





ESPECIALISTAS EN EFICIENCIA ENERGÉTICA Y TECNOLOGÍA

NUESTRO PROPÓSITO

Potenciar su empresa mediante soluciones tecnológicas que impulsen el cumplimiento de sus metas de sostenibilidad y fortalezcan la continuidad operativa del negocio



Iluminación

Sistemas lumínicos de alto rendimiento



Protección Eléctrica

Salvaguardando activos críticos



Transformación Digital

Integración de software y control inteligente

EMPODERAMOS LA OPERACIÓN DE SU EMPRESA



SOSTENIBILIDAD

Reducción drástica de la huella de carbono y costos operativos mediante tecnologías eficientes.



CONTINUIDAD OPERATIVA

Protección electromagnética para salvaguardar activos críticos y evitar tiempos de inactividad.



INDUSTRIA 4.0

Gestión de iluminación e infraestructura IoT adaptada de forma práctica y sencilla.

CONTINUIDAD OPERATIVA

SOLAR[®]
LUMENS

FARA**GAUSS**[™]
System
USA TECHNOLOGY TRADE MARK 85884365

lumos
CONTROLS
A **WISILICA** BRAND

 **SOLTECH**
Smart Solar Lighting

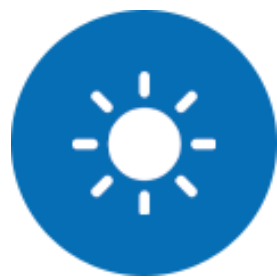
EL ECOSISTEMA DE LA EFICIENCIA

Formamos parte del **grupo corporativo de especialistas**. No somos solo proveedores de productos; somos especialistas en sistemas eléctricos capaces de resolver los retos industriales más complejos.



CAPACIDAD TÉCNICA INTEGRAL

Iluminación



ILUMINACIÓN SOLAR IOT

Sistemas autónomos de alta potencia para exteriores.



IOT (INTELIGENTE)

Nodos interconectados y gestión energética en la nube.



ILUMINACIÓN DEPORTIVA

Iluminación especializada de alto rendimiento.

Protección Eléctrica



TIERRAS FÍSICAS

Sistemas magneto-activos de última generación.



PARARRAYOS (MAGNETOACTIVOS)

Protección atmosférica controlada.



CALIDAD DE ENERGÍA

Medición con analizadores de red clase A.
Modelado avanzado con software ETAP.

NUESTRA METODOLOGÍA: LA RUTA HACIA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

No implementamos soluciones aisladas. Desarrollamos una estrategia integral que transforma la gestión energética de su empresa. Desde el diagnóstico inicial hasta la incorporación de energías renovables, cada etapa está diseñada para reducir costos, optimizar el rendimiento y maximizar el retorno de la inversión.



CONTINUIDAD OPERATIVA Y SEGURIDAD ELÉCTRICA

Antes de digitalizar, **aseguramos la infraestructura física**.
Una instalación deficiente es una de las principales causas de paros no programados.



DIAGNÓSTICO Y SEGURIDAD

Sistemas de puesta a tierra y protección contra descargas atmosféricas (Pararrayos).



INFRAESTRUCTURA

Diseño y construcción de redes de Media y Baja Tensión.



MANTENIMIENTO

Preventivo y correctivo de tableros, transformadores y equipos electrónicos.



CALIDAD

Pruebas estáticas y dinámicas de motores.



MEDICIÓN, MONITOREO Y CONTROL IOT

Convertimos la energía y las variables críticas en datos accionables.
Adaptamos iniciativas de Industria 4.0 de forma práctica y sencilla.



PLATAFORMA DE MONITOREO IOT

Supervisión en tiempo real
de variables críticas como
energía y temperatura.



GESTIÓN DE ILUMINACIÓN

Convertir la iluminación en
una métrica medible y
controlable.



CALIDAD DE ENERGÍA

Sistemas de medición
continua y compensación
de factor de potencia.



AUDITORÍAS ENERGÉTICAS

Identificación de los usos
significativos de la energía
para recomendaciones
remediales concretas.

Declaración de información

La idea principal de esta presentación es validar resultados y no debatir respecto a normas o códigos eléctricos. Sin embargo, nosotros y nuestros fabricantes velamos porque nuestras instalaciones cumplan y excedan los códigos eléctricos cumpliendo además con estándares de la IEEE, IEC, entre otros.

“El código te mantiene legal; los estándares IEEE e IEC te mantienen operativo.” Y en calidad de energía podríamos añadir: **un sistema puede estar completamente conforme al código y aun así tener un desempeño eléctrico deficiente.**

¿Se imaginan ustedes ahorrar 8.5 millones de colones en su recibo eléctrico y que la inversión para lograrlo se pague en menos de 3 meses?

CASO DE ESTUDIO ACADÉMICO

Nº 89

JUNIO 201

ARTÍCULO

Evaluación del Impacto de Sistemas de Mitigación Electromagnética en la Calidad de Energía y Eficiencia Operativa de Infraestructuras Hidráulicas de Alta Potencia



Alexander Agüero Ching
uero@projectmastercr.com
Project Master, S. A.



Pablo Agüero Gómez
paguero@projectmastercr.com
Project Master, S. A.



Rodrigo Meneses Obando
rmeneses@aya.go.cr
Instituto Costarricense de
Acueductos y Alcantarillado



Fabricio Herrera Navarro
fabricio@amperesoluciones.com
Ampere Soluciones Constructivas S. A.



Gustavo Adolfo Gómez Ramírez
ggomez@itcr.ac.cr
Instituto Tecnológico de Costa Rica

MAN
TENI
MIEN
TO

Caso de éxito: Sistema de acomplamiento a tierra

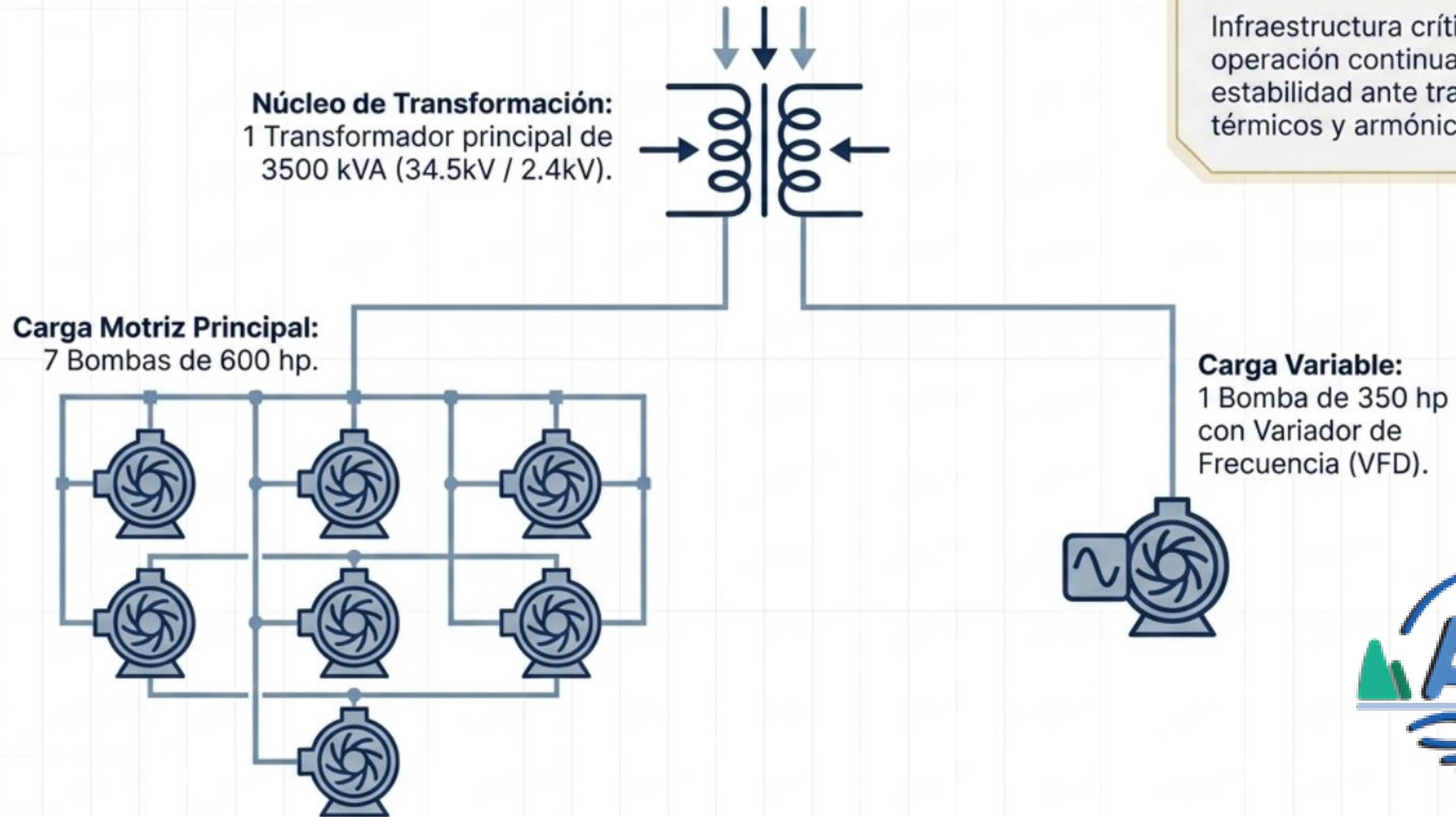
Estación de Rebombéo Escazú de Acueductos y Alcantarillados (AyA)



Proyecto ejecutado por:
Ampere Soluciones Constructivas: integrador certificado Faragauss
Project Master: master distributor Faragauss Latam
Con el respaldo de **Faragauss Systems México**

Presentado por:
Ing. Alex Aguero, Director Comercial/Project Master S.A
Agosto 2025

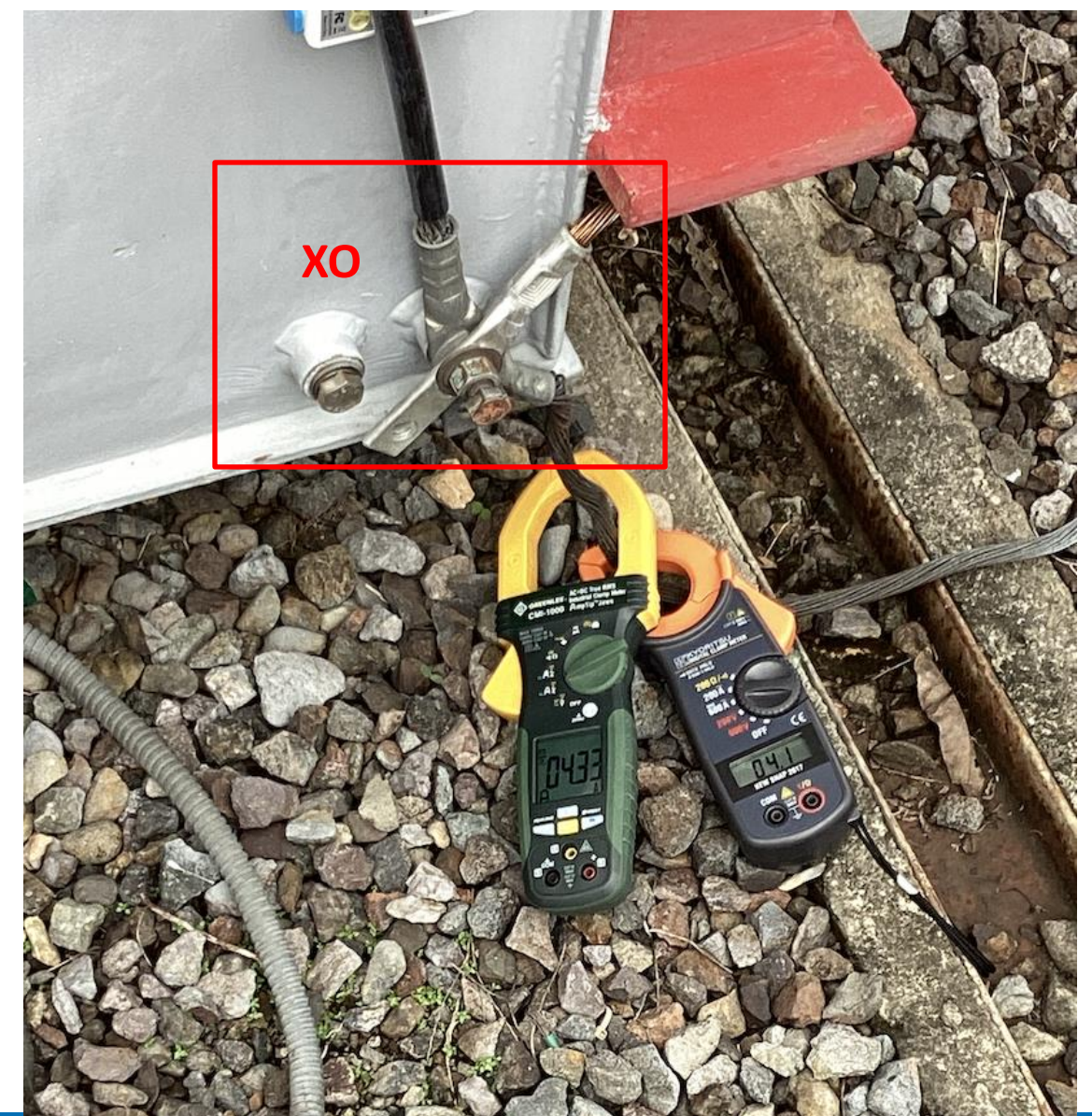
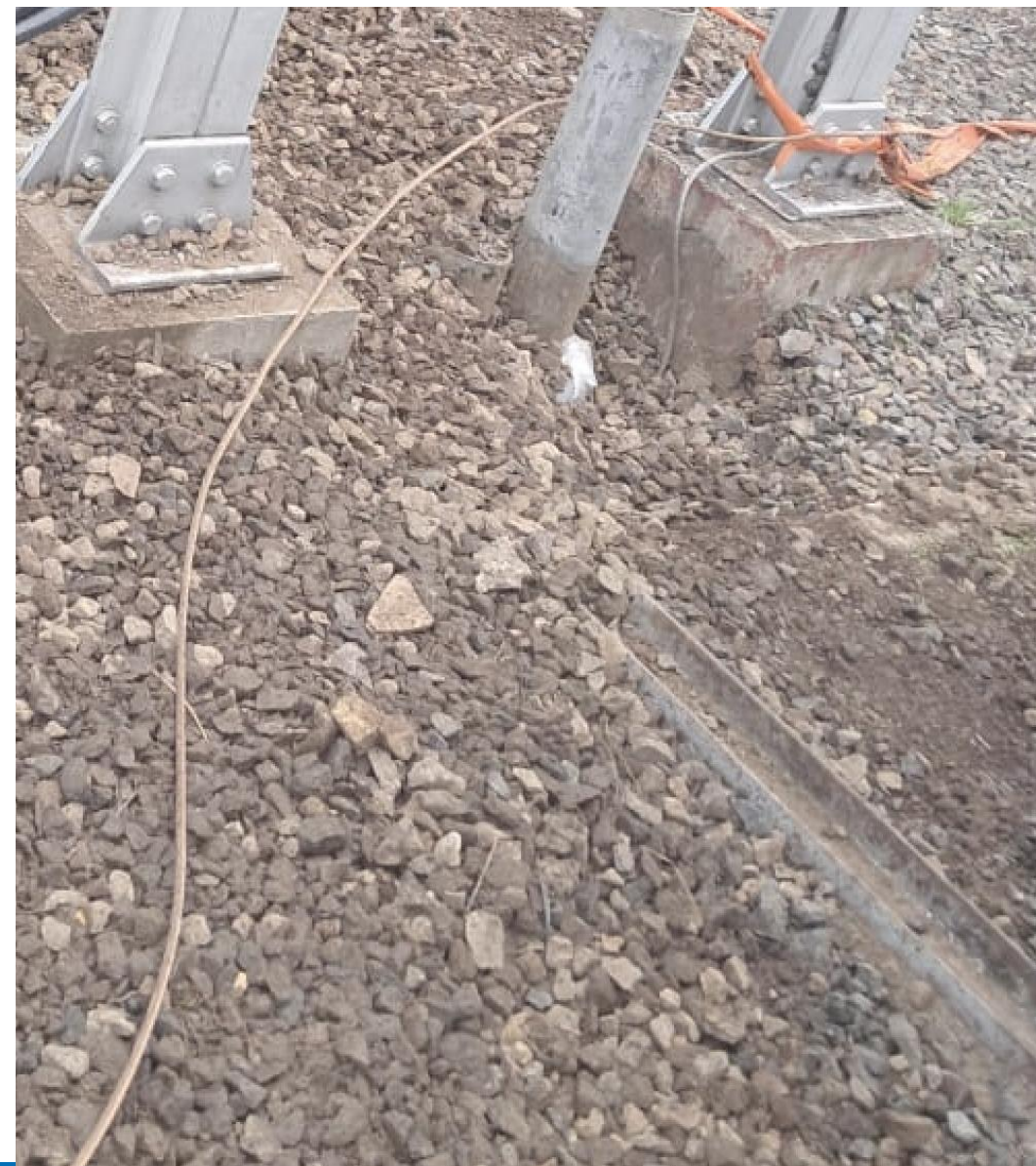
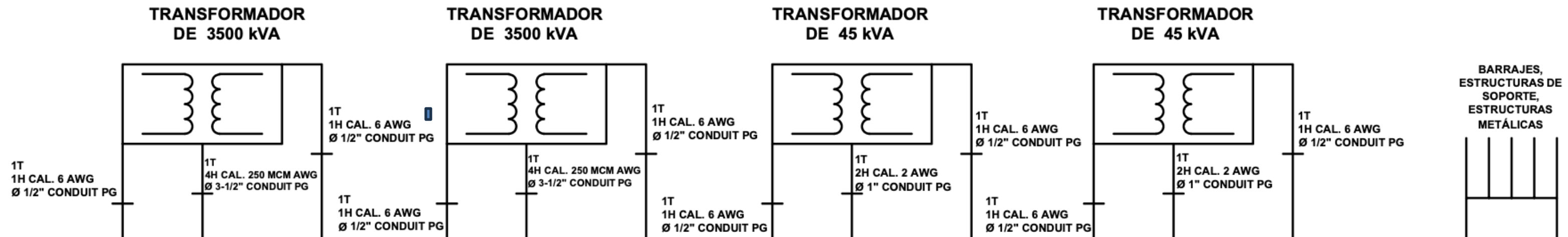
Estación de rebombeo Escazú



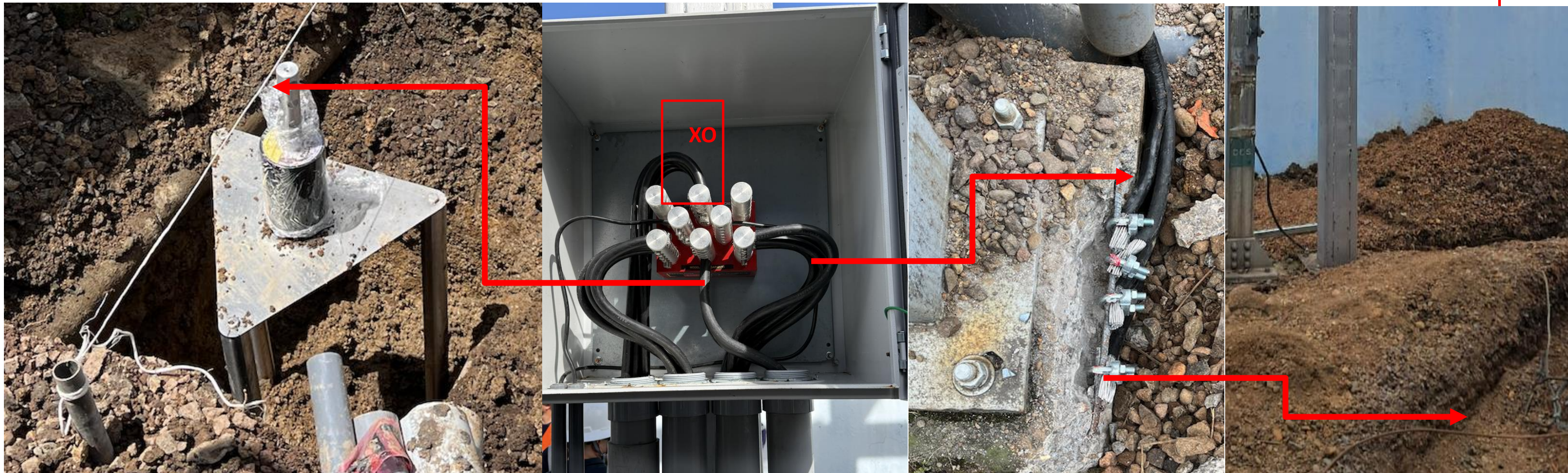
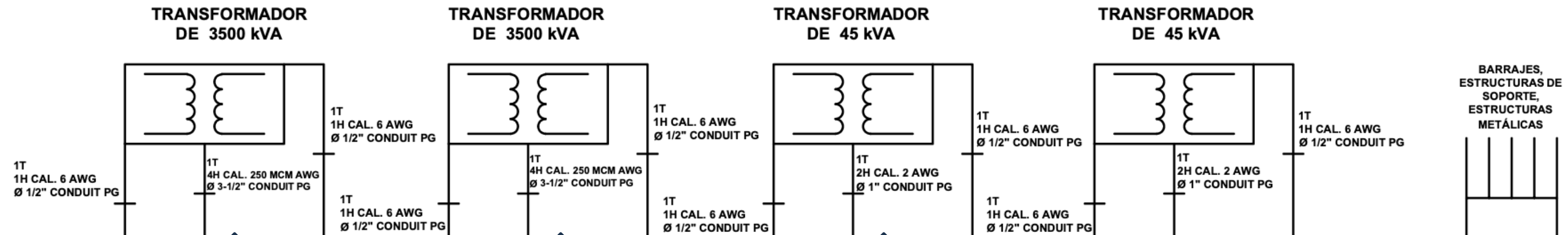
Infraestructura crítica que exige operación continua y alta estabilidad ante transitorios térmicos y armónicos.

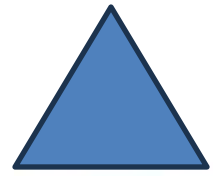


REBOMBEO ESCAZÚ: SPAT ORIGINAL



REBOMBEO ESCAZÚ: SPAT-MA (MAGNETO ACTIVO)





Electrodo de puesta a tierra: disipa el 20% de la corriente de falla



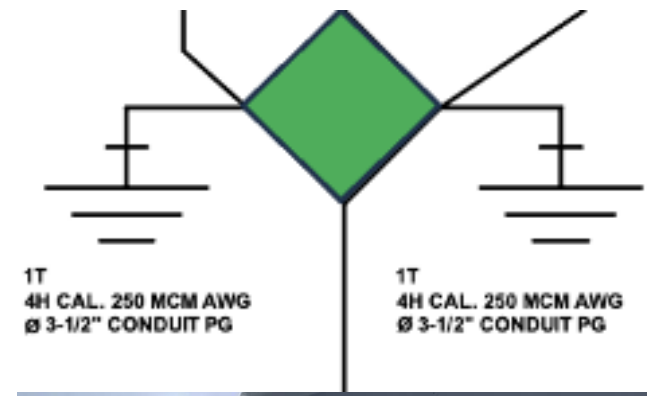
Resistencia de la malla de tierra
0.11 ohmios



ELECTRODO MAGNETO-ACTIVO



Acoplador de admitancia: disipa el 80% de la corriente de falla



Resultados: Ahorro de energía en estación rebombeo Escazú



Variable	Antes	Después	Diferencia	Variación
	Mayo 2025	Julio 2025		
Caudal bombeado (m3)	2.113.912	2.092.024	21.888	(1,0%)
Demanda (kW)	3.316	3.298	18	(0,5%)
Energía (kWh)	2.178.598	2.009.759	168.839	(7,7%)
Carga del transformador (%)	90,37	83,88	6,49	(7,2%)
Costo Facturado (¢)	136.487.905	127.868.625	8.619.280	(6,3%)
Retorno de Inversión (m	2,03 (inversión de ¢17.5M)			

Mismo Caudal (m3),
Presión constante 320 psi
misma demanda (kW)

AHORRO DEL 6.3% = 8.6M

- ✓ Inversión en equipos Faragauss: US\$35.000
- ✓ Ahorro mensual: \$17.200

¿De dónde sale el ahorro del 6%?

