

# Control del Factor de Potencia

La Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), es un órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Energía, que tiene por objeto fungir como órgano técnico de consulta de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, así como, cuando así lo soliciten, de los gobiernos de las entidades federativas, de los municipios y de los particulares, en materia de ahorro y uso eficiente de la energía y de aprovechamiento de energías renovables.

El objetivo de la metodología de control de la demanda es determinar los potenciales de reducción en la facturación eléctrica al aplicar medidas de control, manual o automático, que modifiquen los patrones de consumo y/o demanda eléctrica en periodo punta.

# Objetivos Particulares

La aplicación de la metodología de control de la demanda permitirá establecer:

1. Eficiencia energética actual de la empresa.
2. Potenciales de ahorro de energía eléctrica.
3. La reducción de la demanda facturable.
4. Estimación de potenciales de ahorro económico.
5. Estimación de la inversión requerida para la adquisición de un equipo automático de control.
6. Tiempo simple de recuperación.



# Campo de Aplicación.

El campo de aplicación de la presente metodología está limitado a empresas que se encuentran en tarifa horaria en media tensión (H-M) y que tienen la factibilidad de modificar sus patrones de consumo y/o demanda eléctrica, es decir, aquellas empresas que tienen la capacidad de operar sus equipos eléctricos con mayor intensidad en periodos de bajo costo de la energía, o bien controlar su operación en periodo punta por medio de sistemas de control manual y/o automático.

Por tanto, esta metodología es aplicable exclusivamente en empresas donde se tienen cargas eléctricas que operan normalmente dentro del periodo punta por lo menos 15 minutos, ya sea en horario de verano o fuera de verano, y que sean factibles a ser desconectadas por un tiempo mínimo de 15 minutos.



# Alcance

A partir del censo de cargas eléctricas que operan en periodo punta y que son factibles de desconectar en dicho periodo, se determinan los potenciales de ahorro en la facturación eléctrica.

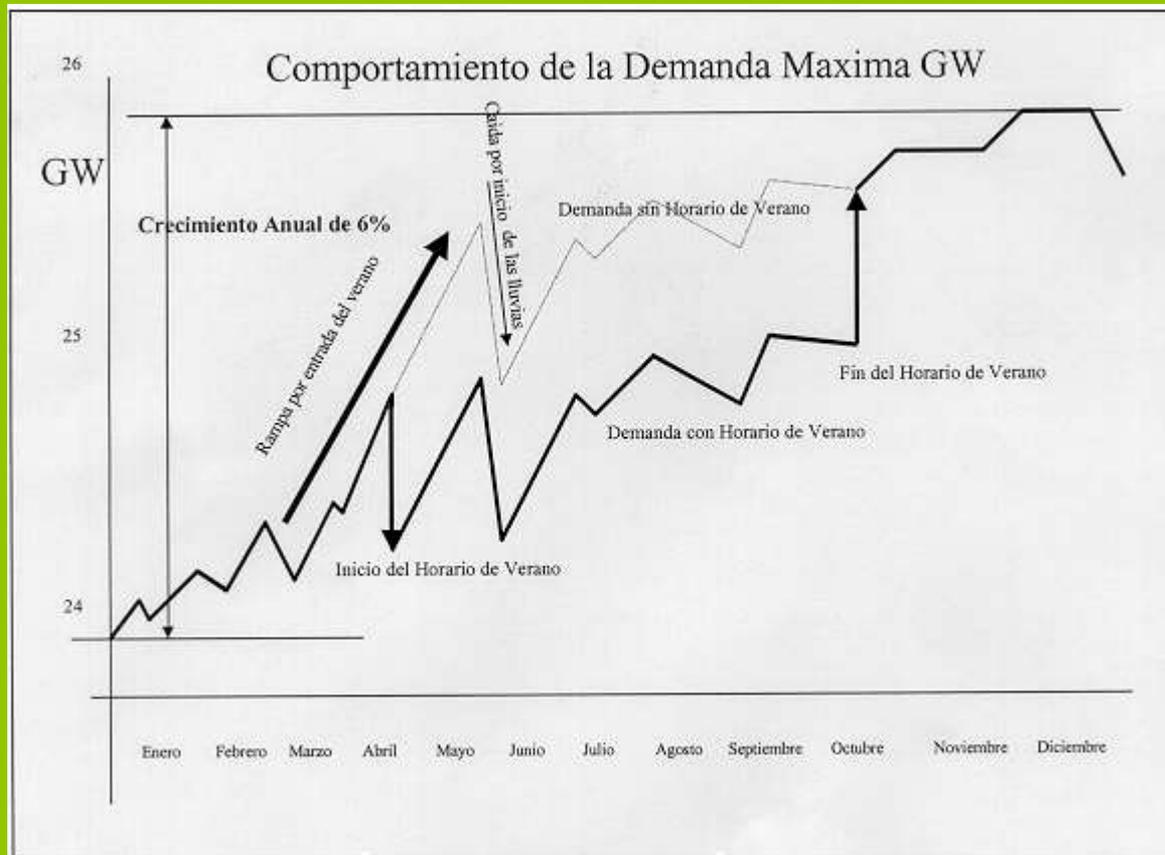
| Consumo              |            | Llano          |
|----------------------|------------|----------------|
| Lectura estimada     | 12/12/2008 | 46911          |
| Lectura real         | 12/11/2008 | - 46704        |
|                      |            | -----          |
|                      |            | 207            |
| Multiplicador        |            | x1             |
| <b>Consumo total</b> |            | <b>207 kWh</b> |

