



26 FEBRERO 2020

# Supersize PV

Cómo mejorar los costes de la planta con bloques más grandes de topología avanzada de conversión de potencia

Leonardo Botti & Cesar Alor



# Supersize PV

Principales tendencias para reducir el LCOE

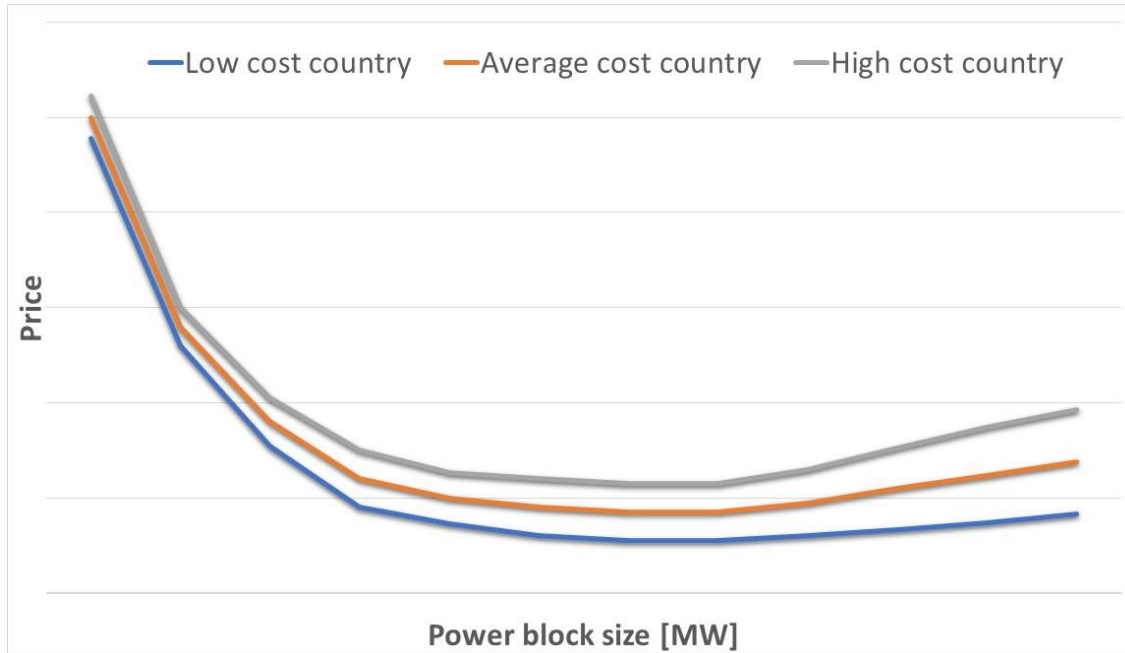
Fiabilidad, eficiencia y bajo mantenimiento para un bajo LCOE



# Supersize PV

Tamaño óptimo de bloque de potencia– ¿Existe?

## Potencia de bloque vs Coste de sistema



Costes del sistema no incluidos: paneles solares, estructuras y su instalación.  
Coste , tendido y conexionado de cable solar

## Aspectos que afectan al análisis : sensibilidad

- Coste de materia prima (AL, Cu) – precio de cable
- Coste de mano de obra local– Obra civil e instalación
- Ratio DC/AC– Longitud cable DC
- Normativa local– distancia entre componentes, protecciones
- Configuración de planta– configuración red MT, longitud de cable
- Red MT (tensión , corriente de cortocircuito) - coste componentes
- Localización de planta– costes logísticos

- Tamaño óptimo no universal
- El tamaño óptimo depende de cada caso
- La potencia del inversor afecta al óptimo significativamente



# Topología de inversor central

Con sistema de 1500 Vdc

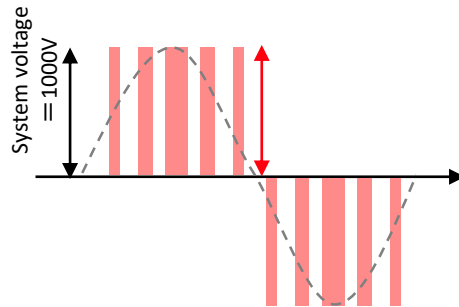
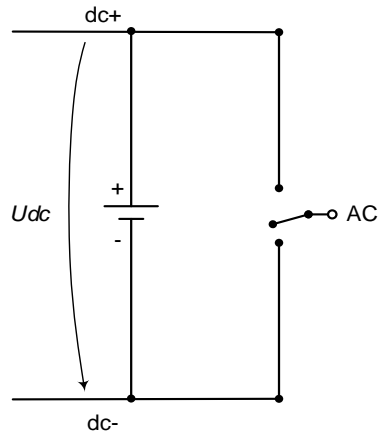
# Topología de inversores centrales de 2 y 3 niveles

## Principales topologías de inversor central

### Inversores de 2 niveles

Fase de salida conectada al positivo o negativo (dc+, dc-).