Análisis de las Corrientes													
Variable	Antes			Después			Reducción						Promedio
	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3	%L1	%L2	%L3	
min	108,54	104,31	112,17	56,33	53,53	58,02	52,21	50,78	54,15	48,10%	48,68%	48,27%	48,35%
prom	749,37	727,55	754,48	689,40	673,50	701,79	59,97	54,05	52,69	8,00%	7,43%	6,98%	7,47%
max	836,06	809,42	845,16	827,09	805,71	836,11	8,97	3,71	9,05	1,07%	0,46%	1,07%	0,87%

Sobrecarga del transformador			
Variable	Antes	Después	Reducción
MIN	13,43%	6,95%	(6,48%)
PROM	90,37%	83,88%	(6,49%)
MAX	101,22%	100,13%	(1,09%)

ANTES

749,4 | 727,6 | 754,5 A

Corriente promedio por fase · Sobrecarga del transformador 90,37 %



DESPUÉS

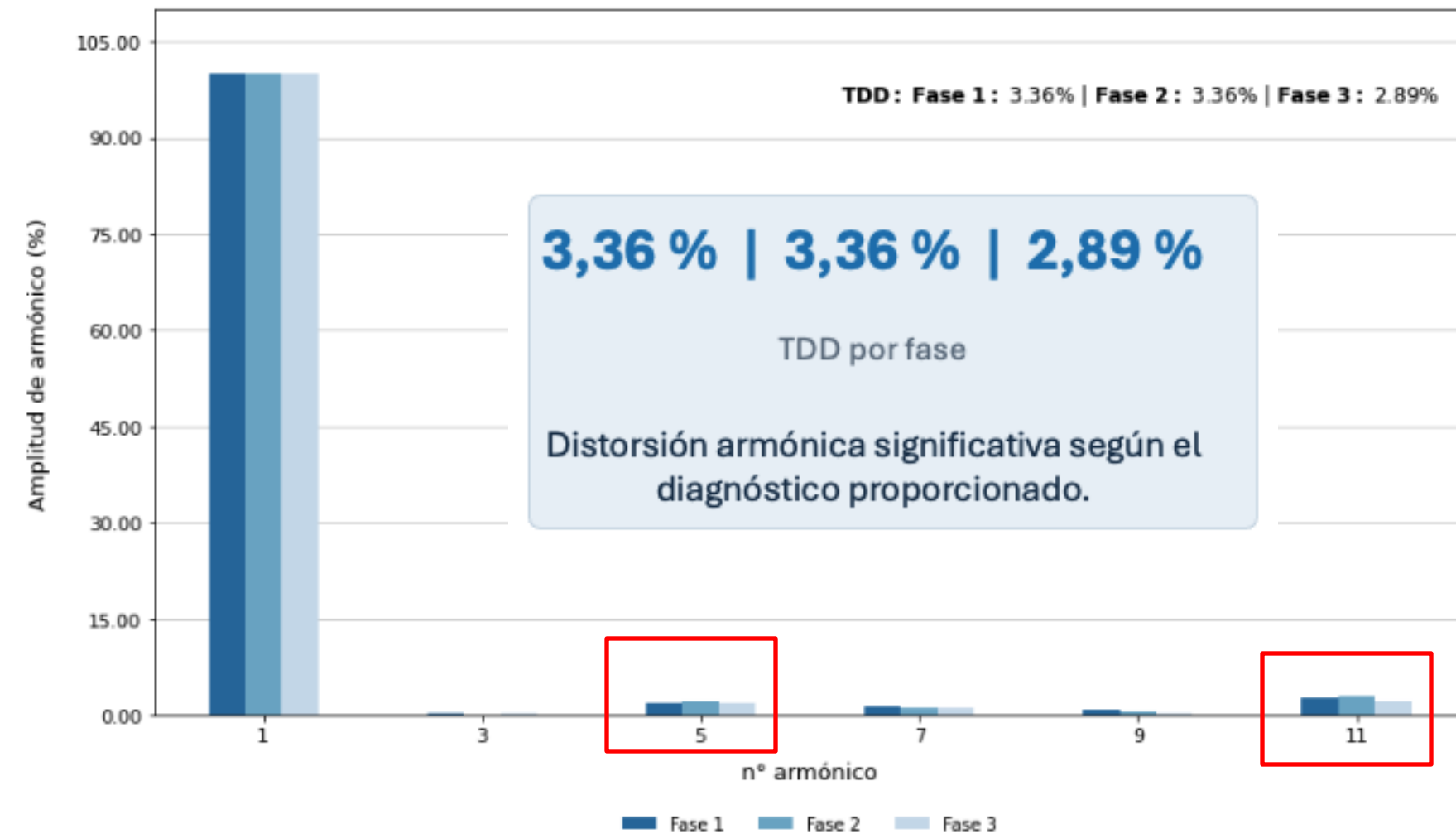
689,4 | 673,5 | 701,8 A

Corriente promedio por fase · Sobrecarga del transformador 83,88 %

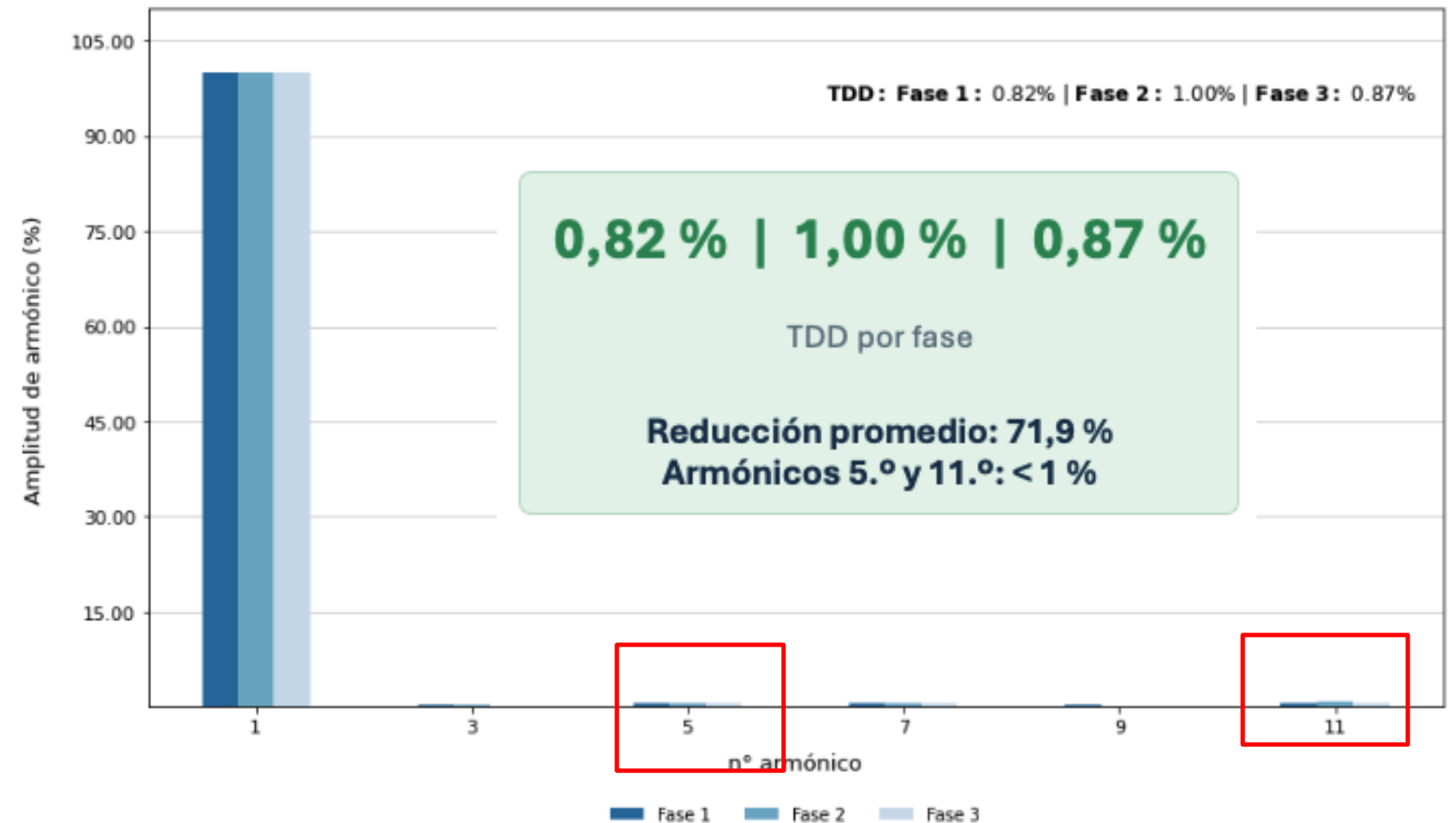
Reducción promedio de corriente del 7,47 % y descarga de 6,49 % en el transformador

Bono: Reducción de armónicos de corriente

Antes de FaraGauss



Después de FaraGauss



- ✓ La amplitud de los armónicos de orden 5 y 11 se reduce por debajo del 1 %.
- ✓ La TDD disminuye registrando valores de Fase 1: 0,82 %, Fase 2: 1,00 %, y Fase 3: 0,87 %.
- ✓ Esta reducción representa una mejora superior al 70 % respecto al estado previo, evidenciando la eficacia del equipo en la mitigación de armónicos.



FARA GAUSS™
USA TECHNOLOGY TRADE MARK 85884365
System

LA EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA.

PORTAFOLIO DE SOLUCIONES

FARA GAUSSTM
USA TECHNOLOGY TRADE MARK 85884365
System



PROTECCIÓN CATÓDICA



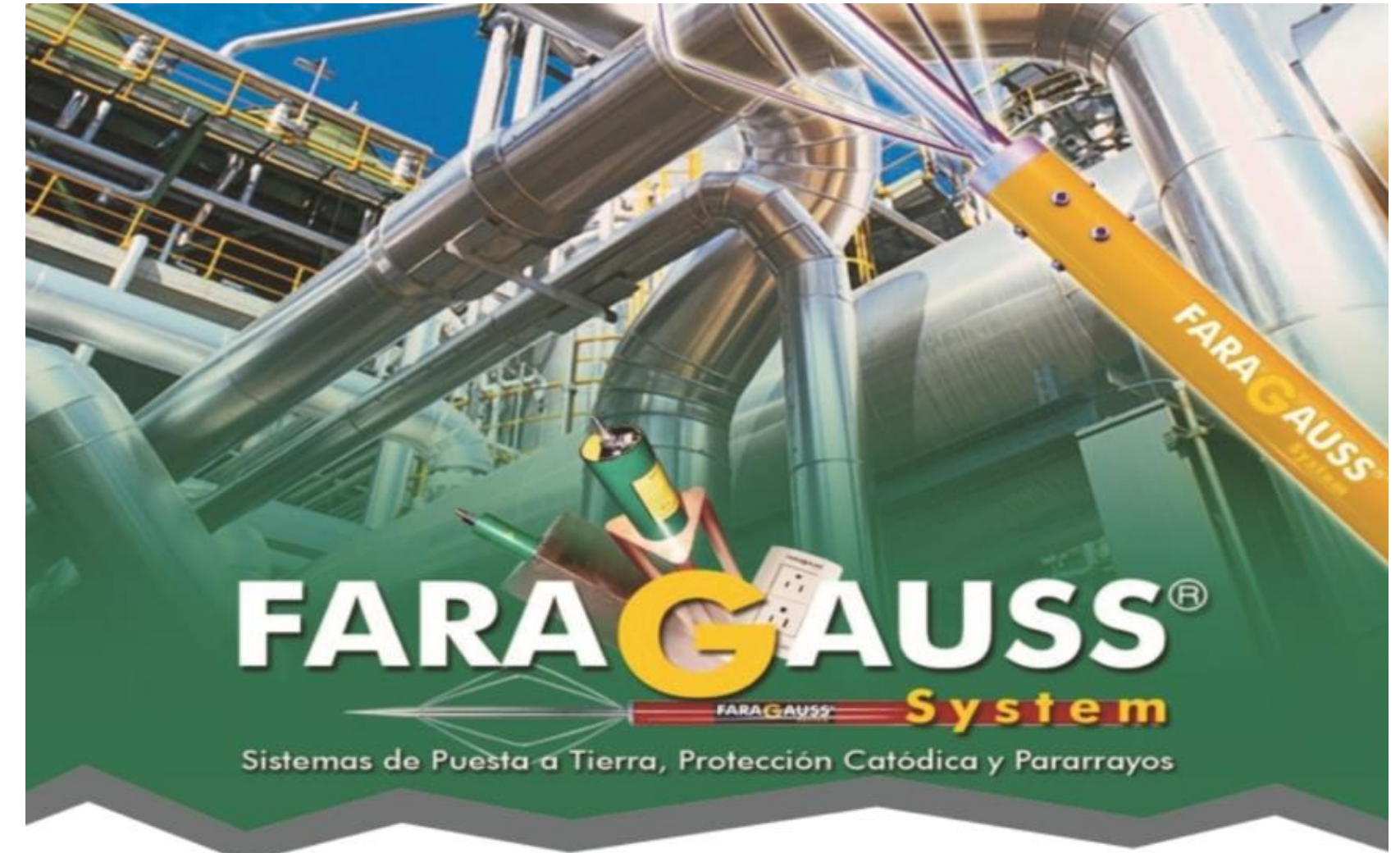
PLATAFORMAS DE
ACOPLAMIENTO
EQUIPOTENCIAL A TIERRA



SISTEMAS PARARRAYOS
DE ULTRA-ALTA EFICIENCIA

Areas de aplicación

- ✓ Transformadores de potencia.
- ✓ Subestaciones y estaciones de bombeo.
- ✓ Centros de Datos.
- ✓ Torres de Telecomunicaciones.
- ✓ Sector Salud y equipo médico.
- ✓ Sector Industrial, naves industriales.
- ✓ Hoteles y campos de Golf.
- ✓ Radiodifusoras y Televisoras.
- ✓ Tanques de almacenamiento y ductos.
- ✓ Aeropuertos y torres de control.
- ✓ Centros de Monitoreo.



Nuestra generación de electrodos y componentes del Sistema de Puesta a Tierra, Sistemas Pararrayos y Protección Catódica tienen una vida útil mayor a treinta años gracias a nuestra Tecnología.

¡ ELECTROPLASMA !

Tecnología de Alta Eficiencia Conductiva (TAEC)

Base instalada de Faragauss System en Costa Rica



Base instalada de Faragauss System en México (+30 años)



Base instalada de Faragauss System en México (+30 años)



Jose Cuervo



Grupo
Aeroportuario
del Pacífico

Lanzamiento oficial de Faragauss en Costa Rica (Nov 2024)



IEEE MEMBERSHIP

2024 Certificate of IEEE Membership

This certificate recognizes

Dr. Fernando Maldonado Lopez

as a Member in good standing through December 2024, denoting
a personal and professional commitment to the advancement of technology

Thomas M. Coughlin

Thomas M. Coughlin, 2024 IEEE President



You are in the company of innovators worldwide, like
2023 Medal of Honor Recipient

Vinton G. Cerf
(LRIEE)—Vice President and Chief Internet Evangelist, Google, Reston, Virginia, USA
"For co-creating the Internet architecture and providing sustained leadership
in its phenomenal growth in becoming society's critical infrastructure.
He is the Vice-President and Chief Internet Evangelist at Google."



2024 Certificate of Membership IEEE Power & Energy Society

This certificate recognizes

Dr. Fernando Maldonado Lopez

as a Member in good standing, denoting
a personal and professional commitment to the advancement of technology



Shay Bahramirad

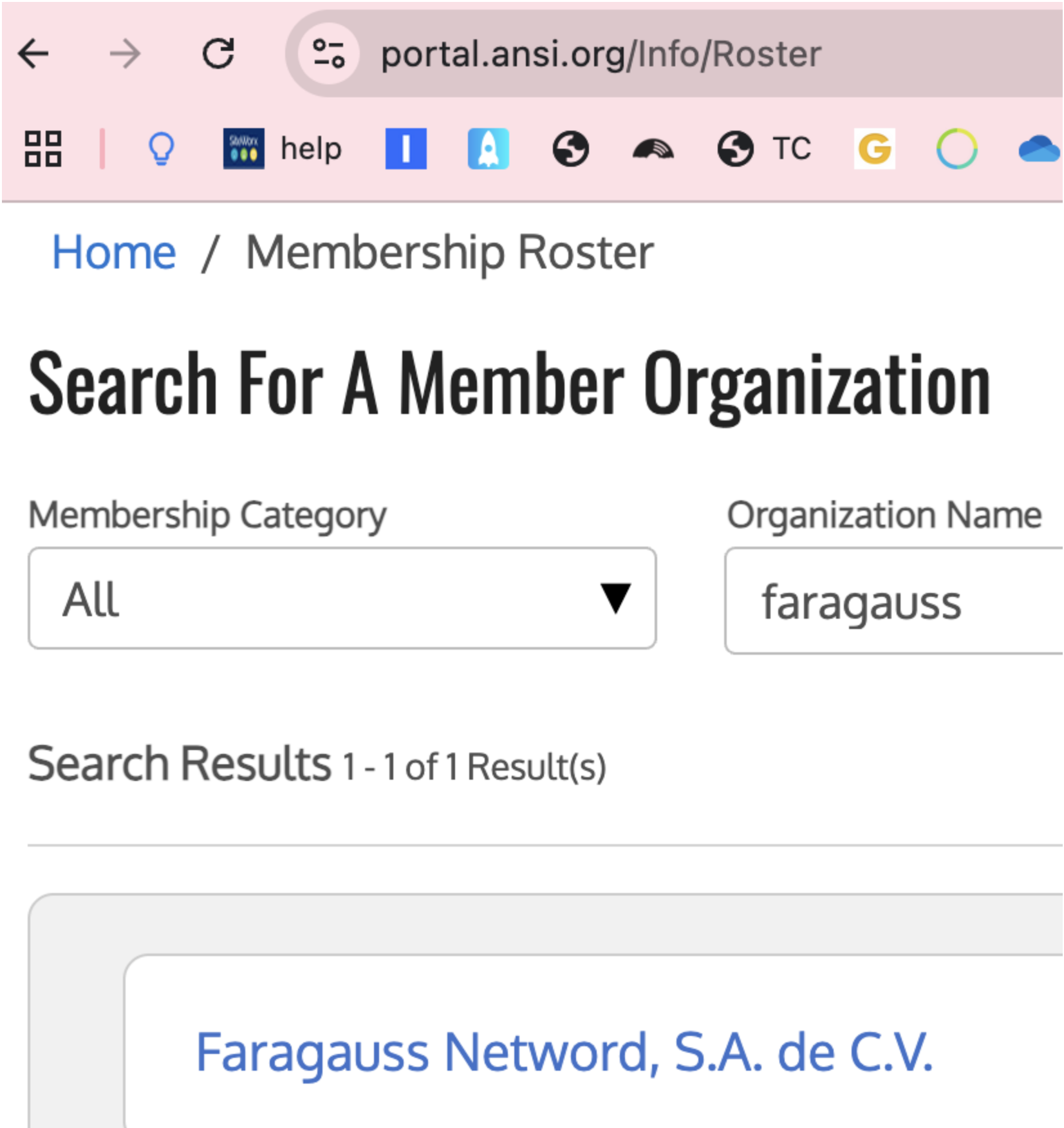
Shay Bahramirad
2024 IEEE Power & Energy President



NFPA MEMBERSHIP



ANSI MEMBERSHIP



ESTANDARIZACIÓN Y CREDENCIALES NORMA FARAGAUSS

FARAGAUSS

"NORMA PARA EL DIAGNOSTICO E INSTALACION"

NDI-2001

SEP-INDAUTOR
REGISTRO PUBLICO
03-2002-020812153300-01



SECRETARIA
DE
EDUCACION PUBLICA

INSTITUTO NACIONAL DEL DERECHO DE AUTOR REGISTRO PUBLICO DEL DERECHO DE AUTOR

CERTIFICADO

Para los efectos de los artículos 13, 162, 163 fracción I, 164 fracción I, 168, 169, 209 fracción III y demás relativos de la Ley Federal del Derecho de Autor, se hace constar que la **OBRA** cuyas especificaciones aparecen a continuación, ha quedado inscrita en el Registro Público del Derecho de Autor, con los siguientes datos:

AUTOR:	MALDONADO LOPEZ FERNANDO
TITULO:	FARAGAUSS
RAMA:	LITERARIA
TITULAR:	MALDONADO LOPEZ FERNANDO

Con fundamento en lo establecido por el artículo 14 fracción I de la Ley Federal del Derecho de Autor.

NUMERO DE REGISTRO: 03-2002-020812153300-01

México D.F., a 18 de febrero de 2002
SUFRAGIO EFECTIVO. NO REELECCION
EL JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INSCRIPCION DE OBRAS



ARTURO NOE CALDERON AGUILAR

- ✓ Faragauss se distingue como líder en la reingeniería de sistemas convencionales de puesta a tierra, **superando los estándares y normativas globales** existentes gracias a su metodología rigurosa y detallada.
- ✓ Faragauss **creo su norma técnica** de instalación propia, debidamente registrada ante la *SEP-INDAUTOR.
- ✓ Faragauss se aplica en una diversidad de entornos, incluyendo sistemas de puesta a tierra, pararrayos, protección catódica y **optimización de la calidad energética**, operando tanto en México como en mercados internacionales.
- ✓ Adicionalmente, Faragauss está registrado como marca comercial en Estados Unidos.

United States of America
United States Patent and Trademark Office

FARAGAUSS
System

Reg. No. 4,689,208

Registered Feb. 17, 2015

Int. Cl.: 9

TRADEMARK

PRINCIPAL REGISTER

MALDONADO LOPEZ, FERNANDO (MEXICO INDIVIDUAL)
LOMA BLANCA 198 COL. LOMA DORADA 78215
SAN LUIS POTOSI, MEXICO

FOR: STATIC DISCHARGE GROUNDING SYSTEMS COMPRISED OF SENSORS, ELECTRONIC CIRCUITS, ELECTRODES, ELECTRIC OUTLET PLATES, CABLE CONNECTORS, AND POWER LINE CONDITIONERS; LIGHTNING RODS; CATHODIC PROTECTION SYSTEMS, NAMELY, ELECTRICAL CONNECTIONS; VOLTAGE SURGE SUPPRESSORS; ELECTRIC COILS; ELECTRICAL TERMINALS; ELECTRICAL DISTRIBUTION BOXES; ELECTRIC JUNCTION BOXES; JUNCTION BOXES; ELECTRICAL CONNECTION BOXES; ELECTRICAL CONDUITS; MAGNETO POWER SYSTEMS AND UNIDIRECTIONAL APPARATUS FOR USE ON ACTIVE LAND COMPRISED OF SENSORS, ELECTRONIC CIRCUITS, ELECTRODES, ELECTRIC OUTLET PLATES, CABLE CONNECTORS, AND POWER LINE CONDITIONERS; AND APPARATUS TO PROTECT AND SAVE ELECTRICAL ENERGY, NAMELY, ELECTRICAL CONDUCTORS, CIRCUIT OVERLOAD PROTECTOR DEVICES, AND POWER LINE CONDITIONERS, IN CLASS 9 (U.S. CLS. 21, 23, 26, 36 AND 38).

FIRST USE 3-31-2013; IN COMMERCE 3-31-2013.

NO CLAIM IS MADE TO THE EXCLUSIVE RIGHT TO USE "SYSTEM", APART FROM THE MARK AS SHOWN.

THE MARK CONSISTS OF THE WORD "FARAGAUSS" WITH THE LETTER "G" MORE PROMINENT THAN THE OTHER LETTERS AND BELOW, CENTERED-LEFT OF "FARAGAUSS" IS THE WORD "SYSTEM".

SN 85-884,365, FILED 3-22-2013.

ARETHA SOMERVILLE, EXAMINING ATTORNEY



Michelle K. Lee
Deputy Director of the United States
Patent and Trademark Office

Cumplimiento normativo del SPAT Magneto-Activo



Matriz de requisitos, evidencia y criterio de cierre

Marco normativo	Qué exige al proyecto	Aplicación Faragauss	Evidencia objetiva
1 NEC NFPA 70, Art. 250	Puesta a tierra, unión equipotencial y trayectoria efectiva de corriente de falla.	Electrodo + Coplagauss + barra + conductores deben integrarse sin sustituir protecciones ni bonding.	Planos, calibres, continuidad, impedancia de lazo y operación de protecciones.
2 NOM-001-SEDE Instalaciones eléctricas	Seguridad de la instalación, métodos de conexión, conductores, electrodos y uniones exigibles en México.	Diseño e instalación deben quedar incluidos en memoria, unifilar, plano de tierra y especificación.	Expediente de ingeniería, inspección física, mediciones y dictamen de la instalación cuando aplique.
3 IEEE 142 Puesta a tierra y bonding	Práctica recomendada para la puesta a tierra de sistemas eléctricos industriales y comerciales: electrodos, equipos y sistemas.	Faragauss debe integrarse al esquema de tierras y bonding del sistema, sin sustituir el conductor de tierra de equipos.	Memoria de diseño de tierras, continuidad y bonding verificados, mediciones y protocolo de recepción.
4 IEEE 81 Mediciones de puesta a tierra	Métodos de medición de resistividad del terreno, resistencia e impedancia de tierra y potenciales de superficie.	Sustenta la verificación en campo del electrodo y del acoplamiento a tierra con métodos reconocidos.	Protocolo de medición, equipo calibrado, registros de campo y reporte de resultados con criterio de aceptación.
Criterio de validación	El cierre requiere trazabilidad de componentes + ingeniería conforme al proyecto + instalación verificable + resultados de ensayo + dictamen o evaluación de conformidad aplicable.		

PREMISAS DE LOS SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA CONVENCIONALES

RIESGOS DE UNA MALA PUESTA A TIERRA

Una falla invisible puede escalar rápidamente y comprometer cuatro dimensiones críticas del negocio.

01 PERSONAS

Choque eléctrico, arco y lesiones graves

02 ACTIVOS

Incendio y daño en equipos críticos

03 OPERACIÓN

Paros, pérdida de datos y producción

04 CUMPLIMIENTO

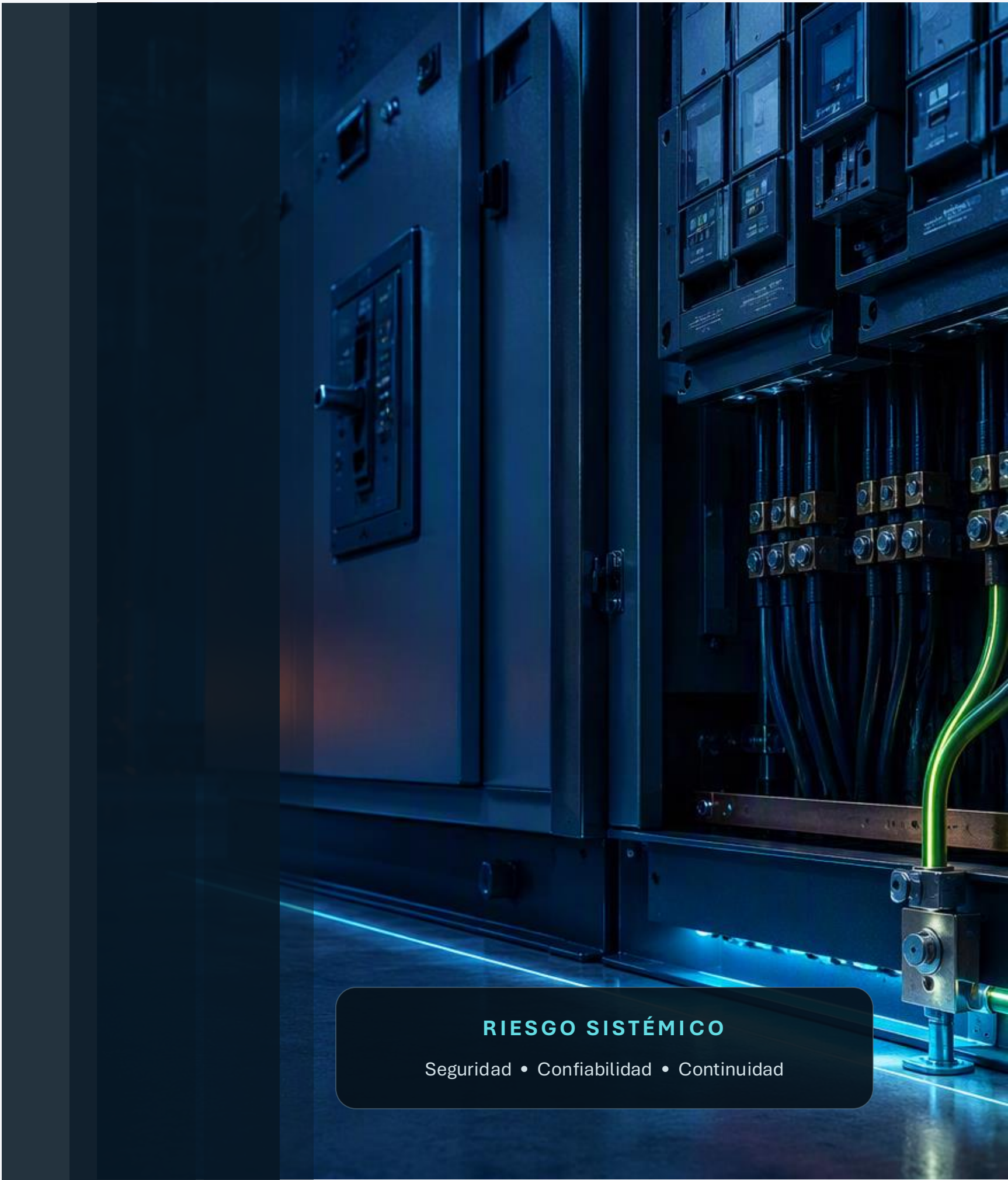
Responsabilidad legal y reputacional

DECISIÓN EJECUTIVA

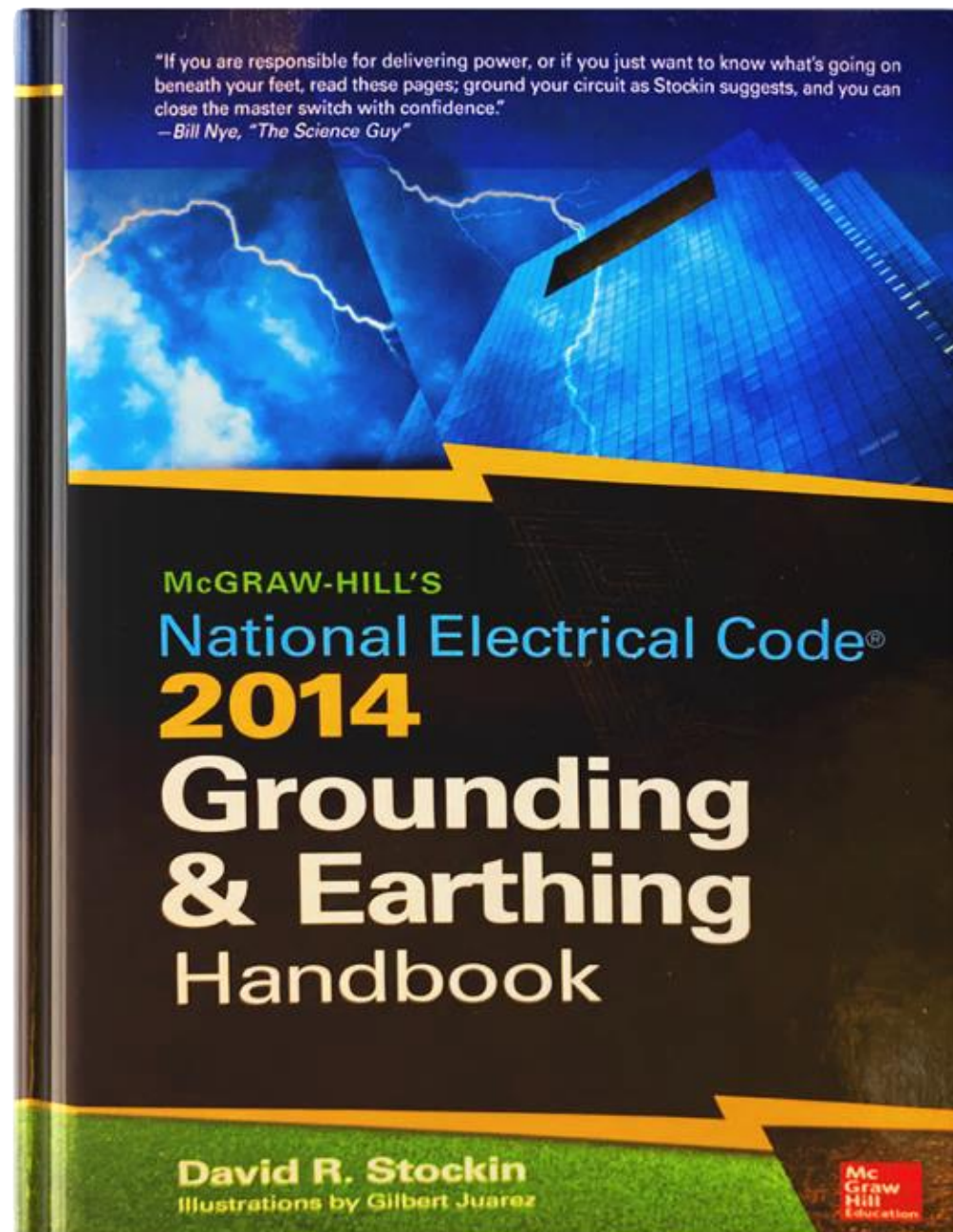
Priorizar equipotencialización, continuidad e impedancia del lazo de falla, no solo “resistencia de tierra”.

