



# Soluciones Efectivas para el Monitoreo de Condiciones de Activos de Media Tensión

Erick Castillo

Business Development Manager – Systems Latam

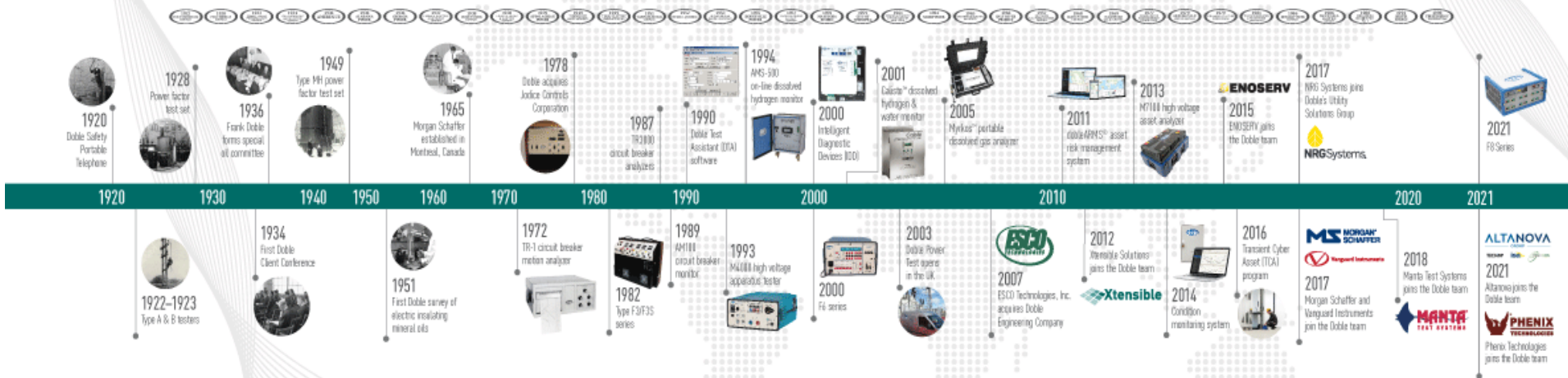
[ecastillo@doble.com](mailto:ecastillo@doble.com)



# Historia Doble



## 100 YEARS OF SERVICE TO THE ELECTRIC UTILITY INDUSTRY



# Agenda

- Tecnologías clave CBM
- Subestación / Aplicaciones de Planta
  - Máquinas Rotativas
  - Transformadores
  - Sistemas de Cables
  - Interruptores
- Sensores
- Unidades de Adquisición
- Comunicaciones
- Unidad Central
- Software
- Casos de Estudio

# Subestación / Monitoreo de Planta



Monitoreo permanente de DOBLE cubre **TODOS** los activos eléctricos en MT y AT:

|                 |                          |
|-----------------|--------------------------|
| Cables AT       | Generadores              |
| GIS AT          | Transformadores Potencia |
| Cables MT       | Transformadores Distr.   |
| Motores con VFA | Interruptores MT         |

# Subestación / Monitoreo Planta

Oferta de DOBLE para monitoreo permanente por activo:

## Cables AT

- Descargas parciales
- Corrientes línea (LC)
- Corrientes blindaje (SC)
- Sensado Distr. Temp.
- Sensado Distr. Acústica

## HV GIS

- Descargas parciales
- Disyuntor
- SF6

## Generadores

- Descargas parciales
- Vibración extremo bobinas
- Flujo
- Temperatura

## Transformadores Potencia

- Descargas parciales
- Monitoreo Aisladores
- Parámetros Genéricos
- Análisis Gases Disueltos

# Subestación / Monitoreo Planta

Oferta de DOBLE para monitoreo permanente por activo:

## **Cable MT**

- Descargas parciales
- Corrientes línea (LC)
- Corrientes blindaje (SC)

## **Interruptores MT AIS & GIS**

- Descargas Parciales
- Temperatura
- Humedad

## **Motores incl. VFA**

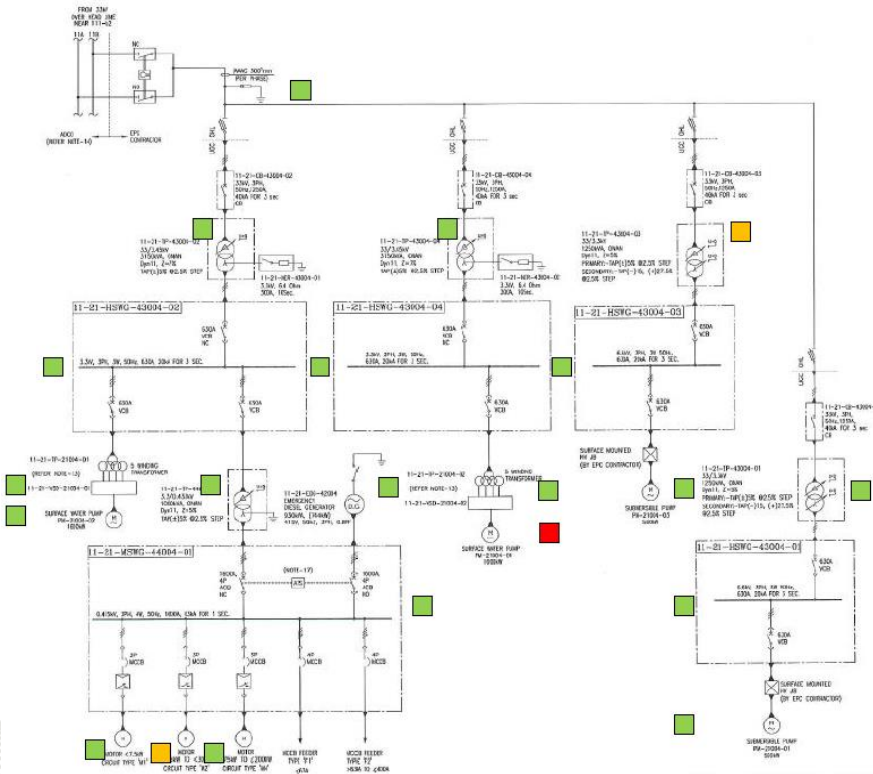
- Descargas parciales

## **Trafos Distr. <72.5kV**

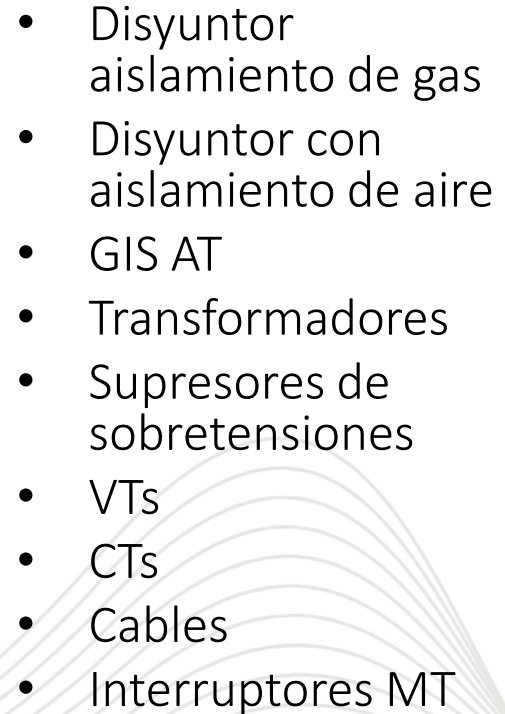
- Descargas parciales
- Temperatura



# Monitoreo de Planta



- Máquinas Rotativas
- Transformadores
- GIS MT
- Supresores Sobretensión
- VTs/CTs
- Cables
- Interruptores MT





A vertical strip on the left side of the slide shows a close-up, slightly blurred image of the internal components of a large electrical machine, likely a generator or motor, showing copper windings and a dark, curved metal structure.

# Sistemas Monitoreo Global Para Máquinas Rotativas (Generadores – Motores – VFA)

- Monitoreo descargas parciales
- Vibración
- Flujo
- Tensión del eje
- Temperatura
- Análisis de firma de corriente de la máquina (MCSA)

# Diagnósticos MR – Intro Descargas Parciales

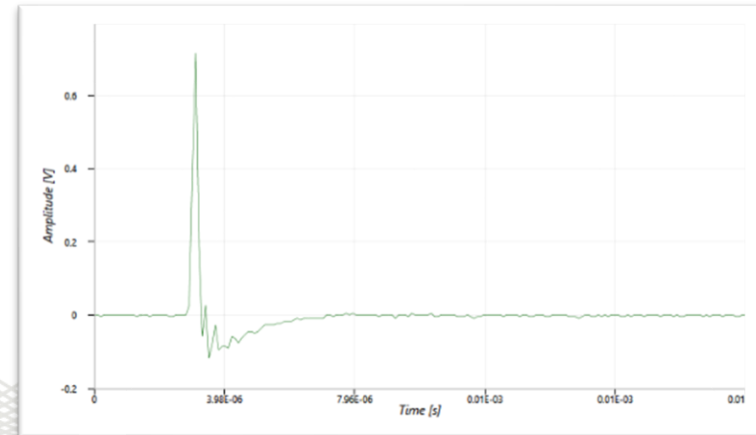
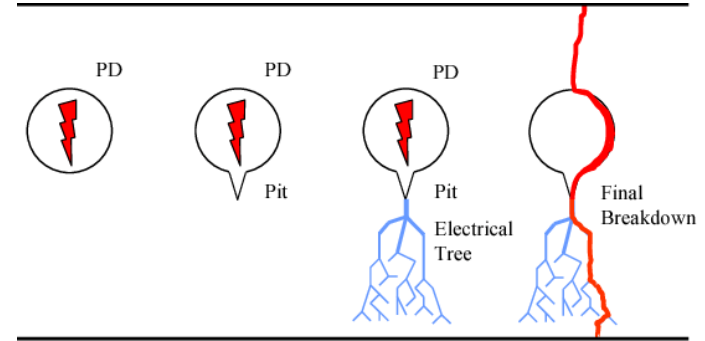


**IEC:** “descarga eléctrica localizada que sólo puentea parcialmente el aislamiento entre conductores y que puede o no ocurrir junto a un conductor”

**IEEE:** “Descarga eléctrica localizada que solo puentea parcialmente el aislamiento entre conductores”

**IEC:** “Pulso de corriente o voltaje que resulta de una descarga parcial que ocurre dentro del objeto bajo prueba. El pulso se mide utilizando circuitos detectores adecuados, que se pueden introducir en el circuito de prueba para el propósito de la prueba.”

**IEEE:** “Un pulso de voltaje o corriente de alta frecuencia que resulta de una descarga parcial. En un cable de alimentación blindado, el pulso se propaga alejándose de la fuente de DP en ambas direcciones a lo largo del cable.”



