

## AHORRO CON SISTEMA GESINNE

### 1. Descripción del sistema

El sistema GESINNE es un **regulador inteligente de tensión** que consigue estabilizar el voltaje de suministro a una carga eléctrica en el valor óptimo que minimiza el consumo eléctrico de la instalación. Tanto la regulación óptima de la tensión de suministro como el **equilibrado entre fases** conseguido mediante el control independiente de cada una de ellas obtienen entre otras ventajas importantes, un **ahorro energético** significativo.

### 2. Suministro de la red eléctrica

En la red de distribución eléctrica nacional actual coexisten mayoritariamente **dos sistemas diferentes de tensiones**, denominadas B2 y B3. El RD1955/2000 estipula que el sistema B2 distribuye a 220 V de tensión nominal, mientras que el sistema B3 distribuye a 230 V de tensión nominal, permitiéndoles a ambos sistemas una **tolerancia del  $\pm 7\%$** . Esto quiere decir que en la red nacional podemos encontrarnos niveles de tensión en un rango de entre 204,6 V y 246,1 V y en ocasiones valores fuera de este intervalo. Además cada una de las tres fases puede moverse de forma independiente por dichos rangos, **produciéndose en ocasiones importantes desequilibrios** variables en el tiempo en función de la situación de la red eléctrica.

Por otro lado los receptores se diseñan habitualmente con grandes tolerancias, superiores al 10%, para permitir su correcto funcionamiento independientemente del tipo y las condiciones de la red a la que estén conectados, de modo que **en general pueden funcionar a las tensiones más bajas produciendo el mismo trabajo y además consumiendo una menor potencia**.

### 3. Factores de ahorro

El sistema Gesinne es un estabilizador inteligente de tensiones que reduce a un valor igual el voltaje de todas las fases. Tanto la reducción de la tensión como el equilibrado de fases derivado del control independiente de cada una suponen en última instancia un ahorro energético. Los principales **motivos por los que se produce este ahorro** son los siguientes:

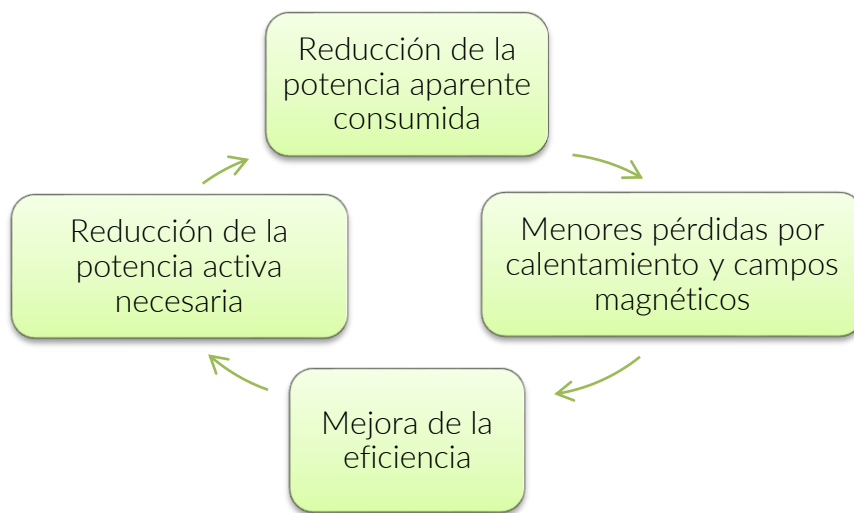
#### - Reducción de la tensión:

- Funcionamiento de los equipos en el **valor óptimo de la tensión de trabajo**, que supone una mejora en la **eficiencia** y un ahorro en energía activa. De este modo en muchos equipos es posible realizar el mismo trabajo efectivo de salida consumiendo menos potencia eléctrica, y aumentando por tanto su **rendimiento**.
- **Reducción del consumo de reactiva:** supone una disminución de la potencia aparente, que repercute positivamente en la eficiencia.

