



SANDRA M. QUIROGA/ PGTR-DRY 2017

# Transformadores Secos Seguros, ecológicos, confiables y eficientes.

# Que es un Transformador seco?

- Un transformador seco es aquel que no precisa de ningún líquido para refrigerarse de forma natural.



- Existen varios tipos de producto/tecnología según sea la fabricación del arrollamiento de media tensión:
  - Abiertos (Open Wound): VPI o VPE
  - Encapsulados al vacío (Vaccuum Cast Coil): VCC
  - Encapsulados con mezcla de fibra de vidrio: Resibloc



- Los transformadores secos son **especialmente indicados** para su instalación en
  - **interior** gracias a su autoextinguibilidad, nulo riesgo de provocar un incendio o derrame de sustancias peligrosas
  - **zonas contaminadas o de alta humedad** por los materiales empleados
  - **ambientes industriales** por su escaso mantenimiento y su elevada fiabilidad y seguridad

# Por que Transformadores secos?

## 1. Seguridad

• Incidentes en transformadores de aceite debidos a causas externas o internas

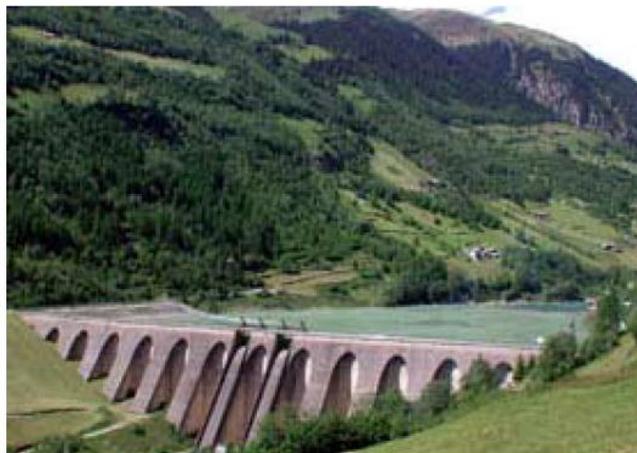


• Incidentes en transformadores de gas debidos a fugas de SF<sub>6</sub>



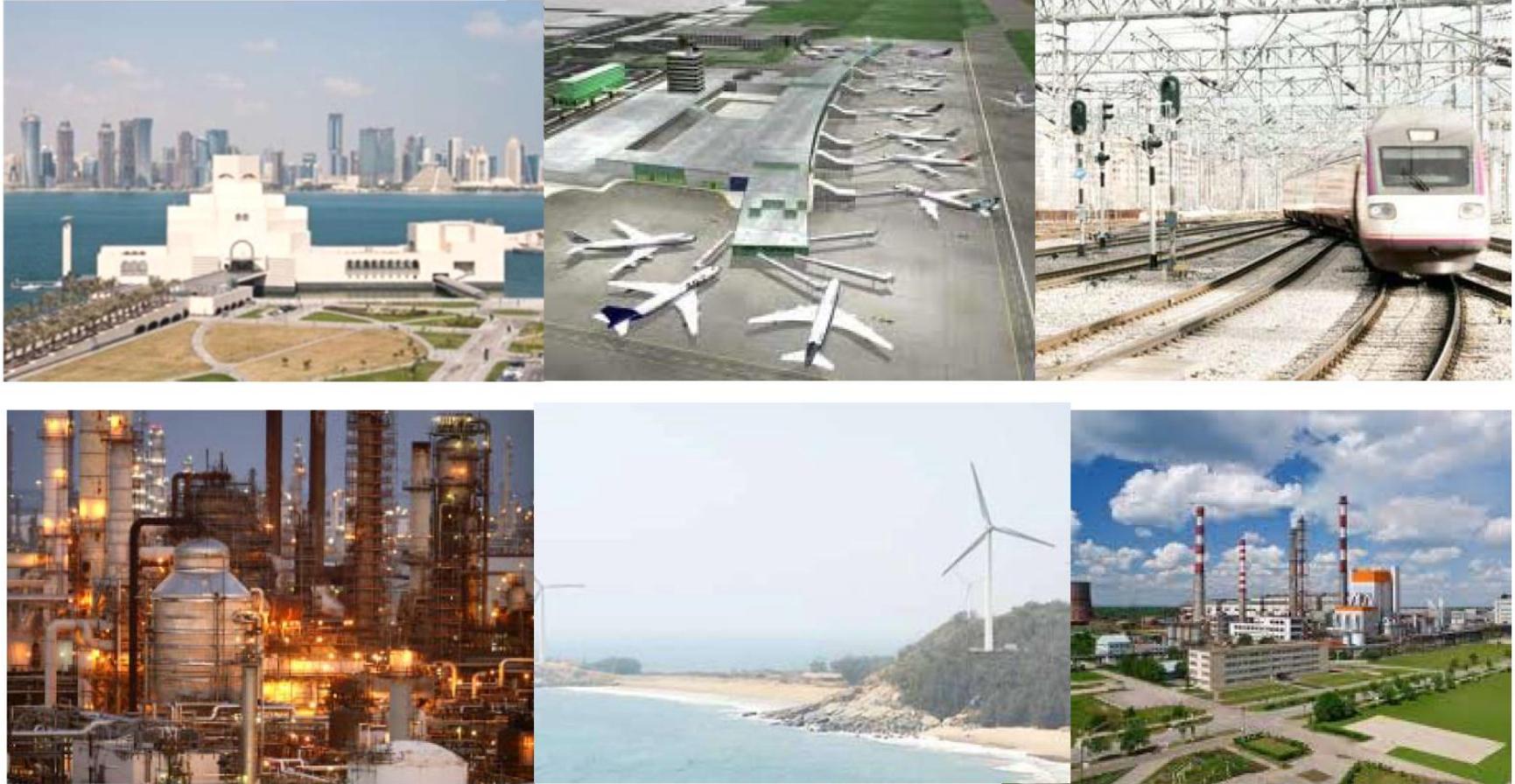
# Por que Transformadores secos?