RIESGO SISTÉMICO

Seguridad • Confiabilidad • Continuidad



El NEC aborda el concepto de Grounding y Earthing



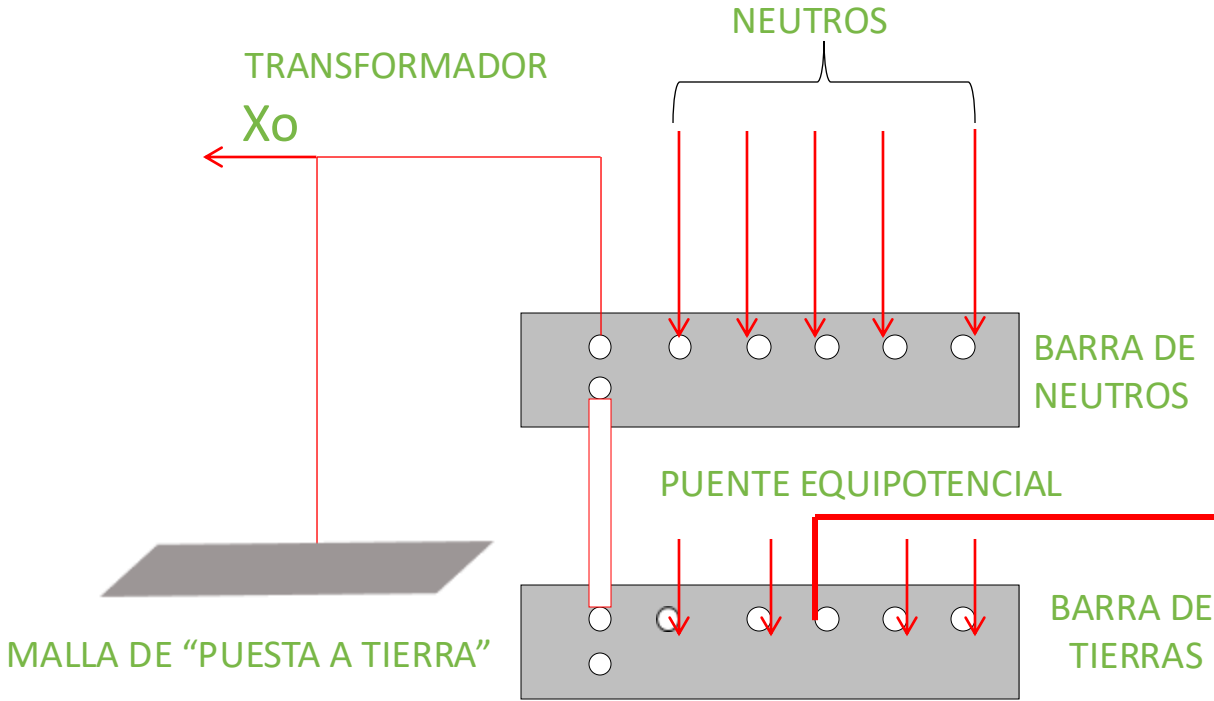
GROUNDING y EARTHING nos lleva al innovador concepto de ACOPLAR electromagnéticamente en lugar de simplemente ATERRIZAR.

- ✓ La puesta a tierra no es solamente "enterrar una varilla".
- ✓ La seguridad depende de la combinación de:
 - Electrodos.
 - Conductores.
 - Equipotencialización.
 - Dispositivos de protección.
- ✓ Lo importante no es solo lograr una **baja resistencia** de tierra.
- ✓ Debe garantizarse una trayectoria de falla de **baja impedancia** y una red equipotencial robusta.
- ✓ En instalaciones modernas, la **compatibilidad electromagnética** y el control de **transitorios** son tan importantes como la protección contra choques eléctricos.

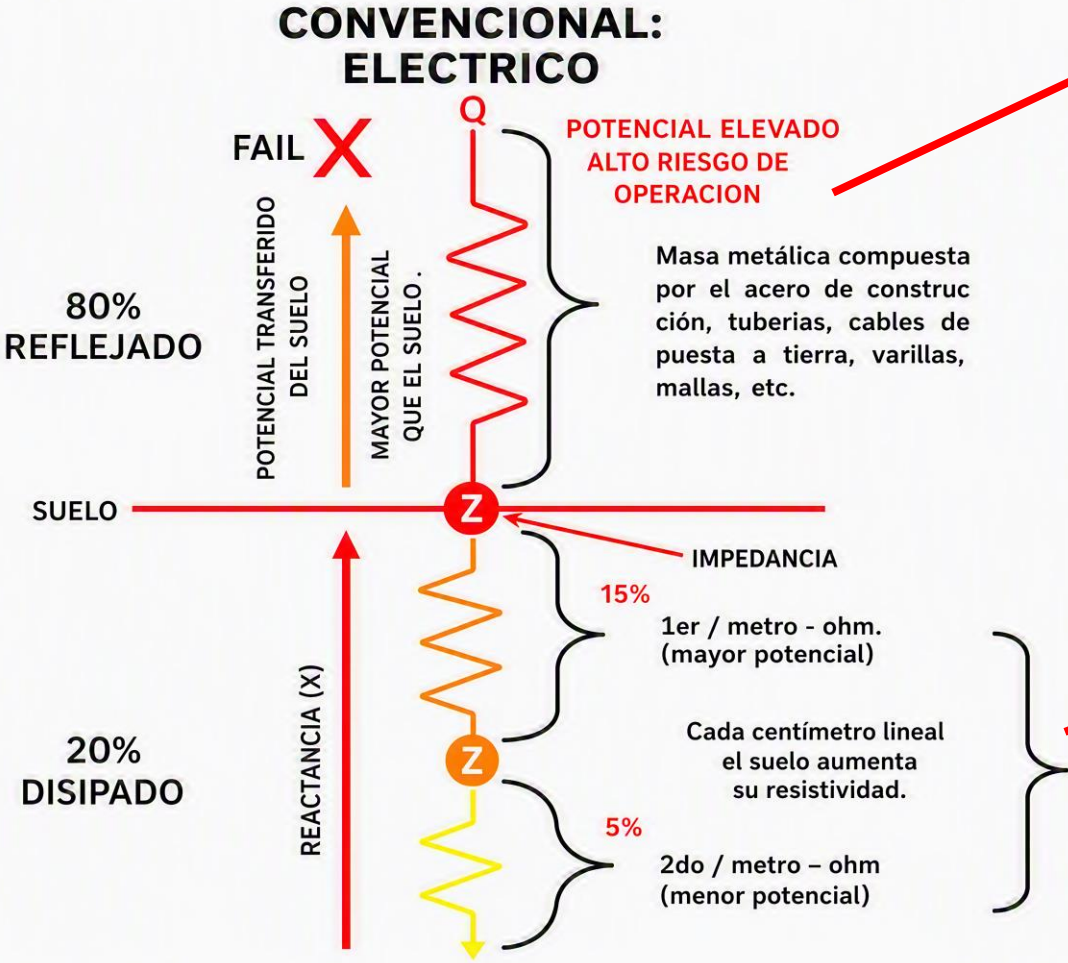
El suelo es 5 millones menos conductivo que cualquier metal



PATOLOGÍA DERIVADAS DE LA GRAN ASIMETRÍA CONDUCTIVA ENTRE LOS METALES Y EL SUELO.

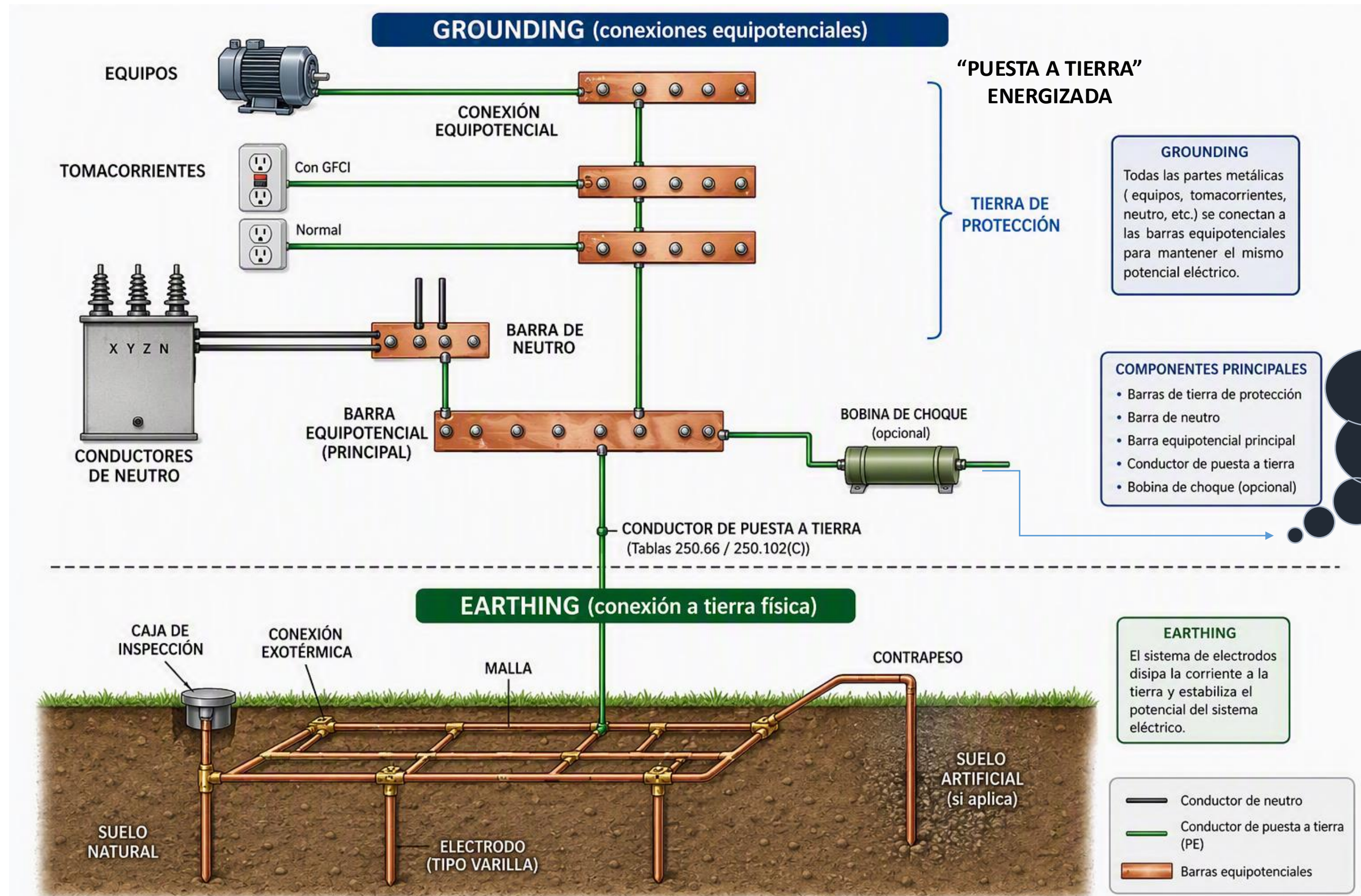


ROMPIENDO PARADIGMAS



La disipación *PREPONDERANTE* está dada en el “**suelo artificial**” masas metálicas, racks, cables, ductos y equipo conectado, disipando éstos una corriente de falla, corto circuito, atmosférica (rayos) o electrostática generada por la propia actividad.

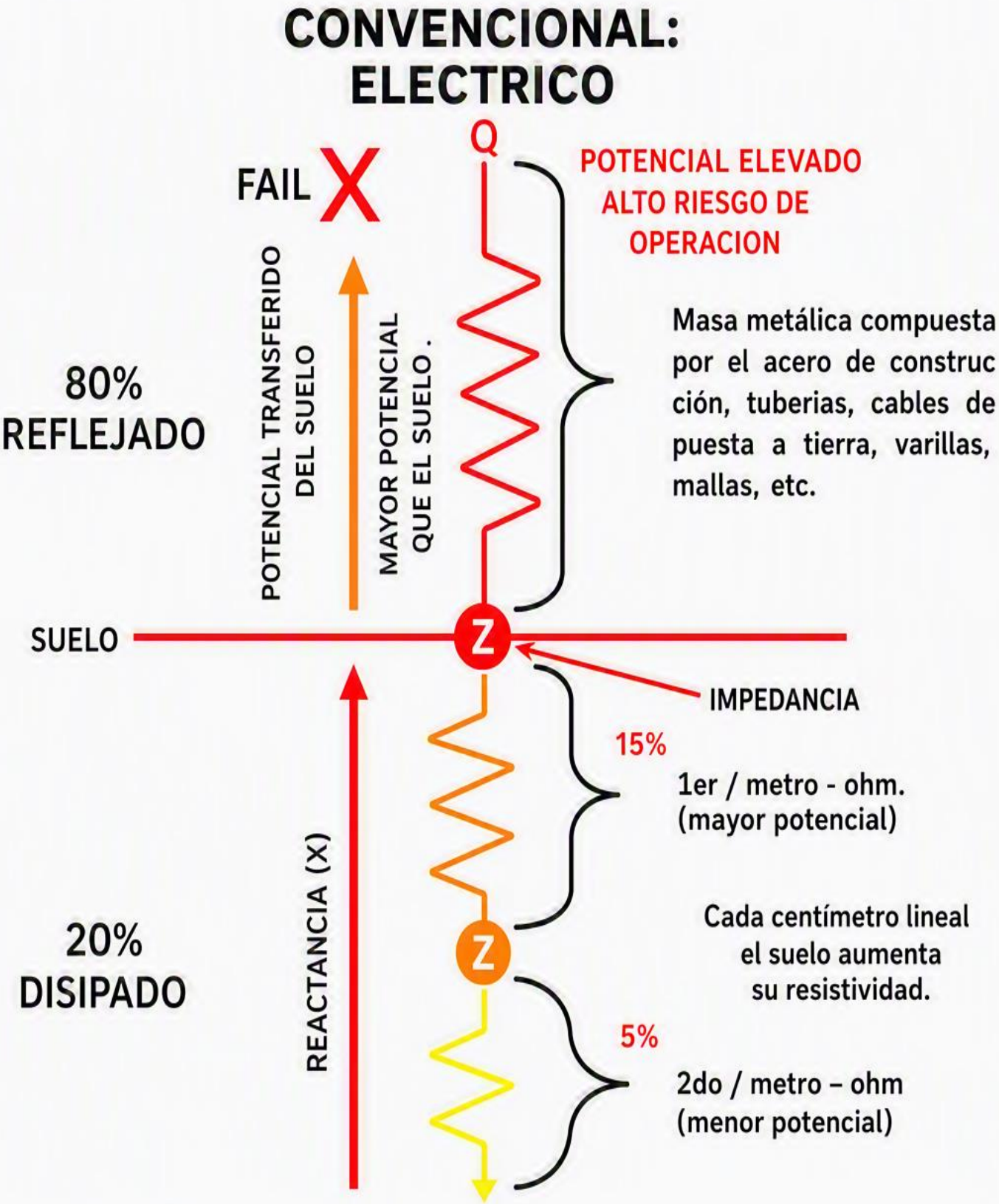
Ésta es la razón por la que equipos y sistemas operan con errores, fallos y hasta destrucción, con el simultáneo riesgo para la vida humana.



Se llegó al extremo de utilizar choques (PEC) para “intentar aislar” equipo electrónico del potencial y turbulencia de la red de “puesta a tierra”

Sistema convencional de puesta a Tierra (SPAT)

ROMPIENDO PARADIGMAS



EVIDENCIA DE ELEVACIÓN DE POTENCIAL EN CONDUCTORES A TIERRA.

LA ESTRUCTURA DEL EDIFICIO, GABINETES, TUBERÍAS, CHAROLAS Y CONDUCTORES CON TRAYECTORIA A TIERRA OPERAN ENERGIZADOS.

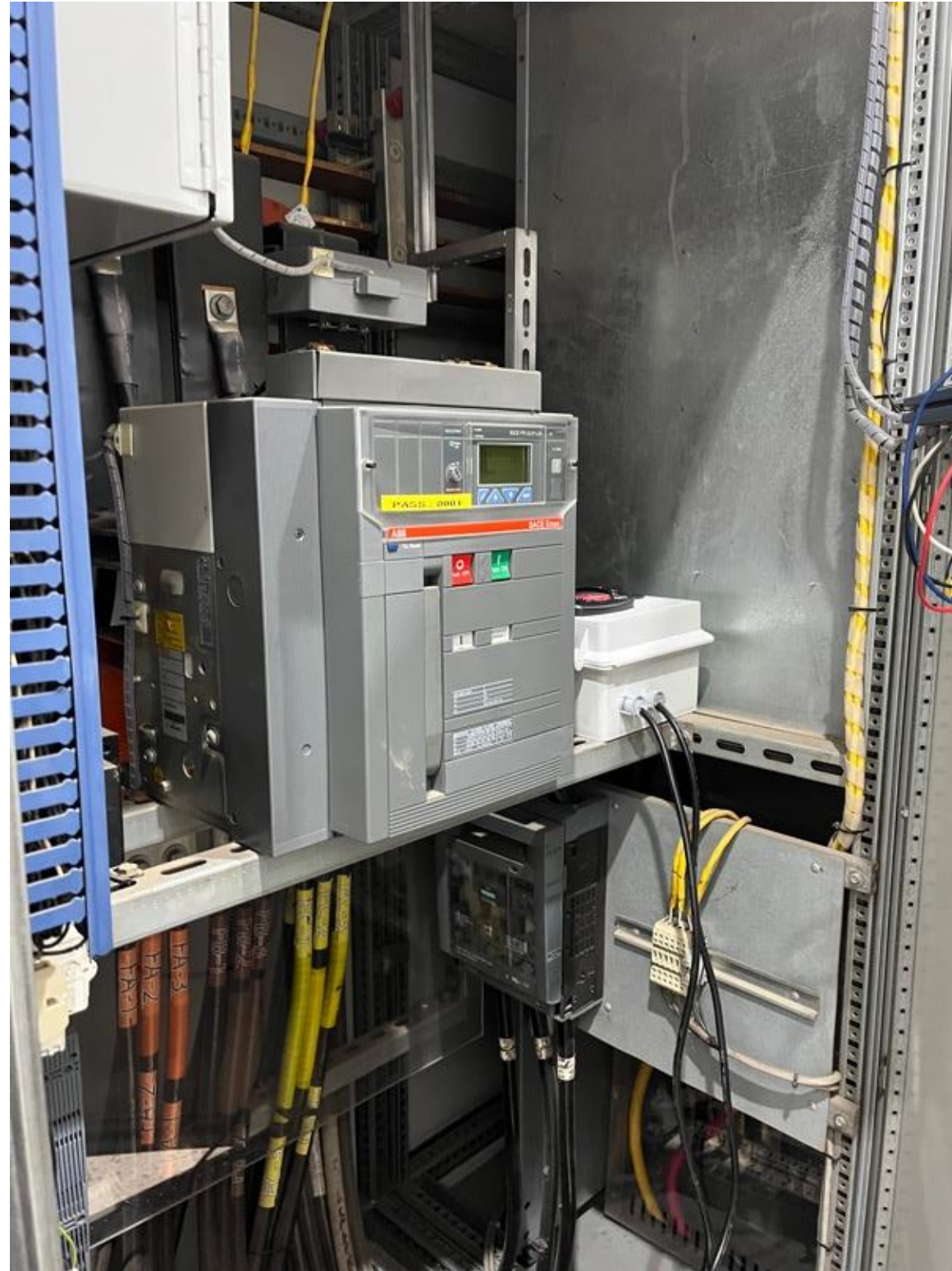


48,3 Amperes C. A. en conductores de "Puesta a Tierra".
Conductores de "seguridad" humana.

...y el suelo ni se entera,
0,0 Amperes C. A. en la varilla copperweld.

EVIDENCIA DE ELEVACIÓN DE POTENCIAL EN CONDUCTORES A TIERRA.

Medición estación de bombeo AyA, La Uruca



Tablero de control de motores con variador



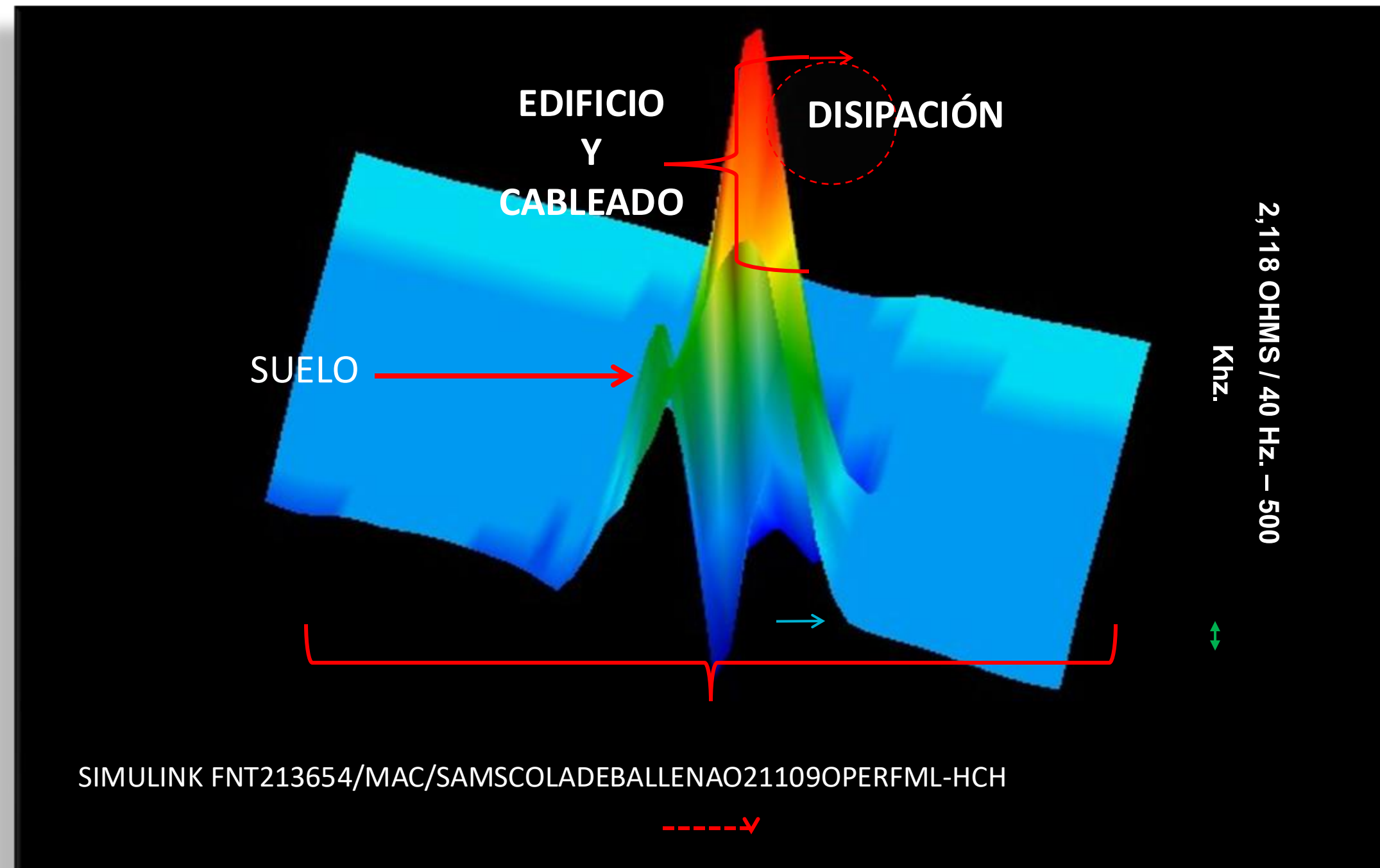
10.5 Amperios en barra de tierra

EVIDENCIA DE ELEVACIÓN DE POTENCIAL EN CONDUCTORES A TIERRA.

