



**International Copper  
Association Mexico**  
Copper Alliance

**Webinar:**  
**EFICIENCIA EN EL EQUIPO ELÉCTRICO**  
**Ahorro económico y sustentabilidad**

**Mtro. Enrique Balan Romero**  
**Octubre de 2018**

**Resumen Ejecutivo**

**Webinar en colaboración con:**  
**Conuee**

## Hoja de control de emisión de documento

|                              |   |
|------------------------------|---|
| <b>Título del documento:</b> | Generación, Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica |
| <b>Publicación número:</b>   | 002, 2018   |
| <b>Edición:</b>              | 01  |
| <b>Fecha de publicación:</b> | Octubre de 2018   |
| <b>Autor(es):</b>            | Mtro. Enrique Balan Romero                                  |
| <b>Revisor(es):</b>          | Mtro. Enrique Balan Romero                                  |

## Historia del documento

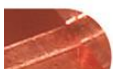
| EDICIÓN | FECHA           | PROPÓSITO          |
|---------|-----------------|--------------------|
| 01      | Octubre de 2018 | Documento inicial. |
|         |                 |                    |
|         |                 |                    |
|         |                 |                    |

## Exención de responsabilidad

A pesar de que esta publicación se ha realizado con mucho cuidado, ICA-Procobre México y otros contribuidores no brindan ninguna garantía con respecto al contenido y no se harán responsables de ningún daño directo, incidental o consecuente que pueda resultar del uso de la información o datos aquí contenidos.

## Copyright© Procobre Centro Mexicano de Promoción del Cobre, A.C.

La reproducción de este documento está autorizada siempre y cuando el material esté íntegro y se incluya la fuente del que proviene.



# EFICIENCIA EN EL EQUIPO ELÉCTRICO

## AHORRO ECONÓMICO Y SUSTENTABILIDAD

La energía eléctrica es un insumo básico de la sociedad, es utilizada en la mayoría de los procesos productivos, educación, entretenimiento, salud, entre otras actividades humanas.



Iluminación



Producción



Informática

La instalación eléctrica es el medio por el que se provee energía a dispositivos y aparatos eléctricos, es un conjunto de *elementos* que permite transportar, distribuir y dar uso a la energía eléctrica, sus características esperadas son: **Segura y Eficiencia**.

La contaminación atmosférica por actividades humanas (generación de energía eléctrica por combustibles fósiles) ha alcanzado niveles preocupantes. Un contaminante el CO<sub>2</sub>, es una causa del calentamiento global, cuyo efecto se observa en el incremento del número y magnitud de algunos fenómenos atmosféricos como las sequías y los ciclones. La energía eléctrica se genera en centrales eléctricas donde se transforma alguna clase de energía, como: química, mecánica, térmica, luminosa o nuclear, en energía eléctrica. Algunos procesos de generación contaminan, queman combustible fósil, deterioran el medio ambiente.

| Central eléctrica  | Fuente primaria       | Renovable                     |
|--------------------|-----------------------|-------------------------------|
| Termoeléctrica     | Carbón, Petróleo, Gas | <b>No</b> , Combustible Fósil |
| Hidroeléctrica     | Flujo Hídrico         | } <b>Si</b> , Naturales       |
| Eólica             | Viento                |                               |
| Solar Fotovoltaica | Luz solar             |                               |

Combustibles fósiles, energía nuclear:

- Alta generación de desechos y contaminación ambiental.
- Subordinado a la búsqueda, adquisición y transporte de combustibles.

Energías renovables:

- Elevados costos iniciales.
- Elevado tiempo de retorno de la inversión.
- Dependiente del clima.

A mayor demanda de energía eléctrica mayor quema<sup>1</sup> de combustibles fósiles, generan residuos que contaminan, afectan la calidad del aire, pueden producir daño a los seres vivos en su zona de influencia y propician Calentamiento Global. Es necesario disminuir el consumo de energía eléctrica

<sup>1</sup> Cuando la generación se obtiene por ese medio



## Eficiencia en el consumo de energía eléctrica

Avances tecnológicos han incrementado el consumo eficiente:

- Iluminación: De incandescente a fluorescente a LED.
- Motor eléctrico: De Estándar a Alta eficiencia.

