

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



EFICIENCIA DE LA ENERGIA ELECTRICA EN EL AREA COMERCIAL

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELÉCTRICISTA

PRESENTADO POR:

CESAR IVAN BLANCAS ESCOBAR

**PROMOCIÓN
1975-II**

**LIMA – PERÚ
2011**

EFICIENCIA DE LA ENERGIA ELECTRICA EN EL AREA COMERCIAL

Agradezco primeramente a mi madre que ya no se encuentra conmigo; así como también a mi esposa Virginia e hija Alicia.

SUMARIO

En el presente informe de suficiencia trata la Determinación e Implementación del Banco de Condensadores para reducir, los costos de facturación de la Energía Reactiva, mejorar el voltaje en las barras del tablero principal, reducir perdidas por efecto Joule mejorando la vida útil de las Instalaciones Eléctricas, disminuyendo así la emisión de del CO2 (con lo que podría obtener los bonos verdes) en el Área Comercial. Además contribuye a la seguridad energética, al preservar el uso de las fuentes de energía en beneficio de las generaciones venideras, haciéndola más eficiente el uso de la Energía Eléctrica, cumpliendo así con las exigencias de la Norma Técnica De Calidad Del Servicio Eléctrico.

Se realizará un diagnóstico con el objetivo de determinar los medios que posibiliten el aumento de la eficiencia energética y alternativas de ahorro de energía en el centro comercial “Galería Mercado Central II”, importante oportunidad para reducir sus costos, mejorar su competitividad y el uso adecuado de los equipos instalados, tomando en cuenta que el análisis técnico está ligado con el análisis económico. Este análisis económico comprobará que los costos de adquisición de tecnología para la producción de energía eléctrica tengan un tiempo aceptable de recuperación.

INDICE

PROLOGO	1
CAPITULO I	
ANTECEDENTES	
1.1 Objetivo	3
1.2 Alcances	3
1.3 Situación inicial	3
1.4 Normativa vigente del Sector Eléctrico	4
1.4.1 Tarifas eléctricas	4
1.4.2 Tarifas de suministro	4
1.4.3 Elección tarifaria	4
1.4.4 Opciones tarifarias	4
CAPITULO II	
MARCO TEORICO CONCEPTUAL	
2.1 Compensación de Potencia Reactiva	7
2.1.1 Conceptos básicos	7
2.2 Evaluación económica de las inversiones en eficiencia energética	25
2.2.1 Definiciones básicas para la evaluación económica	25
2.2.2 Parámetros de evaluación económica de Primer Orden	26
2.2.3 Parámetros de evaluación económica de Segundo Orden	26
CAPITULO III	
CASO DE APLICACIÓN: ANALISIS Y DETERMINACION DE LA CONDICION ACTUAL DEL SISTEMA ELECTRICO DE CENTRO COMERCIAL “GALERIA MERCADO CENTRAL II”	
3.1 Estado actual del centro comercial	28
3.1.1 Datos Generales	28
3.1.2 Descripción de las instalaciones eléctricas	28
3.1.3 Principales equipos consumidores de energía	28
3.1.4 Registro histórico de facturación del centro comercial	29

CAPITULO IV**BENEFICIOS DE LA COMPENSACION REACTIVA**

4.1	Efectos de un bajo factor de Potencia	35
4.2	Penalización por bajo factor de potencia	35
4.3	Ventajas de la corrección del factor de potencia	36

CAPITULO V**CUANTIFICACION DEL AHORRO DE ENERGIA EN EL CENTRO COMERCIAL**

5.1	Ahorro en el consumo de energía eléctrica	37
5.1.1	A través de la selección de una opción tarifaria	37
5.1.2	A través de los cambios en los equipos de iluminación	40
5.1.3	A través de la corrección del factor de potencia	44

CAPITULO VI**EVALUACION ECONOMICA FINANCIERA DE LAS MEJORAS**

6.1	Calculo de la Rentabilidad de Inversión	53
6.2	Calculo de los parámetros de Segundo Orden	53

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones	55
Recomendaciones	56
ANEXO A: Pliego Tarifario Máximo del Servicio Público de Electricidad	59
BIBLIOGRAFIA	61

PROLOGO

La finalidad o propósito del presente informe es mostrar uno de las formas de implementar equipos que ayudan a mejorar el aprovechamiento eficiente de la energía eléctrica,

El consumo eficiente de energía eléctrica tiene una importancia relevante dentro de las políticas de desarrollo económico y energético, pues produce beneficios tanto en el nivel de la economía en su conjunto, -al permitir ahorro y óptimo aprovechamiento de recursos naturales y económicos para producir y transportar la energía que se desperdicia en los consumos finales -, como al nivel de los consumidores finales por su particular incidencia en la economía familiar, ya que los consumidores pueden satisfacer sus necesidades energéticas optimizando el costo de su consumo, pues la eficiencia en el uso de la energía eléctrica posibilita que obtengan los mismos resultados en cuanto a la satisfacción de sus necesidades energéticas, pero con una significativa reducción de sus gastos, lo que contribuye a mejorar sus condiciones de bienestar, permitiéndole utilizar los recursos económicos ahorrados en otras actividades.

La eficiencia energética tiene también una decidida incidencia al nivel de generadores y distribuidores que requieren de menores inversiones para atender la demanda de sus clientes, a lo que se debe agregar la reducción de la contaminación ambiental, producto de la menor producción de energía de fuentes térmicas para atender la demanda.

En este informe se centra en el estudio y el análisis de una evaluación energética del centro comercial Galería Mercado Central II. Este informe consta de cinco capítulos cuyo contenido se detalla a continuación: Capítulo uno objetivo, alcances, situación inicial del centro comercial y la normativa vigente del sector eléctrico indicando las diferentes opciones tarifarias. Capítulo dos se muestra el marco teórico conceptual de la compensación de la potencia reactiva indicando los conceptos básicos. También se muestra la evaluación económica de las inversiones en eficiencia energética, sus definiciones básicas de los diferentes parámetros que intervienen para la evaluación como así de los parámetros de primer y segundo orden. Capítulo tres análisis, determinación de la condición actual del sistema eléctrico del centro comercial partiendo de su estado actual,

datos generales, descripción de las instalaciones, principales equipos consumidores de energía, registro histórico de facturación del centro comercial. Capítulo cuarto análisis de calidad de energía en el centro comercial, indicando los efectos del bajo factor de potencia, penalización por bajo factor de potencia y ventajas de la corrección del bajo factor de potencia. Capítulo quinto ahorro de energía en el centro comercial se logra a través de la buena elección de la tarifa, a través de la a través de los cambios en los equipos de iluminación, a través de de la corrección del factor de potencia y el cálculo del banco de condensadores. Capítulo sexto evaluación económica financiera de las mejoras, cálculo de la rentabilidad de inversión y de los parámetros de segundo orden. Conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO I

ANTECEDENTES

1.1 Objetivo

El objetivo principal del estudio consiste en identificar mejoras energéticas, para ahorrar energía eléctrica y costos operativos. Entre las mejoras energéticas se ha identificado la implementación de un banco de condensadores que traen los siguientes beneficios técnicos y económicos:

- a) Reducir o eliminar el consumo de energía reactiva.
- b) Mejorar el voltaje en las barras del tablero principal
- c) Reducir las pérdidas por efecto joule ($i^2 \cdot r$)
- d) Mejorar la vida útil de la instalación
- c) Disminuir el consumo de kwh que se traduce en la disminución de la emisión del monóxido de carbono (CO₂) (protocolo de Kyoto)

1.2 Alcances

Entre los alcances se tiene:

- a) Acopio de información relevante para el estudio, planos eléctricos, copia de facturas eléctricas, lista de equipos de iluminación, fuerza, y otros.
- b) Análisis de la información tales como:
 - Grado de adecuación de planos que ofrece.
 - Análisis del consumo histórico del centro comercial.
- c) Identificar mejoras operativas para ahorrar energía y reducir costos operativos.
- d) Evaluar el impacto de las mejoras identificables.
- e) Análisis económico de rentabilidad de la mejoras.

1.3 Situación inicial

Para el presente informe se realiza un levantamiento completo de la situación actual de las instalaciones eléctricas en el sitio de estudio y la recopilación de información obteniendo de esta manera una visión global de su estado actual.

En el centro comercial se identificará las actividades que se desarrollan en ella, los años de

servicio que tienen las instalaciones eléctricas, la división de las diversas áreas de trabajo y de donde se encuentran abasteciéndose el suministro eléctrico.

1.4 Normativa vigente del Sector Eléctrico

Un usuario comercial como lo es la Galería Mercado Central II establecida como tal, en la Empresa de Distribución Eléctrica Lima Norte S.A.A. debe registrarse a las leyes, reglamentos y regulaciones del Sector Eléctrico Peruano. Se presentan normas legales que se relacionan con este trabajo.

1.4.1 Tarifas eléctricas

La Norma de opciones Tarifarias vigente esta dada a través de la Resolución OSIRNERMING-182-2009-OS-CD, la cual entro en vigencia el 1 de noviembre del 2009.

Es importante señalar que la norma de opciones tarifarias se actualiza cada cuatro años.

1.4.2 Tarifas de suministro

La Tarifa de Suministro, está en función a la ubicación del suministro en los sistemas eléctricos, al nivel de tensión del suministro, la Opción Tarifaria elegida y contratada por el cliente, y según su consumo de potencia y energía registrada mensualmente.

1.4.3 Elección tarifaria

El usuario podrá elegir libremente las opciones tarifarias según su consumo de energía eléctrica. El usuario debe tomar en cuenta el sistema de medición que exige la respectiva opción tarifaria (independientemente de su potencia conectada) y las limitaciones establecidas para las opciones tarifarias (baja tensión, media tensión).

La opción tarifaria elegida por el usuario deberá ser aceptada obligatoriamente por la concesionaria.

Adicionalmente, para la elección tarifaria se debe tener presente el consumo de la energía en horas punta (HP) (entre las 18:00 – 23:00 horas) y fuera de las horas punta (FP) (horas no comprendido en horas punta).

a) Baja Tensión (BT) - inferior a 1000 voltios

Se tiene las siguientes tarifas: BT2, BT3, BT4, BT5A, BT5B y BT6.

b) Media Tensión (MT) - entre 1000 a 30000 voltios

Se tiene las siguientes tarifas: MT2, MT3 y MT 4.

