

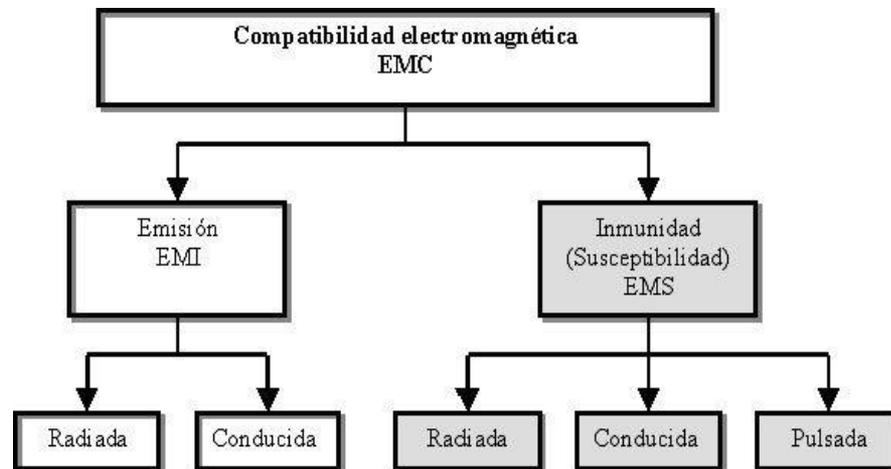
**EMIKON**

Compatibilidad Electromagnética

# INTRODUCCIÓN

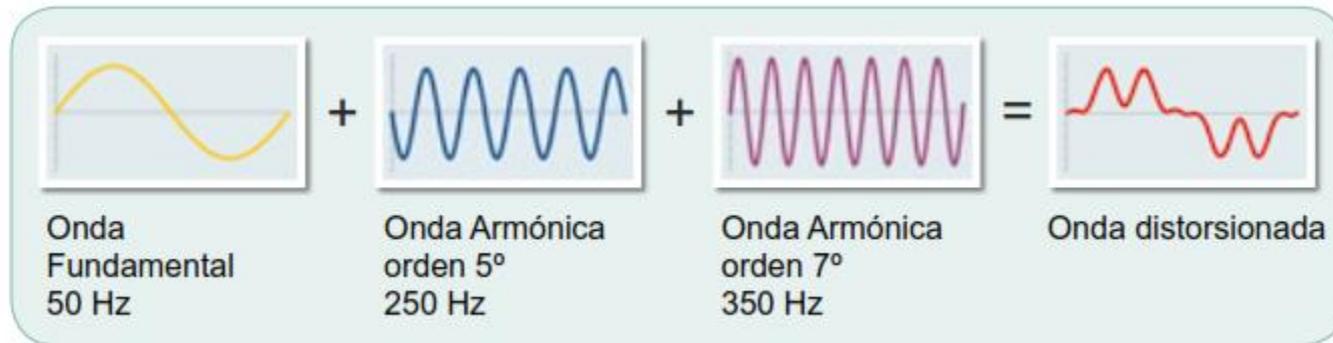
## ¿QUE ES LA EMC?

La norma define la compatibilidad electromagnética CEM, como “la aptitud de un dispositivo o sistema para funcionar en su entorno electromagnético de forma satisfactoria y sin producir perturbaciones electromagnéticas intolerables para cualquier otro dispositivo situado en el mismo entorno.”



## ¿QUE SON LOS ARMÓNICOS?

Las cargas no lineales tales como: rectificadores, inversores, variadores de velocidad, hornos, etc, absorben de la red corrientes periódicas no senoidales. Estas corrientes están formadas por una componente fundamental de frecuencia 50 ó 60 Hz, más una serie de corrientes superpuestas, de frecuencias múltiplos de la fundamental, que denominamos ARMÓNICOS. El resultado es una deformación de la corriente, y como consecuencia de la tensión, que conlleva una serie de efectos secundarios asociados.



