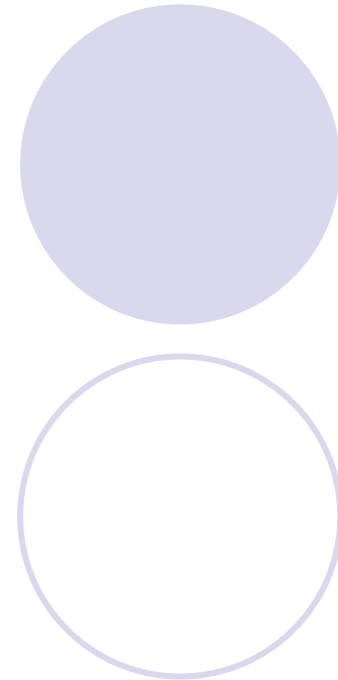
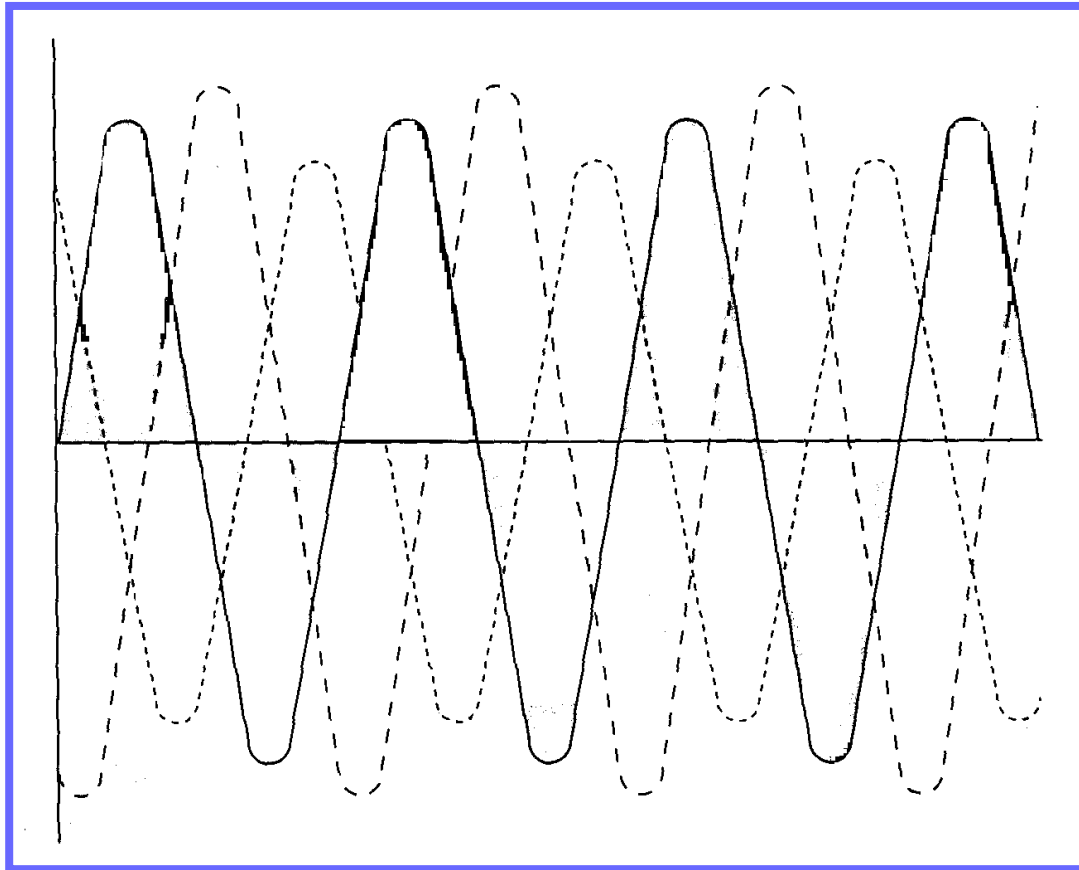
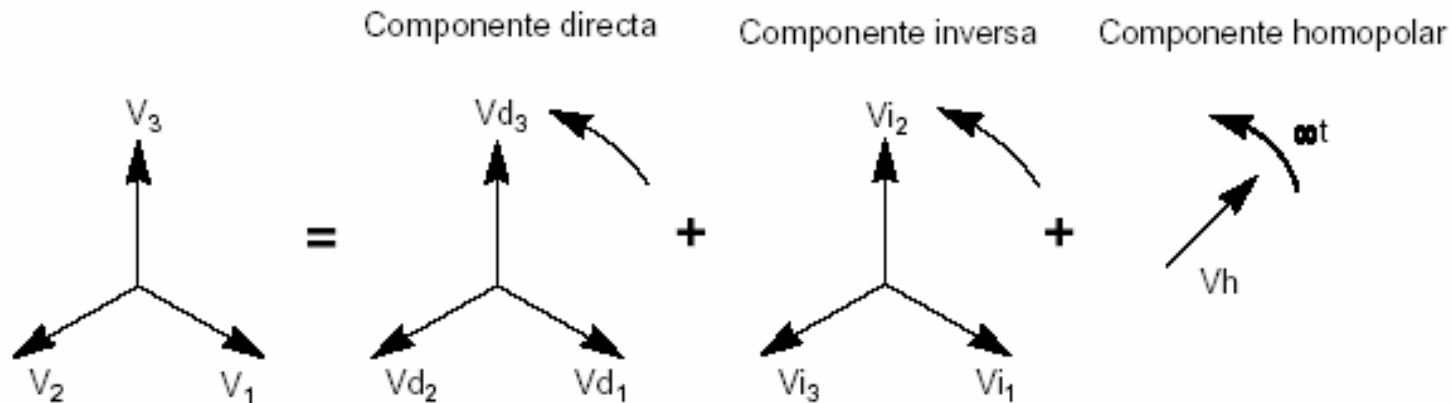


# Desequilibrios



**La UNE 50160 define desequilibrio de tensión en un sistema trifásico como: “estado en el cual el valor eficaz de las tensiones de fases o los desfases entre fases no son iguales”.**

# Desequilibrios



Para estudiar los desequilibrios de tensión, se descompone dicho sistema, de acuerdo con los teoremas de Fortescue-Storvis, en los tres sistemas siguientes:

**Componente directa.** Se trata de un sistema trifásico equilibrado que es sincrónico con el sistema de origen. Sus componentes son designados mediante  $V_1$  e  $I_1$ .

**Componente inversa.** Sistema trifásico equilibrado, pero opuesto al sistema de origen. Se designa a sus componentes como  $V_2$  e  $I_2$ .

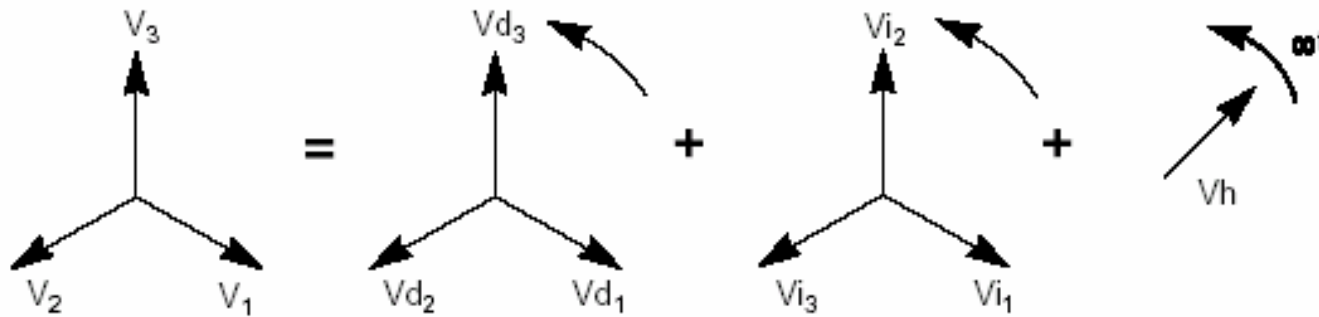
**Componente homopolar.** Sistema constituido por tres vectores cuyos módulos y dirección son iguales. Sus componentes son representados mediante  $U_0$  e  $I_0$ .

# Desequilibrios

Componente directa

Componente inversa

Componente homopolar



$V_1$ ,  $V_2$  y  $V_0$ , se pueden calcular, en función del sistema original ( $U_R$ ,  $U_S$ ,  $U_T$ ).

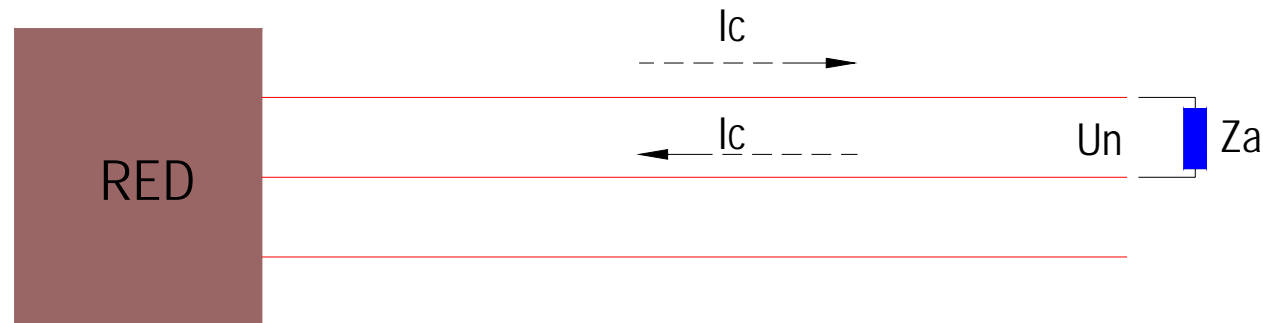
$$V_1 = \frac{1}{3} (V_R + aV_S + a^2V_T)$$

$$V_2 = \frac{1}{3} (V_R + a^2V_S + aV_T)$$

$$V_0 = \frac{1}{3} (V_R + V_S + V_T)$$

“a” es el operador unitario que gira 120°

# Calculo de un sistema desequilibrado



■ Las tensiones asimétricas que aparecen en el punto de conexión común (PCC), como consecuencia de la conexión de cargas asimétricas trifásicas ó cargas fase-fase, se pueden calcular mediante la expresión:

$$U_{\text{asim}} (\%) = \frac{S_{\text{carga}}}{S_{\text{cc}}} * 100$$

$$I_1 = I_2 = \frac{I_c}{\sqrt{3}} \quad \begin{array}{l} \text{En MT si} \\ Z_2 = Z_{\text{cc}} \end{array} \Rightarrow V_1 = \frac{U_n}{\sqrt{3}}$$

$$V_2 = I_2 Z_2 = I_2 \frac{U_n^2}{S_{\text{cc}}}$$

Scarga= Potencia aparente de la carga conectada  
Scc = Potencia de cortocircuito en el PCC.

$$U_{\text{asim}} (\%) = \frac{V_2}{V_1} * 100$$



# Valores de referencia

- La **UNE 50160** indica que la tensión en las condiciones normales de explotación, para cada período de una semana, debe cumplir que el 95% de los valores eficaces calculados cada 10 minutos de la componente inversa de la tensión de alimentación debe situarse entre el 0 y el 2% de la componente directa. En ciertas regiones equipadas con líneas parcialmente monofásicas o bifásicas, los desequilibrios pueden alcanzar el 3% en los puntos de suministros trifásicos.
- **Las condiciones de compatibilidad en el PCC son las siguientes:**
- En las redes de media y baja tensión, el grado de asimetría no puede superar el 2% en valoraciones de más de un minuto; en las de alta tensión, no debe ser mayor de un 1 % en ese mismo periodo de tiempo.
- Para todo tipo de redes, cuando existen varios emisores de este tipo de perturbación, la peor de todas ellas no puede ser superior al 0,7% para valoraciones del rango de minutos y al 1 % para valoraciones del rango de segundos.



# Causas que los originan

- Las principales cargas monofásicas conectadas entre dos fases que producen asimetrías en las redes de alta y media tensión son las siguientes:
  - Hornos de inducción (cuando trabajan a la frecuencia de la red).
  - Hornos de fusión de resistencia.
  - Instalaciones inductivas por calentamiento.
  - Hornos de resistencia para la fabricación de electrodos
  - Instalaciones de calentamiento por arco voltaico
  - Máquinas de soldadura por resistencia.
  - Hornos de fusión de acero de arco voltaico.
  - Sistemas de tracción eléctrica, por la conexión fase-tierra

# Efectos que producen

- **Transformadores y líneas.** Para una misma carga activa, la intensidad causada por la asimetría puede ser el doble de la que existiría en situación de simetría. Por ello, cuando en la red hay conectadas cargas que producen asimetría, estos equipos trabajan con unos niveles de utilización máxima del 60%.
- **Motores síncronos y asíncronos.** Las intensidades del sistema inverso generan un campo giratorio de doble velocidad –que se opone al de excitación- y producen pérdidas adicionales, principalmente en el rotor.
- En los motores asíncronos, el aumento de temperatura por calentamiento es significativo para valores de  $U_{asim}$  superiores a un 1%. Y es especialmente perjudicial cuando se llega al 2% en máquinas totalmente cargadas.
- En los motores síncronos, se admite una intensidad del sistema inverso equivalente entre el 5% y el 10% de su intensidad de dimensionamiento  $I_{rG}$ , lo cual es tanto como decir que toleran un valor de  $U_{asim}$  de entre un 1 % y un 2%.
- **Equipos de regulación y control.** Cómo señala la norma CEI 146, deben estar preparados para aceptar un grado de asimetría de hasta el 2%. En caso de que este nivel sea superado, su funcionamiento puede verse afectado de manera significativa.

# Métodos de prevención y corrección

- Es posible disminuir el grado de asimetría aplicando una ó varias de estas acciones:
- Reparto de las cargas monofásicas, consiguiendo una distribución más homogénea entre las tres fases.
- Instalación de equipos y dispositivos correctores, tales como condensadores y bobinas de inductancia. En el caso de que se puedan registrar fuertes variaciones de la carga, estos dispositivos deberán ser regulables.
- Separar la carga monofásica de la red por medio de convertidores estáticos. Esta opción da lugar a la generación de intensidades armónicas que deberán ser tenidas en cuenta.
- Conectar la carga monofásica en un punto que tenga una potencia de cortocircuito ó una tensión más elevadas.