1.4.4 Opciones tarifarias

Las diferentes opciones tarifarias para usuario regulados se muestran en las siguientes tablas para clientes: de Media Tensión y de Baja Tensión.

Tabla No.1.1: Opciones tarifarias - Clientes Media Tensión

Opción	Medición del suministro	Cargos de facturación
MT2	<p>Medición de dos energías activas y dos potencias activas 2E2P</p> <p>Energía: Punta y fuera de punta Potencia: Punta y fuera de punta</p>	<p>a) Cargo fijo mensual</p> <p>b) Cargo por energía activa en horas de punta</p> <p>c) Cargo por energía activa en horas fuera de punta</p> <p>d) Cargo por potencia en horas de punta</p> <p>e) Cargo por exceso de potencia en horas fuera de punta</p> <p>f) Cargo por energía reactiva</p>
MT3	<p>Medición de dos energías activas y una potencia activa 2E1P</p> <p>Energía. Punta y fuera de Punta Potencia. Máxima al mes</p> <p>Calificación de potencia: P: Cliente presente en punta FP: Cliente presente en fuera de punta</p>	<p>a) Cargo fijo mensual</p> <p>b) Cargo por energía activa en horas de punta</p> <p>c) Cargo por energía activa en horas fuera de punta</p> <p>d) Cargo por potencia</p> <p>e) Cargo por energía reactiva</p>
MT4	<p>Medición de una energía activa y una potencia activa</p> <p>1E1P</p> <p>Energía. Total del mes Potencia: Máxima del mes</p> <p>Calificación de potencia: P: Cliente presente en punta FP: Cliente presente en fuera de punta</p>	<p>a) Cargo fijo mensual</p> <p>b) Cargo por energía activa</p> <p>c) Cargo por potencia</p> <p>d) Cargo por energía reactiva</p>

Tabla No.1.2: Opciones tarifarias - Clientes Baja Tensión

Opción	Medición del suministro	Cargos de facturación
BT2	<p>Medición de dos energías activas y dos potencias activas 2E2P</p> <p>Energía: Punta y fuera de punta Potencia: Punta y fuera de punta</p>	<p>a) Cargo fijo mensual b) Cargo por energía activa en horas de punta c) Cargo por energía activa en horas fuera de punta d) Cargo por potencia en horas de punta e) Cargo por exceso de potencia en horas fuera de punta f) Cargo por energía reactiva</p>
BT3	<p>Medición de dos energías activas y una potencia activa 2E1P</p> <p>Energía. Punta y fuera de punta Potencia. Máxima al mes</p> <p>Calificación de potencia: P: Cliente presente en punta FP: Cliente presente en fuera de punta</p>	<p>a) Cargo fijo mensual b) Cargo por energía activa en horas de punta c) Cargo por energía activa en horas fuera de punta d) Cargo por potencia e) Cargo por energía reactiva</p>
BT4	<p>Medición de una energía activa y una potencia activa</p> <p>1E1P</p> <p>Energía. Total del mes Potencia: Máxima del mes</p> <p>Calificación de potencia: P: Cliente presente en punta FP: Cliente presente en fuera de punta</p>	<p>a) Cargo fijo mensual b) Cargo por energía activa c) Cargo por potencia d) Cargo por energía reactiva</p>
BT5	<p>Medición de energía activa total 1E</p>	<p>a) Costo fijo mensual b) Cargo por energía activa</p>
BT6	<p>Exclusivamente para casos especiales</p> <p>1P</p>	<p>a) Costo fijo mensual b) Cargo por potencia activa</p>

CAPITULO II

MARCO TEORICO CONCEPTUAL

2.1 Compensación de Potencia Reactiva

2.1.1 Conceptos básicos

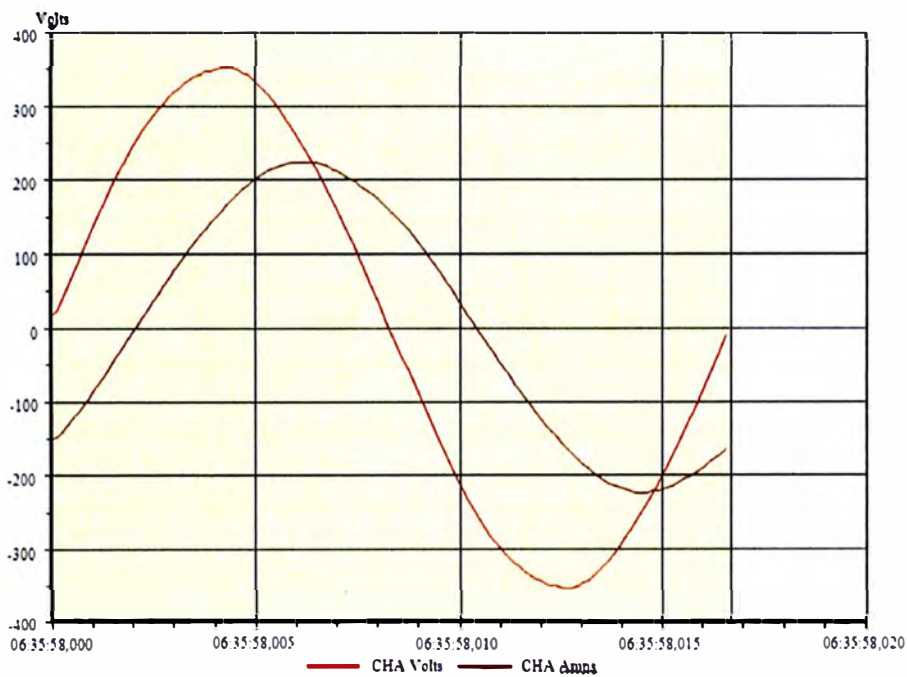


Fig. 2.1 Tensión y corriente instantáneas

Cargas en los Sistemas Eléctricos

- Resistivas
- Inductivas
- Capacitivas

Cargas de tipo resistivo

- Hornos eléctricos.
- Calefactores-
- Planchas
- Alumbrado incandescente
- Calentadores de agua

Cargas de tipo inductivo

- Transformadores
- Motores de inducción
- Alumbrado fluorescente
- Máquinas soldadoras

Cargas de tipo capacitivo

- Banco de condensadores
- Condensadores síncronos
- Motores síncronos

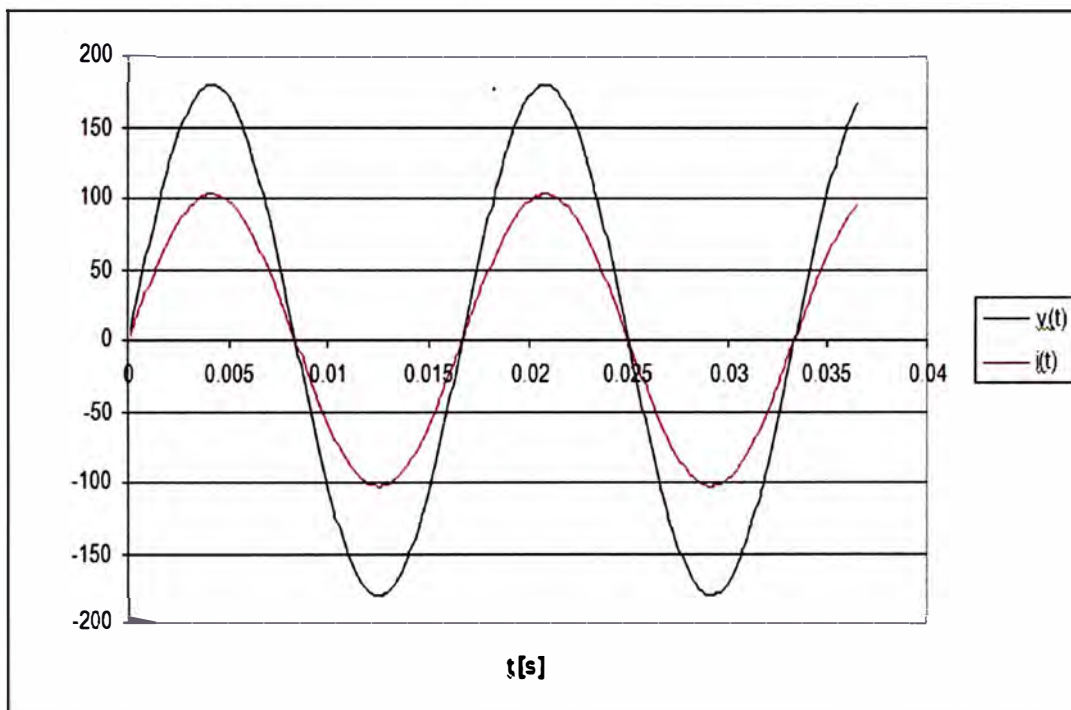


Fig. 2.2 Tensión y corriente instantánea en una carga resistiva

Fasores de una Carga Resistiva

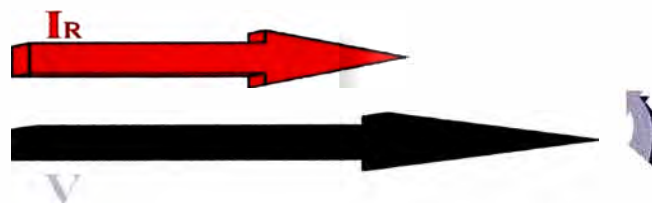


Fig. 2.3 Fasores: tensión y corriente de carga resistiva

En general sería enojoso manejar continuamente valores instantáneos en forma de ecuaciones de ondas. Un medio más conveniente consiste en emplear un método vectorial de representación de estas ondas sinusoidales. Los Vectores o rectas dotadas de sentido, utilizadas para representar sinusoidalmente cantidades variables en función del tiempo se llaman fasores.