CONCLUSIÓN: ES LA ESTRUCTURA METÁLICA DEL “SUELO ARTIFICIAL”
Y NO EL SUELO TERRESTRE LA QUE DISIPA CORRIENTES DE DEFECTO.

COMPROBACIÓN MEDIANTE SIMULACIÓN MATEMÁTICA COMPUTACIONAL DE
QUE EL SUELO NO DISIPA CORRIENTES RESIDUALES, DE DEFECTO O CORTO
CIRCUITO.

ES LA ESTRUCTURA
METÁLICA DEL
“SUELO ARTIFICIAL”
Y NO EL SUELO
TERRESTRE LA QUE
DISIPA CORRIENTES
DE FALLA.

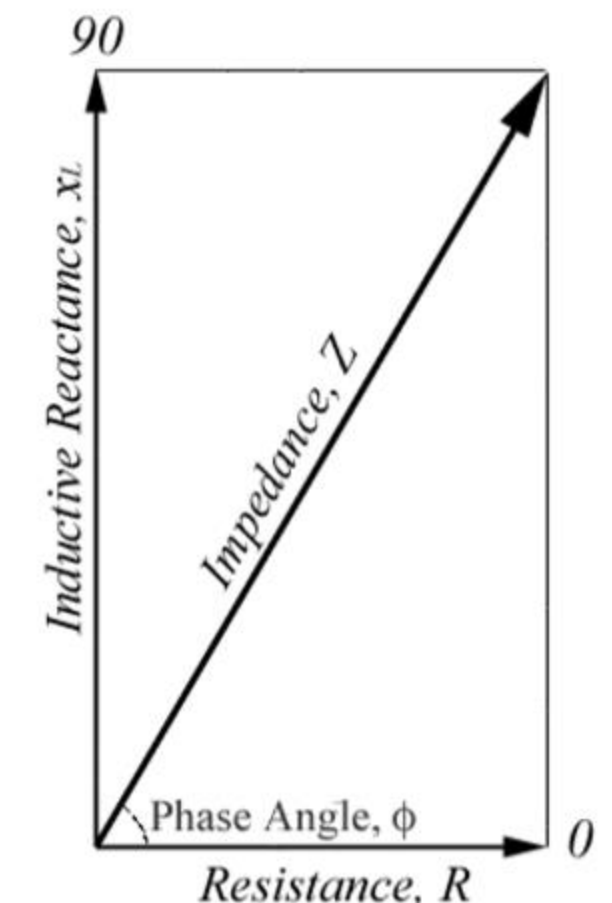


IMPEDANCIA:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

LEY DE LENZ:

$$V = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$



FUNDAMENTO DE LA TECNOLOGÍA FARAGAUSS

Sistema convencional vs FARAGAUSS

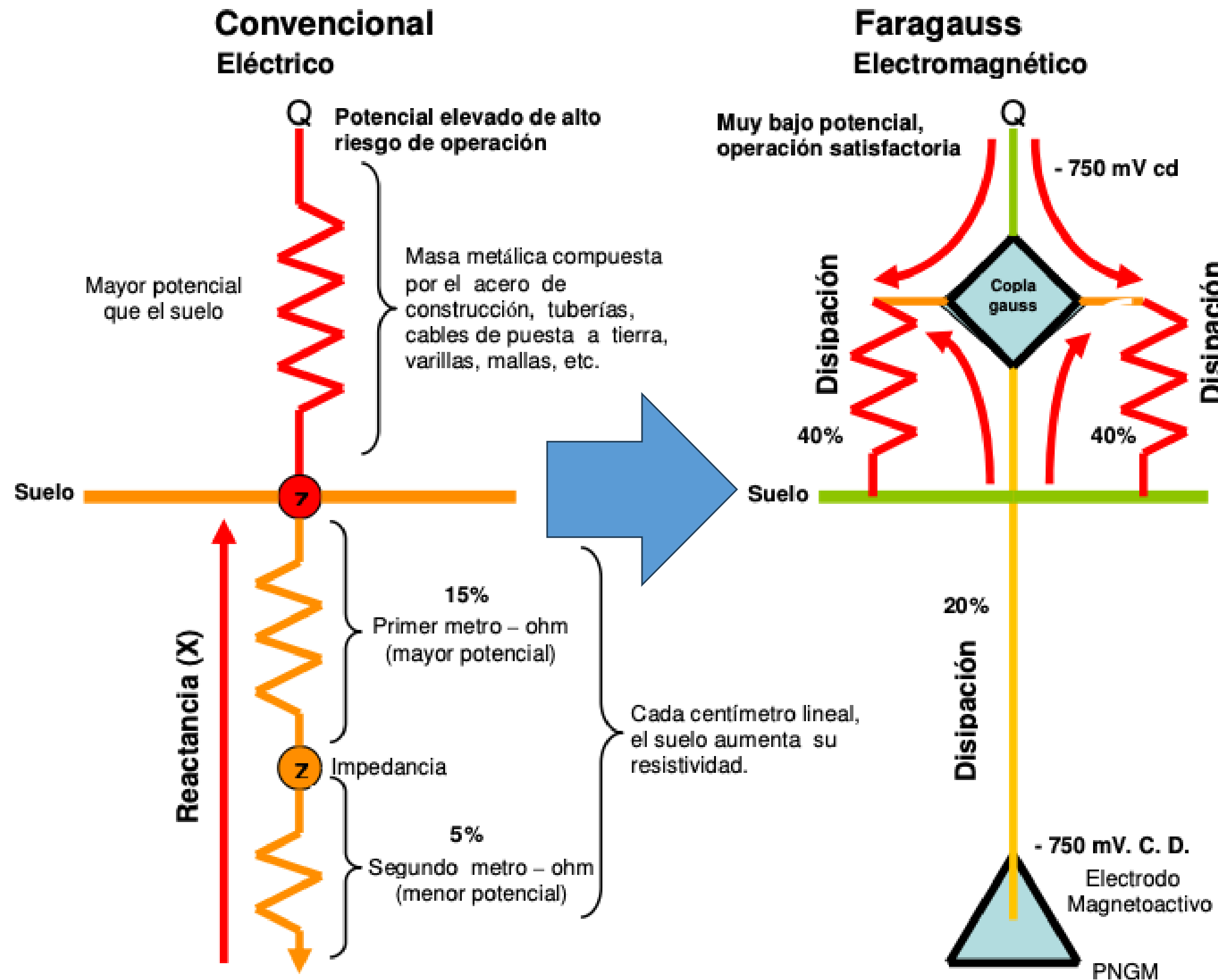


Figura 1.1 Sistema de Puesta a Tierra Faragauss.



BARRA DE UNIÓN
MAGNETOACTIVA

LA DISIPACIÓN EN
CALOR DEL RUIDO,
INTERFERENCIA O
CORRIENTE DE CORTO
CIRCUITO, SE DA EN
LOS LATERALES Y LA
CORRIENTE NO PASA
AL ACERO DE
CONSTRUCCIÓN.

DISIPACIÓN

40%

DISIPACIÓN

40%

COPLAGAUSS

DISIPACIÓN

15%

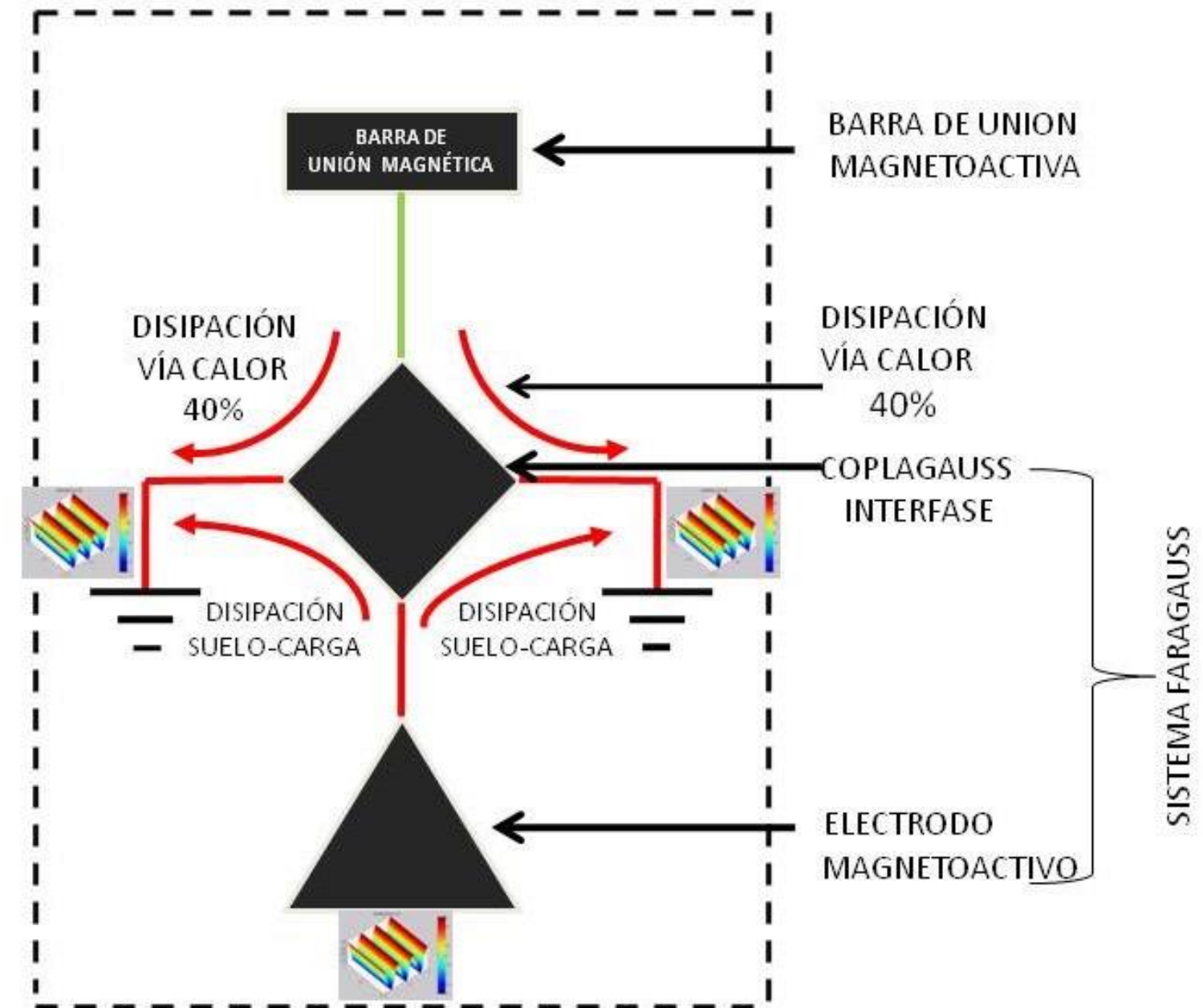
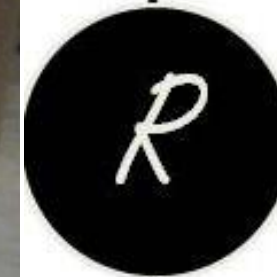
ELECTRODO
MAGNETOACTIVO

DISIPACIÓN

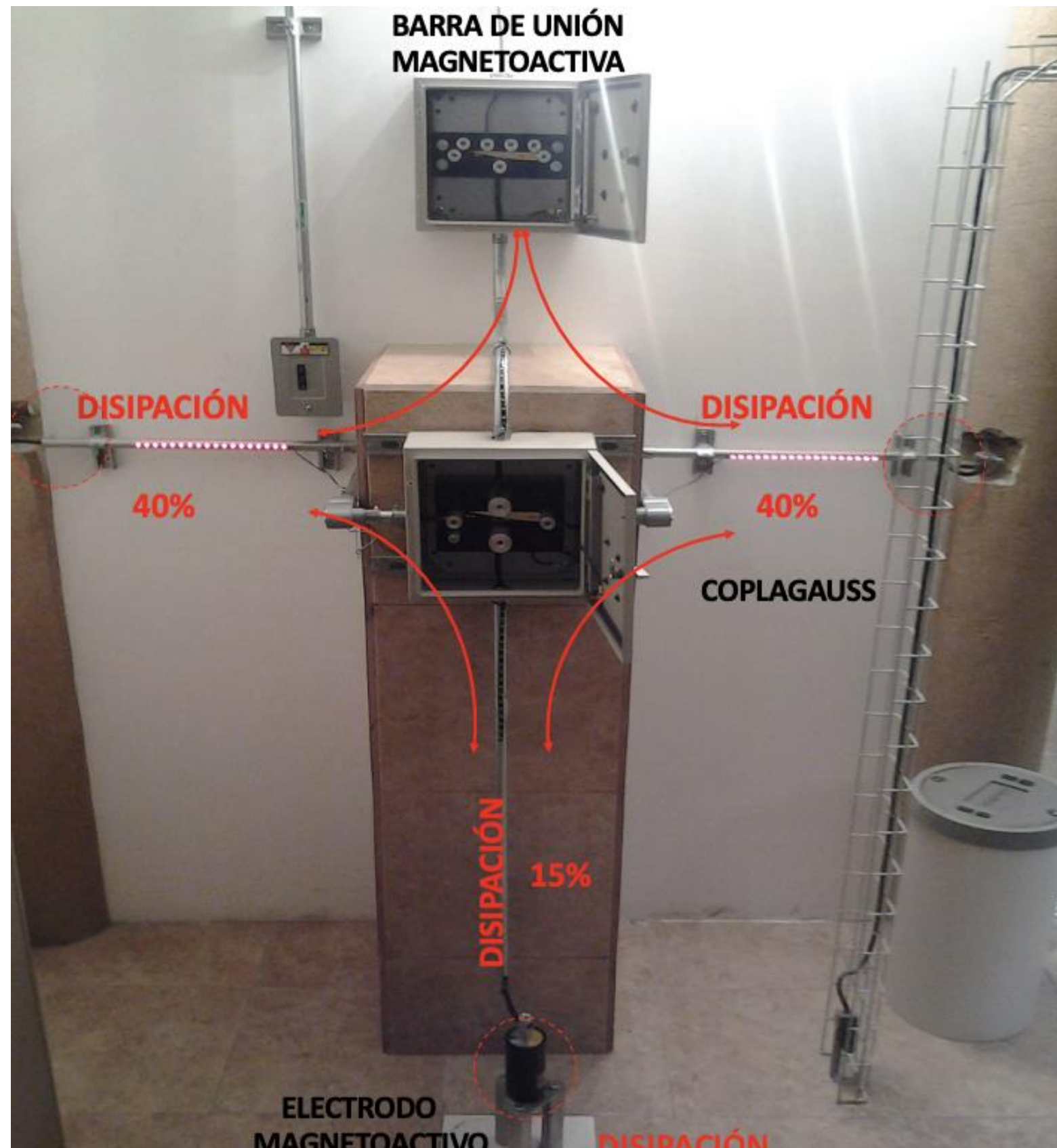
5%

DIAGRAMA BASICO DE OPERACIÓN FARAGAUSS

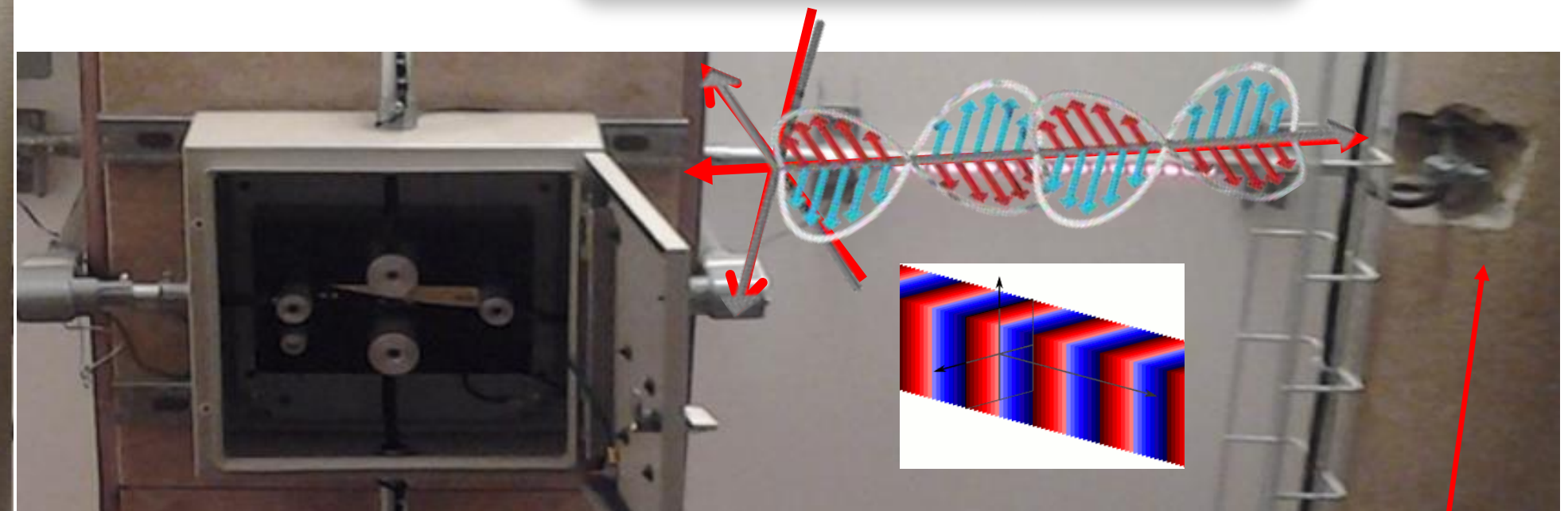
DOMINIO
MAGNÉTICO



Concepto clave: la disipación de corrientes de falla



DISIPACIÓN DE POTENCIAL
MEDIANTE LEY DE JOULE Y LEY DE
LENZ y EFECTO HALL



VARILLA DE ACERO DE
CONSTRUCCIÓN

EN EL SISTEMA FARAGAUSS TODOS
LOS CABLES SON FORRADOS

Del enfoque resistivo al electromagnetismo: leyes físicas de un SPAT-Magnético

01

JOULE | Disipa

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t$$

La resistencia del trayecto transforma parte de la energía eléctrica en calor distribuido. (Disipación en calor)

CORRIENTE DE FALLA

- Corriente impulsiva (I)
- Campo magnético variable (B)
- Alto di/dt, dB/dt
- Transitorio de alta energía

ACOPLADOR FARAGAUSS

ENERGÍA REDUCIDA

- Atenuación del campo electromagnético
- Reducción de sobretensiones inducidas
- Protección de equipos y estructura
- Menor esfuerzo térmico y eléctrico

02

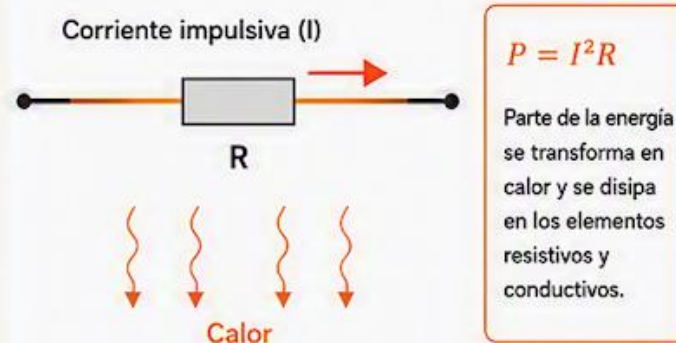
LENZ | Amortigua

$$\varepsilon = - d\Phi/dt$$

La respuesta inductiva se opone a variaciones bruscas de corriente. (Inercia electromagnética)

1. LEY DE JOULE (I^2R)

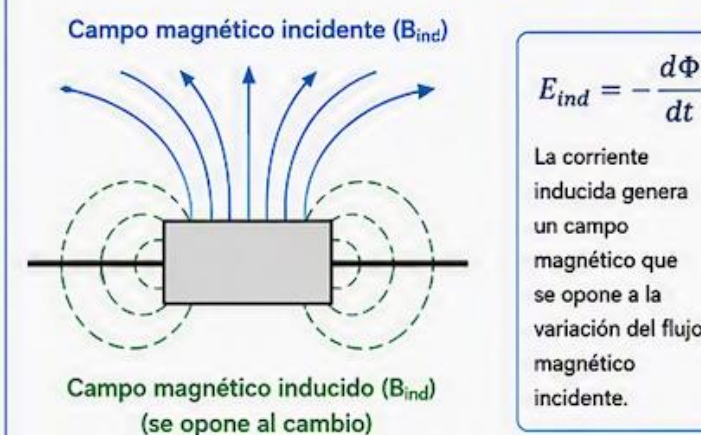
Disipación de energía térmica



La energía eléctrica se convierte parcialmente en calor, reduciendo la energía que alcanza la estructura.

2. LEY DE LENZ

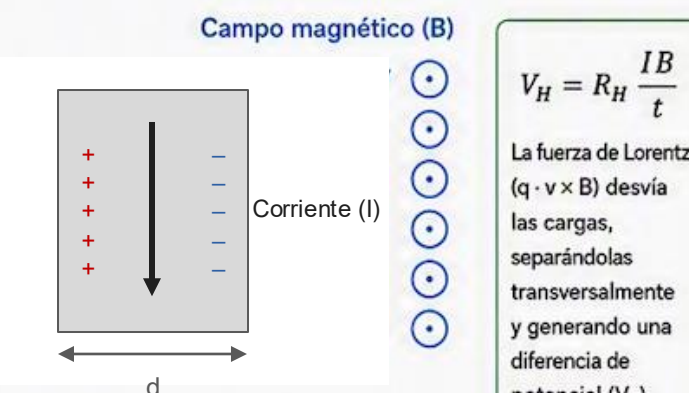
Oposición al cambio de flujo magnético



El acoplador crea oposición electromagnética, reduciendo el campo que se propaga al sistema.

3. EFECTO HALL

Redistribución de cargas



La redistribución temporal de cargas reduce el campo eléctrico interno y las tensiones inducidas.

03

HALL | Polariza

$$V^H \propto B \cdot I$$

La fuerza magnética redistribuye cargas transversalmente. (Campo magnético)

ACCIÓN CONJUNTA

Los tres fenómenos actúan simultáneamente ante una corriente de falla:

1. Lenz crea oposición electromagnética.
2. Hall redistribuye cargas internamente.
3. Joule disipa parte de la energía como calor.

RESULTADO

- Menor energía eléctrica y magnética transmitida.
- Reducción de sobretensiones inducidas.
- Mayor protección para la estructura y los equipos.

EL ACOPLADOR FARAGAUSS COMO NODO DE ACONDICIONAMIENTO ELECTROMAGNÉTICO

COMPONENTES DEL SISTEMA FARAGAUSS

ELECTRODO MAGNETO-ACTIVO: POLARIZACIÓN CATÓDICA

El electrodo MAGNETO-ACTIVO: genera -0.7 V DC

Polariza negativamente al ACOPLADOR logrando

- Mejor **impedancia** de transferencia.
- Potencial **uniforme**: reduce gradientes.
- Limita la corrosión del electrodo
- mejor interacción entre el electrodo y el terreno.

Electromagnéticamente equivale a aumentar la "superficie eléctrica efectiva" del electrodo sin aumentar necesariamente su tamaño físico.

BOBINA LCR

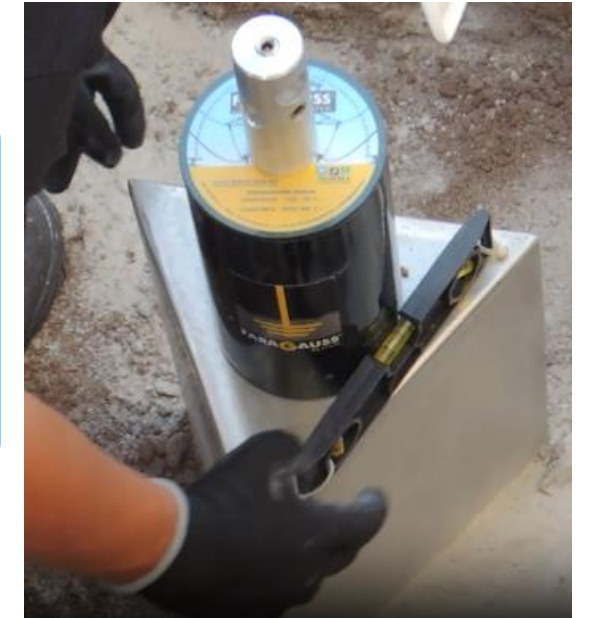
Disipa en calor corrientes inducidas:

- Turbulencia Geomagnéticas
- Pulsos electromagnéticos: rayos
- Ruido en modo común (retona por la tierra)

AL ACOPLADOR/
(COPLAGAUSS)



Material de **ELECTRO-PLASMA SÓLIDO** (plata, cobre, Níquel, indio Titanio) conductividad mejor que PLATA, superando los inconvenientes de sulfatación del cobre y desempeñando mejor que el INOX.



