



**1^{ER} ENCUENTRO SOBRE
CALIDAD DE ENERGÍA**
COLOMBIA • 2024

Tema:

Impacto de las tecnologías de la transición energética en la calidad de la potencia

Andrés Insuasty

Director área de eficiencia y calidad de la energía en Gers S.A.S.

GERS



Qué es la transición energética

Economía basada en el petróleo y el carbón



Economía sostenible



- Generación
- Transporte
- Calderas

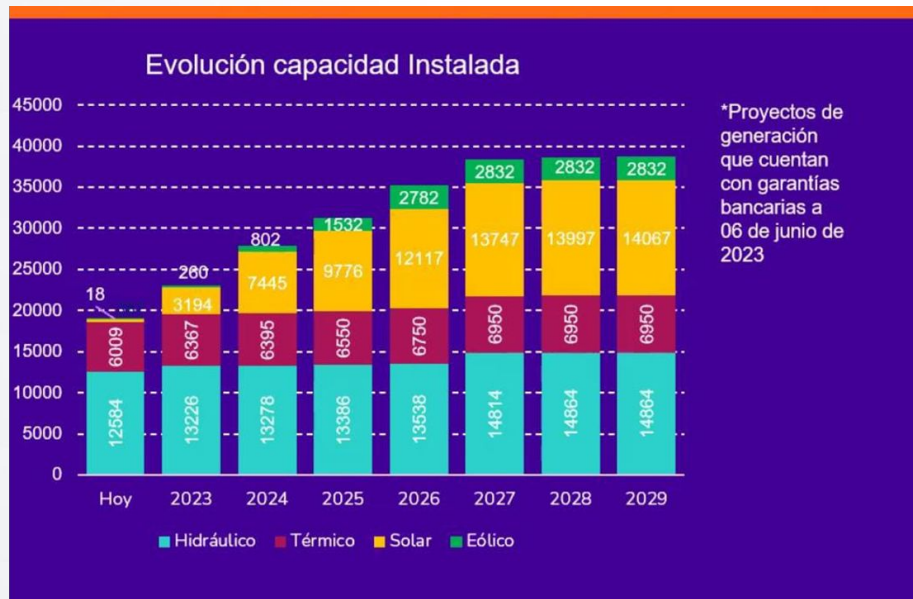


- Renovables
- Electrificación
- Combustibles verdes

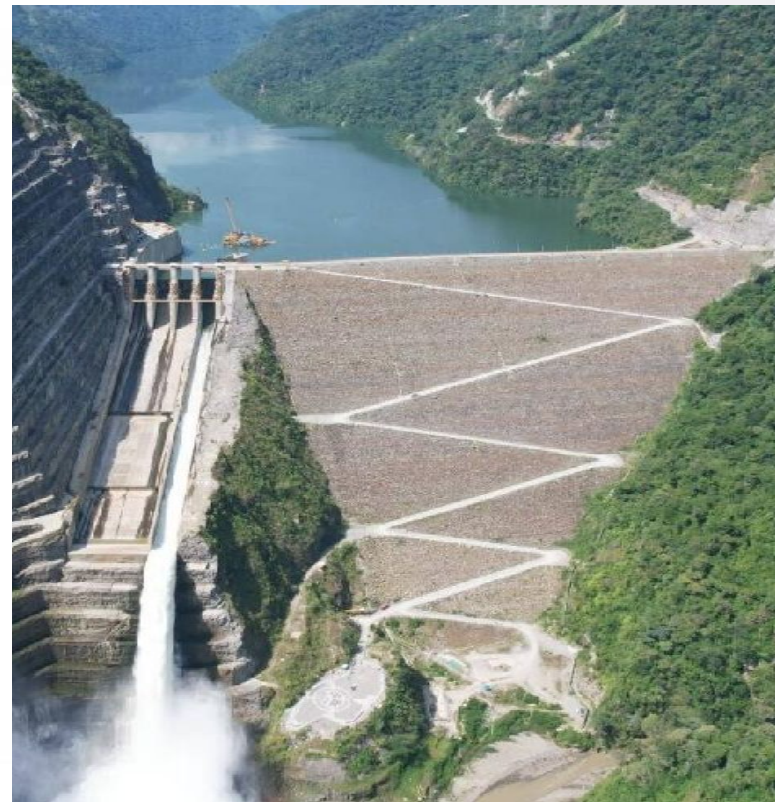


Parque de generación colombiano

Proyección a 2030



Fuente: UPME



Tecnologías de la transición



Generación Eléctrica

- Solar Fotovoltaica
- Eólica
- Mareomotriz
- Undimotriz
- Termosolar

Transmisión

- HVDC
- FACTS

Almacenamiento

- Baterías
- Bombeo reversible
- Almacenamiento térmico
- Pila de gravedad
- Aire comprimido

Uso final

- Vehículos
- Camiones
- Barcos
- Aviones
- Metro
- Ferrocarril
- Electrolizadores
- Iluminación LED

Vectores energéticos

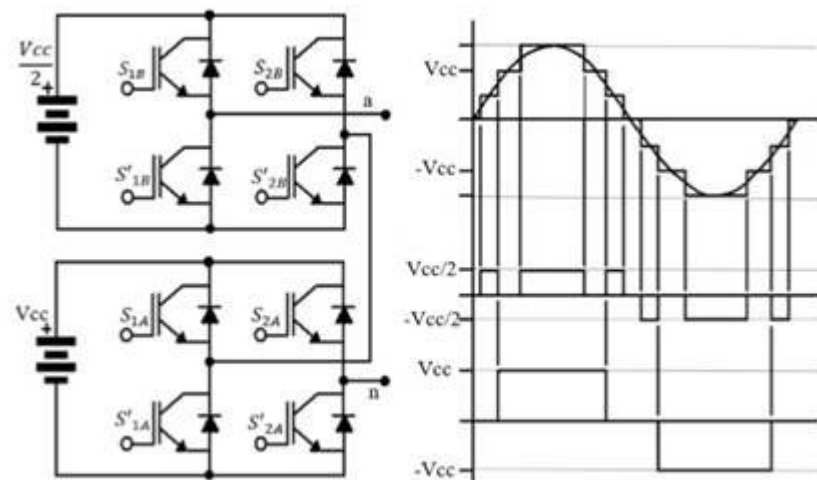
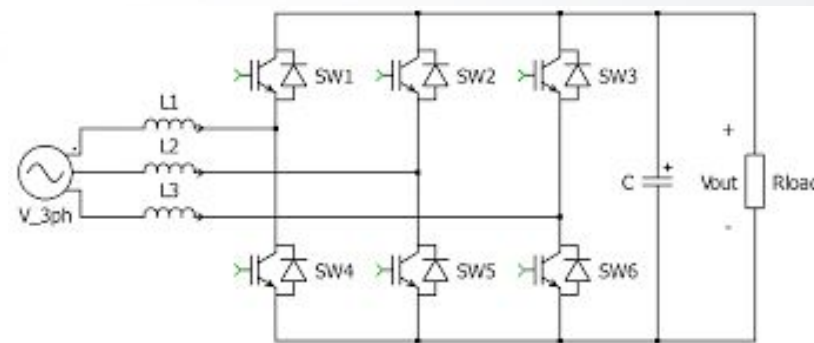
- Hidrógeno
- Gas natural
- Amoníaco