- **Instalación sobredimensionada:** reducción de la energía consumida en instalaciones donde:
  - El trabajo efectivo obtenido es mayor del necesario.
  - El trabajo efectivo se obtiene en un tiempo menor de lo necesario.
- **Reducción del desequilibrio:** mejora en el rendimiento de los receptores trifásicos al conseguir un mismo voltaje en las tres fases en todo momento.
- **Reducción de la variabilidad:** una fluctuación de más de un 5% en la tensión en un motor supone un importante impacto en el **aumento de la temperatura**, y por tanto en las pérdidas que eso conlleva.

Todas las mejoras anteriores suponen un **descenso de la potencia aparente** (y consecuentemente en la intensidad), ya sea reduciendo la potencia activa o la reactiva, y esto supone un ahorro extra en energía activa debido a una mejora adicional en la eficiencia, provocada por:

- Descenso de las **pérdidas por calentamiento** (efecto Joule), que son proporcionales a la potencia aparente.
- Pérdidas debidas a la aparición de **campos magnéticos** perjudiciales, también proporcionales a la potencia aparente.



### 3.1. Pérdidas

#### 3.1.1. Pérdidas por efecto Joule.

Las pérdidas por **calentamiento** son una razón importantísima por la que se produce un descenso en la **eficiencia de los equipos**, así como **pérdidas en los cables**, y nunca podrán eliminarse por completo. La reducción de la tensión produce un **descenso en la potencia aparente**, que puede traducirse en un ahorro de energía activa y reactiva. En muchas ocasiones disminuye la intensidad con lo que se reducen las pérdidas por efecto Joule.

#### 3.1.2. Campos magnéticos.

En algunos receptores se crean campos magnéticos no deseados, y su variación puede originar **efectos perjudiciales**, como las **pérdidas de energía** debidas a las corrientes de Foucault que se disipan en forma de calor o las pérdidas por histéresis de magnetización-desmagnetización. Al igual que en el caso de las pérdidas por calentamiento, un descenso en la potencia aparente reduce la importancia de estos efectos.

## 4. Factores de ahorro por tipo de carga

### 4.1. Cargas monofásicas

#### 4.1.1. Cargas resistivas puras

Se trata del caso más sencillo de estudiar, ya que es un tipo de carga lineal e invariante en el tiempo. No obstante hay gran número de cargas reales que responden a este tipo: iluminación incandescente, hornos eléctricos, calefacciones eléctricas, cableado de instalaciones en baja tensión, etc.

La **potencia eléctrica suministrada** a una carga monofásica lineal viene dada por la expresión:

$$P = U \cdot I \cdot \cos(\phi) \quad (1)$$

donde:

- **P**: representa la potencia eléctrica consumida en la carga
- **U**: representa la tensión eficaz aplicada a la carga
- **I**: la corriente eficaz aplicada a la carga y
- **cos(φ)**: es el factor de potencia.

Tratándose de una carga resistiva pura el desfase entre las ondas de tensión y corriente es 0°, con lo que el factor de potencia es igual a 1 y la expresión de la potencia se simplifica:

$$P = U \cdot I \quad (2)$$

Por su parte, la corriente eficaz en una carga resistiva viene dada por la expresión:

$$I = \frac{U}{R} \quad (3)$$

donde:

- $R$ : representa la resistencia de la carga estudiada

De esta forma la expresión de la potencia se puede escribir:

$$P = \frac{U^2}{R} \quad (4)$$

En esta expresión la potencia depende únicamente de la tensión de suministro ya que la resistencia de la carga es una propiedad física que permanece constante<sup>1</sup>.