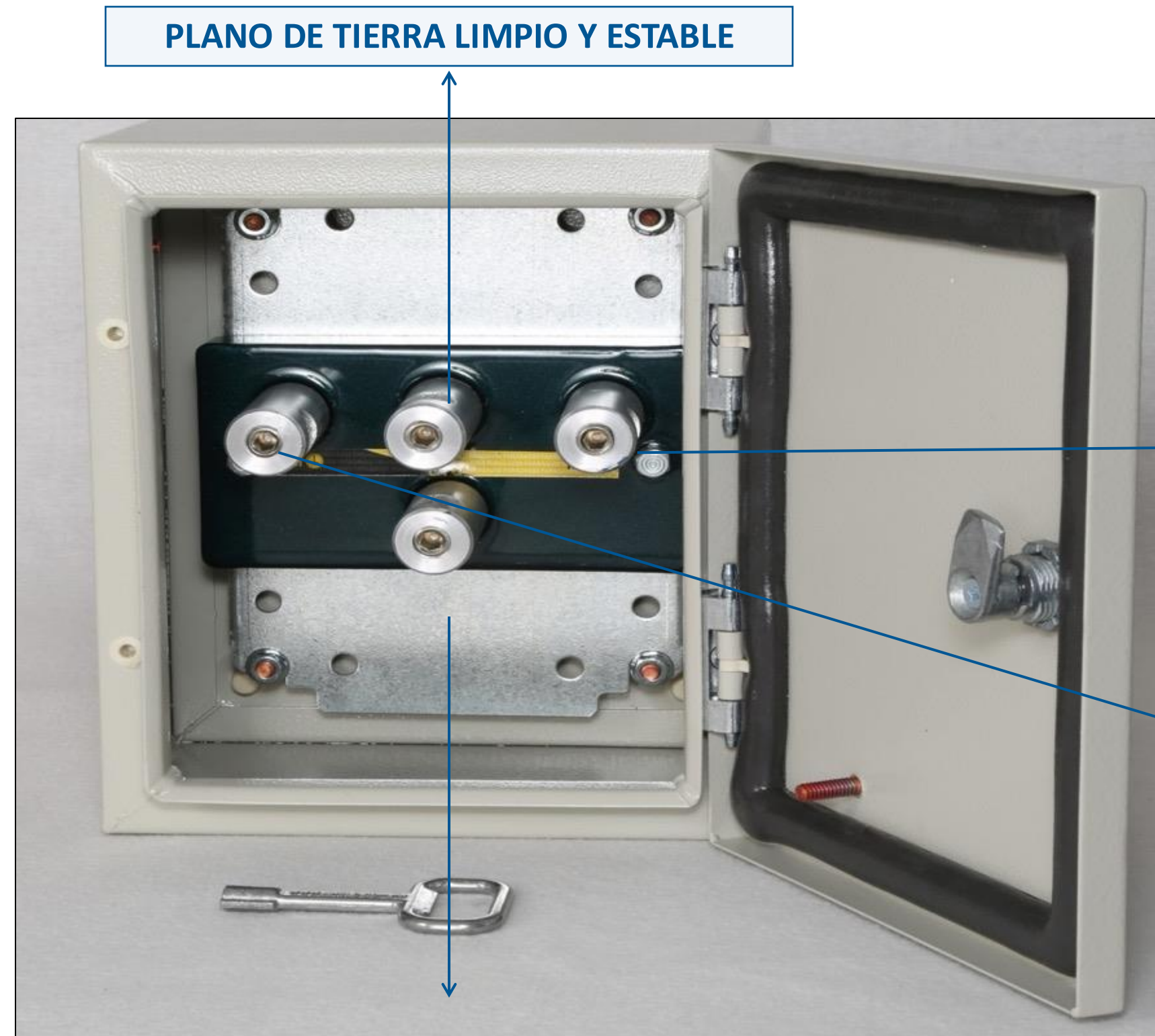
El foso se rellena mezclando tierra limpia con el compuesto acondicionador: magnetita, bentonita y silica



ACOPLADOR DE ADMITANCIAS: Puerta magnética



- Material **anisotrópico** que cambia su conductividad eléctrica en presencia de un campo magnético.
- Si se aplica un campo magnético, se desvía las trayectorias de los electrones (efecto Hall)



PLANO DE TIERRA LIMPIO Y ESTABLE

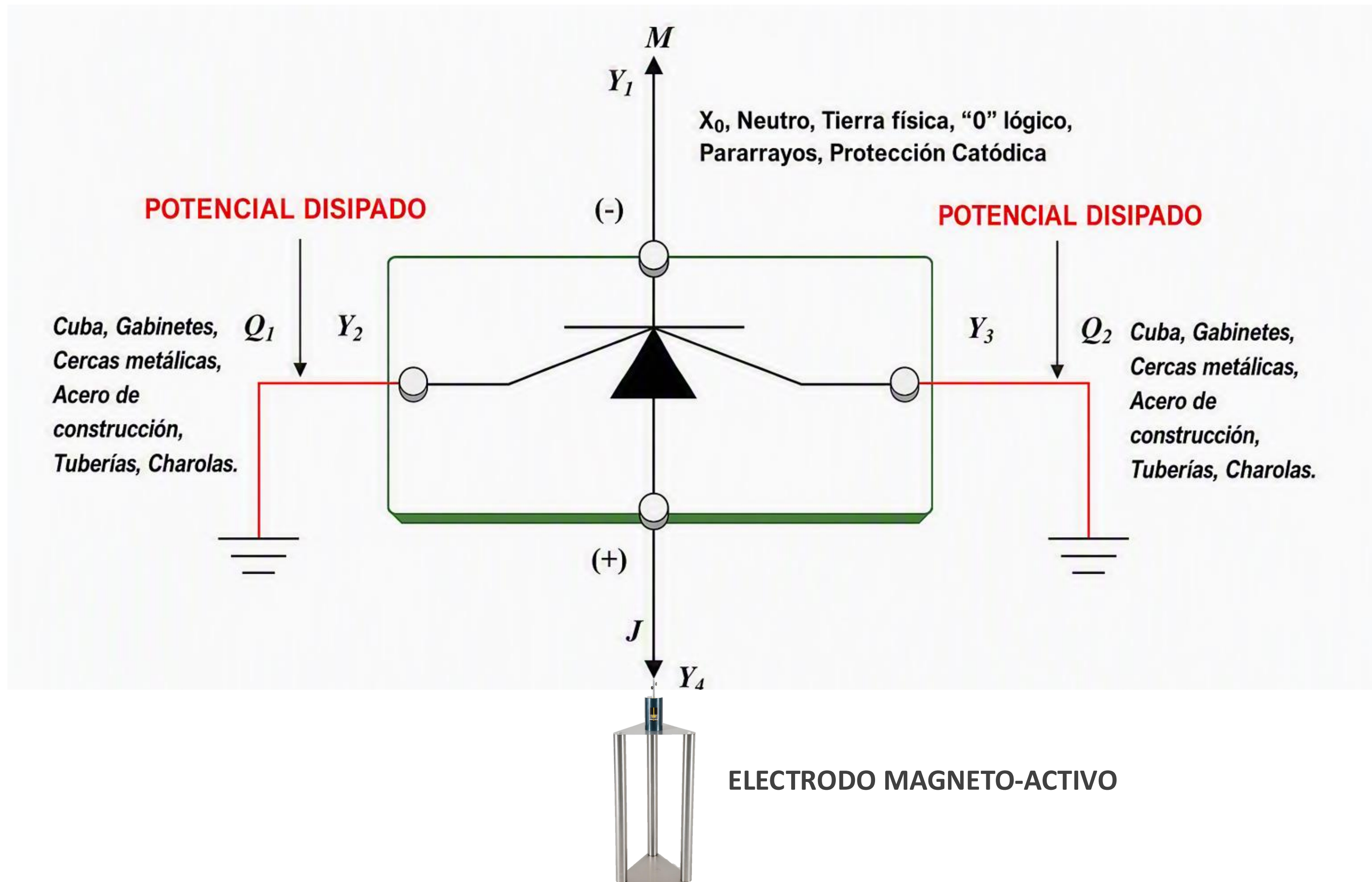
Cable forrado en ambos laterales con longitud $> 2\text{m}$ conectado al acero de construcción: tuberías, armadura, o electrodos de referencia

Canaliza por medio de los cables la disipación de corrientes de falla:

- Cortocircuito
- Electroestática
- Turbulencia electromagnética

CONDUCTOR FORRADO AL ELECTRODO MAGNETOACTIVO

ACOPLADOR DE ADMITANCIAS: Compuerta magnética



ESQUEMA INTEGRAL DE PROTECCIÓN FARAGAUSS

Clasificación de las corrientes parásitas

El objetivo es conducir, distribuir y **equipotencializar** las corrientes no deseadas antes de que afecten equipos e instrumentación.

01 CONDUCTIVAS

Circulan por rutas metálicas no previstas.

Bandejas • tuberías • pantallas
• acero • armónicas 3.^a/5.^a

02 INDUCIDAS (FOUCAULT)

Campos magnéticos variables: Foucault (Eddy).

Acoplamiento inductivo crece con La Frecuencia (armónicas)
• bucles de corriente

03 MODO COMÚN / AF

Retornan por tierra y capacitancias parásitas.

PWM • VFD • filtros EMI
• rodamientos

RESPUESTA DEL SISTEMA

CAPTAR

Acoplador y enlaces equipotenciales

DISTRIBUIR

Cables laterales y acero estructural

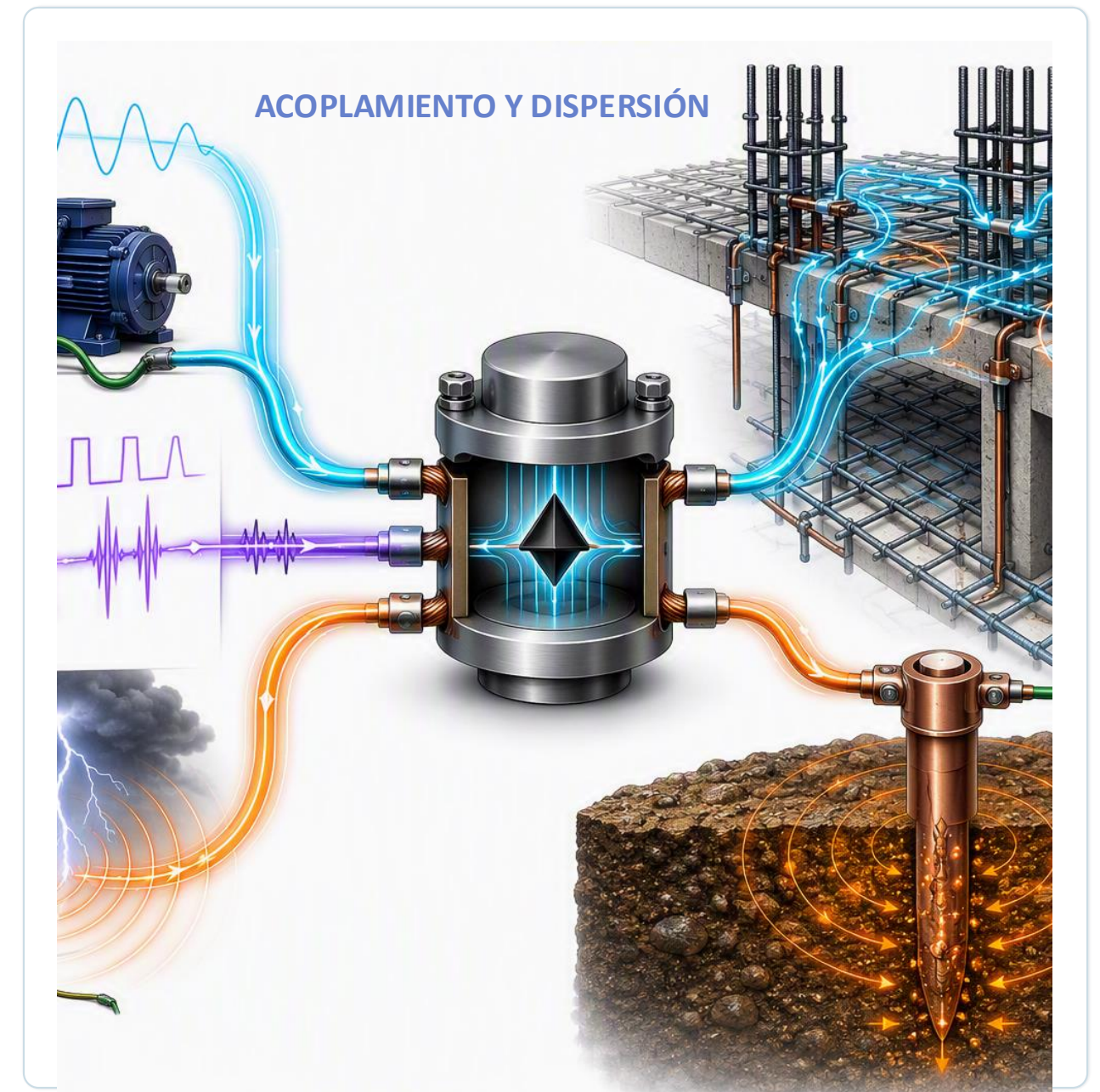
REFERENCIAR

Electrodo y conexión efectiva al terreno

RESULTADO ESPERADO

Menos gradientes, ruido y corrientes circulantes

El acoplador organiza la trayectoria; la red metálica y el terreno proporcionan el volumen de dispersión.



Potencial de ahorro energético

Puesta a tierra magneto-activa Faragauss en campos de bombeo

1–5%

AHORRO NETO POTENCIAL

sobre el consumo eléctrico total

¿Cuándo aumenta el potencial?

- Puesta a tierra con impedancia elevada
- Corrientes inducidas o circulantes
- Armónicos, fugas y calentamiento
- Pérdidas de núcleo por Foucault e histéresis en transformadores y motores
- Alimentadores largos y alta carga

La captura de valor proviene de:

01

Menos corrientes no productivas

02

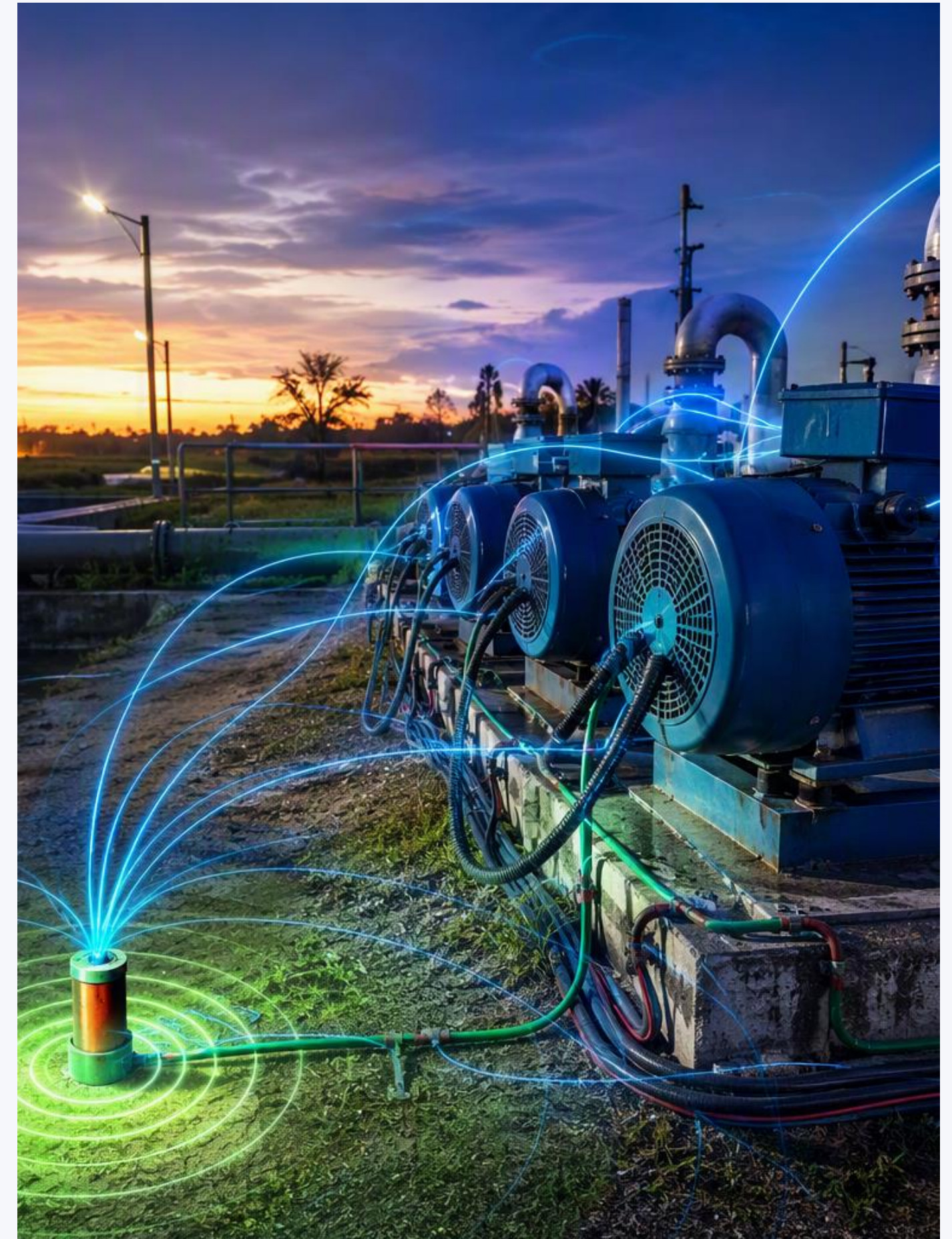
Menores pérdidas por Joule, Foucault e histéresis

03

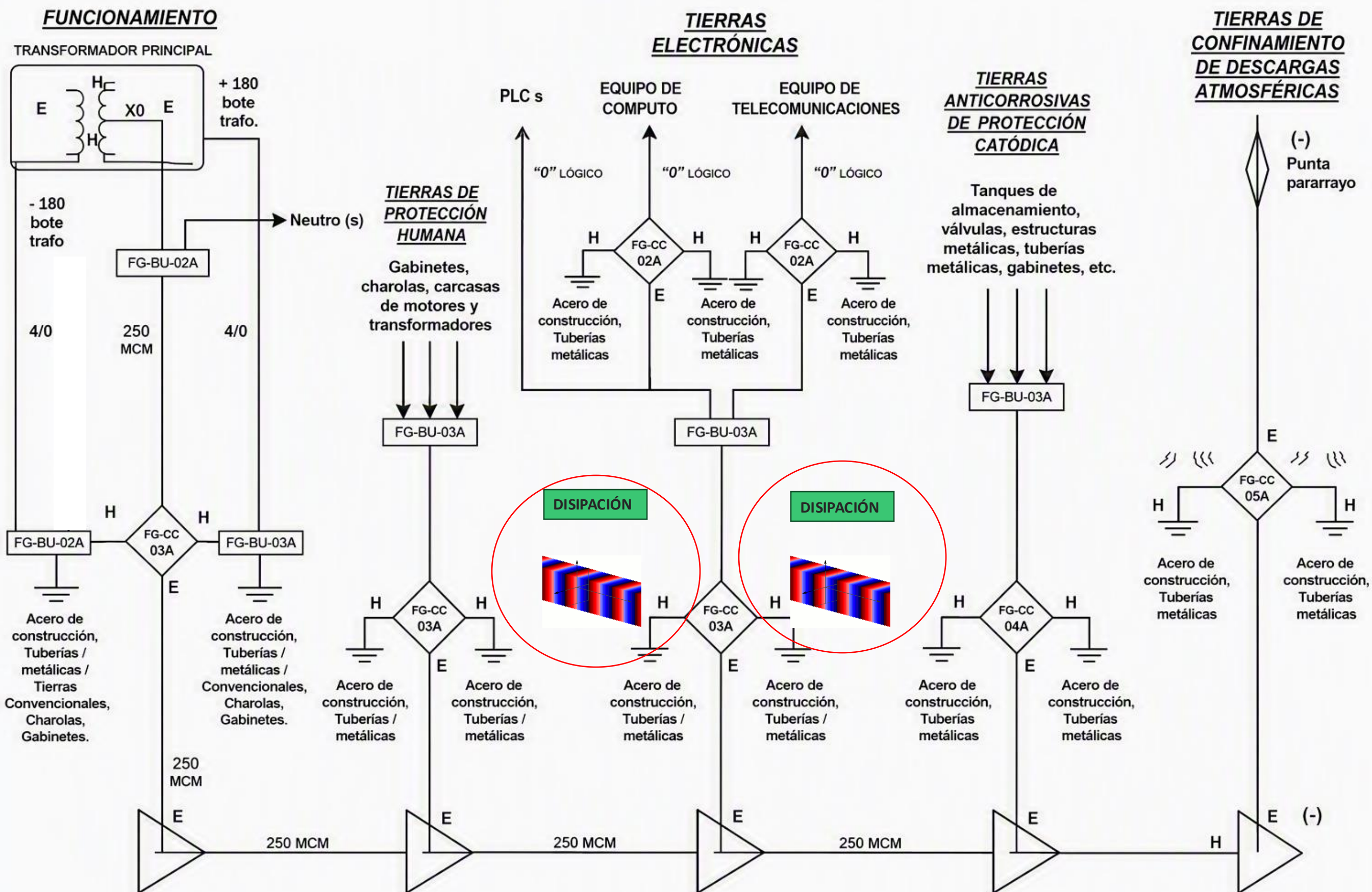
Menor estrés térmico en motores y VFD

Conclusión ejecutiva

El rango debe comprobarse con línea base y medición antes/después: calidad de energía, corrientes de fuga, demanda y consumo. Valores mayores a 5% solo son defendibles ante anomalías severas verificadas.



ESQUEMA INTEGRAL DE PROTECCIÓN FARAGAUSS



SIMBOLOGÍA

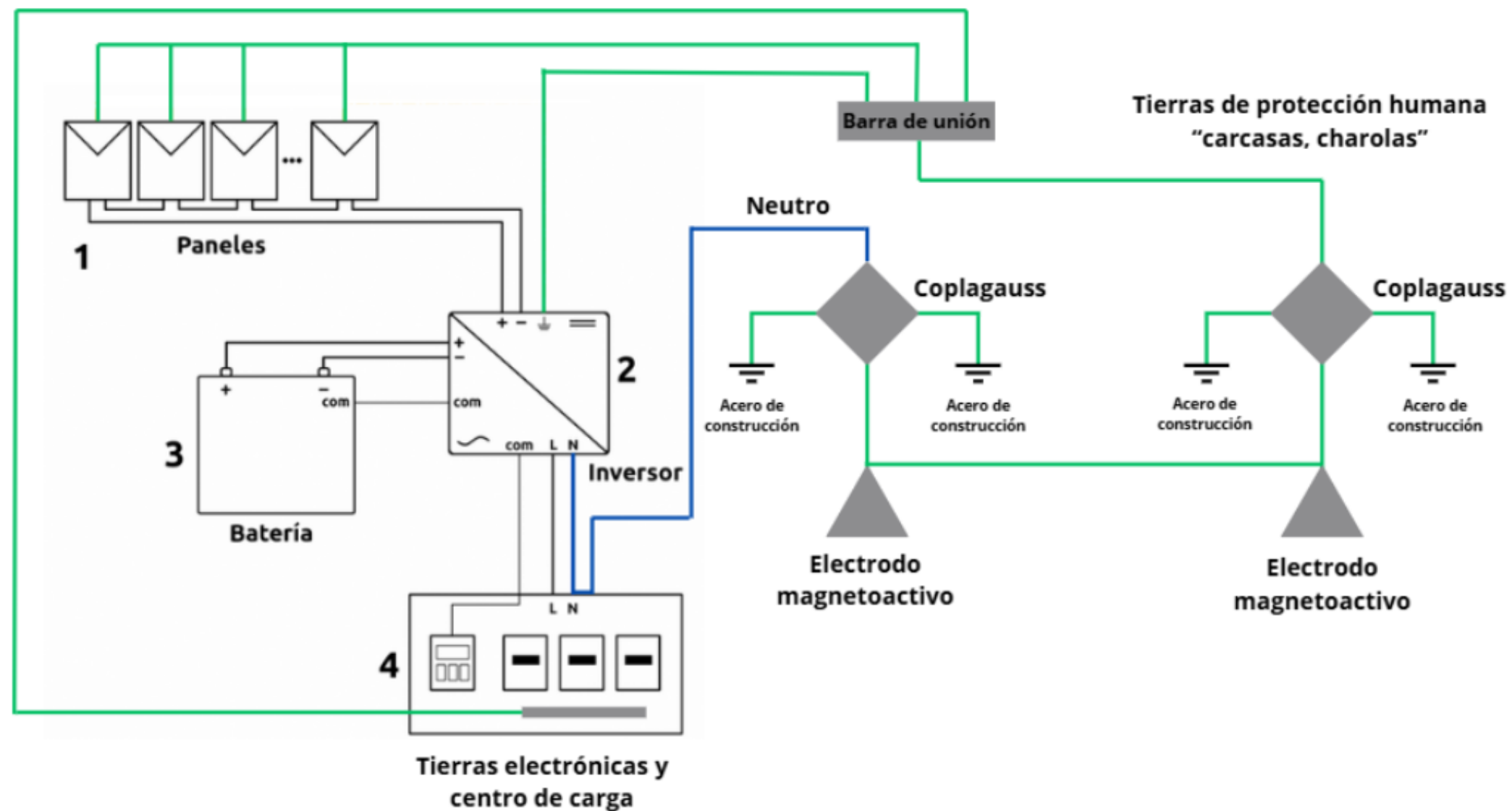
Electrodo

Acoplador

Barra de Unión

Diagrama para sistemas fotovoltaicos

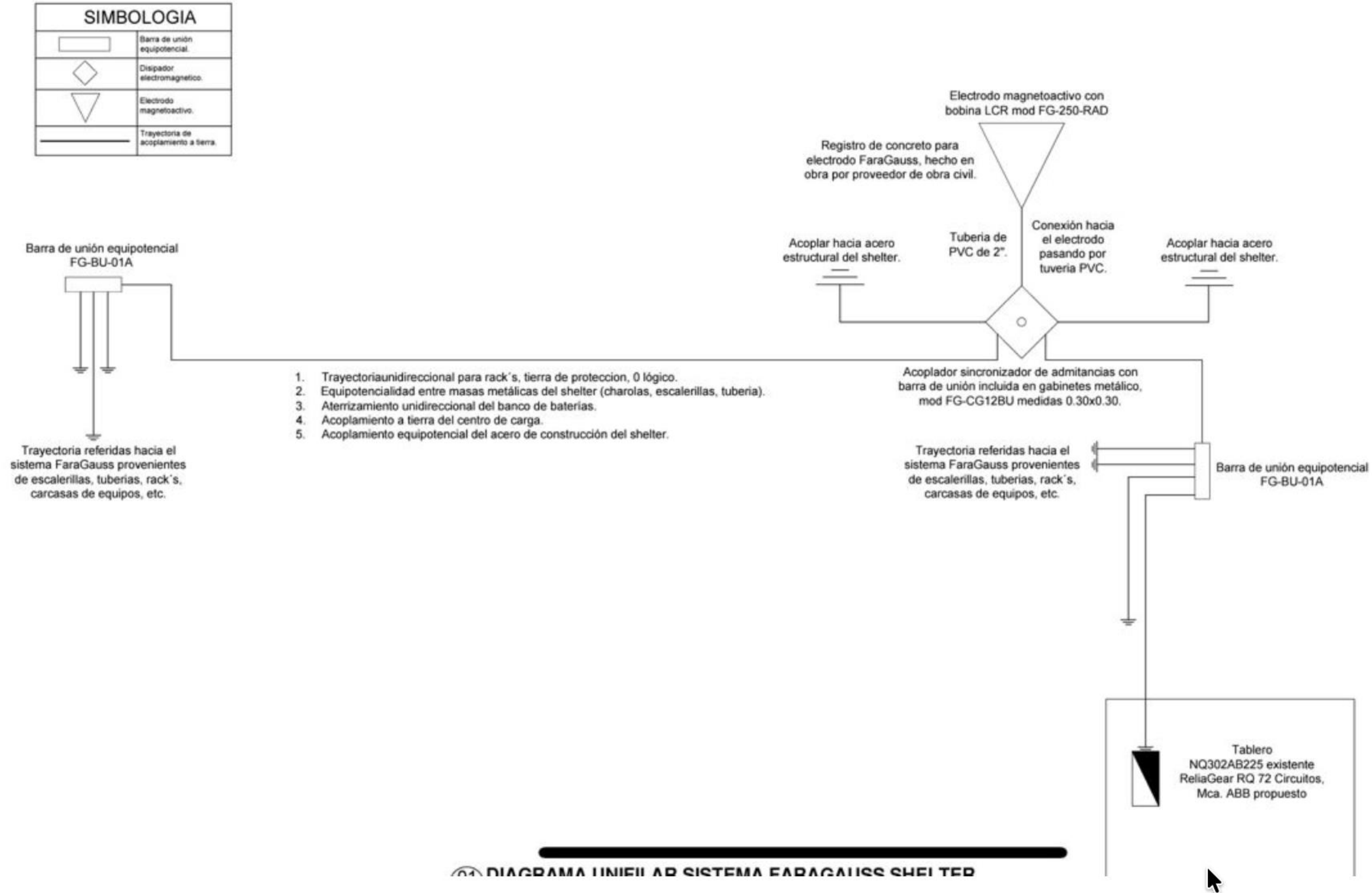
PANELES SOLARES



Necesidad de separar tierras físicas del neutro

Elemento	¿Por qué se pone a tierra?
Estructura metálica	Protección contra choques eléctricos, rayos, y potenciales peligrosos en la estructura.
Inversor (neutro)	Protección de equipos, funcionamiento de protecciones, y referencia estable del sistema.

Unifilar para un shelter de comunicación



AHORA SI...

PORQUÉ ELEGIR FARAGAUSS

CONCLUSIONES

Sistema Faragauss — síntesis técnica

1

La tierra solo absorbe el 20% de las descargas. Se usa el **acoplador de admitancias** para disipar el 80% restante.