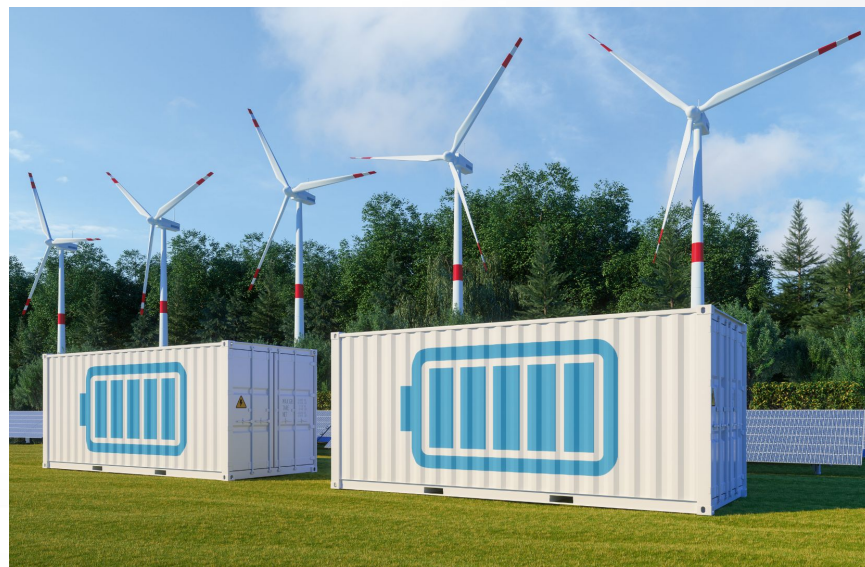
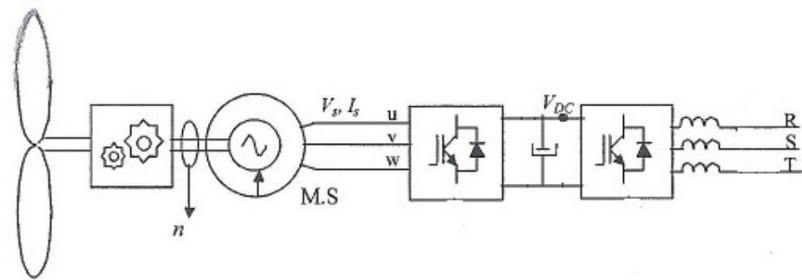
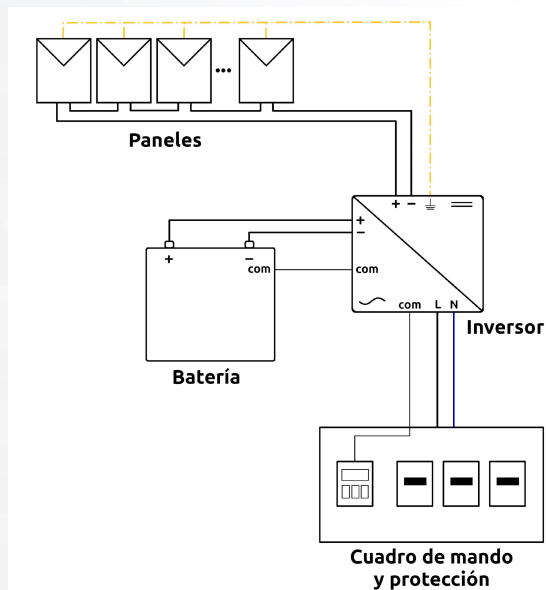
El rectificador - inversor

El rectificador convierte la corriente alterna en corriente continua. El inversor hace lo contrario.

Para escalas de red se utiliza electrónica de potencia, que requiere un complejo sistema de control para la correcta operación.



Electrónica de potencia



Problemas fundamentales de la electrónica de potencia

El control requiere una capa muy compleja de tecnología, lo cual se realiza con electrónica digital muy precisa y delicada desde el punto de vista eléctrico (compatibilidad)

La operación de la electrónica de potencia afecta de diversas formas a las redes de distribución y transmisión

Armónicos

Toda la electrónica de potencia genera armónicos aún cuando cuentan con filtros

Fluctuación de la tensión

La variación de la fuente primaria o de la carga puede producir fluctuación de la tensión

Transitorios

Los equipos ubicados en zonas con nivel cerámico elevado están expuestas a sobretensiones por impacto directo o por inducción

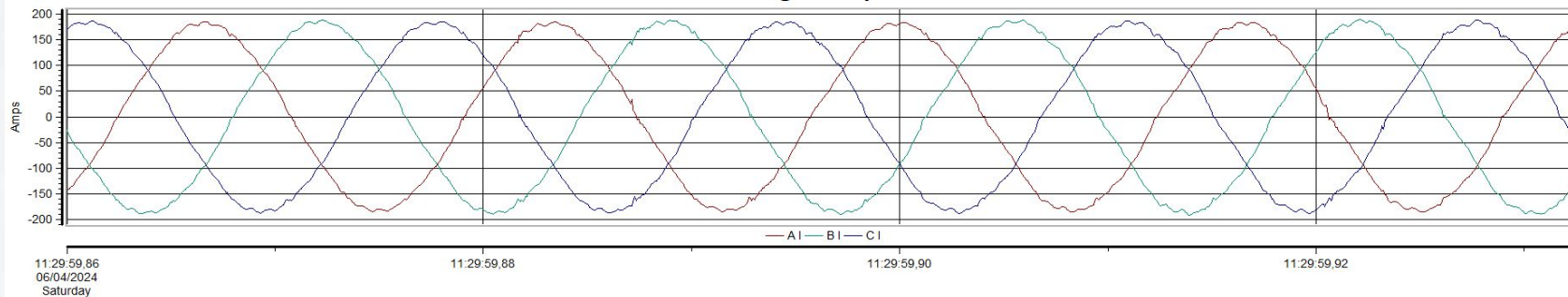
Factor de potencia

- La incorporación de renovables cambia el patrón de consumo dando lugar a un mal factor de potencia
- No hay un único método para calcular la potencia reactiva en demanda con armónicos