## 2. Ecología



# Por que Transformadores secos?

## 3. Fiabilidad



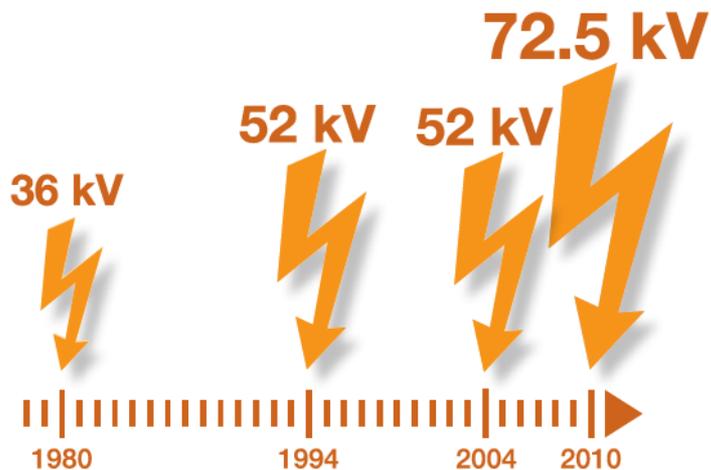


# Transformadores secos

## Portafolio de Producto y desarrollo de tecnologías

# Transformadores secos

## Una historia de innovación



- ABB Invierte constantemente en el desarrollo de nuevas tecnologías, manteniéndose en la punta como un fabricante de talla mundial libre en Transformadores secos
- Tradicionalmente los transformadores secos han sido utilizados para la distribución y aplicaciones industriales en un rango de potencias no mayor a 15 kV y voltajes hasta 36 kV..
- **1994** ABB comienza a fabricar en voltajes de 52 kV y BIL 200 kV.
- **2004** ABB lanza la clase 52 kV con BIL 250 kV.
- **2010** ABB lanza la clase 72.5 kV y en potencias hasta 63 MVA, con conmutador bajo carga (OLTC) y bajo la tecnología **HiDry<sup>72</sup> dry-type transformers**

# Transformadores secos PG DRY



Capacidad Anual de producción:

30,000 MVA

Ventas Anuales:

650 MUSD

Número de empleados:

1,800

Presencia Global:

Nueve Focus Factories

Tecnologías:

Abiertos, encapsulados en resina, Resibloc

Participación de ABB en el Mercado:

20%

# Transformadores secos

## Fabricante con presencia global



# Transformadores secos

## Tecnologías hechas a la medida de las necesidades



### Transformadores Encapsulado en Resina

- ✓ Proceso de encapsulamiento bajo el más riguroso control de calidad para asegurar un aislamiento óptimo y unas características mecánicas de alta calidad
- ✓ Transformadores con el nivel de descargas parciales más bajas gracias al novedoso proceso de llenado en vacío, donde la resina es introducida en moldes, posteriormente a una cámara de vacío y donde los componentes se moldean como una sola sección garantizando la inmersión total del aislamiento en la resina epóxica y evitando burbujas en el encapsulado.
- ✓ Único fabricante de Transformadores en resina epóxica certificado por **UL** Tanto para Clase H (180 °C) como para clase F (155 °C)