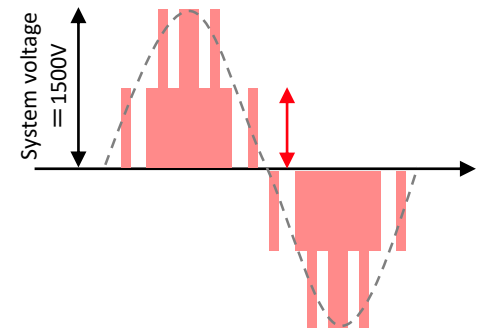
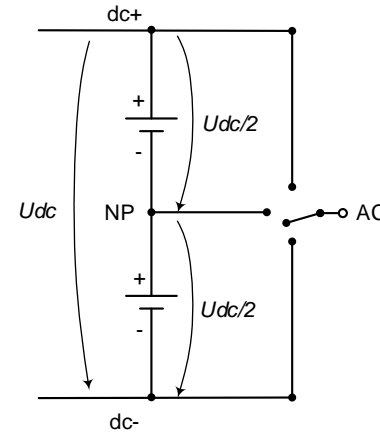
La tensión de salida fundamental se produce variando el tiempo de dc+ y dc-.



### Inversores de 3 niveles

Fase de salida conectada al positivo, neutro o negativo DC (dc+, NP, dc-)

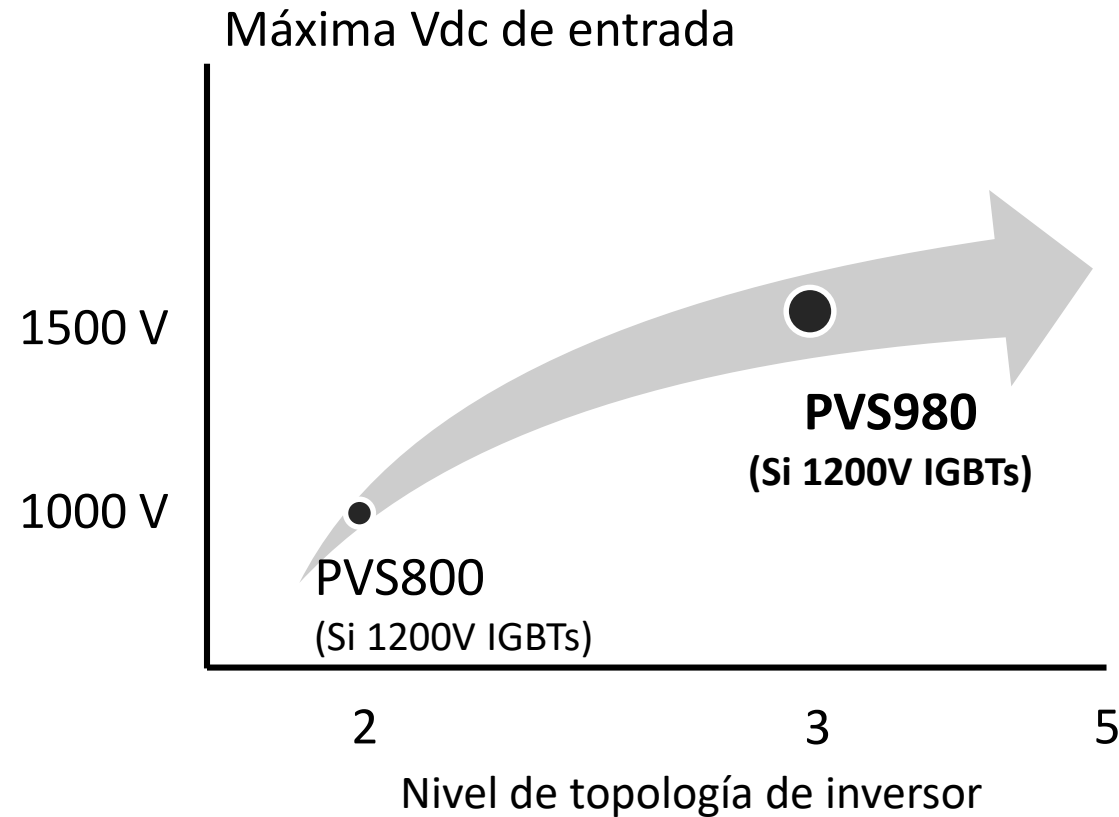
La tensión de salida fundamental se produce variando el tiempo de dc+, NP y dc-





# Topología de inversores centrales de 2 y 3 niveles

Principales ventajas y desventajas en 1500Vdc



## Inversor de 3 niveles

- + Puede soportar alta tensión en DC (1500V) con el mismo IGBT que en 1000V con 2 niveles
- + Miniaturización: Forma de onda más senoidal  
→ Filtro de línea más pequeño (lado AC)
- + Mayor eficiencia: Pérdidas de conmutación se reducen a la mitad.

