

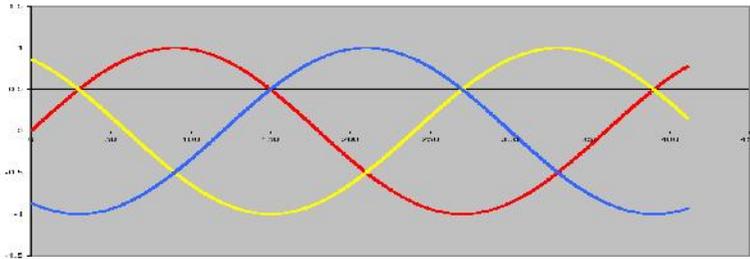


**MATYC AUTOMATION S.A.C**  
Energy Quality - Harmonics

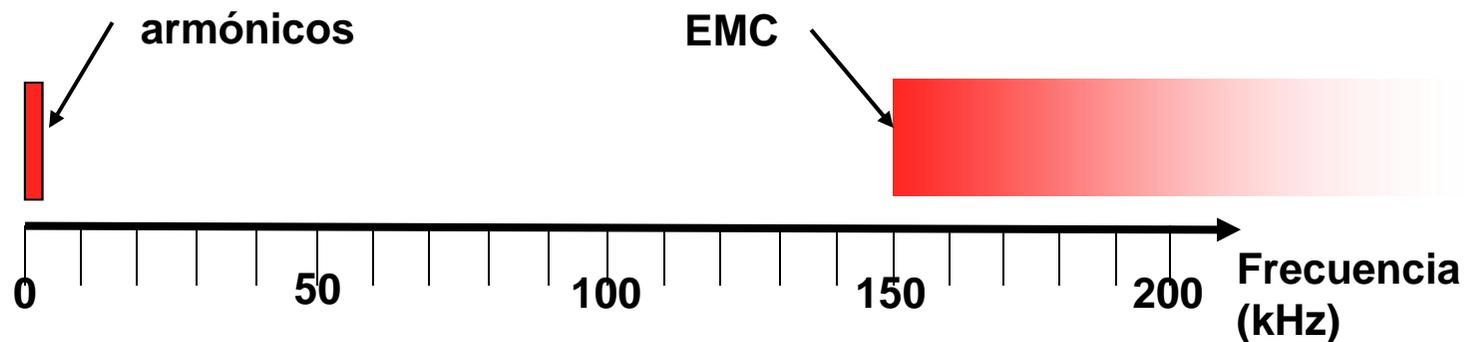
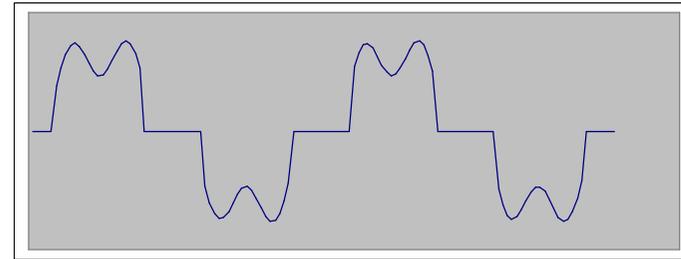
Alain Chavez Carbajal – Business Development Manager  
Cellphone : 992 971 591

# QUE SON LOS ARMÓNICOS

Una tensión y corriente pura sinusoidal no contiene ningún armónico



La tensión y corriente que se desvía de la forma sinusoidal contienen armónicos



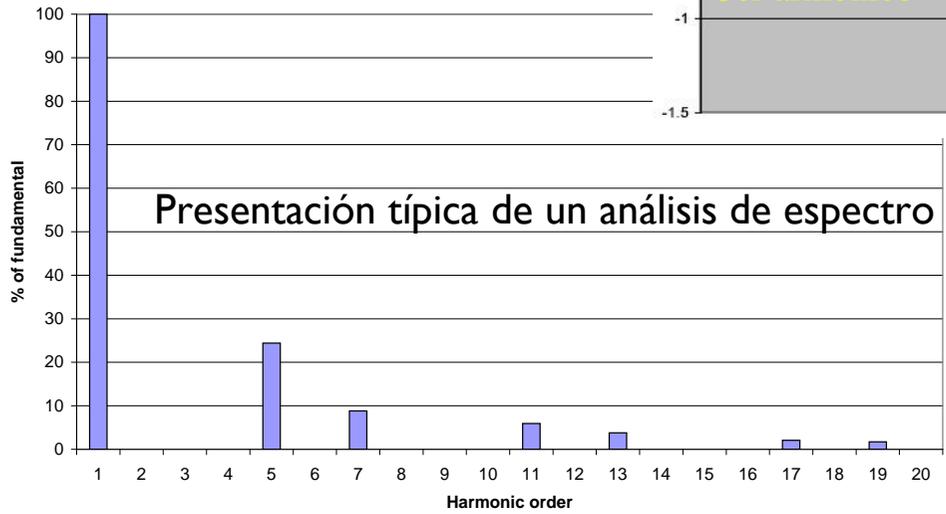
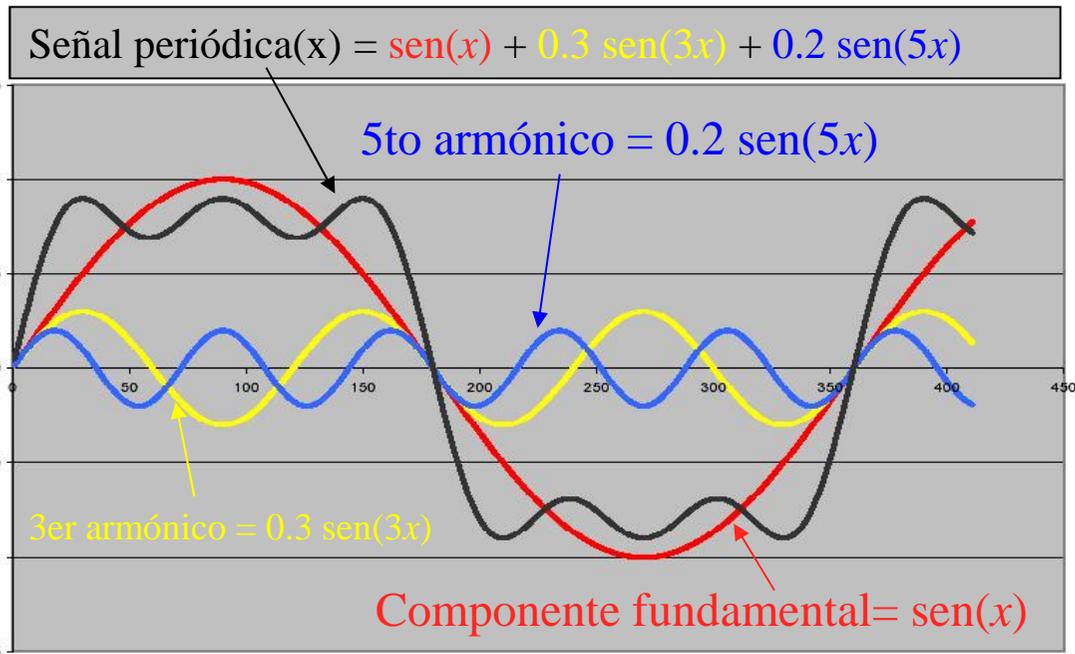
Los armónicos no son perturbaciones EMC