2

Uso de un electrodo electromagnético de **electroplasma sólido** (mejor que el cobre) que se polariza con el polo norte geomagnético y alcanza una resistividad menor a 5 ohmios.

3

Uso de un filtro LCR (bobina) de alta impedancia para frecuencias altas que se opone a los impulsos que entran por la tierra. (Unidireccionalidad del electrodo)

4

Uso de un acoplador de admitancias que actúa como una compuerta magnética que dirige las descargas hacia el acero de construcción en lugar de circularlas hacia los equipos.

5

Como sistema Pararrayos es un inhibidor-disipador que utiliza la polarización catódica de la punta para repeler los rayos.



80%

disipado por el acero de construcción

$< 5 \Omega$

resistividad del electrodo de electroplasma

20%

absorbido por el suelo natural

DIFERENCIACIÓN

Ventaja competitiva del sistema Faragauss



EL PROBLEMA

La disipación aleatoria

EL ÉXITO DE FARAGAUSS RADICA EN QUE NO PERMITE QUE RUIDO, INTERFERENCIAS, DISTORSIÓN, CORRIENTES DE FALLA, VAGABUNDAS, CORTO CIRCUITO O ENERGÍA INDESEABLE ELECTROESTÁTICA SE DISIPE ALEATORIAMENTE EN LUGARES CRÍTICOS E IMPREDECIBLES.

LA SOLUCIÓN

Disipación confinada con COPLAGAUSS

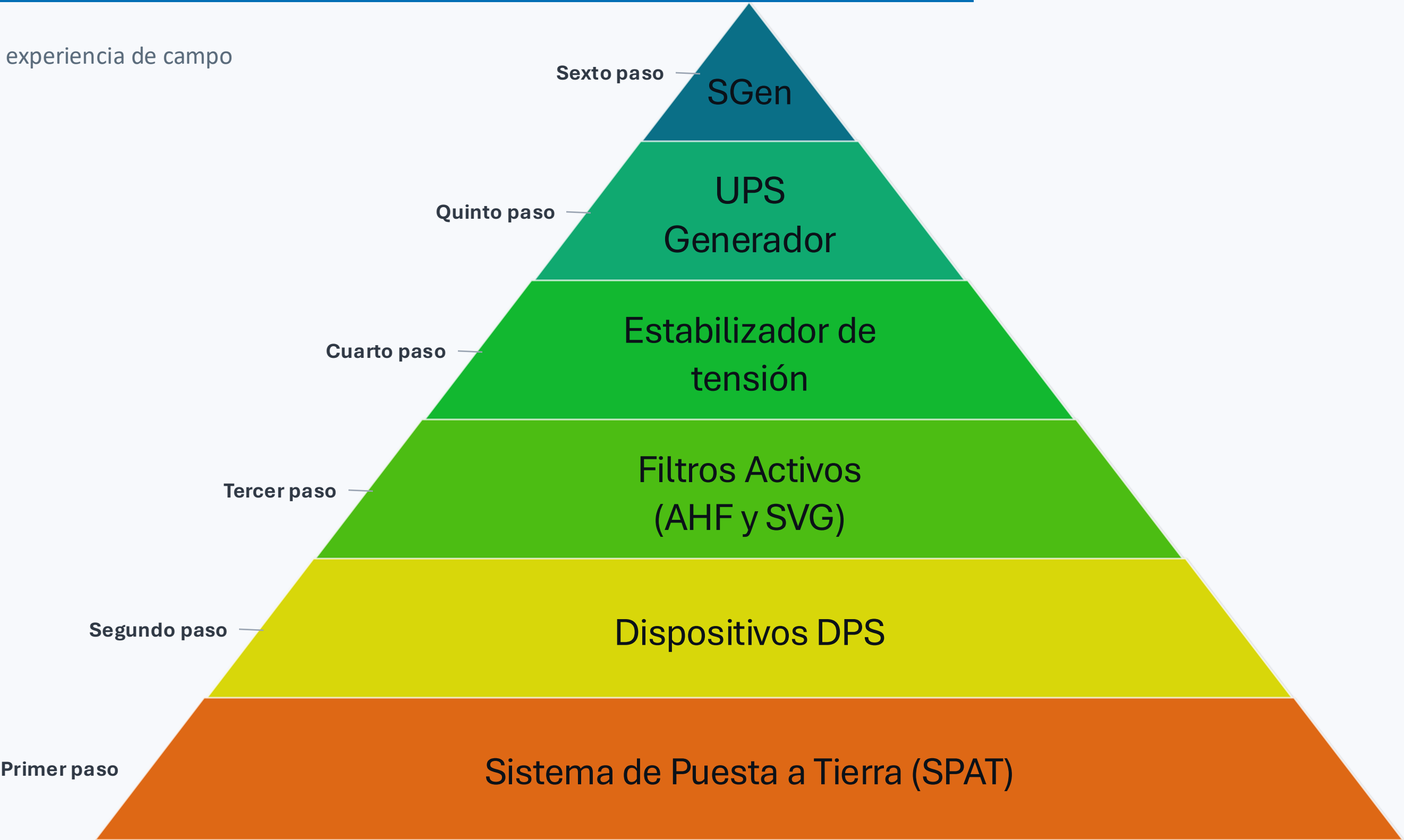
LA TECNOLOGÍA FARAGAUSS CON SU EXCLUSIVO COPLAGAUSS PERMITE DISIPAR Y CONFINAR EFECTIVAMENTE SOLO EN LOS CABLES LATERALES DEL DISPOSITIVO LOGRANDO ASÍ DEJAR EN EL PASADO EL ALTO RIESGO DE LA TENSIÓN/CORRIENTE DE PASO Y TOQUE, TAN LETAL PARA SERES HUMANOS.

¿Se imaginan tener una penalización de 1.6 millones de colones en su recibo eléctrico y no poder mitigarlo con banco de condensadores?

¿Se imaginan que el inversor de un nuevo chiller de última tecnología se haya quemado en sus primeros días de funcionamiento por alta **distorsión armónica?**

Pirámide de Calidad de Energía

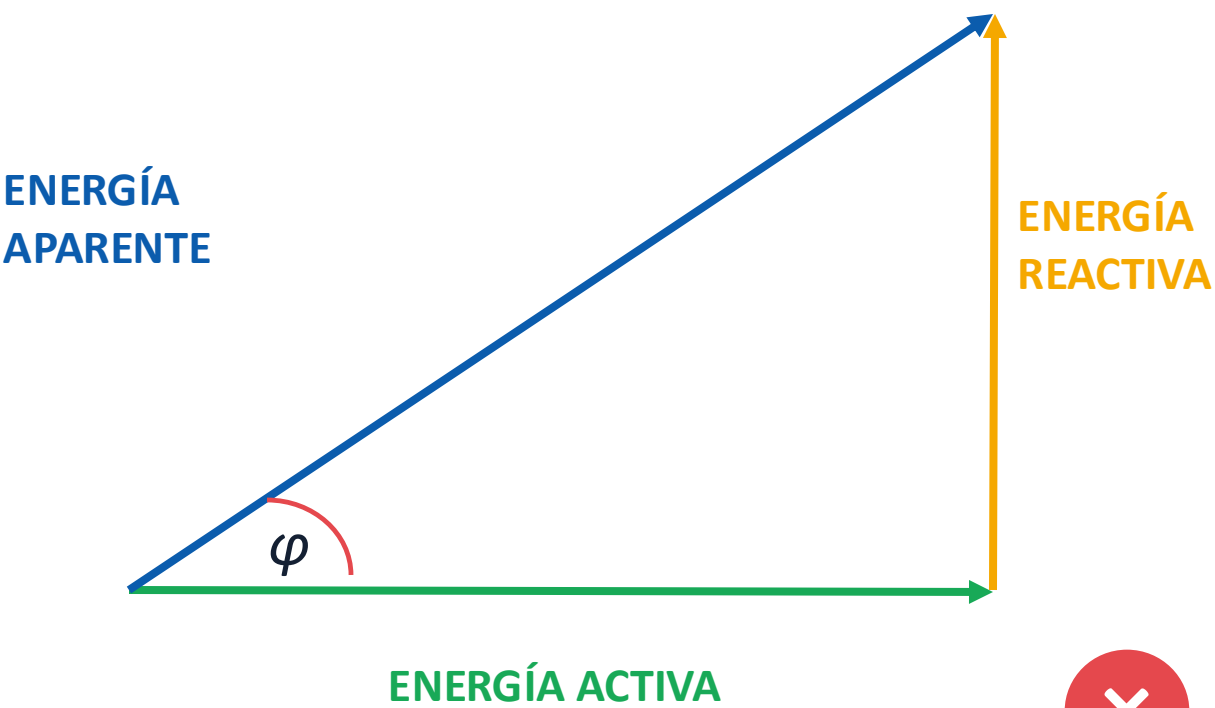
Basado en experiencia de campo



Compensar energía reactiva reduce la corriente innecesaria

La potencia activa se mantiene, mientras la componente reactiva se corrige en tiempo real.

1 ANTES
Mayor demanda de corriente



Más energía reactiva

Mayor corriente y mayores pérdidas en la instalación

2 DESPUÉS
Compensación dinámica



Energía aparente $\approx$ Energía activa
Factor de potencia más cercano a 1

GENERADOR ESTÁTICO DE VAR

Compensa la energía reactiva en tiempo real

RESULTADO · Menor corriente circulante | Menores pérdidas | Mejor aprovechamiento de la capacidad eléctrica

Impacto de la Distorsión Armónica

- Fallas en equipos
- Paradas de planta
- Mantenimiento

En Banco de Condensadores:

- Calentamiento de condensadores
- Envejecimiento prematuro
- Amplificación de armónicos
- Riesgo de explosión (por resonancia)



Impacto de la Distorsión Armónica en Transformadores

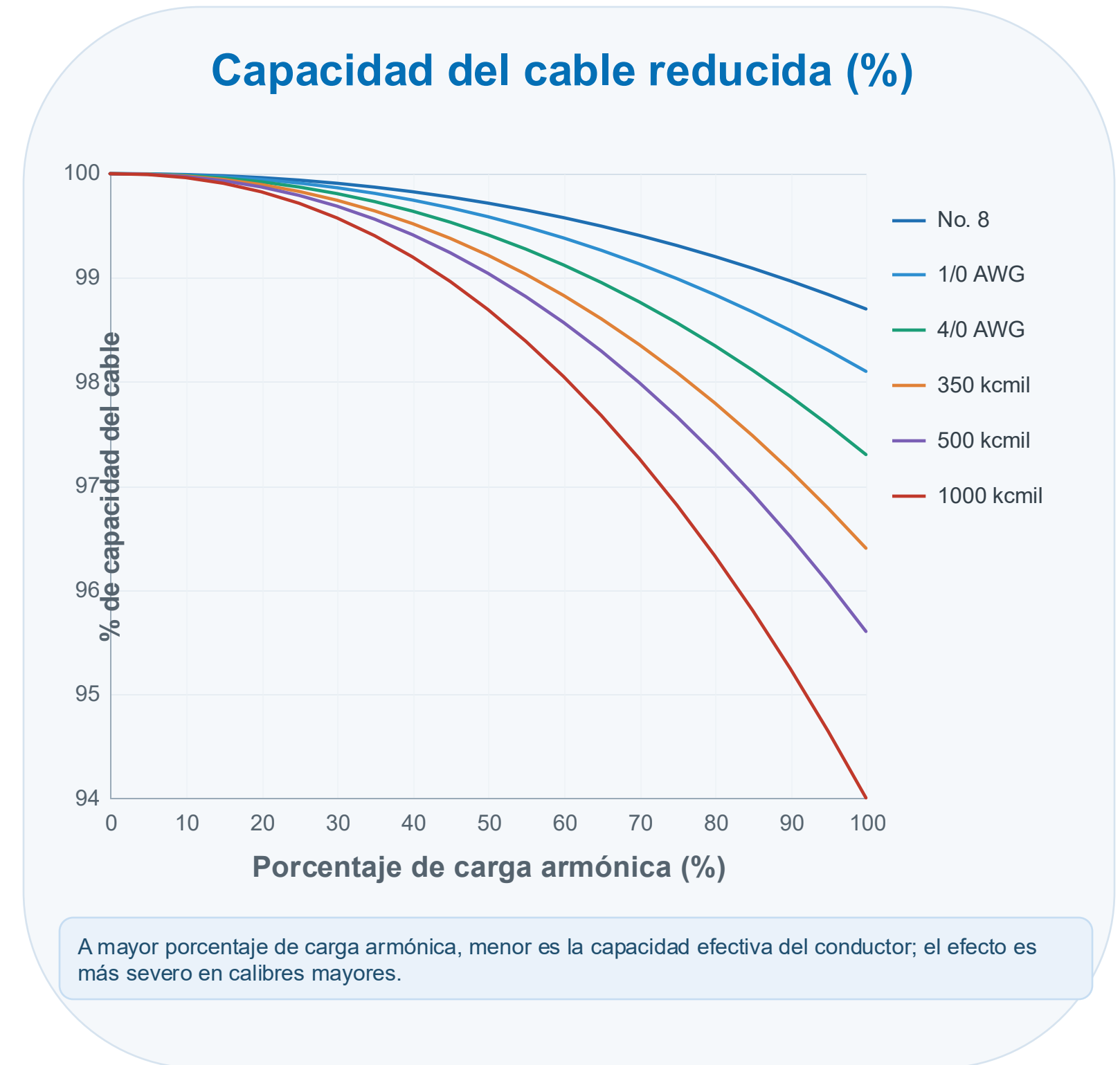
- **Incremento de pérdidas en el núcleo:**
Aparición de corrientes parásitas (corrientes de Foucault) en el material magnético
- **Aumento de pérdidas en los conductores (cobre):**
Elevación de la corriente efectiva (RMS), generando mayores pérdidas térmicas
- **Degradación del sistema de aislamiento:**
Estrés térmico continuo que acelera el envejecimiento de los materiales dieléctricos
- **Fenómenos mecánicos y acústicos:**
Incremento del ruido debido a vibraciones en las láminas del núcleo
- **Elevación de la temperatura de operación:**
El sobrecalentamiento reduce significativamente la vida útil del transformador

Como referencia: un aumento de **10 °C** puede disminuir su vida útil aproximadamente en un **50%**



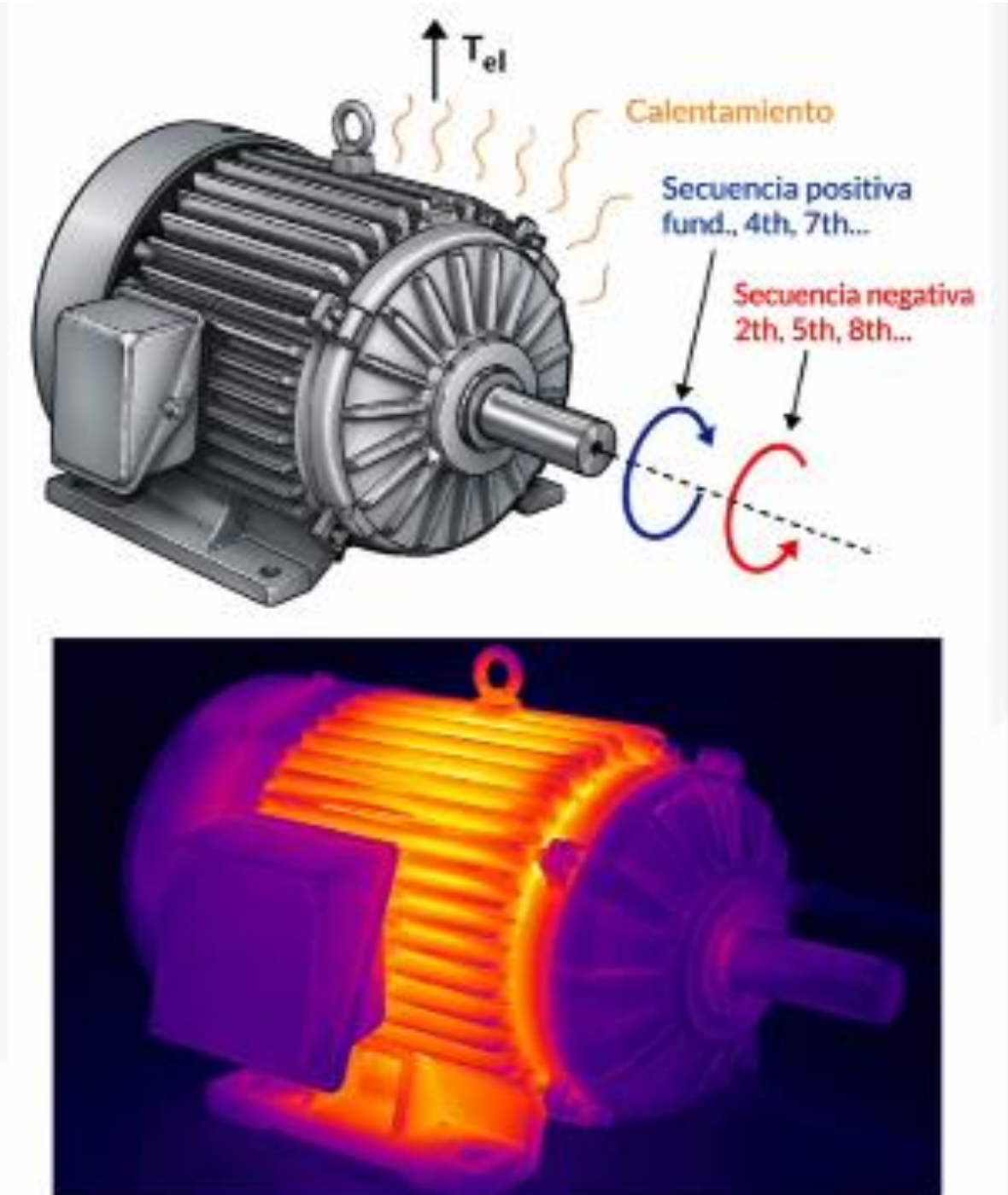
Impacto de la Distorsión Armónica en Conductores

- **Elevación de las pérdidas energéticas (por efecto Joule):** Se refiere al calor generado por el paso de la corriente.
- **Degradación de la capa aislante de los cables:** El calor excesivo debilita la protección eléctrica.
- **Necesidad de sobredimensionar los cables de fase:** Debido al incremento del valor eficaz de la corriente (I_{rms}).
- **Requerimiento de mayor sección en el conductor de neutro:** Esto ocurre por la presencia de corrientes armónicas que son múltiplos de tres (triplens), las cuales se acumulan en este conductor.



Impacto en los Motores Eléctricos

- **Degradación del recubrimiento aislante interno:** El estrés térmico y eléctrico daña las protecciones del bobinado.
- **Armónicos de Secuencia Positiva:** Generan un incremento en el par motor o torque de salida.
- **Armónicos de Secuencia Negativa:** Actúan de forma opuesta al giro, provocando un efecto de frenado y sobrecalentamiento.
 - Pares de torsión oscilantes (pulsantes)
 - Efecto de frenado electromagnético
 - Presencia de vibraciones mecánicas



Las empresas pagan por energía que no les sirve

ANTES

0.62

Factor de potencia

Bajo: penalizaciones en
factura

18.7%

Distorsión armónica
(THDi)

Alta: sobrecalentamiento y
fallas

Pérdidas, disparos y equipos exigidos por encima
de su capacidad



DESPUÉS

0.99

Factor de potencia

Excelente: sin
penalizaciones

2.8%

Distorsión armónica
(THDi)

Baja: red estable y limpia

Consumo eficiente, equipos protegidos y
capacidad liberada

Equipo protegido

Menos pérdidas

Menor calentamiento

Mayor confiabilidad

ROI típico: retorno de la inversión entre 18 a 24 meses

STATIC VAR GENERATOR (SVG)

¿Qué es un SVG?

- Compensación reactiva en tiempo real
- Dispositivo de conmutación basado en semiconductores

Funciones

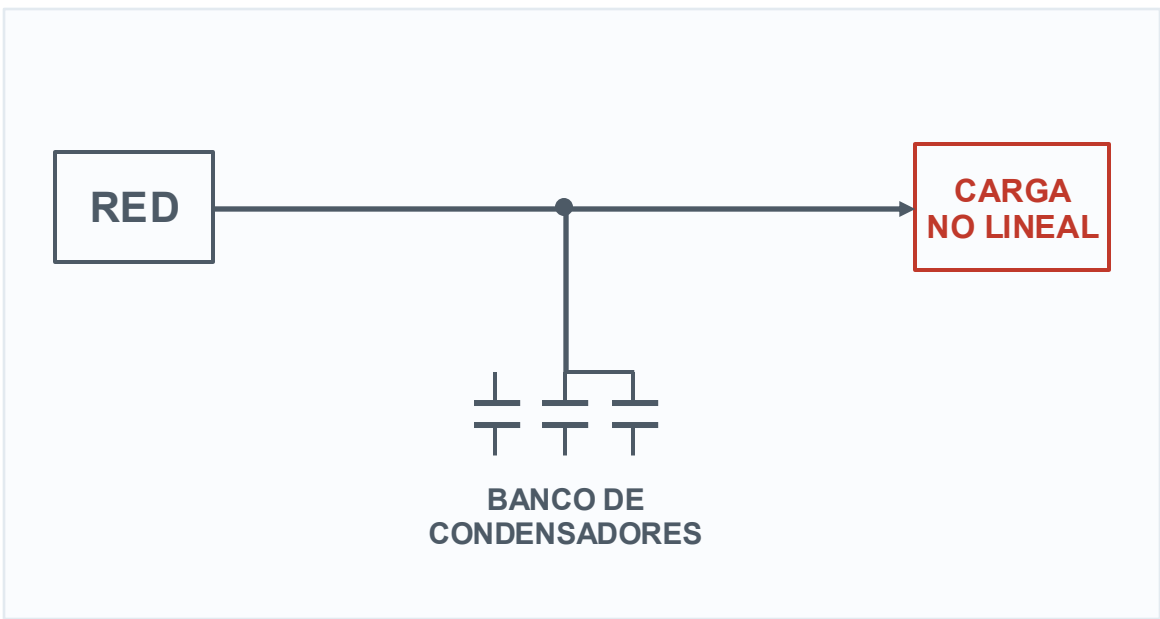
1. Corrige el factor de potencia
2. Balancea la carga

Tiempo de respuesta
< 20 ms

Sin resonancia
Compensación electrónica

BANCO DE CONDENSADORES

En presencia de armónicos puede generar
RESONANCIA y amplificación de corrientes



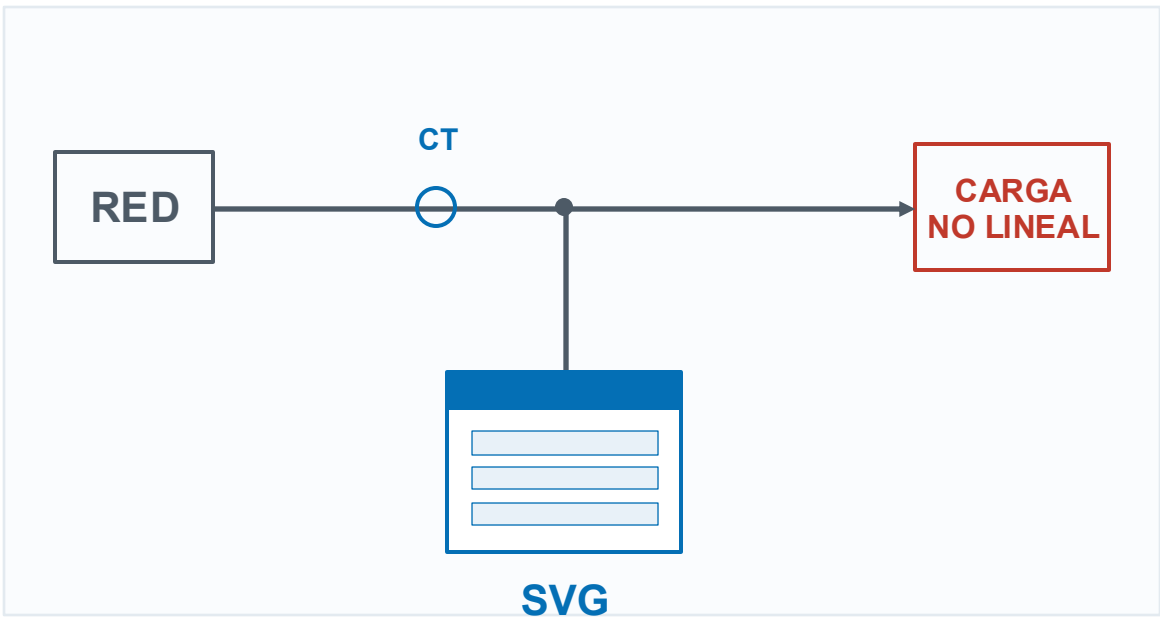
RIESGO DE RESONANCIA

- Amplificación de armónicos
- Sobrecorrientes y sobrecalentamiento
- Disparos intempestivos
- Reducción de la vida útil del equipo

VS

STATIC VAR GENERATOR (SVG)

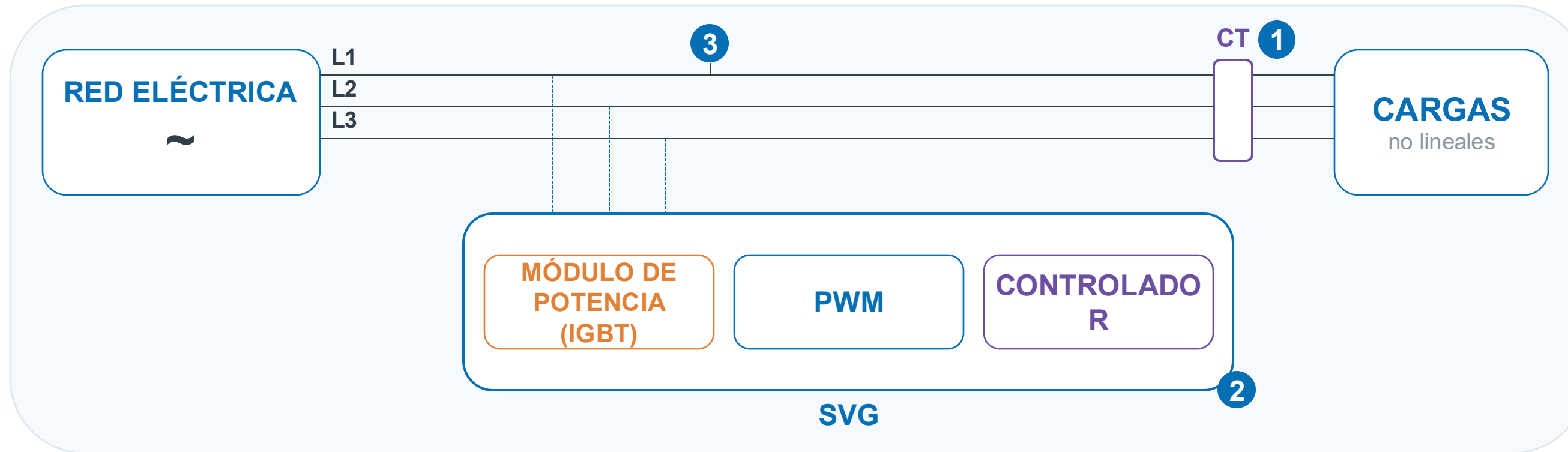
Compensación reactiva en tiempo real
sin resonancia, incluso con armónicos



VENTAJAS DEL SVG

- No genera resonancia
- Respuesta dinámica en tiempo real
- Compensa inductiva y capacitiva
- Mejora del factor de potencia

Compensación reactiva en tiempo real



1 MEDICIÓN (CT)

Se mide la corriente de carga en tiempo real.