Descomposición de forma de onda distorsionada

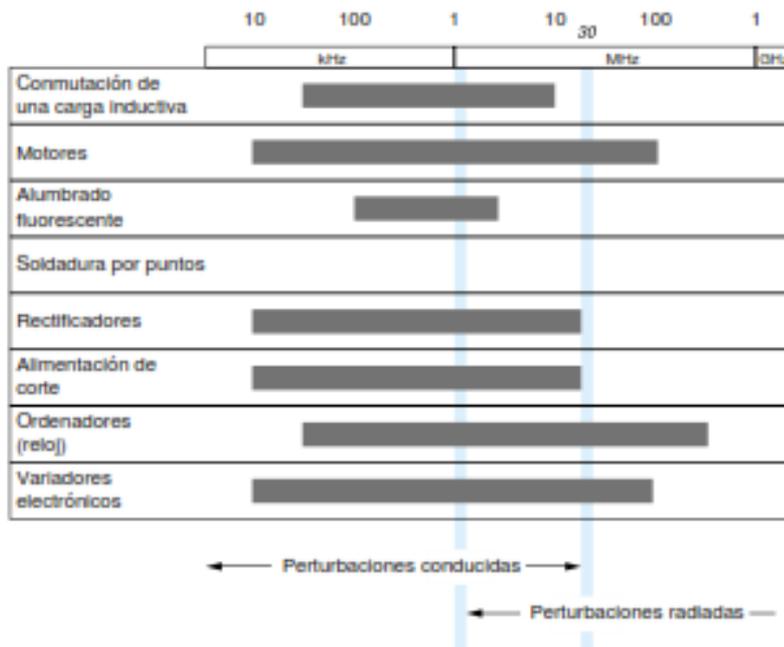
## RANGO DE FRECUENCIAS VS TIPO DE PERTURBACIÓN.

150Hz a 2000Hz Armonicos

150 KHz a 30 MHz Conducidas

30 MHz a 18 GHz Perturbaciones radiadas

**Distribución espectral de las perturbaciones**



- Perturbaciones de Baja Frecuencia < 10 kHz
  - Básicamente ruido conducido (Fuentes de alimentación)
- Perturbaciones en la Banda 10 kHz < f < 150 kHz
  - Ruido conducido y radiado-acoplado (Fuentes conmutadas, relés)
- Perturbaciones en la Banda 150 kHz < f < 30 MHz
  - Ruido radiado y radiado-acoplado
- Perturbaciones en la Banda 30 MHz < f < 300 MHz
  - Ruido radiado
- Perturbaciones en la Banda 300 MHz < f < 18 GHz
  - Ruido radiado (Equipos de comunicaciones)

**EMC**

## efectos indeseados

Coseno de phi bajo:

- Más pérdidas en las líneas
- Desaprovechamiento de transformadores
- Costes en factura de consumo

## causas

Cargas inductivas:

- Motores
- Alumbrado

## equipos de corrección

Baterías de condensadores

- Fijas
- Automáticas
- Inteligentes

## efectos indeseados

Lado suministro:

### **Armónicos de orden bajo en la onda de corriente:**

- Aumento de las pérdidas en transformadores de distribución y líneas de transporte.
- Deformación de la onda de tensión.
- Actuación de disyuntores diferenciales.

### **Interferencias electromagnéticas (EMI) de alta frecuencia:**

- Interferencias en otros equipos propios (controladores, reguladores, ordenadores,...)
- Interferencias en radiodifusión (radio y TV)
- Actuación de disyuntores diferenciales.

## causas

Interferencias producidas por:

- Convertidores de potencia
- Variadores de velocidad
- Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (SAI / UPS)

Se recomienda:

Equipos de corrección individual adecuados para cada causa.

## equipos de corrección

- **Reactancias**
- **Filtros LCL y LCL-th**
- **Filtros EMI**
- Interruptores diferenciales inmunizados

## efectos indeseados

Lado consumo:

### **Ondulación a la frecuencia de conmutación (y sus armónicos):**

- Ruido eléctrico y acústico.
- Interferencias a otros equipos electrónicos.
- Alto  $du/dt$ : daños en los aislamientos internos.
- Sobrecalentamiento de los materiales magnéticos.

## causas

Interferencias producidas por:

- Convertidores de potencia
- Variadores de velocidad
- Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (SAI / UPS)

Se recomienda:

Equipos de corrección individual adecuados para cada causa.

## equipos de corrección

- Filtros senoidalizadores
- Filtros  $dv/dt$

## efectos indeseados

### **Resonancia a las frecuencias armónicas:**

- Sobrecarga de los compensadores de reactiva.
- Vibraciones en chapas magnéticas (transformadores).
- Sobrecalentamiento (pérdidas) en transformadores
- Deformación de la onda de tensión.
- Actuación de disyuntores diferenciales.

## causas

Cargas no lineales distribuidas en las instalaciones:

- Convertidores.
- Hornos eléctricos.
- Lámparas de descarga

Se recomienda:

Equipos de corrección global.

## equipos de corrección

- Filtros de rechazo
- Filtros de absorción
- Filtros activos

## efectos indeseados

### **Elevado valor del tercer armónico:**

- Deformación de la onda de tensión.
- Actuación de disyuntores diferenciales.