# Métodos de prevención y corrección

- **Sistemas de corrección universales.**
- **Sistemas de alimentación ininterrumpida estáticos (SAIs).**
- Son equipos que permiten mantener el suministro aún cuando no exista suministro de red. Para ello incorporan baterías, cargador de baterías y ondulador.
- Las prestaciones más generales que deben aportar dichos equipos son:
  - Aislar la carga que se alimenta de la red.
  - Estabilizar la tensión y la frecuencia de salida.
  - Evitar picos y efectos parásitos de la red eléctrica
  - Almacenar energía en las baterías, las cuales la suministrarán por un periodo fijo de tiempo, cuando haya un corte de corriente.
  - De los requisitos y prestaciones antes mencionados, se desprenden las topologías más comúnmente usadas en la concepción de Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (SAIs).

# Métodos de prevención y corrección

- Disposición pasiva en reserva.
- Las características de este tipo de tipología son:
  - *Diseño simple y un costo bajo.*
  - *Se utiliza en pequeñas potencias (<2 kVA), con onda de salida muchas veces cuadrada, para protección de cargas poco críticas o sistemas de iluminación de emergencia.*
  - *Se emplea también para muy altas potencias, con salida senoidal, siempre que la carga admita la perturbación de la conmutación.*
  - *Presenta un rendimiento alto.*
  - *Tiene mayor fiabilidad que otros sistemas.*
- Este tipo de sistema no aísla de las perturbaciones de la red, únicamente actúa en descensos del valor eficaz de la tensión. Esto hace que sean una buena opción para interrupciones y para la mayoría de huecos, pero no para variaciones lentas de tensión, transitorios rápidos, variaciones de frecuencia y armónicos.

# Métodos de prevención y corrección

## SAIs. Modo de funcionamiento

- En tanto hay red, el sistema proporciona la tensión y la corriente demandada por las cargas, manteniendo unas baterías conectadas en paralelo, en su estado de flotación.
- Al ocurrir el fallo de la red ó producirse oscilaciones que la sitúen fuera de márgenes, son las baterías las que, sin interrupción por su conexión en paralelo, proporcionan la tensión y la corriente demandadas por las cargas.
- Si el fallo tiene una duración superior a la autonomía prevista, el sistema dispone de un detector-desconectador, que actúa al alcanzarse el nivel de subtensión de la batería prefijada, para evitar una descarga profunda y la consecuente degradación de la batería, además cuenta con un rearme automático tras la correspondiente histéresis.
- Cuando se restablece la tensión de la red, el sistema alimenta la salida, empleándose la corriente no utilizada por la salida en la recarga de la batería, hasta que alcanza su estado de flotación, en cuyo momento recibe únicamente la corriente de goteo o mantenimiento.

# Métodos de prevención y corrección

## **SAIs. Sistema de carga**

- El sistema de carga utilizado es el denominado IU (Intensidad Constante, Tensión Constante).
- Mediante la doble estabilización de la tensión y de la corriente de que el sistema está dotado, cuyos valores son ajustables, el sistema proporciona de forma constante toda la corriente no empleada en la recarga de la batería, siempre que esta esté por debajo de su nivel de flotación.
- Al aproximarse al nivel de flotación, la corriente de carga va disminuyendo, proporcionando únicamente la corriente de mantenimiento, cuando las baterías alcanzan el nivel de flotación prefijado.

# Métodos de prevención y corrección

## SAIs. Tecnología aplicada

- La tecnología aplicada en los alimentadores-cargadores es la denominada Modulación de Ancho de Pulso (“Pulse Width Modulation”, PWM), con grandes ventajas en cuanto a peso, tamaño, rendimiento y fiabilidad.
- La entrada de red se filtra, rectifica y filtra de nuevo. La tensión en continua obtenida se trocea a una frecuencia de 60 kHz mediante conmutadores MOS para alta frecuencia, en montaje semipunto con el que se actúa sobre el primario de un transformador de ferrita. Con la adecuada relación de transformación se obtiene en el secundario el valor requerido, el cual se rectifica y filtra.
- Mediante un servomecanismo optoacoplado se actúa sobre el modulador de ancho de pulso, para mantener las constantes de salida prefijadas en un +1%, con independencia de las variaciones tanto en la línea como en la carga.
-

# Métodos de prevención y corrección

## SAIs. Baterías

- Los equipos de Alimentación Ininterrumpida en CC, normalmente están diseñados para funcionar con baterías tipo ácido plomo de GEL, herméticas y sin mantenimiento. Este tipo de batería se considera idóneo para aplicaciones tipo "stand by" por su vida útil de 5 a 10 años, reducida auto-descarga, eliminación de mantenimiento periódico y la posibilidad de trabajo en cualquier posición.
- Dependiendo de la autonomía requerida es posible, en algunos modelos, incorporar baterías en el interior del chasis o caja junto al módulo alimentador-cargador o incluso suministrar un "pack" de baterías en un chasis separado, sin embargo a partir de ciertos requerimientos de capacidad y número de baterías se recomienda que su ubicación sea en el fondo del armario o "rack" para evitar problemas derivados del peso y volumen de las baterías.
- Aunque este tipo de batería desprende poca cantidad de vapores, es recomendable la provisión de ventilación.

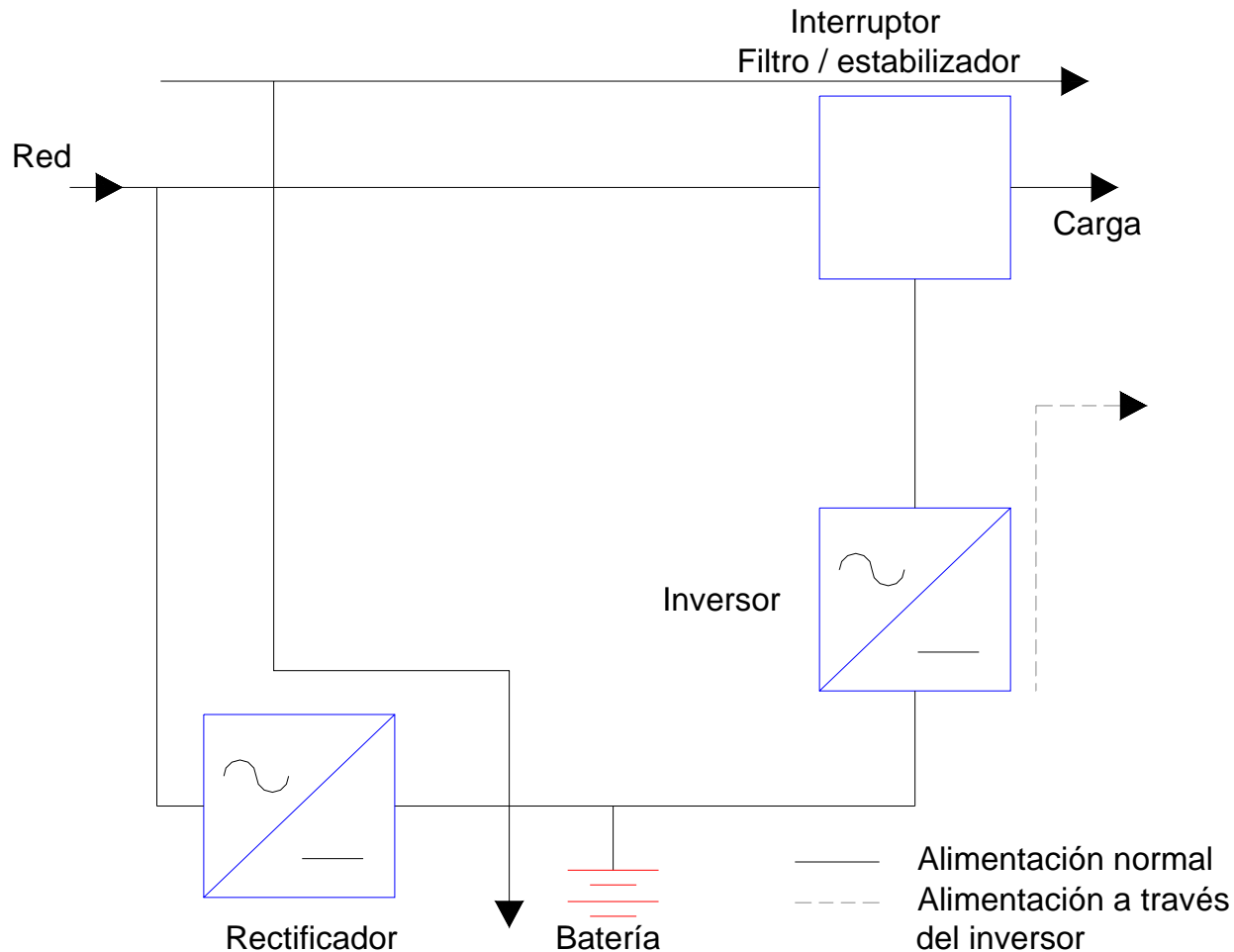
# Métodos de prevención y corrección

## SAIs. Tipologías básicas

- Según la disposición de sus módulos o sus formas de actuar, lo que determina en gran medida alguna de sus características más importantes, como fiabilidad, tamaño y rendimiento, se distinguen básicamente, tres tipologías distintas denominadas:
  - OFF-LINE o pasivo en reserva.
  - LINE INTERACTIVE o interactivo con línea.
  - ON-LINE o doble conversión.

# Métodos de prevención y corrección

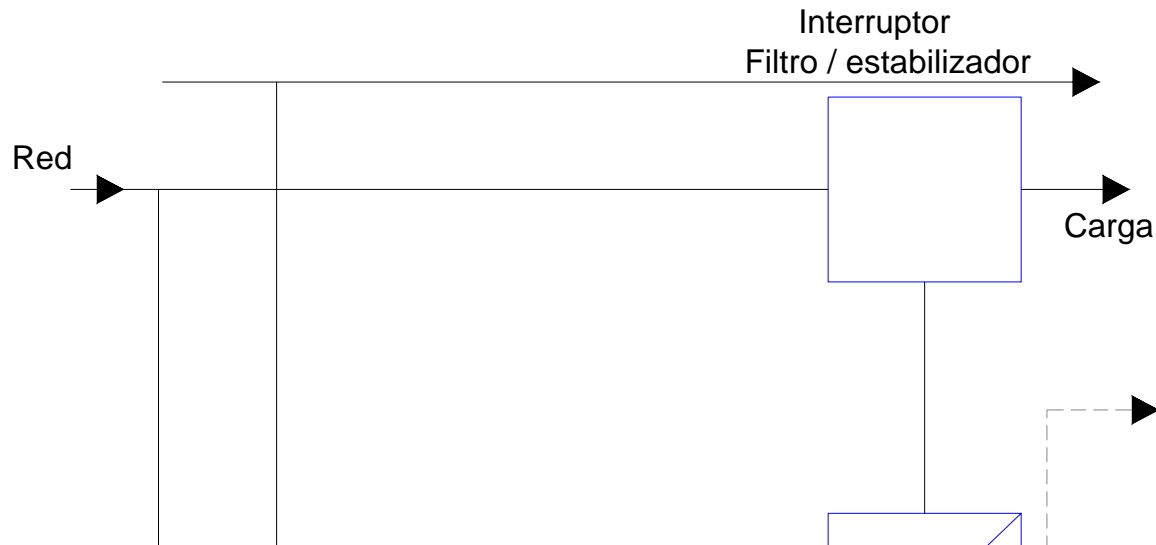
- Disposición pasiva en reserva (“off line”).





# Métodos de prevención y corrección

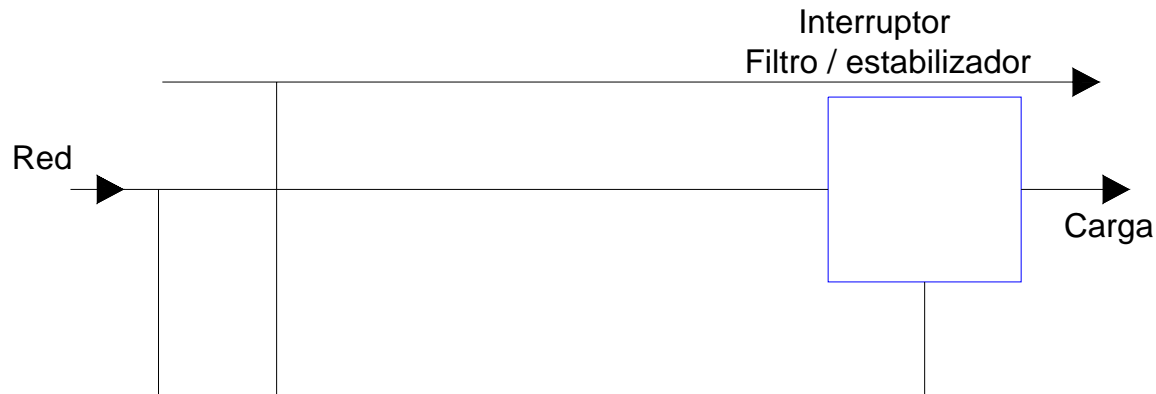
- Disposición pasiva en reserva (“off line”).



✚ Esta tipología, en un funcionamiento normal, la red alimenta a la carga. Cuando la tensión de la red está fuera de las tolerancias ajustadas, un conmutador conecta la carga con el inversor alimentado por las baterías, el tiempo de conmutación es muy corto ( $<10$  ms), pero aún así se genera un pequeño descenso transitorio de tensión. El rectificador es pequeño, ya que su función es mantener cargadas las baterías.

# Métodos de prevención y corrección

- Disposición pasiva en reserva (“off line”).