# Transformadores secos

## Tecnologías hechas a la medida de las necesidades

### Resibloc



- ✓ Transformadores con fibra de vidrio reforzada que ofrece un diseño extremadamente robusto y alto desempeño para soportabilidad a esfuerzos por corto circuito (Fuerzas radiales y axiales).
- ✓ Transformadores Resibloc probados y certificados para operar en **temperaturas inferiores a -60 °C.**
- ✓ Transformadores Resibloc versátiles (Tailor made), operando en condiciones y procesos críticos en diferentes segmentos de la industria, con un desarrollo tecnológico de más de 40 años.

# Transformadores secos

## Tecnologías hecha a la medidas de las necesidades



### Transformadores Abiertos (VPI)

- ✓ Primera tecnología en Transformadores secos, con una larga historia y buen desempeño, especialmente se encuentran en áreas de distribución de media tensión.
- ✓ Tecnología VPI ( impregnación de arrollamientos en poliéster de alta temperatura o en barniz epóxico).
- ✓ Alto nivel de descargas parciales por el tipo de aislamiento
- ✓ No apto para ambientes agresivos
- ✓ Mayor frecuencia de mantenimiento.

# Transformadores secos

## Tipos de encerramientos



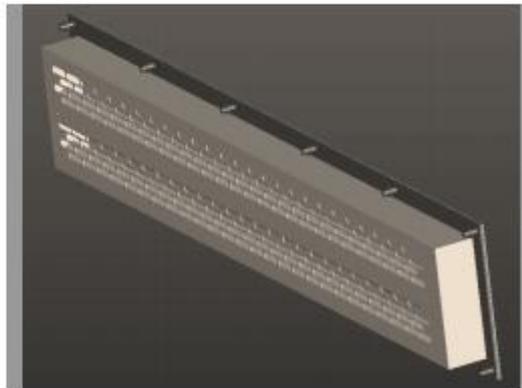
# Transformadores secos

## Tipos de encerramientos

Tejado especial para evitar la entrada de agua



Detalle IP24





# Transformadores Secos

## Normas y estándares

# Normas Transformadores Secos Colombia



- NTC3445 del 2008 normaliza las pérdidas, tensión de cortocircuito y corriente sin carga.
- NTC3445 Aplica solo para transformadores con tensión primaria por debajo de 15kV ósea que para tensiones superiores no es aplicable.

# Normas Transformadores Secos Colombia



- NTC3654 del 2003 es la norma general para transformadores secos y es copia fiel de la IEC60076-11 con una pequeña y a su vez peculiar e importante excepción.
- En la norma general para transformadores secos NTC3654, tabla 5, se describen los diferentes sistemas de tensión y sus tensiones aplicadas y de impulso.

# Normas Transformadores Secos Colombia



- **Ensayo con tensión a impulso 1.2/50 micro segundos**
- El fin de este ensayo es asegurar que el transformador este realmente en grado de soportar la tensión de impulso definida por las normas, semejante a una sobretensión de red, debido a una maniobra o a una descarga atmosférica.

# Normas Transformadores Secos Colombia



## Tabla 5 – Norma NTC 3654

Tensión máxima para el equipo, $U_m$ (Valor eficaz) (kV)	Tensión no disruptiva nominal de corta duración a frecuencia industrial (valor eficaz) (kV)	Tensión no disruptiva nominal, de impulso de descarga atmosférica (valor pico) (kV)	
		Lista 1 <sup>1)</sup>	Lista 2 <sup>1)</sup>
≤ 1,1	3	-	-
3,6	10	20	40
7,2	20	40	60
12	28	60	75
15 <sup>2)</sup>	31	60	75
17,5	38	75	95
24	50	95	125
36	70	145	170

<sup>1)</sup> La Lista 1 corresponde a las condiciones normalizadas de aislamiento, la lista 2 se utiliza cuando se requieren márgenes mas altos de sobretensiones.

<sup>2)</sup> Dadas las condiciones del sistema eléctrico en Colombia se utilizará este valor de tensión. Los transformadores para redes de tensión de 13,2 kV y 13,8 kV se regirán por tensión máxima para el equipo con tensión igual a 15 kV.