Particularizando para valores nominales se obtiene:

$$P_n = \frac{U_n^2}{R} \quad (5)$$

En la práctica **el suministro eléctrico no se realiza nunca a tensión nominal**; por el contrario es muy frecuente encontrar tensiones superiores a las nominales, especialmente en aquellos momentos del día en que hay poco consumo y en consumidores conectados cerca de las cabeceras de las líneas de distribución

Si la tensión que realmente se aplica a la carga es superior a la nominal:

$$U = U_n + \Delta U \quad (6)$$

La potencia que realmente consume la carga será:

$$P = \frac{(U_n + \Delta U)^2}{R} = \frac{U_n^2}{R} + \frac{(\Delta U^2 + 2 \cdot U \cdot \Delta U)}{R} \quad (7)$$

Siendo la segunda parte de esta expresión potencia malgastada que la carga consume por encima de su valor nominal. La figura siguiente recoge los valores porcentuales de potencia malgastada para distintos incrementos de tensión sobre el valor nominal.

---

1 En este caso de estudio se asume que la temperatura de la carga es constante.

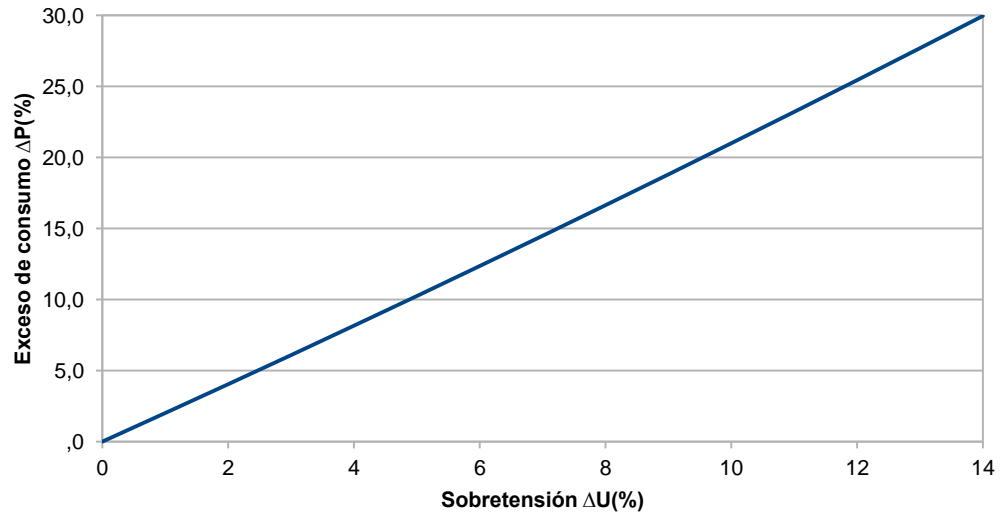


Figura 1: Exceso de consumo en una carga resistiva en función de la sobretensión aplicada

#### 4.1.2. Cargas no lineales

En esta categoría se encuentran todos los demás tipos de iluminación del mercado, desde los tubos fluorescentes clásicos hasta las modernas lámparas de LED, pasando por las lámparas de descarga y las lámparas fluorescentes clásicas.

Dada la naturaleza no lineal de las lámparas y la complejidad de los sistemas electrónicos de alimentación, no resulta posible obtener una expresión general del consumo en función de la tensión aplicada tal y como se ha hecho en el punto anterior para las cargas resistivas. No obstante, se ha realizado numerosos ensayos sobre una gran variedad de sistemas de iluminación que arrojan resultados muy interesantes. En la tabla documento se recogen los obtenidos por la Universidad de Sheffield en 2012<sup>2</sup>.

Se puede concluir que el mayor potencial de ahorro se consigue con las lámparas fluorescentes, tanto en los tubos tradicionales como en los modelos compactos más modernos. Pero es interesante notar que incluso con las lámparas LED, que en teoría son de potencia constante, se ha registrado un pequeño ahorro.

2 “Voltage optimisation and lighting technology”. Martin Braun, University of Sheffield. 2012 Postgraduate symposium on household energy consumption, technology and efficiency.