✚ Las características de este tipo de tipología son:

✚ *Diseño simple y un costo bajo.*

✚ *Se utiliza en pequeñas potencias (<2 kVA), con onda de salida muchas veces cuadrada, para protección de cargas poco críticas o sistemas de iluminación de emergencia.*

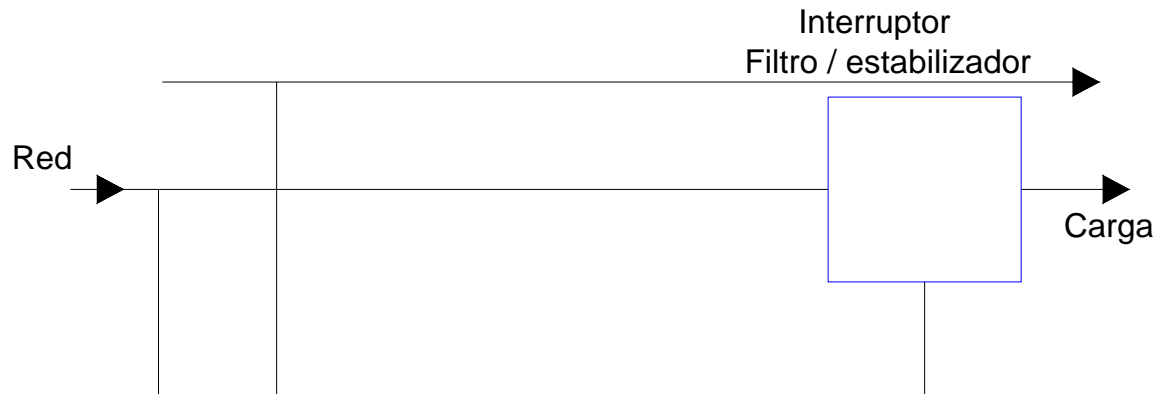
✚ *Se emplea también para muy altas potencias, con salida senoidal, siempre que la carga admita la perturbación de la conmutación.*

✚ *Presenta un rendimiento alto.*

✚ *Tiene mayor fiabilidad que otros sistemas.*

# Métodos de prevención y corrección

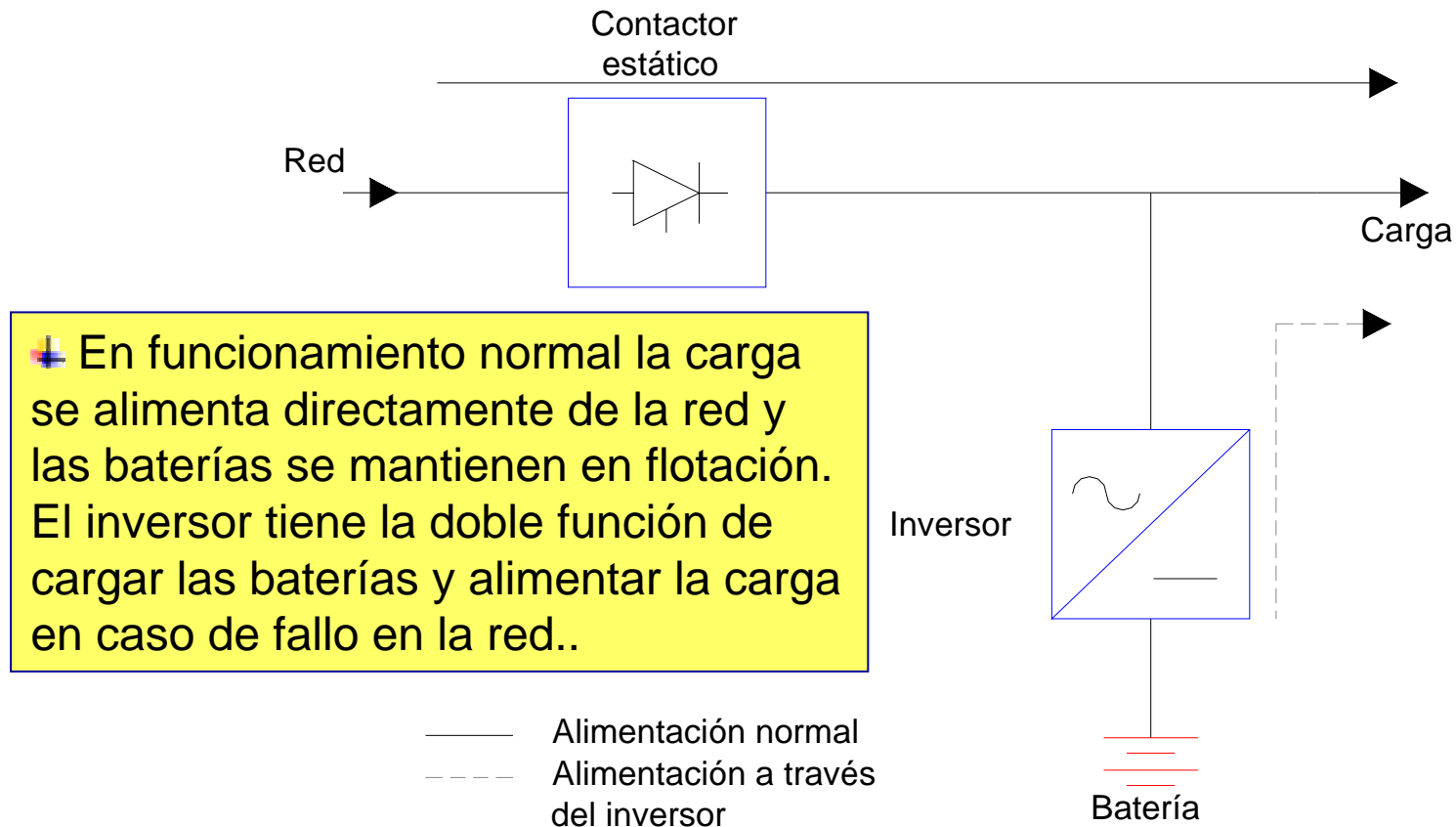
- Disposición pasiva en reserva (“off line”).



- ✚ Este tipo de sistema no aísla de las perturbaciones de la red, únicamente actúa en descensos del valor eficaz de la tensión. Esto hace que sean una buena opción para interrupciones y para la mayoría de huecos, pero no para variaciones lentas de tensión, transitorios rápidos, variaciones de frecuencia y armónicos.
- ✚ Supone una solución de compromiso entre un nivel aceptable de protección frente a perturbaciones a un coste razonable.

# Métodos de prevención y corrección

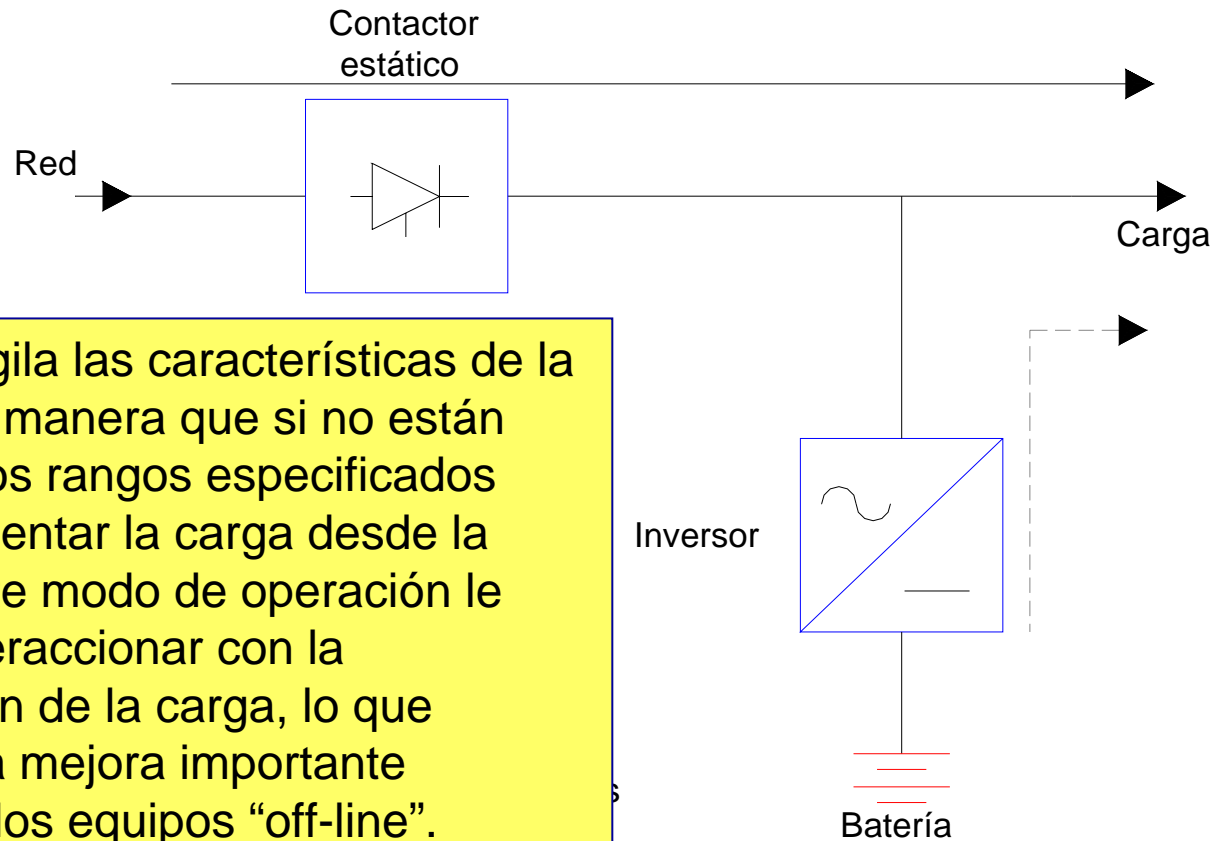
- Interactivo con línea (“line interactive”).



✚ En funcionamiento normal la carga se alimenta directamente de la red y las baterías se mantienen en flotación. El inversor tiene la doble función de cargar las baterías y alimentar la carga en caso de fallo en la red..

# Métodos de prevención y corrección

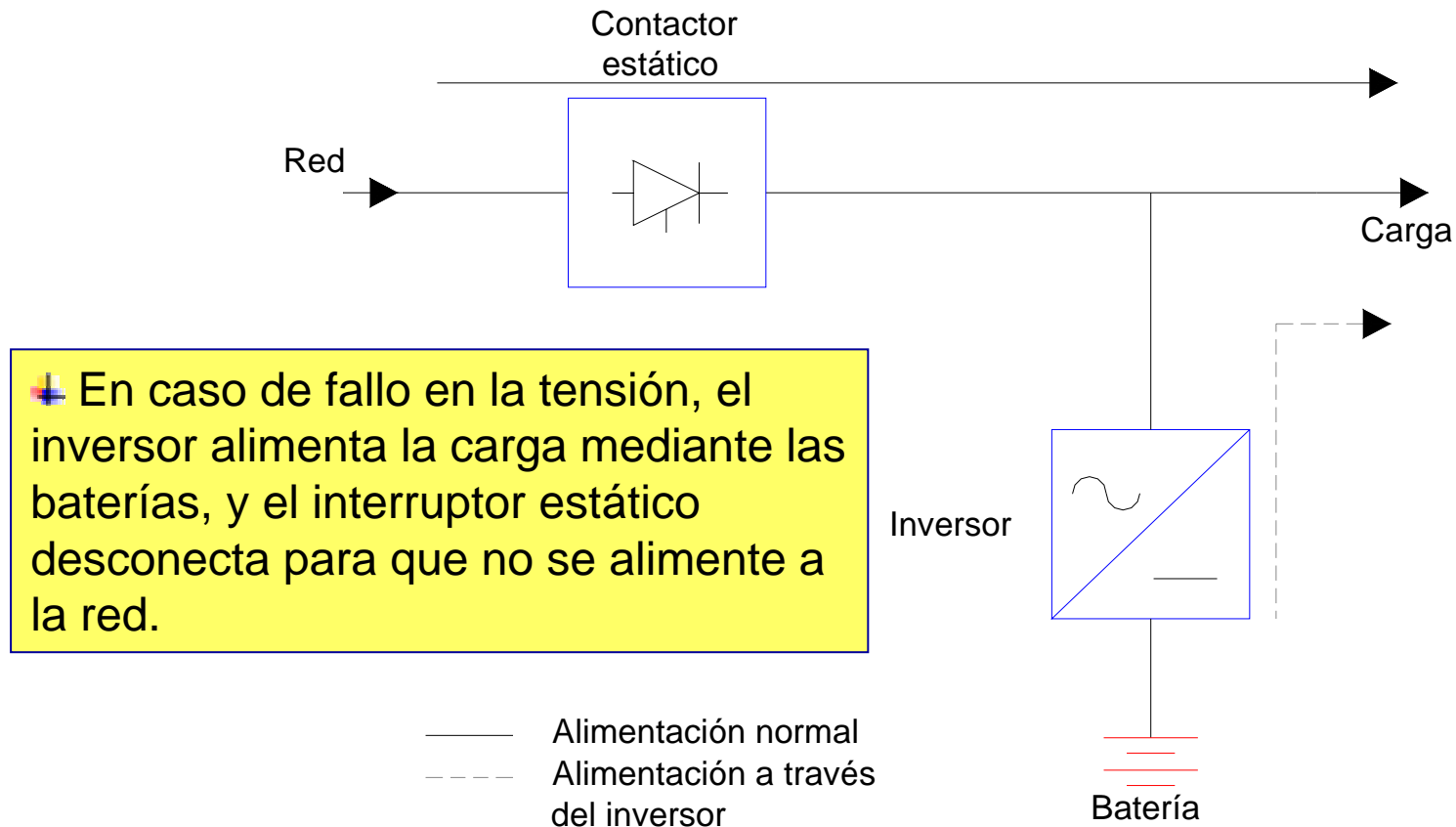
- **Interactivo con línea (“line interactive”).**



✚ El SAI vigila las características de la tensión, de manera que si no están dentro de los rangos especificados pasa a alimentar la carga desde la batería. Este modo de operación le permite interactuar con la alimentación de la carga, lo que supone una mejora importante respecto a los equipos “off-line”.

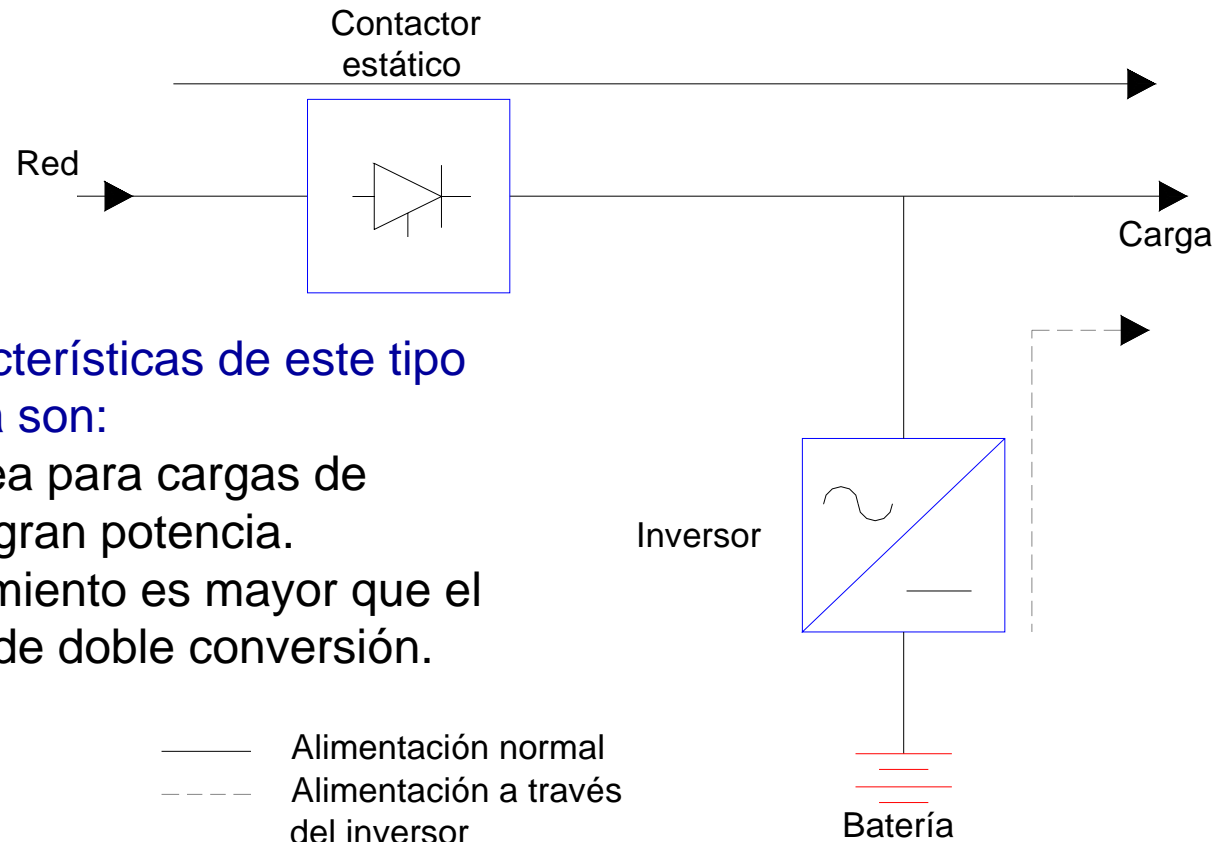
# Métodos de prevención y corrección

- Interactivo con línea (“line interactive”).



