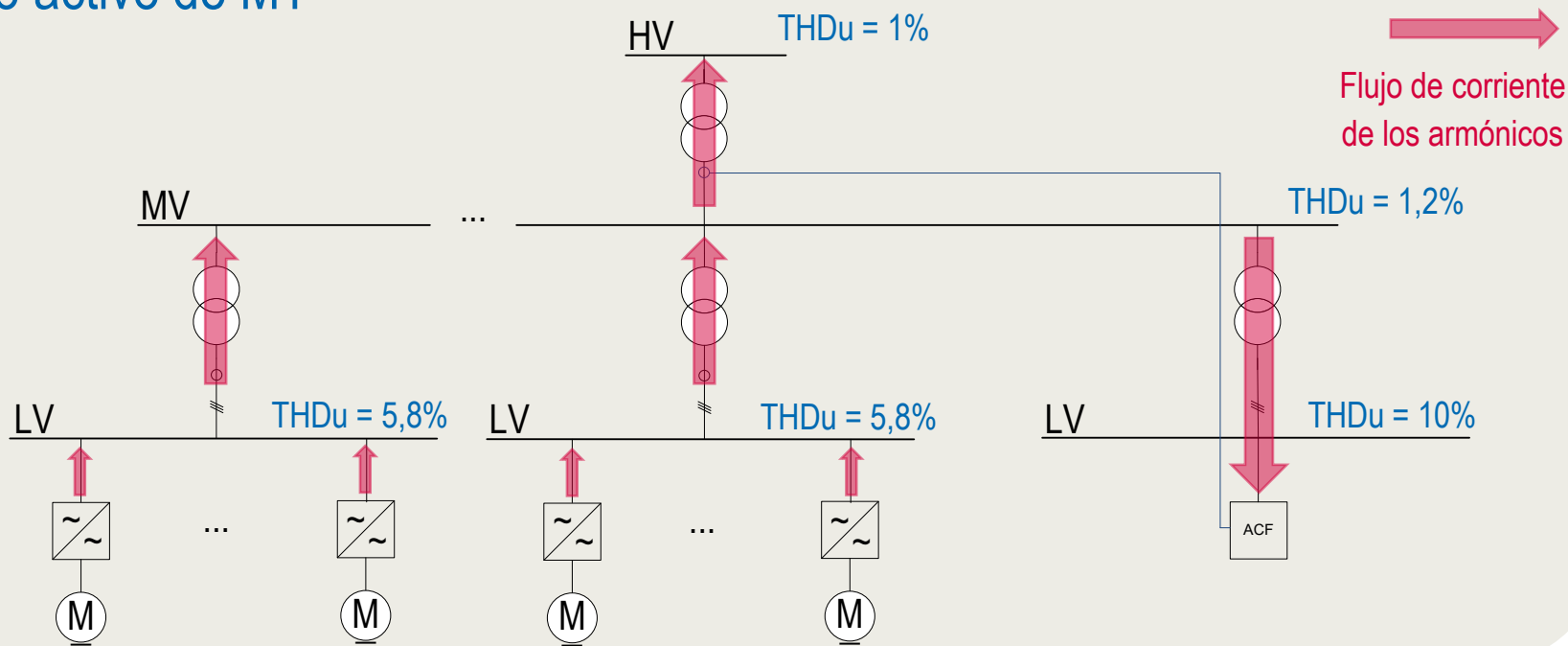
Control de corriente



Control de tensión



Filtro activo de MT



GRIDCON® ACF – REFERENCIAS

Referencias seleccionadas en sectores clave



Automotriz



Minería



Tratamiento de Agua



Química / Farmacéutica

Alimentación / Papel



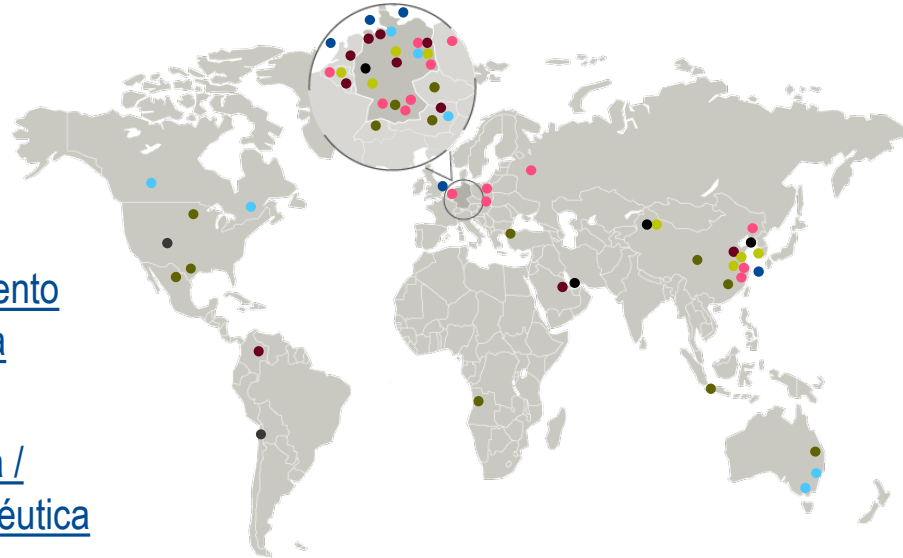
Petrólera y Gas



Redes de naves



Tratamiento de metales



GRIDCON® ACF EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ

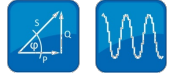


Reto

- | Los armónicos suelen alcanzar niveles críticos debido a los convertidores de frecuencia, las cargas de CC y los sistemas de soldadura
- | Los procesos dinámicos y las frecuentes ampliaciones de las plantas requieren una solución flexible
- | Altos niveles de predistorsión armónica de la red de media tensión

Solución

- | Los sistemas de filtro activo GRIDCON® ACF con modo de control de tensión ofrecen la posibilidad de mitigar la predistorsión armónica
- | GRIDCON® SHU como extensión opcional y modular del filtro activo reduce la distorsión transitoria o supraarmónica



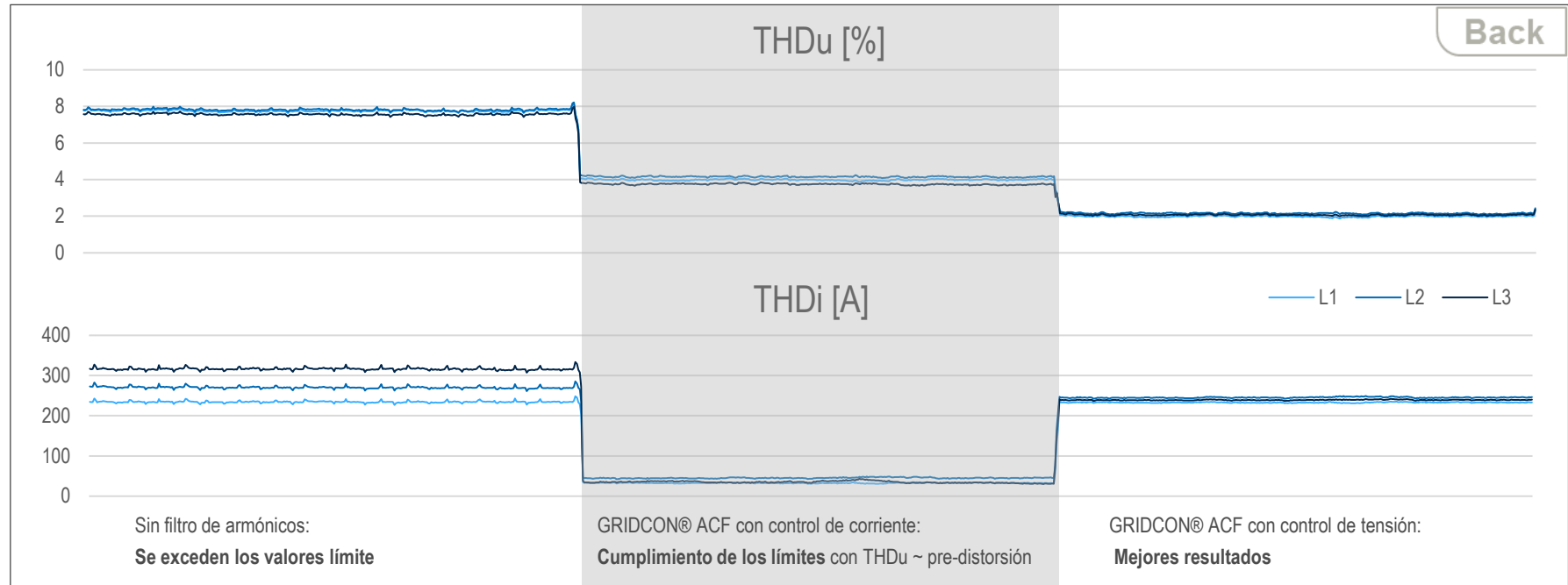
Beneficios del cliente

- | Alta fiabilidad de la producción gracias a la reducción de los armónicos
- | El diseño modular facilita el servicio y la ampliación
- | Máxima flexibilidad gracias al software avanzado con modo de control de tensión

[Back](#)

GRIDCON® ACF EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ

Medidas de rendimiento (taller de pintura)



GRIDCON® ACF EN EL SECTOR DEL TRATAMIENTO DEL AGUA



Reto

- | Bombas grandes conectadas a la red de 6 kV y alimentadas por convertidores de frecuencia de 12 pulsos emiten altas corrientes armónicas de orden 11 y 13
- | El proveedor local de electricidad aplica estrictos valores límite para el PCC en el nivel de 10 kV, también para los armónicos de corriente individuales
- | Se ha superado el valor límite para el 11º armónico

Solución

- | Sistema de filtro activo GRIDCON® ACF 690 V con corriente nominal de 375 A y hardware optimizado para aplicaciones de media tensión
- | El transformador elevador especial de 630 kVA y el MIO separado facilitan el filtrado en MT