### **Corriente por el conductor Neutro:**

- Sobrecarga del conductor (calentamiento)
- Tensión respecto a tierra

## causas

### **Cargas asimétricas, monofásicas (fase-neutro), no lineales:**

- Equipos electrónicos (sin PFC).
- Alumbrado de descarga

Se recomienda:

Equipos de corrección por zonas.

## equipos de corrección

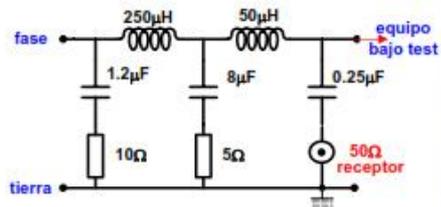
- Filtros de bloqueo
- Transformadores de aislamiento con filtro

## MEDIDAS EMC

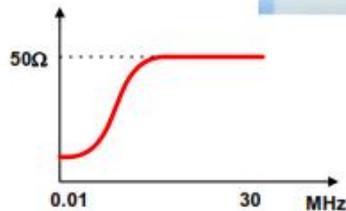
### EMISIONES CONDUCCIDAS:

Equipo necesario:

#### LISN



#### ENV4200 (4x200A)



Atenua 10dB  
(150kHz-30MHz)

#### Receptores EMI

Características:

- Selectivo
- Medida de pico, cuasipico, promedio
- Anchos de banda 200Hz, 9kHz, 120kHz, 1MHz
- Filtros de entrada
- Atenuadores
- Medida en dB $\mu$ V- dB $\mu$ V/m
- Factores de corrección, pérdidas, ganancias



## EMISIONES RADIADAS:

Equipo necesario:

### Antenas

$$FA(dB/m) = E(dB\mu V/m) - V(dB\mu V)$$



26 MHz-2GHz



20 MHz-200MHz



80 MHz-2GHz

### Receptores EMI

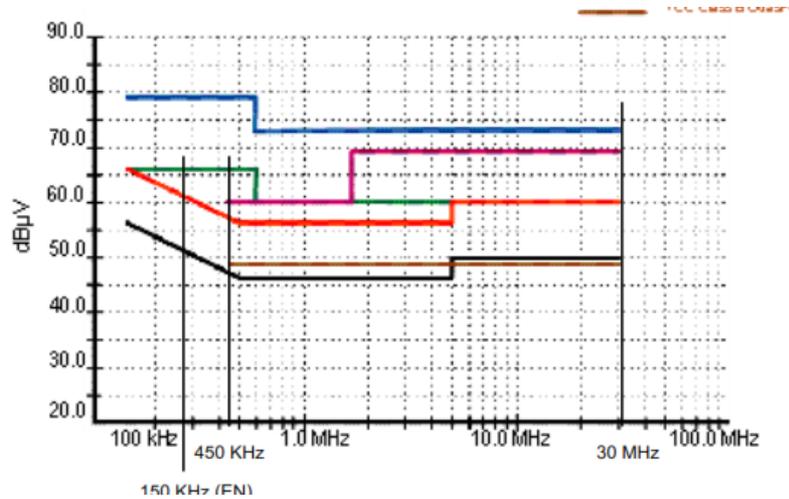
#### Características:

- Selectivo
- Medida de pico, cuasipico, promedio
- Anchos de banda 200Hz, 9kHz, 120kHz, 1MHz
- Filtros de entrada
- Atenuadores
- Medida en dB $\mu$ V- dB $\mu$ V/m
- Factores de corrección, pérdidas, ganancias