# Métodos de prevención y corrección

- **Interactivo con línea (“line interactive”).**



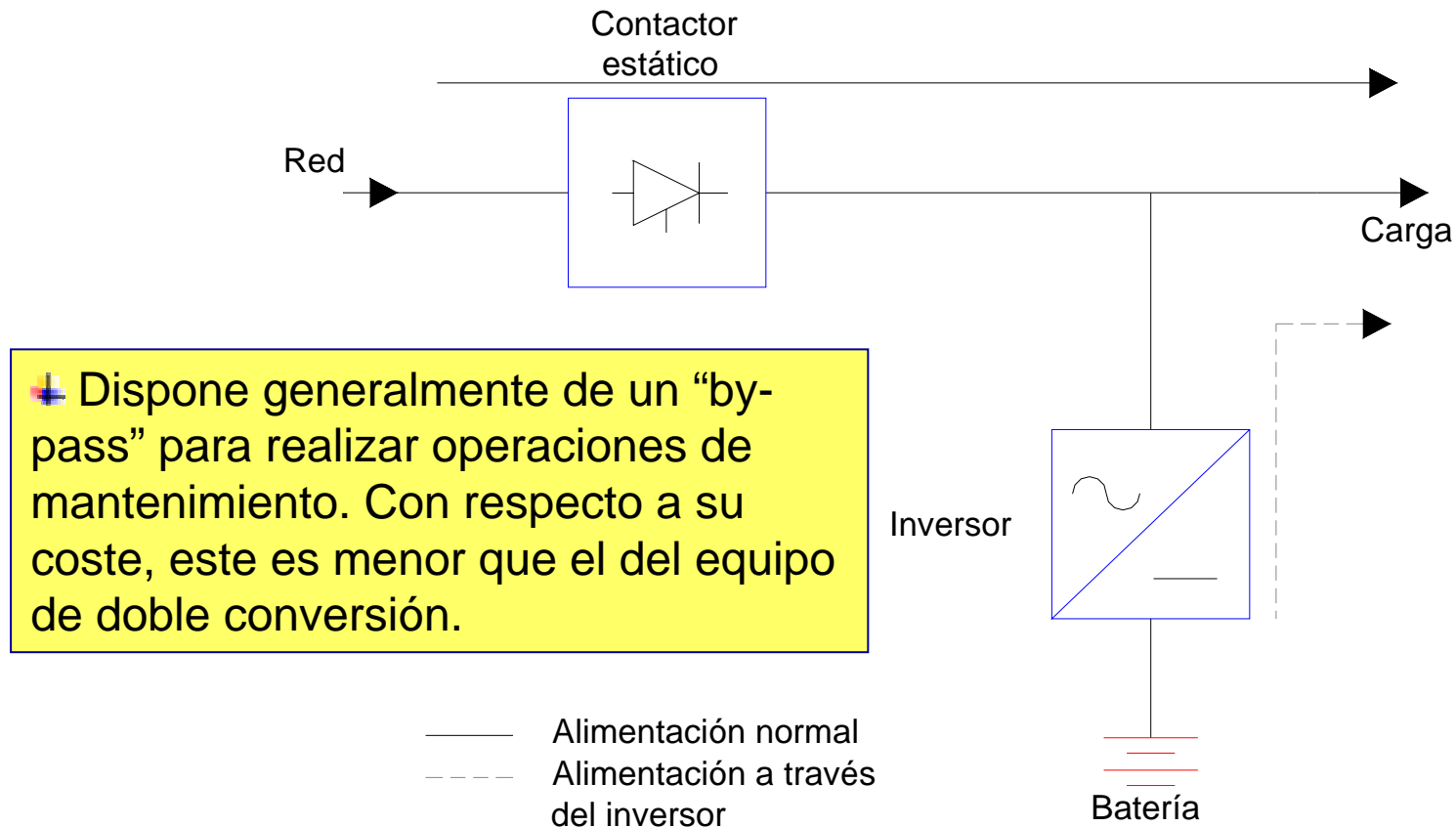
✚ Las características de este tipo de tipología son:

✚ Se emplea para cargas de mediana y gran potencia.

✚ Su rendimiento es mayor que el del equipo de doble conversión.

# Métodos de prevención y corrección

- Interactivo con línea (“line interactive”).

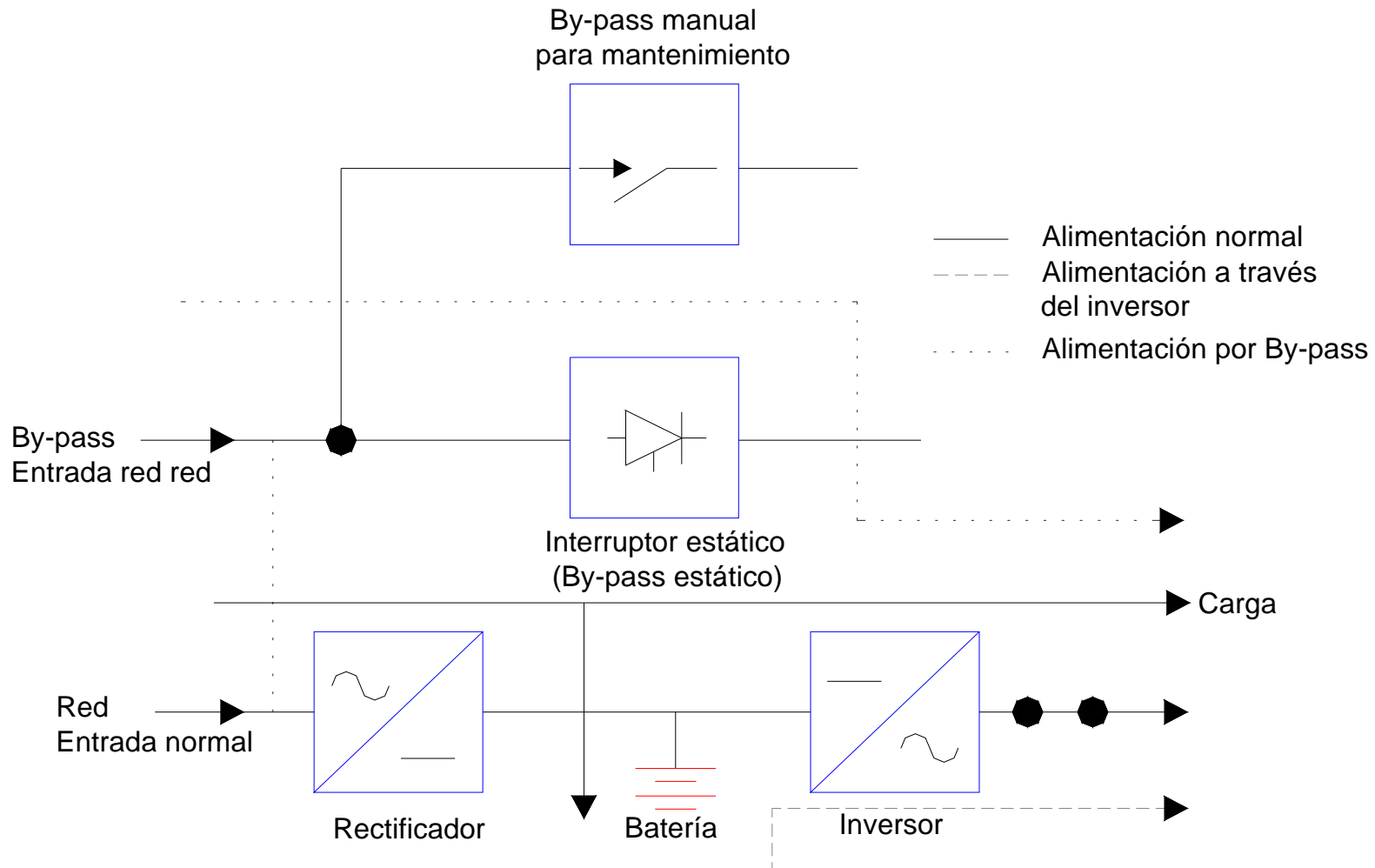


✚ Dispone generalmente de un “bypass” para realizar operaciones de mantenimiento. Con respecto a su coste, este es menor que el del equipo de doble conversión.