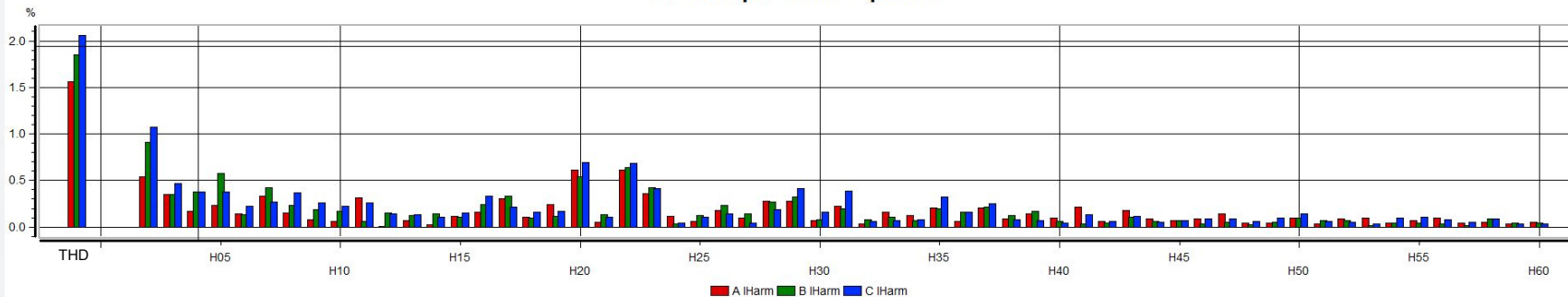


Armónicos

Oscilografía típica



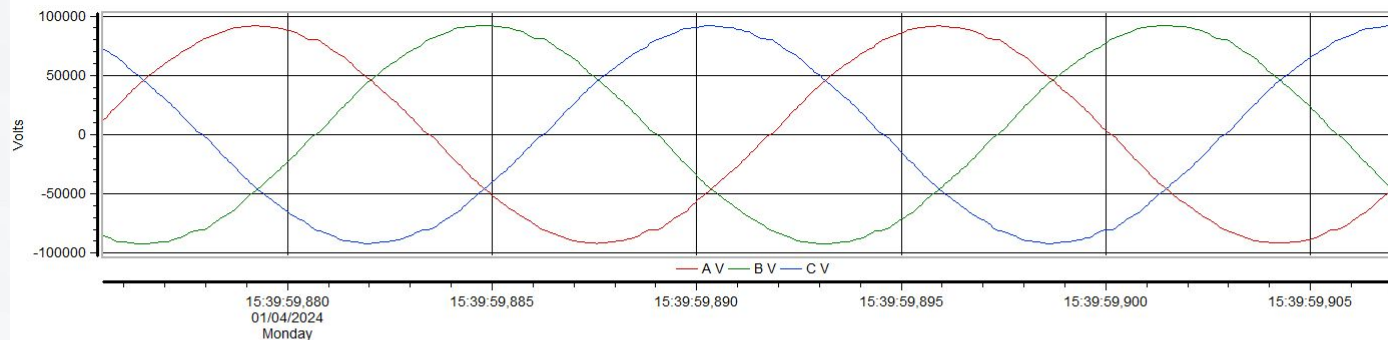
Descomposición espectral



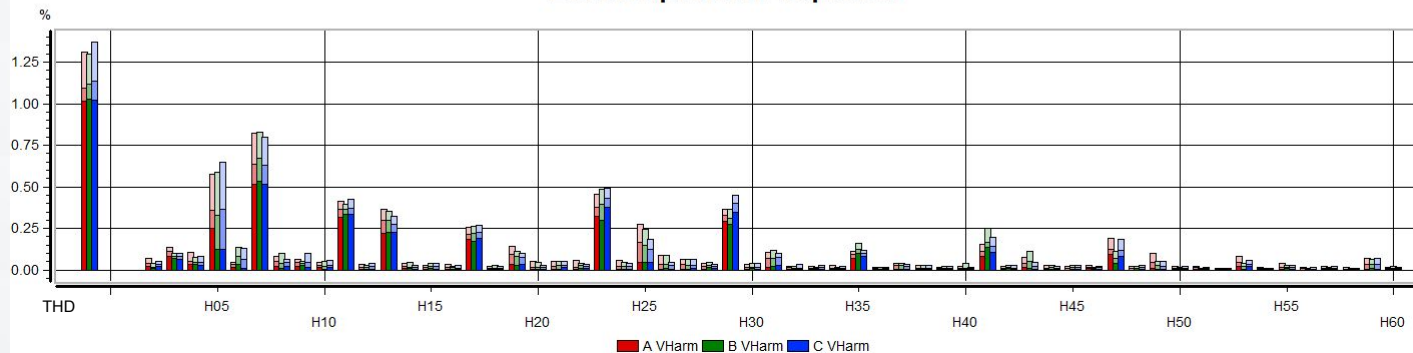
Corriente de salida inversor 215 kWp – 800 V