## Inversor de 2 niveles

- + Simplicidad: menos componentes
- Menor disponibilidad de IGBT a 1500V debido a una mayor necesidad de IGBT a 1700V
- Rango de tensión DC menor

# Topologías de 3 niveles en inversores centrales

Principales topologías para inversores centrales de 1500Vdc

## Características

### Active Neutral Point Clamped, ANPC

- Todos los dispositivos soportan la misma tensión ( $U_{dc}/2$ )
- Distribución de pérdida de potencia equilibrada para todos los factores de potencia

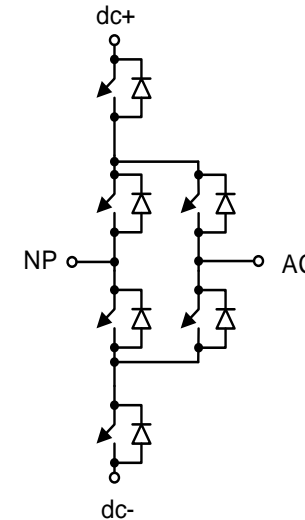
### Neutral Point Clamped, NPC

- Todos los dispositivos soportan la misma tensión ( $U_{dc}/2$ )
- Bueno para factor de potencia 1

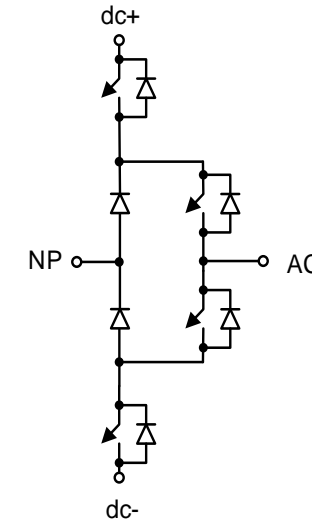
### Neutral Point Piloted, NPP

- Diferentes tensiones entre dispositivos (tensión superior e inferior  $U_{dc}$ , medio  $U_{dc}/2$ )
- Principalmente para niveles de potencia bajos
- Rango de tensión DC limitado

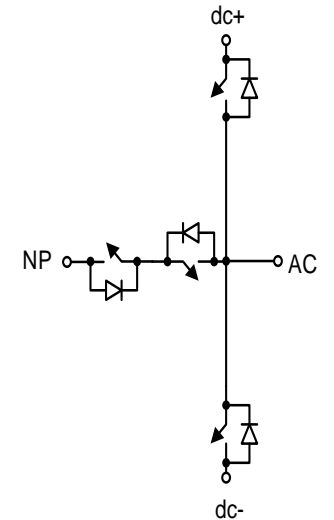
## Configuración de fase



**ANPC**



**NPC**



**NPP**

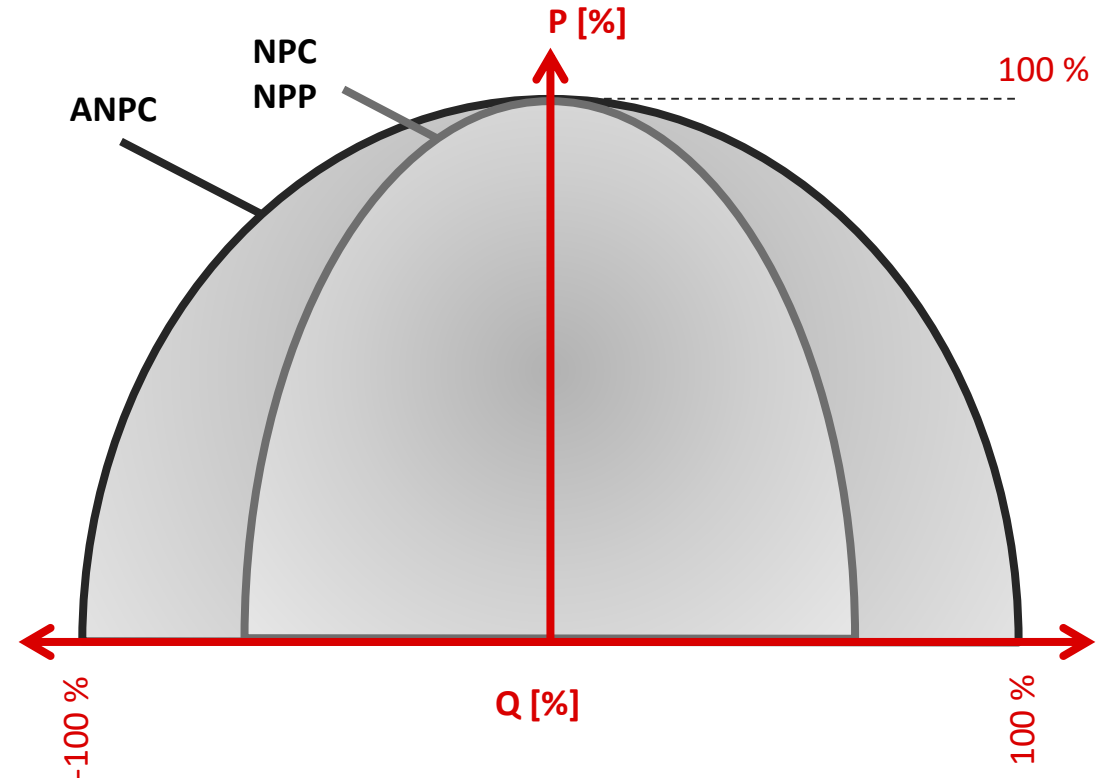
# Topologías de 3 niveles en inversores centrales