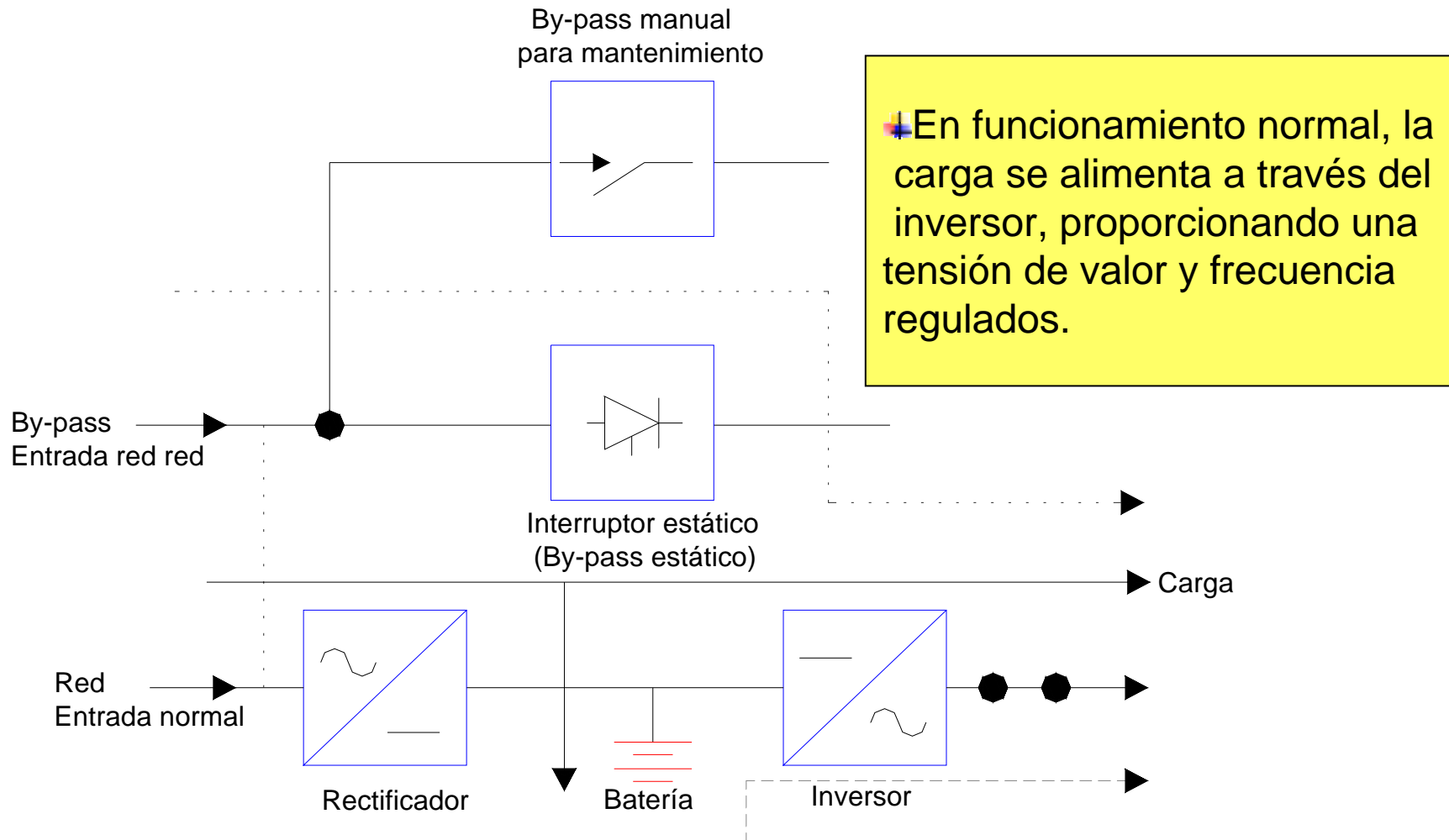
# Métodos de prevención y corrección

- **Doble conversión (“on-line”)**



# Métodos de prevención y corrección

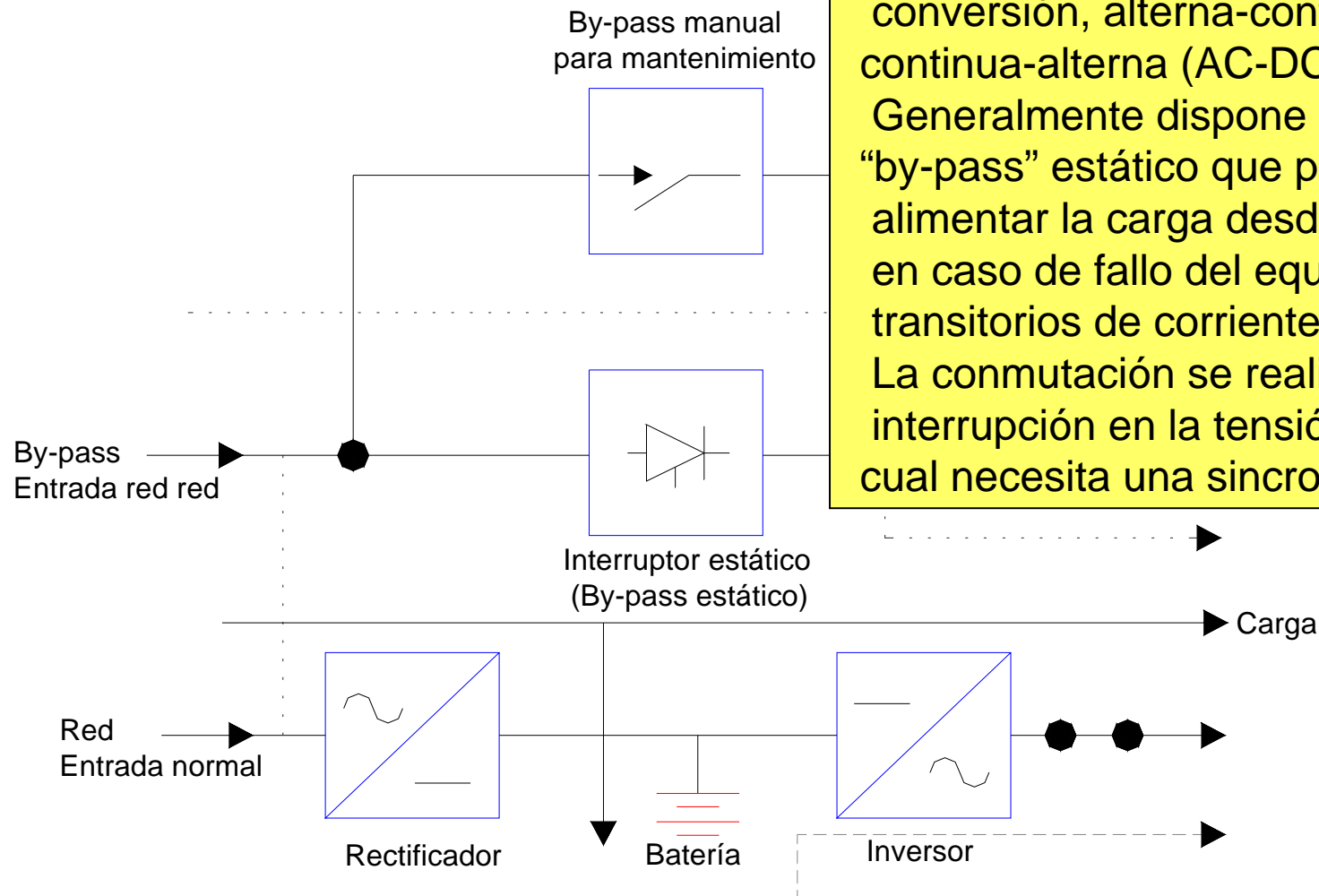
- **Doble conversión (“on-line”)**



# Métodos de prevención y corrección

- **Doble conversión (“on-line”)**

El sistema realiza una doble conversión, alterna-continua y continua-alterna (AC-DC / DC-AC). Generalmente dispone de un “by-pass” estático que permite alimentar la carga desde la red en caso de fallo del equipo o de transitorios de corriente elevados. La conmutación se realiza sin interrupción en la tensión, para lo cual necesita una sincronización .

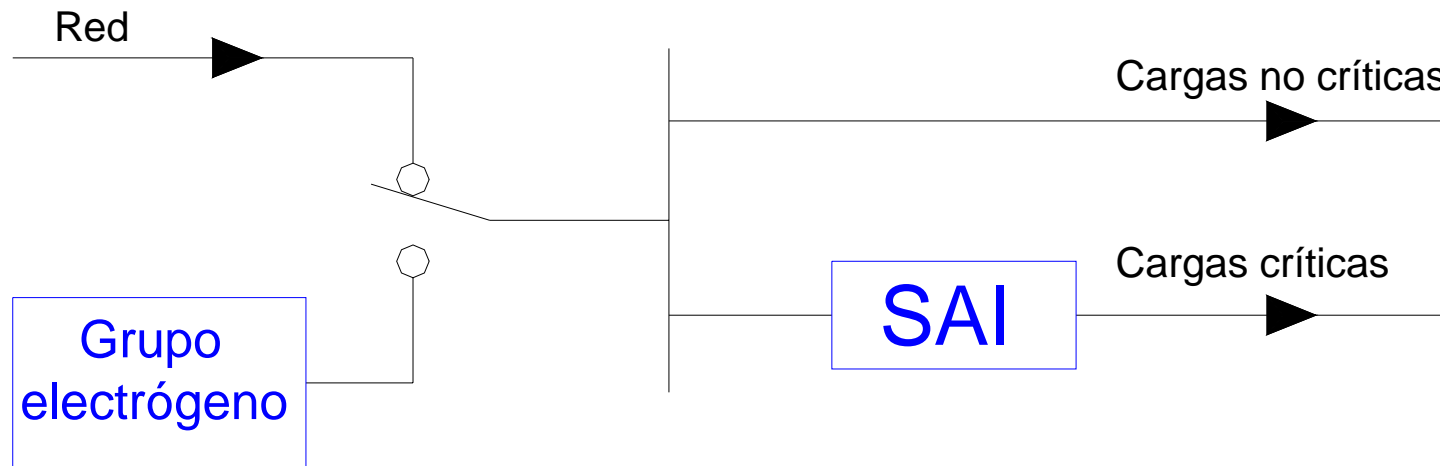


# Métodos de prevención y corrección

- **Doble conversión (“on-line”)**
- **Las características de este tipo de tipología son:**
  - ***La protección es continua, ya que la carga está aislada de la red.***
  - ***La transferencia de energía es inmediata y sin transitorios.***
  - ***Su rendimiento es menor que los dos equipos anteriores.***
  - ***Presenta una baja potencia de cortocircuito.***
  - ***Ofrece una alimentación de mayor calidad.***
- Dispone de un interruptor manual de “by-pass” para mantenimiento. En cuanto a su precio, es mayor debido a que está compuesto de dos módulos de conversión.
- Para SAIs trifásicos (10-800 kVA) la tecnología “on-line” se ha impuesto, a pesar de su mayor coste, debido a sus mayores prestaciones.

# Métodos de prevención y corrección

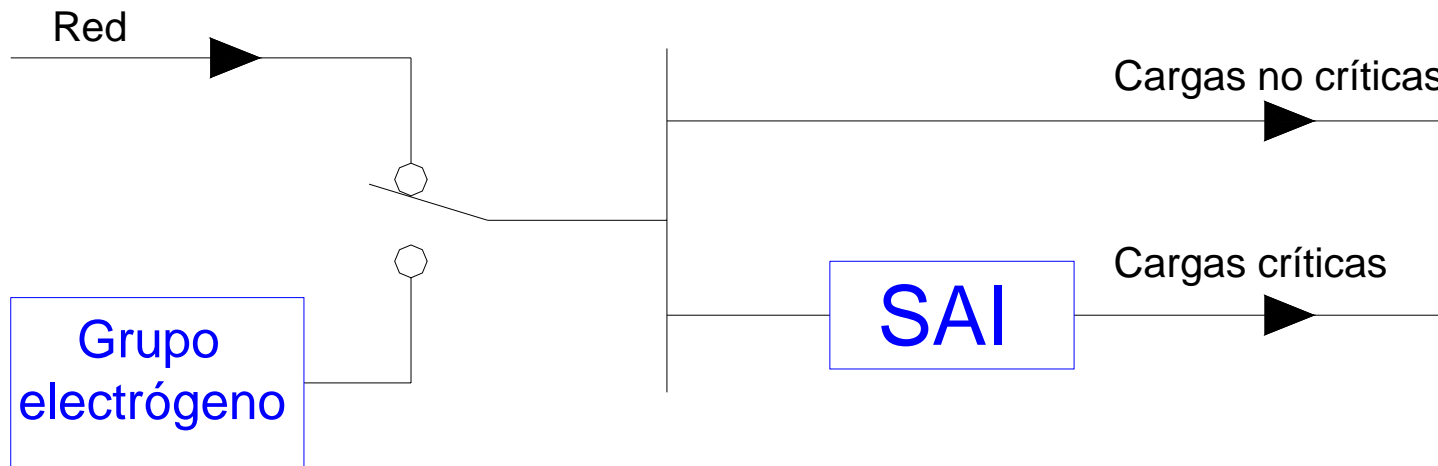
- Combinación con grupo electrógeno



✚ Los SAI permiten una buena combinación con grupos electrógenos, en este caso, la carga crítica se alimenta normalmente bien directamente de la red, si se trata de un SAI “off-line”, o a través de éste, si es del tipo “on-line”. En ambas posiciones, la carga crítica está protegida ante cualquier interrupción en la alimentación de red, hasta que se conecta el grupo electrógeno.

# Métodos de prevención y corrección

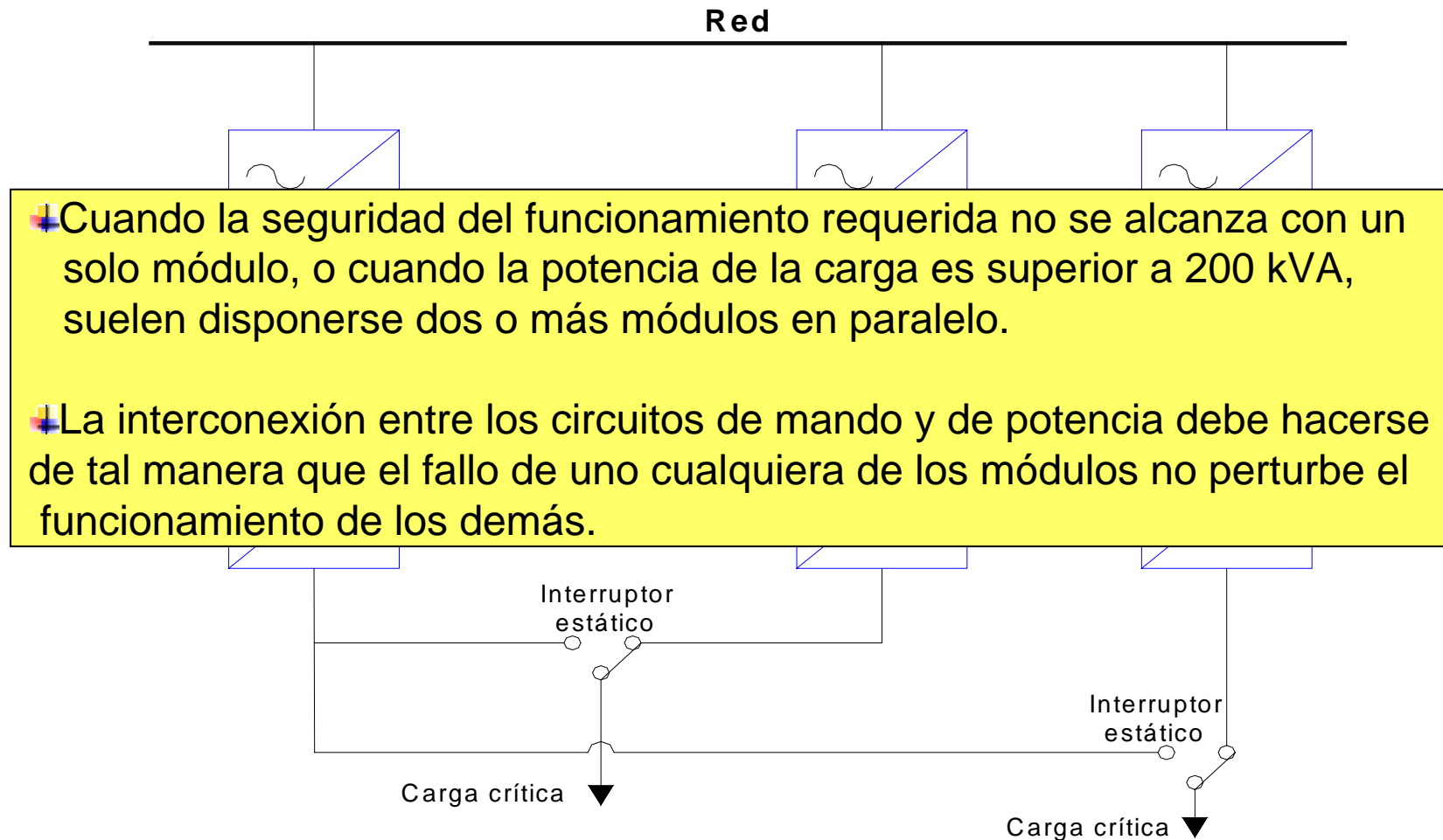
- Combinación con grupo electrógeno



- ✚ Si lo que se pretende con este montaje es únicamente salvar la falta de tensión hasta la puesta en marcha del grupo electrógeno, se puede emplear un SAI “off-line” reduciendo al mínimo necesario la capacidad de las baterías.