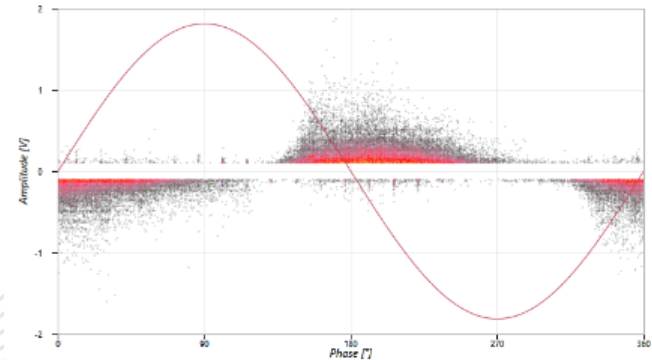
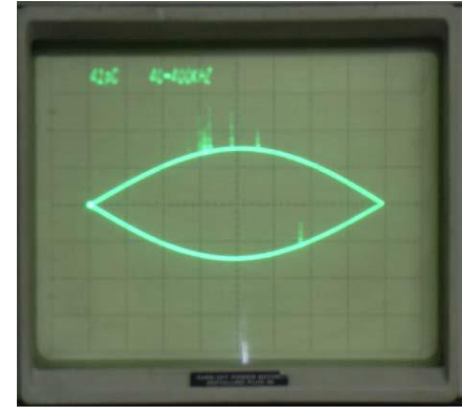
# Descargas Parciales y Máquinas Rotativas

## Patrones de Respuesta de Descarga Parcial

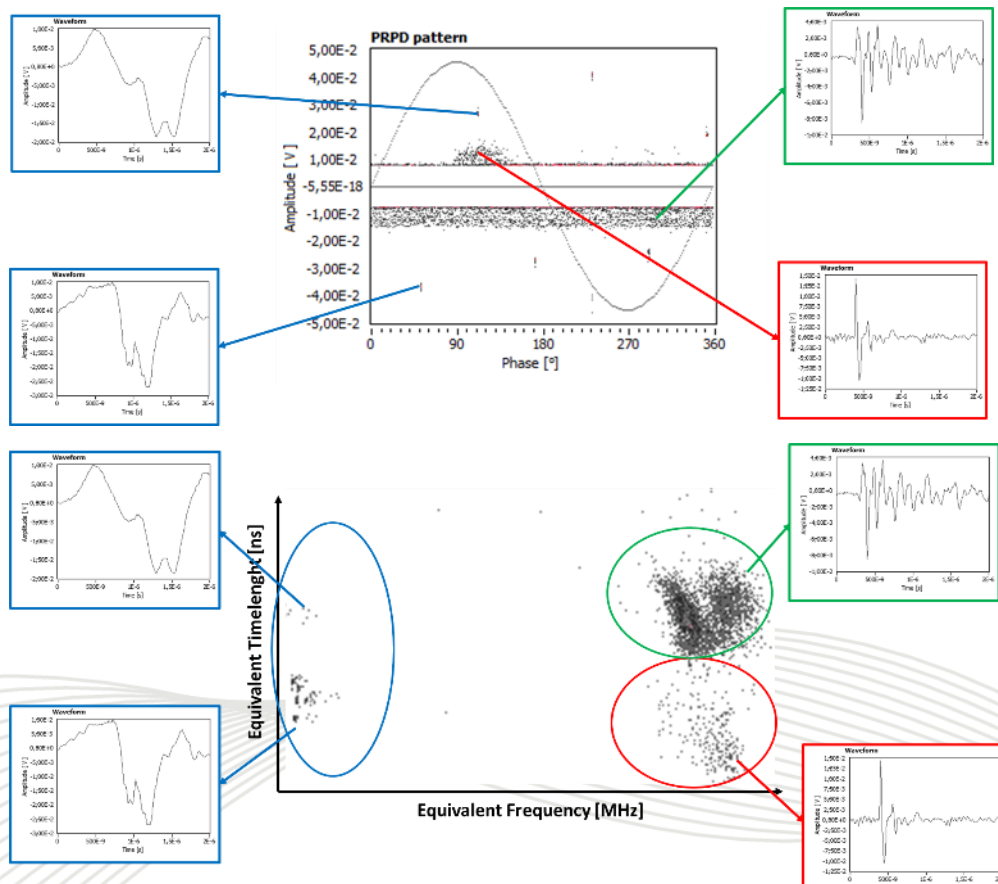
Cada fenómeno de DP genera miles de pulsos de DP por segundo. La forma común de visualizarlos es trazar la amplitud de los pulsos en correlación con el voltaje aplicado.

La correlación se basa en la física de la DP, el estrés eléctrico debido al voltaje aplicado activa la DP.

El reconocimiento de patrones de PRPD es la clave para el diagnóstico de la DP fuera de los laboratorios.



# Tecnología Mapa Tiempo-Frecuencia



Diferencias en la forma del pulso

➔ Diferente en Freq. Equiv.

➔ Diferente en Eq. Duración

# Descargas Parciales y Máquinas Relativas

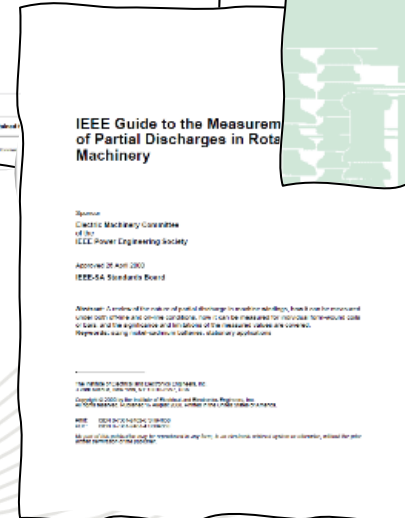
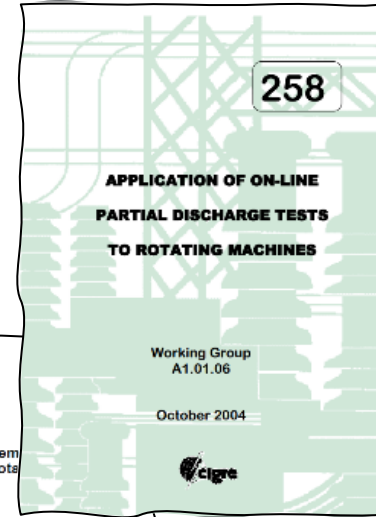
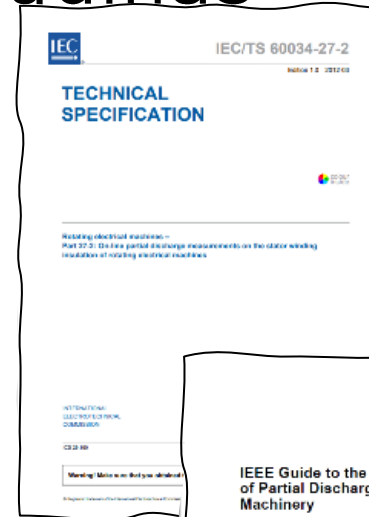


Estándares de Pruebas DP en MR

**IEC 60034-27-2:** On-line partial discharge measurements on the stator winding insulation of rotating electrical machines

**IEEE 1434:** Guide for the Measurement of Partial Discharges in AC Electric Machinery

**CIGRE 258:** Application of on-line partial discharge tests to rotating machines



# Tecnología Mapa-TF y Estándares

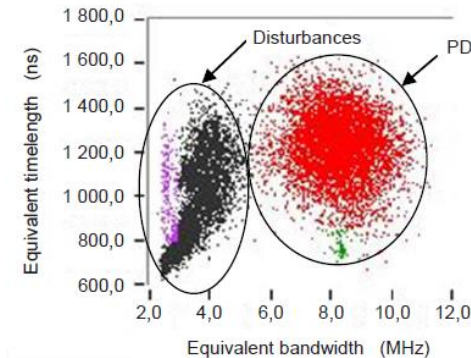


IEC 60034-27-2:

*On-line partial discharge measurements on the stator winding insulation of rotating electrical machines*

*<< Time and frequency domain separation can be developed through a pulse shape analysis to produce the so-called "TF" map that plots the equivalent time length of the pulses versus their equivalent frequency content >>*

*<< disturbances will often appear as a cluster of pulses that is in a position, which is distinctly different from stator winding PD, and can thus be identified and suppressed from the PD pattern >>*

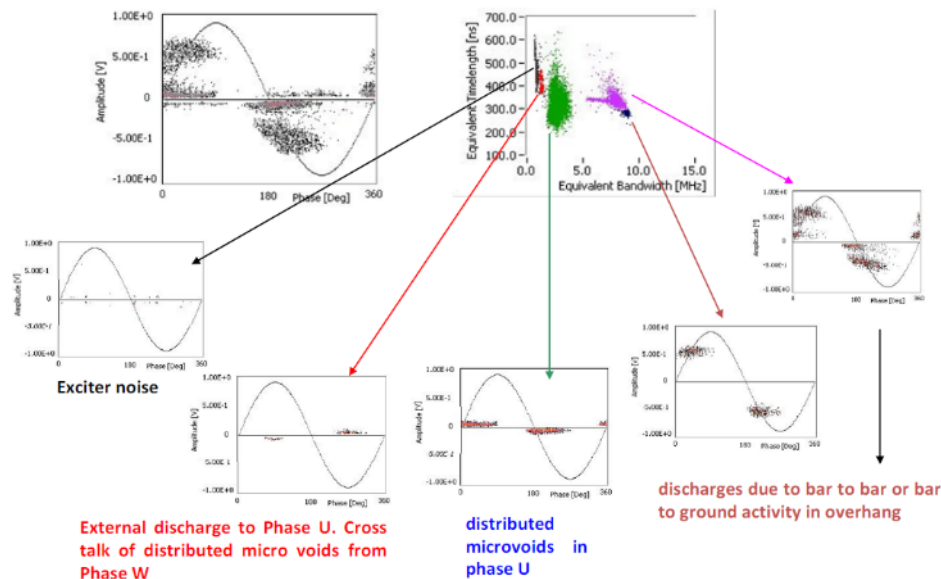




# Tecnología Mapa-TF y Estándares

## IEEE 1434: *Guide for the measurement of Partial Discharge in AC Electric Machinery*

<< The data are displayed in terms of pulse width and bandwidth for the purpose of separating different PD sources from the insulation system and discriminate from external noise sources >>



# Sistemas de Monitoreo Global para MR



- Monitoreo Descargas Parciales
- Acopladores capacitivos 7kV to 36kV
- HFCT
- Unidades adquisición PDHub 3 / 6 canales
- Tecnología T/F-Map insuperable
- Sensores y unidades de adquisición para zonas EX



The diagram illustrates the proposed system architecture for partial discharge (PD) detection. It shows four detection points (Detection Point N, Detection Point N-1, Detection Point 2, and Detection Point 1) and a Central Unit. Each detection point contains an LV switchboard, an Acquisition unit, and a Derivation Box. The Acquisition unit is connected to the LV switchboard and the Derivation Box. The Derivation Box is connected to the LV switchboard and the Techimp PD sensors. The Techimp PD sensors are connected to the Derivation Box. The Central Unit is connected to the Acquisition units of all detection points via a network.