Beneficios del cliente

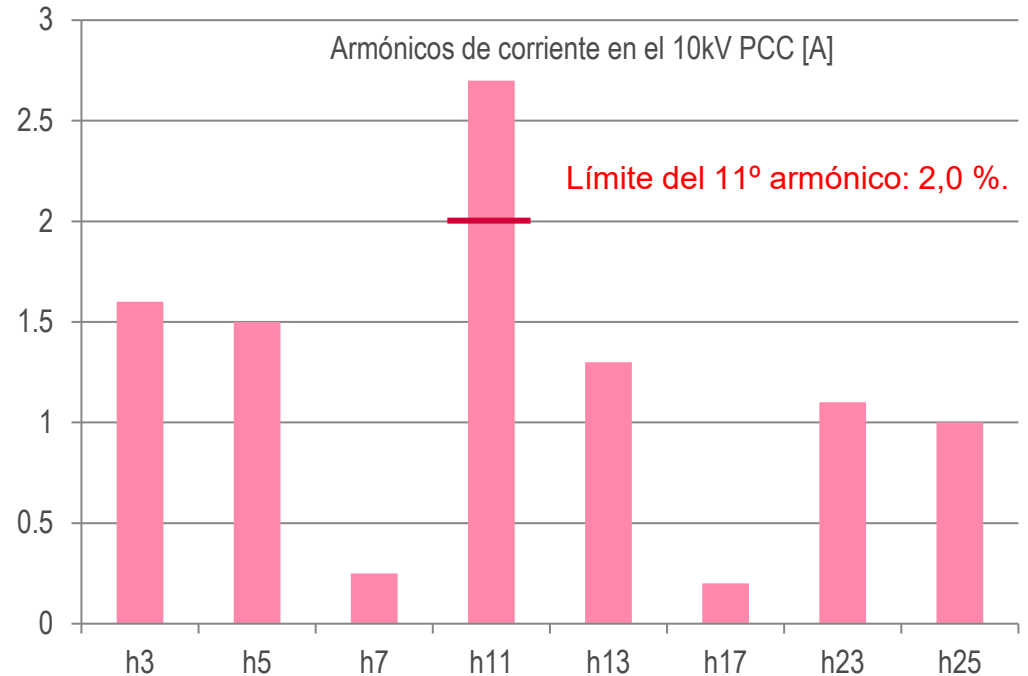
- | Cumplimiento de los requisitos de armónicos de la compañía eléctrica local
- | El diseño modular facilita el servicio y la ampliación
- | Reducción significativa de las corrientes armónicas en el nivel de 6 kV

[Back](#)

GRIDCON® ACF EN EL SECTOR DEL TRATAMIENTO DEL AGUA



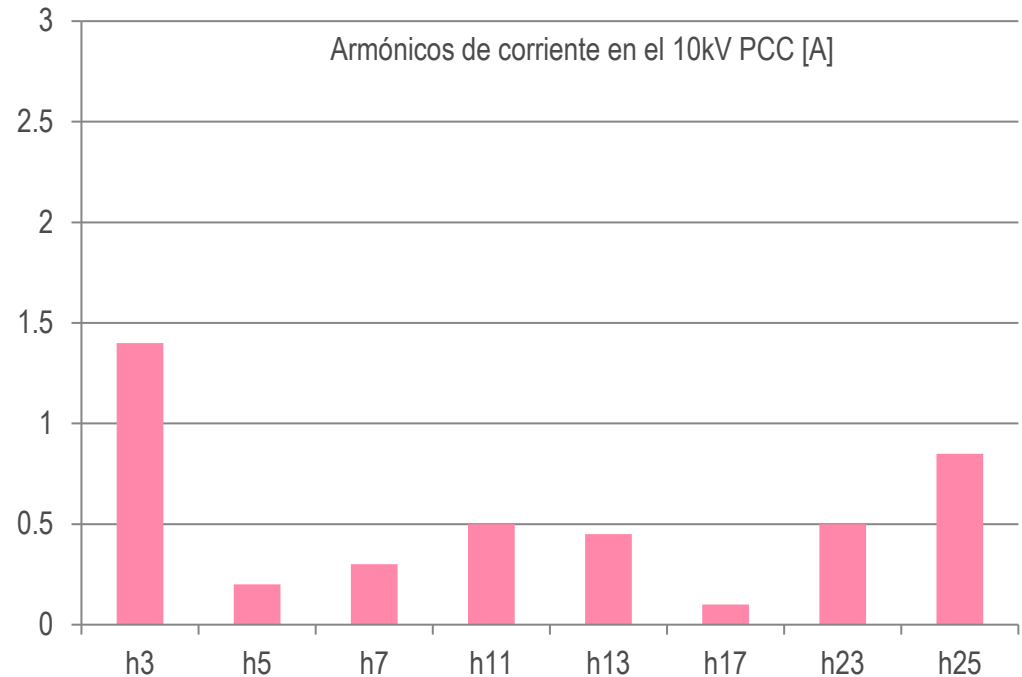
Espectro armónico: Sin filtro



GRIDCON® ACF EN EL SECTOR DEL TRATAMIENTO DEL AGUA



Espectro armónico: Con filtro



GRIDCON® ACF EN LA INDUSTRIA QUÍMICA



Reto

- | Producción de biocombustibles
- | El proveedor local de electricidad aplica valores límite estrictos para los armónicos en el punto de acoplamiento común (20 kV)
- | Las cargas no lineales están conectadas a barras de baja tensión, pero los armónicos se suman y superan los límites en el PCC

Solución

- | Los sistemas de filtro activo de baja tensión GRIDCON® ACF distribuidos en varios transformadores reducen los armónicos cerca de su origen
- | El efecto agregado es visible en el punto de acoplamiento común

Beneficios del cliente

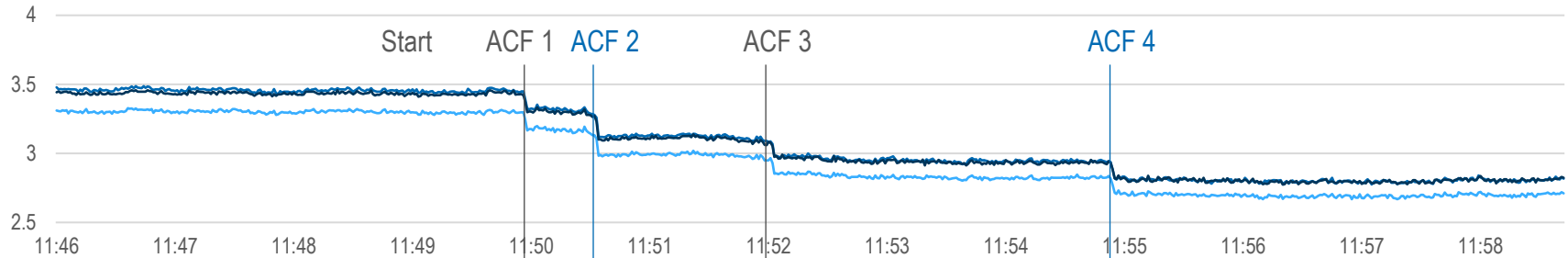
[Back](#)

- | Cumplimiento de los requisitos de armónicos de la compañía eléctrica local
- | El diseño modular facilita el servicio y las ampliaciones
- | La reducción de THDu supone una mejora de la calidad de la tensión

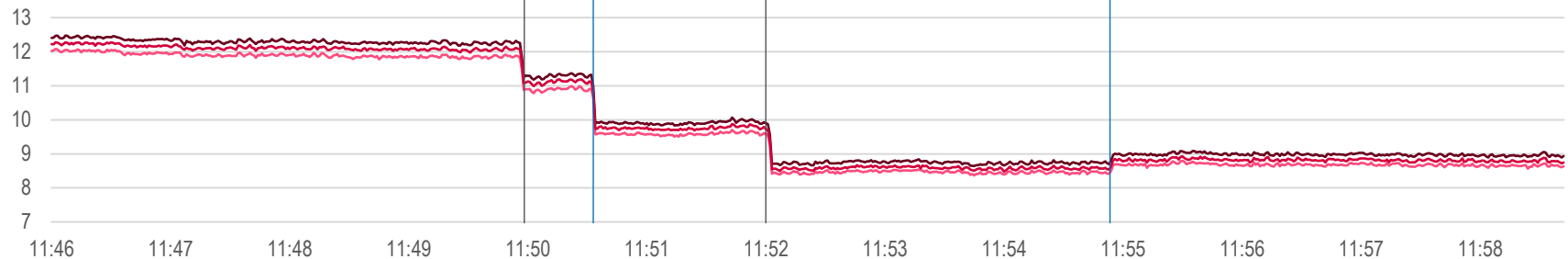
GRIDCON® ACF EN LA INDUSTRIA QUÍMICA

Medidas de rendimiento (PCC)

THDu



THDi



GRIDCON® ACF EN LA INDUSTRIA DEL PETRÓLEO



Reto

- | Líder mundial en exploración y procesamiento de petróleo y gas natural
- | Deterioro del suministro eléctrico debido a la conexión del cable submarino entre el sistema terrestre y el marítimo
- | Perfil dinámico de la tensión debido a las fluctuaciones de la carga (procesos de arranque) y a las operaciones de conmutación (conexión y desconexión del cable submarino)

Solución

- | Sistemas de compensación dinámica GRIDCON® STATCOM con regulación de potencia reactiva y tensión
- | Sistemas de filtro activo GRIDCON® ACF

Beneficios del cliente

- | Alta fiabilidad de la producción gracias al suministro estable de energía
- | Reducción de los costes de explotación y de las emisiones de CO2
- | El diseño modular facilita el servicio en lugares remotos

[Back](#)

GRIDCON® ACF APLICACIÓN DE ALMACENAMIENTO DE GAS



Reto

- | La instalación de almacenamiento de gas natural opera con seis unidades de compresión conectadas a la red de 20 kV en una arquitectura de 18 pulsos
- | En combinación con una resonancia del cable, las emisiones armónicas dan lugar a una señal de tensión muy distorsionada
- | La tensión distorsionada se propaga a la red de servicio de 400 V, donde provoca fallos en los equipos

MR solution

- | Análisis exhaustivo de toda la red con analizadores de red portátiles
- | Los sistemas de filtro activo GRIDCON® ACF 375 A con modo de control de tensión ofrecen protección a la red de BT mitigando la predistorsión armónica

Beneficios del cliente

[Back](#)