Tensiones / corrientes armónicas son un fenómeno de baja frecuencia, rango típico es de 100 Hz - 2.5 kHz

Por ejemplo, 50 Hz de red  $50 \text{ Hz} \times 50$  el número de orden = 2,5 kHz

# QUE SON LOS ARMÓNICOS

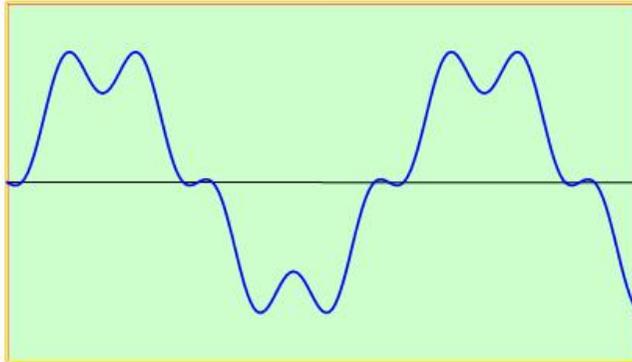
Todas las señales periódicas continuas pueden ser presentados como una suma de componentes sinusoidales. Fundamental + 5to + 7mo + 13vo + 25vo + ...



5to armónico = 250 Hz  
 7mo armónico = 350 Hz  
 ...etc.

# FUENTES DE DISTORSIÓN ARMÓNICA

## CARGAS NO LINEALES



- ▶ Las cargas no lineales producen armónicos
  - ▶ Fuentes de poder de PCs, PLCs, TVs etc.
  - ▶ Puentes de Diodo y de tiristores
  - ▶ Fuente de alimentación ininterrumpida
  - ▶ Arrancadores de motores
- ▶ Las compañías de agua operan muchas cargas que son susceptibles a los armónicos y que generan armónicos.
- ▶ Los variadores de velocidad también producen armónicos, lo que hace el tema particularmente importante para aplicaciones con alto consumo de energía, tales como el bombeo.