Carga Inductiva:

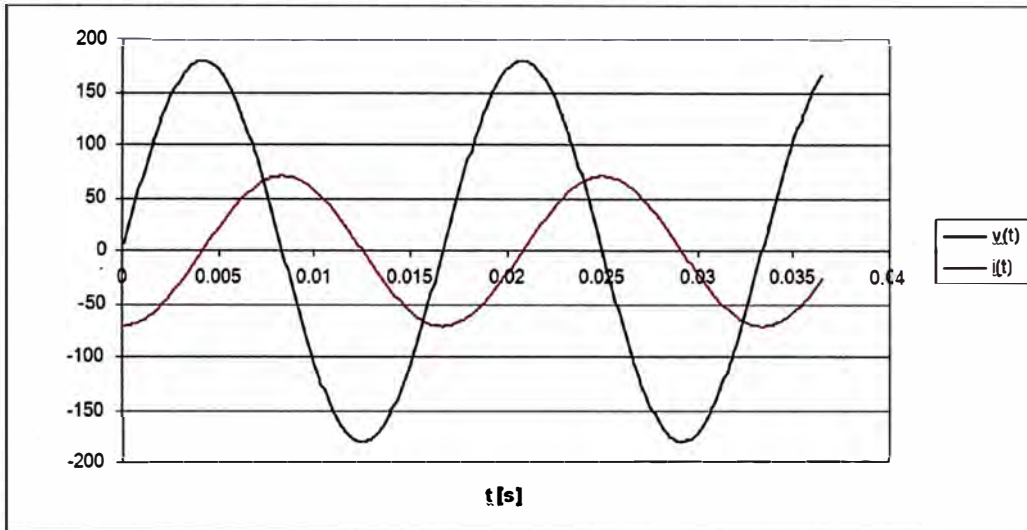


Fig. 2.4 Tensión y corriente instantánea en una carga inductiva

Fasores de una Carga Inductiva

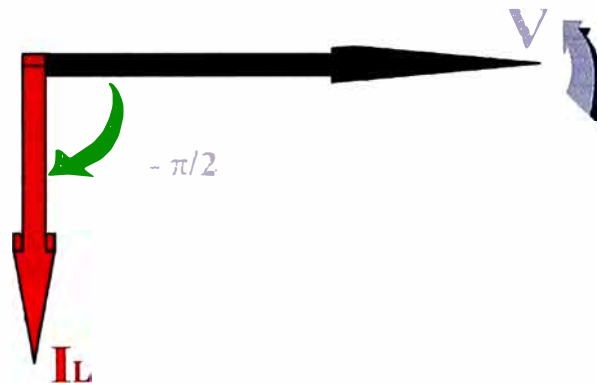


Fig. 2.5 Fasores: tensión y corriente de una carga inductiva

Carga Capacitiva

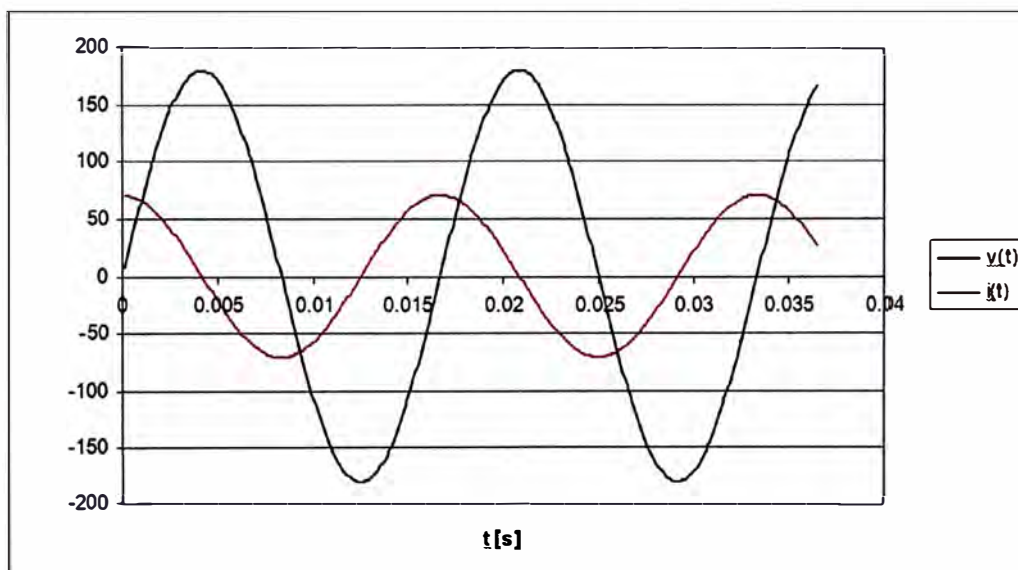


Fig. 2.6 Tensión y corriente instantánea en una carga capacitiva

Fasores de una Carga Capacitiva

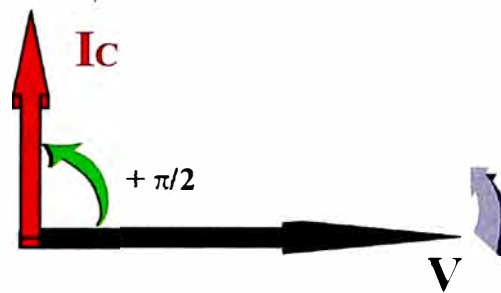


Fig.2.7 Fasores: tensión y corriente de una carga capacitiva

Potencia instantánea en un resistor

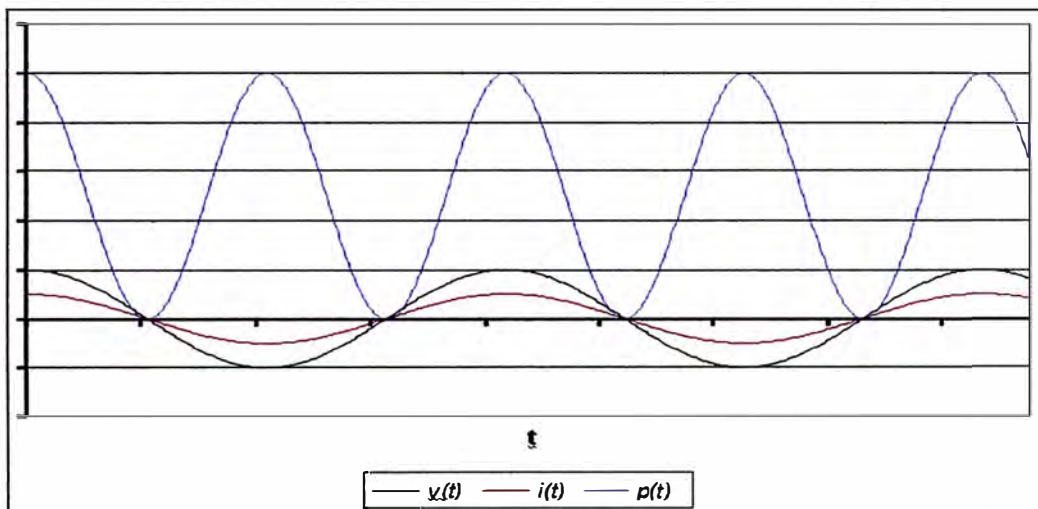
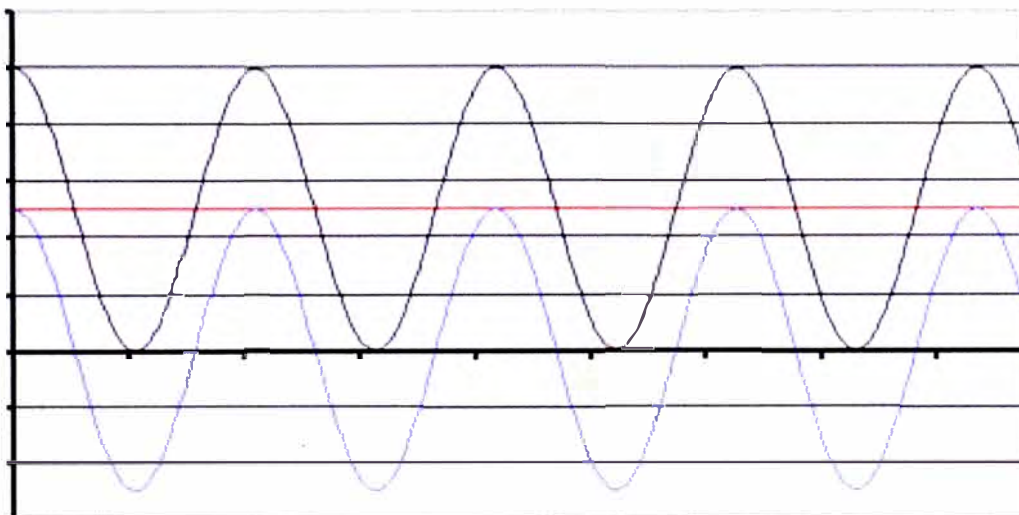


Fig.2.8 Potencia, tensión y corriente instantáneas en un resistor

$$P(t) = \frac{1}{2} V_p I_p + \frac{1}{2} V_p I_p \cos(2\omega t) = V_{\text{rms}} I_{\text{rms}} \cos(2\omega t) \quad (2.1)$$



$$P(t) = \frac{1}{2} V_p I_p = V_{\text{rms}} I_{\text{rms}} + \frac{1}{2} V_p I_p \cos(2\omega t) = V_{\text{rms}} I_{\text{rms}} \cos(2\omega t)$$

Fig. 2.9 Componentes de la potencia instantánea en un resistencia

Comportamiento de la Potencia Instantánea en un resistor

- Es pulsante

- Es unidireccional.
- Siempre va de la fuente hacia la resistencia (carga).
- Su valor promedio es $I_{rms} V_{rms}$

Potencia Instantánea en un inductor.

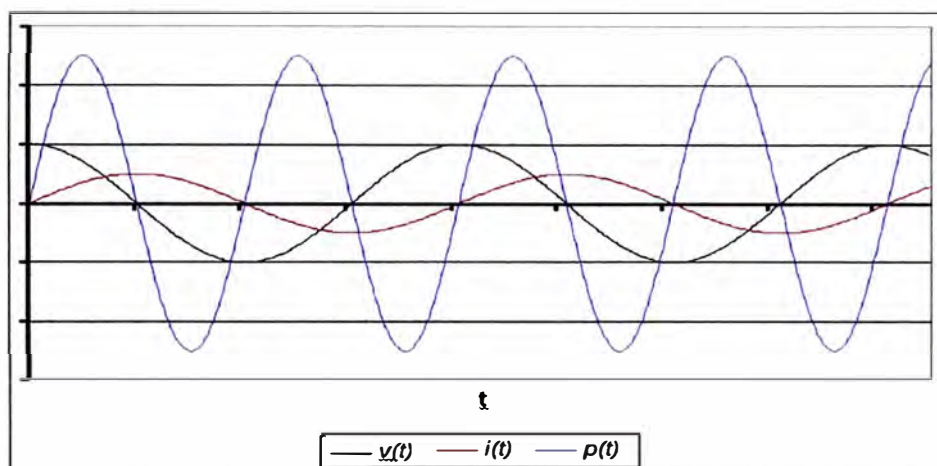


Fig. 2.10 Potencia. Tensión y corriente instantánea en un inductor

$$P(t) = \frac{1}{2} V_p I_p \sin(2\omega t) = V_{rms} I_{rms} \sin(2\omega t) \quad (2.2)$$

Comportamiento de la potencia instantánea en un inductor

- Es pulsante.
- Es bidireccional.
- Va de la fuente hacia a la carga y de la carga hacia la fuente.
- Su valor promedio es cero.

