



SEMINARIO TRANSFORMADORES ABB, POR UNA RED MÁS VERDE Y SOSTENIBLE", AUGUST 29TH, 2018

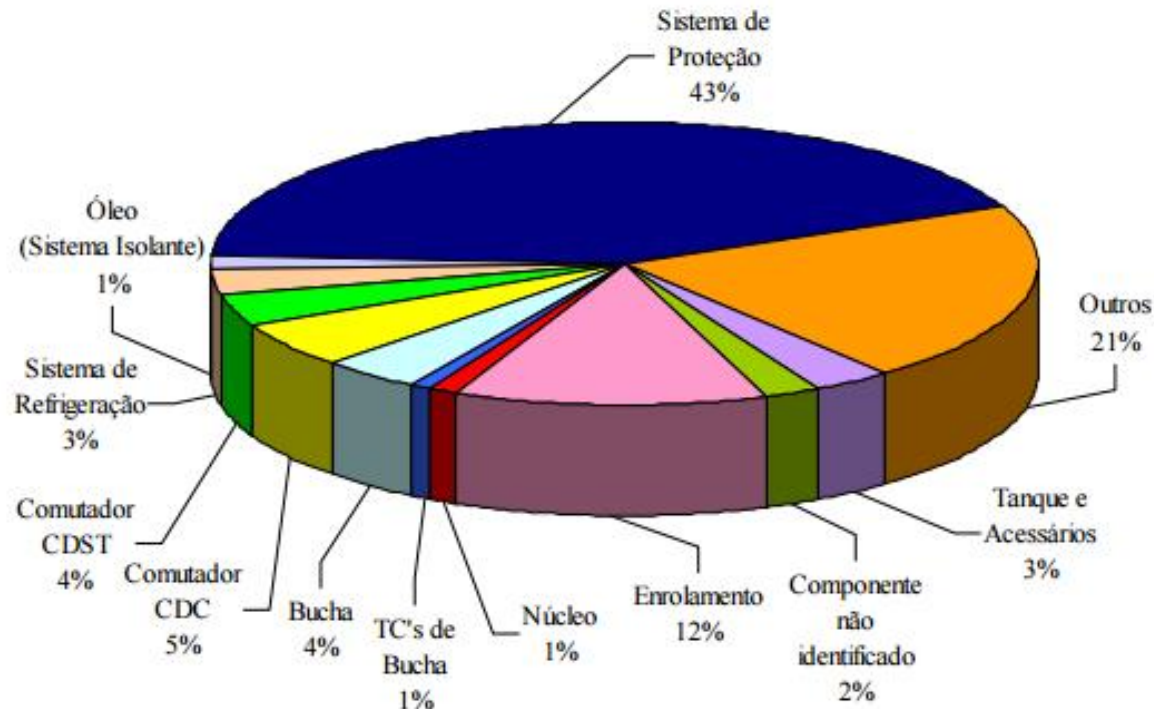
# Componentes innovadores y confiables para transformadores

Rafael Ayres, Components application engineer

# Porque los componentes deben ser confiables?

Estudios hechos por concesionarias de energía, y por ingenieros utilizando datos de sistemas de registros de las mismas concesionarias nos dan informaciones alarmantes:

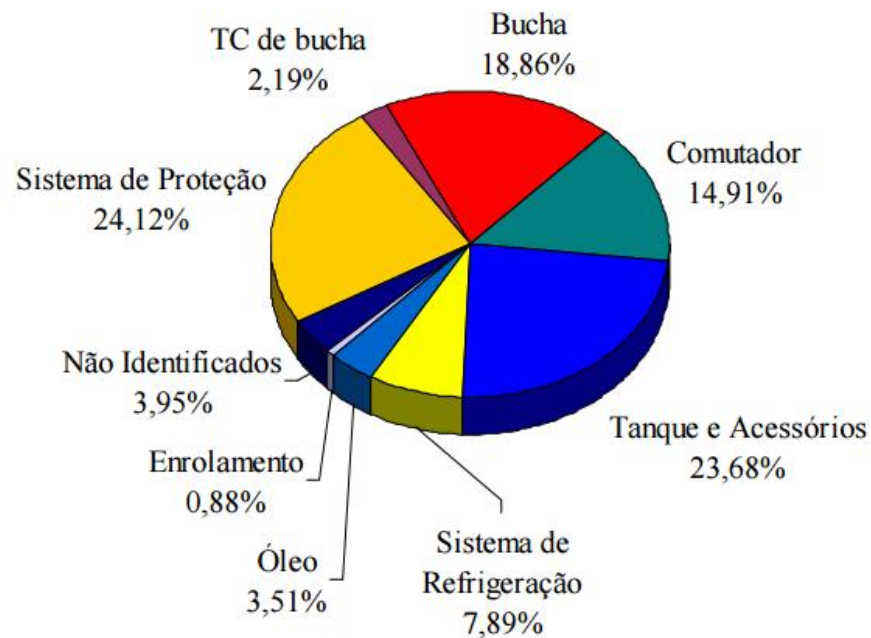
Registros de interrupciones, en un total de 366 en 8 años (CELG)



# Porque los componentes deben ser confiables?

Estudios hechos por concesionarias de energía, y por ingenieros utilizando datos de sistemas de registros de las mismas concesionarias nos dan informaciones alarmantes.

Registros de interrupciones, en un total de 236 en 10 años (COELCE)



---

# Porque los componentes deben ser confiables?

Estudios hechos por concesionarias de energía, y por ingenieros utilizando datos de sistemas de registros de las mismas concesionarias nos dan informaciones alarmantes.

- Interrupciones indebidas traen costos altos debido a necesidad de inmediata acción para chequear y poner en funcionamiento el transformador, además de multas por una parada de suministro de energía
  - **Cuanto cuestan los accesorios en un transformador nuevo? menos de 1% del costo**
- Se ve un bajo nivel de preocupación por parte tanto de los fabricantes cuanto por parte de los clientes finales por parte de la calidad de los accesorios de seguridad, con esto se busca el más económico
- Con esto se ve clara la necesidad de equipos más confiables, preparados para trabajar apropiadamente durante toda la vida útil del transformador.
- También es importante incrementar la búsqueda de calidad en estos accesorios por medio de especificaciones técnicamente más completas.

# Lo que hace un componente confiable?

Estándares y pruebas a que se somete cada equipo

Lo que ABB busca es seguir los más altos requerimientos de las normas Internacionales, con la finalidad de garantizar calidad y confiabilidad en sus accesorios

## Rele Buchholz

| Topic         | Test description                                                                                  | Standard                     |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Type tests    | Checking of the switching capacity of contacts                                                    | EN 50216-1                   |
|               | Vacuum test                                                                                       | EN 50216-2 and EN 50216-2_A1 |
|               | Impulse withstand test of electrical circuits                                                     | EN 50216-1                   |
|               | Calibration of gas collection scale on relay window to operate alarm contact if required          | EN 50216-2 and EN 50216-2_A1 |
|               | Determination of the minimum oil flow to operate the contact and the time for closing             | EN 50216-2 and EN 50216-2_A1 |
|               | Verification of the absence of reaction of contacts to a flow of oil from conservator to the tank | EN 50216-2 and EN 50216-2_A1 |
|               | Pressure withstand test                                                                           | EN 50216-2 and EN 50216-2_A1 |
|               | Verification of the absence of reaction of contacts to magnetic field                             | EN 50216-2 and EN 50216-2_A1 |
|               | Vibration test                                                                                    | EN 50216-1                   |
| Routine tests | Short duration power frequency withstand test                                                     | EN 50216-1                   |
|               | Oil leakage test                                                                                  | EN 50216-2 and EN 50216-2_A1 |
|               | Operation test                                                                                    | EN 50216-2 and EN 50216-2_A1 |

# Lo que hace un componente confiable?

Estándares y pruebas a que se somete cada equipo

Lo que ABB busca es seguir los más altos requerimientos de las normas Internacionales, con la finalidad de garantizar calidad y confiabilidad en sus accesorios