# FUENTES DE DISTORSIÓN ARMÓNICA

## CARGAS NO LINEALES

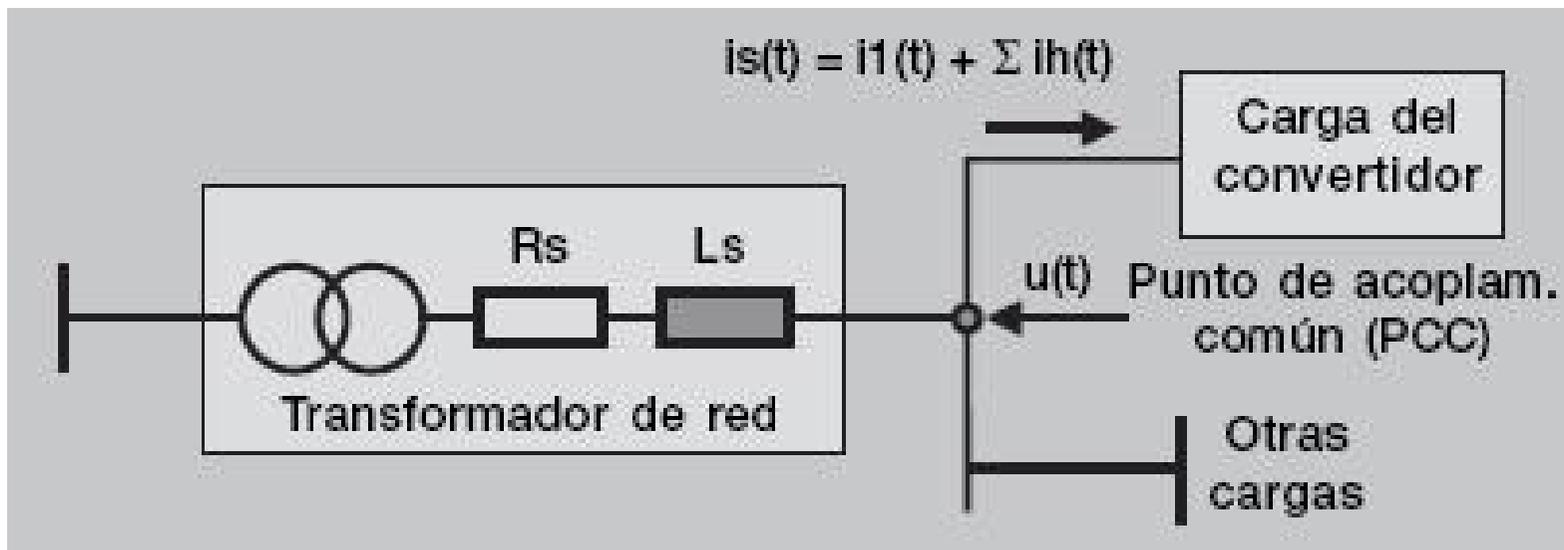
---

- ▶ Perturbaciones y fallas de equipos
  - ▶ Daños a los equipos electrónicos sensibles
  - ▶ Daños a la iluminación
  - ▶ Interferencia con el equipo de comunicaciones
  - ▶ Disparo de los interruptores
  - ▶ Volado de fusibles
  - ▶ Fallos de condensadores debido a resonancias
  - ▶ Calentamiento adicional de transformadores, cables, conductores, motores
  - ▶ Sobredimensionamiento, infrautilizando la capacidad
  - ▶ Pérdidas, bajo factor de potencia
  - Esto puede causar problemas importantes en las plantas de agua que suelen ser altamente automatizadas y funcionan con personal de mantenimiento reducido
- ▶ Aumento de las pérdidas y acortamiento de tiempo de vida
- ▶ El equipo debe estar diseñado para cumplir con los armónicos



# TIPOS DE INTENSIDAD

- ▶ Los clientes se clasifican por el coeficiente de intensidad de cortocircuito disponible ( $I_{sc}$ ) y su intensidad de carga de demanda máxima ( $I_L$ ) en el punto de acoplamiento común.
- ▶ La intensidad de carga de demanda total es la suma de las cargas lineales y no lineales



# INTENSIDAD DE ARMONICOS

---

- ▶ Dentro de una planta industrial, el PCC se define como el punto entre la carga no lineal y otras cargas.
- ▶ Las intensidades de armónicos individuales permitidas y la distorsión por armónicos total se tabulan mediante el coeficiente de intensidad de cortocircuito disponible y la intensidad de carga de demanda total ( $I_{sc}/I_L$ ) en el punto de acoplamiento común (PCC).



# ARMÓNICOS EN CORRIENTE Y TENSIÓN

---

- ▶ Los armónicos en intensidad dependen de la estructura del convertidor y los armónicos en tensión son los armónicos en intensidad multiplicados por las impedancias de alimentación.

Causa	Efecto
Para un motor mayor...	mayores armónicos en intensidad
Para una mayor carga del motor...	mayores armónicos en intensidad
A más inductancia de CC o CA...	menores armónicos en intensidad
Para un número mayor de pulsos en el rectificador...	menores armónicos en intensidad
Cable de alimentación más largo...	mayores armónicos en tensión
Con un transformador mayor...	menores armónicos en tensión
Menor impedancia del transformador...	menores armónicos en tensión
Para una capacidad de cortocircuito mayor de la alimentación...	menores armónicos en tensión



# QUÉ SON ARMÓNICOS

## TERMINOLOGÍA IMPORTANTE

---

- ▶ **La distorsión armónica total (THD)** – - La relación entre la raíz cuadrada de la media del contenido armónico al valor de la raíz cuadrada de la media de la cantidad fundamental
- ▶ Expresado como porcentaje de la fundamental
- ▶ El valor representa la “cantidad de distorsión” en la señal dada

$$THD = \sqrt{\frac{50}{2} \sum \left( \frac{I_n}{I_{1\text{contmax}}} \right)^2}$$

THD = Total Harmonic Distortion (THD). The voltage THD depends on the short-circuit ratio ( $R_{sc}$ ). The spectrum of the distortion also contains interharmonics.

$I_n$  =  $n^{\text{th}}$  harmonic component

$R_{sc} = R_{sce} = I_{sc}/I_N$

$I_{sc}$  = short-circuit current at point of common coupling (PCC)

$I_{1\text{contmax}}$  = continuous maximum input current of the IGBT supply unit

$I_L$  = maximum demand load current

# VARIADORES DE VELOCIDAD AC PARA SOLUCIONES BAJOS EN ARMÓNICOS

---

Razón	Ejemplos	Aplicación
Necesidad del usuario final	Red débil debido a las ubicaciones	Bombas y ventiladores
Regulación de autoridades	estándares como IEEE519 y G5/4 en proyectos de utilidad	Bombas, ventiladores y compresoras
	Penalidades	Bombas, ventiladores y compresoras
Consultor / especificación proveedor	Solución de 12 pulsos requerida	Bombas, ventiladores y compresoras