| Consumo              |            | Llano          |
|----------------------|------------|----------------|
| Lectura real         | 14/01/2009 | 47656          |
| Lectura estimada     | 12/12/2008 | - 46911        |
|                      |            | -----          |
|                      |            | 745            |
| Factor multiplicador |            | x1             |
| <b>Consumo total</b> |            | <b>745 kWh</b> |

# Demanda Máxima

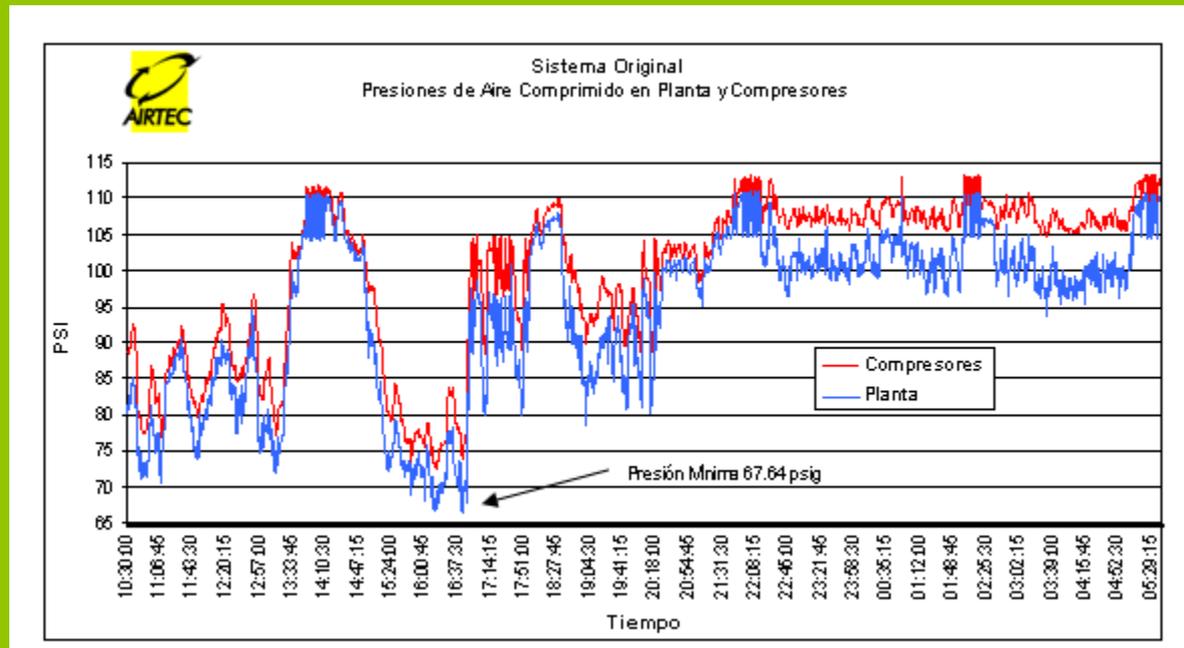
Es la demanda media en Kilowatts durante un periodo de 15 minutos en el cual el consumo de energía es mayor que en cualquier otro tiempo; esta aplicación es en la tarifa H.M. y O.M. Entre más alta sea la demanda de energía en un momento dado por un periodo de 15 min. más alto será su cargo o facturación.



# Control de Demanda

Este consiste en regular la máxima carga operada en forma simultánea para no propasar el valor máximo de un punto de operación determinado ya sea en forma manual o automática.

Para poder controlar la demanda máxima es de suma importancia conocer las cargas o equipos básicos para que se lleve acabo el proceso o trabajo y aquellas cargas que trabajen en forma periódica.