## Termómetros

| Description                                             | REFERENCE STAND                      |
|---------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Measuring tolerance test and commutation tolerance test | EN50216-11                           |
| Measuring tolerance test and commutation tolerance test | JB6302 – JB8450                      |
| Leakage test                                            | EN50216-11                           |
| IP degree                                               | EN 60259                             |
| Vibration test                                          | EN 60721-3-4 class 4M4               |
| Seismic test                                            | CEI EN 60068-3-3 (class 0, level II) |
| <b>Climatic test</b>                                    |                                      |
| Dry heat test (60°C 50%RH)                              | EN 60068-2-2 cl.6                    |
| Dry heat test (40°C 93% RH)                             | EN 60068-2-2 cl.6                    |
| Damp heat, steady state                                 | EN60668-2-78 cl7 and 9               |
| Cold test                                               | EN 60068-2-1 cl.6                    |
| Damp heat, steady state                                 | EN60668-2-78 cl7 and 9               |
| Damp heat cyclic                                        | IEC 60068-2-30                       |

| <b>EMC</b>                                |                           |
|-------------------------------------------|---------------------------|
| Fast transient/burst immunity test        | IEC 61 000-4-4            |
| Immunity to Conducted disturbances        | IEC 61 000-4-6            |
| Electrostatic discharge                   | IEC 61 000-4-2            |
| Surge immunity test                       | IEC 61 000-4-5            |
| Magnetic field immunity test              | IEC 61 000-4-3            |
| Immunity test                             | IEC 61 000-6-2            |
| Emission standard                         | IEC 61 000-6-4 (EN 55022) |
| Power-frequency magnetic field            | EN61000-4-8               |
| Harmonic current emission                 | IEC 61 000-3-2            |
| Voltage fluctuations and flicker          | IEC 61 000-3-3            |
| Micro-interruption and voltage variations | EN 61000-4-11             |

# Lo que hace un componente confiable?

Estándares y pruebas a que se somete cada equipo

**Deshumecedor libre de  
mantenimiento SDB**

| Description:                      | Relevant Standard:           | Description:                                   | Relevant Standard: |
|-----------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------|--------------------|
| Fast transient/burs immunity test | IEC 61 000-4-4               | Voltage fluctuations and flicker               | EN 61000-3-3       |
| Conducted disturbances            | IEC 61 000-4-6               | Protection grade (IP 65 for terminal box)      | CEI EN 60259       |
| Electrostatic discharge           | IEC 61 000-4-2               | Protection grade (IP 45 for completely device) | CEI EN 60259       |
| Supply variation                  | IEC 61 000-4-11              | Low temperature                                | IEC 60068-2-1      |
| Surge immunity test               | IEC 61 000-4-5               | Dry heat                                       | IEC 60068-2-2      |
| Magnetic field immunity test      | IEC 61 000-4-3               | Damp heat, cyclic                              | IEC 60068-2-30     |
| Immunity test                     | IEC 61 000-6-2               | Damp heat, constant                            | IEC 60068-2-78     |
| Emission standard                 | IEC 61 000-6-4<br>(EN 55022) | Oscillation test , shock test                  | IEC 60068-2-27     |
| Power-frequency magnetic field    | EN61000-4-8                  | Stationary vibration, sinusoidal (cl.4M4)      | EN 60721-3-4       |
| Harmonic current emission         | EN 61000-3-2                 | Seismic vibration (class 0, level II)          | EN 60068-3-3       |

---

# Lo que hace un componente confiable?

Calidad comprobada por importantes clientes

- ABB he participado de procesos de sustitución de relés tipo Buchholz en importantes concesionarias Brasileiras. Como ejemplo tenemos los procesos en AES Eletropaulo y CHESF.
- Los dos clientes hicieron estudios muy parecidos: después de tener fallas en sus transformadores donde el relé Buchholz no actuó como debería, pasaron a probar todos los relés instalados en sus transformadores. Gran parte de la base instalada presentaba falla en los contactos
- Conclusión: de los cuatro fabricantes de relés Brasileiros, dos tenían entre 80-90% de los relés instalados fuera de funcionamiento. La mayoría de los transformadores tenía vida útil entre 5-20 años.
- Por medio de un proceso de licitación donde las marcas que presentaron problemas fueran impedidas de participar, ABB, fue la elegida por las dos concesionarias para suministrar los relés para reemplazo para todo su flota de transformadores.

---

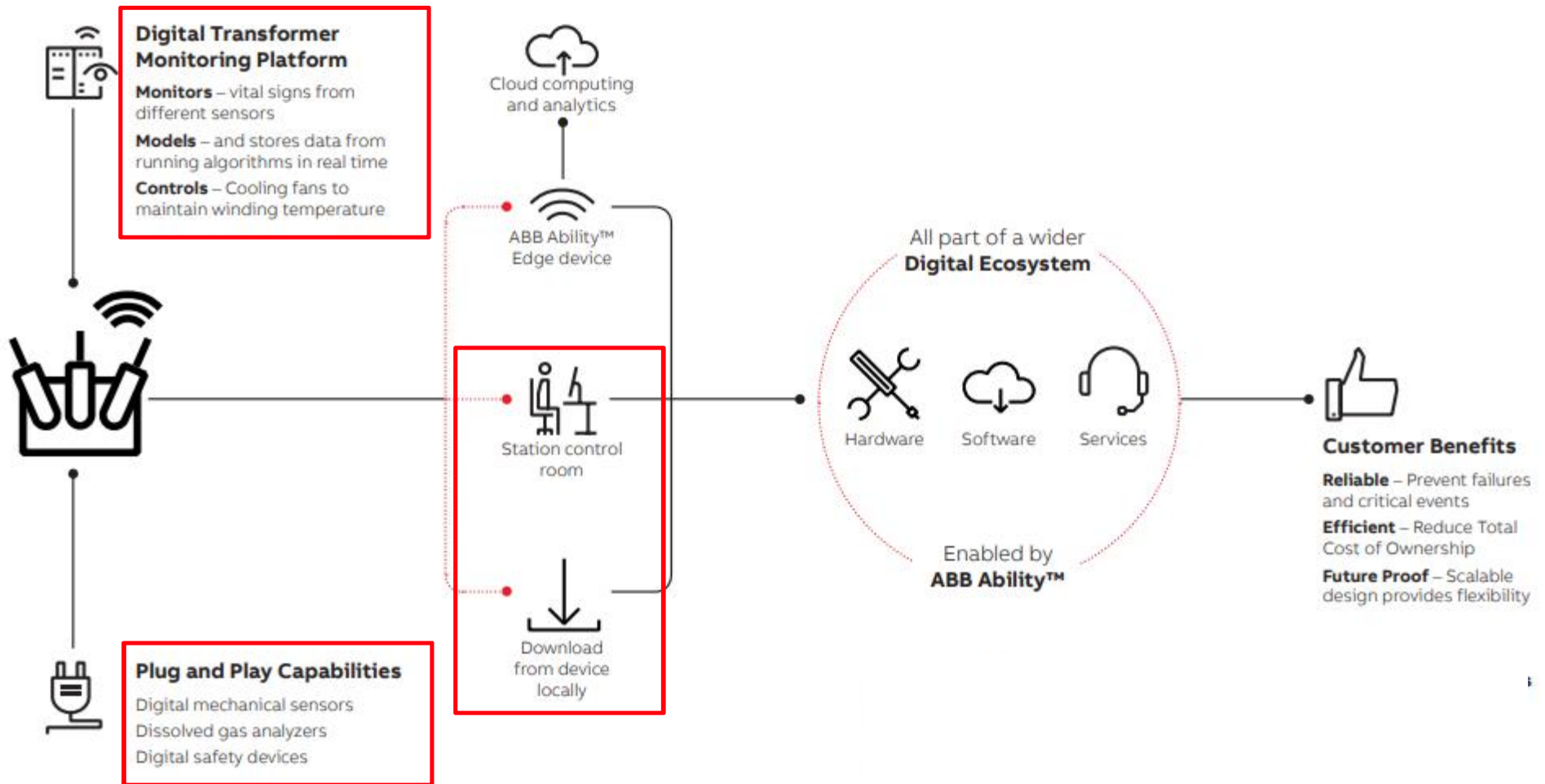
# Innovación en componentes, para un mundo conectado

## La búsqueda por un transformador más inteligente

- Cada vez más se buscan accesorios que hagan un transformador más inteligente, buscando accesorios que permitan un mantenimiento antes que la falla ocurra: (condition-based maintenance):
  - Reducción de costos.
  - Aumentar la performance del transformador
  - Reducir fallas
  - Extender la vida útil de nuevos equipos
  - Monitorear la condición de los equipos que están cerca del fin de su vida útil
  - Apoyar la decisión con respecto a la continuidad de la operación, el mantenimiento o reemplazo
- Hay mayor preocupación en general con equipos mayores y mas costosos, como bushings capacitivos, conmutadores, y con la condición del aceite. Pero importantes señales, como temperatura, gases, nivel de aceite, presión quédense sin monitoreo, y solo se nota una falla cuando se llega a un nivel critico (bajo nivel de aceite, gran cantidad de gases en el Buchholz, apertura de una válvula, por ejemplo)