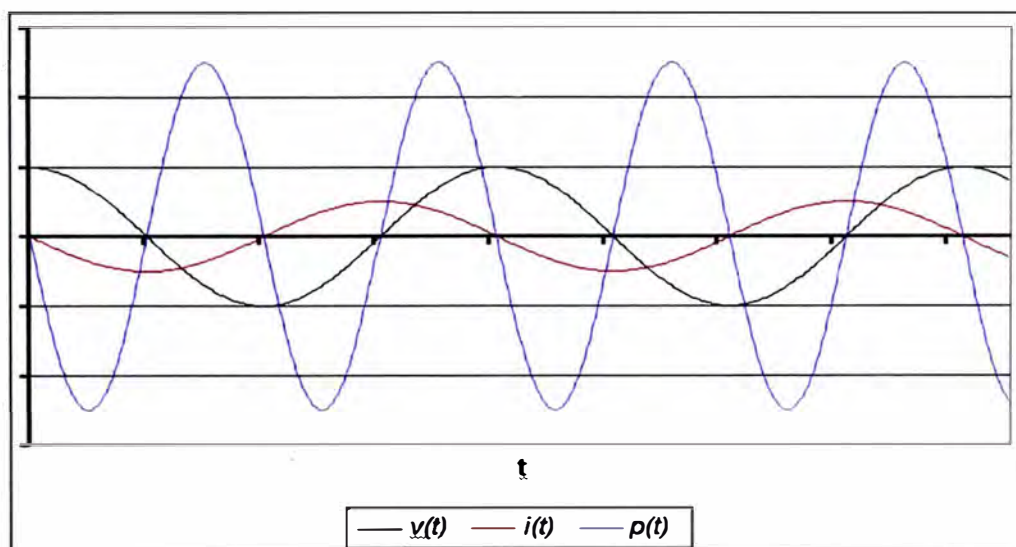


Fig. 2.11 Potencia, tensión y corriente instantánea en un capacitor

$$P(t) = -\frac{1}{2} V_p I_p \sin(2\omega t) = -V_{rms} I_{rms} \sin(2\omega t) \quad (2.3)$$

Comportamiento de la potencia instantánea en un capacitor

- Es pulsante.
- Es bidireccional.
- Va de la carga hacia la fuente y de la fuente hacia la carga
- Su valor promedio es cero

Potencia en resistores, inductores y capacitores

- En una resistencia la potencia va de la fuente hacia el elemento.
- En un inductor y un capacitor la potencia fluctúa entre los elementos y la fuente.
- La potencia instantánea en un inductor es de signo opuesto a la potencia instantánea en un capacitor.

Potencia en resistores, inductores y capacitores

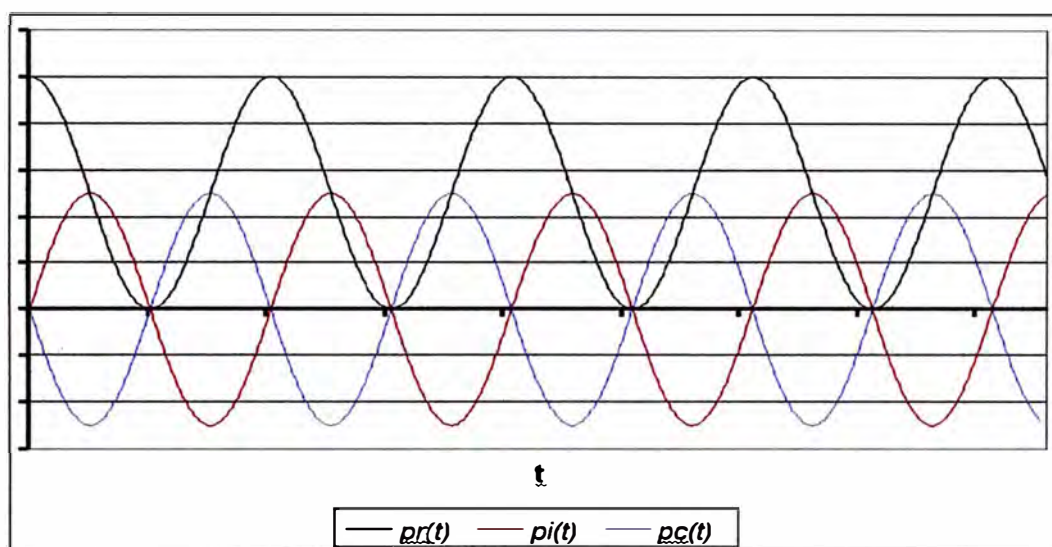


Fig. 2.12 Potencia instantánea en resistores inductores y capacitores

Carga resistiva - inductiva

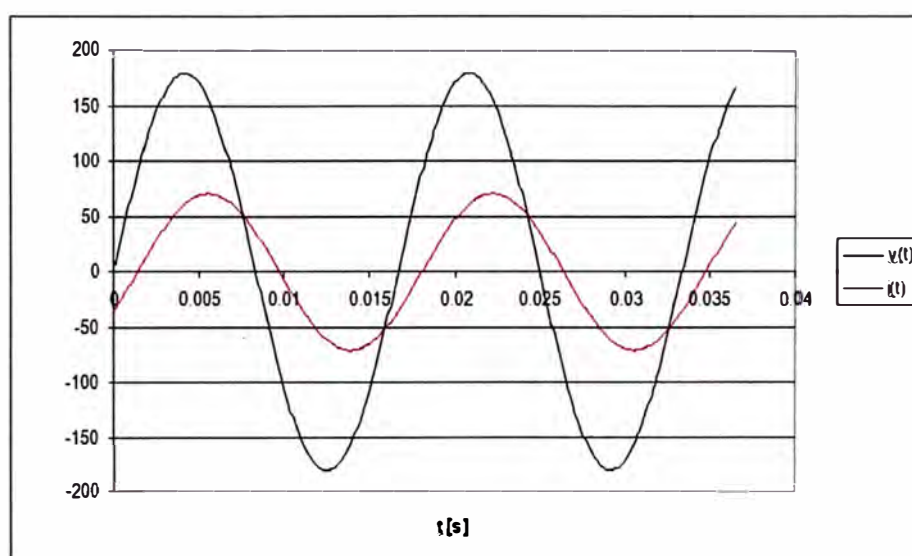


Fig.2.13 Tensión y corriente instantánea en una carga resistiva – inductiva

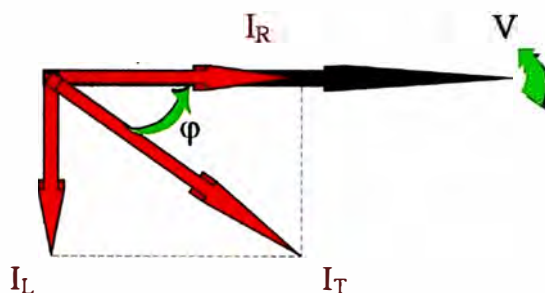


Fig. 2.14 Fasores de una carga resistiva – inductiva

Corriente de una carga resistiva - inductiva

- Tiene una componente de la corriente en fase con el voltaje.
- Tiene una componente de la corriente atrasada 90° (fuera de fase) con el voltaje.
- La corriente es la suma fasorial de las dos componentes.

Potencia instantáneo en un circuito resistivo – capacitivo

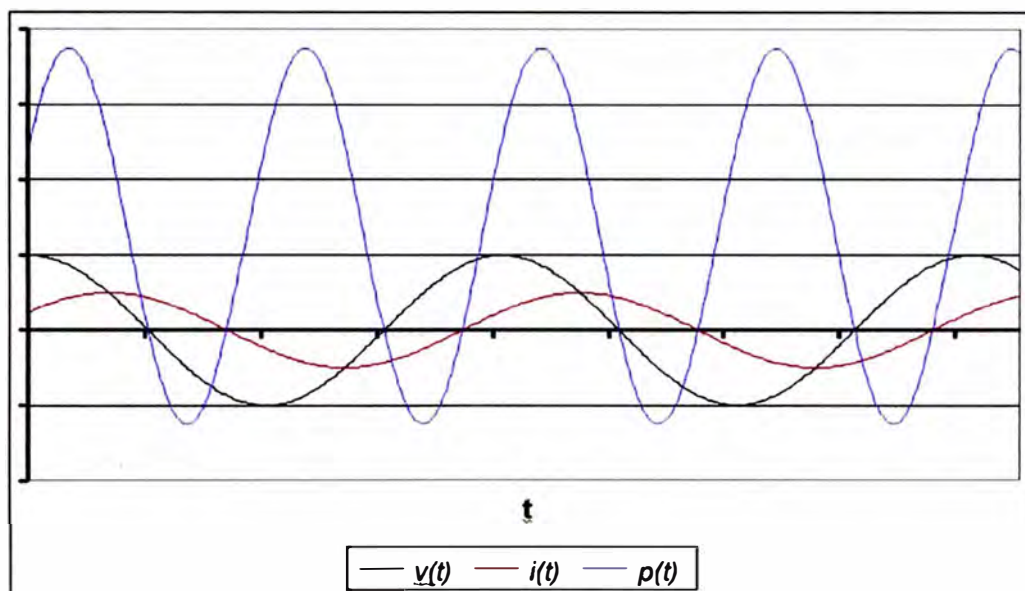


Fig. 2.15 Potencia instantáneo en un circuito resistivo – capacitivo

$$P(t) = V_{\text{rms}} I_{\text{rms}} \cos(\varphi) \cos(2\omega t) + V_{\text{rms}} I_{\text{rms}} \sin(\varphi) \sin(2\omega t) \quad (2.4)$$

Comportamiento de la potencia instantánea en un circuito resistivo inductivo

- El valor promedio de la componente resistiva de la potencia instantánea es:

$$P = V_{\text{rms}} I_{\text{rms}} \cos(\varphi) \quad (2.5)$$

- La amplitud de la componente inductiva de la potencia instantánea es:

$$Q = V_{\text{rms}} I_{\text{rms}} \sin(\varphi) \quad (2.6)$$

Tipos de potencia

▪ Potencia Activa (P):

- Es la potencia capaz de desarrollar trabajo útil.
- Es motivado también por dispositivos de tipo resistivo.