También es necesario medir la potencia que aporta cada una de las cargas que contribuyen a la facturación de la demanda máxima. Una de las cargas o sistemas más usuales a controlar son:

- ✓ Hornos eléctricos.
- ✓ Bombas de pozo.
- ✓ Molinos.
- ✓ Bombas de torres.
- ✓ Ventiladores.
- ✓ Compresores de aire.
- ✓ Sistemas de aire acondicionado.



Para el control de demanda, es importante asignar prioridades a las cargas. Las cargas que tienen poco o ningún impacto sobre la producción o el confort, pueden considerarse como iniciales para ponerse fuera de servicio temporalmente.

Las cargas que son básicas para un proceso deben de contemplarse hasta el último o inclusive no ser seleccionadas. Después de haber hecho este análisis la planta o industria puede iniciar un plan para controlar la demanda máxima.

# Controlador de Demanda

Es un dispositivo que actúa sobre una señal que temporalmente apaga cargas eléctricas predeterminadas para mantener la demanda máxima bajo control. Este apaga o establece tiempo de trabajo a las cargas cuando la demanda alcanza un valor preestablecido. El punto prefijado debe ser cuidadosamente seleccionado para que no se afecte la producción en una industria o fábrica.



# ¿Por qué se Utilizan los Controladores de Demanda?

- ✓ Racionalizan el consumo de energía eléctrica.
- ✓ Se paga el menor precio por los kWh desplazando el consumo hacia horarios con tarifas más baratas.
- ✓ Limitan el consumo al valor contratado.

# Controlador de Demanda

Es un dispositivo que actúa sobre una señal que temporalmente apaga cargas eléctricas predeterminadas para mantener la demanda máxima bajo control. Este apaga o establece tiempo de trabajo a las cargas cuando la demanda alcanza un valor preestablecido. El punto prefijado debe ser cuidadosamente seleccionado para que no se afecte la producción en una industria o fábrica.

# Métodos de Control

La demanda máxima puede ser controlada manualmente o con ayuda de dispositivos automáticos. Con ambos métodos de control existen ventajas y desventajas, además de diferentes grados de complejidad y costos.

El control de demanda manual más efectivo es hacer una buena programación de la operación de las diferentes cargas. Cuando las variaciones posibles son demasiadas, para un control manual, el control automático es una solución más sofisticada, versátil y confiable para asegurar un límite a la demanda máxima.

## Sistema donde se Aplicara el Control

Sistema de suministro de energía eléctrica de la empresa eléctrica  
- Control de Máxima Demanda en Horas Punta.

# Controlador de Demanda Manual

El control de demanda manual más efectivo, es hacer una programación de la operación de diferentes cargas. Es decir realizar una programación de cargas.

En algunos casos, esto puede realizarse al restringir la operación de ciertas cargas durante un tiempo específico. En otros casos, se puede definir los tiempos de operación para ciertos departamentos, líneas de proceso o máquinas

Por otra parte se debe realizar un seguimiento de comportamiento de la demanda mediante mediciones en los tableros principales ya sea con analizadores de redes, potenciómetros o amperímetros o a través de los recibos de C.F.E.

# Controladores de Demanda Automáticos

El mercado ofrece equipos controladores de demanda automáticos, donde uno fija los valores máximos permitidos y actúa sobre las cargas conforme a un esquema de prioridades.

Dentro de este modelo de control de demanda, se incluye la conexión de grupos electrógenos para suministrar parte de la demanda, con el objeto que la potencia tomada de la red pública disminuya. En general, los controladores automáticos incluyen la posibilidad que conforme al esquema de prioridades, en vez de desconectar carga, haga ingresar un grupo eléctrico.

En muchas plantas el número de cargas diferentes con diversas características puede ser muy grande, y las variaciones posibles suelen ser demasiadas para un control manual. En otras plantas donde ya está trabajando el control manual, aún puede haber posibles reducciones a la demanda, al añadirse el control automático. Claro está que el control automático es una forma más sofisticada, versátil y confiable para asegurar un límite a la demanda máxima.

Antes de aplicar un control de demanda automático se debe considerar las siguientes acciones:

1.- Determinar la carga base para la administración de la demanda. Estas son las cargas en las que no se puede aplicar un control de demanda.

2.- Establecer en que áreas del proceso o cargas es posible realizar un control de la demanda.

3.- Establecer procedimientos de operación de la planta que ayuden a la implantación del sistema de control de demanda.

4.- Diseñar la lógica de control, asignando prioridades a las cargas a ser controladas y establecer el método para el control de la demanda.

5.- La lógica de control se puede establecer mediante procedimientos manuales, para verificar que no se presenten trastornos a la producción y/o el confort para los cuales el equipo se tiene operando.