## Desempeño PQ en inversores de 3 niveles

### PQ performance

- Especialmente necesario para compensaciones de red
- ANPC alcanza 100% de reactiva sin sobrecargar los semiconductores de potencia
- El desempeño NPC y NPP es limitado y depende de los componentes escogidos

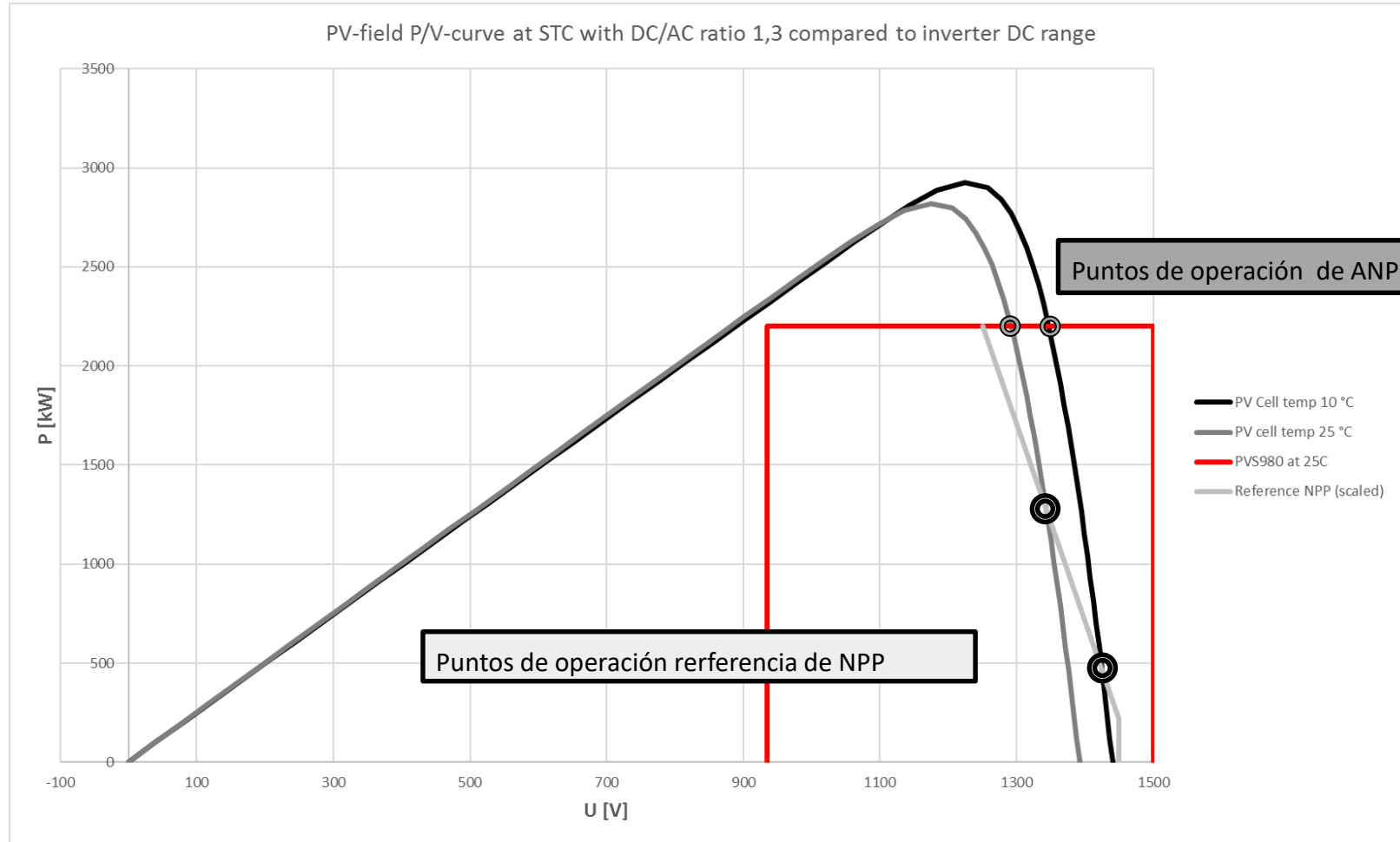
### Diferencias diagrama PQ





# Topologías de 3 niveles en inversores centrales

## Rango de tensión DC en inversores centrales de 3 niveles





# Método de refrigeración

Ventajas y desventajas para cumplir con las necesidades en inversores de alta potencia

# Método de refrigeración

## Ventajas y desventajas generales

### Principales métodos

#### Ventilación por aire– disipador térmico

- + Simple