Menor pérdida en el transporte de la energía eléctrica:

- Transformador: De Estándar a Alta eficiencia.
- Conductor: Incrementar la eficiencia en el transporte.

## Transformador de Distribución

Es un equipo que disminuye la tensión eléctrica a un nivel útil para el usuario final. Está conectado eléctricamente 24 horas al día, el nivel de eficiencia lo establece la norma "NOM-002-SEDE/ENER-2014, Requisitos de seguridad y eficiencia energética para transformadores de distribución". Versiones anteriores de esta norma especifican un nivel menor de eficiencia.

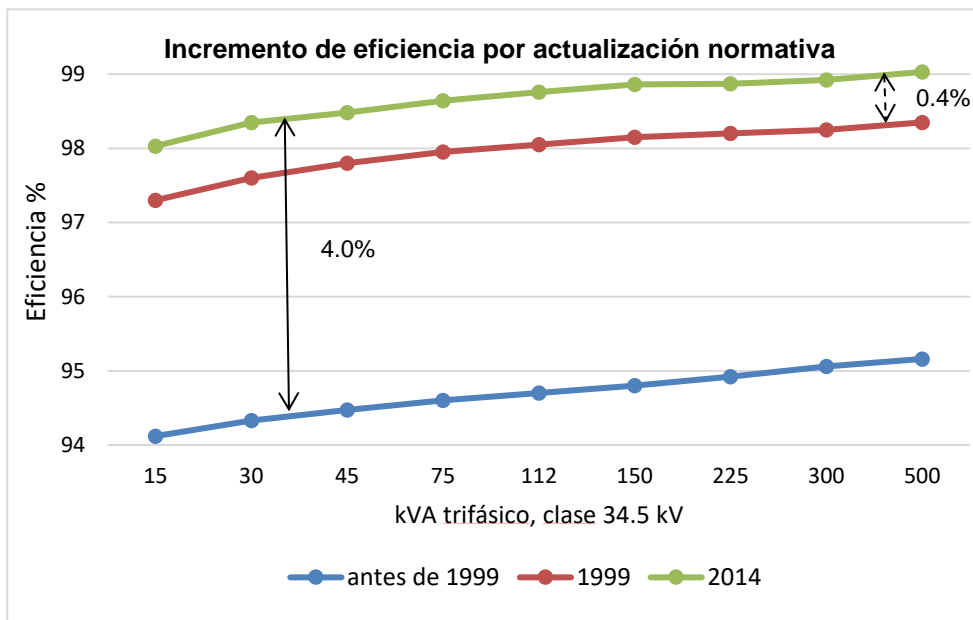


Tipo poste

Tipo pedestal



Los transformadores tienen larga vida útil, es posible que esté utilizando alguno de baja eficiencia, desperdiciando 4% de cada kWh consumido.



La recuperación de la inversión al sustituir un Transformador por otro de mayor eficiencia puede ser menor a 4 años. (Depende de: tipo, clase, marca, intensidad de uso, volumen de compra...)

## Motor eléctrico de ca, trifásico, de inducción

El motor eléctrico es una máquina cuya función es convertir la energía eléctrica en energía mecánica. La eficiencia mínima está determinada por la norma: "NOM-016-ENER-2016, Eficiencia energética de motores de corriente alterna, trifásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla".