# Sistemas de Monitoreo Global para MR



TiSCADA – Datos Centralizados

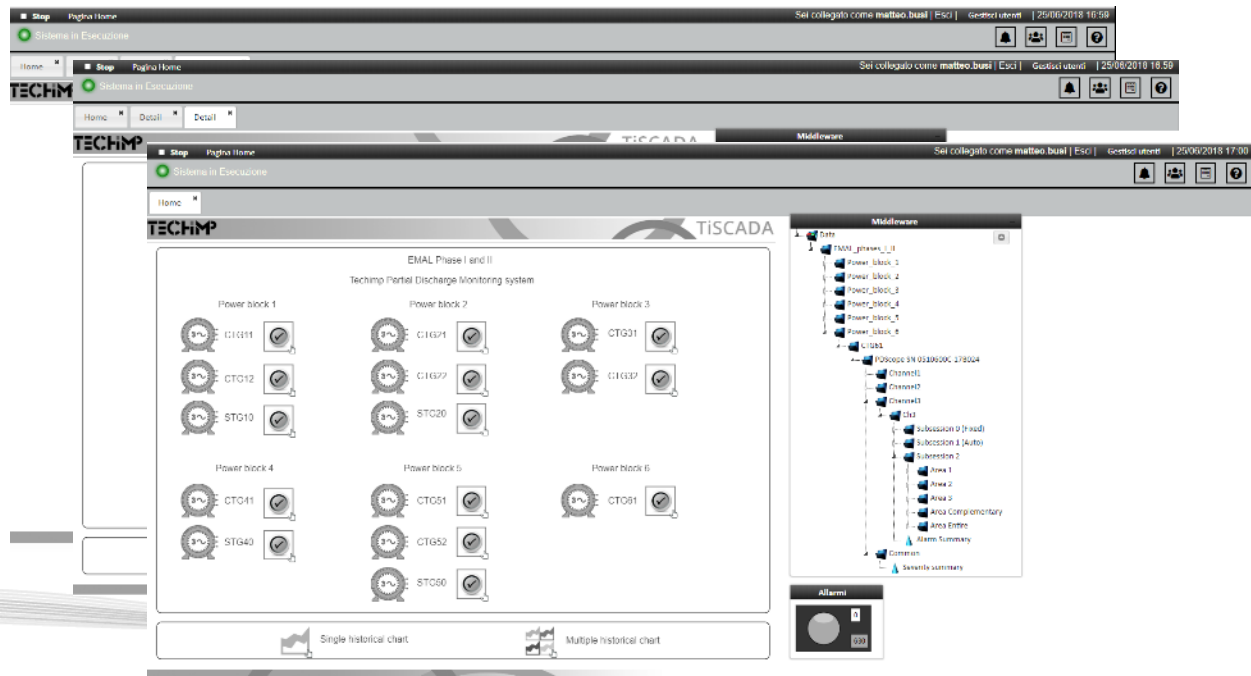
Estado

Tendencias

Advertencia

Análisis

Exporta a SCADA



# Caso de Estudio:

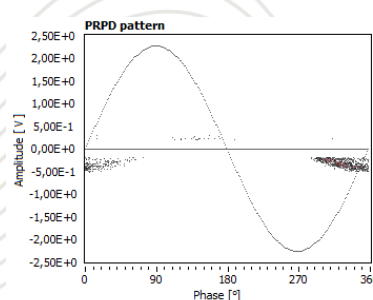
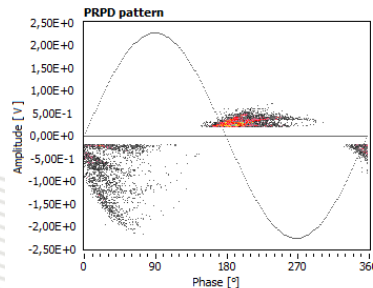
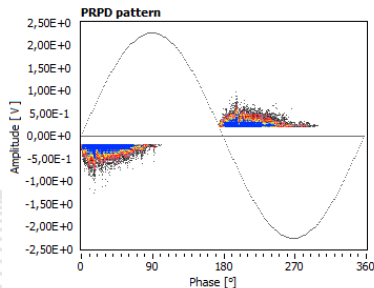
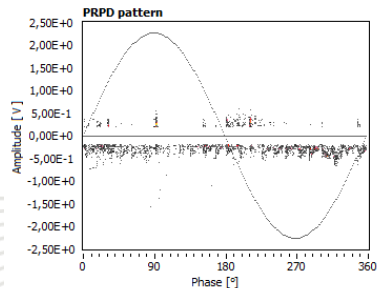
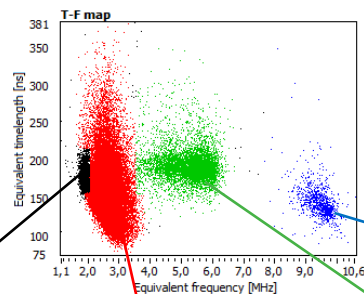
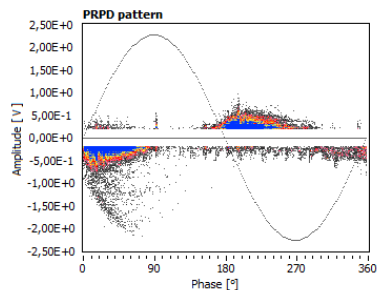
- Post proceso Máquina Rotativa

Activo: Generador Síncrono

Capacidad Potencia: 20.1 MVA

Tipo Prueba: Prueba Mantenimiento  
DP En Línea

Sensor DP: Acopladores Capacitivos



**Ruido Fondo /Ruido  
Excitatriz**

**Descargas  
Ranura**

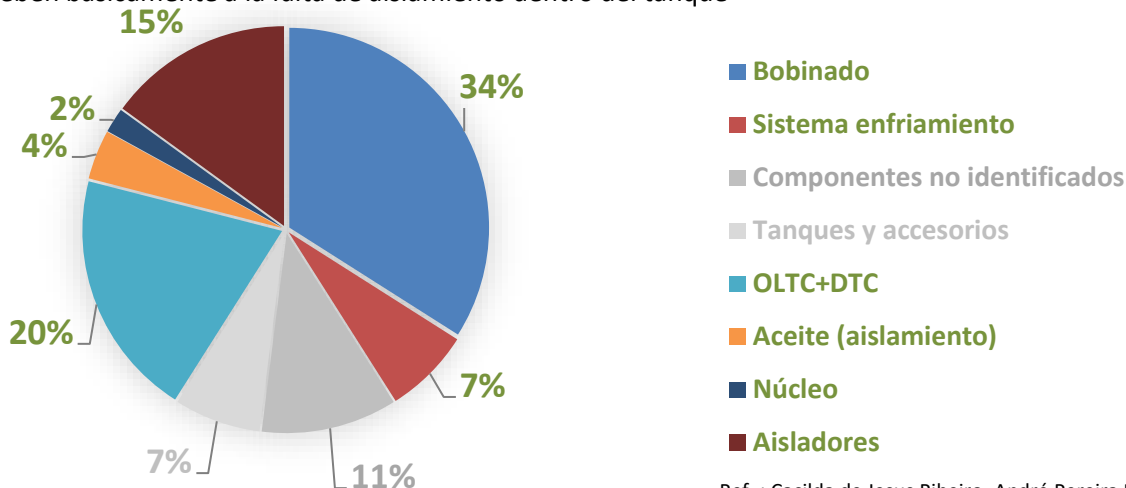
**Delaminación Embebida**

**Diafonía**  
©2023 Doble Engineering Company. All Rights Reserved.

# Fallas de Transformadores

HV transformer faults in CELG (Brasil) 1979..2007

Las fallas de los devanados y los bujes representan aproximadamente el 50% de las fallas generales, mientras que los tanques y el sistema de enfriamiento agregan otro 15% aproximadamente. Las fallas del devanado se deben básicamente a la falta de aislamiento dentro del tanque



Ref. : Cacilda de Jesus Ribeiro; André Pereira Marques and others.  
Faults and Defects in Power Transformers – A Case Study

**80% cobertura**

**La mayor parte de los componentes que generan fallas son monitoreados por el sistema TrafoNOVA**

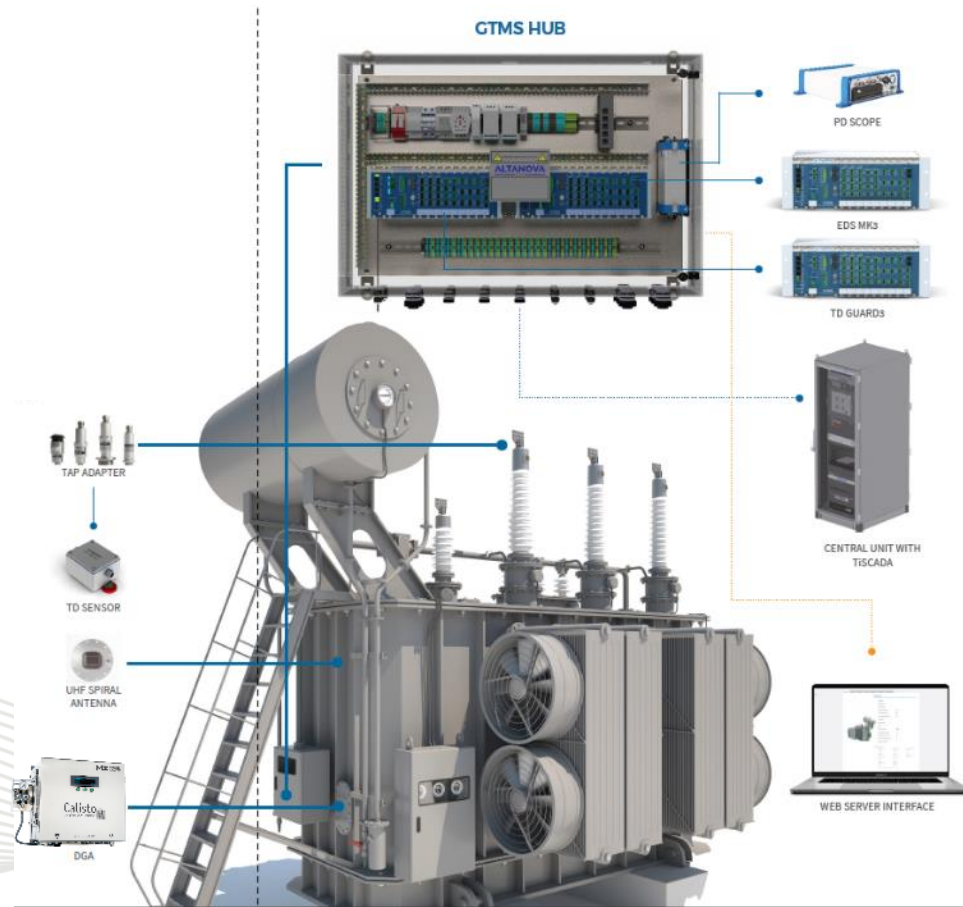


# Monitoreo de Transformador



## Sistemas de monitoreo global para Transformadores de Potencia

- Parámetros Genéricos
- Monitoreo Descargas Parciales
- Monitoreo Tan- $\delta$  Aisladores
- Análisis Gases Disueltos



# Monitoreo de Transformador



## Monitoreo DP y TD

### Descargas Parciales

- Adaptadores tipo tap
- Sensores UHF (ventana o válvula drenaje)
- Unidades adquisición 3 / 6 canales PDHub
- Tecnología Mapa-TF insuperable



## Monitoreo Aisladores

- Capacitancia
- $\tan-\delta$
- $\Delta \tan-\delta$



# Monitoreo de Transformador

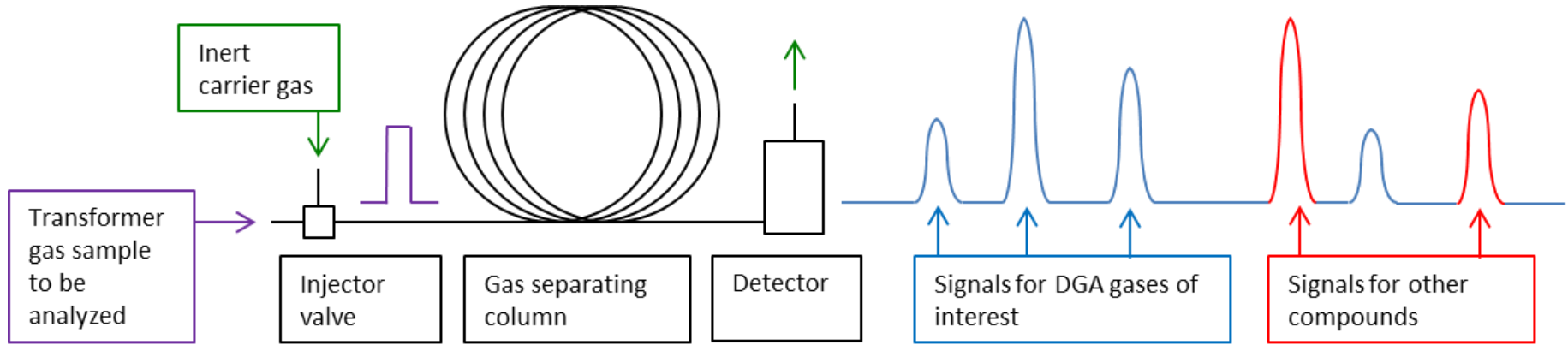
AGD para Monitoreo de Transformador

Familia Calisto – Hasta 9 gases

- Hidrógeno (H<sub>2</sub>)
- Monóxido de carbono (CO)
- Metano (CH<sub>4</sub>)
- Acetileno (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>)
- Etileno (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)
- Etano (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>)
- Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)
- Oxígeno (O<sub>2</sub>)
- Nitrógeno (N<sub>2</sub>)