- + Bajo mantenimiento
- Baja eficiencia

#### Refrigeración líquida

- + Alta eficiencia
- + Nivel protección IP mayor
- Mantenimiento alto
- Fiabilidad
- Coste OPEX



# Intercambiador de calor con efecto termosifón

## Características del efecto termosifón de dos fases

### El calor intercambiado es totalmente pasivo

- Simplicidad comparable al disipador térmico

### Altas prestaciones con poca diferencia de presión

- Eficiencia comparable a la refrigeración líquida
- Bajo consumo de energía auxiliar para una eficiencia general superior

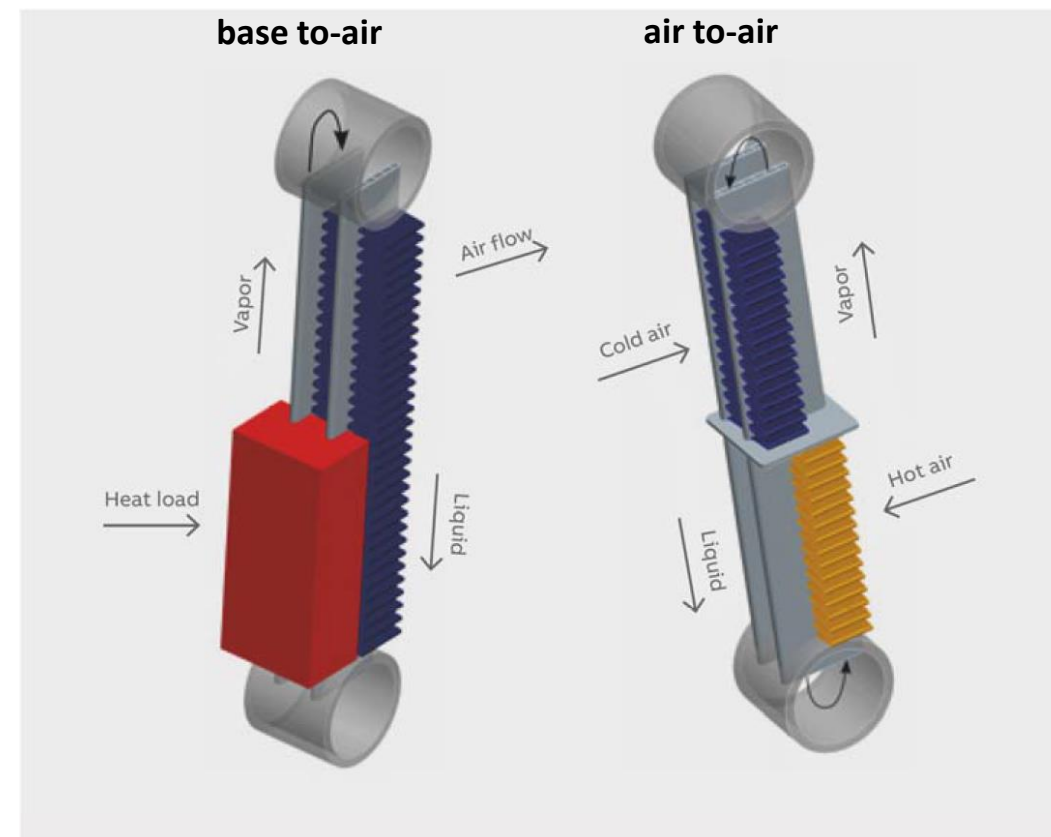
### Sin necesidad de commissioning ni mantenimiento