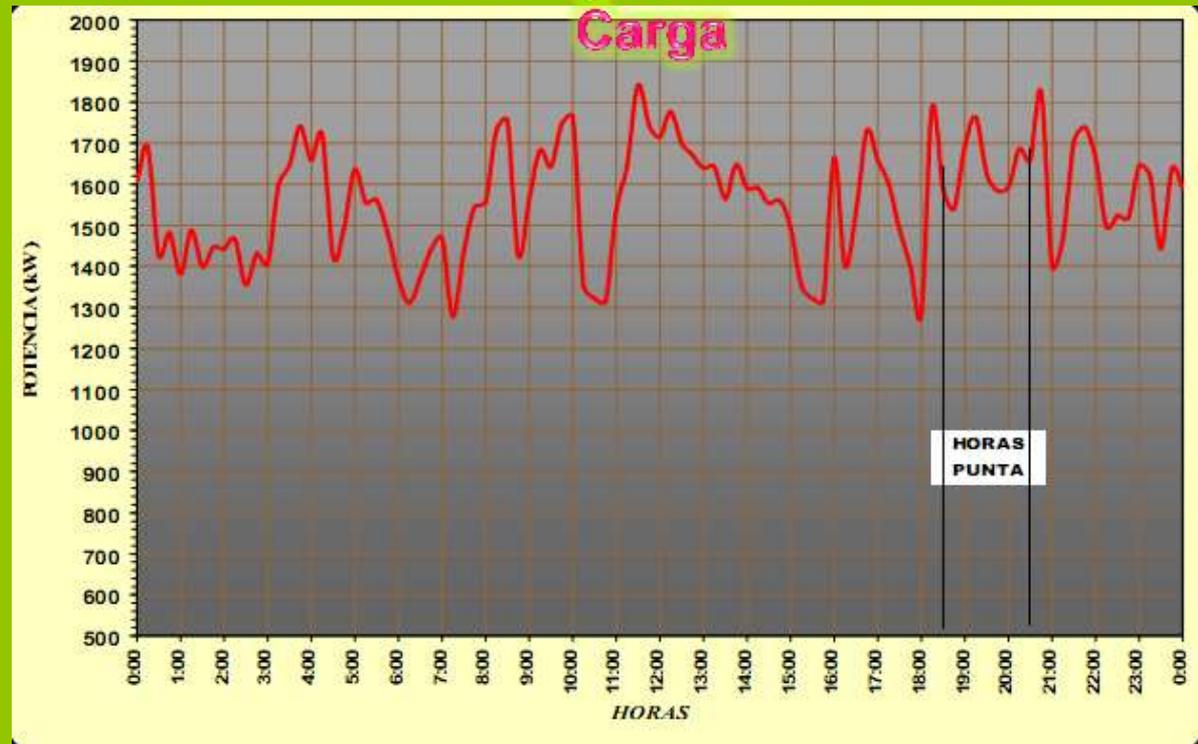


# Equipos que Intervienen en el Control

- ✓ Sistema de suministro de agua: 68 kW
- ✓ Equipos de la planta de proc: 210 kW
- ✓ Línea de Osmosis: 65 kW
- ✓ Bomba y Grupos Carrier: 30 kW
- ✓ Bomba de agua Industrial: 12 kW

**Total = 385 kW**

Diagrama de Carga



# Descripción del Potencial de Ahorro

- ✓ Los equipos y sistemas actualmente operan en distintas horas sin una programación definida.
- ✓ Las características de operación de los equipos y sistemas descritos intermitentes, los cuales se controlan de acuerdo a la solicitud de los niveles de consumo y producción.
- ✓ Realizando un control de operación en horas puntas de los sistemas y equipos descritos se tiene una reducción de 385 kW.

## Acción

- ✓ Rehabilitar el controlador de máxima demanda existente con accesorios de alarma y señales luminosas.
- ✓ Coordinar con los supervisores de las áreas el cumplimiento de las acciones de control.
- ✓ Iniciar la programación de desconexión en horas punta de las maquinas y sectores de producción elegidas.

# Beneficios

Las acciones descritas anteriormente, repercutirá en la reducción de la demanda en horas punta y en la de facturación.

El ahorro por reducción de la demanda y energía en horas punta estará reflejado en los 400 kW que se dejara de facturar y los cuales son equivalentes a:

$$34512 \text{ US$/año} + 4311 \text{ US$/año} = 38,823 \text{ US$/año}$$

# Controladores de Máxima Demanda

## Controladores de Demanda

Un controlador de demanda es un dispositivo que actúa sobre una señal, que temporalmente apaga cargas eléctricas predeterminadas, para mantener la demanda máxima bajo control.



El controlador, apaga o establece ciclos de trabajo a las cargas cuando la demanda alcanza un valor preestablecido.