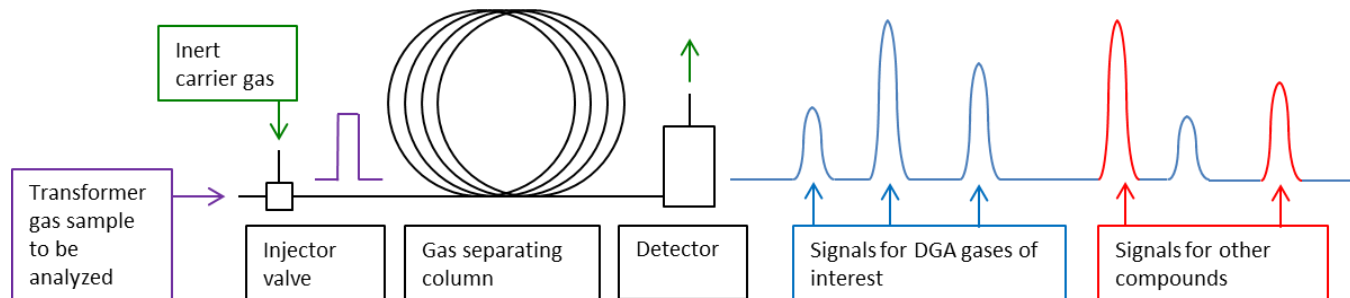


# Cromatografía de Gases



- La pequeña muestra de gas mezclado es propulsada a través de una columna de separación de gas por un gas portador (helio)
- Cada especie de gas separada llega al detector en un momento diferente
- Se utiliza una tanda de gas de calibración para identificar y cuantificar cada componente de gas

# Cromatografía de Gases



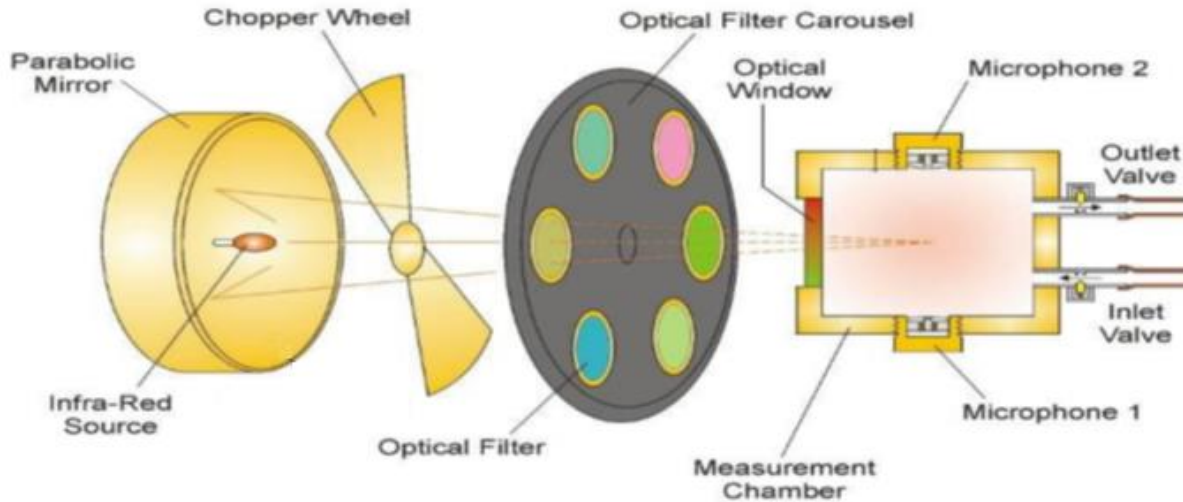
## PROS

- Más sensible
- Más preciso (como el laboratorio AGD) debido a la calibración automática
- Lecturas no afectadas por gases de interferencia

## CONTRAS

- Tiempo y costo para reemplazar consumibles (gas portador y cilindros de gas de calibración)
- Algunos modelos necesitan una revisión mayor después de 4-5 años

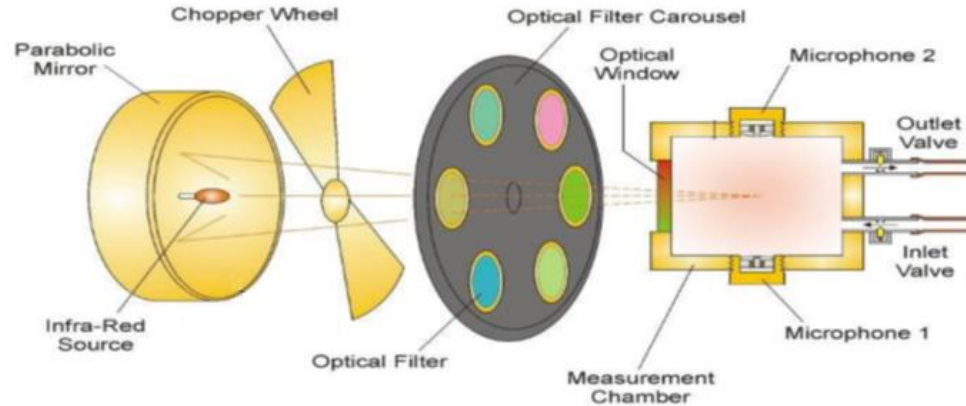
# Espectroscopía IR Fotoacústica



- Filtros IR utilizados para excitar principalmente un gas a la vez
- La luz IR se corta a una frecuencia de audio
- Luz IR pulsada → absorción pulsada → calefacción de gas pulsado → Expansión pulsada → ondas sonoras → Señales micrófono
- La celda de gas se puede moldear para tener una resonancia acústica en la frecuencia de corte (para aumentar la señal del micrófono)



# Espectroscopía IR Fotoacústica



## CONTRAS

- La precisión de algunos modelos puede verse comprometida cuando hay gases de interferencia
- Algunos modelos pierden precisión con el tiempo (deriva)
- Algunos modelos necesitan un servicio mayor después de unos 3-4 años

## PROS

- Método IR más sensible para una longitud de absorción dada
- ¡NUEVO! Un modelo tiene autocalibración usando vapor de agua

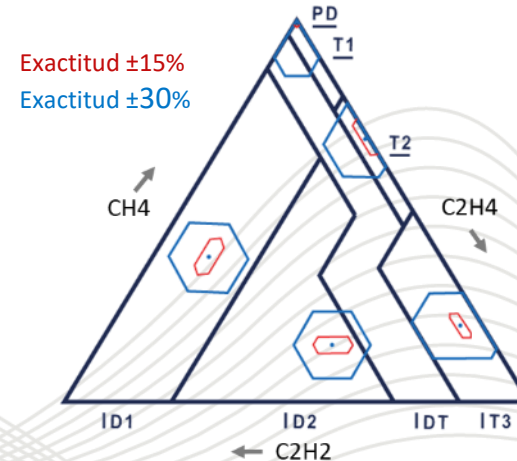


# Exactitud

- De acuerdo con ISO 5725-1, la precisión describe la cercanía de la medición al valor real.
- Y la precisión (repetibilidad) es la cercanía del grupo del valor real.



- Cuando el área de medición verdadera excede los límites de las zonas de falla (poca precisión) → La gravedad del error no está clara



# Exactitud del Monitor AGD: Sistema vs Detector

## Precisión del sistema

extracción

separación

detección

| Performance                                | H <sub>2</sub>                                                                                                                                                                                                       | CO         | CH <sub>4</sub> | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> | C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> | CO <sub>2</sub> | O <sub>2</sub> | N <sub>2</sub> | H <sub>2</sub> O       |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------|----------------|----------------|------------------------|
| Lower detection limit (LDL) <sup>(1)</sup> | ppm                                                                                                                                                                                                                  |            |                 |                               |                               |                                |                 |                |                |                        |
|                                            | 0.5                                                                                                                                                                                                                  | 10         | 0.2             | 0.2                           | 0.2                           | 0.2                            | 15              | 500            | 2,000          | 2 ppm, or 2% RS        |
| Range                                      | ppm                                                                                                                                                                                                                  |            |                 |                               |                               |                                |                 |                |                | saturation, or 100% RS |
|                                            | 0 - 25,000                                                                                                                                                                                                           | 0 - 30,000 | 0 - 100,000     | 0 - 100,000                   | 0 - 200,000                   | 0 - 200,000                    | 0 - 100,000     | 0 - 100,000    | 0 - 100,000    |                        |
| Accuracy in factory <sup>(2)</sup>         | Percent                                                                                                                                                                                                              |            |                 |                               |                               |                                |                 |                |                |                        |
|                                            | 2%                                                                                                                                                                                                                   | 2%         | 2%              | 2%                            | 2%                            | 2%                             | 2%              | 2%             | 2%             |                        |
| Accuracy in service <sup>(2)</sup>         | LDL plus 1% of readings ppm                                                                                                                                                                                          |            |                 |                               |                               |                                |                 |                |                | 3 ppm, or 1% RS        |
|                                            | X÷5                                                                                                                                                                                                                  | X÷5        | X÷5             | X÷5                           | X÷5                           | X÷5                            | X÷5             | X÷10           | X÷10           |                        |
| Repeatability                              | LDL plus 1% of readings ppm                                                                                                                                                                                          |            |                 |                               |                               |                                |                 |                |                | 2 ppm, or 1% RS        |
|                                            | Y÷3                                                                                                                                                                                                                  | Y÷3        | Y÷3             | Y÷3                           | Y÷3                           | Y÷3                            | Y÷3             | Y÷10           | Y÷10           |                        |
| Resolution at LDL                          | ppm                                                                                                                                                                                                                  |            |                 |                               |                               |                                |                 |                |                | 1 ppm, or 1% RS        |
|                                            | 0.5                                                                                                                                                                                                                  | 2          | 0.2             | 0.2                           | 0.2                           | 0.2                            | 5               | 100            | 1,000          |                        |
| Measurement interval                       | User configurable: 60, 180 and 240 minutes. Conditional cycle on alarm                                                                                                                                               |            |                 |                               |                               |                                |                 |                |                |                        |
| Step response (typical)                    | In 60 minutes: 95% H <sub>2</sub> , 90% CO, CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , 80% C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> , C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> , C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> |            |                 |                               |                               |                                |                 |                |                |                        |
|                                            | 90% in 20 minutes                                                                                                                                                                                                    |            |                 |                               |                               |                                |                 |                |                |                        |

| Measuring Quantity                      | Accuracy of gas extraction |            | Accuracy of the gas measurement |            |
|-----------------------------------------|----------------------------|------------|---------------------------------|------------|
| Hydrogen H <sub>2</sub>                 | ≤ ± 8 %                    | ± 4 ppm    | ≤ ± 10 %                        | ± 20 ppm   |
| Carbon Monoxide CO                      | ≤ ± 8 %                    | ± 30 ppm   | ≤ ± 10 %                        | ± 5 ppm    |
| Carbon Dioxide CO <sub>2</sub>          | ≤ ± 8 %                    | ± 30 ppm   | ≤ ± 10 %                        | ± 5 ppm    |
| Methane CH <sub>4</sub>                 | ≤ ± 8 %                    | ± 4 ppm    | ≤ ± 10 %                        | ± 5 ppm    |
| Acetylene C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> | ≤ ± 8 %                    | ± 4 ppm    | ≤ ± 10 %                        | ± 5 ppm    |
| Ethylene C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>  | ≤ ± 8 %                    | ± 4 ppm    | ≤ ± 10 %                        | ± 5 ppm    |
| Ethane C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>    | ≤ ± 8 %                    | ± 4 ppm    | ≤ ± 10 %                        | ± 5 ppm    |
| Propane C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>   | ≤ ± 8 %                    | ± 4 ppm    | ≤ ± 15 %                        | ± 20 ppm   |
| Oxygen O <sub>2</sub>                   | ≤ ± 8 %                    | ± 500 ppm  | ≤ ± 10 %                        | ± 500 ppm  |
| Nitrogen N <sub>2</sub>                 | ≤ ± 8 %                    | ± 1500 ppm | ≤ ± 10 %                        | ± 1500 ppm |

## Technical Specifications

### MEASUREMENTS

#### Technology

Uses photo-acoustic spectroscopy (PAS) for field proven highly repeatable results

Eight target gases plus Total Dissolved Combustible Gas (TDCG) value. Estimation of Nitrogen content for free breathing transformers

Suitable for transformers using mineral insulating oil and also ester based oils (natural or synthetic)