# REQUERIMIENTO COMUNES Y ESTÁNDARES

---

## EN61000-3-12 (estándar europeo)

- ▶ Norma europea exige la limitación de armónicos de los dispositivos **conectados a la red pública**
- ▶ En él se especifica límites de corrientes armónicas generadas por el equipo conectado a la red pública y con una potencia de entrada  $> 16$  y  $< 75$  A por fase.  
(correspondiente a 7,5....37 kW)
- ▶ Limita el 5<sup>to</sup> armónico a 40% y el 7<sup>mo</sup> a 25%  
(relación de cortocircuito  $\geq 120$ )
- ▶ Variadores que cumplen :
  - ▶ ACH550
  - ▶ ACQ810
  - ▶ Se puede calcular con DriveSize



# REQUERIMIENTO COMUNES Y ESTÁNDARES

---

## Declaración del fabricante de ACQ para EN61000-3-12 :

### EN 61000-3-12 Standard for Harmonics; Limits for harmonic currents produced by equipment connected to public low-voltage systems

We herewith state under our sole responsibility that the ACQ810-04 meet the requirements of the Harmonics standard EN 61000-3-12.

Electromagnetic compatibility ( EMC) – Part 3-12: Limits- Limits for harmonic currents produced by equipment connected to public low-voltage systems with input current  $> 16\text{A}$  and  $\leq 75\text{ A}$  per phase.

Provision for compliance:

- With converters ACQ810-04-014A-4...021A-4 IEC61000-3-12 is fulfilled with short-circuit-ratio  $\geq 120$  and supply short-circuit current  $\leq 3.6\text{ kA}$
- With converters ACQ810-04-028A-4...080A-4 IEC61000-3-12 is fulfilled with short-circuit-ratio  $\geq 120$  and supply short-circuit current  $\leq 14\text{ kA}$

Short- circuit-ratio is defined as a ratio of supply short-circuit current and converter's incoming current

# REQUERIMIENTO COMUNES Y ESTÁNDARES

---

## IEEE519 (US, Canada, Asia, América Latina)

- ▶ Punto de acoplamiento común (PCC) - Un punto de la red donde se ejercen los límites de armónicos
  - ▶ “Punto de acoplamiento común (PCC) con la interfaz de la utilidad del consumidor“
  - ▶ “En una planta el punto de acoplamiento común es el punto entre la carga no lineal y otras cargas”
- ▶ Cumplir los límites armónicos en el terminal de entrada de una carga no lineal es a menudo requerida
- ▶ Variadores que cumplen
  - ▶ Variador bajo en armónicos ACS800
  - ▶ Otras unidades podrían cumplir
  - ▶ Si los límites de intensidad figuran en los terminales de alimentación del variador, los bajo en armónicos pueden ser la única solución



# REQUERIMIENTO COMUNES Y ESTÁNDARES

## IEEE519 - 1992 TABLAS

---

Hay tablas que dan armónicos permitidos como una función de la relación de cortocircuito

### Current Distortion Limits for General Distribution Systems

$I_{sc} / I_L$	<11	11£h<17	17£h<23	23£h<35	35£h	TDD
<20	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20<50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50<100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100<1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0

Note: All harmonic current levels are in percent with fundamental current  $I_L$  as the base.

# REQUERIMIENTO COMUNES Y ESTÁNDARES

---

## G5/4 (UK, Asia)

- ▶ G5 / 4 está diseñado para mantener el Servicio Público de Electricidad dentro de los límites establecidos por las normas IEC y CENELEC.
- ▶ Requiere demostrar el cumplimiento G5 / 4 antes de permitir al cliente conectarse a la red.
- ▶ Desde el punto de vista del cliente los gastos de inversión se trasladan a los clientes
- ▶ G5 / 4 difiere de las normas IEC / EN en la consideración de armónicos hasta el 50<sup>vo</sup>.
- ▶ Variadores que cumplen
  - ▶ Variador bajo en armónicos ACS800
  - ▶ Variador ACSxxx con un filtro activo



# MITIGACIÓN DE ARMÓNICOS

---

- ▶ Con las medidas correctas, los armónicos causados por los variadores pueden ser suprimidos.
- ▶ ABB cuenta con una amplia gama de productos y soluciones para satisfacer las necesidades de armónicos:
  - ▶ Filtro L correctamente seleccionado (choke) en unidad de 6 pulsos
  - ▶ Filtros pasivos con variadores
    - ▶ Configuraciones tanto en paralelo como en serie con la carga
    - ▶ Camino de baja impedancia para los armónicos, es decir, 5<sup>to</sup>, 7<sup>mo</sup>etc.
  - ▶ Filtros activos con variadores
    - ▶ Cancelación de armónicos por la generación armónica igual y opuesta
  - ▶ Variadores multipulso
    - ▶ Incrementado el número de pulsos en el variador: 6 p -> 12 p -> 24 p
  - ▶ Variadores bajo en armónicos

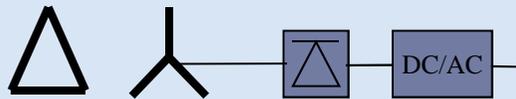


# ARMÓNICOS

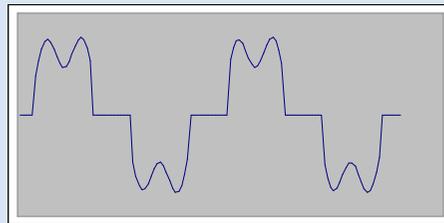
## SOLUCIONES EN VARIADORES ABB

---

### Rectificador de 6 pulsos



Transformador y cableado simple



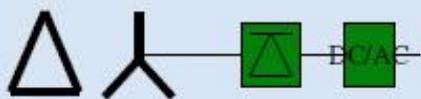
Corriente muy distorsionada  
 $I_{THD}$  alrededor 30...40 % con  
reactancia de entrada