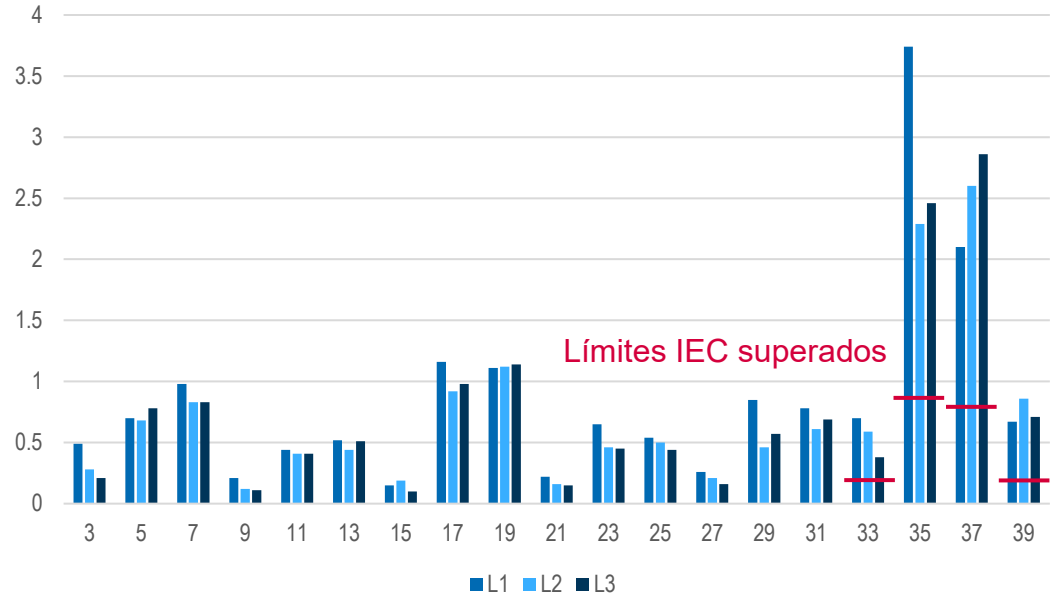
- | Cumplimiento de los niveles de compatibilidad armónica según la norma IEC 61000
- | El filtro activo es rentable en comparación con los equipos de media tensión
- | La reducción del THDu evita fallos en los equipos

GRIDCON® ACF APLICACIÓN DE ALMACENAMIENTO DE GAS



Medición de Armónicos

Red de 400 V Armónicos de tensión [%] - Sin filtro

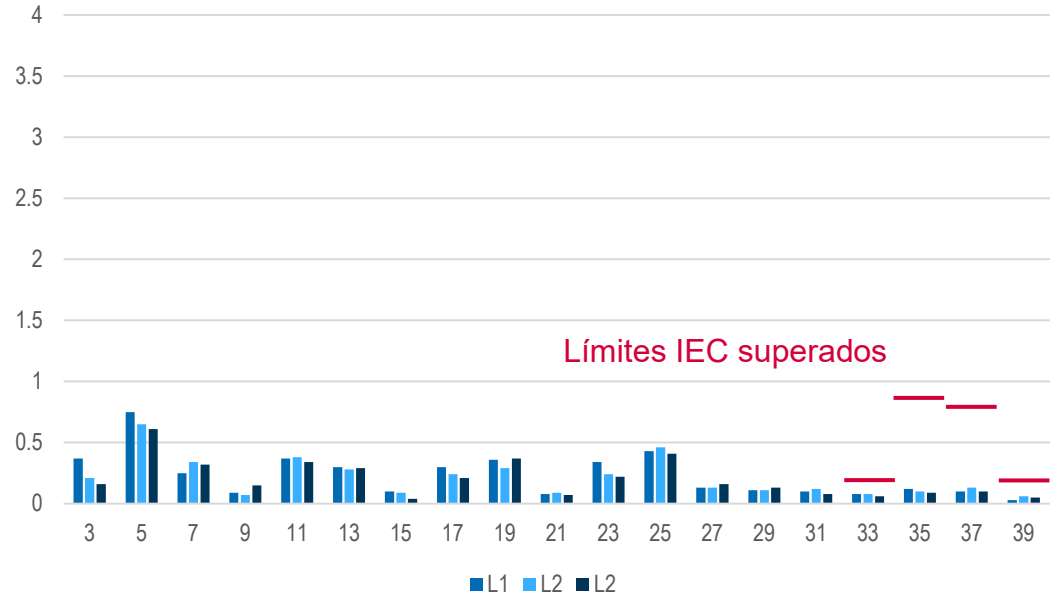


GRIDCON® ACF APLICACIÓN DE ALMACENAMIENTO DE GAS



Medición de Armónicos

Red de 400 V Armónicos de tensión [%] - Sin filtro



GRIDCON® ACF EN EL PROCESAMIENTO DE METALES



Reto

- | Fluctuaciones de tensión asimétricas con los consiguientes efectos de parpadeo
- | Los procesos de soldadura altamente dinámicos provocan armónicos y picos de potencia reactiva de 700 kvar (2 fases) con una duración de 200 ms
- | Las perturbaciones del proceso y los problemas de soldadura perjudican la calidad del producto final

Solución

- | El sistema de filtro activo GRIDCON® ACF 500 A con software inteligente permite una fácil puesta en marcha y una reducción continua de la corriente armónica
- | Las funciones de equilibrado de carga y corrección del factor de potencia se utilizan para estabilizar el $\cos \phi$ y la tensión de línea con un tiempo de respuesta rápido

Beneficios del cliente

[Back](#)

- | Alta fiabilidad de la producción gracias a la reducción de los armónicos
- | Una tensión de línea más estable tiene un efecto positivo en el coeficiente de parpadeo, la estabilidad del proceso y la calidad de la soldadura

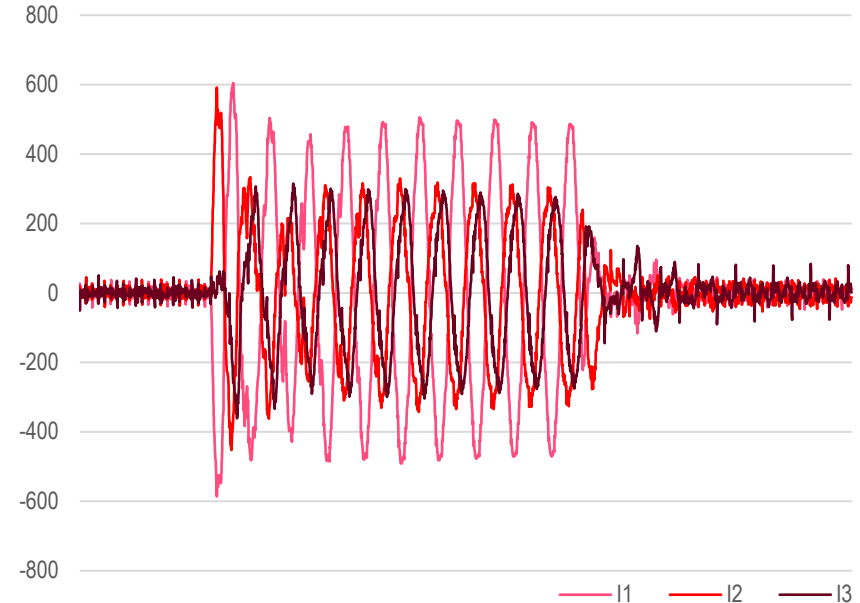
GRIDCON® ACF EN EL PROCESAMIENTO DE METALES

Forma de onda de la corriente

Corriente del transformador [A] - Sin filtro activo

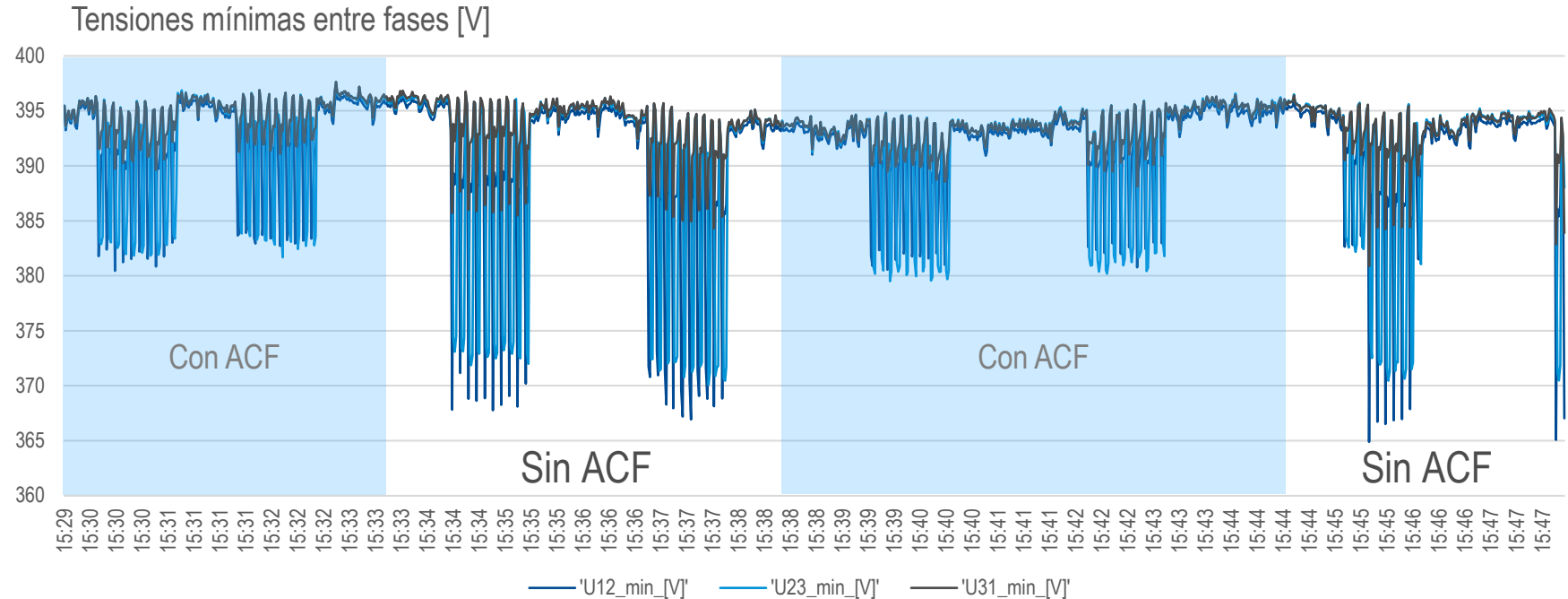


Corriente del transformador [A] - Con filtro activo de 500 A



GRIDCON® ACF EN EL PROCESAMIENTO DE METALES

Tensión RMS - Valores mínimos de 10 ms



GRIDCON® ACF EN EL PROCESAMIENTO DE METALES - 2



Reto

- | Los rectificadores suministran la tensión continua para el proceso de galvanización
- | La corriente de la línea del rectificador tiene un alto contenido de armónicos con órdenes 11 y 13 como frecuencias dominantes
- | Como consecuencia, la calidad de la tensión se ve perjudicada con una THDu máxima del 13%. THDu del 13%.