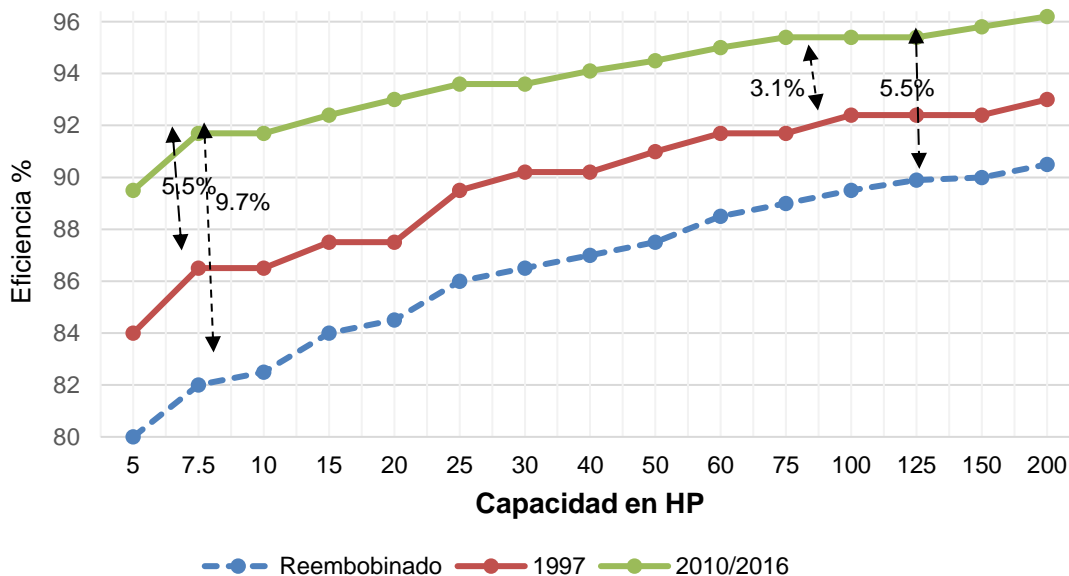
Eficiencia en motores de ca, trifásico de inducción (sólo se muestra una parte de la tabla)

| Potencia nominal |     | NOM-016-ENER-1997<br>Eficiencia Estándar %<br>Motor Cerrado |         | NOM-016-ENER-2016<br>Eficiencia Nominal %<br>Motor Cerrado |         |
|------------------|-----|---|---------|--|---------|
| kW               | HP  | 2 polos   | 4 polos | 2 polos  | 4 polos |
| 0.746            | 1   | 74.0  | 75.5    | 77.0   | 85.5    |
| 1.119            | 1.5 | 77.0  | 80.0    | 84.0   | 86.5    |
| 1.492            | 2   | 80.0  | 81.5    | 85.5   | 86.5    |
| 2.238            | 3   | 81.5  | 81.5    | 86.5   | 89.5    |
| 3.730            | 5   | 82.5  | 84.0    | 88.5   | 89.5    |
| 5.595            | 7.5 | 84.0  | 86.5    | 89.5   | 91.7    |
| 7.460            | 10  | 85.5  | 86.5    | 90.2   | 91.7    |
| 11.19            | 15  | 85.5  | 87.5    | 91.0   | 92.4    |
| 14.92            | 20  | 86.5  | 87.5    | 91.0   | 93.0    |
| 18.65            | 25  | 86.5  | 89.5    | 91.7   | 93.0    |
| 22.38            | 30  | 87.5  | 90.2    | 91.7   | 93.6    |
| 29.84            | 40  | 88.5  | 90.2    | 92.4   | 93.6    |
| 37.30            | 50  | 88.5  | 91.0    | 93.0   | 94.1    |
| 44.76            | 60  | 89.5  | 91.7    | 93.6   | 94.5    |
| 55.95            | 75  | 89.5  | 91.7    | 93.6   | 95.4    |
| 74.60            | 100 | 90.2  | 92.4    | 94.1   | 95.4    |
| 93.25            | 125 | 91.0  | 92.4    | 95.0   | 95.4    |
| 111.90           | 150 | 91.0  | 92.4    | 95.0   | 95.8    |
| 149.20           | 200 | 91.7  | 93.0    | 95.4   | 96.2    |

Es común que los motores eléctricos sean sometidos a sustitución de alguno de sus elementos por mantenimiento o reparación, se puede tener pérdida adicional de 3 o 4% por diversos factores. La recuperación de la inversión al sustituir un Motor por otro de mayor eficiencia puede ser menor a 2 años. (Depende de: tipo, marca, intensidad de uso, volumen de compra...)