# Normas Transformadores Secos

## Normas Internacionales

### IEC 60076-11



Table 3 – Insulation levels based on European practice

Highest voltage for equipment $U_m$ (r.m.s.) kV	Rated short duration separate source AC withstand voltage (r.m.s.) kV	Rated lightning impulse withstand voltage (peak value) kV	
		List 1	List 2
≤ 1,1	3	–	–
3,6	10	20	40
7,2	20	40	60
12,0	28	60	75
17,5	38	75	95
24,0	50	95	125
36,0	70	145	170

- Consideren que si las especificaciones indican como norma a aplicar la IEC, un transformador con tensión primaria 13.2kV debe tener una tensión de ensayo aplicada de 38kV y un impulso de 95kV, ósea que los transformadores abiertos con tensión de ensayo aplicada de 31kV y ensayo de impulso a 60kV son de considerar fuera de norma**

# Normas Transformadores Secos

## Normas Internacionales

### ANSI C57.12.01-2005



**Table 5— Dielectric insulation levels for dry-type transformers used on systems with BIL ratings 200 kV BIL and below**

Nominal L-L system voltages (kV)	Low-frequency voltage insulation level <sup>a</sup> (kV rms)	Basic lightning impulse insulation levels (BIL ratings) in common use kV crest <sup>b,c</sup> (1.2 × 50 μs)									
		10	20	30	45	60	95	110	125	150	200
0.25	2.5	None									
0.6	3	S <sup>d</sup>	1 <sup>e</sup>	1							
1.2	4	S	1	1							
2.5	10		S	1	1						
5.0	12			S	1	1					
8.7	19				S	1	1				
15.0	34					S	1	1			
18.0	40						S	1	1		
25.0	50						2 <sup>f</sup>	S	1	1	
34.5	70								2	S	1
<b>Chopped wave<sup>g,h</sup> minimum time to flashover μs</b>		1.0	1.0	1.0	1.25	1.5	1.6	1.8	2.0	2.25	2.7
<b>CAUTION</b>											
When impulsing the low side windings, the high side may experience relatively higher voltages than BIL levels.											
NOTE—The latest edition of IEEE Std C62.22 should be consulted for information coordination with available surge arrester protection levels.											



# Transformadores Secos

## Conceptos de las normas ANSI e IEC

# Normas Transformadores Secos

## Interpretación de la clasificación IEC

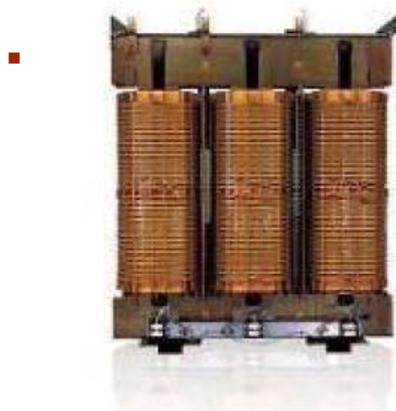


### Transformador Encapsulado en Resina

Clase H – 180 °C

Clase F – 155 °C

E2 – C2 – F1 ★



### Transformador Tipo Abierto

Clase H – 180 °C

Clase F – 155 °C

No cumple clasificación

# Normas Transformadores Secos

## Interpretación de la clasificación IEC



**Table 2 – Winding temperature-rise limits**

Insulation system temperature (see Note 1) °C	Average winding temperature rise limits at rated current (see Note 2) K
105 (A)	60
120 (E)	75
130 (B)	80
155 (F)	100
180 (H)	125
200	135
220	150

NOTE 1 Letters refer to the temperature classifications given in IEC 60085.  
NOTE 2 Temperature rise measured in accordance with Clause 23.

**Table 5 – Sequence of tests**

Classes			Climatic		Environmental			Fire behaviour	
	Tests	Clause	C1	C2	E0	E1	E2	F0	F1
1	Thermal shock at –5 °C	27.3	Yes	No	-	-	-	-	-
2	Thermal shock at –25 °C	27.4	No	Yes	-	-	-	-	-
3	Condensation test	26.3.1	-	-	No	Yes	No	-	-
4	Condensation and humidity penetration test	26.3.2	-	-	No	No	Yes	-	-
5	Fire behaviour test	28.3	-	-	-	-	-	No	Yes

# Normas Transformadores Secos

## Interpretación de la clasificación IEC



En función de los materiales aislantes utilizados las clases de aislamiento pueden variar según la siguiente tabla:

Clase de aislamiento	A	E	B	F	H	C
Temperatura total	105	120	135	155	180	220
Incremento	60	75	80	100	125	150
Hot Spot	15	15	15	15	15	15