El punto prefijado debe ser cuidadosamente seleccionado, para que no se afecte la producción o necesidades de operación.

# Que es el Factor de Potencia (F.P)

Denominamos factor de potencia al cociente entre la potencia activa y la potencia aparente, que es coincidente con el coseno del ángulo entre la tensión y la corriente cuando la forma de onda es sinusoidal pura, etc.

Es aconsejable que en una instalación eléctrica el factor de potencia sea alto y algunas empresas de servicio electro energético exigen valores de 0,8 y más. Las cargas industriales en su naturaleza eléctrica son de carácter reactivo, este obliga que junto al consumo de potencia activa (KW) se sume el de una potencia llamada reactiva (KVAR), las cuales en su conjunto determinan el comportamiento operacional de dichos equipos y motores.



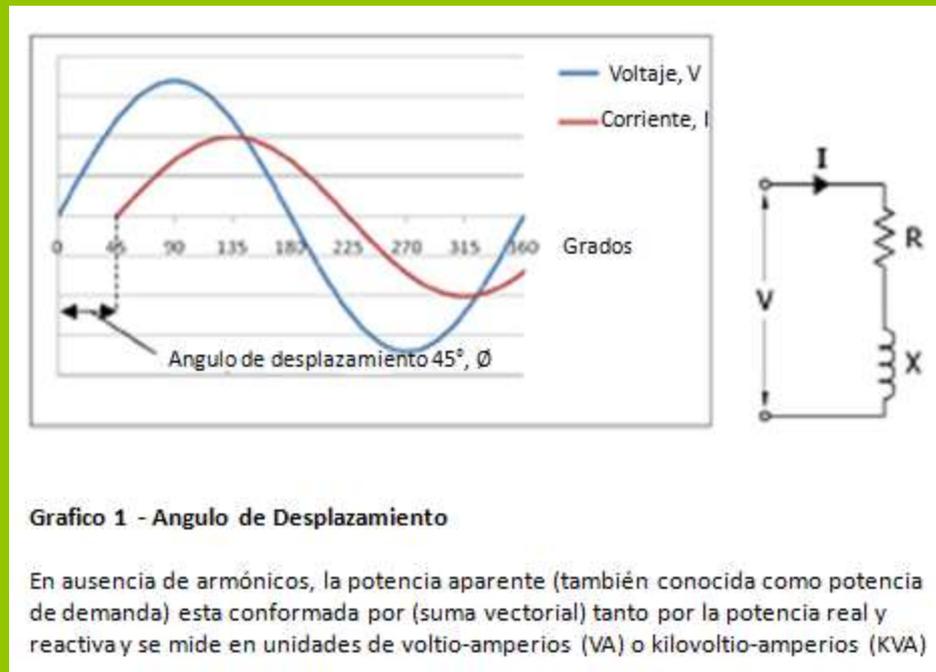
- ✓ El valor ideal del factor de potencia es de 1, esto indica que toda la energía consumida por los aparatos ha sido transformada en trabajo.
- ✓ Un factor de potencia menor a la unidad significa un mayor consumo de energía necesaria para producir un trabajo útil.

# Potencias

- ✓ **Potencia Efectiva o Real (P)** es la que en el proceso de transformación de la energía eléctrica se aprovecha como trabajo , sus unidades es en Watts (W).
- ✓ **Potencia Reactiva (Q)** es la encargada de generar el campo magnético que requieren para su funcionamiento los equipos inductivos como los motores y transformadores, sus unidades VAR.
- ✓ **Potencia Aparente (S)** es la suma geométrica de las potencias efectiva y reactiva, sus unidades son VA.

# Angulo

- ✓ El ángulo nos indica si las señales de voltaje y corriente se encuentran en fase.
- ✓ Dependiendo del tipo de carga, el factor de potencia puede ser en adelanto, retraso o igual a 1.



# Cargas Resistivas

- ✓ Las cargas resistivas son como las lámparas incandescentes , el voltaje y la corriente están en fase.
- ✓ Por lo tanto el ángulo es de 0.
- ✓ En este caso se tiene un Factor de Potencia Unitario.