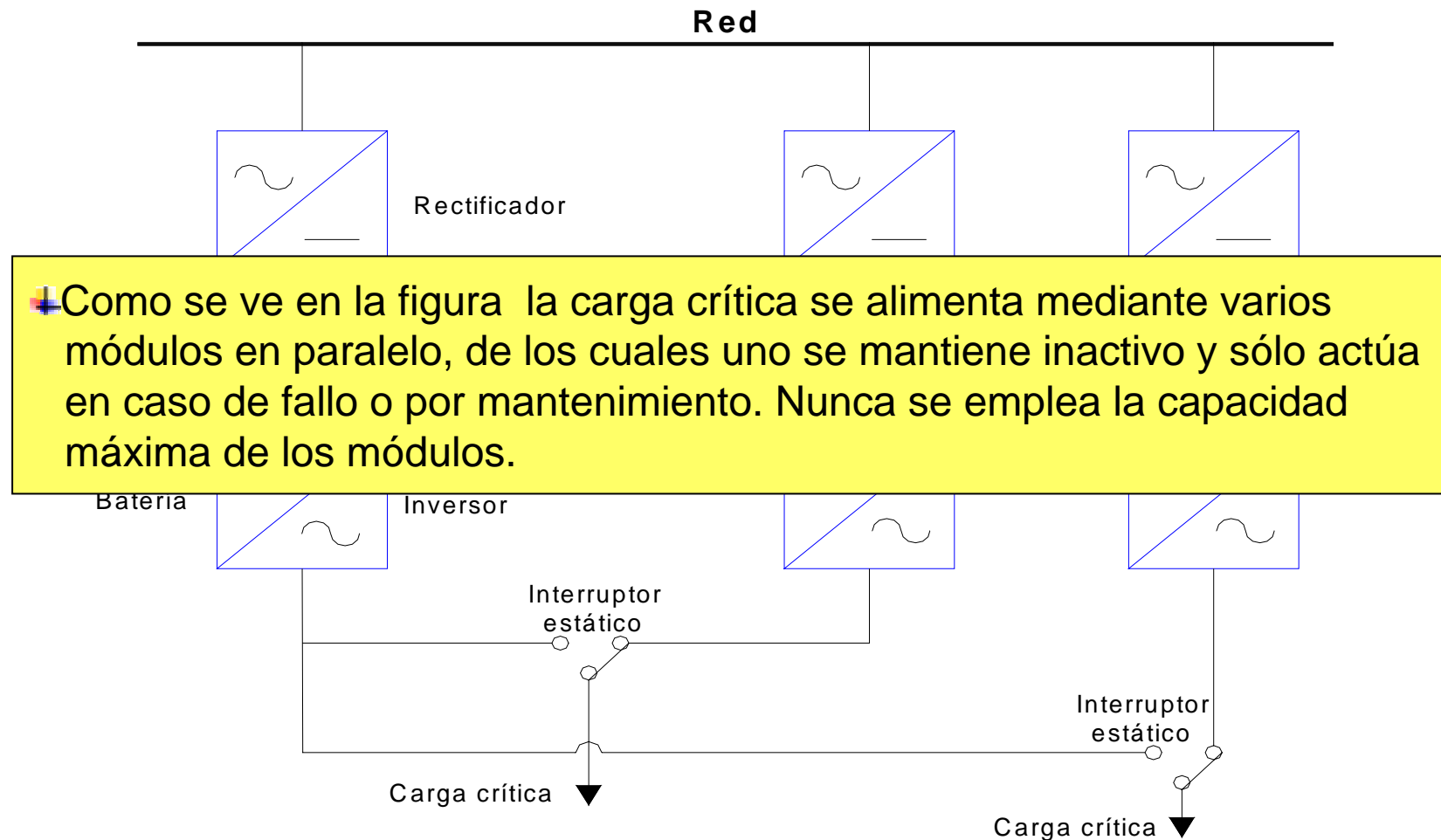
# Métodos de prevención y corrección

- Agrupación de módulos. Agrupación redundante aislada.



# Métodos de prevención y corrección

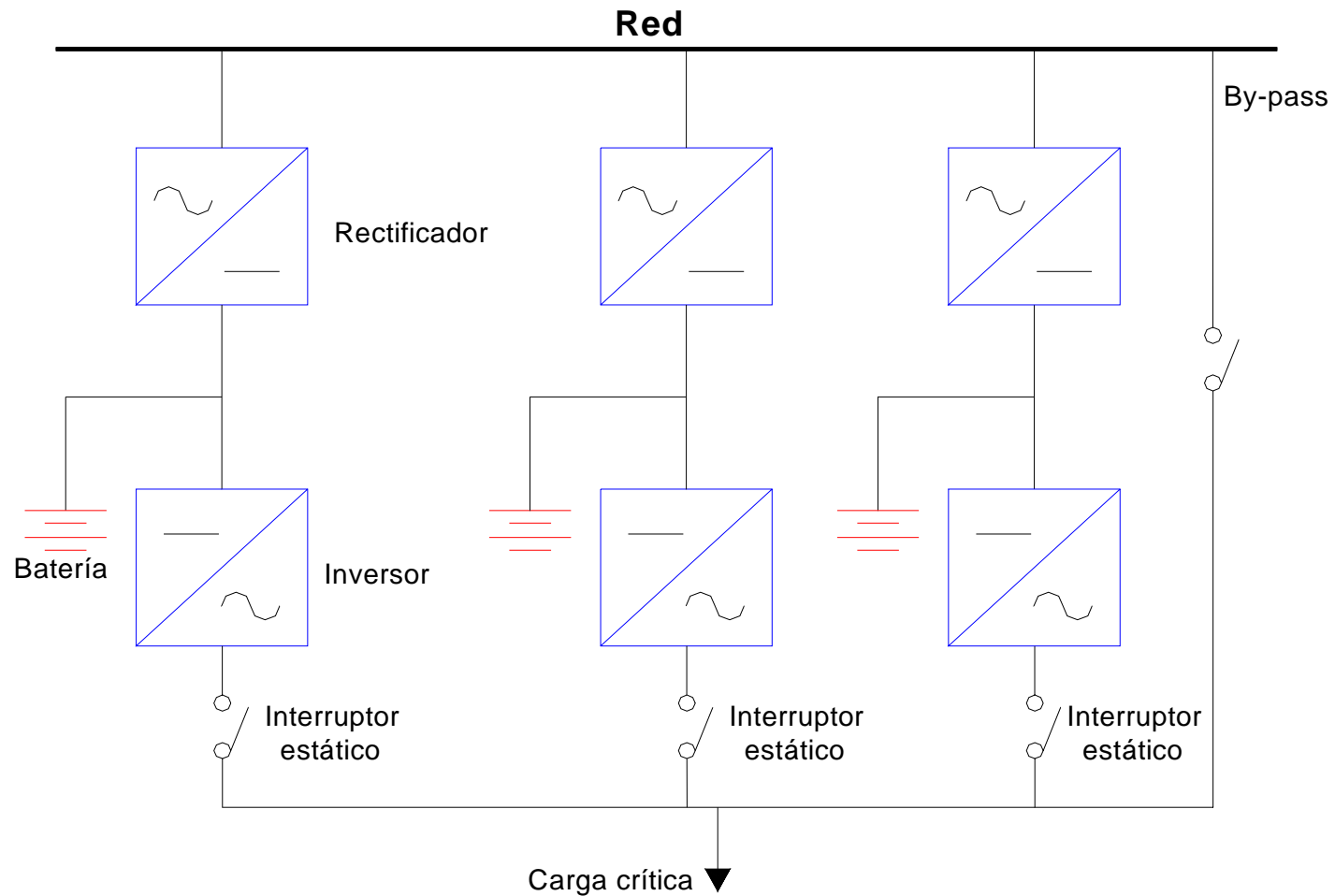
- Agrupación de módulos. Agrupación redundante aislada.





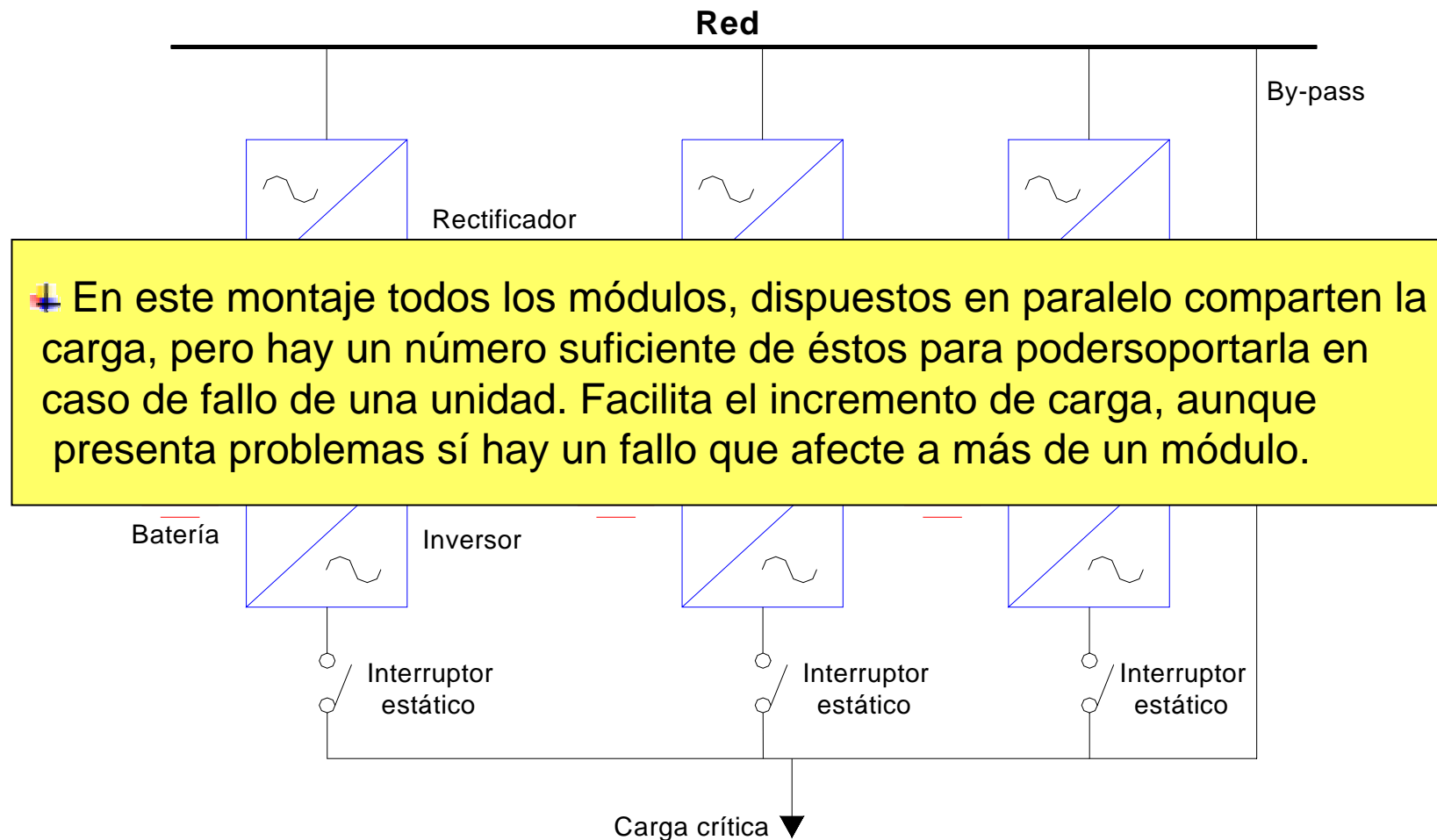
# Métodos de prevención y corrección

- Agrupación de módulos. Agrupación redundante paralela.



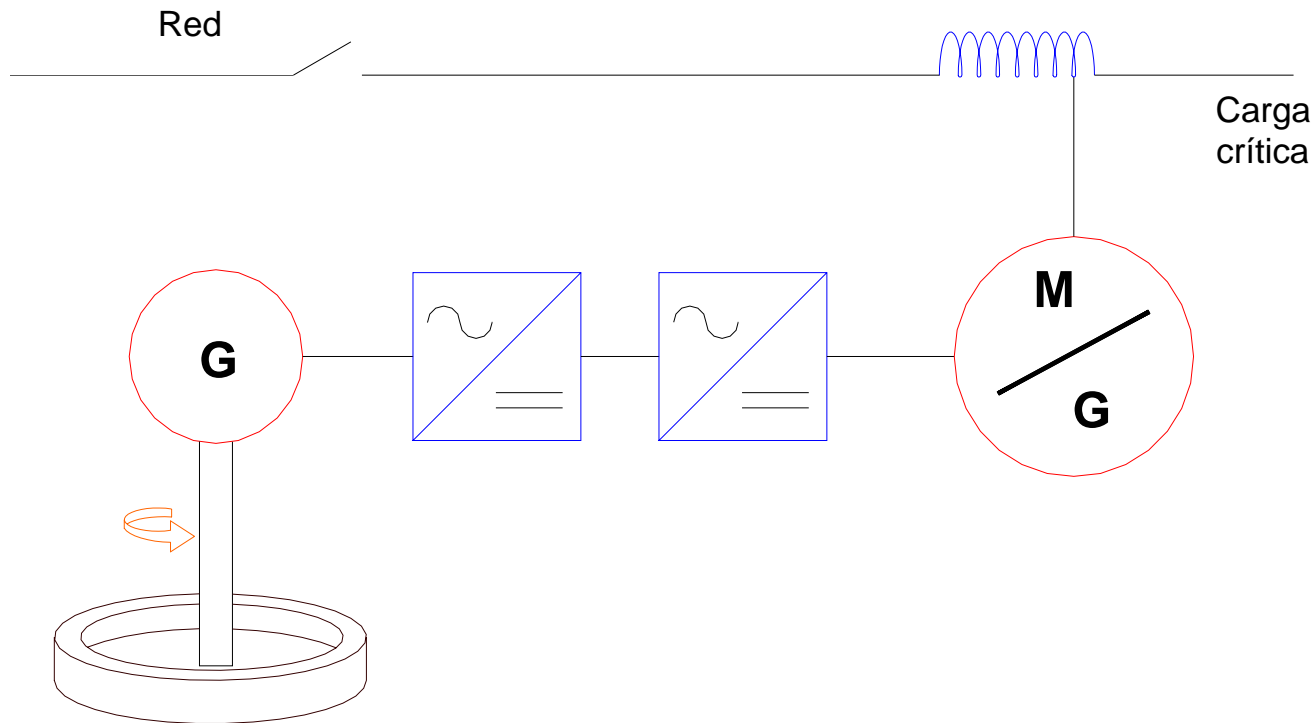
# Métodos de prevención y corrección

- Agrupación de módulos. Agrupación redundante paralela.



# Métodos de prevención y corrección

- Sistemas de alimentación ininterrumpida dinámicos.



- ✚ Frente a los sistemas tradicionales, estos equipos utilizan un sistema de almacenamiento de energía cinética en lugar de las clásicas baterías. Para ello emplean un volante de inercia movido por un motor, que en caso de falta de red actúa como generador arrastrado por el volante.

# Métodos de prevención y corrección

- Sistemas de alimentación ininterrumpida dinámicos.

- ✚ Se pueden encontrar dos tipologías, en función del tipo de almacenamiento utilizado:

- ✚ De alta velocidad y poca masa.

- ✚ *Son los de tecnología más moderna.*

- ✚ *Suelen tener una disposición vertical.*

- ✚ *Utilizan materiales de polímeros compuestos.*

- ✚ *Son más compactos.*

- ✚ *Emplean cojinetes magnéticos y bombas de vacío.*

- ✚ *Permiten obtener mayores potencias.*

- ✚ De baja velocidad y gran masa.

- ✚ *Tienen una configuración horizontal.*

- ✚ *El volante suele ser de acero y gira a menos revoluciones.*

- ✚ *Utilizan cojinetes mecánicos.*

- ✚ *Es la tecnología más clásica, con materiales más tradicionales y diseño más sencillo.*

# Métodos de prevención y corrección

- Sistemas de alimentación ininterrumpida dinámicos.