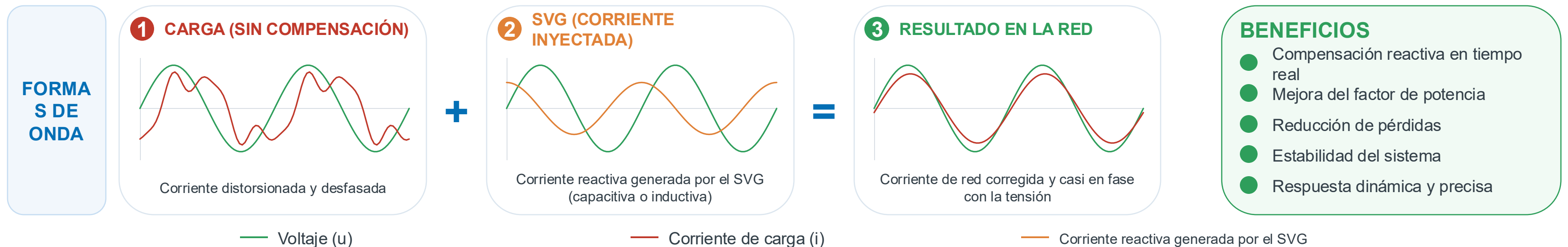
2 SVG

Genera corriente reactiva capacitiva o inductiva según se necesite.

3 PUNTO DE ACOPLAMIENTO

El SVG inyecta o absorbe corriente reactiva en el punto común de acoplamiento (PCC).

Compensación en tiempo real



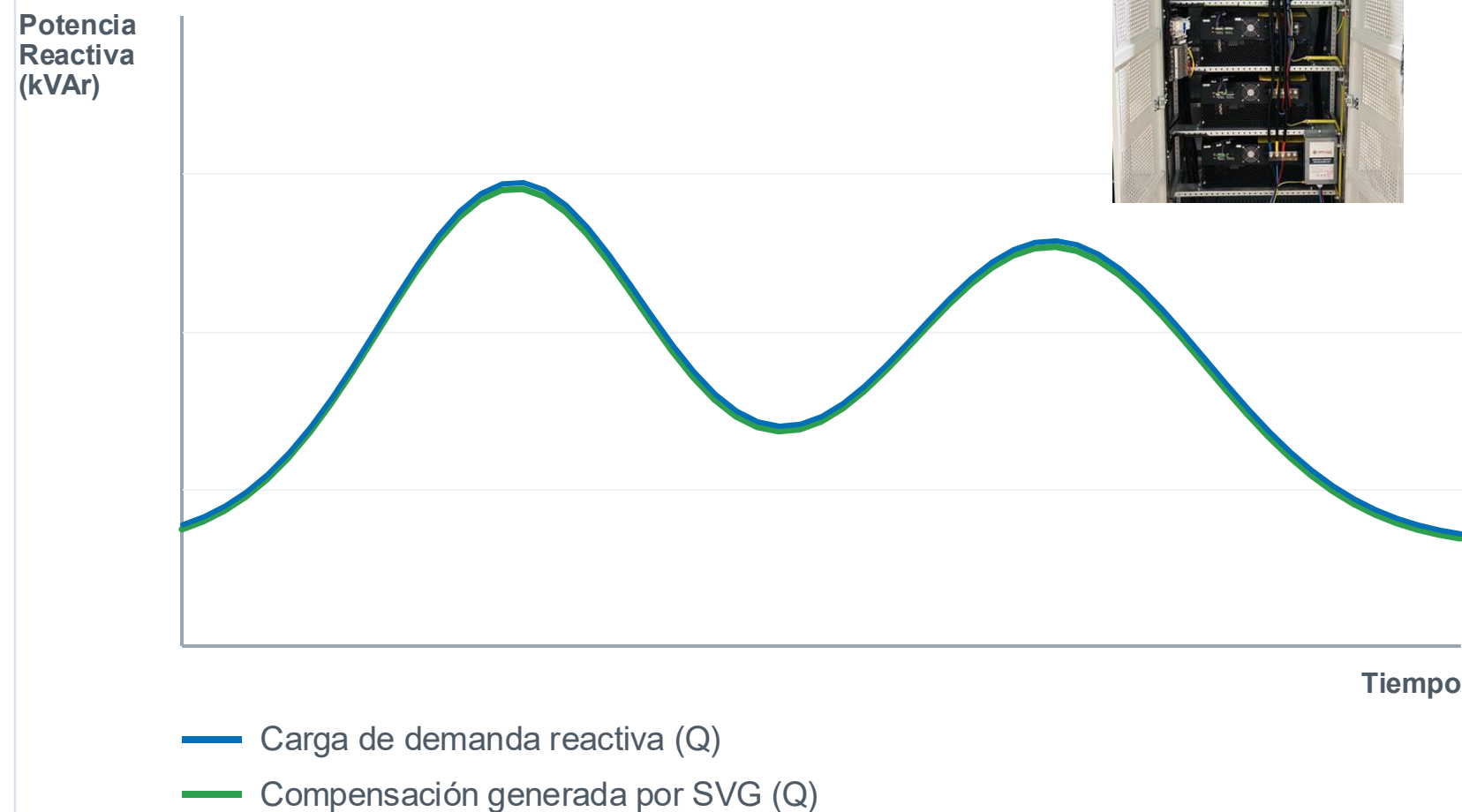
BENEFICIOS

- Compensación reactiva en tiempo real
- Mejora del factor de potencia
- Reducción de pérdidas
- Estabilidad del sistema
- Respuesta dinámica y precisa

COMPARATIVO DE COMPENSACIÓN DE POTENCIA REACTIVA

SVG (STATIC VAR GENERATOR)

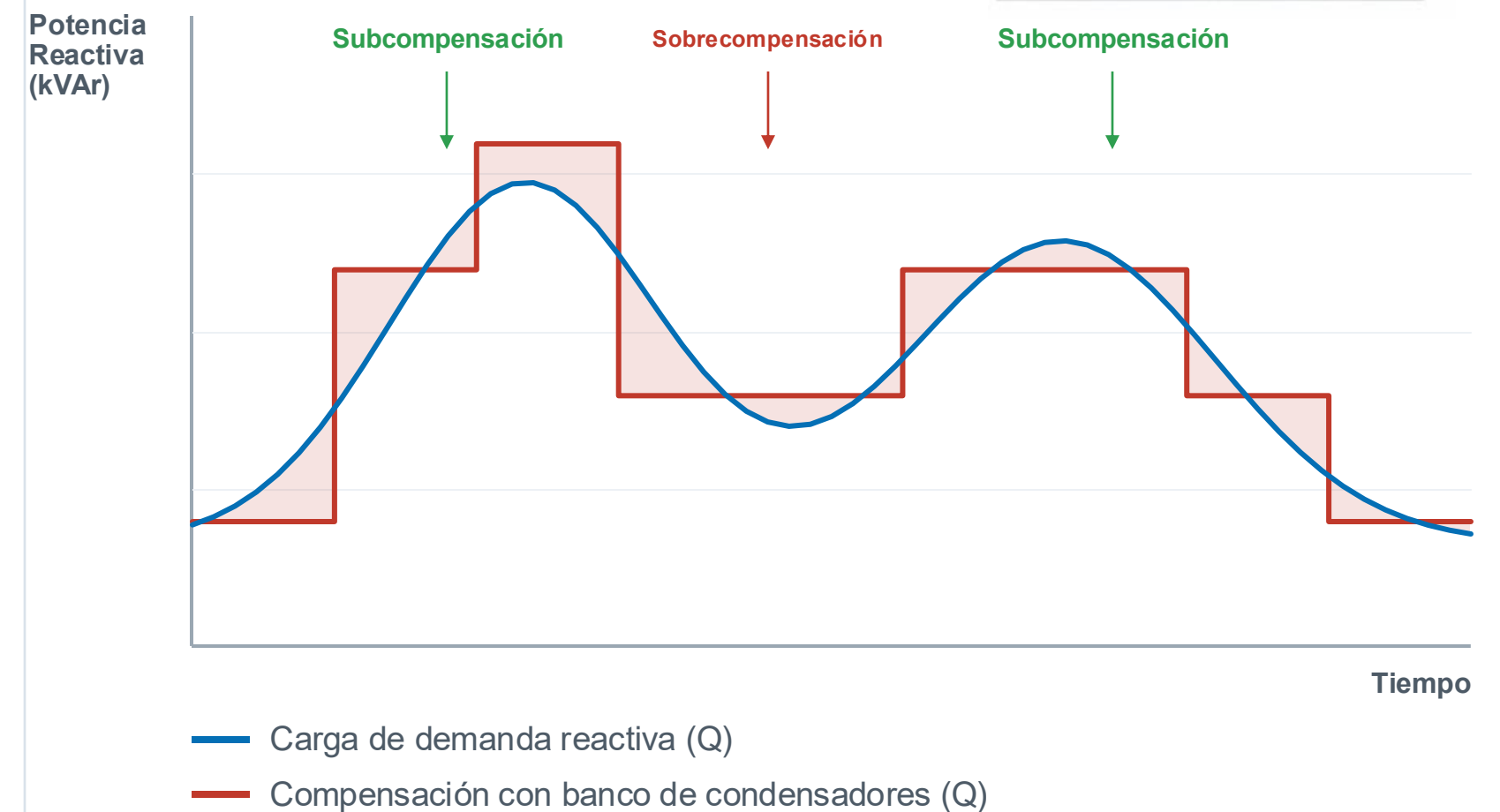
- ✓ Compensación en tiempo real
- ✓ Curva de compensación continua
- ✓ Sin sobrecompensación



- ✓ **COMPENSACIÓN PERFECTA**
El SVG inyecta la cantidad exacta de potencia reactiva en cada instante, siguiendo la forma de onda de la carga.

BANCO DE CONDENSADORES TRADICIONAL

- ✗ Compensación por pasos
- ✗ Respuesta lenta y escalonada
- ✗ Riesgo de sobre o subcompensación



- ! **COMPENSACIÓN POR PASOS**
El banco de condensadores entrega potencia reactiva en escalones fijos, generando sobre o subcompensación.

4.2. FILTRO ACTIVO (AHF)

¿Qué es un Filtro Activo?

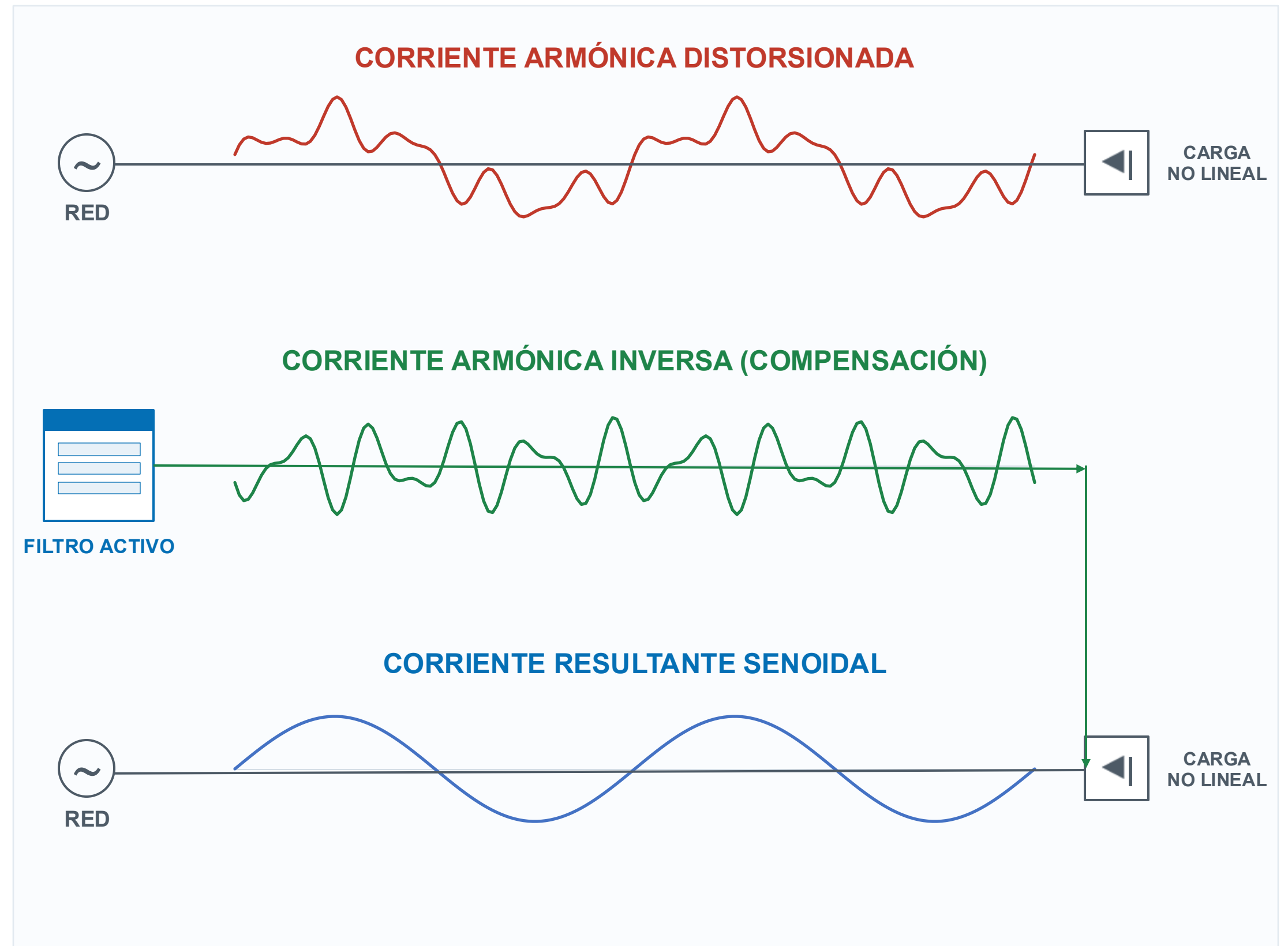
- Inyección de corriente inversa
- Cancela armónicos

Funciones

1. Atenúa armónicos
2. Corrige el factor de potencia
3. Balancea la carga

Respuesta
En tiempo real

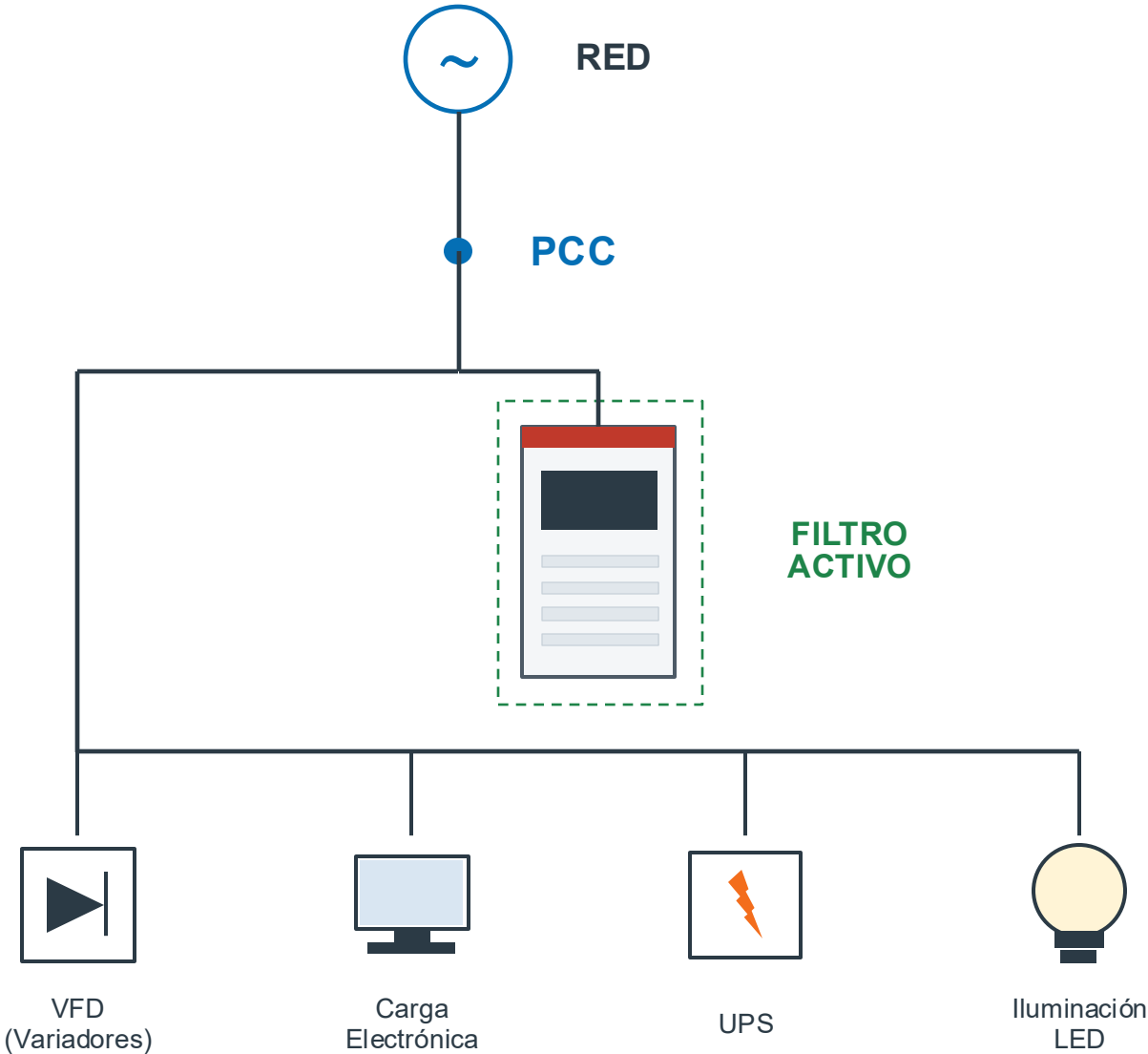
Compensación
Selectiva por armónico



UBICACIÓN DEL FILTRO ACTIVO EN LA INSTALACIÓN

1. INSTALACIÓN EN CABECERA

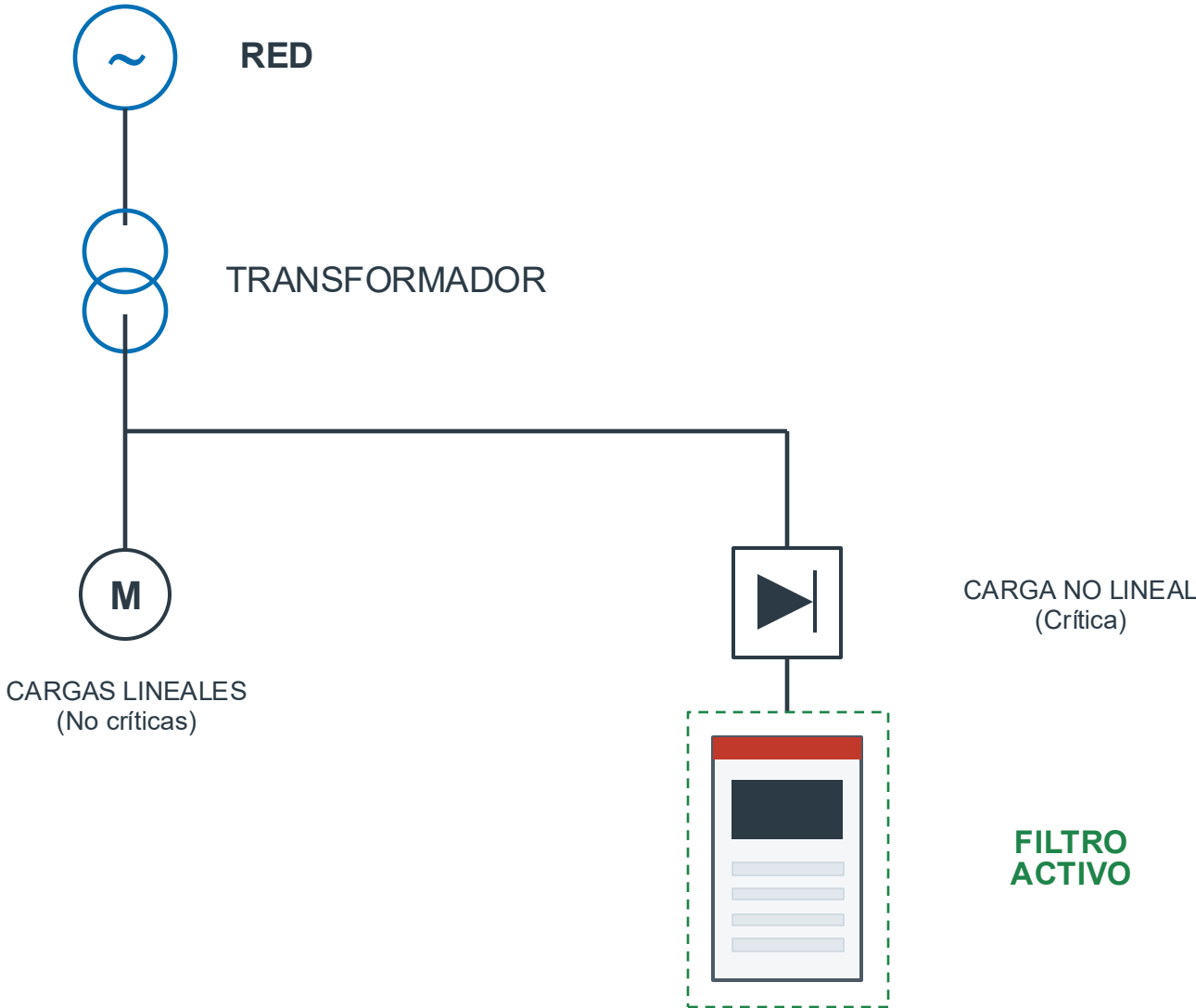
El filtro activo se instala en el punto común de acoplamiento (PCC), protegiendo toda la instalación.



Protege a la red de los armónicos generados por las cargas no lineales.

2. INSTALACIÓN AGUAS ABAJO

El filtro activo se instala cerca de la carga no lineal, aislando la distorsión en el punto de origen.



Aísla y compensa los armónicos en el origen, evitando que se propaguen al resto del sistema.

CASOS DE ÉXITO MULTIGROUP HOSPITAL CIMA

CORRECCIÓN DE FACTOR DE POTENCIA



CLIENTE:
Multigroup / ZF Tuboacero



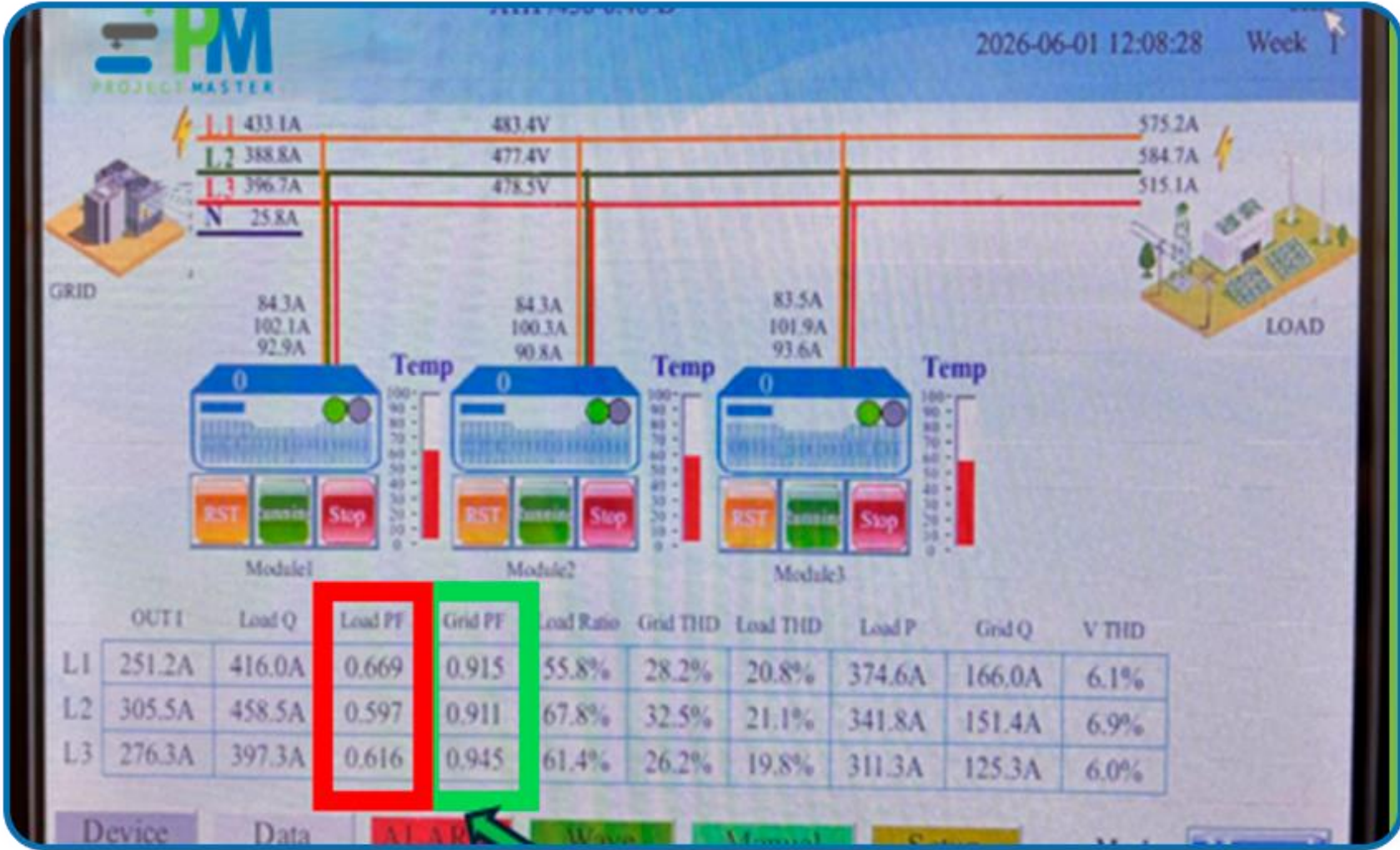
RETO:
Incrementar el factor de potencia de 0.7 a 0.95 en una planta con muchos VFD y máquinas de soldadura de arco



SOLUCIÓN:
Análisis de calidad de energía e instalación de filtros activos de 360 kVAR y 200 kVAR.



IMPACTO:
Evitar la penalización por bajo Factor de Potencia logrando un **ROI: <22 meses**



MITIGACIÓN CRÍTICA DE ARMÓNICOS



Monitorización de Calidad de Energía en Tiempo Real

Antes (THD 32%)



Después (THD 5%)



CLIENTE:
Hospital Cima



RETO:
Armónicos severos que comprometían la estabilidad de la red eléctrica del hospital.



SOLUCIÓN:
Modelado e instalación de sistema de mitigación con Filtro Activo AHF.



IMPACTO:
Reducción del THD del 32% al 5% en segundos, mejorando la calidad de energía y protegiendo los equipos médicos.