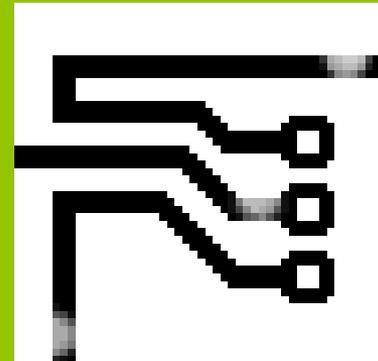
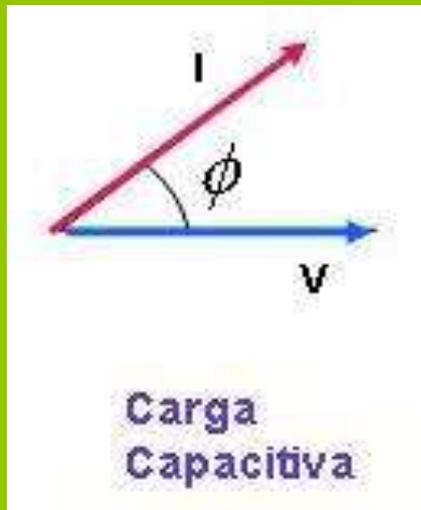
# Cargas Inductiva

- ✓ Las cargas inductivas son como los motores y transformadores, la corriente se encuentra retrasada respecto al voltaje.
- ✓ Por lo tanto el ángulo es menor de 0.
- ✓ En este caso se tiene un Factor de Potencia Retrasado.



# Cargas Capacitiva

- ✓ Las cargas inductivas son como los condensadores, la corriente se encuentra adelantada respecto al voltaje
- ✓ Por lo tanto el ángulo es mayor de 0.
- ✓ En este caso se tiene un Factor de Potencia Adelantado.



# ¿Por qué existe un bajo Factor de Potencia?

La potencia reactiva, es necesaria para producir el flujo electromagnético que pone en funcionamiento elementos tales como: motores, transformadores, lámparas fluorescentes, equipos de refrigeración y otros similares. Cuando la cantidad de estos equipos es apreciable los requerimientos de potencia reactiva también se hacen significativos, lo cual produce una disminución del exagerada del factor de potencia.

Un alto consumo de energía reactiva puede producirse como consecuencia principalmente de:

- ✓ Un mal estado físico de la red eléctrica y de los equipos de la industria.
- ✓ Aires Acondicionados.
- ✓ Motores.



Cargas puramente resistivas, tales como alumbrado incandescente, resistencias de calentamiento, etc. no causan este tipo de problema ya que no necesitan de la corriente reactiva

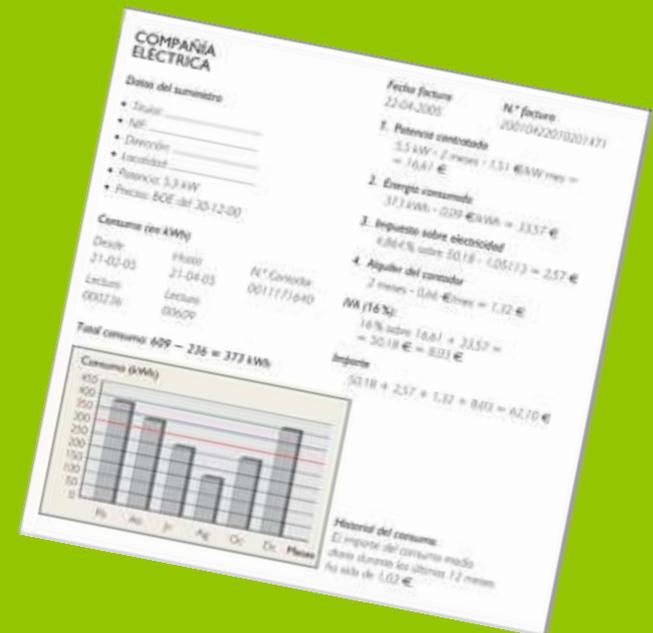


# ¿Por qué es dañino y caro mantener un F.P bajo?

El hecho de que exista un bajo factor de potencia en su industria produce los siguientes inconvenientes:

## Al suscriptor:

- ✓ Aumento de la intensidad de corriente
- ✓ Pérdidas en los conductores y fuertes caídas de tensión
- ✓ La temperatura de los conductores aumenta y esto disminuye la vida de su aislamiento.
- ✓ Aumentos en sus facturas por multas y recargos



# ¿Cómo se puede mejorar el

## FP?

Mejorar el factor de potencia resulta práctico y económico, por medio de la instalación de bancos de capacitores, o utilizando motores sincrónicos disponibles en la industria.

Estos elementos electricos que instalados correctamente y con el valor adecuado compensan la energia reactiva necesaria requerida para elevar el factor de potencia por sobre los valores exigidos, y asi evitar consecuencias negativas.

El mantenimiento de valores del factor de potencia redundara en su beneficio y en el de la empresa proveedora de energia ya que:

- Aumentara la vida util de la instalacion
- Evitara penalizacion en la facturizacion
- Mejorara la regulacion de tension del suministro.

# ¿Cómo determinar el numero de Condensadores?

Midiendo la energía activa y reactiva que consumen las instalaciones existentes, se puede calcular la potencia necesaria (KVAR) que deben tener los condensadores para lograr la compensación deseada.