Solución

- | El filtro activo GRIDCON® ACF 375 A reduce los armónicos hasta el orden 37
- | Poco derateo gracias a la alta tensión continua (hasta 1,5 kV)
- | Los avanzados algoritmos de control garantizan un funcionamiento estable y una rápida respuesta del filtro

Beneficios del cliente

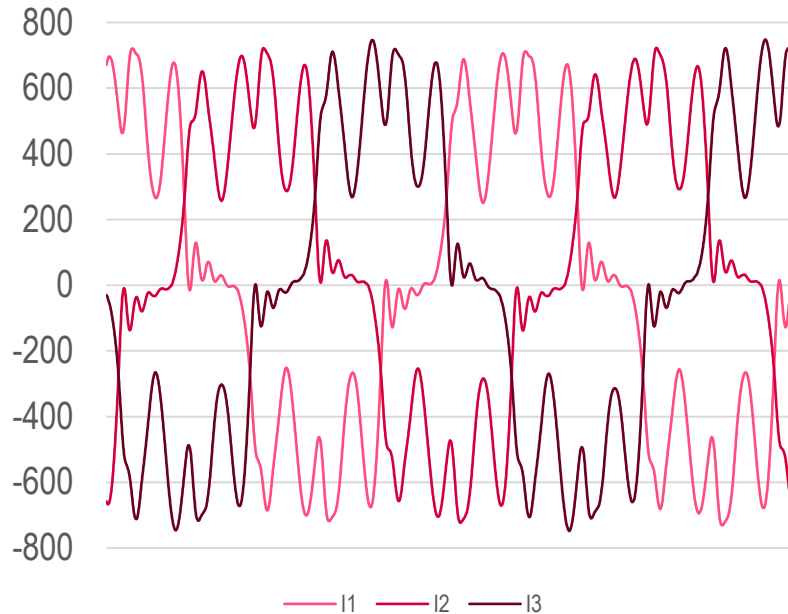
- | El cumplimiento de las normas mejora la fiabilidad y la calidad del proceso
- | Fácil configuración y gran rendimiento incluso en las aplicaciones más exigentes
- | El diseño modular facilita el servicio y la ampliación

[Back](#)

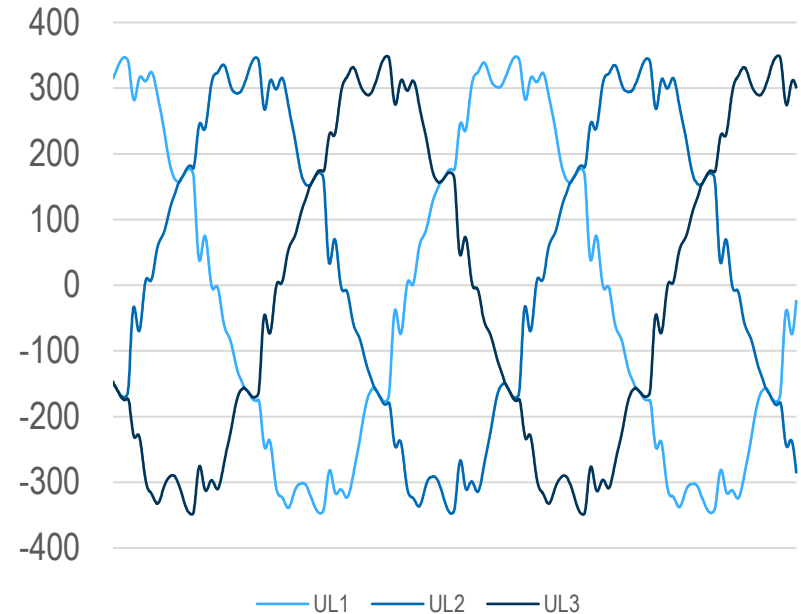
GRIDCON® ACF EN EL PROCESAMIENTO DE METALES - 2

Antes de la instalación del filtro

Corriente del transformador [A] - Sin filtro activo



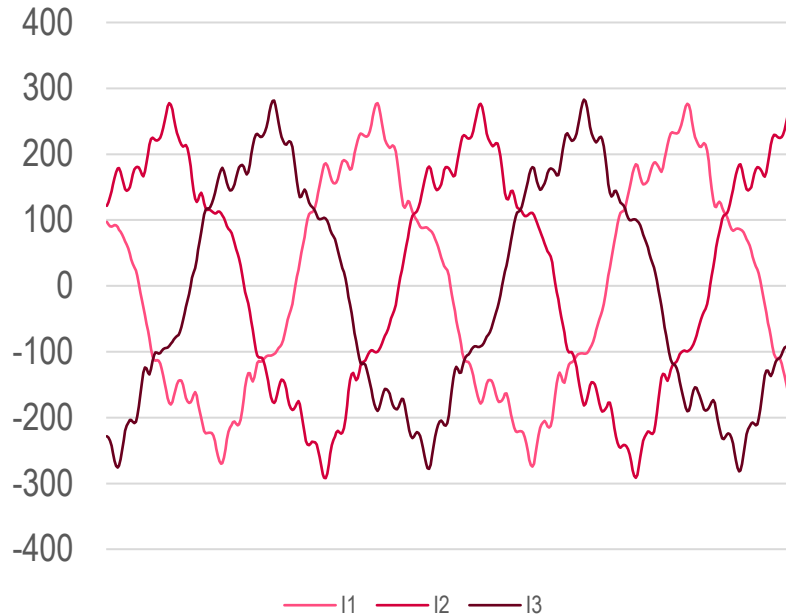
Señal de tensión [A] - Sin filtro activo



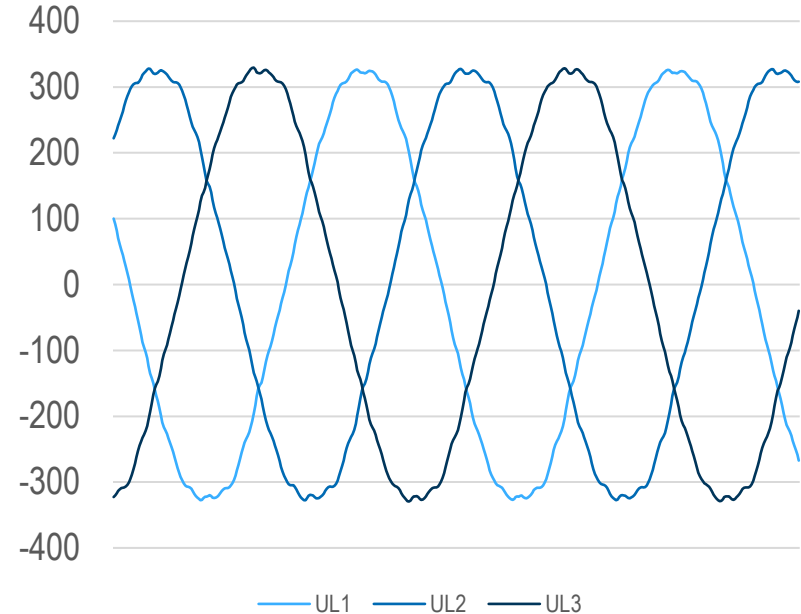
GRIDCON® ACF EN EL PROCESAMIENTO DE METALES - 2

Después de la instalación del filtro

Corriente del transformador [A] - Con filtro activo

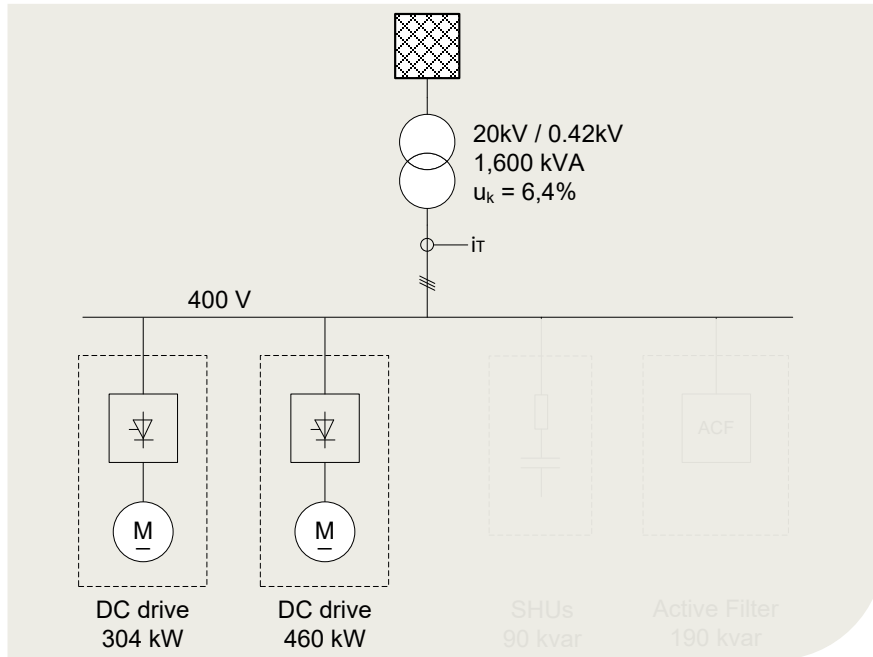


Señal de tensión [A] - Con filtro activo



GRIDCON® ACF EN EL PROCESAMIENTO DE METALES - 3

Referencia con GRIDCON® SHU



Resumen / Descripción del problema:

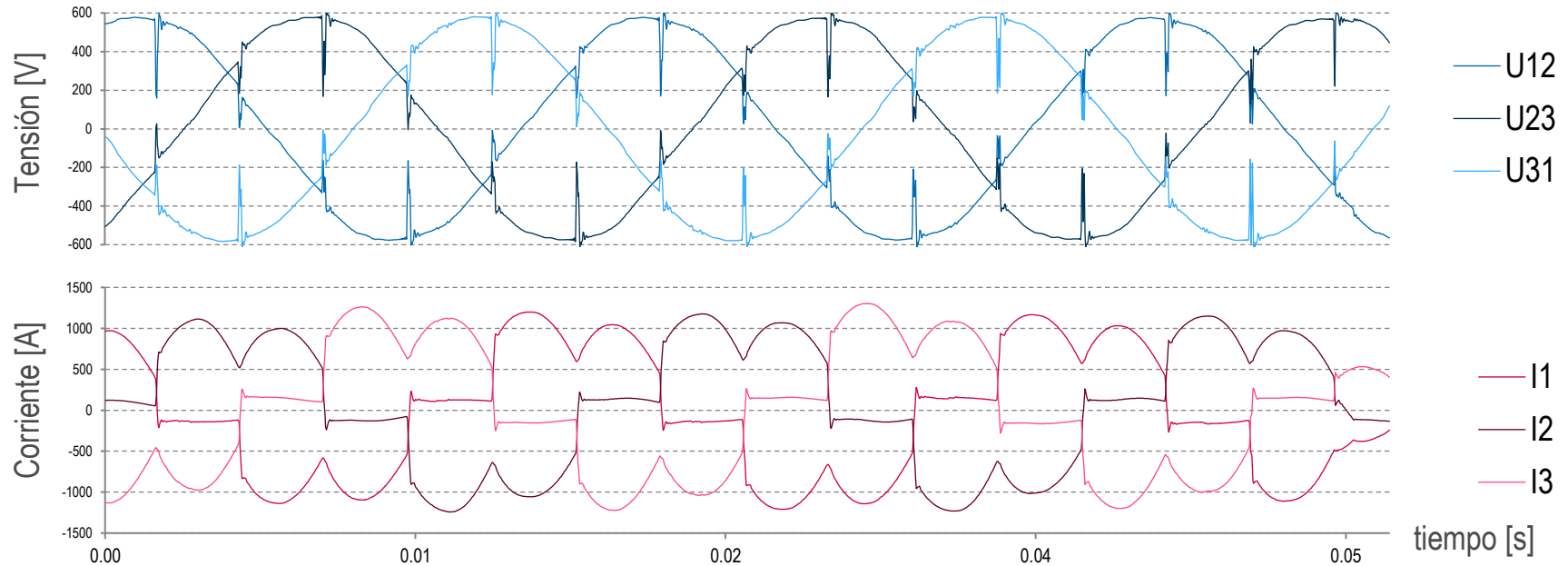
La planta utiliza motores de CC alimentados por rectificadores de puente de seis pulsos controlados por tiristores. Estos equipos provocan graves notches de conmutación y corrientes armónicas. Como consecuencia, se producen fallos en los equipos electrónicos de producción y oficina.

Calidad de la energía antes de la instalación del filtro:

- | THDv máximo a corto plazo = 12.1%
- | Profundidad máx. de notches de tensión = 76%
- | Valores elevados de Parpadeo: Max. Pst = 1.04

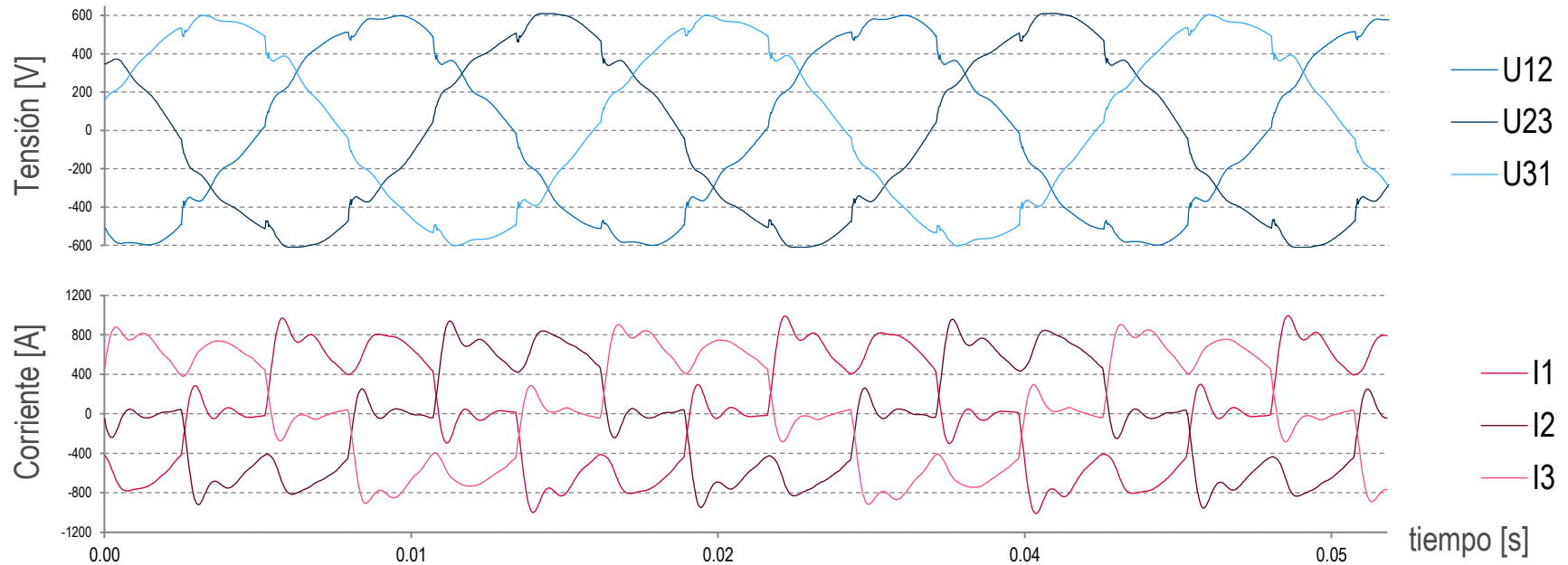
GRIDCON® ACF EN EL PROCESAMIENTO DE METALES - 3

Tensión y corriente del transformador sin filtro



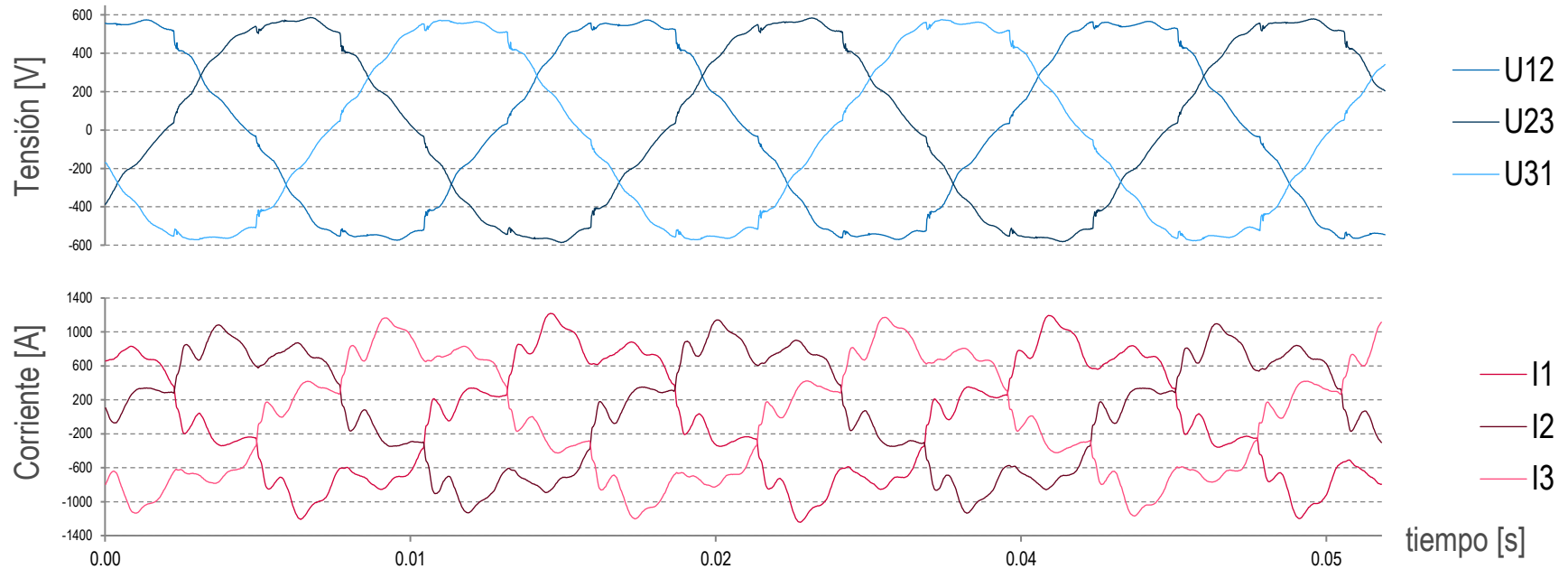
GRIDCON® ACF EN EL PROCESAMIENTO DE METALES - 3

Corriente y tensión del transformador con el SHU en funcionamiento



GRIDCON® ACF EN EL PROCESAMIENTO DE METALES - 3

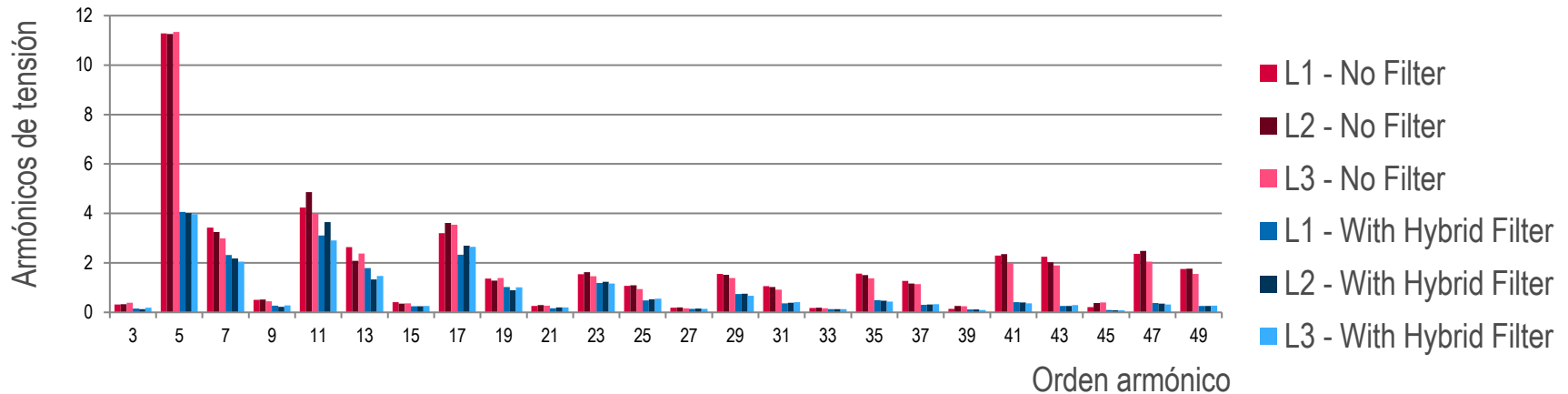
Corriente y tensión con filtro activo y SHU en funcionamiento