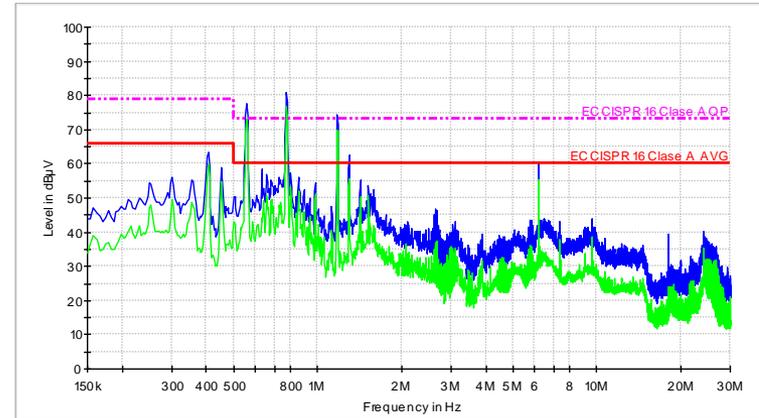


## Límites:

### Emisiones conducidas:

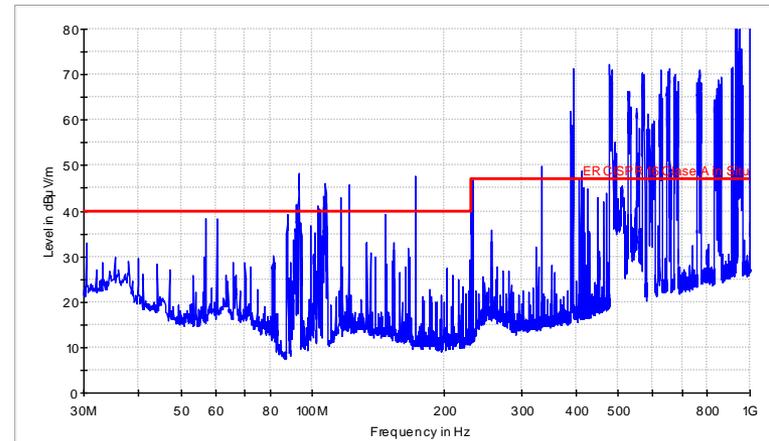
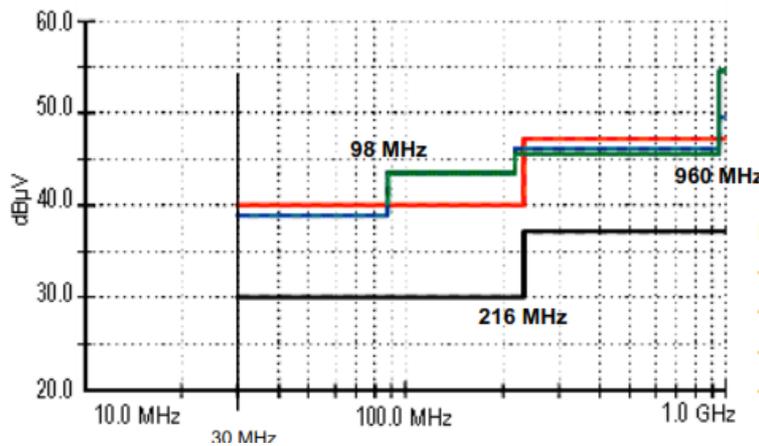


## Ejemplos:



— MaxPeak-ClearWrite      — Average-ClearWrite  
— EC CISPR 16 Class A AVG      - - - EC CISPR 16 Class A QP

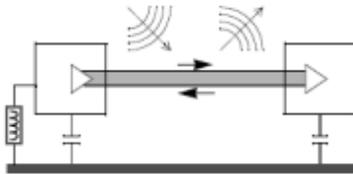
### Emisiones radiadas:



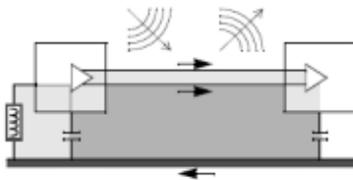
— MaxPeak-MaxHold      — EC CISPR 16 Class A in Situ

## INTERFERENCIAS MODO COMÚN - MODO DIFERENCIAL

Modo común y modo diferencial.



Modo diferencial  
(ida y vuelta)

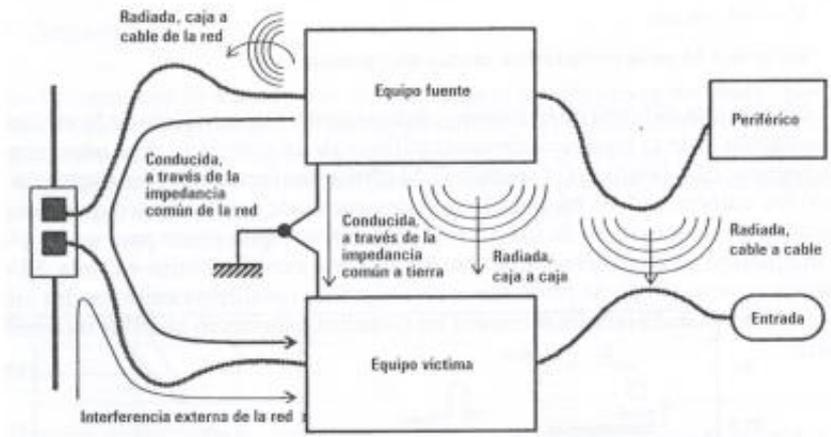


Modo común  
(sólo ida)

- Más peligroso

## ACOPLAMIENTOS

Mecanismos de acoplamiento.