- La origina la componente de la corriente que está en fase con el voltaje..
- Sus unidades son kW o MW.
- Se calcula como:

$$P = V_{\text{rms}} I_{\text{rms}} \cos(\varphi). \quad (2.7)$$

▪ **Potencia Reactiva (Q):**

- Genera campos magnéticos y campos electricos.
- Es originada por dispositivos tipo inductivo y de tipo capacitivo.
- La origina la componente de la corriente que esta a 90° con el voltaje, en adelante o en atraso.
- Sus unidades son kVAR o MVAR.
- Se calcula como:

$$Q = V_{\text{rms}} I_{\text{rms}} \text{sen}(\varphi). \quad (2.8)$$

▪ **Potencia Aparente (S):**

- Es la potencia total que requiere la carga.
- Es la potencia total que puede entregar generadores, transformadores y UPS.
- Se obtiene por medio de la suma vectorial de la potencia activa y reactiva.
- Con esta potencia los equipos eléctricos alcanzan su calentamiento máximo permisible.
- Sus unidades son los kVA o MVA
- Se calcula como:

$$S = V_{\text{rms}} I_{\text{rms}} \quad (2.9)$$

Representación vectorial de la potencia

- La potencia activa P, por originarse por la componente resistiva, es un vector a cero grados.



Fig. 2.16 Vectores: Potencia y tensión de una carga resistiva.

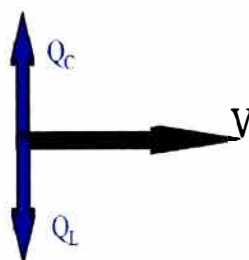


Fig. 2.17 Vectores de la potencia reactiva de componente inductiva y capacitiva

- La potencia reactiva Q , por originarse por la componente inductiva o capacitiva, es un vector a 90° en atraso o en adelanto, respectivamente..
- La potencia aparente S , por ser la potencia total es un vector resultante de sumar la potencia activa y la potencia reactiva.

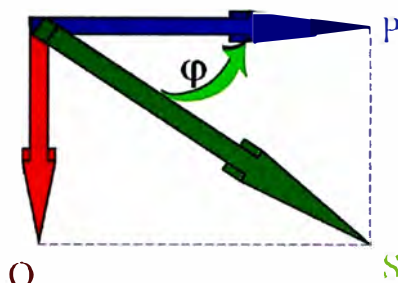
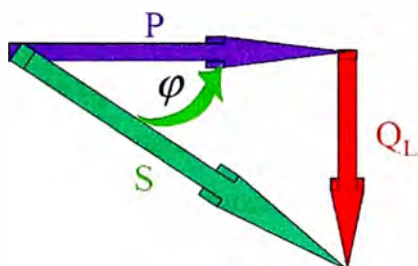


Fig. 2.18 Vector de la potencia aparente resultante de la suma de potencias: activa y reactiva

Triángulo de potencias

Se forma por las representaciones vectoriales de la potencia activa P , la potencia reactiva Q y la potencia aparentes.



$$P = V_{\text{rms}} I_{\text{rms}} \cos(\varphi) \quad (2.10)$$

$$Q = V_{\text{rms}} I_{\text{rms}} \text{sen}(\varphi) \quad (2.11)$$

$$S = V_{\text{rms}} I_{\text{rms}} \quad (2.12)$$

Fig. 2.19 Representación vectorial del triángulo de potencias

Factor de potencia

- Es la relación de la potencia activa P con la potencia aparente S .

$$fd = P/S \quad (2.13)$$

- Es la porción de potencia que se transforma en trabajo útil (P) de la potencia total (S) requerida por la carga.

- Bajo condiciones de voltajes y corrientes sinodales el factor de potencia es:

$$fd = \cos(\varphi) \quad (2.14)$$

- Los resistores tienen factor de potencia unitario.

$$fd_R = 1$$

- Los inductores tienen factor de potencia cero.

$$fp_L = 0$$

- Los capacitores tienen factor de potencia cero.

$$fp_C = 0$$

- Las cargas de tipo resistivo – inductivo tienen un factor de potencia entre cero y uno.

$$0 < \text{fd}_{\text{RL}} < 1$$

- El factor de potencia de las cargas de tipo resistivo – inductivo está en atraso y se denomina de tipo inductivo
- El factor de potencia de las cargas de tipo resistivo - capacitivo está en adelanto y se denomina tipo capacitivo.

Corrección del factor de potencia

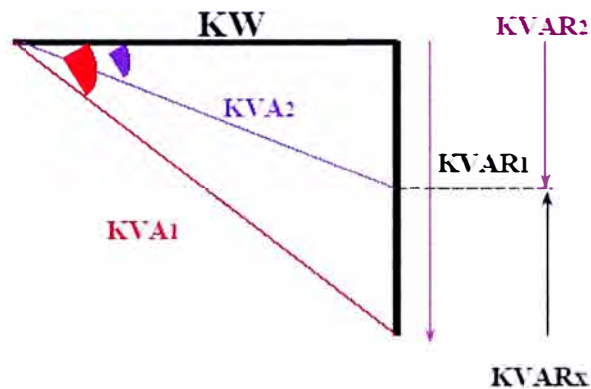


Fig. 2.20 Grafica de la corrección del factor de potencia

Cargas típicas en la industria y comercio

- Transformadores.
- Motores de inducción
- Reguladores
- Aire acondicionado
- Equipo electrónico
- Soldadoras.
- Hornos de inducción
- Balastos
- Alumbrado fluorescente
- Variadores de velocidad

Cargas típicas con factor de potencia inductivo

- Transformadores
- Motores de inducción
- Aires acondicionados
- Soldadores.
- Hornos de inducción
- Balastos

- Variadores de velocidad

Tabla 2.1 Factores de potencia típicos de la industria y el comercio.

Textil	0.65 = 0.75	Hoteles	0.75 – 0.94
Química	0.65 – 0.75	Bancos	0.96 – 0.99
Maquinaria	0.40 = 0.65	Periódicos	0.79 = 0.95
Soldadoras de arco	0.35 = 0.90	Planta de corrugados	0.82 = 0.98
Hornos de Arco	0.70 = 0.90	Oficinas de Serv. Emergencia	0.80 0.97
Hornos de Inducción	0.15 = 0.40	Centros Comerciales	0.80 = 0.95

Efecto principal del bajo factor de potencia.

- Aumento de la potencia aparente.
- Incremento de la corriente.

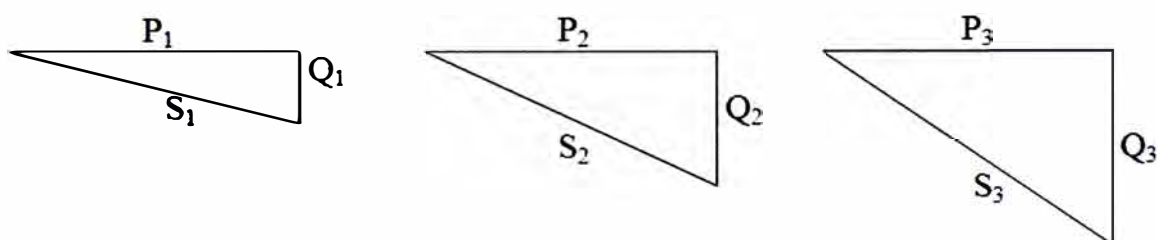


Fig.2.21 Efectos del factor de potencia

Potencia en una carga resistiva – inductiva

- Muchos equipos eléctricos requieren potencia activa y reactiva para funcionar

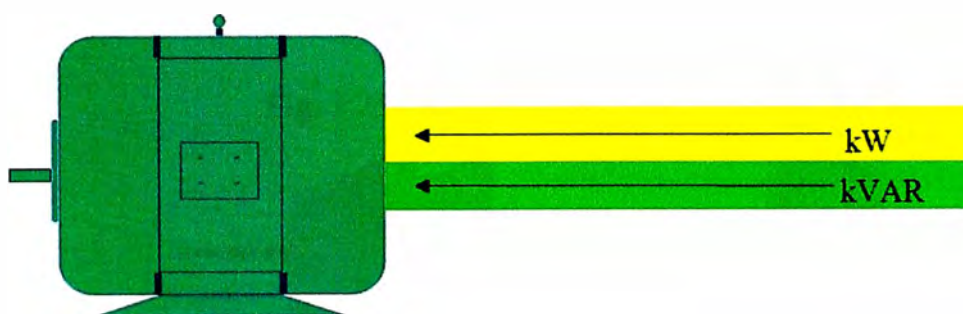


Fig. 2.22 El motor necesita potencia activa y reactiva para funcionar

Problemas que ocasionan el bajo FP de los usuarios a las suministradoras

- Mayor consumo de corriente de los usuarios.
- Instalaciones utilizadas a una fracción de su capacidad.
- Mayores pérdidas eléctricas y caída de tensión en alimentadores.
- Necesidad de invertir en instalaciones adicionales para satisfacer los aumentos de carga.

Medios de corregir el factor de potencia

- Banco de Capacitores.
- Motores síncronos
- Condensadores síncronos.
- Compensadores estáticos de VARS.

Corrección de factor de potencia mediante banco de capacitores

- Casi siempre son el medio más económico.
- Se pueden fabricar en configuraciones distintas
- Son muy sensibles a las armónicas presentes en la red

Definiciones básicas de un capacitor

- Capacitor: dispositivo que almacena energía en forma de campo eléctrico formado por placas conductoras aisladas y separadas por un dieléctrico.
- Capacitor: dispositivo formado por un conjunto de dieléctrico y electrodos dentro de un recipiente con terminales, capaz de aportar capacitancia a un circuito eléctrico. (NMX-J-203).