### Incremento de eficiencia por actualización normativa.

Motor tipo cerrado, 4 polos



## Los conductores eléctricos

Debido a su resistencia eléctrica el conductor disipa en forma de calor una pequeña parte de la energía transportada, es pérdida de energía y dinero se refleja en la factura del consumo eléctrico, está presente durante su vida útil.

La eficiencia de conducción depende del calibre del conductor, a mayor sección mayor eficiencia, para la misma magnitud de corriente transportada.

El incremento de precio al incrementar el calibre, se compensa por la disminución en la pérdida de energía.



Google images

Se acostumbra calcular con eficiencia de 95% a 97% (caída de tensión de 3% a 5%). En el cableado se pierde de 3% a 5% de lo consumido ¿es razonable?

La pérdida de energía en el equipo eléctrico y el cableado es pérdida económica.



Imágenes: Google images

## Marco Normativo y eficiencia en conductores

- **La operación económica como concepto de no desperdicio:**  
NOM-001-SEDE-2012, Instalación eléctrica, utilización.  
4.2.6 Área de la sección transversal de los conductores.  
*NOTA: Es deseable tener áreas de sección transversal de los conductores **mayores** que las requeridas para la seguridad y para una operación económica.*
- **El conductor visto como un elemento de sustentabilidad:**  
NMX-AA-164-SCFI-2013, Edificación sustentable.  
5.2.2.12 *El cableado de los circuitos alimentadores en toda instalación eléctrica debe tener una eficiencia de 98,5 % o mayor. El cableado para la combinación de los circuitos alimentadores y los circuitos derivados, debe tener una eficiencia de 97,5 % o mayor.*
- **Máxima utilidad durante la vida útil**  
NMX-J-685-ANCE-2013, Guía para determinar la designación óptima de conductores eléctricos.  
*Procedimiento para identificar la sección del conductor que reduce la energía desperdiciada, sin incurrir en costos iniciales excesivos de compra e instalación de los cables.*
- **Evitar desperdicio de energía en los conductores**

NMX-J-SAA-50001-ANCE-IMNC-2011, *Sistemas de gestión de la energía*  
Establece sistemas y procesos necesarios para mejorar el desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética.

4.4.3.c) *Las oportunidades pueden relacionarse con, ...la energía desperdiciada.*

#### - **Ley de Transición Energética**

Artículo 13. El ejecutivo Federal por conducto de la SENER, la SEMARNAT, la CRE y la CONUEE:

d) *Identificar y promover las mejores prácticas en políticas y programas para Eficiencia Energética;*

e) *Identificar y promover, con apoyo de la CONUEE y empresas distribuidoras de energía áreas de oportunidad y programas de eficiencia energética por sectores de uso final.*

Artículo 18. *Corresponde a la CONUEE:*

*Promover el uso óptimo de la energía, desde su explotación hasta su consumo.*

#### - **Exigencia normativa**

NRF-048-PEMEX-XXXX, Diseño de instalaciones eléctricas

8.8.b) La eficiencia energética de los transformadores debe estar de acuerdo a la NOM-002-SEDE...

8.10.p) Todos los motores deben ser de eficiencia premium...

¿Porqué no?

8.11 La eficiencia energética en conductores debe ser igual o mayor a 98.5%...

### **Cálculo de la sección del conductor**

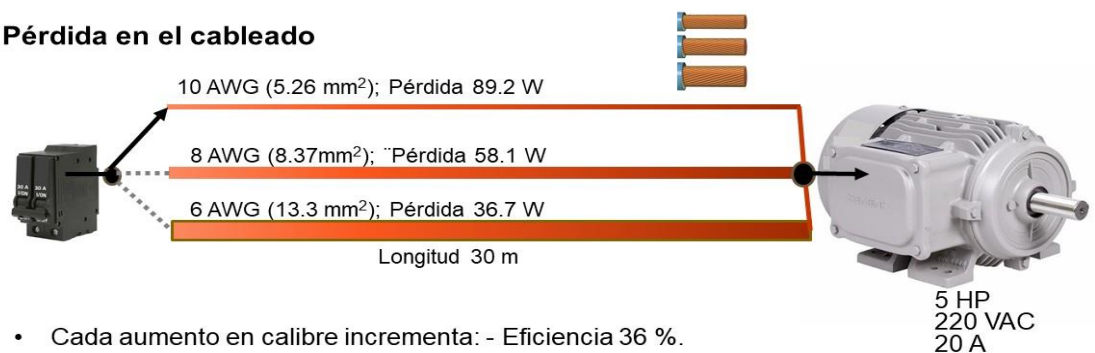
¿En seguridad, es suficiente con la norma de instalaciones eléctricas?