### Vida útil de más de 30 años

- Sellado herméticamente
- Aluminio resistente a la corrosión

### Tolerancia a temperaturas extremas -60...+60 C

### Patente ABB

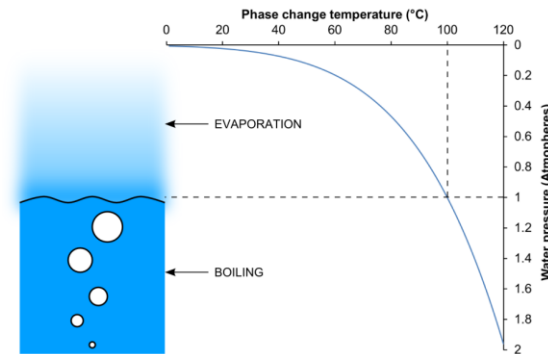
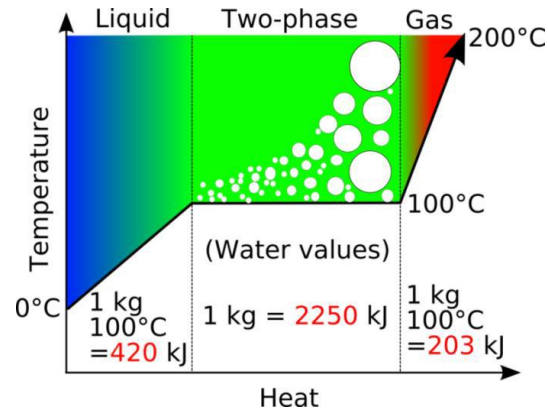


# Intercambiador de calor con efecto termosifón

Principio de la tecnología de termosifón de dos fases

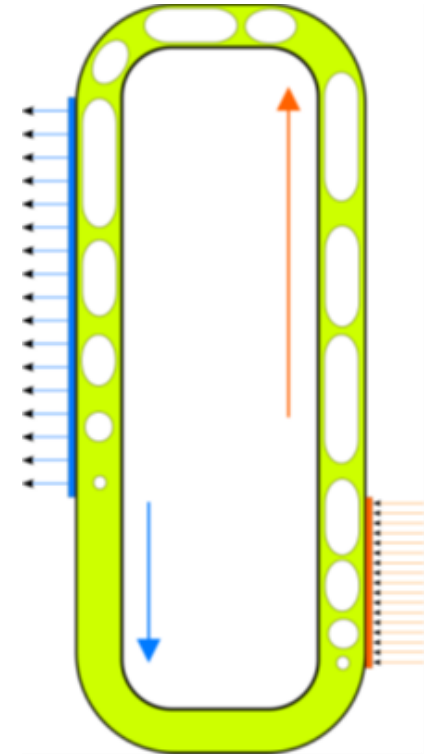
## El cambio de fase:

- Mucha energía es transferida en el cambio
- Alta eficiencia



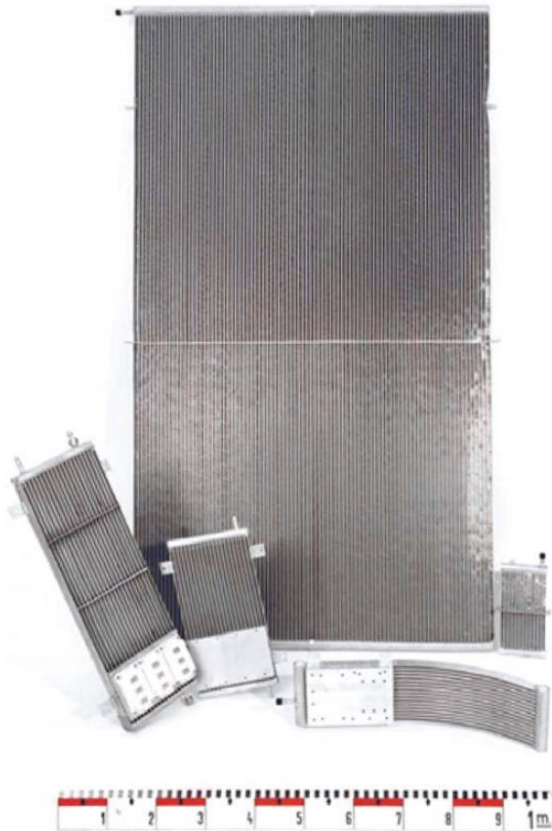
## Efecto termosifón:

- Refrigeración sin bombeo
- Larga vida útil
- Sin commissioning
- Sin mantenimiento



# Intercambiador de calor con efecto termosifón

## Fabricación



### Hecho de aluminio:

- Muy resistente a la corrosión
- Conductividad térmica alta
- Fabricación sencilla