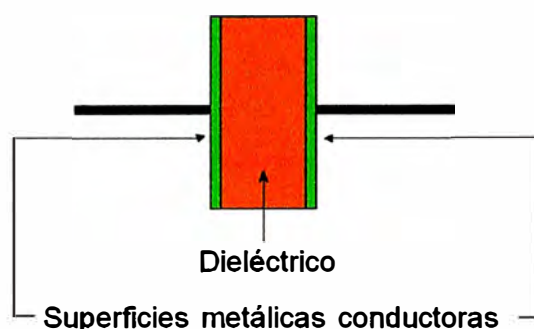


Fig. 2.23 Representación típica de un capacitor

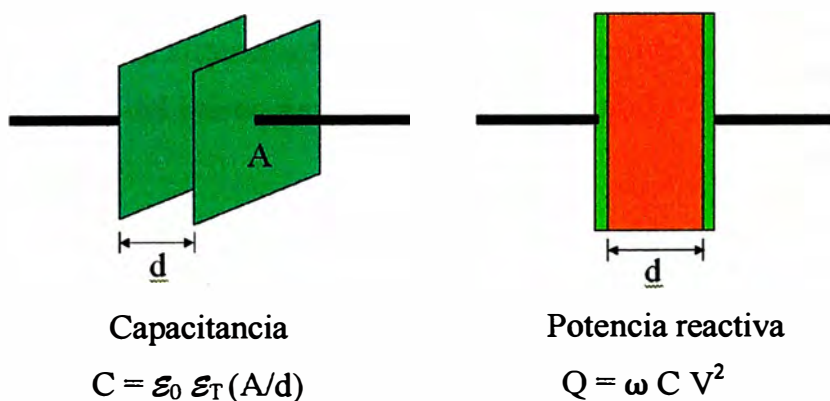


Fig. 2.24 Expresiones básicas de un capacitor

¿Cómo realizar la corrección del FP con bancos de capacitores?

Se conecta en derivación para aportar la potencia reactiva ($kVAR_C$) que antes aportaba la

empresa suministradora

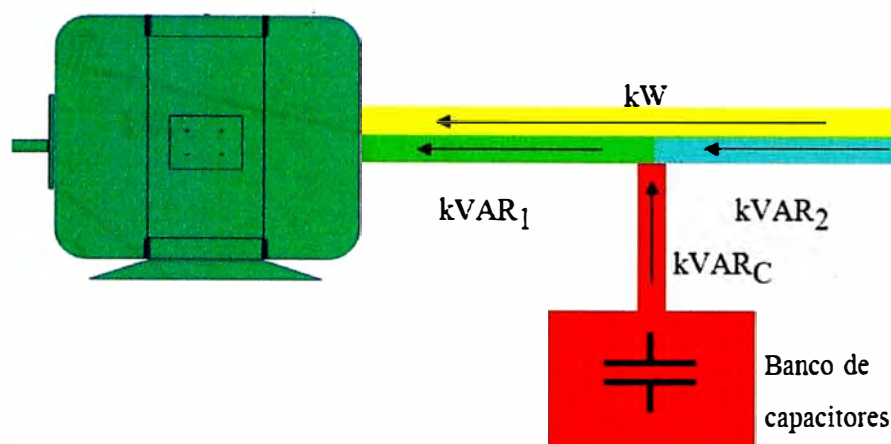


Fig. 2.25 Carga y banco de condensadores.

Primer planteamiento analítico para la corrección del factor de potencia

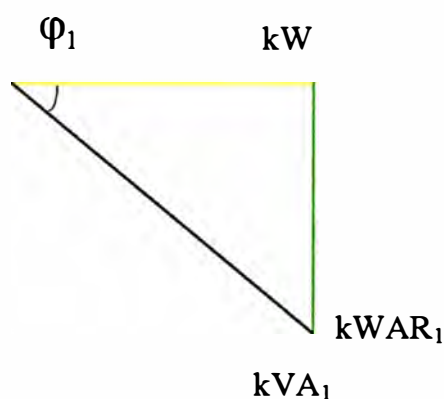


Fig. 2.26 Condición del sistema eléctrico antes de efectuar la corrección

Segundo planteamiento analítico para la corrección del factor de potencia

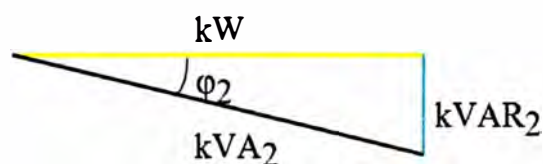


Fig. 2.27 Condición del sistema eléctrico después de efectuar la corrección

Cálculo de la potencia del banco de capacitores por fórmula

En la primera condición:

$$kVAR_1 = kW \times \tan(\varphi_1) \quad (2.16)$$

En la segunda condición:

$$kVAR_2 = kW \times \tan(\varphi_2) \quad (2.17)$$

La potencia del banco de capacitores $kVAR_C$: es la diferencia de las potencias reactivas antes y después de la corrección.

$$\begin{aligned} kVAR_C &= kVAR_1 - kVAR_2 \\ kVAR_C &= kW \times (\tan(\varphi_1) - \tan(\varphi_2)) \end{aligned} \quad (2.18)$$

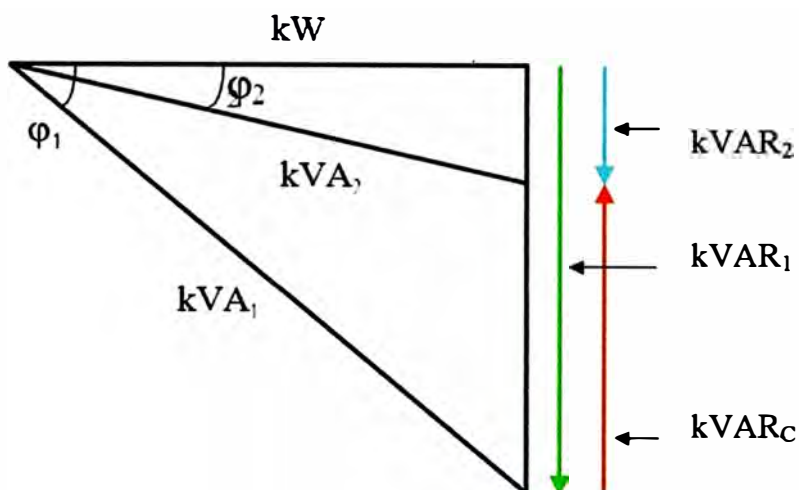


Fig. 2.28 Grafica de las potencias condición: 1. 2 y del banco de condensadores

La potencia requerida por el banco de capacitores $kVAR_C$ es como sigue

$$kVAR_C = kW \left(\frac{\sqrt{1 - fp_1^2}}{fp_1} - \frac{\sqrt{1 - fp_2^2}}{fp_2} \right) \quad (2.19)$$

Cálculo de la potencia del banco de capacitores por tablas

Tabla 2.2 Valores de K para cada factor de potencia

FACTOR DE POTENCIA INICIAL	FACTOR DE MULTIPLICADOR DE LOS kW DE LA CARGA PARA ELEVAR EL FACTOR DE POTENCIA							
	1.00	0.98	0.94	0.9	0.86	0.85	0.82	0.80
0.50	1.732	1.529	1.369	1.248	1.139	1.112	1.034	0.982
0.54	1.559	1.356	1.196	1.074	0.9650	0.939	0.861	0.809
0.58	1.403	1.201	1.042	0.920	0.811	0.785	0.707	0.655
0.60	1.333	1.130	0.970	0.849	0.740	0.714	0.635	0.583
0.66	1.138	0.935	0.775	0.654	0.545	0.519	0.440	0.388
0.70	1.020	0.817	0.657	0.536	0.427	0.400	0.322	0.270
0.74	0.909	0.706	0.546	0.425	0.316	0.289	0.211	0.159
0.78	0.802	0.599	0.439	0.318	0.209	0.183	0.104	0.052
0.80	0.750	0.547	0.387	0.266	0.157	0.130	0.520	0.000
0.82	0.698	0.495	0.335	0.214	0.105	0.078	0.000	
0.84	0.646	0.443	0.283	0.162	0.530	0.026		
0.88	0.540	0.337	0.177	0.055	0.000			
0.90	0.484	0.281	0.121	0.000				

Beneficios por corregir el factor de potencia

- Evitar el pago de cargos.

$$\text{Cargo} = \text{Facturación} \times (\frac{1}{\text{fp}} - 1) \quad (2.20)$$

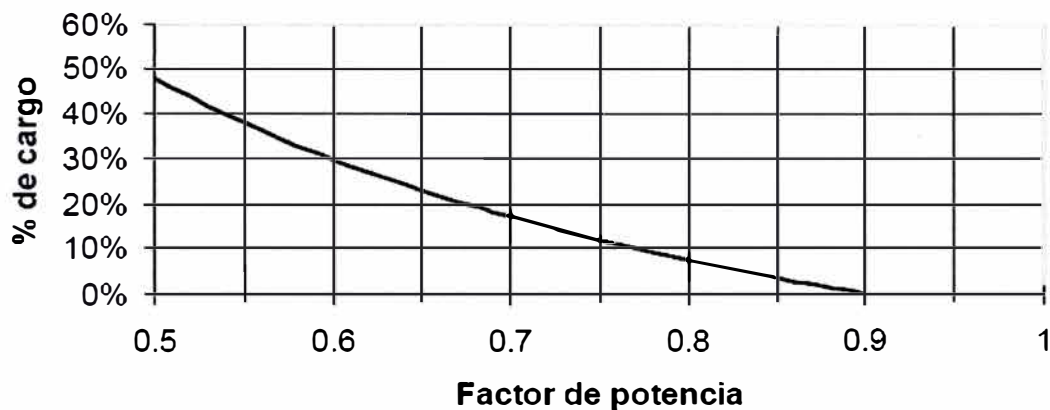


Fig. 2.29 Gráfica del porcentaje de cargo por bajo factor de potencia

- Obtener bonificación.

$$\text{Bonificación} = \text{Facturación} \times (1 - \frac{1}{\text{fp}}) \quad (2.21)$$

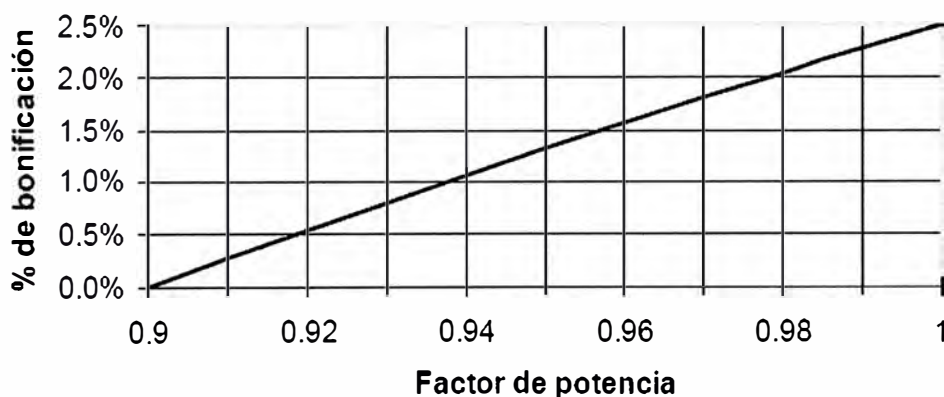


Fig. 2.30 Gráfica del Porcentaje de bonificación por alto factor de potencia

- Liberación de potencia en el transformador y en la instalación.