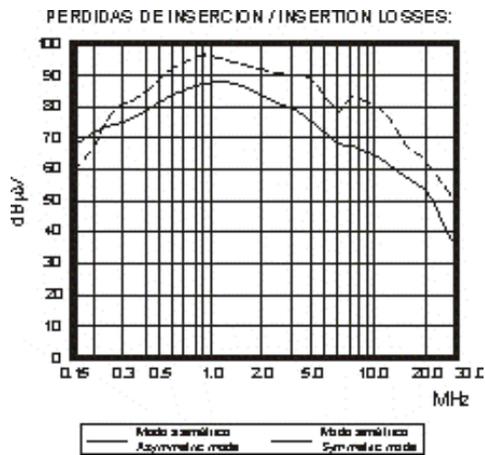
## SOLUCIONES EMC:

### EMISIONES CONDUCCIDAS:

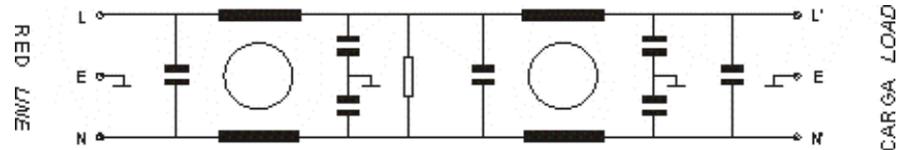
### FILTROS EMC:



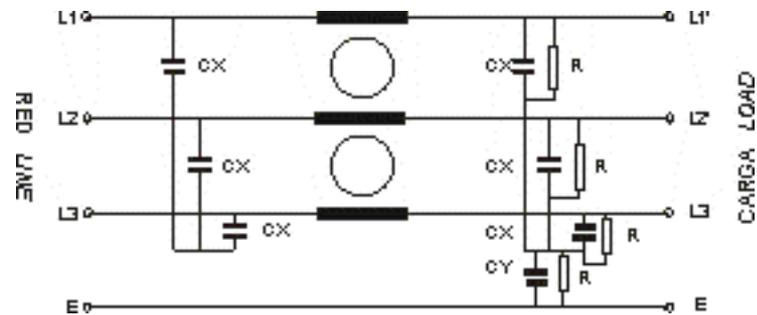
### CARACTERÍSTICAS:



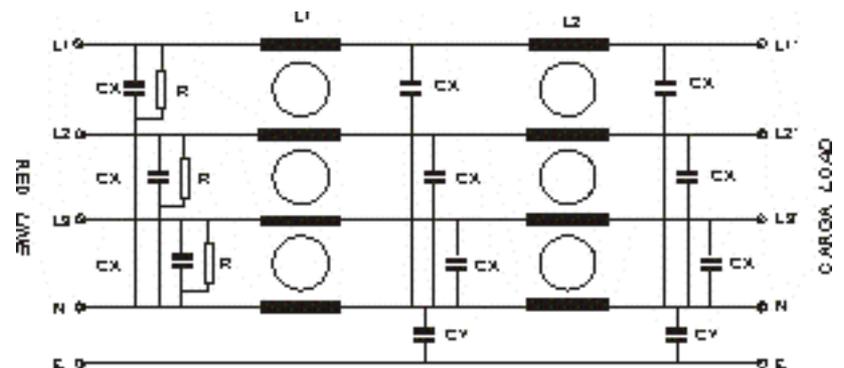
### MONOFÁSICOS:



### TRIFÁSICOS:



### TRIFÁSICOS + NEUTRO:



## EMISIONES RADIADAS:

FILTROS dv/dt:



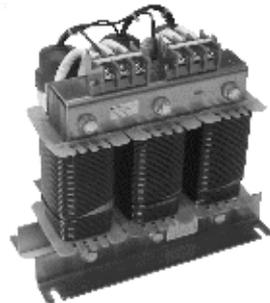
REACTANCIAS LADO MOTOR:



CHOQUES:



FILTROS LC:



# **ARMÓNICOS**

## **EFEECTO DE LOS ARMÓNICOS**

Los principales efectos de los armónicos de tensión y corriente en un sistema de potencia se pueden citar:

- La posibilidad de amplificación de algunos armónicos como consecuencia de resonancia serie y paralelo.
- La reducción en el rendimiento de los sistemas de generación, transporte y utilización de la energía.
- El envejecimiento del aislamiento de los componentes de la red y, como consecuencia, la reducción de la energía.
- Mal funcionamiento del sistema o de alguno de sus componentes.