- ▶ La reactancia es importante!
- ▶ ACS550 (integrado como estándar)
- ▶ ACSM1 con reactancia de entrada opcional
- ▶ Tamaños pequeños de ACQ810 con reactancia opcional, tamaños grandes con reactancia de entrada integrada como estándar
- ▶ ACS550 (integrado como estándar)
- ▶ ACS800-01/-02/-04/-07 (integrado como estándar)

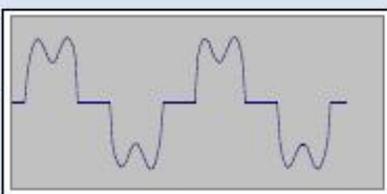
# Métodos de reducción de armónicos en accionamientos

## SOLUCIONES MULTIPULSO

### ▪ Rectificador 6 pulsos

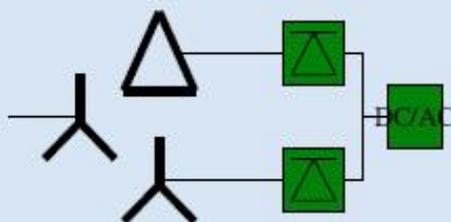


Transformador y cableado simple

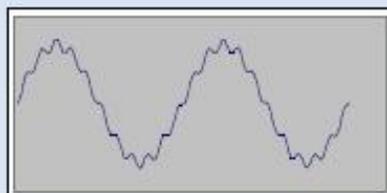


Corriente distorsionada  
 $I_{thd}$  32% al 48% con reactancia del 3%  
(dependiendo de la impedancia de red)

### ▪ Rectificador 12 pulsos

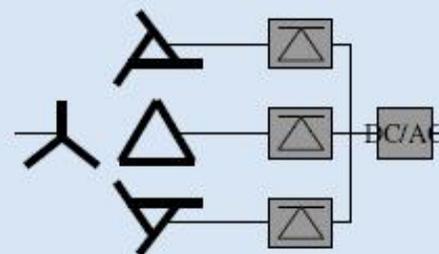


Transformador y cableado complicado

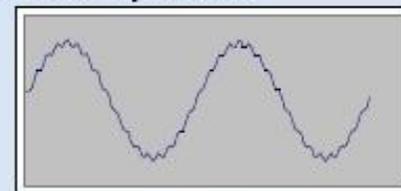


Corriente ligeramente distorsionada  $I_{thd}$  8% al 12%  
(dependiendo de la impedancia de red)

### ▪ Rectificador 18 pulsos



Transformador y cableado más complicado



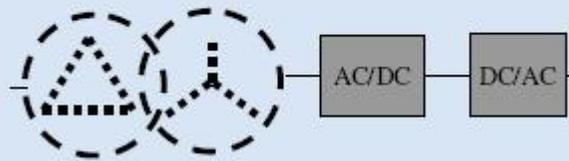
Corriente casi senoidal  
 $I_{thd}$  5% to 8% (dependiendo de la impedancia de red)