Se debe proceder de la siguiente manera

1. Medir el Coseno instantaneo
2. Medir la corriente por fase del circuito.
3. Calcular la maxima Potencia activa.
4. Calcular la tangente actual.
5. Calcular la potencia capacitiva faltante.



$$Q_{\text{faltante}} = (Tg_{\text{actual}} - Tg_{\text{deseada}}) \times P$$

# EJEMPLO

Se tomaron las mediciones de un suministro de energía trifásico en el horario pico arrojando los sig. Datos:

Tension : 480 volts

Corriente Maxima : 85 Amps

Coseno Instantaneo : 0.72.

Calculamos:

**Potencia Activa =**

$$\sqrt{3} * 480 * 85 * 0.72 = 50.8 \text{ KW}$$

|      |       | FACTOR f       |       |       |      |       | FACTOR f       |       |       |
|------|-------|----------------|-------|-------|------|-------|----------------|-------|-------|
|      |       | Coseno Deseado |       |       |      |       | Coseno Deseado |       |       |
| cos  | tang  | 0.9            | 0.95  | 1     | cos  | tang  | 0.9            | 0.95  | 1     |
| 0.50 | 1.732 | 1.248          | 1.403 | 1.732 | 0.75 | 0.870 | 0.393          | 0.553 | 0.882 |
| 0.51 | 1.687 | 1.202          | 1.357 | 1.686 | 0.76 | 0.855 | 0.371          | 0.526 | 0.855 |
| 0.52 | 1.643 | 1.160          | 1.315 | 1.644 | 0.77 | 0.829 | 0.345          | 0.500 | 0.829 |
| 0.53 | 1.600 | 1.116          | 1.271 | 1.600 | 0.78 | 0.802 | 0.319          | 0.473 | 0.803 |
| 0.54 | 1.559 | 1.075          | 1.230 | 1.559 | 0.79 | 0.776 | 0.292          | 0.447 | 0.776 |
| 0.55 | 1.519 | 1.035          | 1.190 | 1.519 | 0.80 | 0.750 | 0.266          | 0.421 | 0.750 |
| 0.56 | 1.480 | 0.996          | 1.151 | 1.480 | 0.81 | 0.724 | 0.240          | 0.395 | 0.724 |
| 0.57 | 1.442 | 0.958          | 1.113 | 1.442 | 0.82 | 0.698 | 0.214          | 0.369 | 0.698 |
| 0.58 | 1.405 | 0.921          | 1.076 | 1.405 | 0.83 | 0.372 | 0.188          | 0.343 | 0.672 |
| 0.59 | 1.369 | 0.884          | 1.039 | 1.368 | 0.84 | 0.646 | 0.162          | 0.317 | 0.345 |
| 0.60 | 1.333 | 0.850          | 1.005 | 1.334 | 0.85 | 0.620 | 0.136          | 0.291 | 0.620 |
| 0.61 | 1.299 | 0.815          | 0.970 | 1.299 | 0.86 | 0.593 | 0.109          | 0.264 | 0.593 |
| 0.62 | 1.266 | 0.781          | 0.936 | 1.265 | 0.87 | 0.567 | 0.083          | 0.238 | 0.567 |
| 0.63 | 1.233 | 0.749          | 0.904 | 1.233 | 0.88 | 0.540 | 0.056          | 0.211 | 0.540 |
| 0.64 | 1.201 | 0.716          | 0.871 | 1.200 | 0.89 | 0.512 | 0.028          | 0.183 | 0.512 |
| 0.65 | 1.169 | 0.685          | 0.840 | 1.169 | 0.90 | 0.484 | 0.000          | 0.155 | 0.484 |
| 0.66 | 1.138 | 0.654          | 0.809 | 1.138 | 0.91 | 0.26  |                | 0.127 | 0.456 |
| 0.67 | 1.108 | 0.624          | 0.778 | 1.108 | 0.92 | 0.426 |                | 0.097 | 0.426 |
| 0.68 | 1.078 | 0.595          | 0.750 | 1.079 | 0.93 | 0.395 |                | 0.066 | 0.395 |
| 0.69 | 1.049 | 0.565          | 0.720 | 1.049 | 0.94 | 0.367 |                | 0.034 | 0.363 |
| 0.70 | 1.020 | 0.536          | 0.691 | 1.020 | 0.95 | 0.329 |                | 0.000 | 0.329 |
| 0.71 | 0.992 | 0.508          | 0.663 | 0.992 | 0.96 | 0.292 |                |       | 0.292 |
| 0.72 | 0.964 | 0.479          | 0.634 | 0.963 | 0.97 | 0.251 |                |       | 0.251 |
| 0.73 | 0.936 | 0.452          | 0.607 | 0.936 | 0.98 | 0.203 |                |       | 0.203 |
| 0.74 | 0.909 | 0.425          | 0.580 | 0.909 | 0.99 | 0.143 |                |       | 0.143 |