Tipo de lámpara	Ahorro obtenido con $\Delta U=10\%$
Fluorescente con balasto inductivo	25%
Fluorescente compacta 21W	18%
Fluorescente compacta 20W	20%
Fluorescente compacta 18W	19%
LED 22W	1%
Haluro metálico con balasto inductivo	18%

*Tabla 1: Resultados empíricos para varios tipos de iluminación.*

## 4.2. Cargas trifásicas

Los motores de inducción trifásicos son la principal carga del sistema eléctrico, representando aproximadamente el 30% del consumo global de energía en todo el mundo. Los motores de inducción se emplean en la mayor parte de equipos industriales, desde sistemas de refrigeración a bombas hidráulicas pasando por cintas transportadoras y compresores. Aunque los motores de inducción modernos son máquinas muy eficientes con rendimiento energético del orden del 95%, esto no implica que no haya margen para la mejora de la eficiencia.

Los efectos de las sobretensiones sobre un motor de inducción son bien conocidos: saturación del núcleo magnético, pérdidas por corrientes de circulación e incremento de las pérdidas por histéresis.

Por otra parte, la alta eficiencia de los motores de inducción se consigue únicamente en condiciones de carga nominales. Para motores que funcionan por debajo de su carga mecánica nominal se pueden conseguir ahorros en consumo de hasta un 20% reduciendo la tensión a la que operan<sup>3</sup>.

## 5. Reducción del desequilibrio

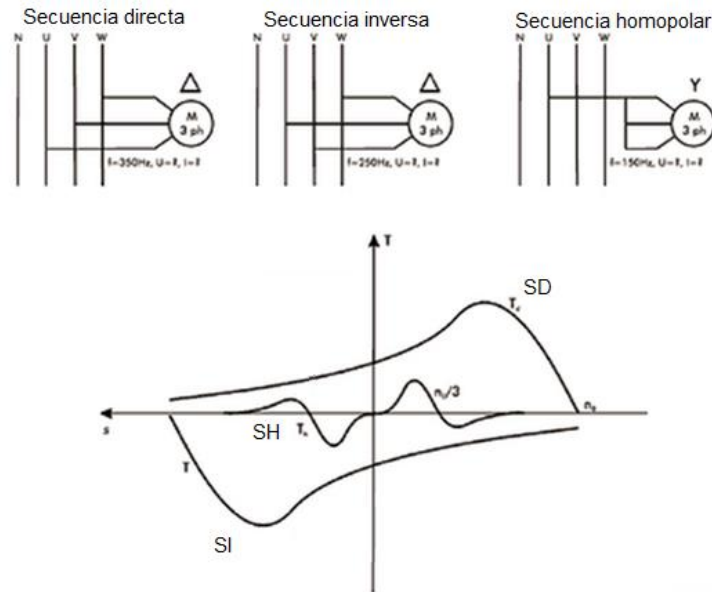
El desequilibrio en la tensión de alimentación es aún más dañino ya que introduce una componente de secuencia negativa, que actúa contra el sentido de giro y tiende a hacer frenar el motor.

Esto se justifica mediante el Teorema de Fortescué, según el cual un conjunto de tensiones desequilibradas se puede modelizar como tres conjuntos diferentes: secuencia directa (que