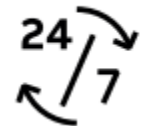
# ABB Ability™ Power Transformer

Una nueva era en la tecnología del transformador



# ABB Ability™ Power Transformer

Una nueva era en la tecnología del transformador



|                           | Tecnología actual                                  | Tecnología Smart Grid  |
|---------------------------|----------------------------------------------------|------------------------|
| Comunicación              | Inexistente                                        | Tiempo real            |
| Participación del usuario | Básico                                             | Centrada en el cliente |
| Diagnostico               | Electromecánico                                    | Digital                |
| Operación y mantenimiento | Manual, excepción o basada en intervalos de tiempo | Basada en condición    |
| Confiabilidad             | Basado en robustez                                 | Resistente             |

# ABB Ability™ Power Transformer

Una nueva era en la tecnología del transformador



CoreSense



CoreSense M10



eSDB – Self Dehydrating Breather



eOLI – Oil Level Indicator



eWTI / eOTI Thermometers



eBR – Buchholz Relay



ePRD – Pressure Relief Device

## Línea eDevices: Deshumedecedor libre de mantenimiento tipo eSDB.

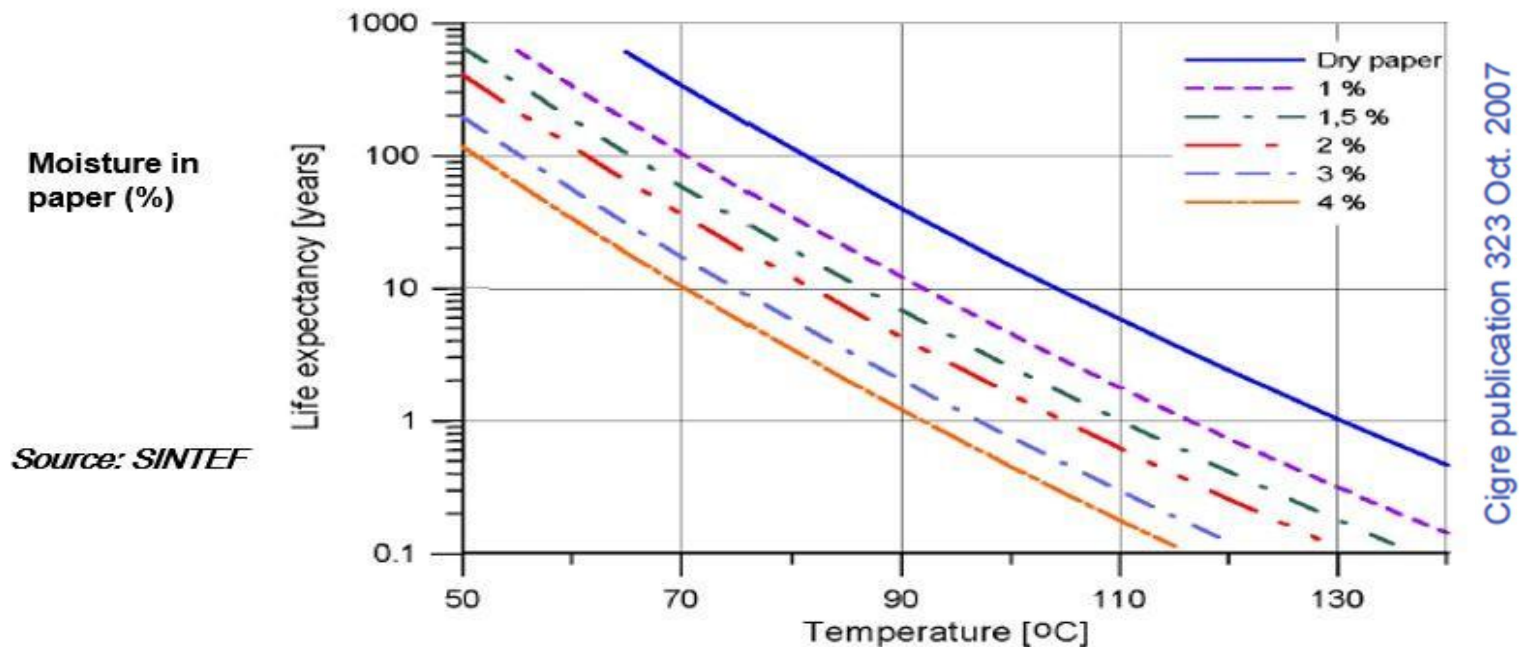
Principales restricciones del deshumedecedor convencional:



- Inspección regular de la silicagel
- Costos altos para almacenar, cambiar, regenerar la silicagel
- Producto químico – Exige manejo especial
- Riesgo para el transformador si el mantenimiento no es hecho
- Alto impacto ambiental – Genera desechos

## Línea eDevices: Deshumedecedor libre de mantenimiento tipo eSDB.

Porque es importante mantener la humedad fuera del transformador:



El ingreso de humedad causa una evidente reducción en la vida útil del transformador.

# Línea eDevices: Deshumedecedor libre de mantenimiento tipo eSDB.

Familia de productos

**eSDB 40, 30, 15, 10**

Monitoreo continuo de la silicagel



**eSDB 14C, 12C, 10C**

Regeneración con base en el ambiente

# Línea eDevices: Deshumedecedor libre de mantenimiento tipo eSDB.



## Confiabilidad del transformador

- El aire seco entra al conservador en cualquier momento (dos tanques que funcionan alternativamente)
- Equipo sigue las más exigentes normas internacionales, incluso con pruebas de vibraciones de acuerdo a IEC 60068 y IEC 60721

## Mantenimiento

- No hay inspección visual, reemplazo, eliminación de silicagel
- Control total del estado de saturación del agente de secado

## Costo

- Reducción del costo total de mantenimiento (no es necesario cambiar la silicagel por toda la vida útil del transformador)