Armónicos

Oscilografía típica

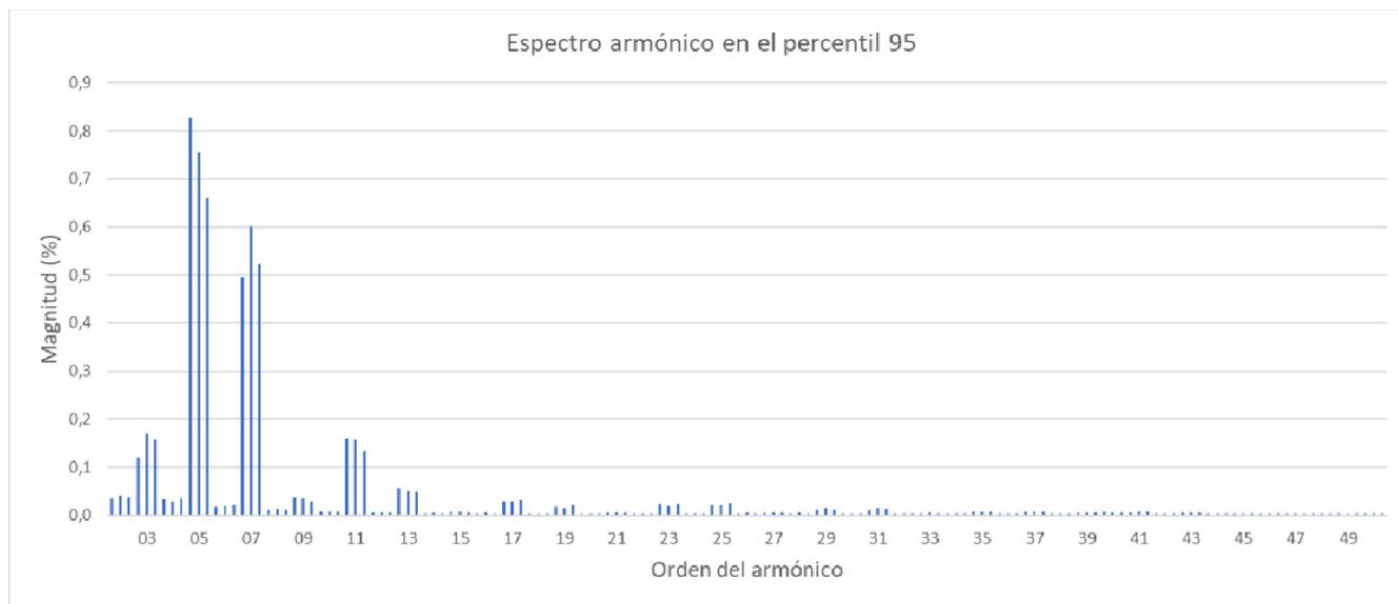


Descomposición espectral



Tensión en subestación de conexión a 110 kV

Armónicos



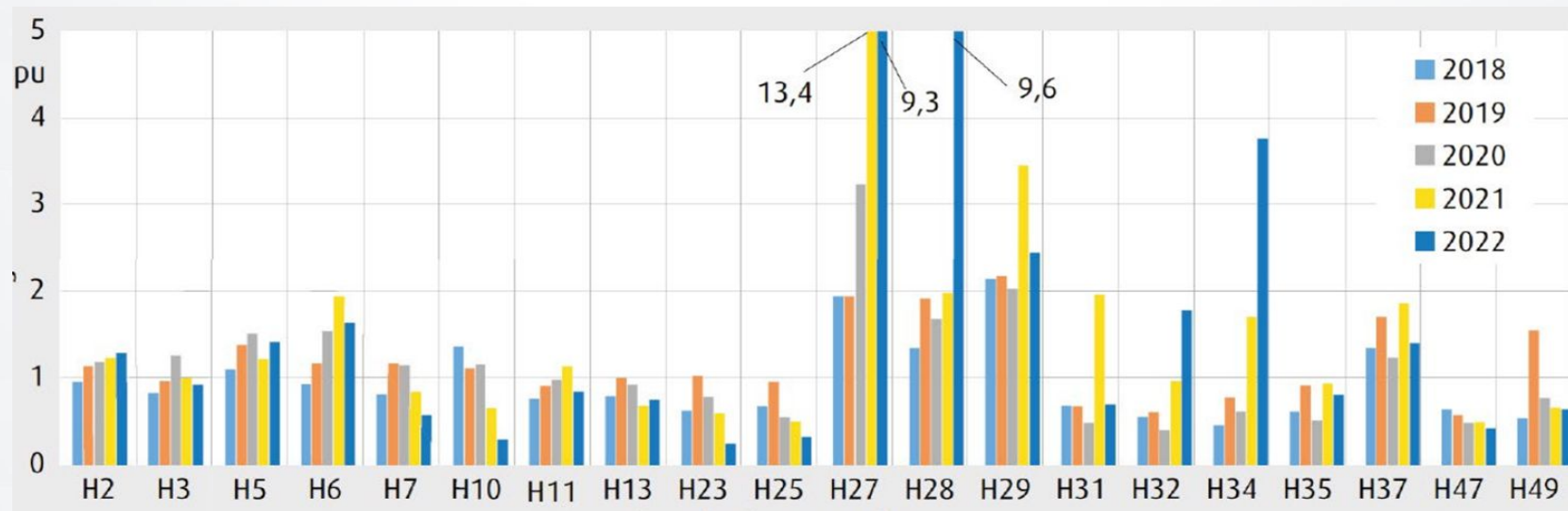
Espectro armónico de la tensión en la barra a 220 kV de la subestación (P95)

Colombia, 2023



**1^{ER} ENCUENTRO SOBRE
CALIDAD DE ENERGÍA**
COLOMBIA • 2024

Armónicos



- Subestación Unterweser, Suiza, 2022
- Armónicos de tensión (66 kV, 50 Hz)

Armónicos

Efectos en el sistema



Pérdidas de energía



Riesgo de resonancia



Interferencia en comunicaciones



Error en medida de energía



Puntos calientes en neutro



En cuanto a los resultados obtenidos de las mediciones del Nexus 1252 y el medidor Landis del cliente real, se tiene un error relativo del 3.582% en el registro de energía activa y del 3.801% en el registro de energía reactiva, lo que representa 103.5680kWh y 76.14kVA_{rh} para un periodo de 15 días de registro.

U. Salle, 2016



**1^{ER} ENCUENTRO SOBRE
CALIDAD DE ENERGÍA**
COLOMBIA • 2024

Armónicos

El reto de medir y controlar



Requiere un alto esfuerzo computacional



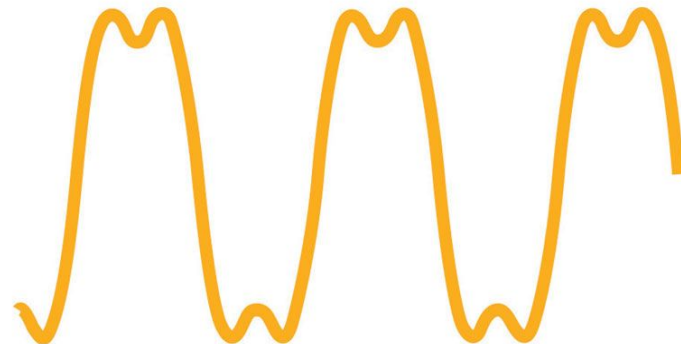
Requiere equipos y accesorios especiales