GRIDCON® ACF EN EL PROCESAMIENTO DE METALES - 3

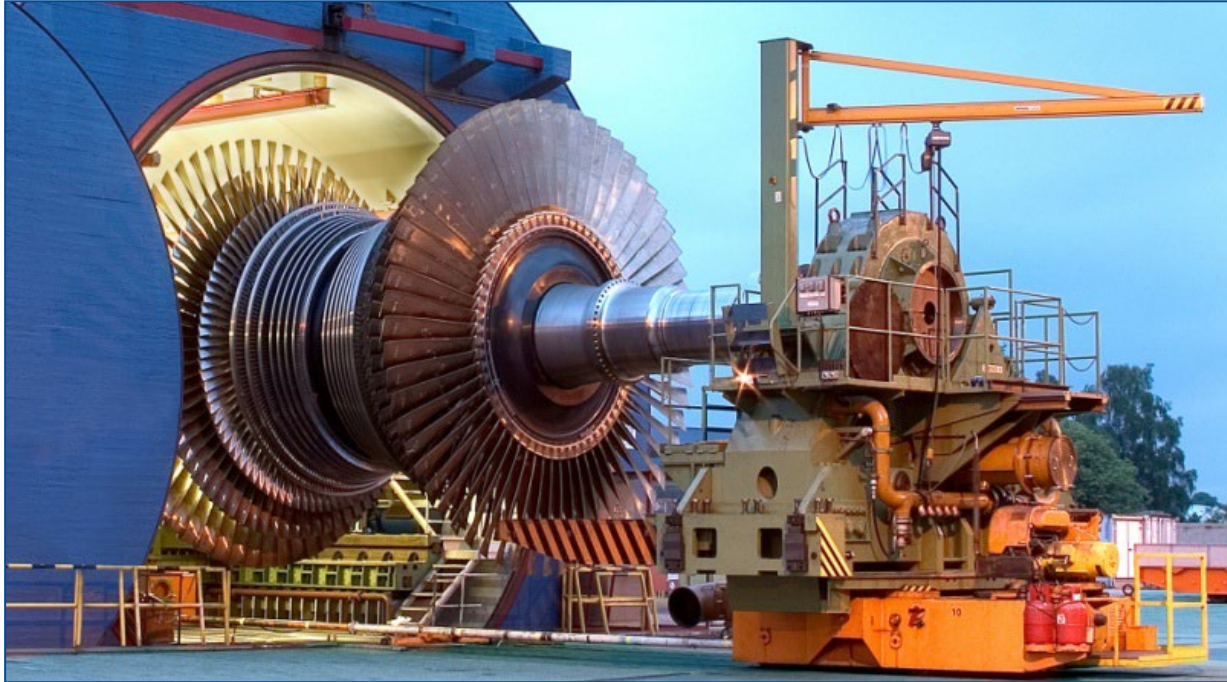
Resumen de los resultados

- | Reducción de la THDv máx. THDv al 7,5% desde el 12,1% [valores medios de 200 ms]
- | Reducción de los notches de tensión al 8% desde el 76%.
- | La estabilización de la tensión reduce el factor de parpadeo máximo Pst a 0,83 desde 1,04



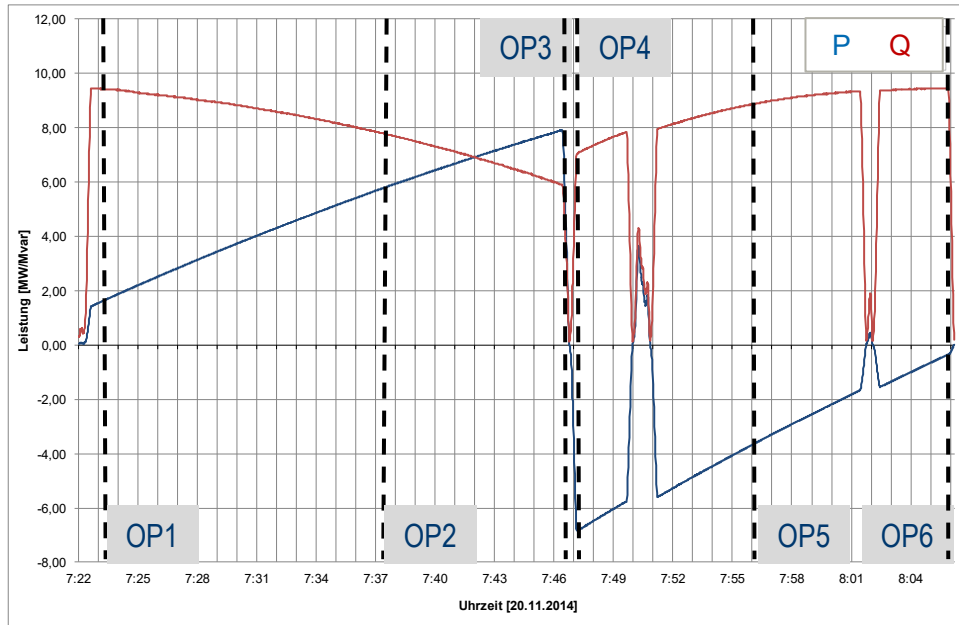
GRIDCON® ACF COMO SOLUCIÓN PARA LA MEDIA TENSIÓN

Referencia: Sistema de prueba de giro de álabes de turbina de 2070 MVA



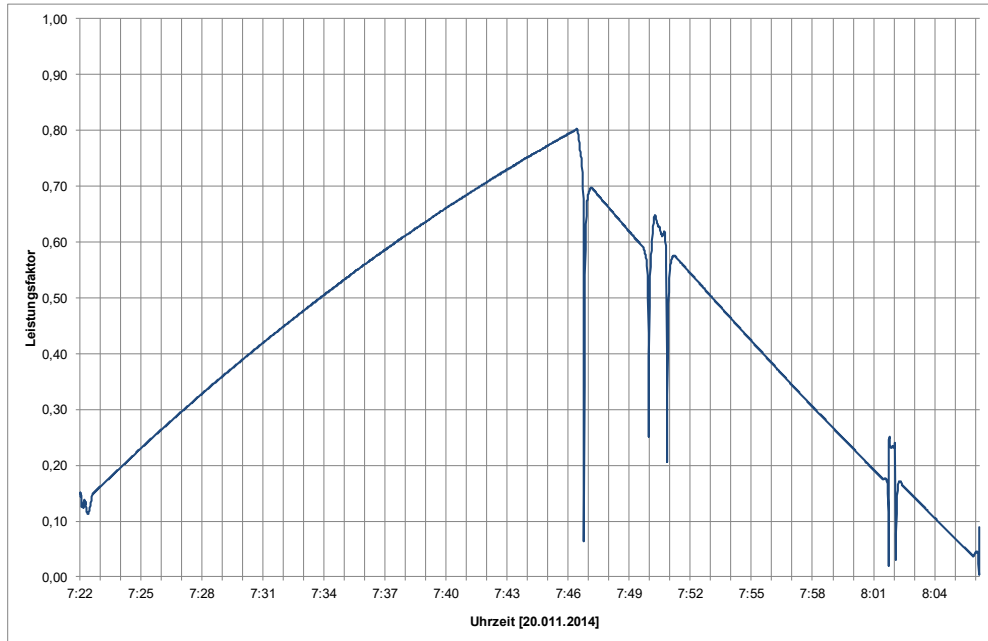
GRIDCON® ACF COMO SOLUCIÓN PARA LA MEDIA TENSIÓN

Medición de la potencia activa P y de la potencia reactiva Q Red de 6 kV



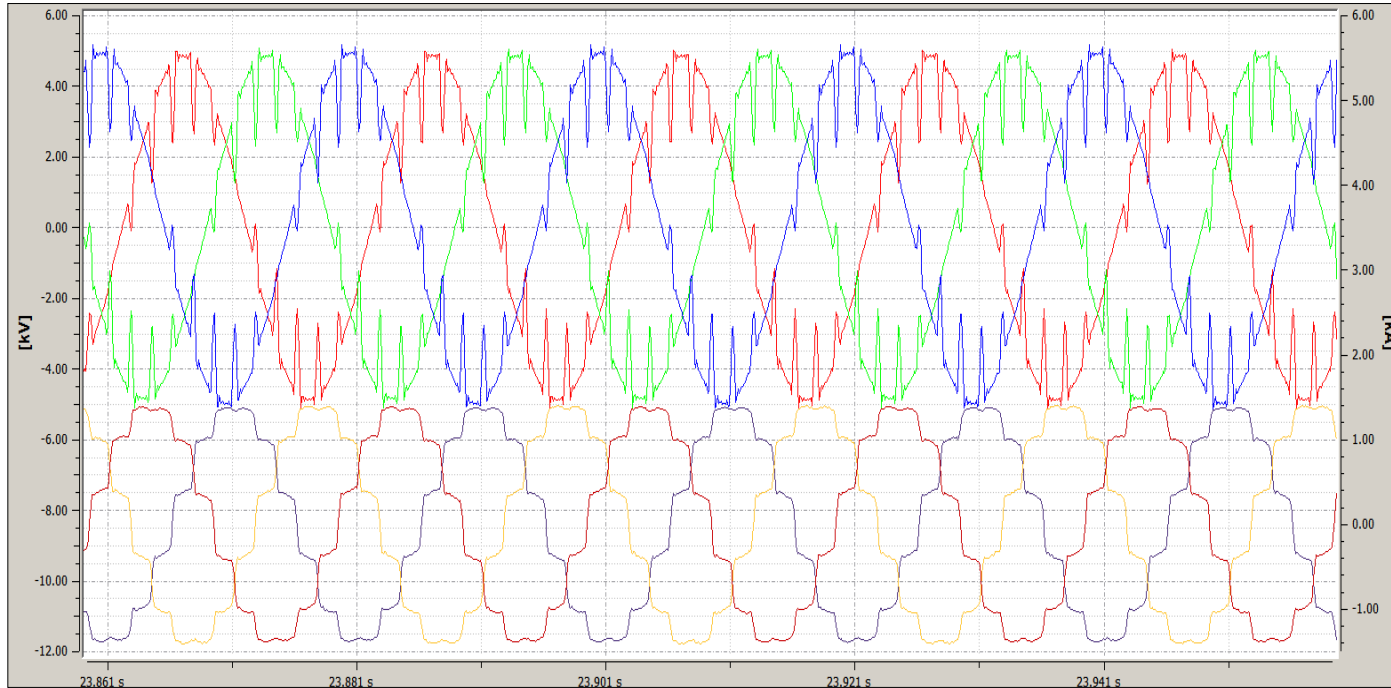
GRIDCON® ACF COMO SOLUCIÓN PARA LA MEDIA TENSIÓN