- Si, es la menor sección transversal que no compromete la seguridad de la instalación.

¿Es apropiada económica y ambientalmente?

- No siempre, es conveniente tomar en cuenta:
  - Magnitud económica de pérdida por operación.
  - Eficiencia energética.
  - Sustentabilidad.

#### **Pérdida en el cableado**



- Cada aumento en calibre incrementa: - Eficiencia 36 %.  
- Precio del cableado 45 %.
- El retorno de la inversión depende de la intensidad de uso del cableado (equipo) y su precio de adquisición.

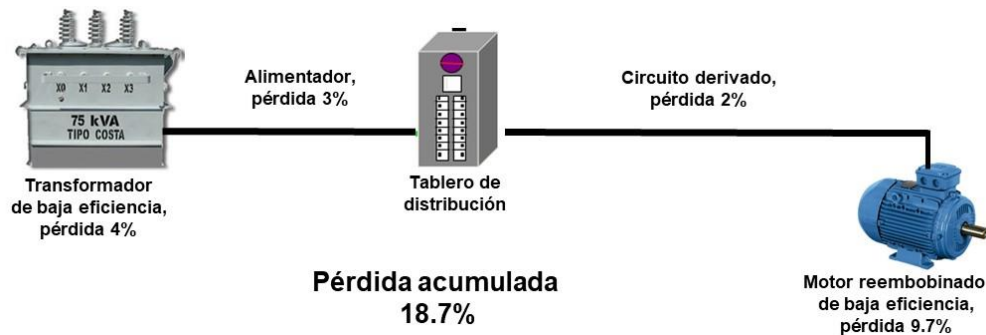
## Incremento de la eficiencia

Beneficiarios:

- El consumidor de energía eléctrica, rubro económico.
- El suministrador de la energía eléctrica disminuye la presión por mayor generación o la pospone.
- El proyectista ofrece a su cliente instalaciones de mejor calidad.
- El país, menor consumo de combustibles fósiles.
- El medio ambiente, menor contaminación.

## CONCLUSIONES

La pérdida de energía en el sistema Alimentación/Consumo puede llegar a valores tan altos como 18.7%.



Al seleccionar equipo y conductores con mayor eficiencia, se obtienen las ventajas siguientes:

- Económica:
  - Disminuir costos operativos.
- Ambiental:
  - Reducir la emisión indirecta de CO<sub>2</sub> a la atmosfera.
  - Reducir la quema de combustibles fósiles para generar energía eléctrica.
- Técnica:
  - Incrementar la eficiencia en la transferencia de energía.
  - Disminuir la presión por generar más energía eléctrica.

### Impactos operativos:

- La pérdida en cableado y equipo eléctrico impacta la capacidad disponible en el transformador.
- La pérdida acumulada impacta:
  - El monto económico de energía consumida.
  - La capacidad de generación de las empresas generadoras de energía.
  - La capacidad de transmisión en el Sistema eléctrico nacional.

### Recomendación:

- No compre transformadores reconstruidos o usados, es posible que su eficiencia sea baja comparada con las disposiciones normativas actuales.
- No compre motores reconstruidos o usados, es posible que su eficiencia sea baja comparada con disposiciones normativas actuales.
- El mantenimiento/repación de preferencia en planta industrial dedicada a esa actividad.
- Utilice conductores de mayor calibre al mínimo recomendado en la norma de instalaciones eléctricas.