# Métodos de reducción de armónicos en accionamientos

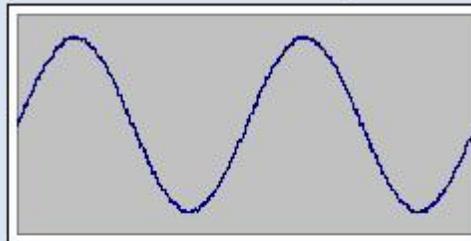
## SOLUCIONES MULTIPULSO

---

- Rectificador Activo



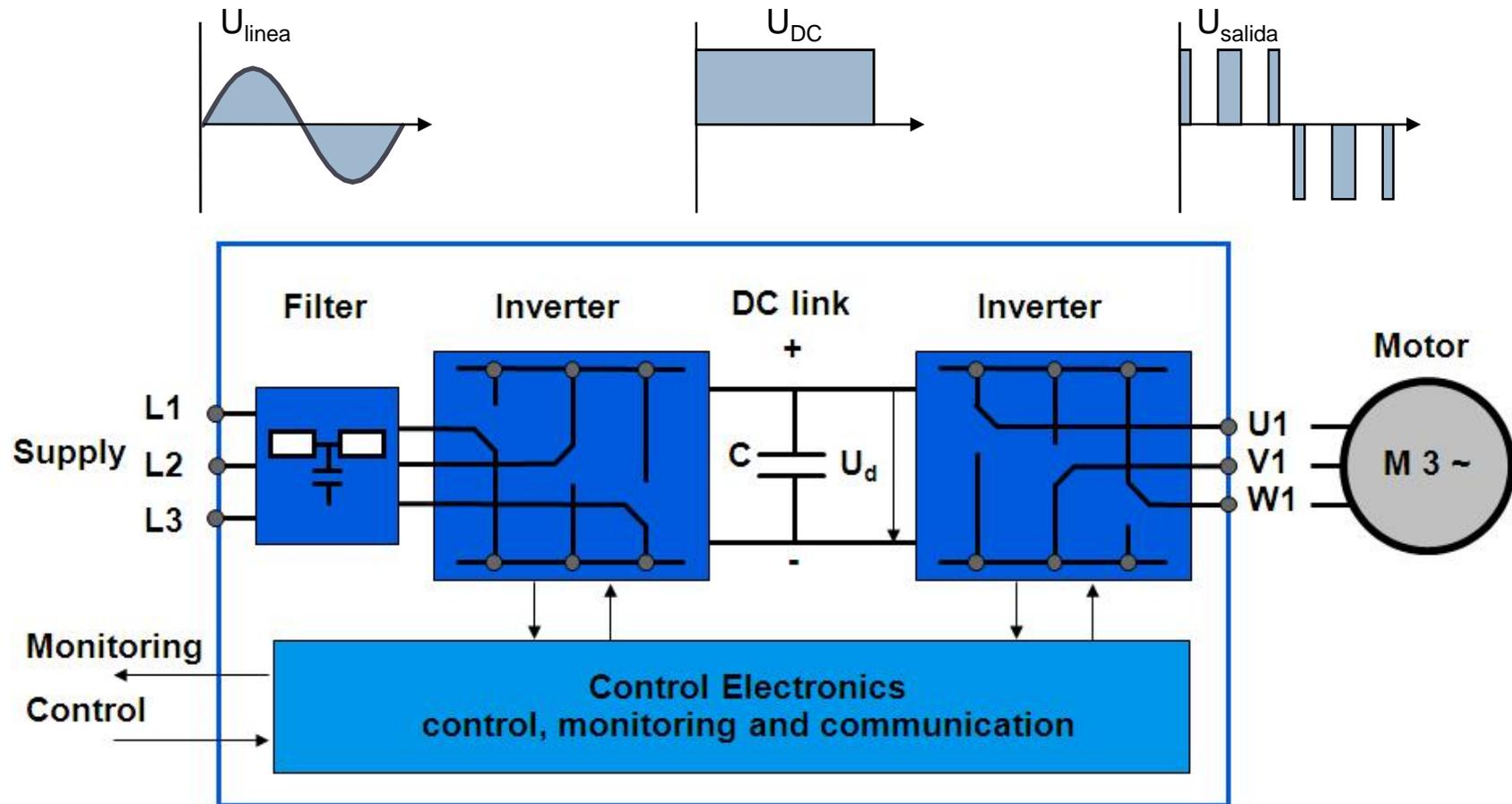
Transformador y  
cableado simple



La mejor forma de onda  
 $I_{THD}$  appr. 4%



# Métodos de reducción de armónicos en accionamientos PUENTE RECTIFICADOR ACTIVO (IGBTS)



# VARIADOR BAJO EN ARMÓNICOS

## DIMENSIONAMIENTO DE REDUCCIÓN EN LA RED

---

Cuando se utilizan 6-pulsos el transformador es seleccionado usando un factor de 1,35 x kVA del motor para tener en cuenta el factor de potencia y distorsión armónica

Cuando se utilizan variadores bajo armónicos, el factor usado es 1.1 x motor kVA. Por ejemplo:

Carga de Motor = 1000 kVA

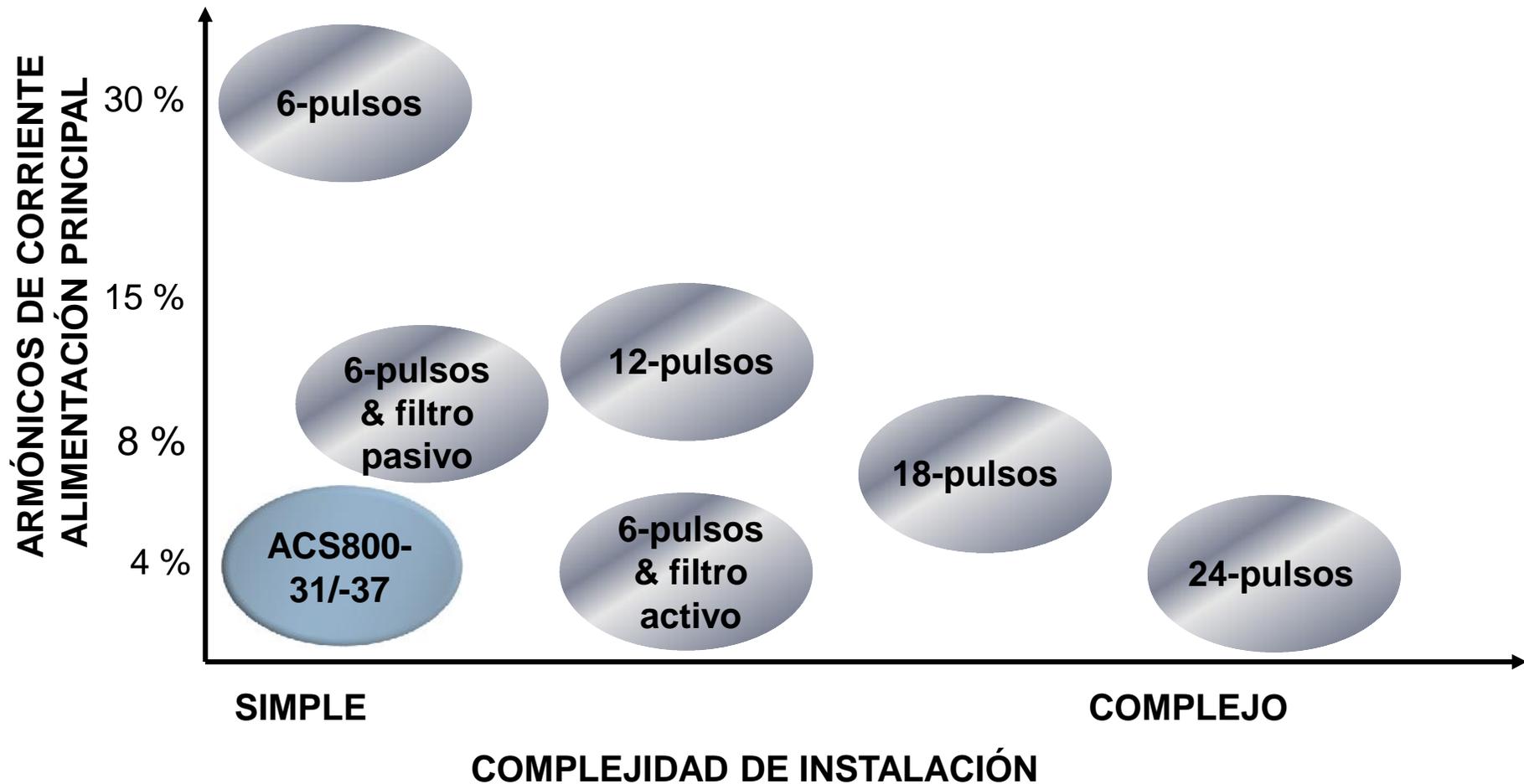
Un sistema de 6-pulses requiere un transformador de 1.35 MVA