#### Range (LDL - UDL)

|                                            |                            |
|--------------------------------------------|----------------------------|
| Hydrogen (H <sub>2</sub> )                 | 5 - 5,000 ppm              |
| Carbon Monoxide (CO)                       | 2 - 50,000 ppm             |
| Methane (CH <sub>4</sub> )                 | 2 - 50,000 ppm             |
| Acetylene (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> ) | 0.5 - 50,000 ppm           |
| Ethane (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )    | 2 - 50,000 ppm             |
| Ethylene (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )  | 2 - 50,000 ppm             |
| Oxygen (O <sub>2</sub> )                   | 100 - 50,000 ppm           |
| Nitrogen (N <sub>2</sub> ) *               | 10,000 - 100,000 ppm       |
| Moisture (H <sub>2</sub> O)                | 0 - 100% RS (given in ppm) |

#### Accuracy <sup>(3)</sup>

|                             |                                    |
|-----------------------------|------------------------------------|
| Oxygen (O <sub>2</sub> )    | ±10%                               |
| Nitrogen (N <sub>2</sub> )  | ±15%                               |
| All other gases             | ±5% or ±LDL (whichever is greater) |
| Moisture (H <sub>2</sub> O) | ±3%                                |

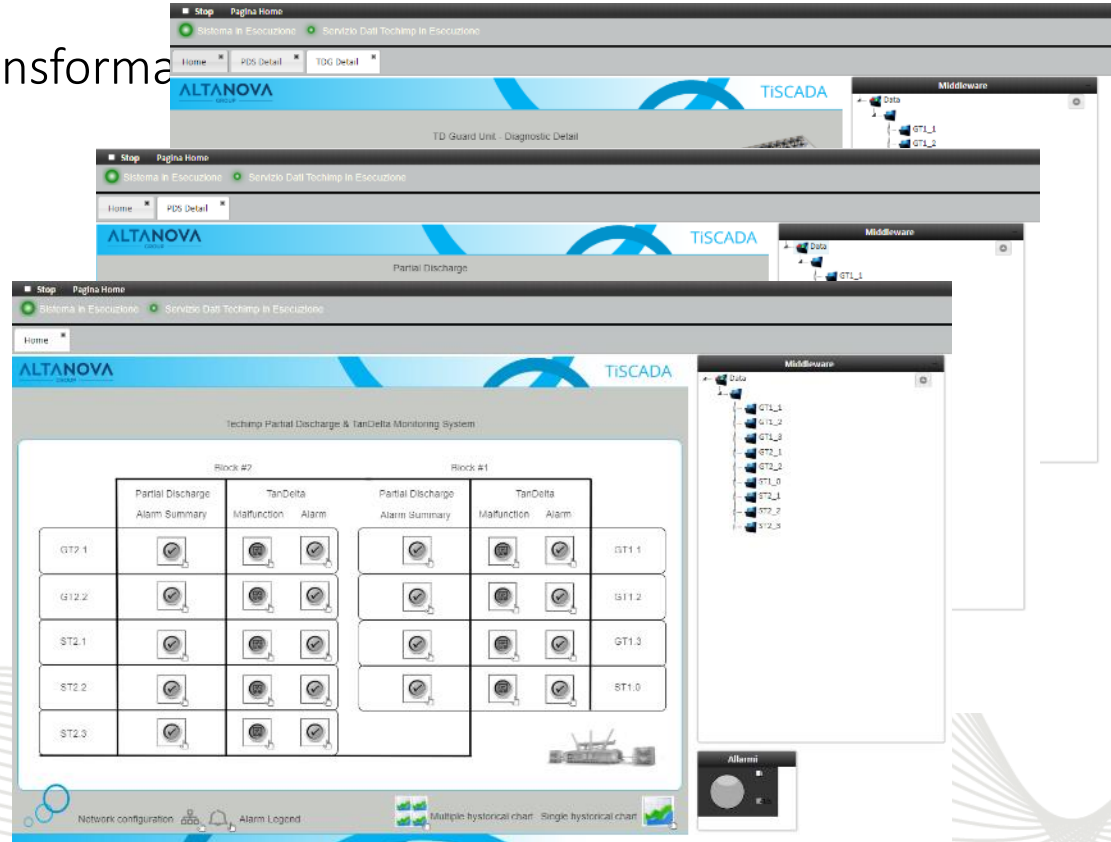
\*N<sub>2</sub> available on free-breathing transformers only.

<sup>(3)</sup>Accuracy quoted is the accuracy of the detectors during calibration. Gas-in-oil measurement accuracy may also be affected by sampling and/or oil type.

# Monitoreo de Transformador

TiSCADA para monitoreo de transformador

- Estado
- Tendencias
- Advertencia
- Análisis
- Exportar a Scada

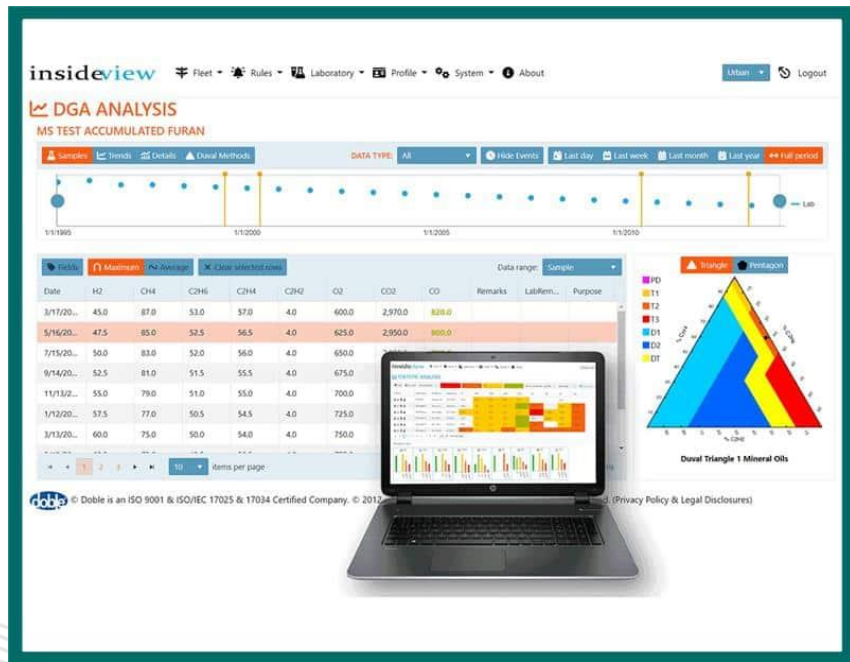


# Gestión de Flota de Transformadores



## InsideView para la gestión centralizada del aceite de la flota

- Flujo de trabajo optimizado entre laboratorios, expertos, personal de campo y administradores de activos
- Cumplimiento de IEEE C57.104-2019 para la interpretación de datos AGD
- Integración nativa con Laboratorios Doble
- Integración nativa con monitores de condición AGD Calisto™
- Soluciones locales o basadas en la nube que aprovechan la seguridad de vanguardia entregada en los centros de datos en la nube de Microsoft Azure
- Opciones de integración de datos con aplicaciones de terceros como Maximo®, Cascade, etc.



# Caso de Estudio: Industria Metal S.E.

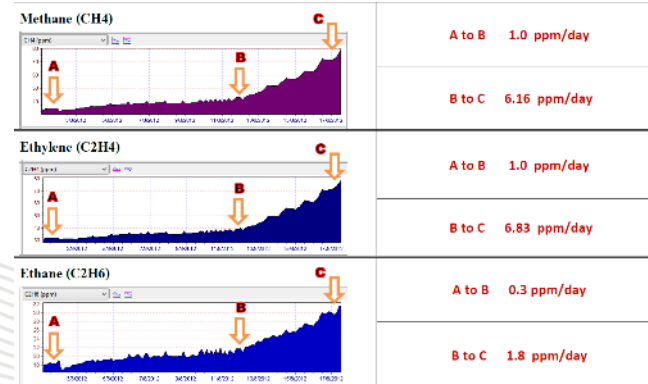
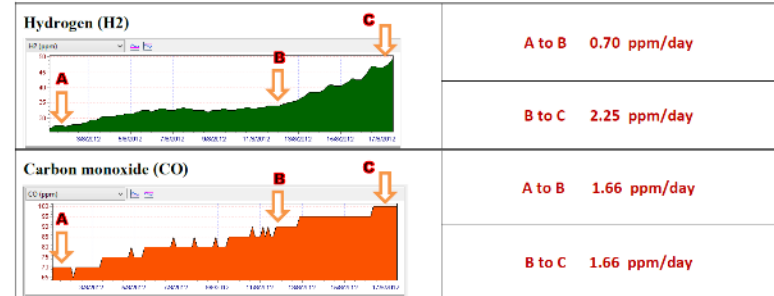
## Asia

Main transformer Capacity 96 MVA, 22/1.1kv

Manufacturers: TAMINI



The DATA Bank It takes 12 days develop from A to B and 6 days form B to C

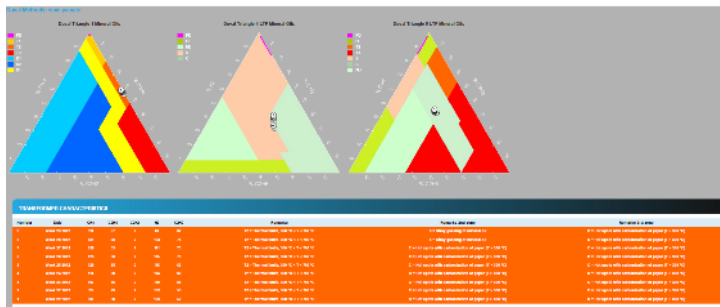




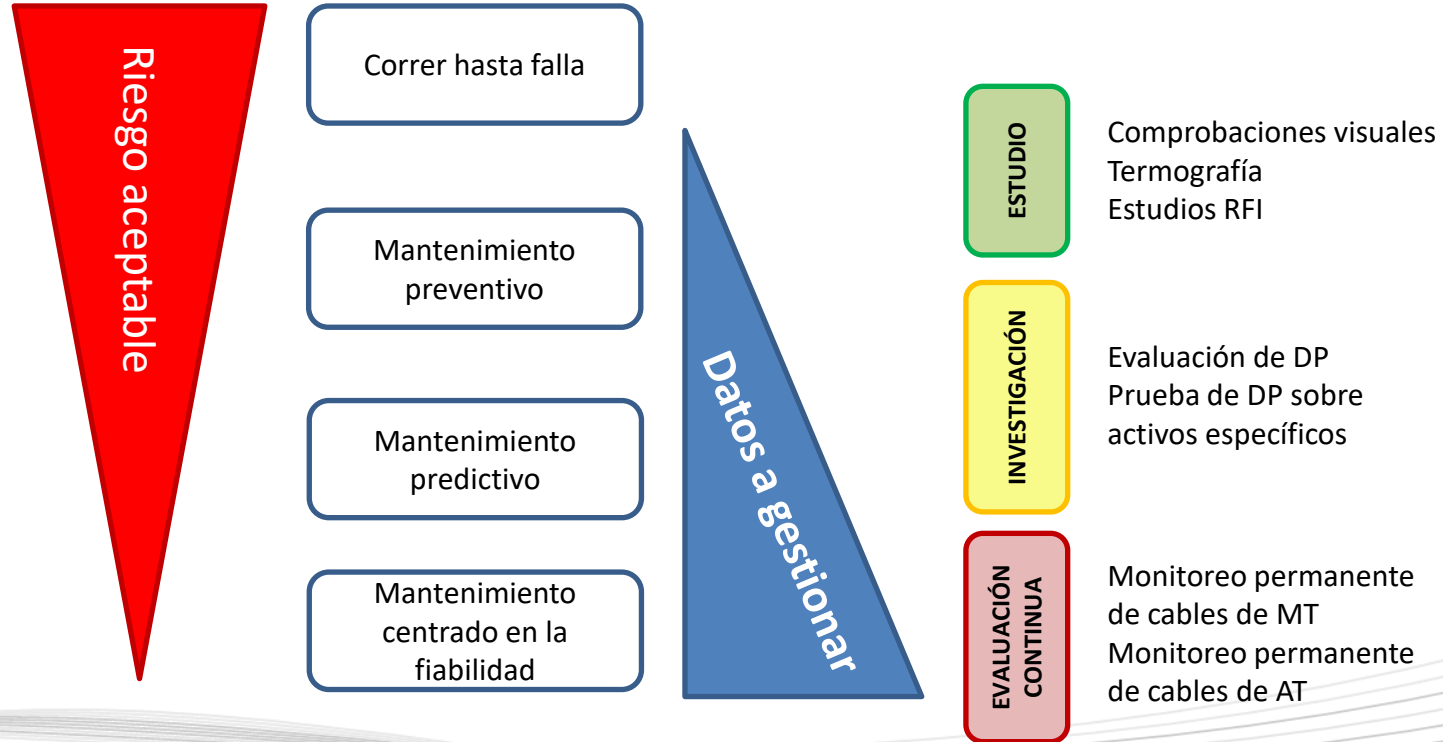
# Caso de Estudio: Industria Metal S.E. Asia