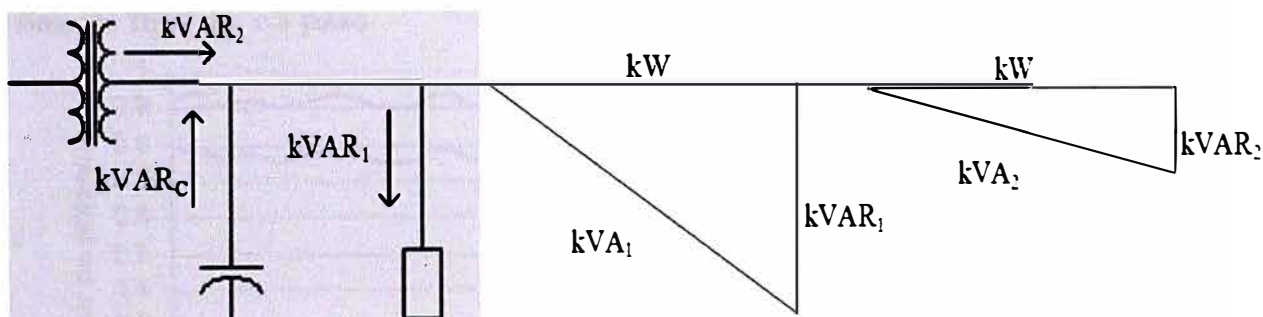


Fig. 2.31 El transformador, la carga y la representación gráfica de las potencias.

$$kVA_L = kVA_1 - kVA_2 = kW_x \left(\frac{1}{fp_1} - \frac{1}{fp_2} \right) \quad (2.22)$$

- Reducción de corriente en alimentadores

$$I_1 = \frac{kW}{\sqrt{3}kV_L \times fp_1} \quad (2.23)$$

$$I_2 = \frac{kW}{\sqrt{3}kV_L \times fp_2} \quad (2.24)$$

$$\text{Reducción de corriente} = I_1 - I_2 \quad (2.25)$$

- Reducción de pérdidas en alimentadores.

$$P_1 = R \quad (2.26)$$

$$P_2 = R \quad (2.27)$$

$$\text{Reducción de pérdidas} = P_1 - P_2 \quad (2.28)$$

- Reducción de la caída de tensión.

$$V_1 = I_1 R \quad (2.29)$$

$$V_2 = I_2 R \quad (2.30)$$

$$\text{Reducción de caída de tensión} = V_1 - V_2 \quad (2.31)$$

$$\text{Porcentaje de disminución de la caída de tensión } \Delta V_{\%} = \frac{V_1 - V_2}{V_1} \quad (2.32)$$

Criterio para la selección de un banco de capacitores

- Bancos fijos: factor de potencia constante.
- Bancos automáticos: factor de potencia variable y valor máximo superior a 0.90.
- Bancos híbridos: factor de potencia variable y valor máximo inferior a 0.90.
- Bancos ultrarrápidos: factor de potencia con variaciones grandes en intervalos pequeños de tiempo.
- Bancos de un paso: factor de potencia constante y se requiere la conexión y desconexión del banco de carga.

Bancos fijos de un paso

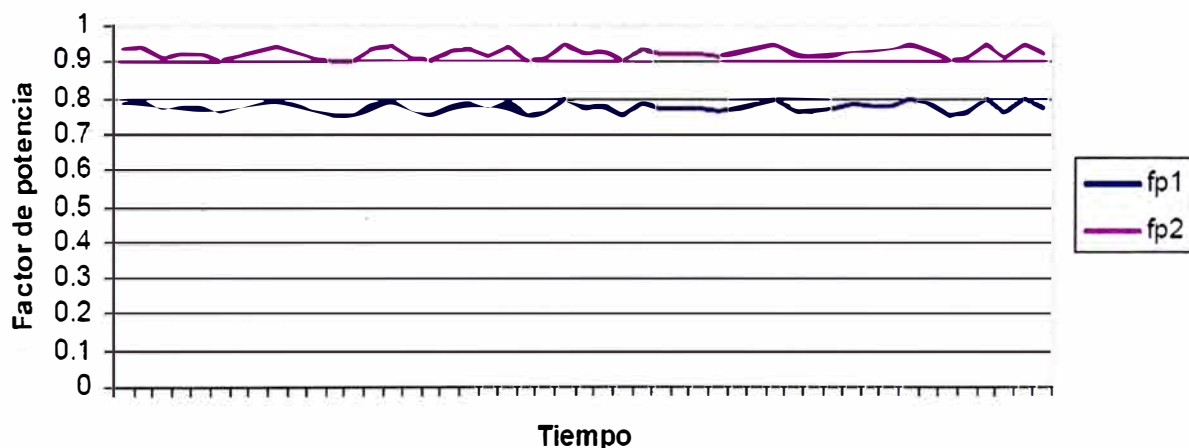


Fig. 2.32 Diagrama del comportamiento del factor de potencia en banco fijo de un paso

- **Bancos automáticos**

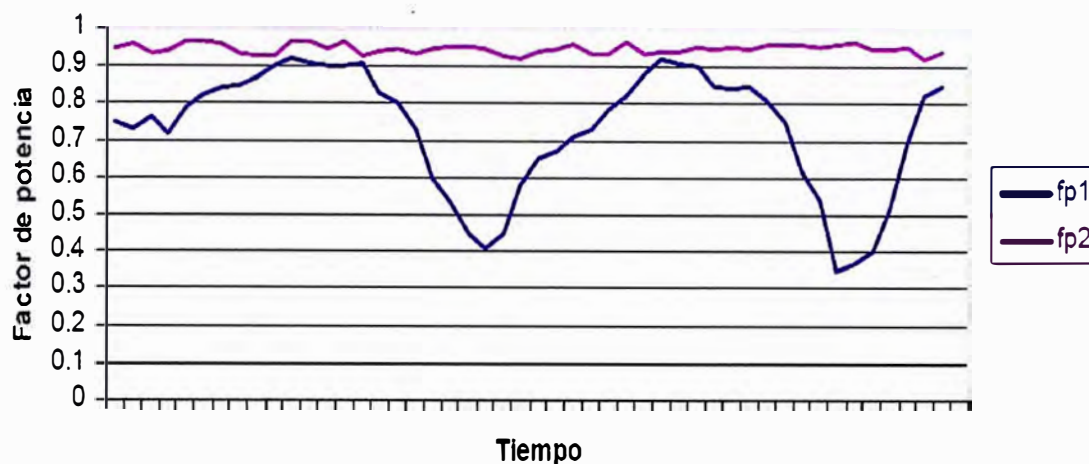


Fig. 2.33 Diagrama de comportamiento del factor de potencia en un banco automático

- **Bancos híbridos.**

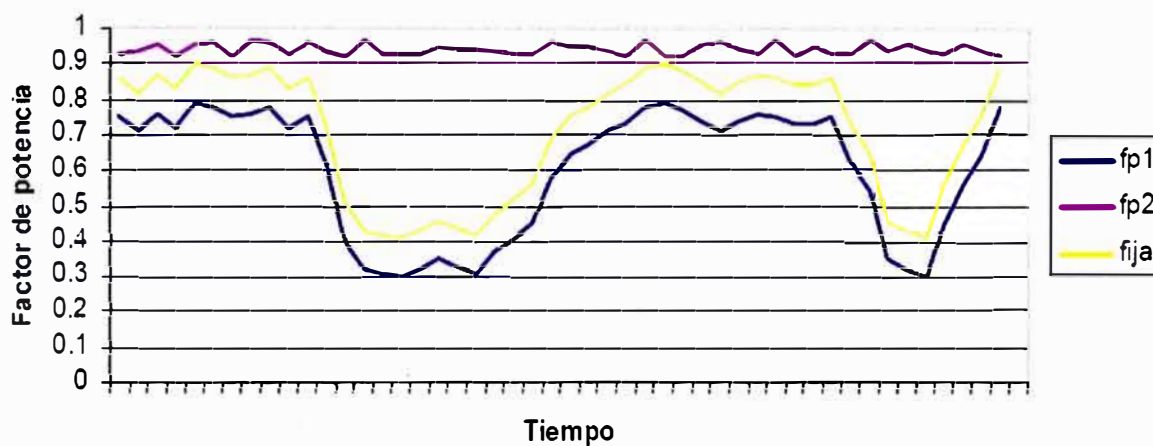


Fig. 2.34 Diagrama del comportamiento del factor de potencia en un banco híbrido

Esquemas de compensación

- **Flujo de potencia activa y reactiva.**

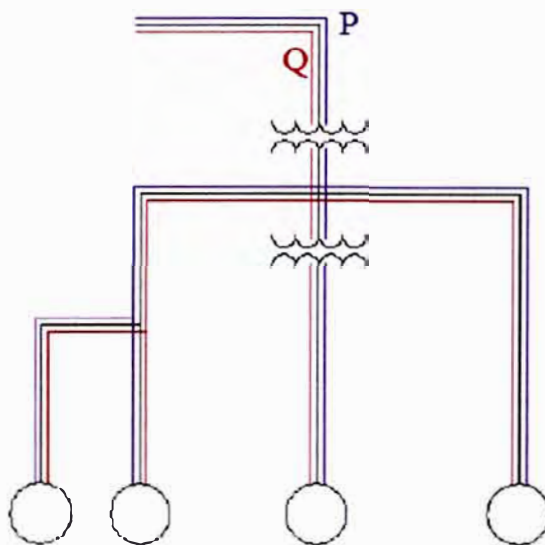


Fig. 2.35 Esquema de compensación donde se indica el flujo de potencia activa y reactiva

▪ **Compensación individual**

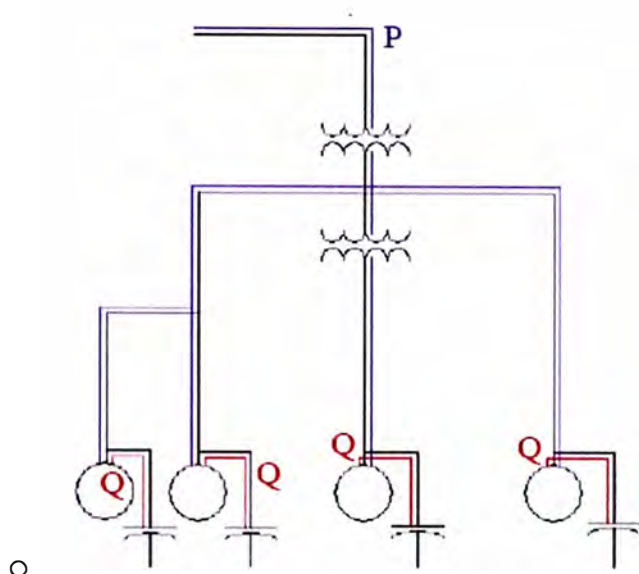


Fig.2.36 Esquema de compensación individual donde se muestra el flujo de potencias

Ventajas:

- Distribuida en las cargas que lo requieren.
- Liberación del sistema a partir del punto de conexión
- Menor caída de tensión.