## **QUIEN GENERA LOS ARMÓNICOS**

- Variadores de velocidad
  - Lámparas de descarga
  - Convertidores CA / CC.
  - Soldaduras por arco
  - Hornos de inducción
  - SAI
- etc...

## efectos indeseados

- Calentamiento de cables
- Disparo de protecciones

## problemas

- Aumento de la corriente
- Aumento de la resistencia
- Aumento de pérdidas térmicas (efecto Joule)
- Efecto "Skin"

## componentes

Conductor

## efectos indeseados

- Sobreintensidad de la corriente circulando por el neutro
- Calentamiento en el neutro
- Degradación prematura del conductor de neutro
- Tensión neutro-tierra
- Disparo de protecciones

## problemas

- Circulación de armónicos múltiplos de 3
- Retorno por el conductor de neutro

## componentes

Conductor del neutro

## efectos indeseados

- Calentamiento
- Envejecimiento prematuro de condensadores
- Destrucción de condensadores

## problemas

- Resonancia paralelo con el sistema
- Amplificación de los armónicos

## componentes

Condensadores

## efectos indeseados

- Sobrecalentamiento de los devanados.
- Pérdida de aislamiento térmico por calentamiento.
- Pérdidas en el cobre y en el hierro (Histéresis y Foucault)
- Disminución del rendimiento.
- Sobredimensionado del transformador.
- Saturación del transformador (crea mayor distorsión)

## problemas

- Circulación de corrientes armónicas por los devanados

## componentes

Transformadores

## efectos indeseados

- Sobrecalentamiento de los devanados
- Pérdida de aislamiento térmico por calentamiento
- Pérdidas en el cobre y en el hierro (Histéresis y Foucault)
- Disminución del rendimiento
- Vibraciones en el eje, desgaste mecánico en rodamientos y excentricidad
- Reducción del par

## problemas

- Circulación de corrientes armónicas por los devanados

## componentes

Motores

## efectos indeseados

- Dificultad de sincronización automática y posterior conmutación

## problemas

- Sistema blando, con mayor impedancia que la red
- Tensión distorsionada

## componentes

Grupo electrógeno

## efectos indeseados

- Error en equipos que toman como referencia el paso por cero de la onda
- Saturación de transformadores de medida y/o protección
- Valores de magnitudes incorrectas

## problemas

- Medidas no validas
- Errores en procesos de control

## componentes

Equipos de medida y control

## MEDIDAS ARMÓNICOS

- Identificación previa de los síntomas que pueden existir en la instalación:

Componente / Elemento	Síntomas	SI	NO	?
Conductor	- Calentamiento de conductores - Disparo de protecciones	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Conductor de neutro	- Calentamiento del conductor del neutro - Degradación del conductor - Disparo de protecciones	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Condensadores	- Calentamiento de los condensadores - Envejecimiento prematuro de los condensadores (pérdida de capacidad) - Destrucción de condensadores	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Transformadores	- Sobrecalentamiento de los devanados - Degradación de los devanados - Disminución del rendimiento - Necesidad de sobredimensionar	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Motores	- Sobrecalentamiento de los devanados - Degradación de los devanados - Disminución del rendimiento - Vibraciones en el eje - Desgaste mecánico en rodamientos - Excentricidad del eje - Sobretensiones que destruyen los devanados	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Grupo electrógeno	- Dificultad de sincronización y conmutación del grupo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Equipos de medida y control	- Medida incorrecta de magnitudes - Interferencias en equipos sensibles	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