Requiere conocimiento para la interpretación y análisis



Requiere inversiones importantes para controlar



**1^{ER} ENCUENTRO SOBRE
CALIDAD DE ENERGÍA**
COLOMBIA • 2024

Armónicos

Cómo se miden en alta tensión



Requiere un alto esfuerzo logístico



Requiere ingeniería previa



Requiere conocimiento y experiencia en la técnica



Requiere inversiones para el acondicionamiento de señales



**1^{ER} ENCUENTRO SOBRE
CALIDAD DE ENERGÍA**
COLOMBIA • 2024

Armónicos

Divisor capacitivo



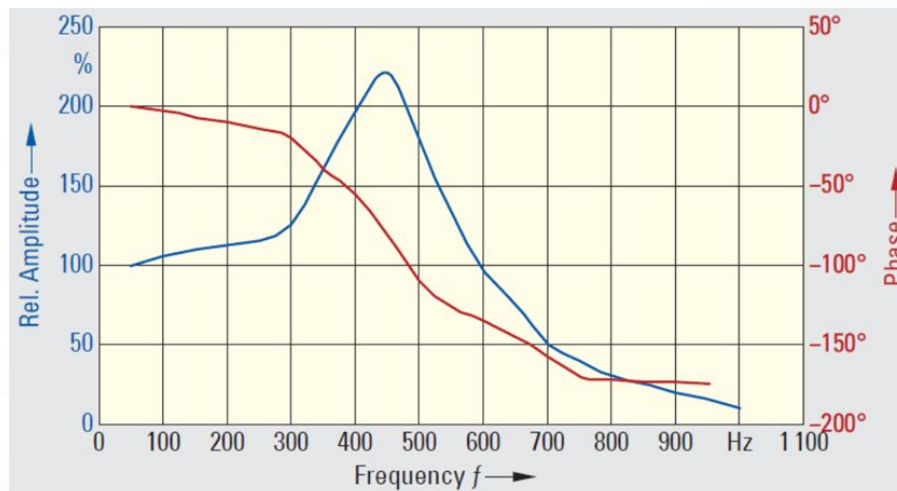
>75 kV



Hasta 80 Hz



Bajo costo



Power Quality Thailand, Ltd.



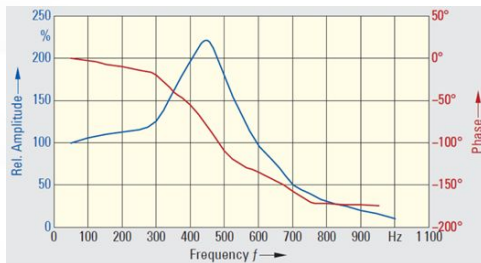
**1^{ER} ENCUENTRO SOBRE
CALIDAD DE ENERGÍA**
COLOMBIA • 2024

Armónicos

Acondicionamiento de señal



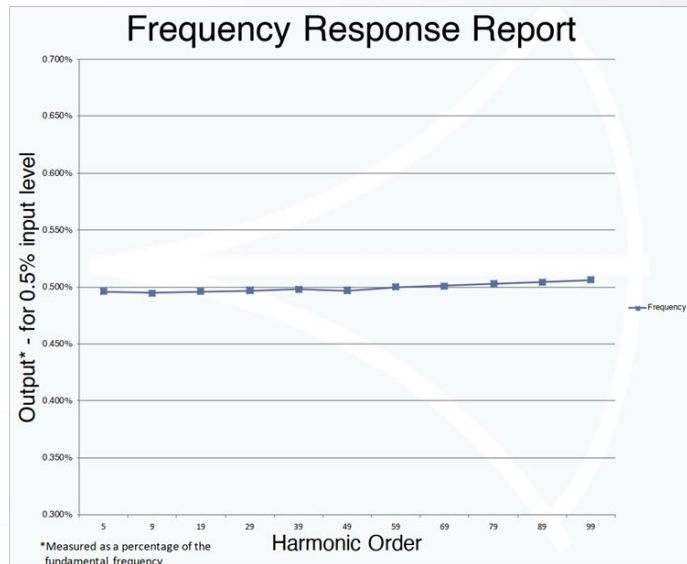
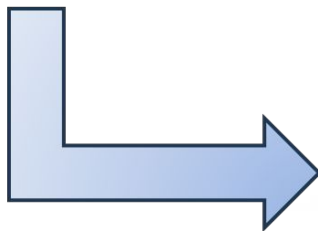
PQSensor®



Linealizador de
respuesta en frecuencia



Requiere intervención del CVT



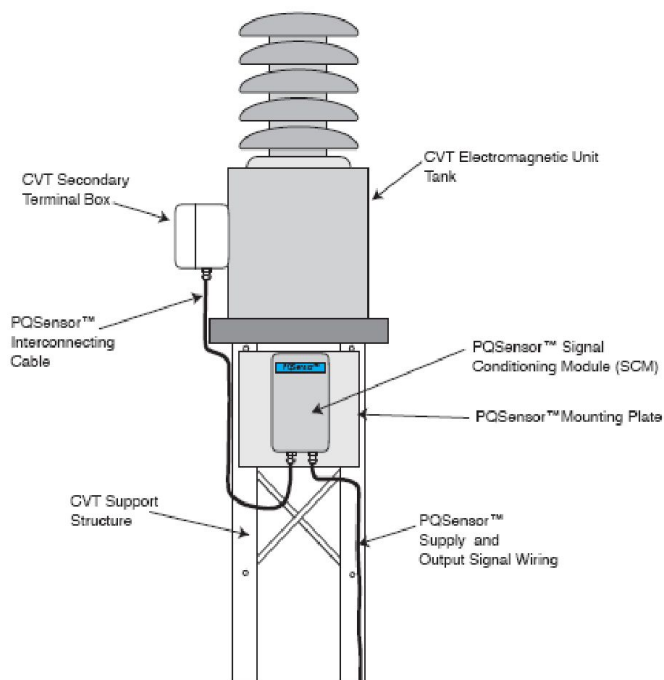
BVM Systems Ltd.



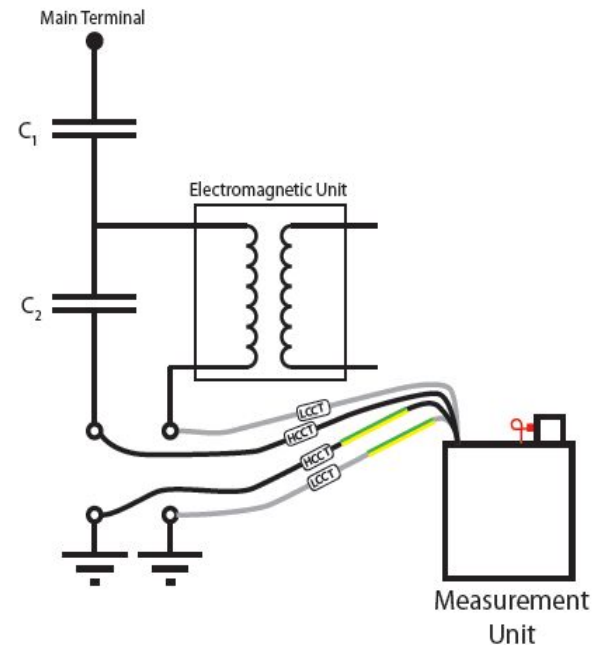
**1^{ER} ENCUENTRO SOBRE
CALIDAD DE ENERGÍA**
COLOMBIA • 2024