Medición del factor de potencia



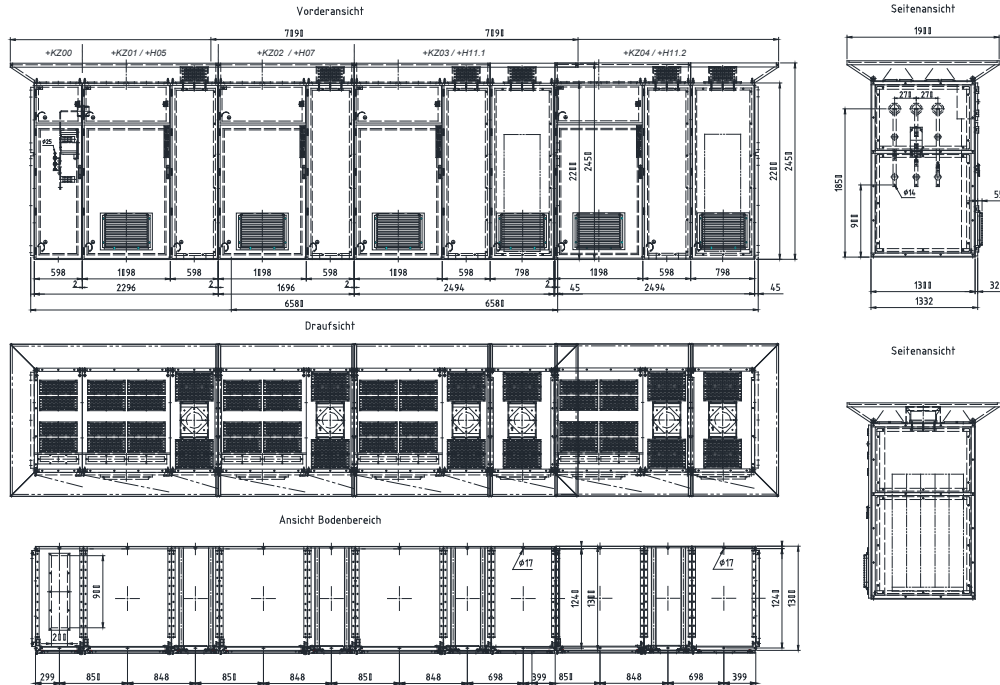
GRIDCON® ACF COMO SOLUCIÓN PARA LA MEDIA TENSIÓN

Tensión y corriente en el tiempo durante la aceleración (variador de 12 pulsos)



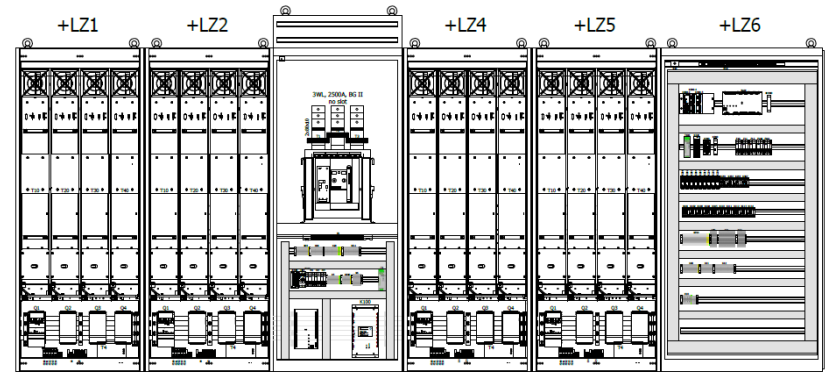
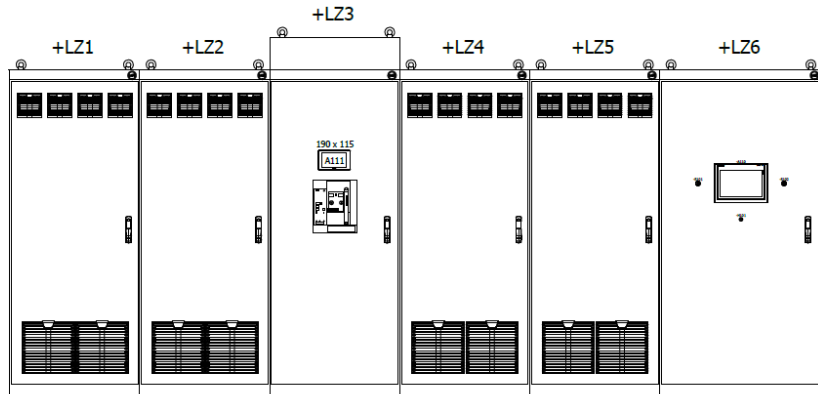
GRIDCON® ACF COMO SOLUCIÓN PARA LA MEDIA TENSIÓN

Solución MR parte 1: Circuito de filtro de MT con $Q = 4,4$ Mvar



GRIDCON® ACF COMO SOLUCIÓN PARA LA MEDIA TENSIÓN

Solución MR parte 2: GRIDCON® ACF con $Q = 2,4$ Mvar y transformador



GRIDCON® ACF COMO SOLUCIÓN PARA LA MEDIA TENSIÓN

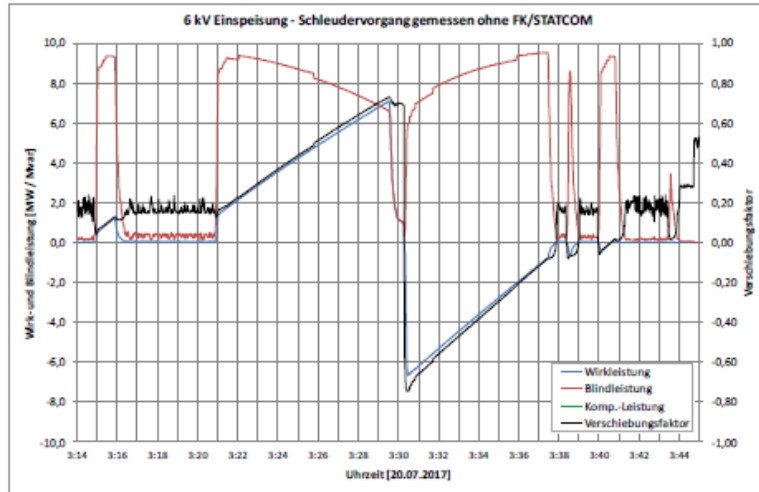
Instalación de la solución:



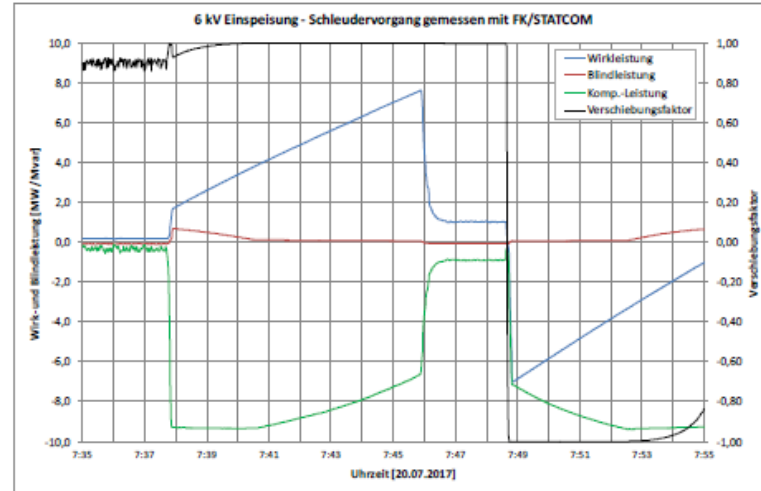
GRIDCON® ACF COMO SOLUCIÓN PARA LA MEDIA TENSIÓN

Resultados: Potencia y cos phi a lo largo del tiempo con y sin solución MR

Prueba de giro sin STATCOM: $\cos \varphi \sim 0.2$



Prueba de giro con STATCOM : $\cos \varphi > 0.8$

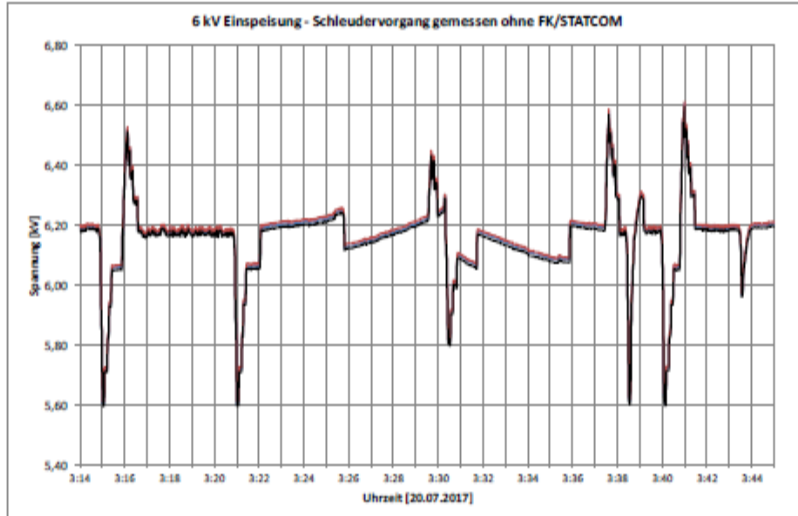


P Q Q_{comp} FP

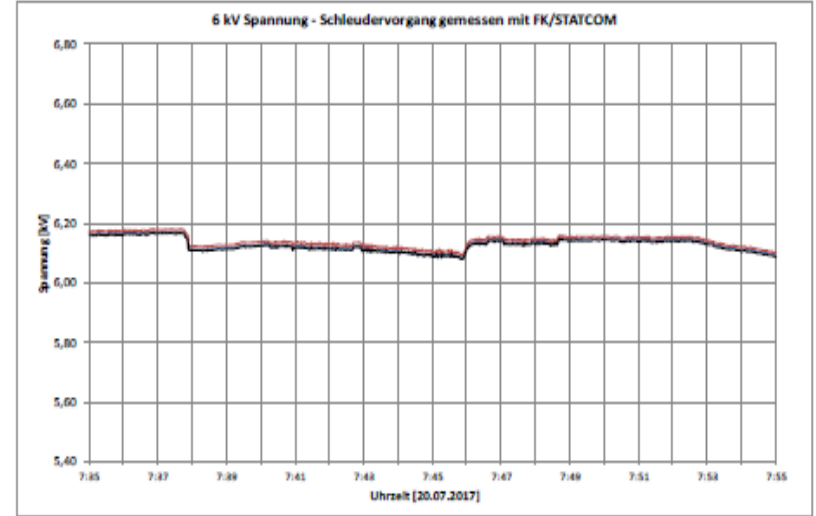
GRIDCON® ACF COMO SOLUCIÓN PARA LA MEDIA TENSIÓN