## EQUIPOS DE MEDIDA

### ANALIZADOR DE REDES



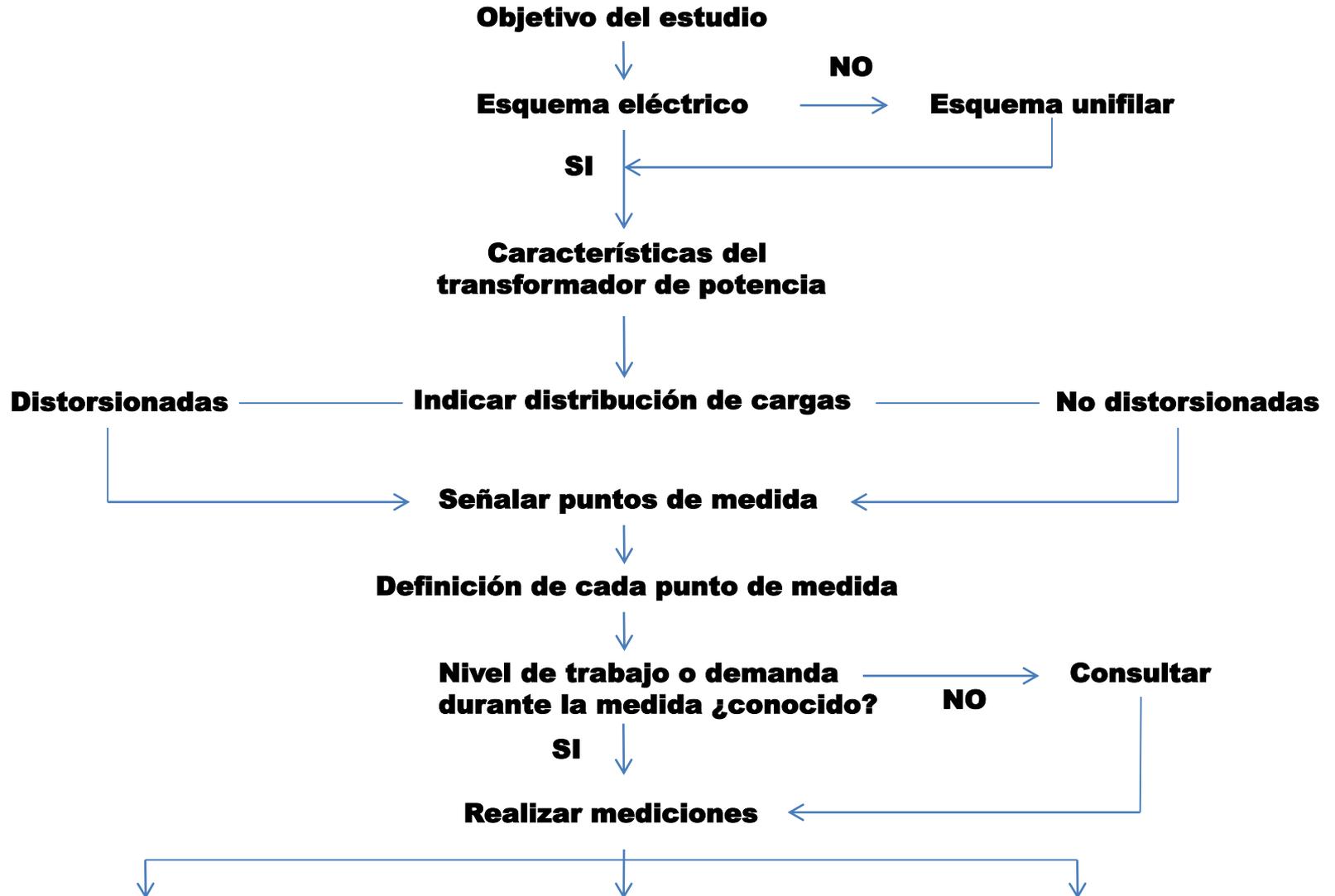
AR5L

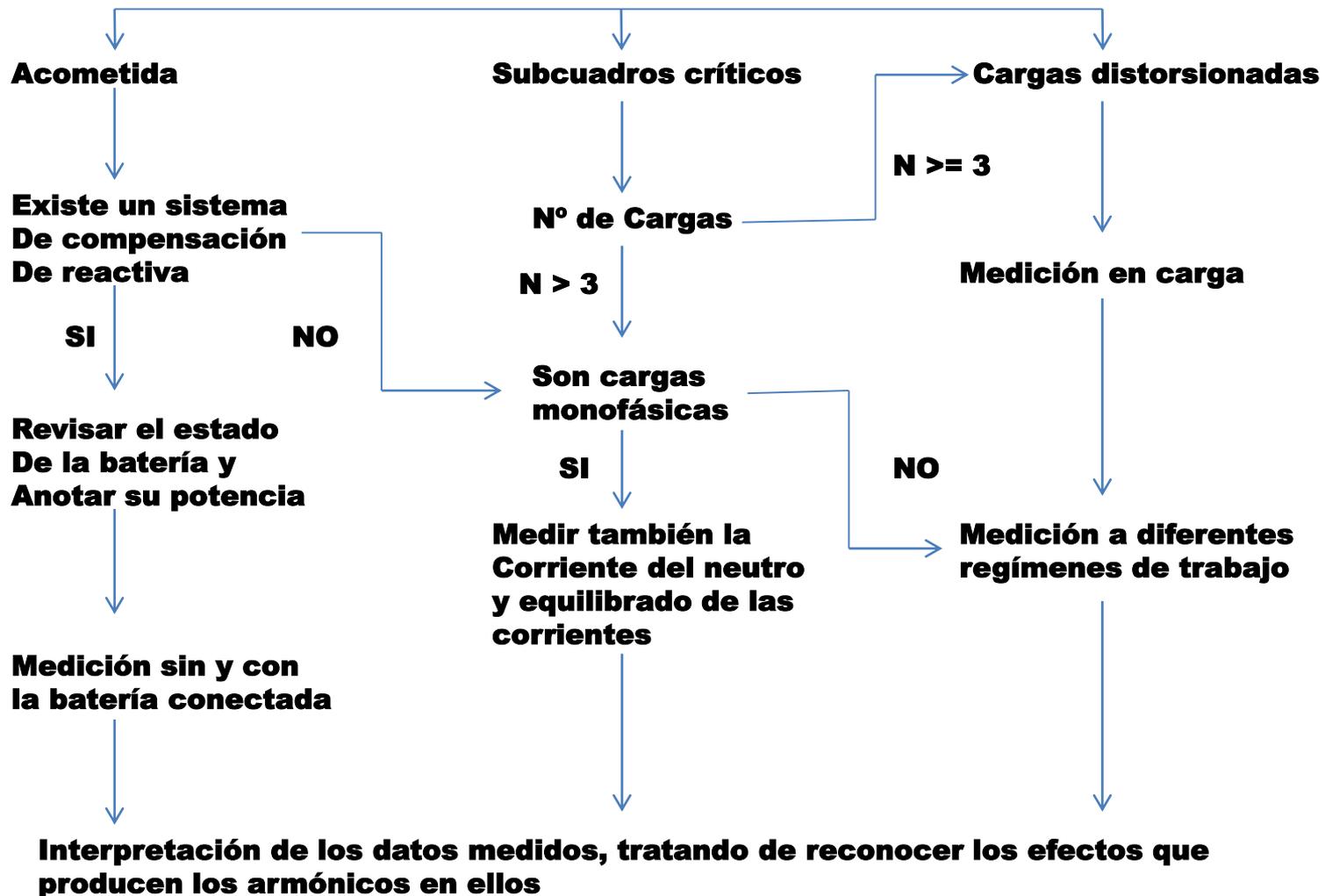


QNA-P



# PROCESO ESTUDIO ARMÓNICOS





# ESTRATÉGIAS DE FILTRADO

## Cuadro General

- Reducir el nivel de  $\text{THD}(I)\%$  que se genera hacia la red (punto de acoplamiento común)
- Disminuir la desclasificación del transformador

## Cuadros Secundarios

- Reducir el valor eficaz de la corriente en las líneas de la instalación sin pérdida de potencia
- Reducción de pérdidas
- Circulación de corrientes distorsionantes hacia otros equipos
- Ligera atenuación de  $\text{THD}(U)\%$

## Filtrado Individual

- Reducir la corriente distorsionante y eficaz en el punto donde se genera
- Reducción de las pérdidas en todo el sistema.
- Circulación de corrientes distorsionantes hacia otros equipos
- Mayor atenuación de  $\text{THD}(U)\%$

# ANOMALÍAS VS EFECTOS VS SOLUCIONES

## Anomalías

Después de la conexión de condensadores:

- Sobrecarga en condensadores
- Problemas con controles electrónicos
- Vibraciones de transformadores