### Menos material que en un disipador térmico clásico

### Radiador de aluminio extruido muy común en la industria automovilística

- Capacidad de fabricación global
- Solución eficiente en coste

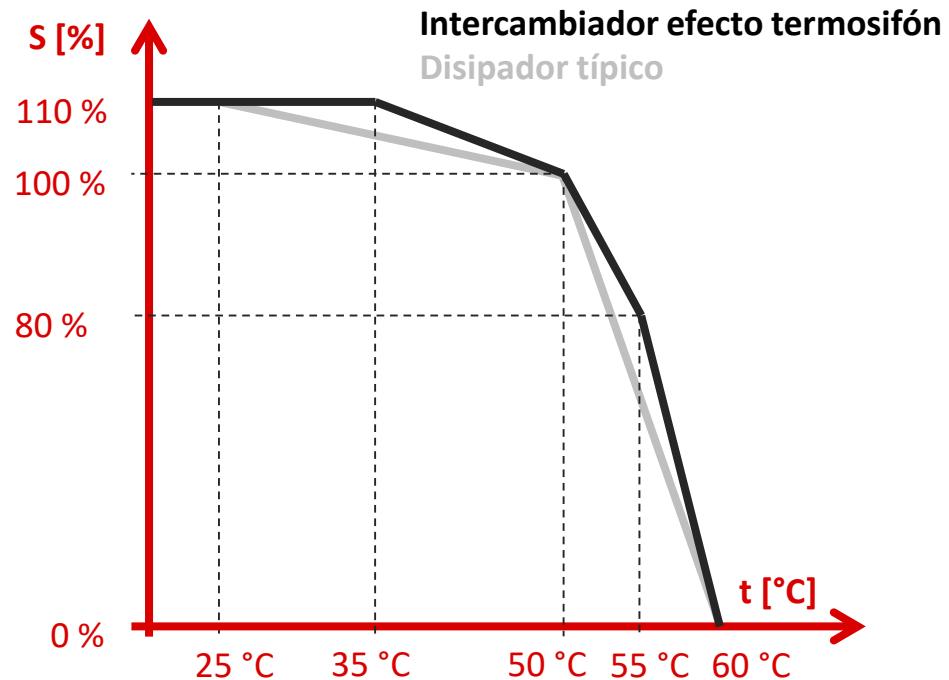
### Refrigerante en el intercambiador: R134a (1,1,1,2-tetrafluoroetano)

- No inflamable y químicamente muy estable
- Usado como refrigerante en el sector industrial
- Cantidad requerida muy pequeña



# Intercambiador de calor con efecto termosifón

Comparación con métodos tradicionales



**El diseño térmico del inversor es una combinación de:**

- Prestación del sistema de refrigeración
- Selección y dimensionamiento de componentes
- Margen de temperatura en los componentes

→ **Diseño de inversor para una larga vida útil y fiabilidad**



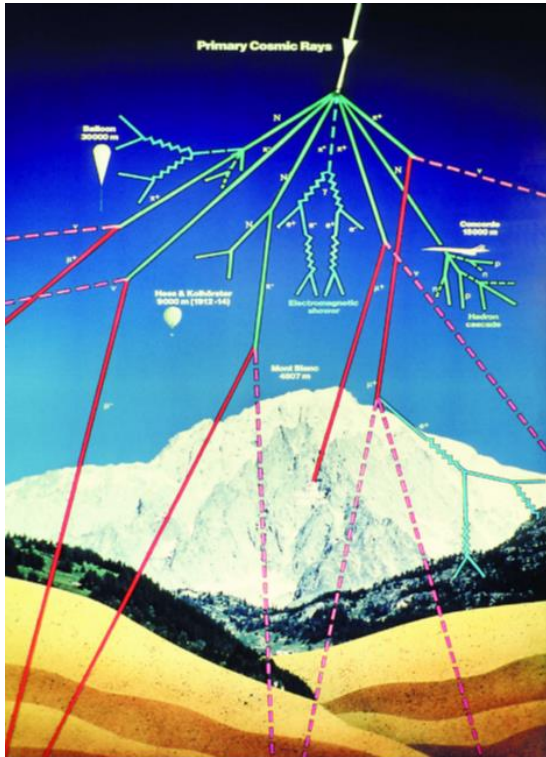
# Desafío en altitudes altas

Condiciones de producción de energía atractivas

# Desafío en altitudes altas

## Efectos de altitudes altas

### El desempeño del inversor disminuye por:



### Menor densidad de aire

- Distancias de seguridad y aislamiento mayores
- Refrigeración menos efectiva

### Menos protección atmosférica

- Tasa de fallo mayor en los semiconductores debido a los rayos cósmicos
- Mayor estrés mecánico de los componentes externos