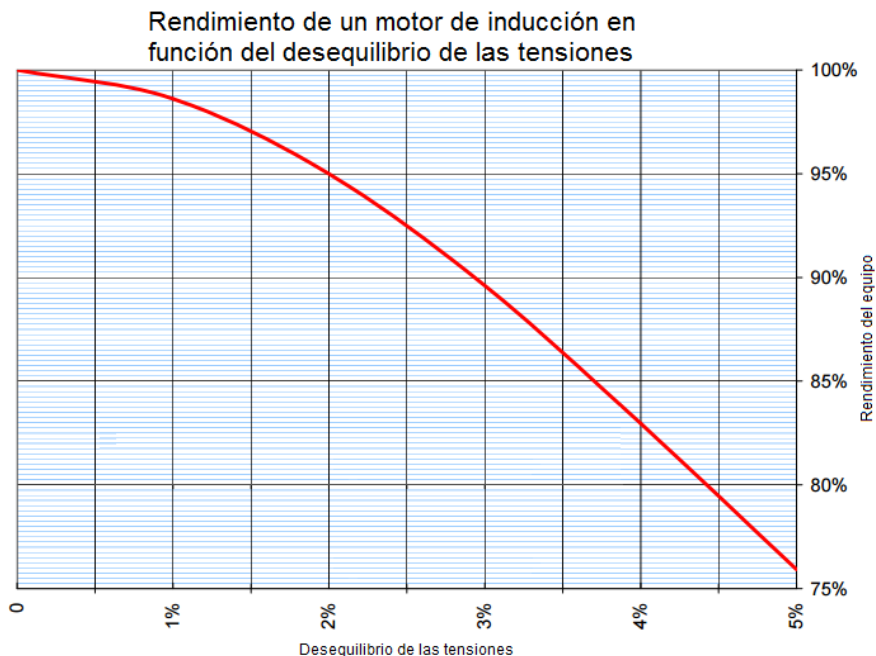
---

<sup>3</sup> “Power savings obtained from supply voltage variation on squirrel cage induction motors”. Pitis, C.D.; Power Smart Eng., BC Hydro, Burnaby, BC; Zeller, M.W. Electric Power Conference, 2008. EPEC 2008. IEEE Canada.

hace girar al motor en el sentido adecuado de giro), secuencia inversa (que crea un par resistente y por tanto genera calentamientos y sobreesfuerzos) y secuencia homopolar (que genera pulsaciones e inestabilidades).



En la práctica esto se traduce en mayores pérdidas en el cobre, tanto del estator como del rotor y como consecuencia en un incremento en la temperatura de operación del motor.



## 6. Reducción de la variabilidad

Al igual que el desequilibrio, una gran variabilidad de la tensión también tiene efectos negativos en los receptores. Por ejemplo, en caso de motores, el impacto en el aumento de la temperatura provocado por la fluctuación del voltaje y la frecuencia se define en la norma IEC

60034-1. El estándar define dos zonas. La zona A es aquella en la que la desviación de la tensión y de la frecuencia se encuentra dentro de los límites recomendados. En el caso de la tensión la desviación debe ser inferior al 5%. Los motores están diseñados para ser capaces de trabajar en la zona B (con una desviación de tensión mayor), pero no deberían hacerlo de forma habitual.

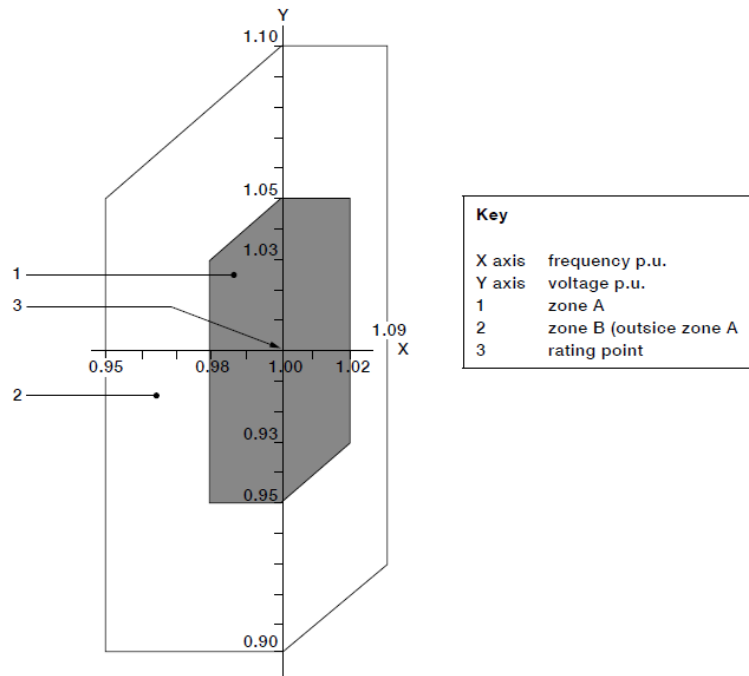


Figura 2.- Zona recomendada de funcionamiento de un motor según norma IEC 60034-1. (Fuente: ABB)