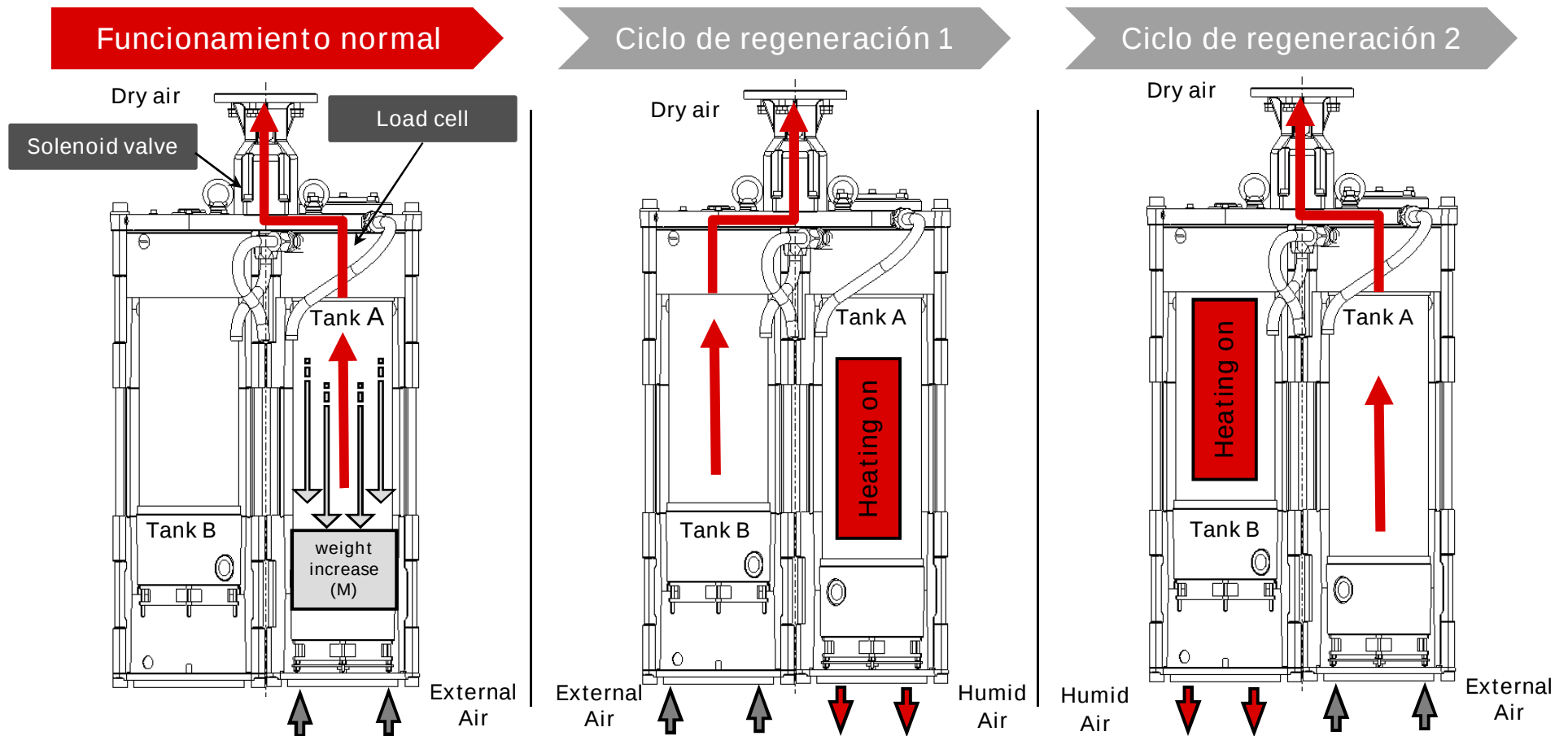
## Ambiente

- Sin impacto ambiental para la eliminación de la silica gel



# Filtro de silica gel libres de mantenimiento.

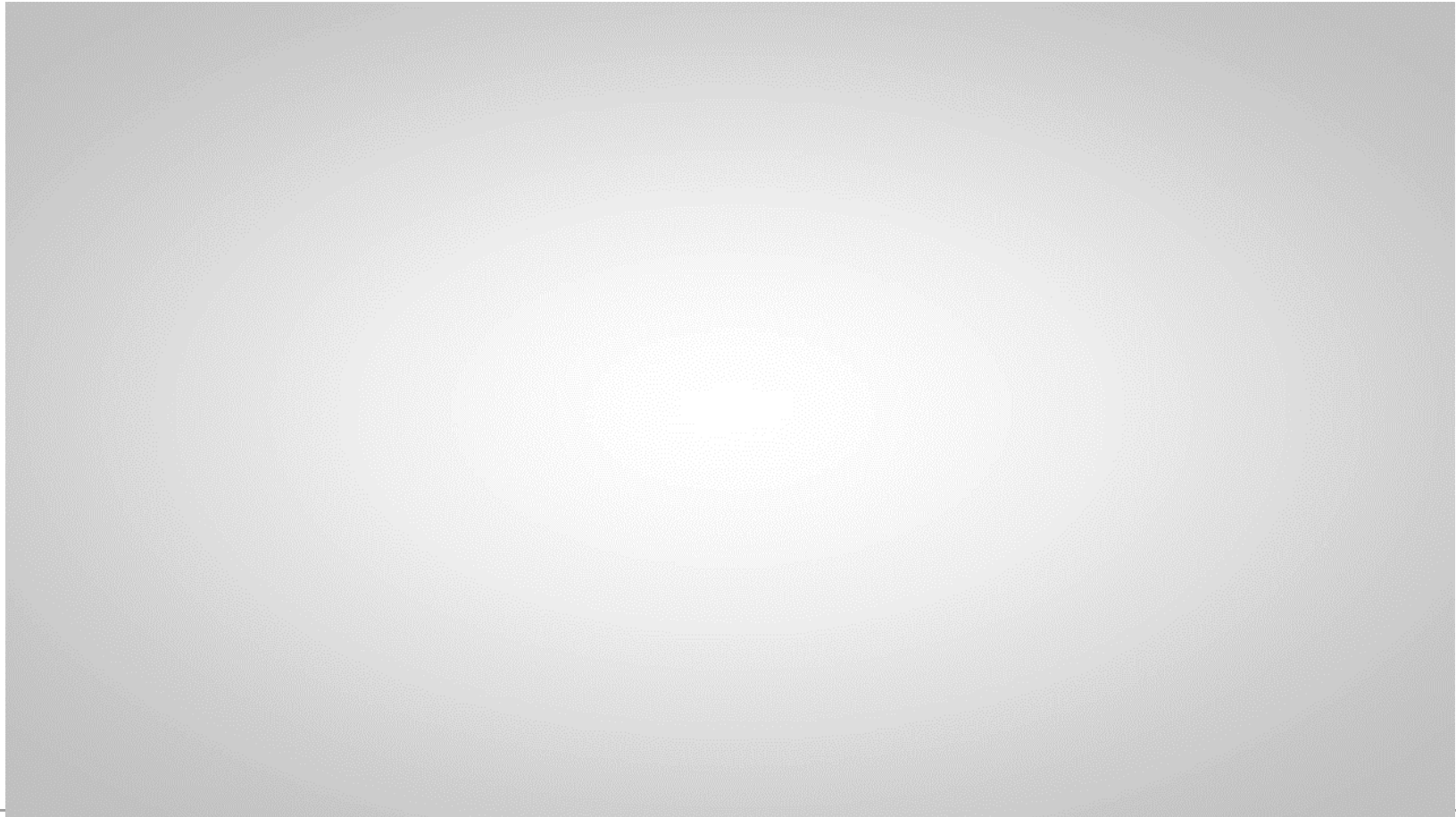
Tecnología basada en condición (Comem eSDB-10/15/30/40)



---

# Línea eDevices: Deshumedecedor libre de mantenimiento tipo SDB.

Principio de trabajo



## Línea eDevices: Deshumedecedor libre de mantenimiento tipo eSDB.

| Características principales |                                                                                 | Porque                                             | Beneficios                        |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Estándar                    | Sin necesidad de verificación visual o cambio de la silicagel                   | Proceso automático de regeneración de la silicagel | Reducción de costos operacionales |
|                             | Absorción continua de humedad                                                   | Dos tanques independientes                         | Confiabilidad del Transformador   |
|                             | Control pleno del status de la saturación del agente deshumedecedor (silicagel) | Dos opciones disponibles:                          |                                   |
|                             |                                                                                 | eSDB-C: Regeneración con base en el ambiente       |                                   |
|                             |                                                                                 | eSDB: Monitoreo continuo de la silicagel           | Prevención de fallas              |
| A petición                  | Se puede instalar en transformadores en operación                               | Intercambiable con todos los estándares            |                                   |
|                             | Conexión remota                                                                 | RS485 con Modbus                                   |                                   |
|                             | Monitoreo de datos                                                              | 4-20 mA / Modbus RTU +Datalogger                   |                                   |

## Línea eDevices: eOLI – Indicador de nivel de aceite

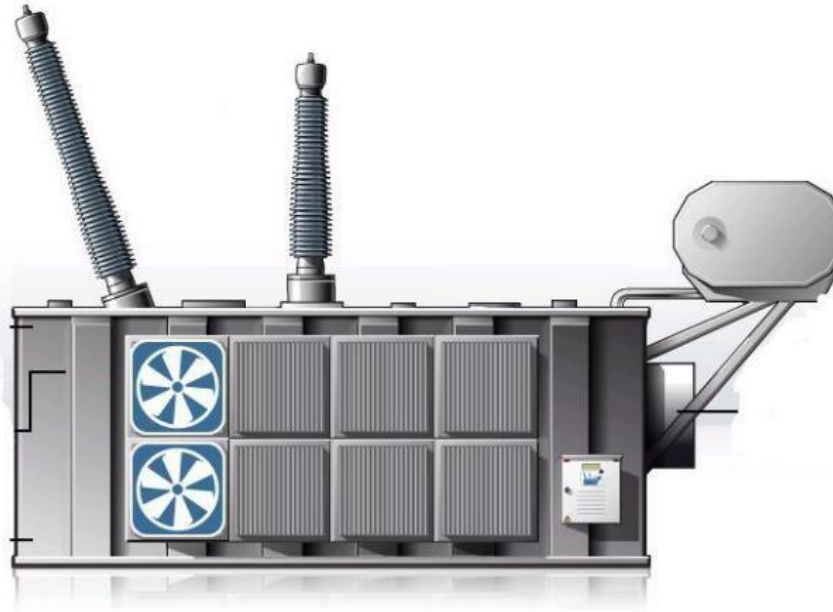
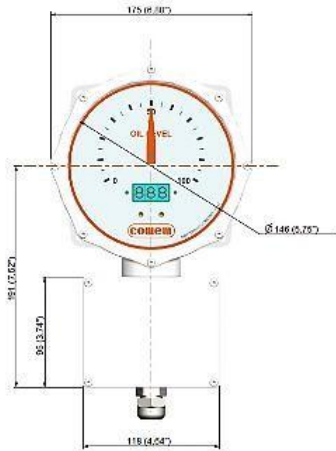


- Monitoreo continuo del nivel de aceite
- Libre de fugas de aceite (Sistema de acople magnético)
- Brida compatible con todos los estándares
- Visor para lectura del nivel a la altura del hombre
- Conexión remota vía 4-20mA y Modbus
- Pruebas de vibraciones de acuerdo a IEC 60068 y IEC 60721

# Línea eDevices: eOLI – Indicador de nivel de aceite

Indicador adicional para ser instalado al nivel del suelo

**Viewer**



**eOLI: Indicador principal**



El Viwer recibe los siguientes señales del indicador principal:

- 24VDC
- 4-20 mA

El Viwer posee indicación analógica y digital

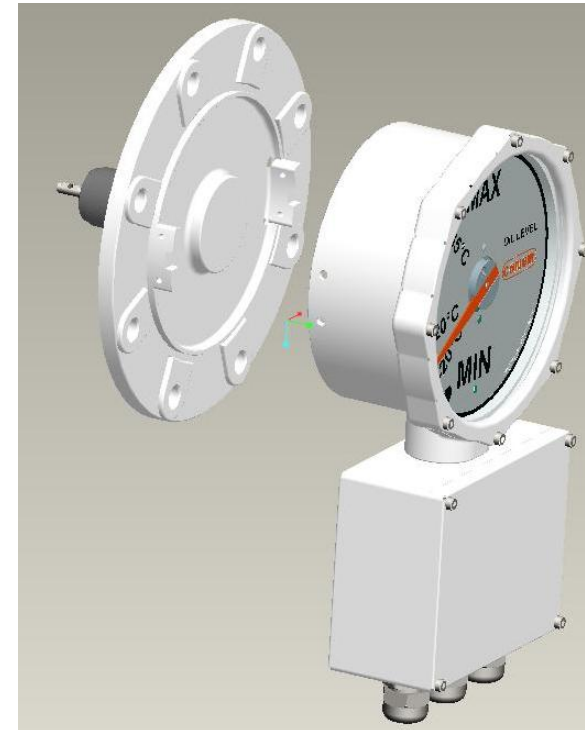
## Línea eDevices: eOLI – Indicador de nivel de aceite

Facil instalación

Al sustituir indicadores  
con diseño de nuestra  
competencia



Al sustituir indicadores  
de COMEM



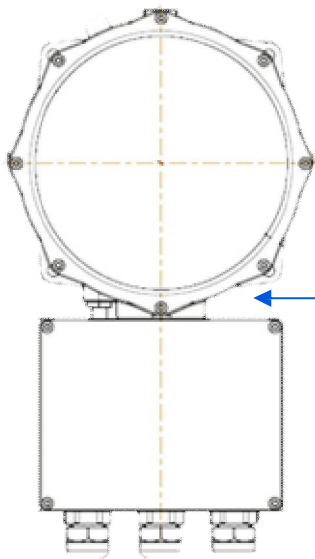
## Línea eDevices: Termómetros eOTI / eWTI.



- Monitoreo continuo de la temperatura del aceite y del bobinado
- Performance confiable en todos los ambientes, con hasta 4 contactos
- Tecnología Bourdon que requiere bajo mantenimiento y es más precisa (rango más amplio), no sufre con envejecimiento
- Pruebas de vibraciones de acuerdo a IEC 60068 y IEC 60721
- Mayor resistencia a impactos externos (suspensión elástica, único punto de fijación)
- Conexión remota vía 4-20mA y Modbus

## Línea eDevices: Termómetros eOTI

### Principio de trabajo



El cambio de la temperatura induce la dilatación de un fluido dentro del capilar. Dicha dilatación determina la rotación del indicador.

### Principales características:

- Fluido presurizado en alta presión
- Doble resorte (escala de 180°)

---

# Línea eDevices: Termómetros eWTI

## Principio de trabajo

- Se usa un método de simulación de la temperatura del devanado para se tener aproximadamente el punto más caliente en el devanado;
- El método utilizado en los transformadores de potencia consiste en un transformador de corriente, que es proyectado para incurrir en una corriente proporcional a la corriente de carga del transformador
- El transformador de corriente alimenta un circuito que esencialmente añade calor a la lectura de la temperatura del aceite, para simular el gradiente de temperatura del punto más caliente del bobinado.

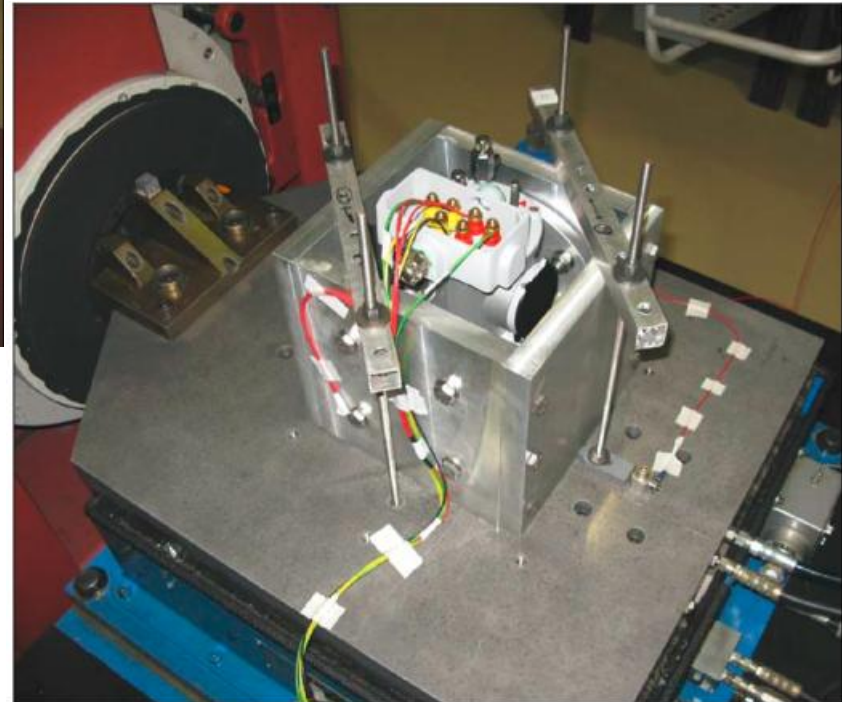
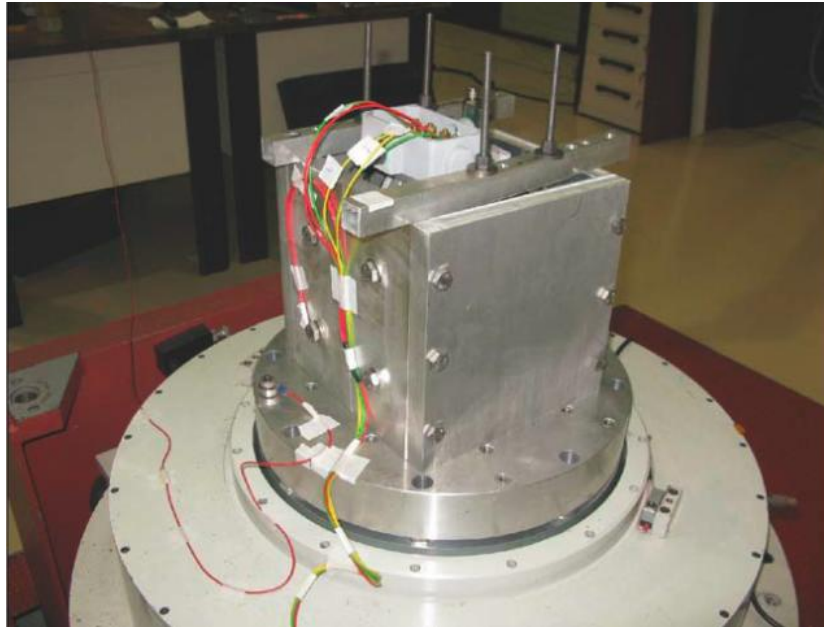