Cómo seleccionar y dimensionar SVG (Static Var Generator)

79

Cálculo del Factor de Potencia de Desplazamiento (Cos φ)

Relación entre la potencia activa y la potencia aparente a la frecuencia fundamental de 60 Hz

¿Qué es el Cos φ ?

El Factor de Potencia de Desplazamiento (Cos φ), también llamado Factor de Potencia a Frecuencia Fundamental (60 Hz), es la relación que existe entre la Potencia Activa (kW) y la Potencia Aparente (kVA) a frecuencia fundamental. En esa relación está involucrada, por supuesto, la Potencia Reactiva a 60 Hz (kVAR).

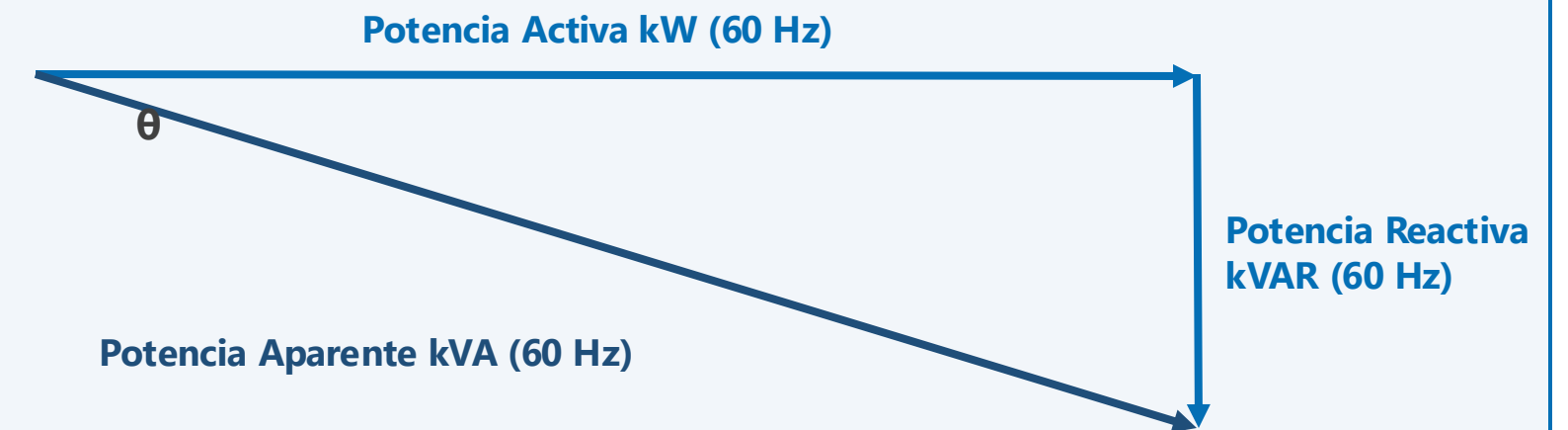
Componentes del triángulo

Potencia Activa kW (60 Hz): energía que realiza trabajo útil.

Potencia Reactiva kVAR (60 Hz): energía de magnetización, no produce trabajo.

Potencia Aparente kVA (60 Hz): suma vectorial de ambas; define la demanda al sistema.

Triángulo de potencias a 60 Hz



$$FPD = kW_{60Hz} / kVA_{60Hz} = \cos \theta$$

$$kVA_{60Hz} = \sqrt{kW_{60Hz}^2 + kVAR_{60Hz}^2}$$

El Cos φ solo considera la componente fundamental de 60 Hz: no refleja el efecto de las corrientes armónicas.

Cálculo del Factor de Potencia Verdadero

Producto del Factor de Potencia de Desplazamiento por el Factor de Potencia Distorsionante

¿Qué es el FPV?

El Factor de Potencia Verdadero (FPV) es el resultado del producto entre el Factor de Potencia de Desplazamiento ($\cos \varphi$) y un Factor de Potencia Distorsionante (FPDist).

Este último es el que se produce por la afectación de la Distorsión de Corrientes Armónicas (THDi) en la red eléctrica que se presenta en el punto de medición.

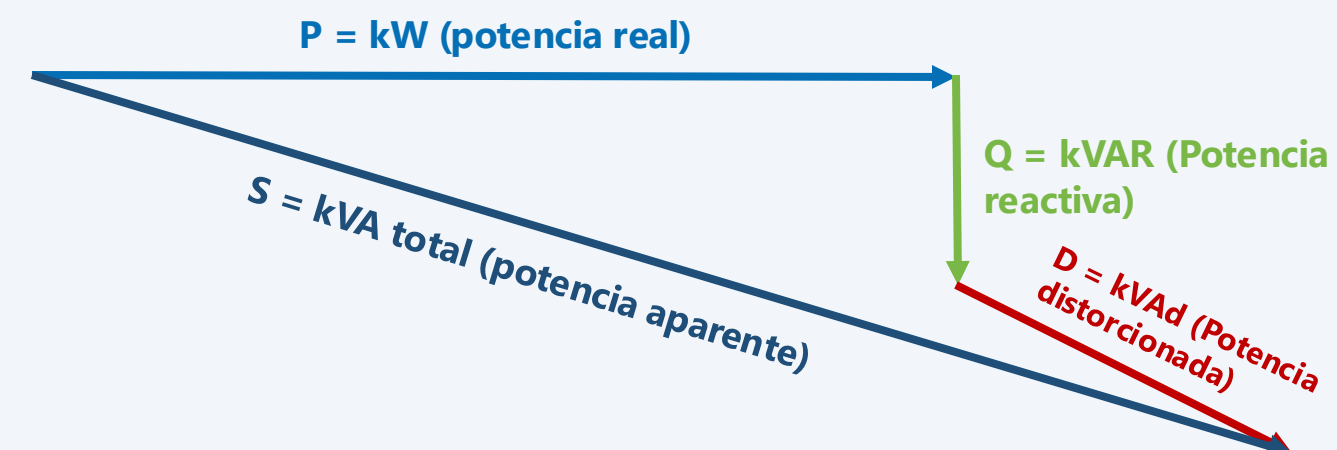
Potencias involucradas

P = kW (potencia real) y Q = kVAR (potencia reactiva a 60 Hz).

D = kVAd (potencia de distorsión), aportada por las corrientes armónicas.

S = kVA (potencia aparente total), suma vectorial de P, Q y D.

Tetraedro de potencias con armónicas



$$\text{FPV} = \text{kW}_{\text{RMS}} / \text{kVA}_{\text{RMS}} = \cos \theta'$$

$$\text{kVA}_{\text{RMS}} = \sqrt{\text{kW}_{60}^2 + \text{kW}_h^2 + \text{kVAR}_{60}^2 + \text{kVAR}_h^2}$$

$$\text{F.P. Verdadero} = \cos \theta_1 \times \frac{1}{\sqrt{1 + \text{THD}_i^2}}$$

$$\text{F.P. Distorsionante} = \frac{1}{\sqrt{1 + \text{THD}_i^2}}$$

Datos mínimos y ventana de medición

La calidad de la selección depende más del perfil temporal que de una lectura puntual.

LO PRIMERO ES ANALIZAR LA FACTURA: FP, MULTA



@CE+
FACTURAS
Agencia: 7 - OROTINA
Nise: 2495332
Servicio: 74170700101
Cliente:

Instituto Costarricense de Electricidad
Negocio Distribución y Comercialización
Historial de Facturas
del 01/06/2025 al 03/07/2026

Fecha: 03/07/2026
Hora: 10:33 AM
Página: 1 de 1
versión 2.0

Ciclo: 7
Estado: OCUPADO
Constante: 7,000.000

Medidor: 1101010 Tarifa: 22 - T-CO

Fecha	Energía	Demanda	F. Potencia	F. Carga	C/KWH	Monto Energía	Monto Demanda	Monto Facturado
06/2026	258,855	974.40	0.82	0.35	100.94	15,445,877.85	9,609,220.99	26,129,410.00
05/2026	257,426	982.80	0.83	0.36	101.03	15,360,609.42	9,692,059.10	26,006,900.00
04/2026	259,185	896.70	0.78	0.38	99.57	15,465,568.95	8,842,968.46	25,805,820.00
03/2026	307,985	976.50	0.77	0.47	99.20	18,377,464.95	9,629,930.52	30,552,495.00
02/2026	252,553	968.10	0.79	0.36	103.28	15,069,837.51	9,547,092.41	26,083,100.00
01/2026	178,134	905.10	0.80	0.27	122.94	11,187,705.87	9,394,687.29	21,899,050.00
12/2025	231,672	892.50	0.79	0.35	121.65	16,244,840.64	10,342,727.33	28,182,840.00
11/2025	271,994	915.60	0.79	0.40	115.13	19,072,219.28	10,610,421.44	31,315,190.00
10/2025	274,433	858.90	0.77	0.46	113.08	19,243,241.96	9,953,354.06	31,032,180.00
09/2025	264,546	865.20	0.81	0.40	112.82	18,549,965.52	10,026,361.55	29,845,515.00
08/2025	283,953	919.80	0.84	0.41	110.89	19,910,784.36	10,659,093.10	31,486,390.00
07/2025	225,595	844.20	0.77	0.36	121.49	15,818,721.40	9,783,003.26	27,408,550.00
06/2025	235,435	903.00	0.81	0.36	120.16	16,508,702.20	10,464,406.47	28,290,970.00
Fecha	Alumbrado	Alquiler	Imp. Ventas	Recargo BFP	Trans. Eléctrica	Créditos	Débitos	Canc. Atrasada
06/2026	135,000.00	0.00	0.00	937,484.97	0.00	1.21	1,827.40	0.00
05/2026	135,000.00	0.00	0.00	817,402.57	0.00	0.00	1,828.91	0.00
04/2026	135,000.00	0.00	0.00	1,360,456.69	0.00	1.50	1,827.40	0.00
03/2026	135,000.00	0.00	0.00	1,625,832.43	0.00	0.00	1,828.90	782,438.20
02/2026	135,000.00	0.00	0.00	1,329,341.98	0.00	0.00	1,828.10	0.00
01/2026	140,400.00	0.00	0.00	1,174,335.91	0.00	2.47	1,923.40	0.00
12/2025	153,000.00	0.00	0.00	1,440,126.59	0.00	1.96	2,147.40	0.00
11/2025	153,000.00	0.00	0.00	1,477,400.45	0.00	0.00	2,148.83	0.00
10/2025	153,000.00	0.00	0.00	1,680,436.40	0.00	0.00	2,147.58	0.00
09/2025	153,000.00	0.00	0.00	1,114,040.17	0.00	0.00	2,147.76	0.00
08/2025	153,000.00	0.00	0.00	761,363.79	0.00	0.00	2,148.75	0.00
07/2025	153,000.00	0.00	0.00	1,651,675.88	0.00	0.00	2,149.46	0.00
06/2025	153,000.00	0.00	0.00	1,162,711.83	0.00	0.00	2,149.50	0.00

Facturas por Servicio / Cliente: 13

DESPUÉS LA MEDICIÓN

Registrar

kW, kvar con signo, PF, tensión, corriente y estado de bancos existentes.

Sincronizar

Mismo intervalo y sello de tiempo. Conservar máximos, P95 y eventos.

Cubrir

Ciclo representativo: turnos, producción, fines de semana y carga baja.

Separar

Operación normal de arranques, fallas, transferencias o maniobras atípicas.

Intervalo recomendado

1 a 5 min para cargas variables; 15 min para demanda estable y correlación tarifaria. Para cargas muy rápidas, añadir registro de subciclo/eventos.

Criterio de selección de un SVG

El SVG debe cubrir la necesidad reactiva durante la condición operativa que define la demanda del sistema.

NO

Promedio simple de kvar

Puede ocultar periodos de alta exigencia y subdimensionar el equipo.

NO

Máximo absoluto sin contexto

Puede ser un evento aislado, arranque o maniobra, y sobredimensionar la solución.

SÍ

kvar coincidente con demanda máxima

Tomar el kvar registrado en el mismo intervalo del máximo kW representativo. Aplicar margen y redondear a módulos comerciales. Contrastar con P95 para detectar si la condición es recurrente.

Idea clave: coincidencia temporal, no mezcla de máximos de horas distintas.

Dimensionamiento de SVG: dos métodos de cálculo

Ambos métodos compensan solamente el reactivo necesario para alcanzar el factor de potencia objetivo.

MÉTODO 1

RECOMENDADO

Basado en kvar coincidente

Datos requeridos

P_{max} [kW] • Q coincidente [kvar] • FP objetivo • Margen M • Factor de altitud

$$Q_{SVG} = [Q_{coinc} - P_{max} \tan(\cos^{-1} FP_{obj})] (1 + M) F_{alt}$$

Preferido cuando existe un perfil de carga con analizador de energía con kW y kvar sincronizados.

MÉTODO 2

Basado en factor de potencia

Datos requeridos

P_{max} [kW] • FP actual • FP objetivo • Margen M • Factor de altitud

$$Q_{SVG} = P_{max} [\tan(\cos^{-1} FP_{actual}) - \tan(\cos^{-1} FP_{obj})] (1 + M) F_{alt}$$

Útil cuando solo se dispone de demanda máxima y FP asociado.

Criterio: Qcoinc debe corresponder al mismo intervalo de Pmáx. No usar promedio de FP ni máximos de horas distintas.

Mediciones y dimensionamiento con FP objetivo 0,95

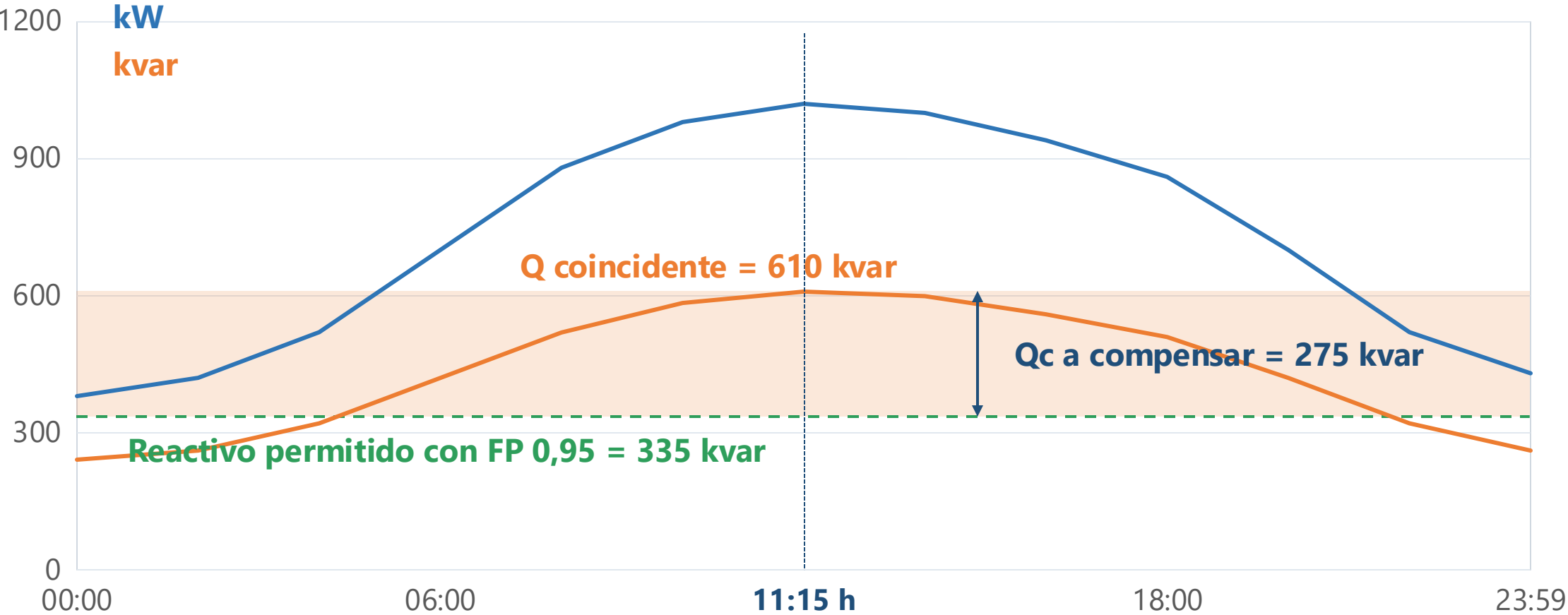
Punto de máxima operación:
11:15 h

Potencia activa P
1.020 kW

Reactivo coincidente
610 kvar

FP actual
0,86

FP objetivo
0,95



Cálculo del SVG con FP objetivo

$Q_{SVG} = Q_{coincidente} - P \times \tan(\arccos FP_{obj})$
 $P \times \tan(\arccos 0,95) = 1.020 \times 0,3287 = 335 \text{ kvar}$
 $Q_{SVG} = 610 - 335 = 275 \text{ kvar}$
Margen de ingeniería 1,10 a 1,20
 $Q_{diseño} = 275 \times 1,20 = 330 \text{ kvar}$

Selección práctica: 4 × 100 kvar = 400 kvar
Reserva nominal: 70 kvar

Por qué se resta

No se compensa todo el reactivo: se descuenta el que puede quedar y aun así cumplir el FP de 0,95. (reactivo permitido)

Lectura del gráfico

La banda naranja es el reactivo a compensar; la línea verde marca el nivel permitido con FP 0,95.

Criterio de datos

kvar coincidente con el máximo kW representativo, contrastado con P95 y con margen de 10% a 20%.

Método 1: Qc a compensar

Solo se compensa el reactivo necesario para llegar al FP objetivo de 0,95

Datos medidos

Demanda máxima P **1.020 kW**

kvar coincidente **610 kvar**

FP objetivo **0,95**

Margen de ingeniería **1,10 a 1,20**

Cálculos

$$Q_{SVG} = Q_{coincidente} - P \times \tan(\arccos FP_{obj})$$

$$Q_{Permitido} = \tan(\arccos 0,95) = 0,3287 \text{ kvar}$$

$$Q_{SVG} = 610 - (1.020 \times 0,3287) = (610 - 335)$$

$$Q_{SVG} = 275 \text{ kvar}$$

$$Q_{diseño} = 275 \times 1,20 = 330 \text{ kvar}$$

Resultado del cálculo

Q diseño = 330 kvar

Selección práctica

Módulos

4 × 100 kvar

Capacidad instalada

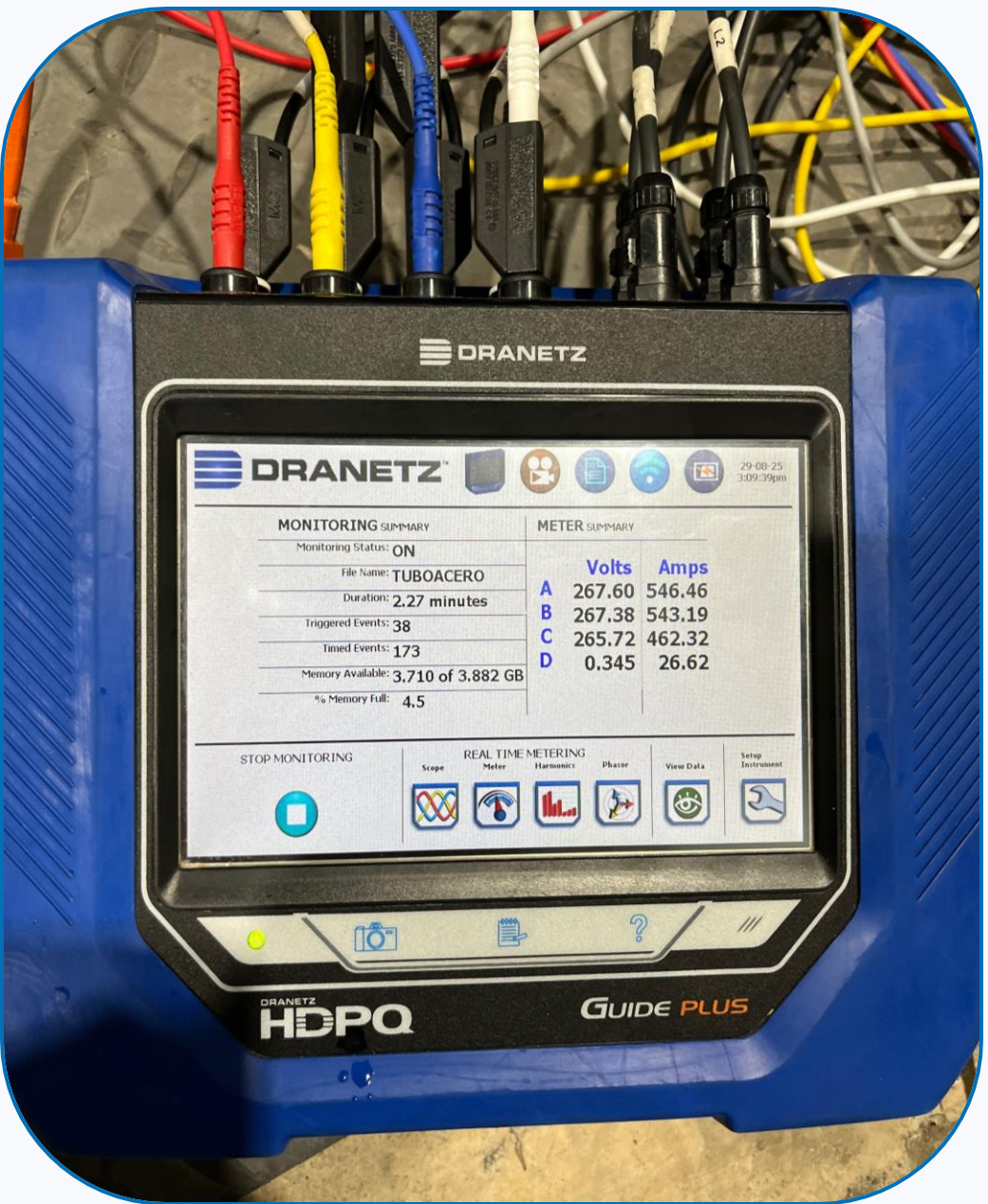
400 kvar

Reserva nominal

125 kvar

Reactivo permitido

335 kvar



Antes de comprar: confirmar escalabilidad, límite térmico, CT, 3P3W/3P4W, corriente de neutro y respuesta del control.

Método 2: dimensionamiento con factor de potencia objetivo 0,95

Cálculo del SVG a partir de los kW y kvar medidos

Datos medidos

Demanda máxima P **1.020 kW**

kvar (P95) **580 kvar**

FP objetivo **0,95**

Margen de ingeniería **1,20**

Cálculos

$$S = \sqrt{(1.020^2 + 580^2)} = 1.173 \text{ kVA}$$

$$FP \text{ actual} = P / S = 1.020 / 1.173 = 0,87$$

$$Q_c = P \times [\tan(\arccos FP_1) - \tan(\arccos FP_2)]$$

$$Q_c = 1.020 \times (0,569 - 0,329) = 245 \text{ kvar}$$

$$Q \text{ diseño} = 245 \times 1,20 = 294 \text{ kvar}$$

Resultado del cálculo

Q diseño = 294 kvar

Selección práctica

Módulos

3 × 100 kvar

Capacidad instalada

300 kvar

Reserva nominal

6 kvar

Configuración

Modular bidireccional



Antes de comprar: confirmar escalabilidad, límite térmico, CT, 3P3W/3P4W, corriente de neutro y respuesta del control.

Cargo por bajo factor de potencia — Norma SUCOM, Artículo 41

Supervisión de la comercialización del suministro eléctrico en baja y media tensión

Artículo 41. Cargo por bajo factor de potencia

La determinación del factor de potencia se rige por la norma técnica AR-NT-SUMEL, «Supervisión del uso, funcionamiento y control de medidores de energía eléctrica».

El cargo mensual se aplica cuando el factor de potencia registrado queda por debajo del valor normado para el rango de demanda máxima del cliente, y se calcula para cada período horario.

Demanda máxima $\leq$ 1.000 kW

FP inferior a 0,90

Demanda máxima $>$ 1.000 kW y $\leq$ 5.000 kW

FP inferior a 0,95

Demanda máxima $>$ 5.000 kW

FP inferior a 0,98

Fórmula de cálculo del cargo

$$\text{C.B.F.P.} = \left(\text{fpn} / \text{fpr} \right) \times \text{M.D.M.}$$

En donde

C.B.F.P.

Cargo por bajo factor de potencia

fpn

Factor de potencia normado para el rango de demanda correspondiente

fpr

Factor de potencia promedio registrado en el período a facturar

M.D.M.

Monto del cobro de la Demanda Máxima

Mantener el factor de potencia por encima del valor normado evita el cargo y libera capacidad en la instalación.

Cómo seleccionar y dimensionar AHF (Active Harmonic Filter)

89

Cálculo y dimensionamiento de un filtro activo (AHF / APF)

Procedimiento de ingeniería: datos de campo, corriente armónica y capacidad total del filtro

1. Recolección de datos de campo (PCC)

I_{rms} · Corriente eficaz total de la carga **Amperes (A)**

THDi · Distorsión armónica total de corriente **decimal (40 % = 0,40)**

Fp · Factor de potencia total de la carga **adimensional**

V_{red} · Tensión de línea nominal del sistema **V**

Uso de los datos

I_{rms} y **THDi** definen la corriente armónica que el filtro debe generar en contrafase.

Fp determina el reactivo fundamental **I_r** cuando además se compensa el factor de potencia.

V_{red} fija la tensión nominal del equipo y la configuración **3P3W** o **3P4W**.

Paso 1 · Corriente armónica requerida (I_h)

Porción de corriente distorsionada que el filtro debe cancelar.

$$I_h = \frac{I_{rms}}{\sqrt{1 + \frac{1}{THD_i^2}}}$$

Paso 2 · Capacidad total del filtro (I_f)

I_r (corriente reactiva a 60 hz) e I_h (armónica) se suman vectorialmente, no lineal.

$$I_f = \sqrt{I_r^2 + I_h^2}$$

**Resultado: capacidad comercial en A RMS
(100 A, 120 A, 150 A)**

El AHF/APF inyecta corriente en contrafase para **cancelar las corrientes armónicas** de la carga y, **opcionalmente, compensar el factor de potencia**.

***Selección del THDi: usar el valor coincidente con la I_{rms} de nominal (o demanda máxima o P95), no el THDi máximo absoluto, que suele ocurrir a carga baja.**

Verificar además el intervalo donde el producto I_{rms} × THDi sea mayor y dimensionar el filtro con el caso más exigente de los dos.

PORTAFOLIO COMPLETO DE SERVICIOS



Plataforma de gestión IoT para iluminación



Iluminación solar de alta gama



Mantenimiento de tableros y transformadores



Reparación de equipos electrónicos (Variadores, tarjetas)



Plataforma de monitoreo de variables críticas

ISO 50001 MEJORA CONTINUA

Comprometidos con la eficiencia y la mejora continua.

Medición continua de calidad de energía



Auditorías energéticas con medidas remediales



Implementación de Sistema de Gestión de Energía



Compensación de potencia y armónicos



Sistemas de puesta a tierra y pararrayos





TU PROYECTO, NUESTRO COMPROMISO. ¡INICIEMOS!



COSTA RICA

Ofibodegas Ampere, 75 metros sur del
Banco Popular de Moravia, San José



PANAMÁ

Corregimiento Betania.
Edificio Siglo XXI, oficina 34. Calle Juan Pablo II



aaguero@projectmastercr.com



projectmastercr.com