- ✚ **Las principales características de estos dispositivos son:**

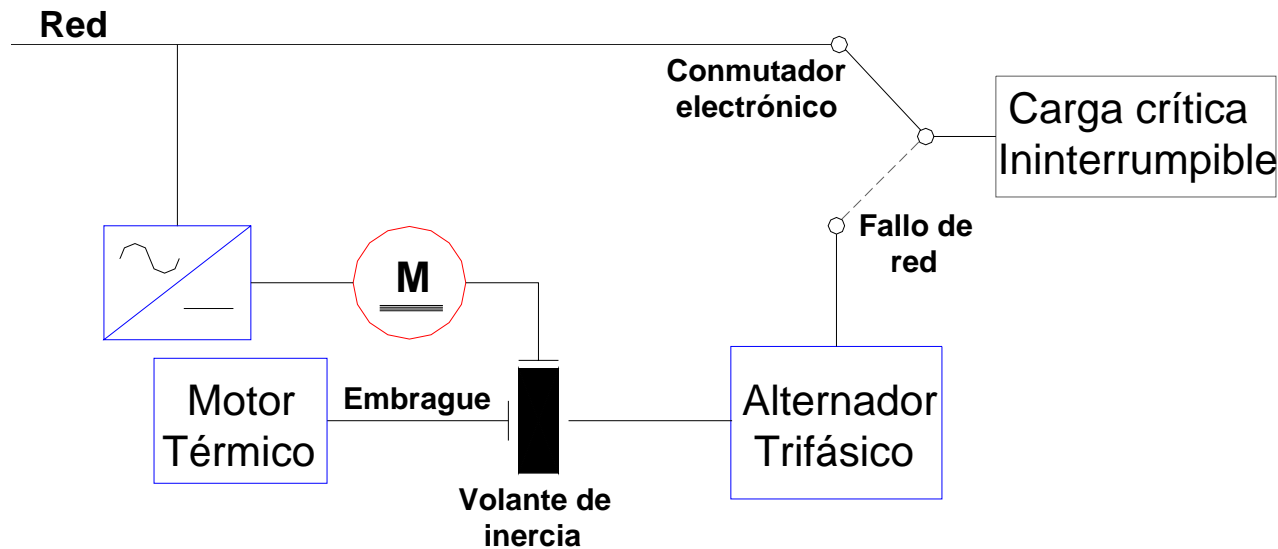
- ✚ Su funcionamiento es idéntico al de los SAIs estáticos, pero sólo son válidos para interrupciones de corta duración. La energía almacenada puede cubrir desde 10 a 15 segundos, con un 100% de su carga nominal y hasta 1 ó 2 minutos dependiendo de la carga.

- ✚ No obstante este tiempo supera la mayor parte de los incidentes de las redes eléctricas, y permite incluso el arranque de grupos electrógenos si la perturbación tiene una duración mayor.

- ✚ Eliminan los inconvenientes de las baterías: coste elevado de climatización, envejecimiento, dependencia de la temperatura, espacio ocupado y tiempo necesario para su carga.

# Métodos de prevención y corrección

- Grupo electrógeno.



✚ Es un grupo generador formado, básicamente, por un alternador, en general trifásico, y una máquina motriz que suele ser un motor de combustión interna.

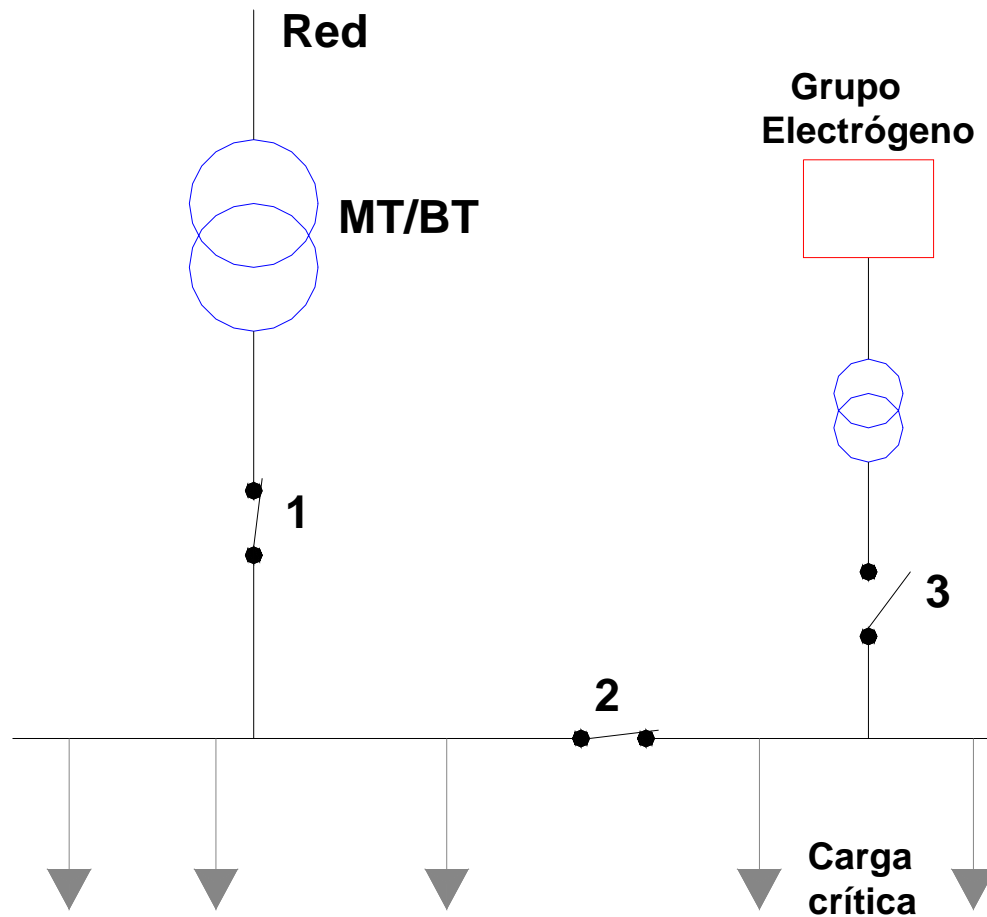
✚ **Dispone de dos controles importantes:**

✚ El regulador de velocidad que actúa sobre la alimentación del motor y controla, para cada potencia, la velocidad del generador síncrono y por consiguiente su frecuencia.

✚ El regulador de tensión que varía la corriente de campo del generador, permitiendo controlar la tensión de salida.

# Métodos de prevención y corrección

- Conexión del grupo electrógeno a barras de baja tensión



✚ La conexión del grupo a la carga, que debe alimentar, suele hacerse de forma automática en pocos segundos y responde, en esencia, al esquema de la figura. donde el interruptor general 1 y el de separación de barras 2 abren, a falta de tensión, y el interruptor 3 se cierra, seguidamente, conectando el grupo electrógeno.

# Métodos de prevención y corrección

- Grupo electrógeno.

- ✚ Tratándose de grupos electrógenos, con su alternador trabajando en una red aislada, es importante destacar los siguientes puntos:

- ✚ La frecuencia depende únicamente de la velocidad del motor primario que mueve la máquina síncrona.

- ✚ El factor de potencia del generador es el de la carga.

- ✚ La tensión de salida es función de:

- ✚ *La velocidad de giro.*

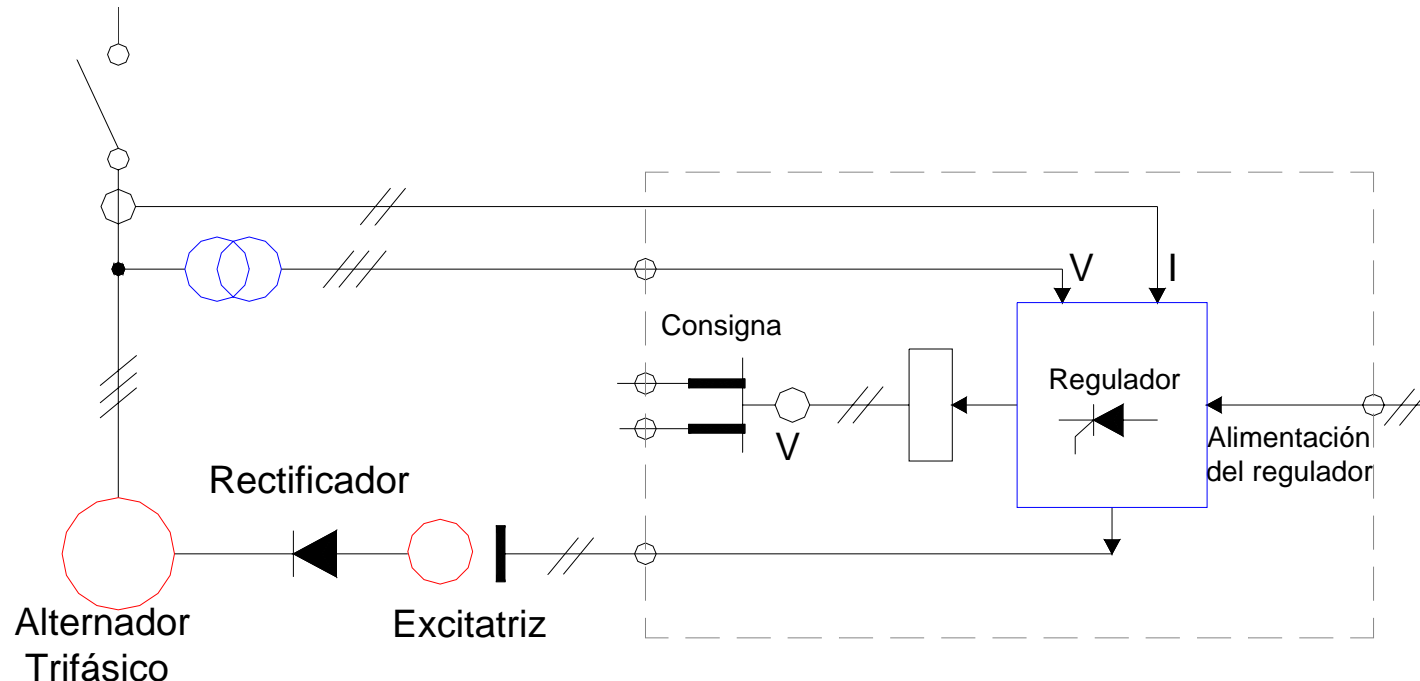
- ✚ *La corriente de excitación.*

- ✚ *El factor de potencia de la carga.*



# Métodos de prevención y corrección

- Grupo electrógeno con excitatriz.



✚ El inducido de la excitatriz, situado en el rotor y que puede tener un número arbitrario de fases, se conecta con el inductor del alternador a través de un rectificador estático, a diodos, situado en el propio eje, lo que evita la comunicación eléctrica con el estator a través de escobillas y anillos rozantes, con la comodidad, fiabilidad y seguridad que ello implica. A su vez, la excitatriz permite trabajar con una potencia de excitación menor.

# Métodos de prevención y corrección

- Grupo electrógeno con excitatriz.

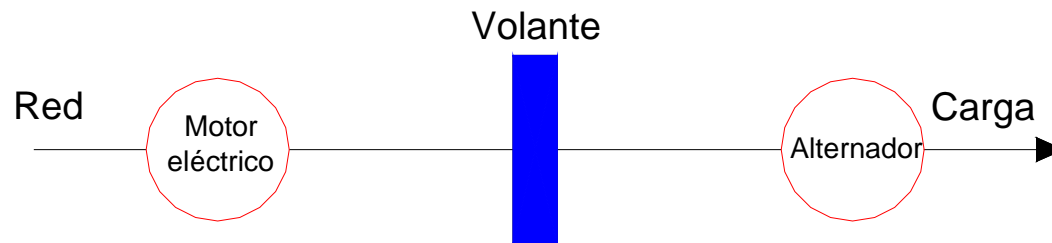
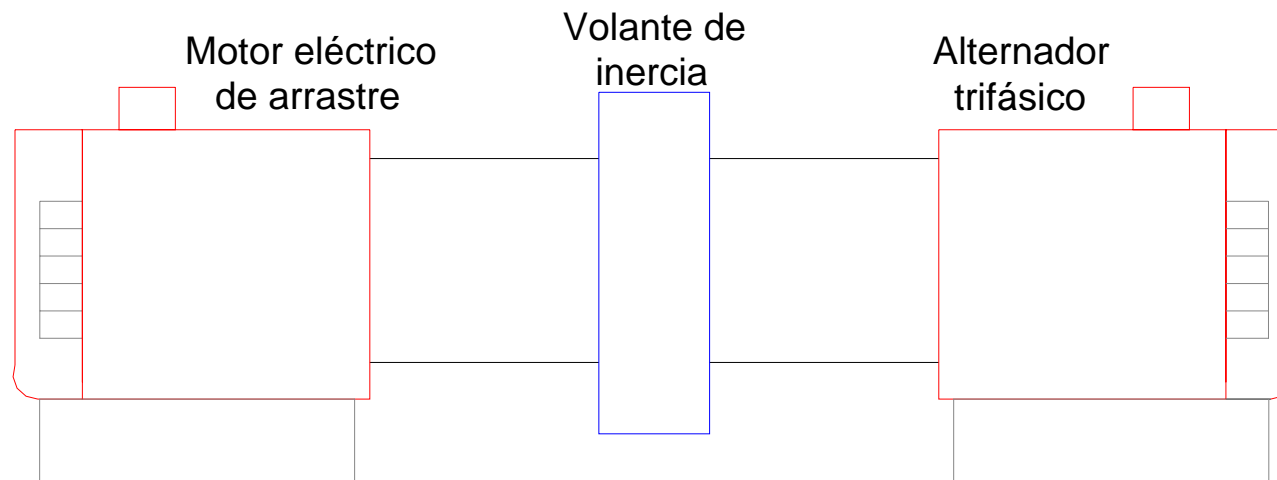
✚ De forma orientativa, puede decirse que, en equipos comerciales, las características eléctricas más usuales, de tensión y frecuencia, son:

✚ Capacidad de variar la consigna de tensión para disponer de tensiones de salida ajustables entre un  $\pm 5\%$  y un  $\pm 10\%$  del valor nominal, según fabricante.

✚ Ajuste de frecuencia, mediante el regulador del motor térmico, con una variación máxima de velocidad, entre  $-1\%$  en vacío y  $\pm 4\%$  a plena carga, en grupos pequeños o medianos. Para unidades de potencia superiores a 200 kVA esta regulación es electrónica, con una variación del  $\pm 1\%$ .

# Métodos de prevención y corrección

- Grupo motor-generator.



✚ El volante de inercia es esencial para que, en caso de huecos de tensión y cortes breves, su energía cinética asegure la continuidad estable del suministro durante algunos segundos.

# Métodos de prevención y corrección

## ● Grupo motor-generator. ● Características

- El aislamiento eléctrico del alternador con relación a la red proporciona un buen comportamiento frente a perturbaciones transitorias.
- Dependiendo de la inercia, inmuniza frente a huecos de tensión y cortes breves de hasta algunos segundos.
- Permite su utilización para potencias altas ( $> 1\text{MVA}$ ).
  