## Línea eDevices: Relé Buchholz eBR



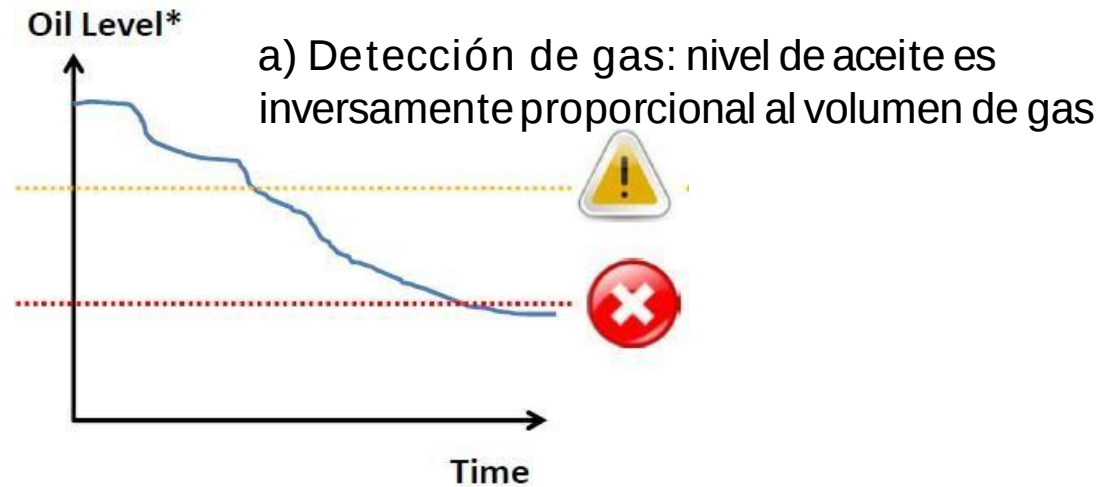
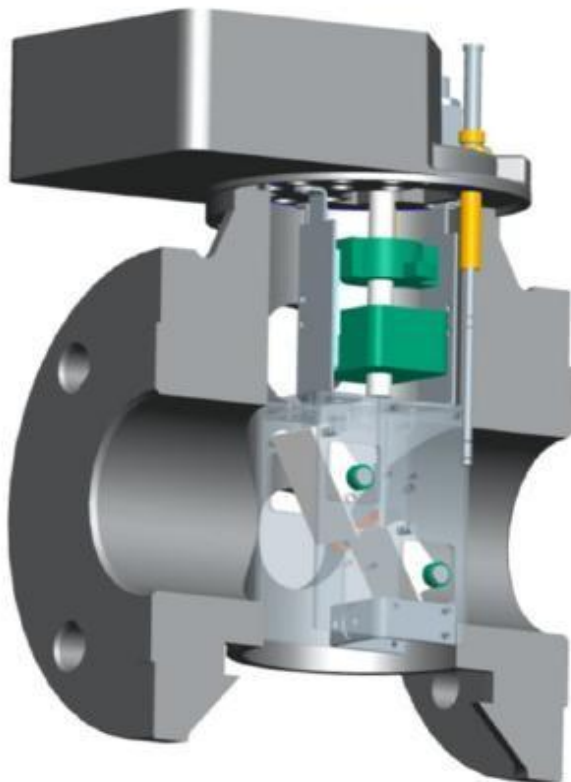
- Monitoreo continuo de la acumulación de gas
- Bandera dedicada a alarma por flujo
- Sin riesgo de falso alarma, design robusto, cumpliendo con clase de vibraciones 4M6 de acuerdo a la norma IEC 60721-3-4
- Conexión remota via 4-20mA y Modbus
- Petcock relay: Se puede abrir la válvula de descarga de gases remotamente

## Línea eDevices: Relé Buchholz eBR



# Línea eDevices: Relé Buchholz eBR

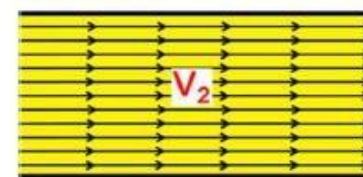
## Principio de trabajo



b) Límites para flujo de aceite

§ If  $V > V_1$  = Alarma

§ If  $V > V_2$  = Trip



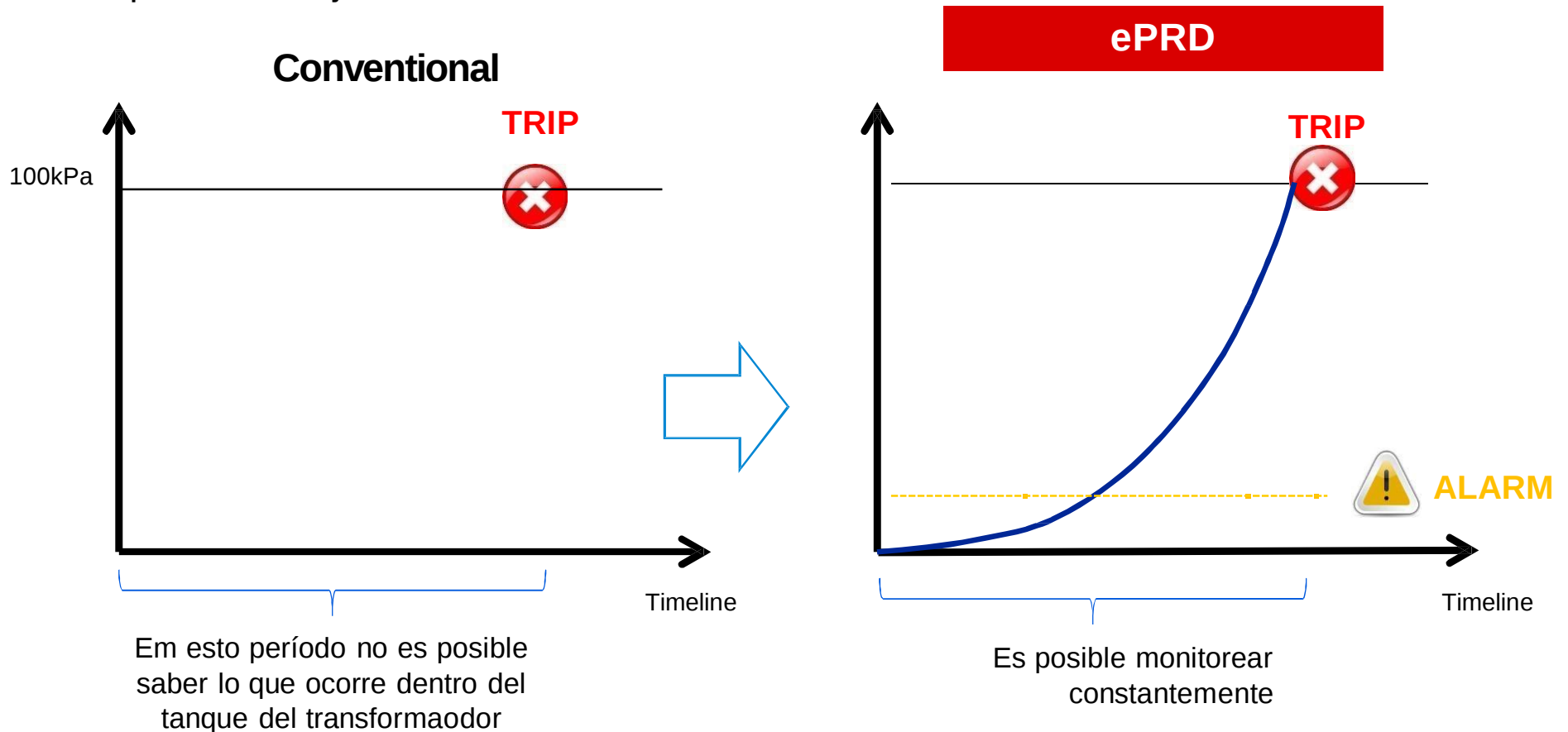
## Línea eDevices: Válvula de alivio de sobrepresión ePRD



- Monitoreo continuo de la presión por medio de un transductor de presión
- Ducto dedicado que previene el derrame de aceite en el ambiente cuando la válvula actúa
- Resorte para el lado de afuera del tanque del transformador
- Microswitches y partes internas de la válvula son protegidas contra cuerpos extraños (IP65)
- Conexión remota vía 4-20mA y Modbus con Datalogger
- Pruebas de vibraciones de acuerdo a IEC 60068 y IEC 60721

# Línea eDevices: Válvula de alivio de sobrepresión ePRD

## Principio de trabajo



# CoreSense™ – DGA Sensors

## Concepto básico de la formación de gas

### Aislación en el transformador

Aceite aislante

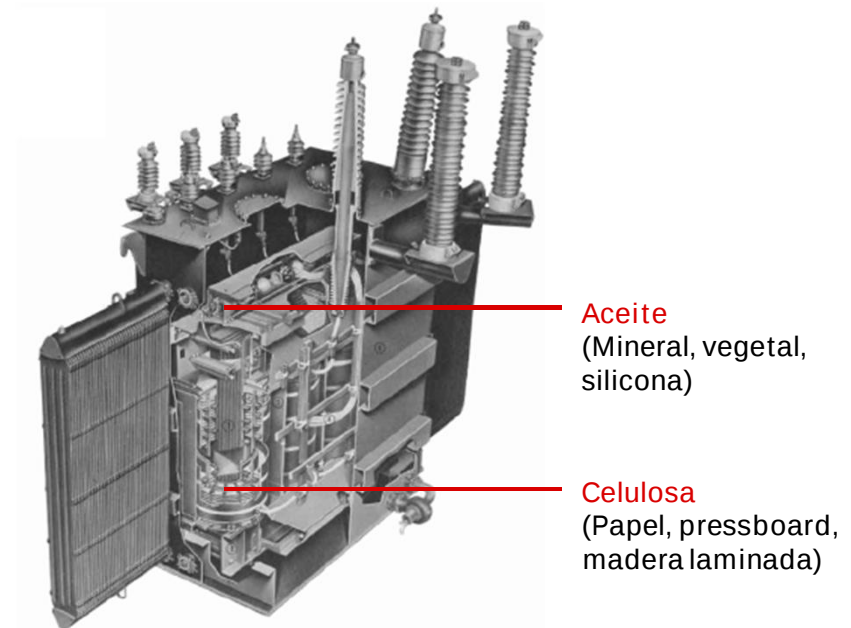
Celulosa (Papel)