Armónicos

Acondicionamiento de señal

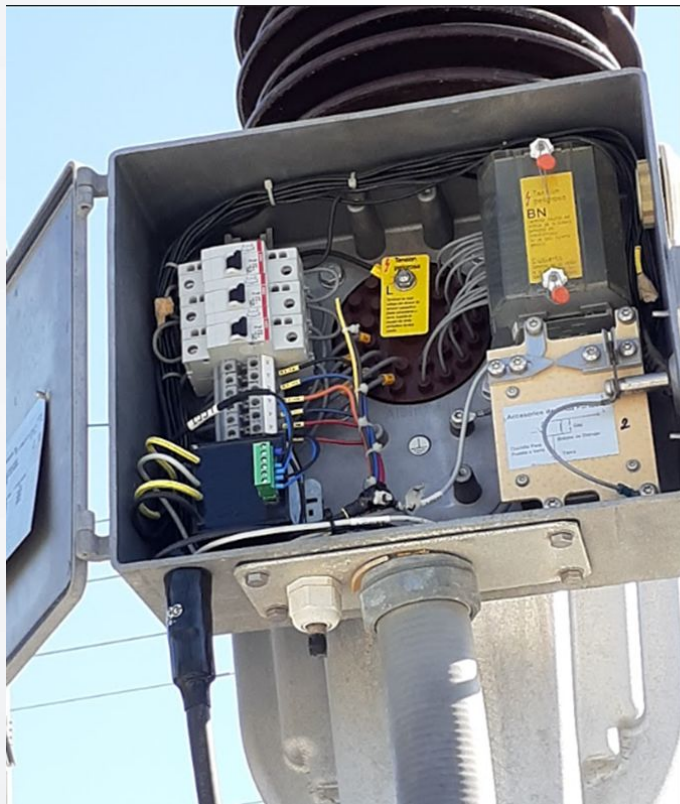


PQSensor™ - Installation



Armónicos

Acondicionamiento de señal



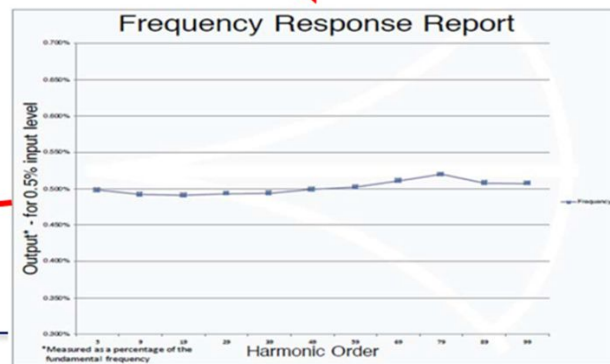
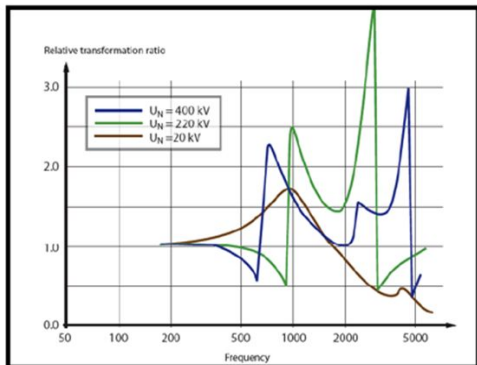
Armónicos

Acondicionamiento de señal



Armónicos

Acondicionamiento de señal



Fluctuación de la tensión (Flicker)



Es la variación sistemática de la tensión dentro de sus límites



Sensación de inestabilidad



Electrónica de potencia opera con menor eficacia



El control requiere fuertes inversiones

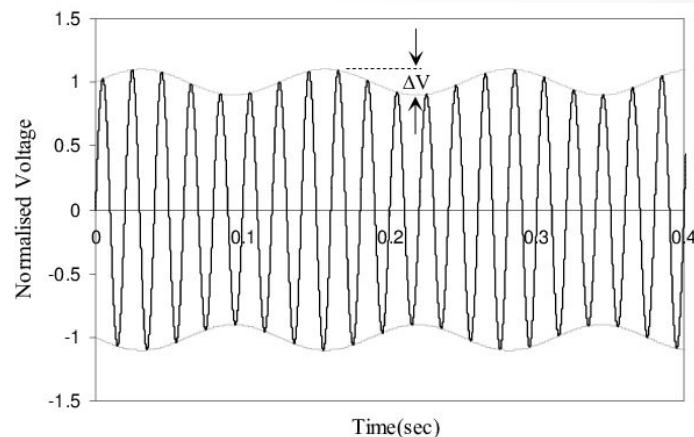


CREG 025-1995 -> NTC 5001

Tabla 3. Valores de referencia del Plt

Rango de Tensión	Valor de Referencia Plt
$V_n < 69 \text{ kV}$	1,0 p.u.
$V_n \geq 69 \text{ kV}$	0,8 p.u.