Los sistemas bajo en armónicos sólo requieren un transformador de 1.1 MVA



# VARIADOR BAJO EN ARMÓNICOS

## COMPARACIÓN DE INSTALACIÓN



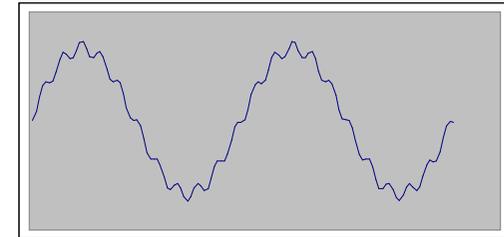
# VARIADOR BAJO EN ARMÓNICOS

## COMPARACIÓN CON SOLUCIÓN MULTIPULSOS

---

### ▶ Solución Multi-pulsos

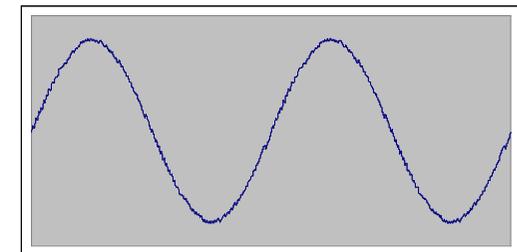
- ▶ Requiere transformador dedicado
- ▶ Bajas pérdidas de potencia en el variador
- ▶ Bajo factor de potencia
- ▶ La eficacia depende de desequilibrio de línea y del equilibrio de bobinados del transformador
- ▶ Cableado y el costo de instalación superior
- ▶ Demanda de espacio y peso



THD con 12-pulsos: 8 a 12%  
THD con 18-pulsos: 5 a 8%

### ▶ Variador bajo en armónicos

- ▶ No necesita de transformador especial ni filtros
- ▶ Las bajas pérdidas del transformador compensa eficiencia global
- ▶ Factor de potencia = 1.0
- ▶ El desempeño armónico es robusto frente a variaciones en el suministro y el transformador
- ▶ Diseño compacto