## DGA ANALYSIS

| Date         | Duval triangle                          | Rogers gas ratios                          | IEC 60599 gas ratios                                                |
|--------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Week 29 2012 | T2 = Thermal fault, 300 °C = T = 700 °C | Thermal fault temp. range less than 700 °C | Thermal fault 300 °C = T = 700 °C                                   |
| Week 26 2012 | T2 = Thermal fault, 300 °C = T = 700 °C | Thermal fault temp. range less than 700 °C | Thermal fault 300 °C = T = 700 °C                                   |
| Week 27 2012 | T2 = Thermal fault, 300 °C = T = 700 °C | Thermal fault temp. range less than 700 °C | Thermal fault 300 °C = T = 700 °C                                   |
| Week 28 2012 | T2 = Thermal fault, 300 °C = T = 700 °C | Thermal fault temp. range less than 700 °C | Thermal fault 300 °C = T = 700 °C                                   |
| Week 29 2012 | T2 = Thermal fault, 300 °C = T = 700 °C | Thermal fault temp. range less than 700 °C | Thermal fault 300 °C = T = 700 °C                                   |
| Week 30 2012 | T2 = Thermal fault, 300 °C = T = 700 °C | Thermal fault temp. range less than 700 °C | Thermal fault 300 °C = T = 700 °C                                   |
| Week 31 2012 | T2 = Thermal fault, 300 °C = T = 700 °C | Low temp thermal fault                     | Unknown fault: partial or mixture of faults – mainly thermal faults |
| Week 22 2012 | T2 = Thermal fault, 300 °C = T = 700 °C | Low temp thermal fault                     | Unknown fault: partial or mixture of faults – mainly thermal faults |
| Week 23 2012 | T2 = Thermal fault, 300 °C = T = 700 °C | Low temp thermal fault                     | Unknown fault: partial or mixture of faults – mainly thermal faults |
| Week 24 2012 | T2 = Thermal fault, 300 °C = T = 700 °C | Low temp thermal fault                     | Unknown fault: partial or mixture of faults – mainly thermal faults |
| Week 25 2012 | T2 = Thermal fault, 300 °C = T = 700 °C | Low temp thermal fault                     | Unknown fault: partial or mixture of faults – mainly thermal faults |



# Estrategias de Mantenimiento de Cables



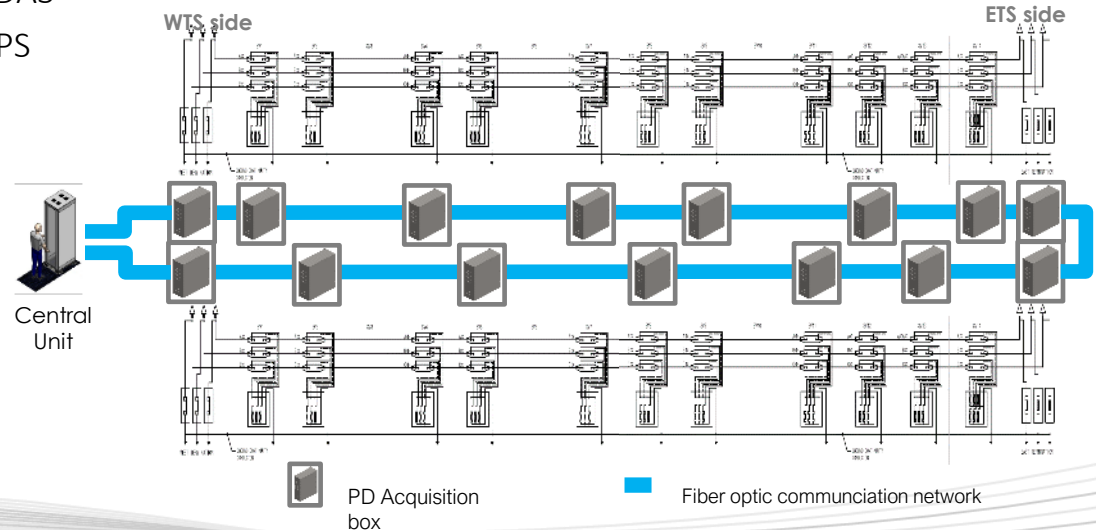


# Monitoreo de Cable



## Sistemas globales de monitoreo para cables

- Monitoreo de descargas parciales
- Sistema de corriente de blindaje SC
- (AT) Detección de temperatura distribuida DTS incl. RTTR
- (AT) Detección acústica distribuida DAS
- (AT) Sistema de presión de fluido FPS



# Sistema de Monitoreo de Cables

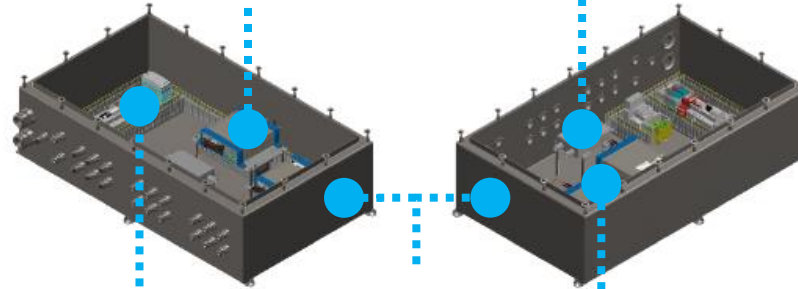


PDHub

Unidad de adquisición



Empalme FO



Caja de  
protección de  
acero  
inoxidable IP68



Control BT

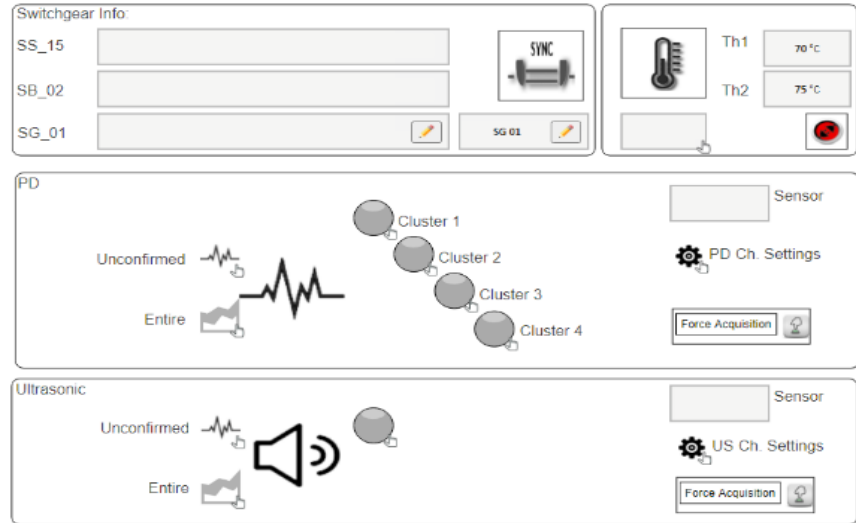


Multiplexor

# Monitoreo en Línea de Cable MT

El monitoreo de cables MT de última generación incluye

- Monitoreo Descargas Parciales
- Monitoreo ultrasónico
- Monitoreo temperatura



# Caso de Estudio:

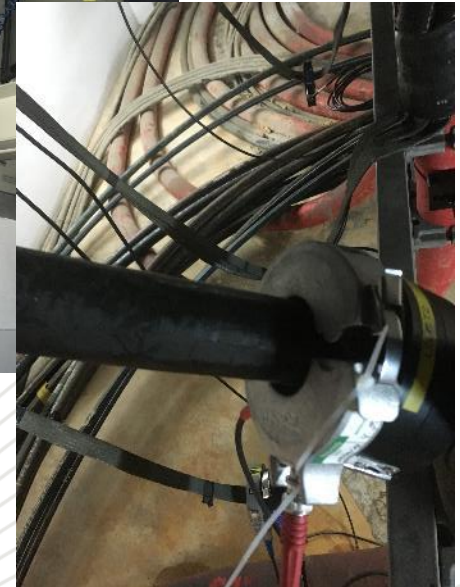


Sistema de monitoreo online permanente instalado en terminaciones GIS de cables de 20kV.

No hay cable de conexión a tierra disponible

→ HFCT sobre monitoreo de cables

→ Monitorización acústica aérea



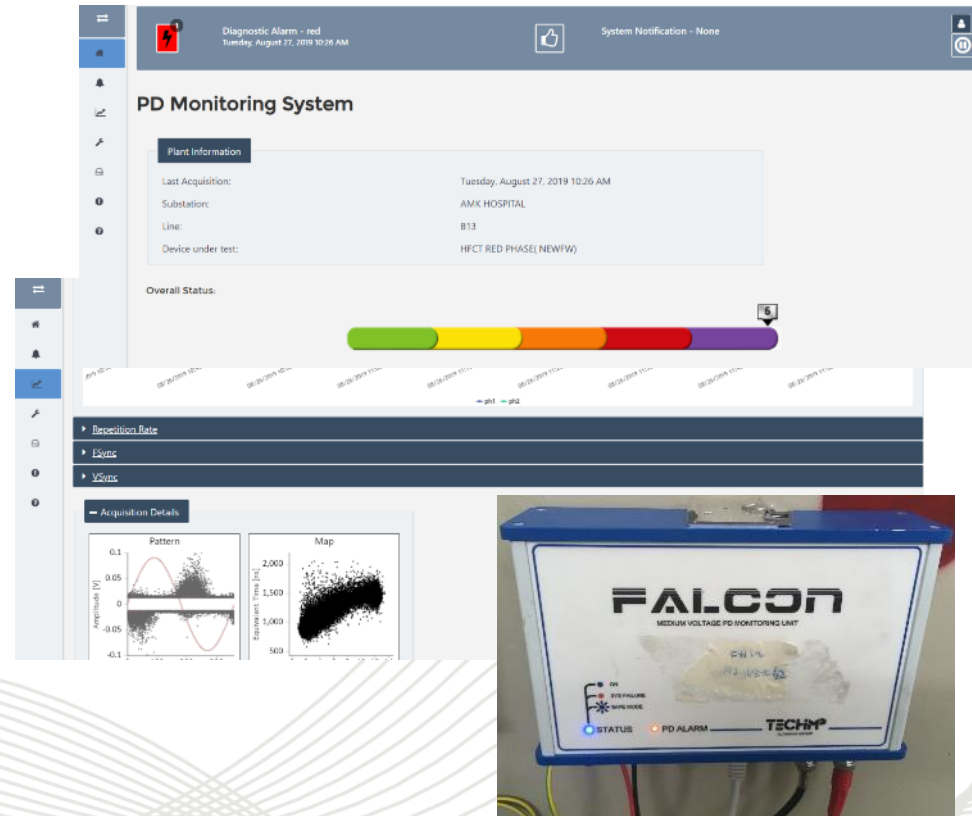
# Caso de Estudio:

HFCT en el cable MT.

Se observó actividad DP en uno de los cables conectados al lado del interruptor.

La política del propietario de activos es «cero DP»

→ Fuera de servicio, prueba fuera de línea, localización de DP, inspección visual y programa de mantenimiento.