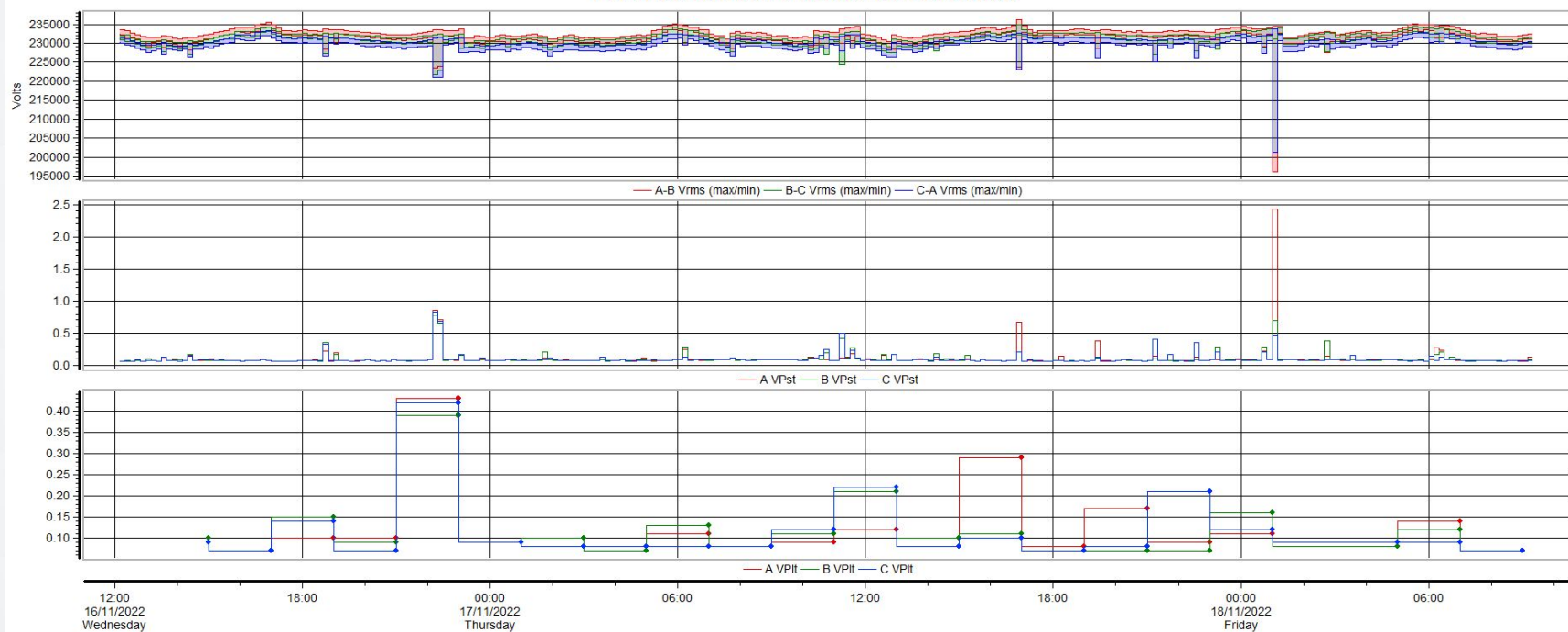
NTC 5001



1^{ER} ENCUENTRO SOBRE
CALIDAD DE ENERGÍA
COLOMBIA • 2024

Fluctuación de la tensión (Flicker)

Perfil de tensión e índice de severidad



Barra 220 kV del STN, 2023



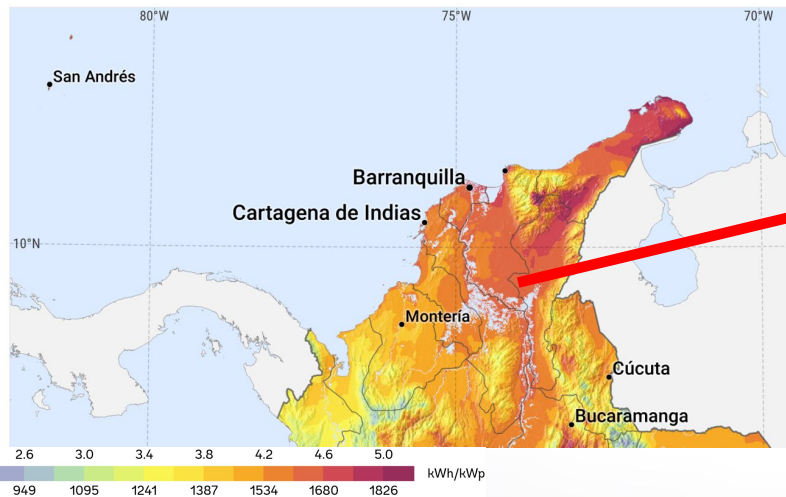
**1^{ER} ENCUENTRO SOBRE
CALIDAD DE ENERGÍA**
COLOMBIA • 2024

Transitorios electromagnéticos

Son variaciones muy rápidas de la tensión que suelen tener un valor pico muy elevado. Sus causas principales son los rayos y las maniobras de las redes eléctricas.

MAPA DE RECURSO SOLAR

POTENCIAL ELÉCTRICO FOTOVOLTAICO COLOMBIA



1^{ER} ENCUENTRO SOBRE
CALIDAD DE ENERGÍA
COLOMBIA • 2024

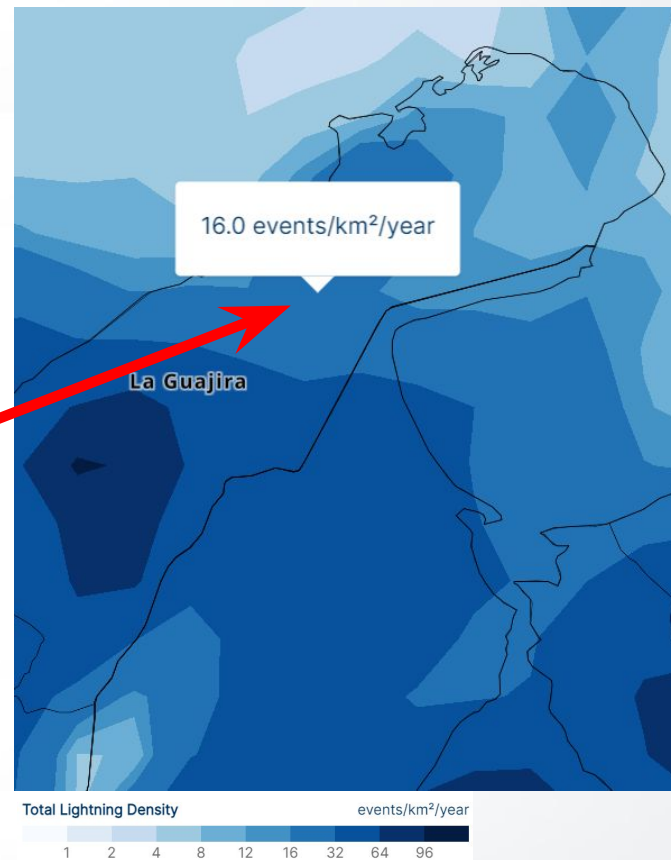
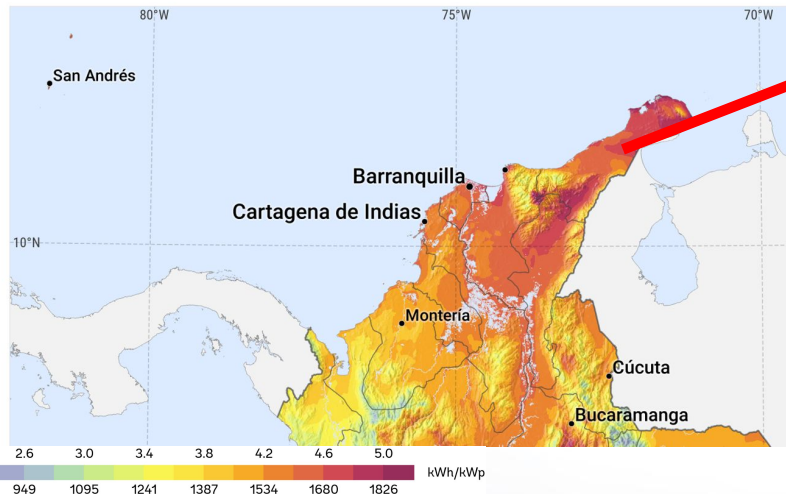
Transitorios electromagnéticos