THD: menos de 5%



# VARIADOR BAJO EN ARMÓNICOS

## COMPARACIÓN CON FILTRO ARMONICO PASIVO

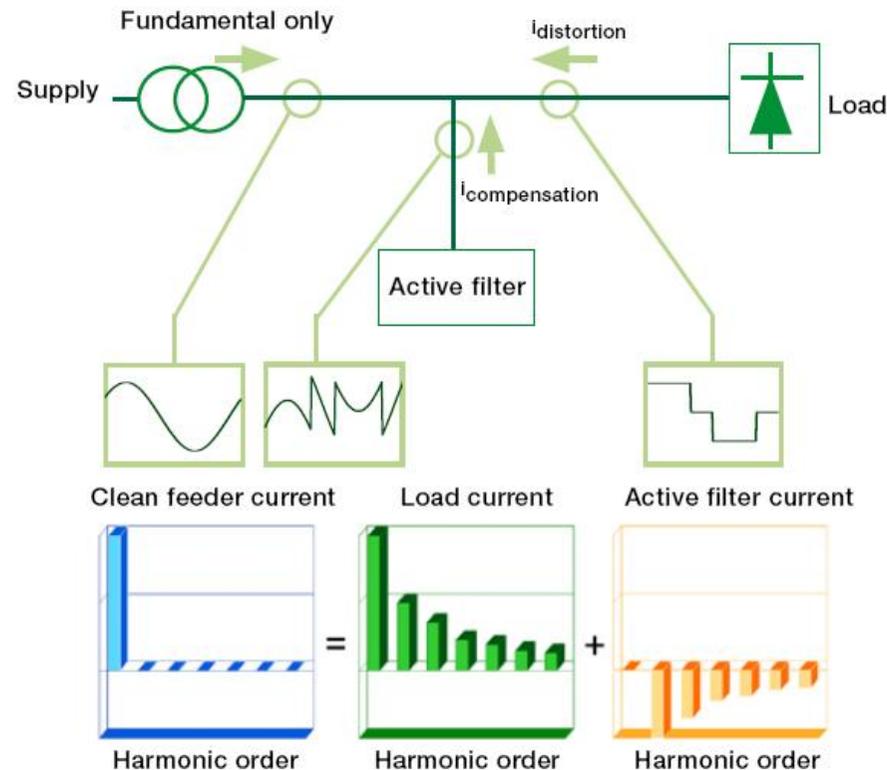
---

- ▶ **Filtro armónico pasivo**
  - ▶ Requiere un filtro adicional
  - ▶ Corrientes armónicas típicamente del nivel de 6 to 8% (dependiendo del tipo de filtro)
  - ▶ estacado factor de potencia en vacío
  - ▶ El filtro depende de la caída de tensión y carga
- ▶ **Variador bajo en armónicos**
  - ▶ No requiere armario o partes externas
  - ▶ Corrientes armónicas típicas de 3.5 a 5%
  - ▶ Factor de potencia 1 en cada punto de la carga
  - ▶ Voltaje total del motor
  - ▶ No hay riesgo de resonancia



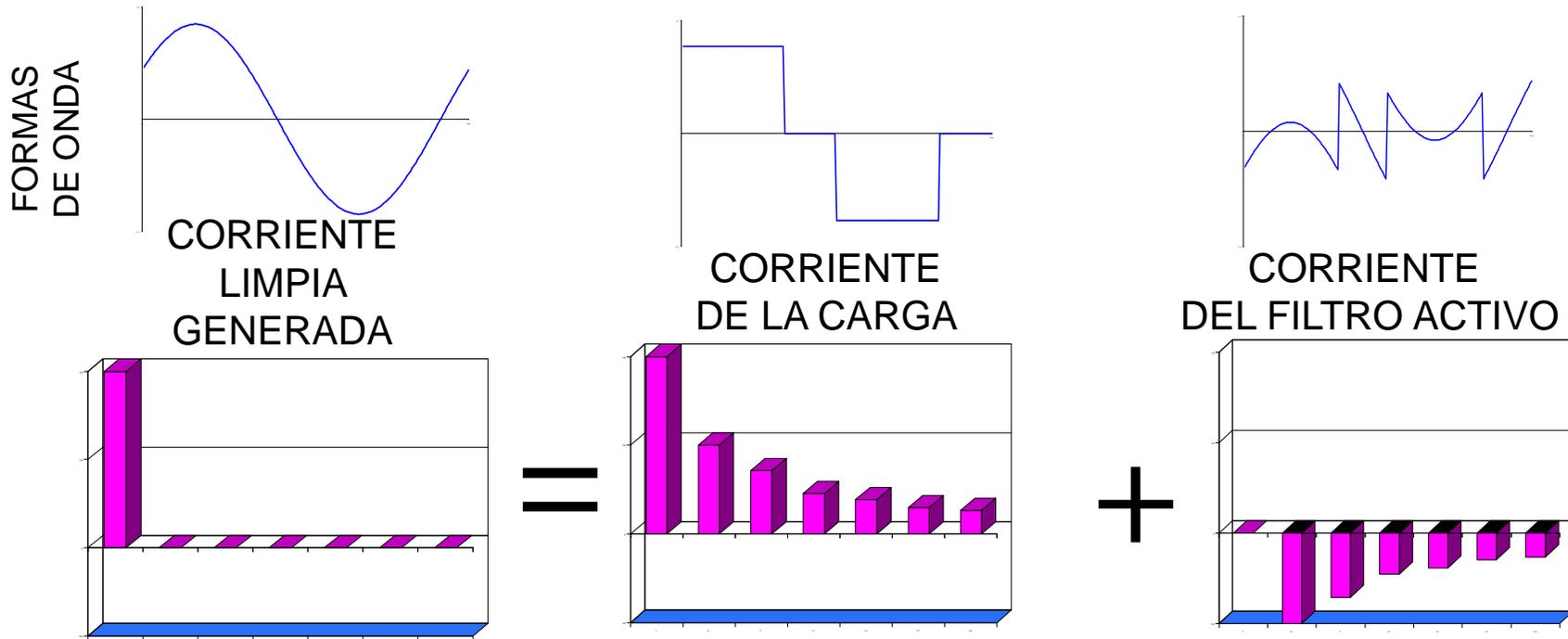
# FILTROS ACTIVOS

- ▶ El filtro activo elimina activamente las armónicas presentes en la red, en una forma controlada. Es insensible a grandes cambios en la impedancia de la red debido a cambios en la topología de la red, como fuentes en paralelo, conmutación entre fuentes de alimentación y operación de generadores.



# PRINCIPIO DE FILTRADO

- ▶ El filtro activo monitorea la corriente de línea en tiempo real y procesa la medición armónica como una señal digital en un multi-DSP (Digital Signal Processor) basado en el sistema. El controlador digital genera una señal PWM (Pulse Width Modulated) para que el módulo de potencia IGBT a través de reactores de línea, inyecte una corriente armónica en fase opuesta al componente que necesitamos eliminar en la red.



# CLASES DE FILTROS ACTIVOS

---



Commercial and residential applications



Medium scale industrial three wire applications



Heavy industrial applications



---

Consultas:

[ventas@matycperu.com](mailto:ventas@matycperu.com)



---

# **MATYC**

## **AUTOMATION**

---