## Efectos

Resonancia de la batería de condensadores con el transformador como consecuencia de los armónicos existentes

## Soluciones

COMPENSACIÓN DE REACTIVA

- Baterías con filtro de rechazo.

## Anomalías

Sobrecargas de neutro en líneas de:

- Alumbrado
- Ordenadores

## Efectos

Circulación del tercer armónico (homopolar)

## Soluciones

BLOQUEO O COMPENSACIÓN DEL TERCER ARMÓNICO

- Sistemas de bloqueo
- Filtro activo.

## Anomalías

Sobrecargas de :

- Conductores de fase
- Transformadores
- Motores
- Interruptores diferenciales

## Efectos

Existencia de armónicos de diferentes rangos

## Soluciones

FILTRADO DE ARMÓNICOS

- Filtros LCL
- Reactancias
- Filtros de absorción.
- Filtro activo.

## Anomalías

Disparos de :

- Interruptores diferenciales

## Efectos

Existencia de fugas de corrientes de Alta frecuencia

Origen Filtros EMI

## Soluciones

FILTRADO DE PROTECCIÓN DIFERENCIAL

- Reactancias
- Diferenciales inmunizados
- Segregación de circuitos.

## Anomalías

Líneas desequilibradas en:

- Edificios en general
- Oficinas
- Alumbrado

## Efectos

Reparto desigual de cargas monofásicas

## Soluciones

EQUILIBRADO DE FASES

-Filtro activo.