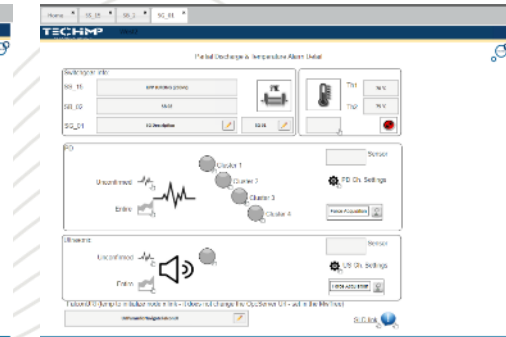
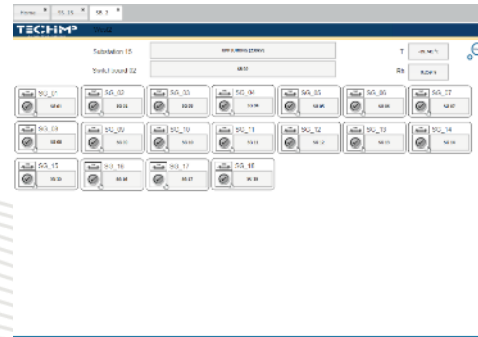
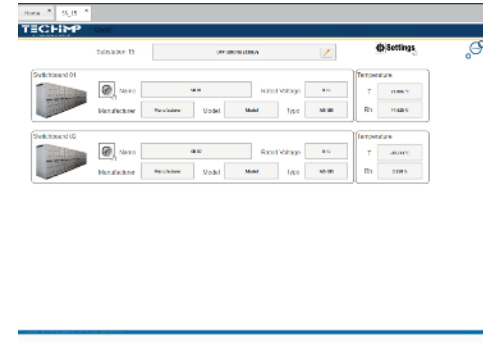
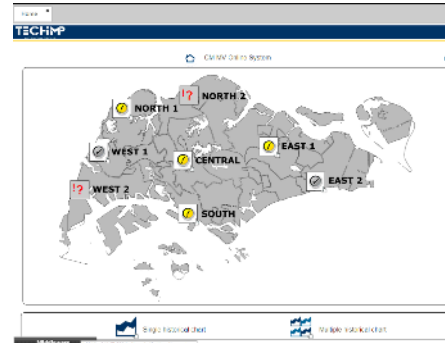


# Caso de Estudio Falcon & TiSCADA - Distribución

Empresa Servicios Eléctricos

- Monitoreo cables y paneles MT
- 1000+ puntos de detección
- HFCT, TEV, US Airborn & T°
- Falcon MKII

- 1 plataforma para toda la red de distribución
- Alta cooperación con el cliente
- Nuevo algoritmo para DP en conjuntos de MT
- Tecnología muy competitiva





# Monitoreo de Interruptores MT

## Sistema Monitoreo Global para Interruptores MT

- Monitoreo Descargas Parciales
  - DAUs 1 – 40 canales
  - Sensores HFCT, TEV, TEM US & FMC
- Monitoreo de Disyuntores
  - Parámetros similares a Disyuntores AT
- Temperatura
  - Tecnología SAW pasiva
  - PT1000
- Humedad



# Modo de Falla: Rompimiento del Aislamiento



## Modos de falla

- Aislamiento envejecido por condiciones térmicas, eléctricas y ambientales
- Descargas Parciales:
- Pequeños arcos eléctricos en huecos (bolsas de aire) dentro o sobre la superficie de aislamiento
- Un síntoma de aislantes defectuosos
- Puede ocurrir un arco una vez que se completa una ruta de seguimiento entre fases (o tierra)

El IEEE Gold Book (Table 36) indica que los cables, interruptores y transformadores sufren las mayores pérdidas por fallas de aislamiento.



## Monitoreo tradicional

- Periódico: offline y 'online'
- Costoso: prueba por terceros o hardware
- Requiere que un ingeniero realice pruebas e interprete los datos
- Necesita bases de datos propietarias para comparar máquinas similares para el análisis



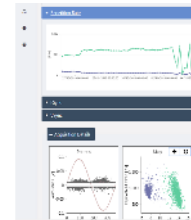
## Falcon

## Monitoreo continuo

- Máxima seguridad
  - Instalación permanente con sensores DP HFCT o TEV, sin necesidad de desconexión, inactividad o interrupción
- Instalación y puesta en marcha sencillas
  - No se necesita configuración
  - No se necesita experto
- Elaboración automática de datos
  - No se necesita ningún operador calificado en DP
  - Alertas tempranas en caso de fenómenos nocivos de EP



Data input



Concise Output

All Rights Reserved.

# Monitoreo de Interruptores MT



## Monitoreo descargas parciales

### Sensores

- HFCT – Transformador de corriente de alta frecuencia
- TEV – Voltaje de tierra transitorio
- TEM – Ondas electromagnéticas transversales
- US - Acústico



# Monitoreo Continuo DP en Línea para Activos



## MT

Kit del sistema FALCON



### PARTIAL DISCHARGE

HFCT sensor placed around the grounded shield of the cable



### SYNCHRONIZATION

Line frequency synchronization



### WEB APPLICATION

Measurements and alarms available through the web application



### EASY INSTALLATION

FALCON is a Plug & Play device that can be installed with a few simple operations. It configures itself automatically, and once powered, it is immediately operational.

# Monitoreo Continuo DP en Línea para Activos



## MT

### Principio de funcionamiento del sistema FALCON



#### MEDIR

Detección automática de descargas parciales a través de sensores ubicados en una terminación de cable



#### ALMACENAMIENTO

Archivo histórico de medidas hasta dos años



#### ANÁLISIS

Reconocimiento automático de problemas críticos en evolución

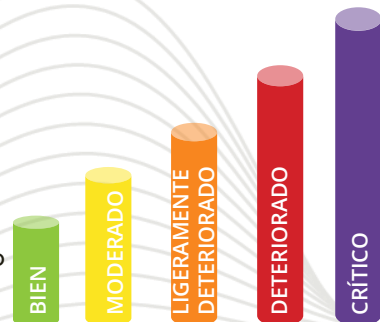


#### ALARMAS

Trabajos de mantenimiento sólo cuando sea necesario y antes del evento de falla

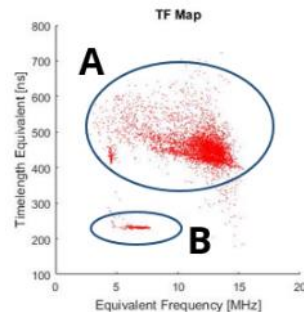
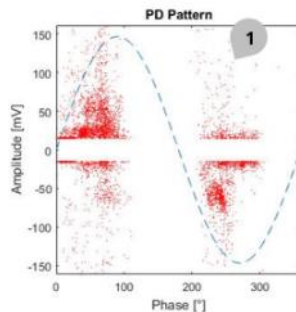
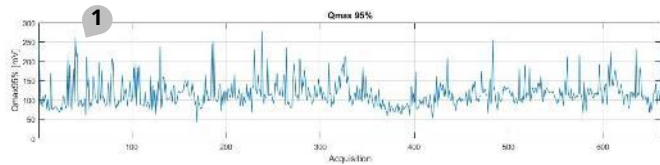
#### DESCARGAS PARCIALES

Cada defecto de una terminación o junta produce señales cuya variación en amplitud, si se mide adecuadamente, permite predecir la falla con semanas de anticipación.





# Caso de Estudio



Detalles de los diferentes fenómenos adquiridos con la tecnología de mapas TF

- A) Descarga superficial
- B) Descarga de corona

RFCT alrededor de tierra



Unidad de adquisición DP

Rastreo superficial



1 mes después



# Monitoreo de Interruptores MT

## Monitoreo Descargas Parciales

Unidades de adquisición

- FALCON – único (1-) canal
- FALCON MKII – multi canal hasta
  - 20 banda ultra ancha (UWB) y
  - 20 ultrasonido (US)



# Caso de Estudio: Monitoreo MT (Singapur)

128 Subestaciones, estimadas 4.238 Paneles de 22kV.  
Interruptores aislados por aire (AIS) e interruptores  
aislados por gas (GIS))

Suministro, instalación y puesta en marcha de sistema  
de monitoreo y diagnóstico de condición (CMD) en  
línea que monitorea 3 parámetros principales en todos  
los paneles AIS / GIS, a saber:

- Descargas Parciales
- Ultrasonido
- Temperatura

AIS Switchboard



GIS Switchboard



# Caso de Estudio: Monitoreo MT (Singapur)



- Sensor HFCT
- Sensor Ultrasonido Aéreo
- ➔ Instalado por debajo Panel GIS



Panel GIS



- Sensor temperatura contacto ➔  
Instalado por encima de panel GIS

# Caso de Estudio: Monitoreo MT (Singapur)



- Sensor TEV
- Sensor de temperatura de contacto
- Sensor ultrasónico de contacto
- ➔ Instalado por debajo de panel AIS en el piso del cable



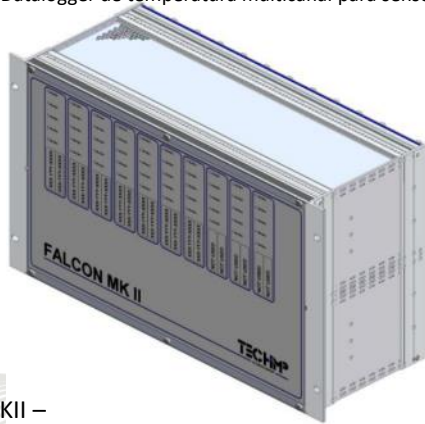
Panel AIS



# Caso de Estudio: Monitoreo MT (Singapur)



MCTLog 100 – Datalogger de temperatura multicanal para sensor PT1000



Falcon MKII – para 2 entradas de sensor UWB DP + 2 entradas de sensor ultrasónico

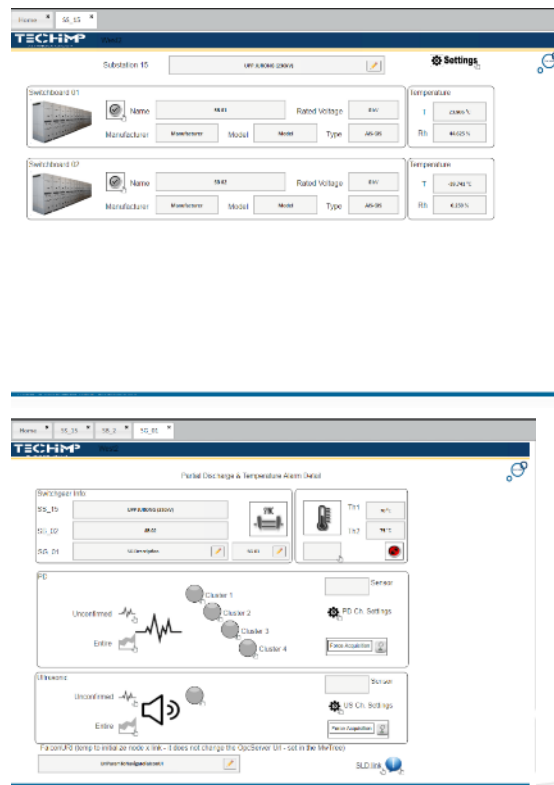
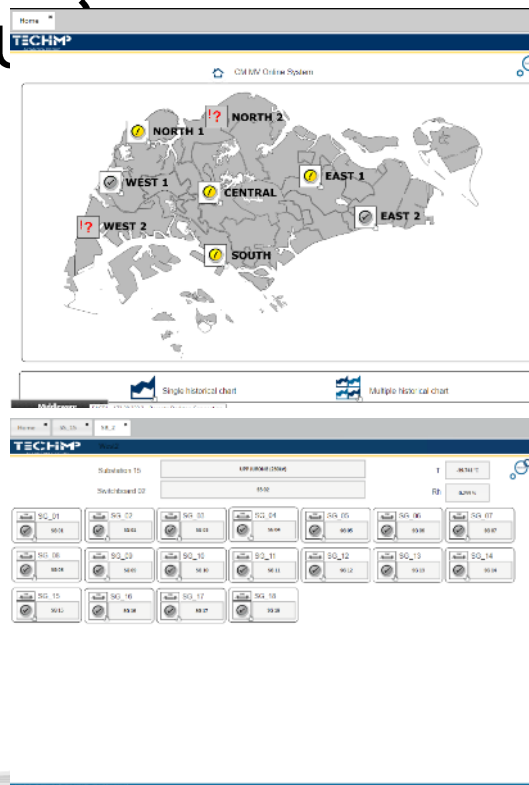