Por ultimo, calculamos :

$$Q_{\text{faltante}} = (Tg_{\text{actual}} - Tg_{\text{deseada}}) \times P$$

$$\begin{aligned} Q &= ( 0.964 - 0.329 ) \times 50.8 \text{ KW} \\ &= 32 \text{ Kvar (aprox) faltantes.} \end{aligned}$$

Por lo tanto se debera instalar un banco de capacitores equivalentes a 32 Kvar

Para compenar el F.P. y llevarlo a un valor minimo de 0.95

## **A la empresa distribuidora de energía:**

- ✓ Mayor inversión en los equipos de generación.
- ✓ Mayores capacidades en líneas de transmisión y distribución así como en transformadores para el transporte y transformación de esta energía reactiva.
- ✓ Elevadas caídas de tensión y baja regulación de voltaje, lo cual puede afectar la estabilidad de la red eléctrica.
- ✓ Una forma de que las empresas de electricidad a nivel nacional e internacional hagan reflexionar a las industrias sobre la conveniencia de generar o controlar su consumo de energía reactiva ha sido a través de un cargo por demanda , facturado en Bs./KVA, es decir cobrándole por capacidad suministrada en KVA. Factor donde se incluye el consumo de los KVAR que se entregan a la industria.

# ¿Dónde instalar los Capacitores?

Para la instalación de los capacitores deberán tomarse en cuenta diversos factores que influyen en su ubicación como lo son: La variación y distribución de cargas, el factor de carga, tipo de motores, uniformidad en la distribución de la carga, la disposición y longitud de los circuitos y la naturaleza del voltaje. Se puede hacer una corrección del grupo de cargas conectando en los transformadores primarios y secundarios de la planta, por ejemplo, en un dispositivo principal de distribución o en una barra conductora de control de motores.

Cuando los flujos de potencia cambian frecuentemente entre diversos sitios de la planta y cargas individuales, se hace necesario efectuar la corrección primero en una parte de la planta, verificar las condiciones obtenidas y después compensar en la otra.

Sin embargo, es más ventajoso usar un capacitor de grupo ubicado lo mas equidistante que se pueda de las cargas. Esto permite la desconexión de una parte de los capacitores de acuerdo a condiciones específicas de cargas variables.

## Correcciones aisladas

La corrección aislada del factor de potencia se debe hacer conectando los capacitores tan cerca como sea posible de la carga o de las terminales de los alimentadores.

Debe recordar que la corrección se lleva a cabo sólo del punto considerado a la fuente de energía y no en dirección opuesta. Los capacitores instalados cerca de las cargas pueden dejar de operar automáticamente cuando las cargas cesan, incrementan el voltaje y por ende el rendimiento del motor

# Conclusiones

- ✓ El factor de potencia se puede definir como la relación que existe entre la potencia activa (KW) y la potencia aparente (KVA) y es indicativo de la eficiencia con que se está utilizando la energía eléctrica para producir un trabajo útil.
- ✓ El origen del bajo factor de potencia son las cargas de naturaleza inductiva, entre las que destacan los motores de inducción, los cuales pueden agravarlo si no se operan en las condiciones para las que fueron diseñados.
- ✓ El bajo factor de potencia es causa de recargos en la cuenta de energía eléctrica, los cuales llegan a ser significativos cuando el factor de potencia es reducido.
- ✓ Un bajo factor de potencia limita la capacidad de los equipos con el riesgo de incurrir en sobrecargas peligrosas y pérdidas excesivas con un dispendio de energía.



- ✓ El primer paso en la corrección del factor es el prevenirlo mediante la selección y operación correcta de los equipos. Por ejemplo, adecuando la carga de los motores a su valor nominal.
- ✓ Los capacitores de potencia son la forma más práctica y económica para mejorar el factor de potencia, sobre todo en instalaciones existentes.
- ✓ El costo de los capacitores se recupera rápidamente, tan sólo por los ahorros que se tienen al evitar los recargos por bajo factor de potencia en el recibo de energía eléctrica.
- ✓ Entre más cerca se conecten los capacitores de la carga que van a compensar, mayores son los beneficios que se obtienen.
- ✓ Cuando las variaciones de la carga son significativas, es recomendable el empleo de bancos de capacitores automáticos.
- ✓ A corrección del factor de potencia puede ser un problema complejo. Recurrir a especialistas es conveniente, si no se cuenta con los elementos necesarios para resolverlo