Resultados: Tensión en el tiempo con y sin solución de MR

Sin STATCOM: Variaciones de tensión



Con STATCOM: Tensión estable

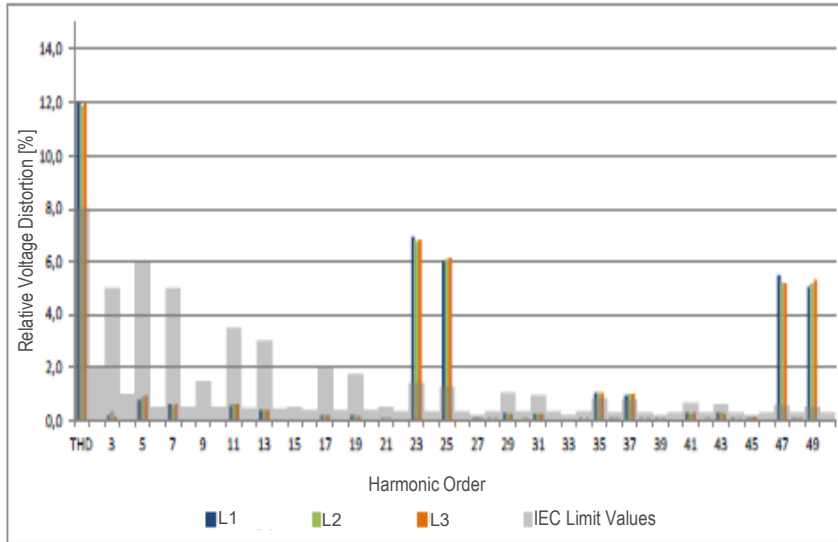


P Q Q_{comp} FP

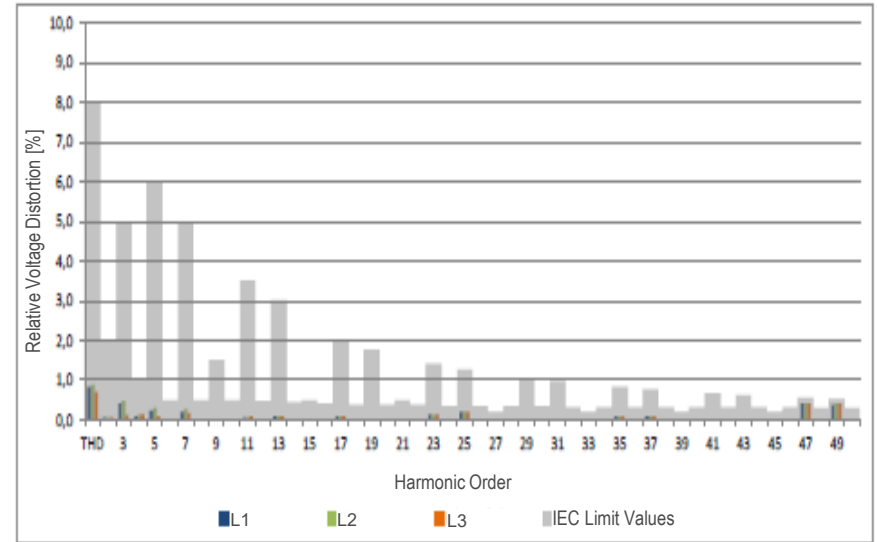
GRIDCON® ACF COMO SOLUCIÓN PARA LA MEDIA TENSIÓN

Resultados: Armónicos en el tiempo con y sin solución de MR

Sin STATCOM: Varios valores límite superados



Con STATCOM: Cumplimiento de los valores límite



DE UN VISTAZO

Líder mundial en nichos de la ingeniería eléctrica

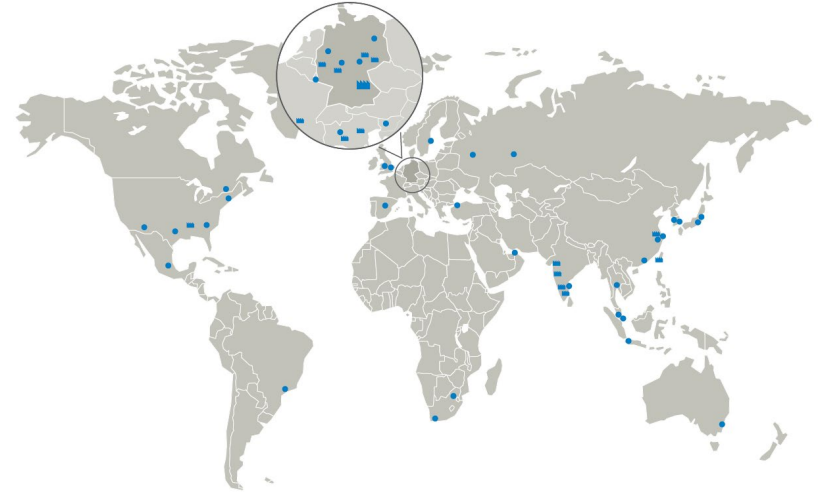
- | Fundada en 1868, Marca desde 1901
- | Empresa familiar en la quinta generación
- | 3,600 empleados, 70 % en Alemania
- | 90 % de la producción en Alemania
- | Líder mundial en cambiadores de tomas en carga bajo carga
- | 43 filiales y 4 compañías afiliadas
- | Facturación: EUR 740 millones. Calificación de crédito: AAA

>50%

del consumo mundial de electricidad
fluye a través de nuestros productos

>80%

de todos los productos siguen en funcionamiento.
OILTAP más antigua desde 1950



POWER QUALITY – QUIENES SOMOS

>30

años en el mercado

>10,000

MVAR potencia instalada

■ Equipos para negocio de proyectos en Erfurt y Liubliana

■ Equipo de I+D para el diseño de hardware y el laboratorio de electrónica de potencia en Ratisbona

PROJECTS



POWER QUALITY



PRODUCTS

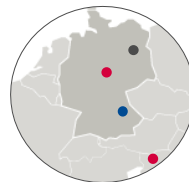
>60

empleados

Made in Germany

Gabinets eléctricos y electrónica de potencia de Alemania

■ Equipos de diseño de software y negocio de productos en Berlín



POWER QUALITY – QUÉ HACEMOS

ALTA TENSIÓN

TENSIÓN MEDIA

BAJA TENSIÓN

REDES CC



MSCDN / Soluciones
al aire libre

[Link: PROJECTS](#)



GRIDCON®
Module & Station



POWER QUALITY



PRODUCTS



GRIDCON® HPC
Estación de carga



Estudios de redes



GRIDCON® PCS
Convertidor de potencia

| Static Var Compensator | Sistemas de MT en gabinete | Corrección del factor de potencia | Componentes de BT

| Componentes de AT y MT | GRIDCON® STATCOM | Filtros pasivos | GRIDCON® ACF Filtro activo | Convertidor CC-CC

POWER QUALITY – QUÉ HACEMOS



Compensación MT
Alemania
Metal Processing



Compact ACF
Alemania
DSO



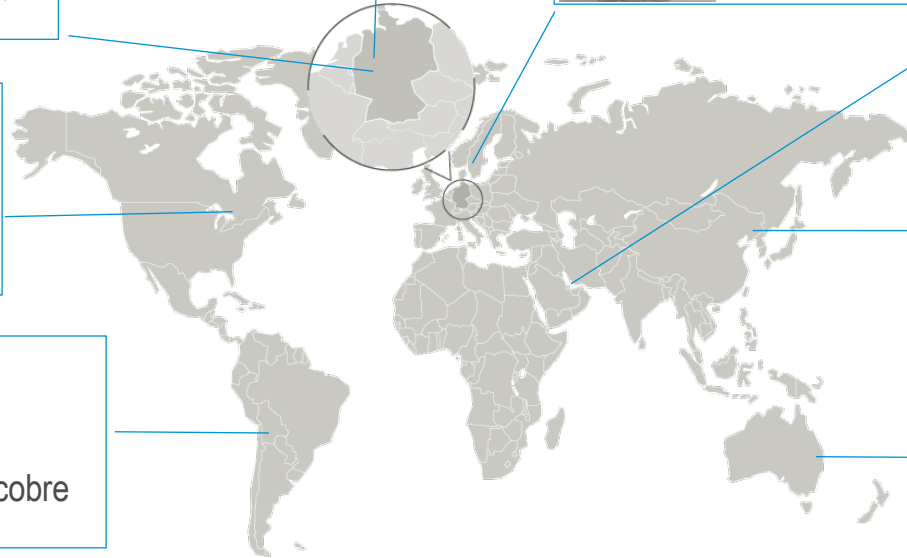
Convertidor
Suecia
BESS



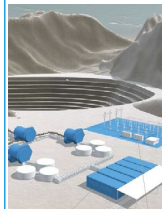
STATCOM
Arabia Saudí
Oil & Gas



Fast Charger
Canada
Universidad



Industrial ACF
China
Ind. Automotriz



SVC
Peru
Mina de cobre



Filtro IP00
Australia
Parque Solar



THE POWER BEHIND POWER.

www.reinhausen.com



...Gracias

eviveros@fervisa.com