**Temperatura ambiente + Hot Spot + Incremento**

**Clase F 40°C + 15°C + 100°C Total 155°C**

**Clase H 40°C + 15°C + 125°C Total 180°C**

# Normas Transformadores Secos

## Conclusiones



- ✓ Los Parámetros de la norma NTC son inferiores a lo establecido en la Norma IEC 60076-11 y ANSI C57.12.01-2005.
- ✓ Los Transformadores encapsulados y abiertos pueden ser tipo F (155 °C) o Tipo H (180 °C)
- ✓ **El transformador encapsulado ofrece mayores ventajas con relación al abierto:**
  - un equipo con mayores prestaciones de calidad y seguridad,
  - Mayor tensión de aislamiento
  - Mayor protección de los arrollamientos
  - Menor mantenimiento

# Normas Transformadores Secos

## Conclusiones



**El transformador encapsulado ofrece mayores ventajas con relación al abierto:**

- ❑ Mayor vida útil por ser libres de descargas parciales  $<5P_c$  un abierto tiene descargas parciales muy altas superior a  $>100P_c$ .
- ❑ El encapsulado respeta las clase climáticas medioambientales y de comportamiento al fuego E2 - C2 - F1 (E2 trabajo con alta humedad y polución / C2 trabajo a  $-25^{\circ}\text{C}$  / F1 libre de halógenos, ignífugo, y no emisión de gases tóxicos), estos últimos conceptos los transformadores abiertos no lo pueden respetar.

# Transformadores secos encapsulados en resina

## Múltiples beneficios



### ✓ Seguridad para las personas y la propiedad:

- No riesgo de incendio
- No inflamable y autoextinguible
- No se requieren medidas adicionales de seguridad



### ✓ Ecológico y ambientalmente seguro:

- Procesos y materiales definidos con base en el respeto por el medio ambiente
- Apto para instalar en zonas pobladas o cerca a los puntos de consumo reduciendo las pérdidas generadas por los cables de transmisión.
- No hay riesgo de fugas, contaminación de fuentes de agua o generación de humos tóxicos.



### ✓ Libres de mantenimiento



### ✓ Confiabilidad y Calidad ABB:

- 40 años de experiencia
- Cientos de miles de unidades operando exitosamente en todo el mundo
- Alta experiencia en aplicaciones complejas
- Transformadores de larga duración
- Diseños optimizados
- Fabricas especializadas (Focus factories)
- Diseñados para trabajar en ambientes agresivos (Humedad, Polucion)
- Alta capacidad para soportar esfuerzos de corto circuito
- Alta capacidad de sobrecarga
- Alto desempeño sismico
- Soportabilidad de vibraciones y esfuerzos mecanicos

### ✓ Fácil y rápida instalación

- Less civil work needed
- Plug and play



# Transformadores Secos Donde tenemos experiencia?

# Transformadores secos

## Aplicaciones para Infraestructura



- Hospitales
  - Colegios
  - Aeropuertos
  - Centros comerciales
  - Edificios residenciales
- 
- Transformadores de uso interno y externo
  - Transformadores de alta eficiencia
  - Encerramientos hasta grado IP54
  - Transformadores para sistemas de variación de velocidad



# Transformadores secos

## Aplicaciones marinas



- Transformadores para propulsión marina de 3 devanados o más y potencias hasta 20 MVA
- Diseños Robustos para soportar esfuerzos mecánicos a los que se exponen los barcos Rompe hielos
- Tecnología Resibloc para operar en temperaturas inferiores a  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Alta confiabilidad de equipos ya que se ubican en el casco del barco y su acceso es imposible para extraer el Transformadores

# Transformadores secos

## Aplicaciones Petroleras Off Shore

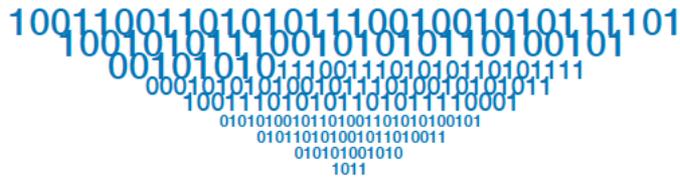


- Mas de 25 años de experiencia en aplicaciones off-shore y refinerías
- Alta confiabilidad, desempeño y seguridad en plataformas de perforación.
- Transformadores con diversos tipos de refrigeración: AN/AF/WF



# Transformadores secos Data centers

**90%** of all **DATA** in the world was created in the last 2 years.<sup>5</sup>



- Maximizar la eficiencia en redes con alto contenido de electronica, en presencia de armónicos.
- ABB ha diseñado soluciones específicas para data centers caracterizadas por alta eficiencia y sistemas patentados como el TVRT (capaz de filtrar sobre voltajes y asegurar la protección del Transformador).