- **El alternador se sobredimensiona normalmente, entre el doble o el triple de la potencia del motor, para:**
  - *Cubrir las necesidades de potencia reactiva.*
  - *Permitir el arranque de motores.*
  - *Disminuir la deformación en la tensión provocada por corrientes armónicas.*
  - La corriente de cortocircuito se sitúa normalmente entre 5 y 15 In.
  - Tiene una probada fiabilidad.
  - Permite cambios de la frecuencia de alimentación de la carga.
  - Requiere mantenimiento mecánico.

# Métodos de prevención y corrección

- Estabilizadores de tensión

- Son equipos que se instalan, entre la carga a proteger y la red de alimentación, para mantener la tensión aguas abajo dentro de límites preestablecidos.

- Existen diferentes tipologías, siendo las más significativas las siguientes:

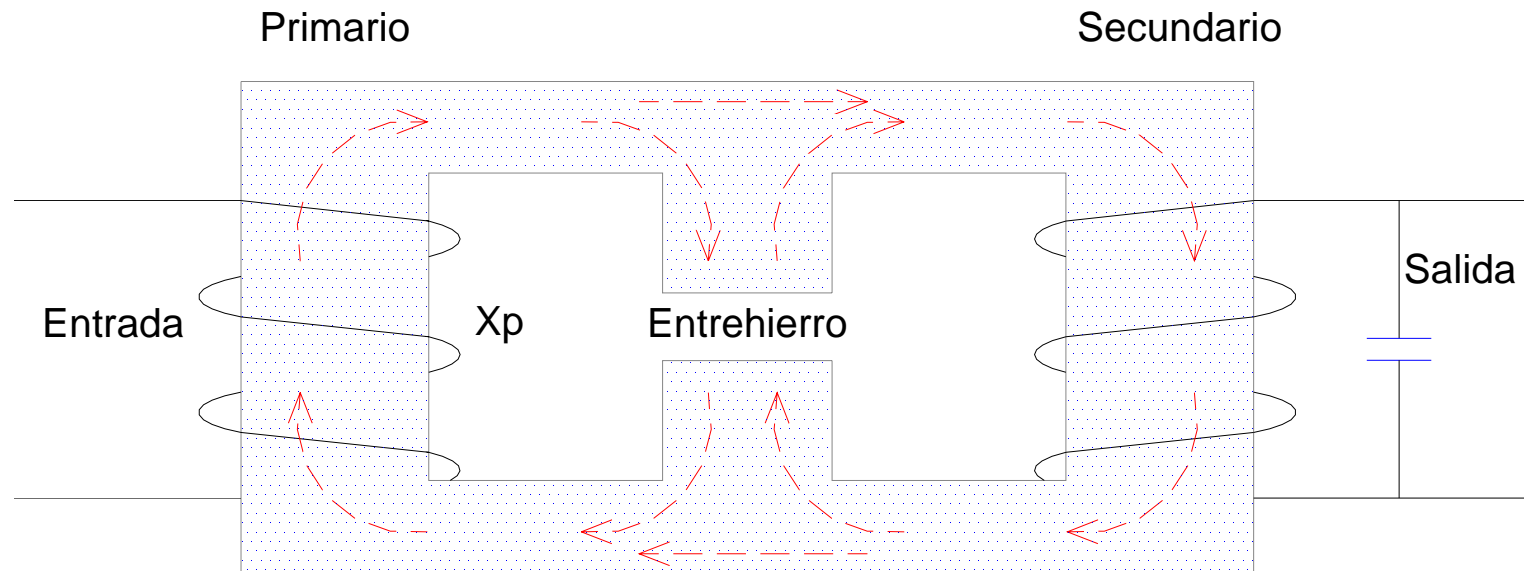
- *Estabilizadores ferorresonantes.*

- *Estabilizadores motorizados.*

- *Estabilizadores de tomas.*

# Métodos de prevención y corrección

- Estabilizadores ferrorresonantes



■ Son transformadores especiales, con relación de transformación unidad, diseñados para trabajar con el núcleo saturado. La tensión de salida es estable debido a la resonancia creada entre un condensador conectado a su arrollamiento secundario, en paralelo con la bobina formada por dicho secundario y arrollada sobre un núcleo saturado. Por ello una variación de intensidad a consecuencia de un cambio en la tensión del primario, del  $\pm 20\%$ , apenas modifica la secundario un  $\pm 3\%$ . Se denominan también CVT (“Constant Voltage Transformer”).

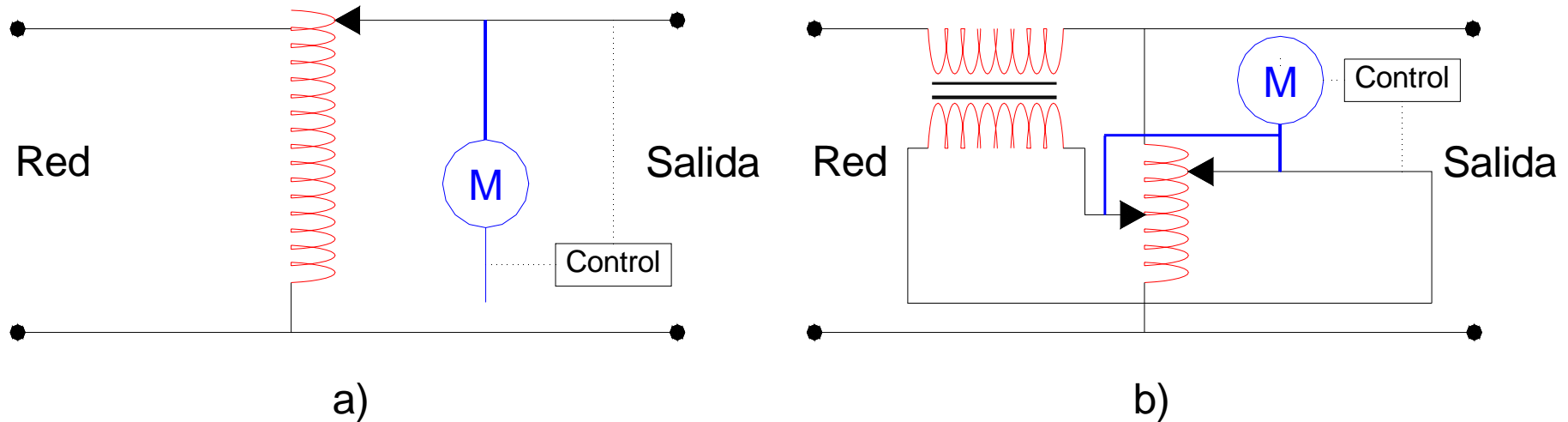
# Métodos de prevención y corrección

## ● Estabilizadores ferrorresonantes. Características

- Son equipos robustos y de cierto peso.
- Debido a su principio de funcionamiento la forma de onda de la tensión de salida está deformada, precisándose un filtro a la salida para aproximarla a una onda senoidal.
- Su rendimiento es bajo, del orden de un 70% para una potencia de unas 2 kVA, siendo la potencia reactiva del orden de 2,5 veces la nominal.
- El empleo de este equipo es aconsejable para cargas constantes y de pequeña potencia debido a su rápida respuesta ( $= 30 \text{ ms}$ ), su aislamiento galvánico y su gran fiabilidad.
- Se aconseja seleccionar un transformador ferrorresonante, con una potencia 4 veces superior a la potencia de la carga, de ahí que sea raro su empleo para potencias superiores a 10 kVA.
- Es conveniente realizar un estudio previo, si se emplea con cargas capacitivas, ya que podría cambiar su resonancia.

# Métodos de prevención y corrección

- Estabilizadores motorizados



■ Son autotransformadores con devanado de una capa en los que la tensión de salida depende de la posición de una escobilla motorizada que se desliza sobre el secundario. Un circuito de control posiciona dicha escobilla para mantener en todo momento la tensión de salida en un valor prefijado  $\pm 2\%$ .



# Métodos de prevención y corrección

- Estabilizadores motorizados

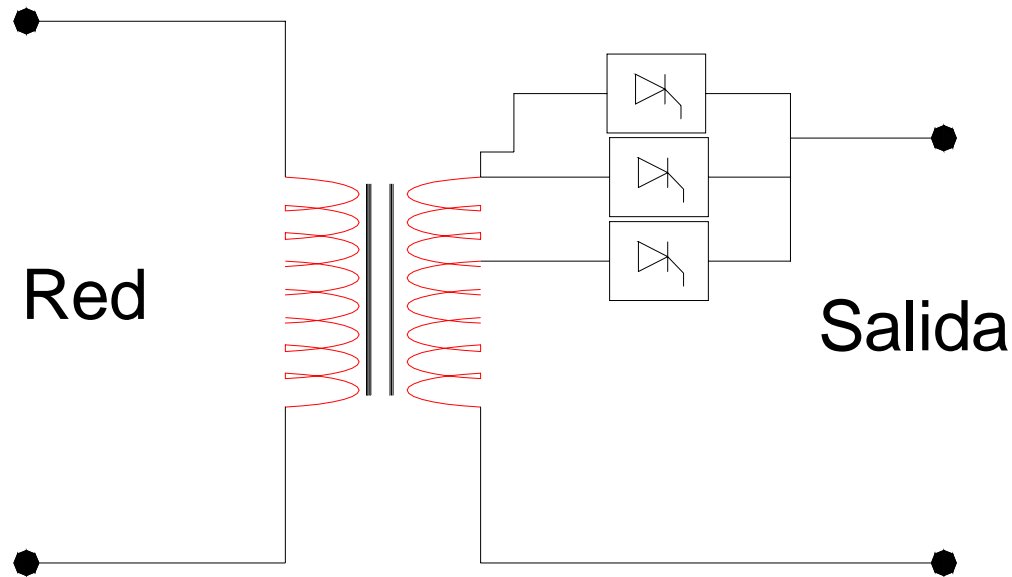
- Dado que el tiempo de respuesta es del orden de 1 segundo, poseen bastante estabilidad dinámica, la regulación de la tensión de salida se puede realizar de forma conjunta en las tres fases o bien por fase para tres cargas diferentes.

- A efectos prácticos se pueden considerar como de regulación continua. Además son equipos que pueden soportar sobrecargas muy elevadas (intensidad de cortocircuito  $> 20 I_n$ ), limitadas solamente por el posible deterioro del devanado y de las escobillas.

- Actualmente se emplean principalmente en equipos trifásicos de más de 500 kVA, incorporando un transformador compensador que reduce la intensidad a manejar por las escobillas.

# Métodos de prevención y corrección

- Estabilizadores de tomas



- Son equipos que están constituidos por un transformador o autotransformador en el que la toma de salida se selecciona por la actuación de interruptores estáticos.
- Dependiendo de la tensión de entrada y de la carga, el circuito de control selecciona la toma apropiada para asegurar la tensión de salida prevista  $\pm 2,5\%$ .

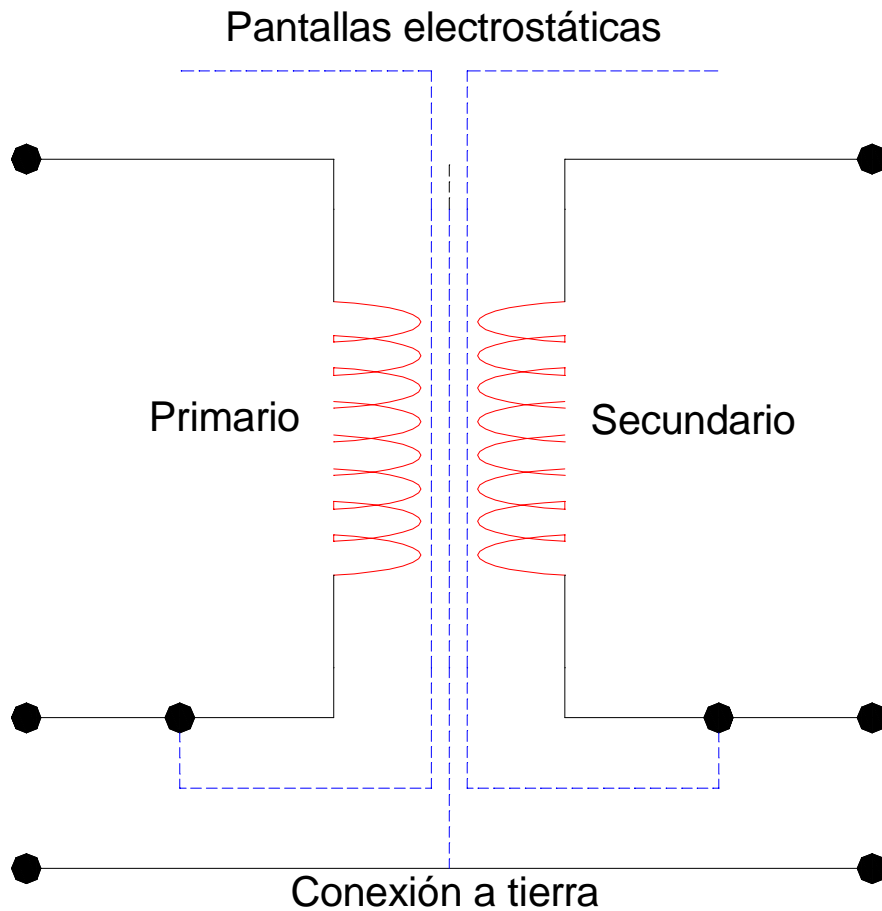
# Métodos de prevención y corrección

## ● Estabilizadores de tomas

- Las tomas pueden estar en el secundario o en el primario, presentando ambas soluciones ventajas e inconvenientes. Desde el punto de vista de la protección frente a ruidos, es más aconsejable disponerlas en el secundario.
- Su tiempo de respuesta es del orden de 100 ms; pueden aparecer saltos bruscos en la tensión de salida ( de unos 10 V para un equipo de  $220\text{ V} \pm 2,5\%$ ), cuando se cambia de una toma a otra.
- Los transitorios que se originan pueden ser perjudiciales para el proceso de fabricación que se desarrolle, debiendo emplear, en su caso, otro tipo de estabilizadores o bien instalar filtros.
- Su buena relación calidad - precio los hace recomendables para potencias medias y bajas (0,5 a 150 kVA).
- El principal problema de este tipo de equipos es la corriente de cortocircuito que se puede establecer entre los semiconductores.

# Métodos de prevención y corrección

- Transformadores de ultraaislamiento



■ Se suelen denominar transformadores de ultraaislamiento a aquellos cuya misión es aislar las cargas sensibles de las perturbaciones de alta frecuencia presentes en la red eléctrica; por ello suelen tener una relación de transformación unidad.