## 7. Instalación sobredimensionada

Una de las mayores causas de desperdicio de energía en una instalación es el **uso de equipos sobredimensionados**. Incluso en instalaciones bien ajustadas se puede dar la situación de estar obteniendo un trabajo efectivo algo mayor del necesario.

En muchos casos una reducción de la tensión no provoca una subida de la corriente (si trabajan los receptores en ciclo abierto). Es en estos casos donde una **reducción de la tensión** puede significar un **ahorro en energía, adicional** a los anteriores comentados. Al bajar la tensión, sin aumentar la corriente, se hace menor la potencia aparente consumida. Una parte de esta potencia es reactiva, y por tanto innecesaria, y otra parte activa. Al reducir de esta manera la potencia activa se hace lo propio con el trabajo efectivo (sin tener en cuenta los ahorros por mejora en la eficiencia). Sin embargo, muchas veces, reducir el **trabajo efectivo** conseguido no es un problema (por estar la instalación algo sobredimensionada, y no suponer esto un descenso de la productividad) y el ahorro en energía que conlleva es deseable.

Otra situación de instalación sobredimensionada es aquella en la que es **necesario obtener un determinado trabajo efectivo, pero no es crítico el tiempo invertido para conseguirlo**. En estos casos, se puede reducir el trabajo efectivo reduciendo la potencia consumida y compensarlo



con un mayor tiempo de funcionamiento. De esta forma, la energía consumida al final será menor, debido a las mejoras en la eficiencia de los equipos que conlleva el funcionar con una potencia más baja.

## 8. Efectos agregados

Otra consideración a tener en cuenta es que **en instalaciones con multicargas**, el ahorro en unos sistemas puede influir positivamente en el resto de las cargas con las que convive. Así, todo el exceso de energía que introduzcamos en nuestra instalación debe ser asumido por otros sistemas.

El ejemplo más claro es el del sistema de climatización que pueda existir en una oficina. Al generar un ahorro energético será menor la disipación de calor de los equipos y por tanto el sistema de climatización tendrá unas solicitudes de evacuación de calor menores.

## 9. Factores externos

Una consideración esencial que es preciso resaltar es el hecho de que los ahorros conseguidos no sólo dependen del equipo Gesinne y del tipo de carga sobre la que actúe. Hay otras variables que tienen tanto peso como estas, y son por ejemplo la **calidad del suministro eléctrico** y el **diseño de la instalación**.

- **Calidad del suministro eléctrico:** el sistema Gesinne mejora la calidad del suministro que ofrece la red, consiguiendo con esto mejorar las condiciones en las que los equipos trabajan y mejorando su rendimiento. Sin embargo, **ésta mejora es dependiente de la calidad de la propia red, se mejorará en mayor medida si ésta es más deficiente**, y viceversa. De la misma forma cuanto mayores sean las tensiones de red, mayor será el margen para bajar la tensión y por tanto el posible ahorro.

- **Diseño del proceso productivo:** en una instalación muy eficiente y con un diseño totalmente ajustado a sus necesidades, el margen para mejorar la eficiencia es muy pequeño. En este caso podría no existir ni la posibilidad de poder permitirse un trabajo efectivo algo menor, ni la de mejorar apenas la eficiencia de los equipos. Por el contrario, en una **instalación menos eficiente las posibilidades son mayores y los ahorros más claros**.

Estas mejoras, por tanto, suponen un ahorro económico, pero su valor depende de factores externos al equipo Gesinne y al tipo de receptores presentes. Depende de la calidad del suministro y de lo ajustado del diseño de la instalación.

Departamento técnico de Gesinne.