2016	2017	2018	2019	2020
9%	18%	27%	36%	45%

Industry analysts expect data energy consumption to continue to **GROW AT A RATE** of more than **9%** per year through 2020.<sup>6</sup>

# Transformadores secos

## Aplicaciones Eólicas



- Mas de 15.000 unidades entregadas para aplicaciones eólicas.
- Soluciones customizadas
- Diseños compactos y livianos
- Soportabilidad a vibraciones: IEC 68-2-6/59, EN 60068.
- Clase H - Sobrecarga continua sin afectar aislamiento (Vida util) .
- Confiabilidad y alto desempeño, diseños libres de mantenimiento .

# Transformadores secos

## Otras Aplicaciones

### The complete portfolio Dry-type transformers for industry applications



- The extensive experience in serving customers of the Industry scenario, has brought ABB to develop a large selection of transformers, covering practically all their needs. Moreover, we are specialized in the design and supply of reactors, inductors and chokes.
- Continuous R&D has brought us to develop solutions for the Chemical Industry that call for direct water-cooling, where high currents are present.
- Great attention is also given to the harsh environments in which the magnetics are often installed: optimum protection from corrosion or from air pollution can be obtained via air-tight enclosures or by using particular insulation technologies, e.g.: as required by the Mining Industry.
- The need to control motors present in the Industry domain, many times creates harmonics that the magnetics must cope with. Dedicated designs for VSD transformers with above characteristics are on the agenda for many of our factories.



### Dry-type transformers for photovoltaic applications



- Efficiency and reliability are the key success factors for components to be installed in renewable PV installation.
- The limited duty cycle with daily switch-on and switch-off transients generates thermal and mechanical stresses on the electromagnetic components.
- ABB superior technology and know-how provides the perfect answer to these particular needs.
- MV transformers for PV application
  - MV step-up transformers with multi secondary configuration to handle multi string solar farms
  - Indoor and outdoor compact substations
  - Reduced no-load losses
- LV transformers and reactors for PV application
  - Isolation transformers
  - Auxiliary transformers for substations
  - Customized inductances for inverter filters
  - Mini Power Units



### Dry-type transformers for railways applications

EMU Coradia line filter



- Line filter inductor made of two air choke in series.
- Execution with two ventilator in order to foresee the forced air cooling.
- Winding in aluminum flat wire.
- Roof mounted.
- Working ambient with 95% relative humidity.
- Tested on vibration table.
- Weight 1560 kg.



- Output chopper inductor.
- Direct forced water cooling.
- High ripple current amount with 600 Hz content.
- Winding in aluminum pipe.
- Machine room installation.
- Weight 135 kg.

### Dry-type transformers for power station applications



- In the last four years alone, more than 1,200 ABB dry-type transformers have been delivered to power station applications all over the world. Due to their high safety and their low environmental impact, ABB dry-type transformers are a great solution for power station applications. ABB is offering a wide range of transformers with unique technology, bringing many benefits to our customers.
- Customized solutions: product portfolio range:
  - From 100 kVA up to 40 MVA.
  - Up to 72.5 kV insulation class.
  - Indoor and outdoor installation with various enclosure types
  - Produced according to common industrial and international norms and standards
  - Sustainable and environmental friendly solutions: produced according to environmental regulations e.g. EU Directive 2009/125/EG: reduced losses
  - Cost optimizing thanks to intelligent standardization



- Transformer types:
  - RESIBLOC transformers: reliability and enhanced safety
  - VCC transformers
  - HiDry transformers: up to 63 MVA rated power
  - EcoDry transformers: ultra-efficient transformers with amorphous cores

# Datos de contacto



**Sandra M Quiroga**

Product Marketing Specialist – Distribution Transformers

Power Grids Division

Avda.Cra 45 No.108-27 Torre 1, Piso 13

Centro Empresarial Paralelo 108, Autopista Norte

CO

Phone: +(57 1) 4178000 Ext. 3607

Telefax: +57 14156498

email: [sandra.m.quiroga@co.abb.com](mailto:sandra.m.quiroga@co.abb.com)

Power and productivity  
for a better world™