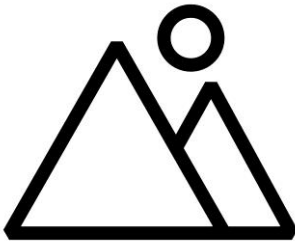
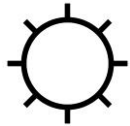
Referencias de rayos cósmicos:

- ABB Application Note 5SYA 2061-00
- ABB Application Note 5SYA 2042-06

# Desafío en altitudes altas

Métodos para solucionar

## Desafío en altitudes altas



## Enfrentándose al desafío

- Resistente al calor, frío, corrosión y radiación
- Eficaz en prevenir rayos cósmicos
- Bajo derrateo en altitudes altas
- Máximas distancias de seguridad y aislamiento (hasta 4000m.a.s. sin derrateo en tensión)

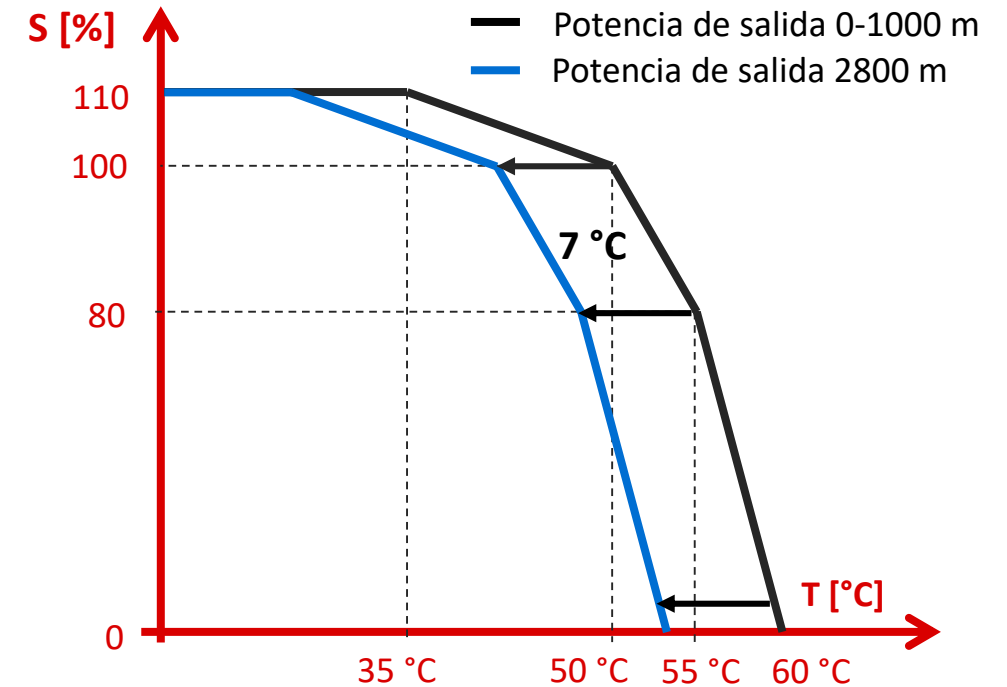
## Resolviendo el desafío

- Material exterior de doble capa altamente resistente a la corrosión
- Incremento del margen de tensión con topología ANPC de 3 niveles
- Eficaz intercambiador de calor con efecto termosifón

# Desafío en altitudes altas

Tecnologías avanzadas que permiten el rendimiento

- Margen de tensión en los IGBT mejorando directamente en la tasa de fallo por rayos cósmicos.
- Método de refrigeración mejorando la perdida de potencia en altitudes altas.





# Levelized Cost of Energy (LCOE) reducido

Soluciones competitivas y habilitadoras



# Propuesta de valor - resumen

PVS980-58, 5 MVA

## LCOE reducido



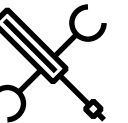
## Capex bajo

- Alta potencia nominal del inversor da como resultado un diseño de bloque de potencia rentable
- Protecciones integradas y alimentación auxiliar
- Envoltente de doble capa y refrigeración efectiva
- Conexión AC fácil y rápida en campo mediante barras



## Opex bajo

- Sistema de refrigeración superior
- Programa de mantenimiento preventivo bajo
- Envoltente de doble capa para resistencia alta a la corrosión
- +25 años de vida útil de diseño sin cambios programados de componentes principales.
- Plataforma compartida de control y de conversión de energía



## Gran producción

- Alta eficiencia
- Bajo consumo de potencia auxiliar
- Diseño fiable y redundante para un alto tiempo de actividad



**ABB**