Propósitos de la aislación:

- Aislador eléctrico
- Transferencia térmica

Cuando el Sistema de aislamiento es estresado, gases son producidos y los mismos son disueltos en el aceite

Gases disueltos en el aceite son un excelente indicativo de fallas

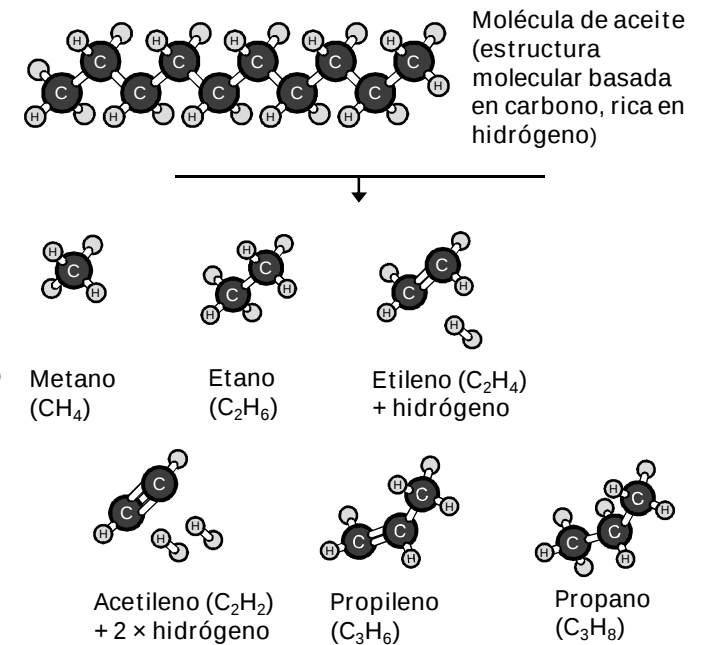
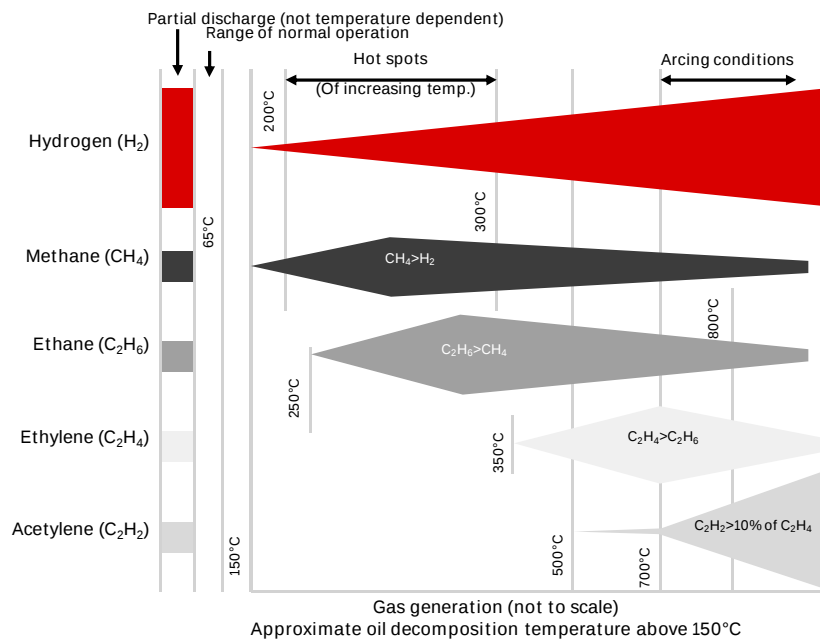


# CoreSense™ – DGA Sensors

## Concepto básico de la formación de gas

### La degradación de la molécula de aceite

#### Generación de gases x Temperatura



# CoreSense™ – DGA Sensors

## Concepto básico de la formación de gas

### La degradación de la cadena de celulosa

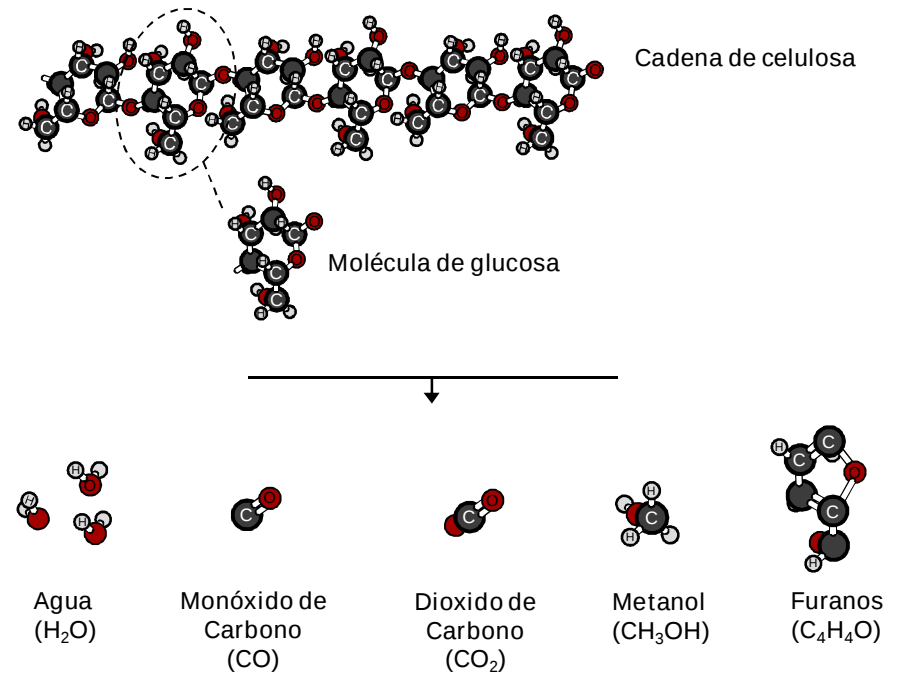
Uno de los componentes del transformador tiene “característica de ciclo de vida no reversible”: La aislación solida (celulosa) que se deteriora al largo del tiempo

El Sistema de aislación es diseñado para ser compatible con la expectativa de vida del transformador, de acuerdo con su carga durante la vida

Varios factores afectan el ciclo de vida de la celulosa:

- Calentamiento
- Humedad en el papel
- Oxígeno en el aceite

Todos estos requieren monitoreo al largo del tiempo



# CoreSense™ – hydrogen & moisture sensor

## Monitoreo de un solo gas: CoreSense - sensor de hidrógeno y humedad

### Funcionalidad

Flag raiser, Detecta la formación de una falla en su inicio, sin indicar la fuente del error.

### Continuación de la acción

Análisis de gases disueltos (DGA) en un laboratorio para investigar la origen de la generación de gas

### Transformadores a que se dirigen

Cualquier transformador aislado con aceite – De acuerdo con la filosofía de mantenimiento

| Fault / gas generated                  | CO | CO <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> | C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> | C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> | C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> | O <sub>2</sub> | H <sub>2</sub> | H <sub>2</sub> O |
|----------------------------------------|----|-----------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------|----------------|------------------|
| Cellulose aging                        | +  | +               |                 |                               |                               |                               |                               |                               |                |                | +                |
| Mineral oil decomposition              |    |                 | +               | +                             | +                             | +                             | +                             | +                             |                | +              |                  |
| Leaks into oil                         |    | +               |                 |                               |                               |                               |                               |                               | +              |                | +                |
| Thermal decomposition of cellulose     | +  | +               | +               |                               |                               |                               |                               |                               | +              | +              |                  |
| Overheated transformer core            | +  | +               | +               |                               |                               |                               |                               |                               |                | +              |                  |
| Thermal faults in oil (150°C to 300°C) |    |                 | +               |                               | Trace                         | +                             | +                             | +                             |                | +              |                  |
| Thermal faults in oil (300°C to 700°C) |    |                 | +               | Trace                         | +                             | +                             | +                             | +                             |                | +              |                  |
| Thermal faults in oil (>700°C)         |    |                 | +               | +                             | +                             | +                             | +                             | +                             |                | +              |                  |
| Partial discharge                      |    |                 | +               | Trace                         |                               |                               |                               |                               |                | +              |                  |
| Arching                                |    |                 | +               | +                             | +                             |                               |                               |                               |                | +              |                  |

---

# CoreSense™ – DGA Sensors

## Laboratory DGA vs On-Line DGA

### Análisis de gases disueltos en laboratorio

---

- Costos, recursos y tiempo para recorrer muestras en locales remotos
- Contaminación de muestras (durante y/o después de sacar muestras en sitio)
- Degradación de la muestra debido al tiempo, y el tiempo para análisis
- Precisión del laboratorio (u repetitividad) y exactitud
- Reproducción en laboratorio