La electrónica debe dotarse de protecciones adecuadas

MAPA DE RECURSO SOLAR

POTENCIAL ELÉCTRICO FOTOVOLTAICO

COLOMBIA

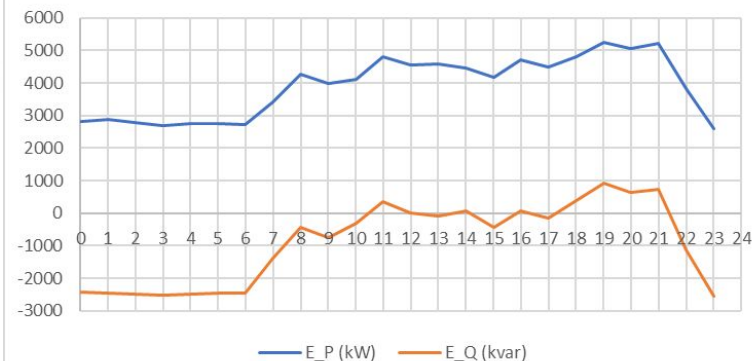


1^{ER} ENCUESTO SOBRE CALIDAD DE ENERGÍA
COLOMBIA • 2024

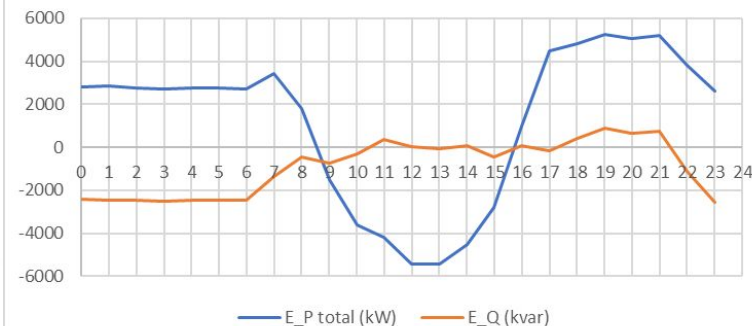
Transporte de potencia reactiva

Aun cuando el transporte de reactivos no es en sí mismo una perturbación de la calidad de la potencia, se debe incorporar en los análisis

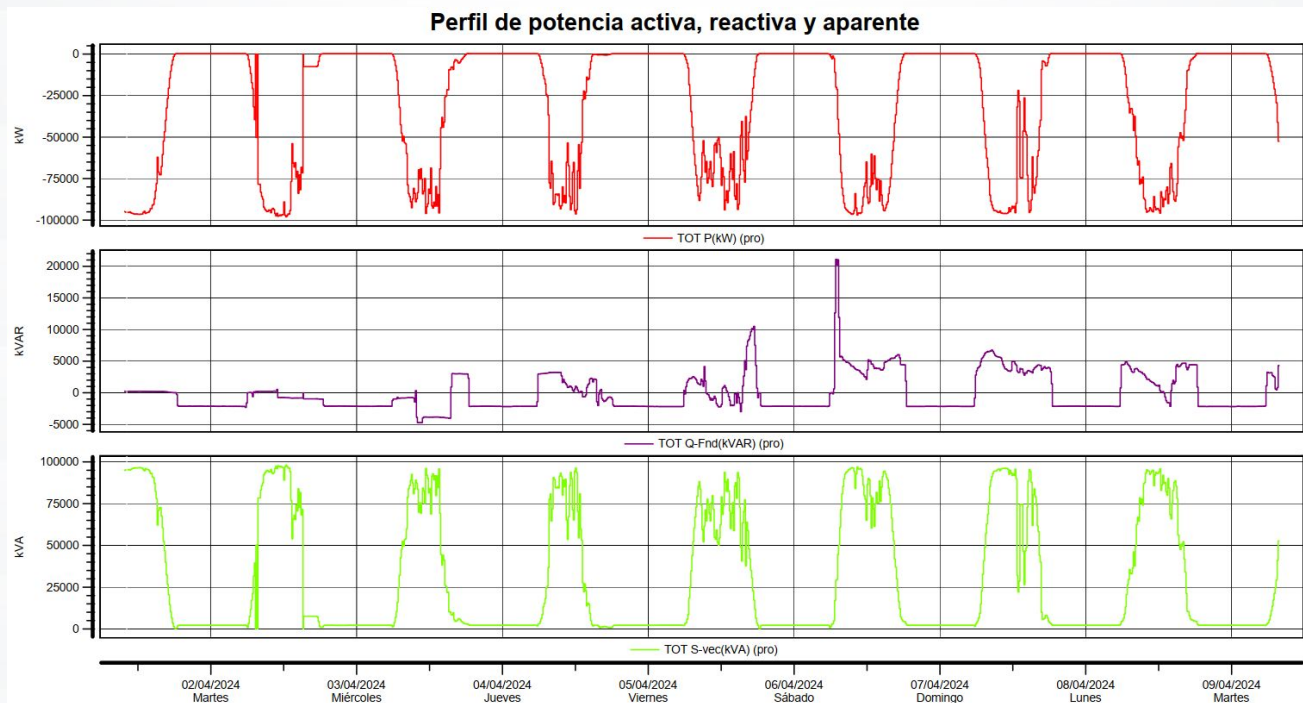
Demanda de energía diaria promedio



Demanda de energía proyectada con generación fotovoltaica



Factor de potencia



La electrónica tiende a ser capacitiva (inyecta reactivos) en baja carga o cuando está inactiva

Conclusiones

La transición energética no solo es vital para proteger nuestro medio ambiente y limitar el calentamiento global, sino que también tiene el potencial de generar empleo, fomentar la innovación tecnológica y mejorar la seguridad energética a largo plazo.



La electrificación de la economía se basa fundamentalmente en la electrónica de potencia



Las enormes ventajas de este modelo de control deben aprovecharse sin descuidar la calidad de la potencia



Las perturbaciones en la calidad de la potencia pueden dificultar la adecuada integración de las tecnologías



El país requiere más profesionales de alto nivel en esta área de la ingeniería





**1^{ER} ENCUENTRO SOBRE
CALIDAD DE ENERGÍA**
COLOMBIA • 2024

¡Muchas gracias por asistir!



**de los
Andes**



PILLER
Power Systems