**Panel CMD para tablero localizado en Sub.**

**Panel CMD Corto para Tablero menor**



# Caso de Estudio: Monitoreo MT (Singapur)





# Monitoreo de Interruptores MT

## Temperatura y humedad

### Sensores

- Tecnología SAW pasiva
- Tecnología CMOS cortada por láser
- PT1000

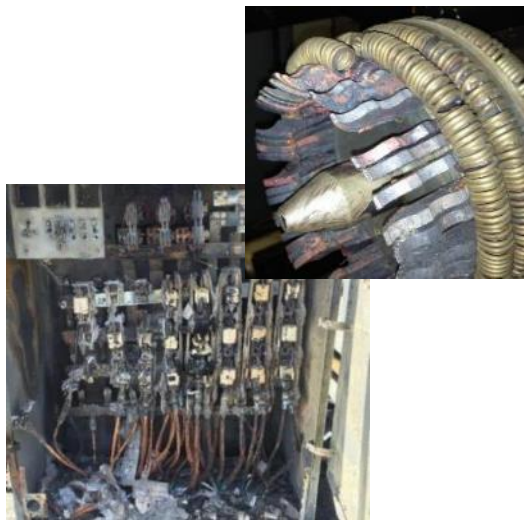


# Modo de Falla: Rompimiento Térmico



## Modos de falla

- Sobrecarga
- Corrosión
- Conexiones sueltas
- Inserción mecánica inadecuada



## Monitoreo tradicional

- Periódica, 1 o 2 veces al año
- Requiere un técnico (a veces 2)
- Peligroso y caro
- No se puede supervisar el bus principal



## Reader / CAM-5 Monitoreo continuo

- Máxima seguridad
  - Medición del punto de contacto
  - Sensor SAW = señal RF (sin batería)
- Sin mantenimiento
  - Sensores pasivos
  - 20+ años de esperanza de vida
- Fácil instalación
  - No se requiere línea de visión
  - Se monta bajo aisladores
- Diseño robusto
  - Probado para entornos de MT



# Modo de Falla: Rompimiento Dieléctrico Aire



## Modos de falla

- La contaminación por humedad y la humedad en la superficie del aislamiento provocan daños en el aislamiento a largo plazo y corrosión metálica, lo que provoca:
  - Degradación térmica
  - Ruptura del aislamiento



## Monitoreo tradicional

- Inspección visual desde el exterior
- Los calentadores a menudo se instalan
- Los calentadores fallan y no tienen retroalimentación
- "La potencia a través del equipo debería ser suficiente para mantenerlo caliente"



## Reader / CAM-5 Monitoreo continuo

- Detección de humedad y temperatura ambiente
- Sin mantenimiento
  - No requiere calibración
  - <0,5% de deriva a largo plazo
- Fácil instalación
  - Múltiples técnicas para encadenar
- Diseño robusto
  - Para instalación en activos eléctricos en entornos hostiles

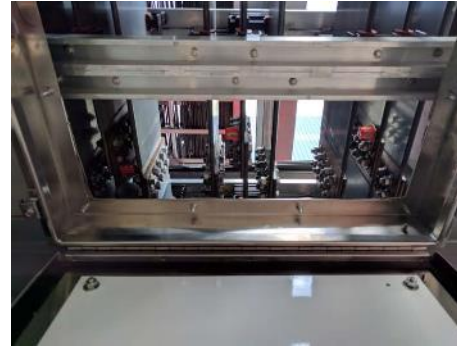


# Ejemplos de Instalación

Cable de interruptor  
/ brazo de interruptor



Ducto Barra  
/ Disyuntor de Generador





# Ejemplos de Instalación

## Transformador sumergido en aceite



## Transformadores de tipo seco



# Monitoreo Central TiSCADA

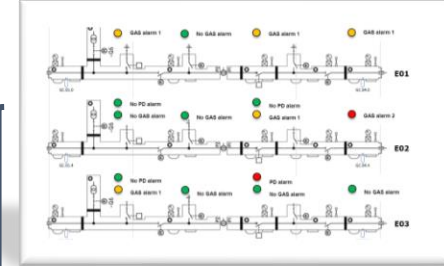


## TiSCADA – Sistema de Monitoreo Central

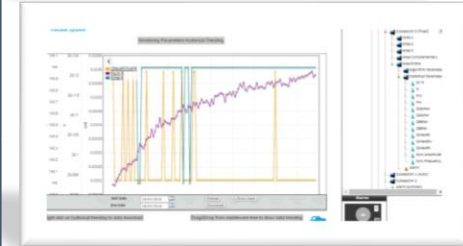
- Estado
- Tendencias
- Advertencia
- Análisis
- Correlación
- Exportar a Scada



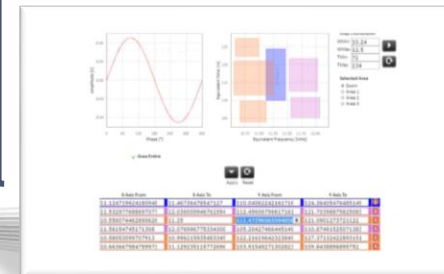
Dashboard



Asset view



Trendings



Data analysis

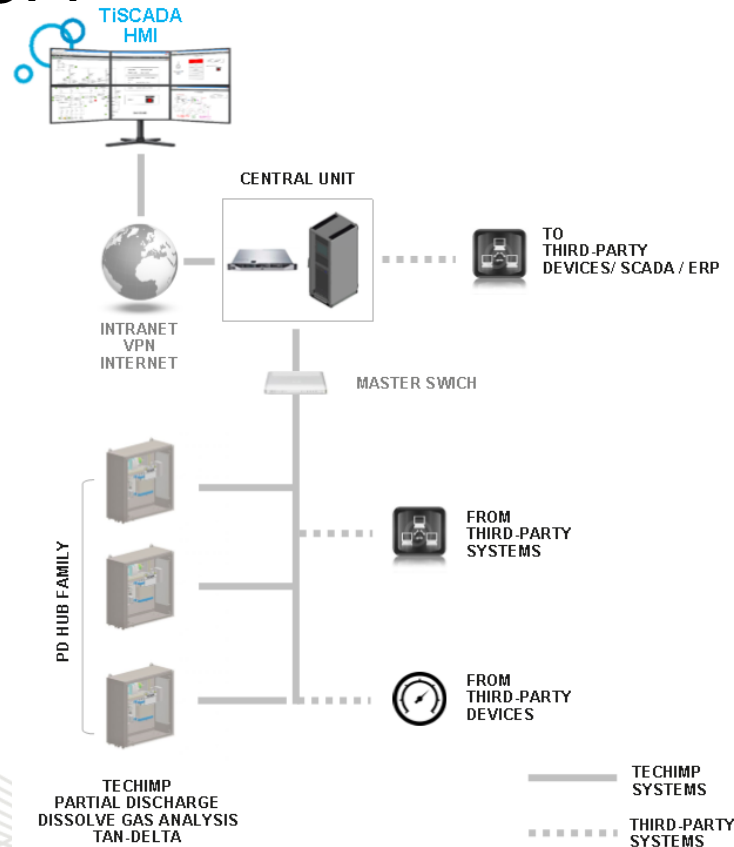


# Monitoreo Central TiSCADA

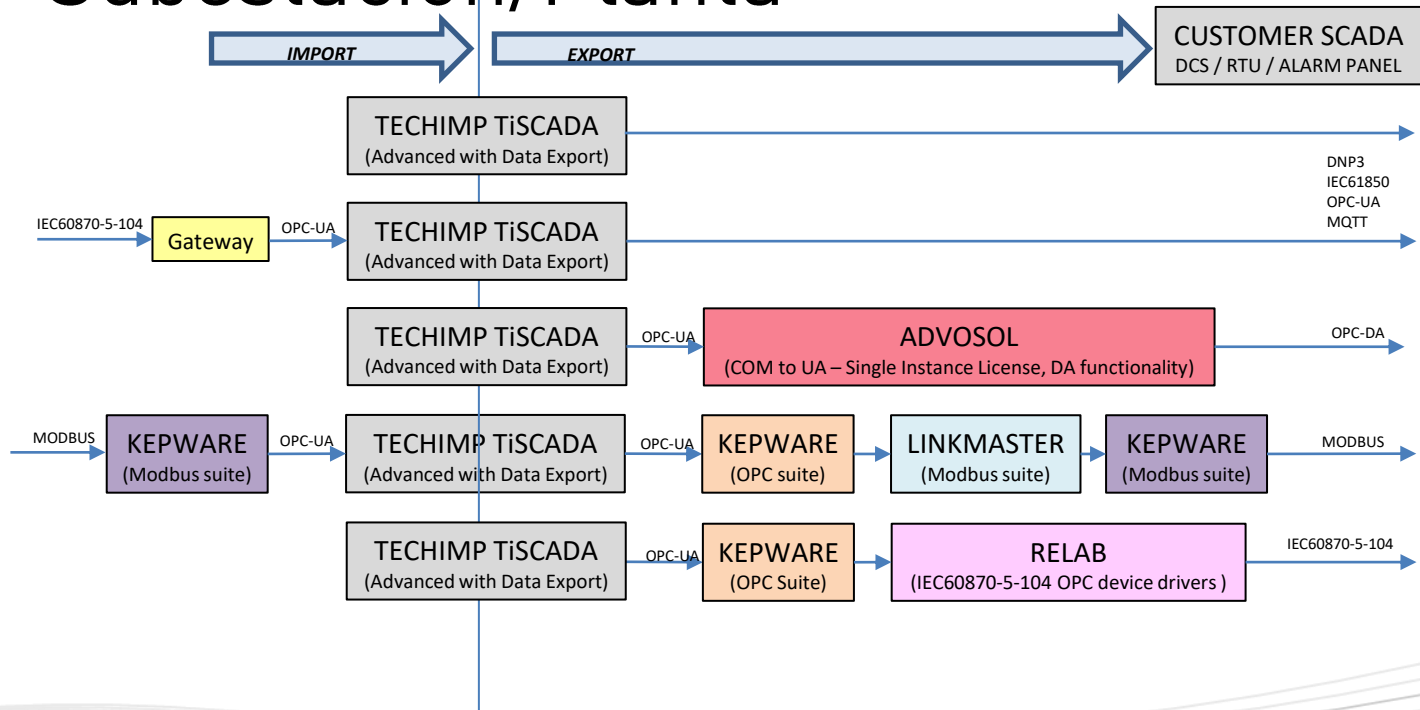


## TiSCADA – Sistema de Monitoreo Central

- Tendencias de los parámetros de condición
- Ampliable en el futuro
- Señal de advertencia a través de, por ejemplo, el sistema SCADA una vez que se ha alcanzado el umbral
- Servicios adicionales, por ejemplo, análisis de datos



# Integración Subestación/Planta



# Conclusiones

Diferenciadores ganadores clave para Monitoreo Condiciones Activos MT:

- DP: Tecnología patentada (mapa T/F)
- AGD: La mejor precisión del sistema en su clase (extracción + separación + detección)
- AGD: Cromatografía de gases de precisión a nivel de laboratorio
- AGD: Espectroscopía IR fotoacústica con autocalibración utilizando vapor de agua
- Temperatura / humedad: sistema SAW/CMOS libres de servicio
- Evaluación de la condición de TODOS los activos
- Monitoreo completo de la red en una plataforma
- Equipo global de expertos
- Tecnología probada y confiable
- Gestión de proyectos altamente profesional
- Presencia local (US / DE / IN / BR / SG / UAE / QT / PA)
- Excelencia operativa

# XXI Conferencia Doble Latinoamericana

17, 18 y 19 Octubre, 2023  
Medellín, Colombia







# ¡¡Gracias!!

Erick Castillo  
ecastillo@doble.com