### Análisis de gases disueltos On Line

---

- Lecturas frecuentes (generalmente varias lecturas por día) de concentraciones de gas disueltas en el aceite del transformador sin la necesidad de una muestra manual
- Capacidad para detectar formaciones gas anormales y fallas que ocurren casi en tiempo real entre muestreos manuales de aceite
- Útil para aplicaciones donde la formación de gas en transformadores instalados en zonas remotas debe seguirse a intervalos de tiempo frecuentes (por ejemplo, en equipos estratégicos o costosos, o donde ya se han detectado fallas significativas)
- Detección de tendencia

# CoreSense™ – DGA Sensors

## Portafolio de productos



CoreSense



CoreSense +



CoreSense M10

|                             |                            |                                           |                                                              |
|-----------------------------|----------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Measured Gases              | H2, H2O                    | H2, H2O                                   | H2, CO, CO2, CH4, C2H2, C2H4, C2H6, C3H6, C3H8, H2O          |
| Functionality               | Flag-raiser                | Flag-raiser                               | Advanced diagnostics                                         |
| Single Valve Installation   | +                          | +                                         | +                                                            |
| No Oil pumps                | +                          | +                                         | +                                                            |
| No Consumables              | +                          | +                                         | +                                                            |
| Advanced Communication      |                            | +                                         |                                                              |
| Advanced Transformer Models |                            | Hot Spot<br>Ageing<br>Overload Capability | Duval triangles<br>Roger Ratios<br>IEC, IEEE Interpretations |
| Use Case                    | Any oil filled transformer | Any oil filled transformer                | Critical units and /or for nursing                           |

---

# CoreSense™ – hydrogen & moisture sensor

## Libre de mantenimiento



### Súper capacitores

- En caso de una falla de energía, el capacitor mantendrá el reloj interno y la memoria flash mantendrá todos los datos registrados de forma segura. No es necesario reemplazar las baterías ni hacer un reinicio local de la unidad.

### Ambiente

- Temperatura de operación -50 hasta +60°C (Sobrevivencia -60 hasta +100 °C)
- Temperatura del aceite -20 hasta +100°C (Sobrevivencia -40 hasta +120°C)
- Presión del aceite 0 hasta 10Bar
- Grado de protección IP67
- Protección para superficies de salinidad moderada (estándar C4)

# CoreSense™ – hydrogen & moisture sensor

## Proyecto sencillo & robusto

CoreSense™ es la primera línea de defensa de un transformador, monitorea el estado del transformador al observar el hidrógeno y los niveles de humedad. Cuenta con:



Monitoreo continuo y online



Instalación fácil – Libre de mantenimiento



Movimiento del aceite por convección – sin parte móviles



Sensor de estado sólido – sin membranas



Status inmediato por medio de LED's coloridos



Un año de almacenamiento de datos



Interface WEB amigable



Conectividad flexible para sistemas SCADA con Modbus, DNP3 y opcionalmente IEC 61850



Rentable para monitorear la condición del transformador



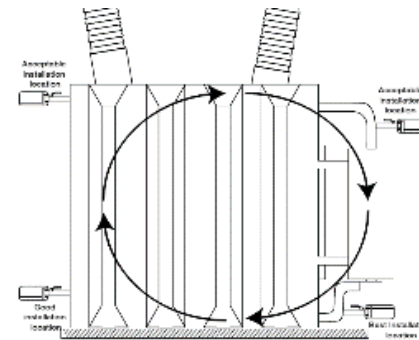
Inteligencia escalable

# CoreSense™ – hydrogen & moisture sensor

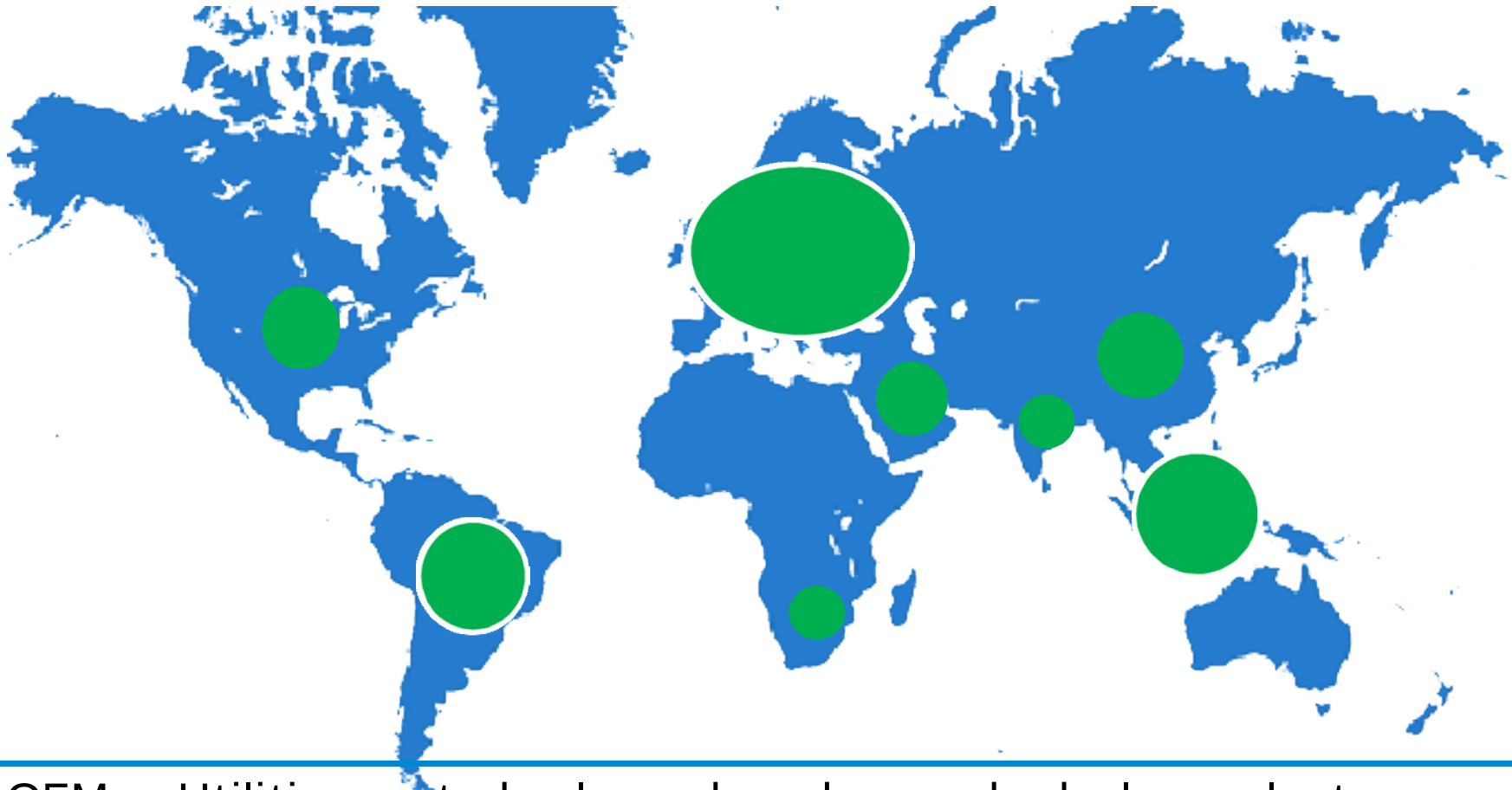
## Instalación sencilla



- El CoreSense se puede montar en cualquier transformador lleno de:
  - aceite mineral
  - Aceite de éster tipo Midel (7131)
- Unidad de medición y monitoreo, todo en uno, equipado con un puerto de muestreo de aceite externo (cerrado con tornillo Allen de 5/32 pulgadas)
- Brida:
  - Brida Estándar 1.5NPT
  - A petición 1NPT<sup>(1)</sup> o con brida
- Posición de instalación del CoreSense:
  - Transformador Nuevo: Cualquier posición
  - Transformador en operación: Se recomienda la válvula de drenaje



## Línea eDevices: Referencias



OEMs y Utilities en todo el mundo ya han probado la excelente performance de nuestros eDevices

## Línea eDevices: Referencias



# Línea eDevices

## Conclusion



- eDevices son la respuesta correcta a las nuevas demandas de monitoreo
- Propuesta clara: aumentar la rentabilidad de Usuario Final, Reduce la exposición a multas por interrupción de suministro
- Bajo costo de mantenimiento
- Mayor fiabilidad del transformador y facilidad de uso
- La performance viene superando la expectativa de los usuarios finales
- **Importante: intercambiables con los equipos convencionales, lo que hace el retrofit muy sencillo**

—

**ABB**