– Desventajas:

- Costo elevado.
- Menor factor de potencia de utilización

▪ **Compensación combinada.**

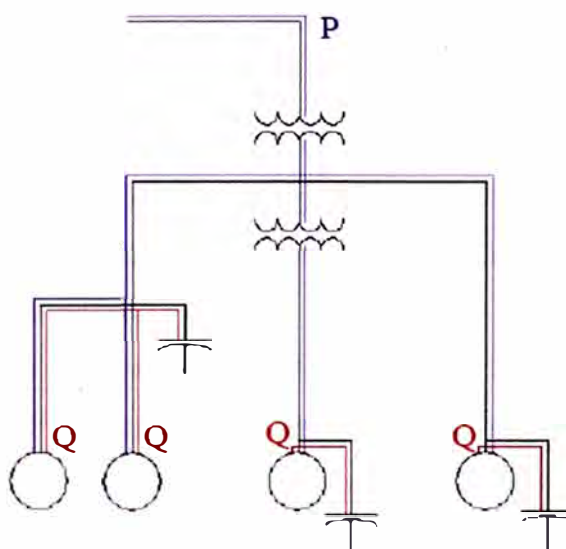


Fig.2.37 Esquema de compensación combinada donde se muestra el flujo de potencias,

– Ventajas:

- Más económico que el esquema individual.
- Requiere de menos unidades
- Mas sencillo de supervisar que el esquema individual.
- Desventajas:
 - Menor liberación del sistema con respecto al esquema individual.
- **Compensación central (baja tensión).**

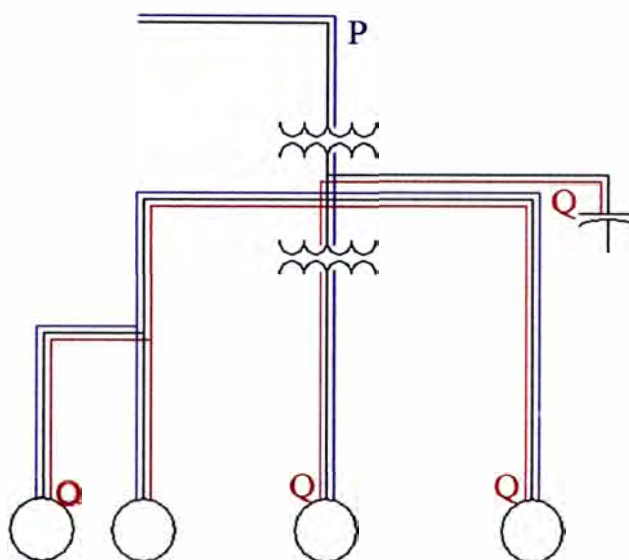


Fig.2.38 Esquema de compensación central donde se muestra el flujo de potencias.

Ventajas:

- Factor de potencia de utilización mayor.
- Supervisión fácil.
- Mejor tensión en la instalación en general.
- Mas económico que el esquema central en baja tensión.

Desventajas:

- Elevación de voltaje en el sistema al disminuir la potencia reactiva.
- Potencia reactiva en el sistema de BT incluyendo el transformador principal

2.2 Evaluación económica de las inversiones en eficiencia energética

Cuantificación de Ahorro de energía

Los consumos energéticos forman parte significativa en la estructura de los costos de producción por ser recursos costosos y escasos, para ello es indispensable realizar continuas evaluaciones energéticas en los procesos y equipos para determinar áreas de uso ineficiente de energía y proponer su optimización.

2.2.1 Definiciones básicas para la evaluación económica:

I: Costo de la inversión, incluye la mano de obra y materiales necesarios para dejar

el equipo instalado (US\$).

M: Costo anual de mantenimiento y operación del equipo (US\$)

R: Reducción anual del consumo (kwh/a, gal/a) obtenido con el equipo por objeto de la auditoria

P: Precio actual del combustible o electricidad (US\$/ton, gal, kWh).

P': Precio medio previsto del combustible o electricidad a lo largo de la vida útil prevista del equipo (US\$/ton, gal, kWh).

V: Vida útil estimada del equipo.

A: Ahorro anual neto. este ahorro es la diferencia entre el ahorro debido a la reducción del consumo de energía y el costo de mantenimiento y operación.

$$A = R * P' - M \quad (\text{US\$/AÑO}). \quad (2.33)$$

D: Depreciación anual del equipo a lo largo de la vida útil estimada.

$$D = I/V \quad (\text{US\$/AÑO}). \quad (2.34)$$

2.2.2 Parámetros de evaluación económica de Primer Orden:

a) Relación (Inversión/Ahorro) (Playback)

$$X = I/A. \quad (2.35)$$

b) Tasa de Retorno de la Inversión (T.I.R.)

$$TIR = (A - D)/I * (100\%) \quad (2.36)$$

Este parámetro tiene en cuenta la vida útil estimada del equipo a través de la Depreciación (D).

Para justificar la inversión, es preciso que el T.I.R. correspondiente al equipo analizado sea mayor que el correspondiente a otras alternativas de inversión típicamente (15 a 20%).

2.2.3 Parámetros de evaluación económica de Segundo Orden.

Definiciones:

F: Factor de actualización del valor, es el cociente por el que hay que multiplicar el ahorro anual (A), para obtener el valor actual del ahorro que se irá obteniendo a lo largo de los años de la vida útil estimada del equipo, este factor depende de:

d: Descuento(%). porcentaje que se supone disminuye el valor del dinero anualmente.

V: Vida útil estimada del equipo (años). en la tabla financiera se indica el valor $1/(F)$, para distintos valores de d.

VA: Valor actual del ahorro.

$$VA = F * A. \quad (2.37)$$

A partir de los valores indicados se calcula la relación beneficio costo.

$$\mathbf{B/C = VA/I = (F*A)/I.} \quad (2.38)$$

Este valor tiene que ser mayor que 1 para que la inversión se realice.

CAPITULO III

CASO DE APLICACIÓN: ANALISIS, DETERMINACION DE LA CONDICION ACTUAL DEL SISTEMA ELECTRICO DEL CENTRO COMERCIAL GALERIA MERCADO CENTRAL II

3.1 Estado actual del centro comercial

3.1.1 Datos Generales

Dirección : Jr. Puno 631

Distrito : Lima

Departamento: Lima

3.1.2 Descripción de las instalaciones eléctricas

a) Condiciones Generales

El suministro de Energía eléctrica se realiza a través de la empresa concesionaria de distribución eléctrica EDELNOR, con las siguientes condiciones:

Número de Suministro: 1771240

Tipo de tarifa BT4

Tensión de Suministro: 0.22 kV. Trifásico

b) Distribución de la energía eléctrica

- La red es trifásica
- Posee un tablero de distribución eléctrica

3.1.3 Principales equipos consumidores de energía.

Los principales equipos consumidores de energía en el centro comercial:

- Luminarias
- Computadoras
- Impresoras
- Ventiladores
- Microondas
- Sistemas de refrigeración (refrigeradoras, congeladoras)
- Bomba de agua

3.1.4 Registro histórico de facturación del centro comercial

Se presenta el consumo de energía eléctrica del centro comercial desde enero 2009 hasta diciembre 2009, emitidas por la Empresa de Distribución Eléctrica Lima Norte S.A.A. como se muestra en la Tabla 3.1 Evolución del consumo y costos de energía eléctrica del suministro No.1771240.

Parámetros de facturación:

Cargo fijo mensual: Cargo asociado al costo por la lectura del medidor y procesamiento, emisión, reparto y cobranza del recibo o factura.

Cargo por reposición y mantenimiento de conexión: cargo para mantenimiento de la conexión y su reposición al final de su vida.

Cargo por energía activa: Es la facturación del consumo de energía activa del periodo de facturación.

Cargo por potencia activa de generación (PG): Cargo de potencia correspondiente al costo de generación.

Cargo por potencia activa por uso de las redes de distribución (PD): Cargo correspondiente al costo de la potencia por uso de las redes de distribución.

Cargo por facturación de energía reactiva: Cargo correspondiente al consumo de energía reactiva que exceda el 30% de la energía activa total mensual.

La facturación por energía reactiva solo se da en las tarifas BT2, BT3, BT4, MT2, MT3 y MT4.

Alumbrado público: Cargo por la iluminación de avenidas, calles, plazas y otros lugares públicos.

IGV: Impuesto general a las ventas (18%).(Se modifica y es vigente a partir del 1 de marzo del 2011 – Ley 29666).

Aporte para la electrificación rural: Aporte de los usuarios de electricidad para la promoción y el desarrollo eficiente y sostenible de la electrificación de zonas rurales, localidades aisladas y de frontera del país.

Fondo de compensación social eléctrica (FOSE): Aporte para usuarios de bajos niveles de consumos de energía (consumos menores a 100 kW.h mes).

Este cargo sólo se aplica a la opción tarifaria BT5B y BT7.

Historial de consumo del usuario: Para todas las opciones tarifarias, la empresa distribuidora incluirá dentro de la factura o recibo del usuario, el historial de consumo de energía y potencia del mismo de los 12 últimos meses

Tabla 3.1 EVOLUCION DEL CONSUMO Y COSTOS DE ENERGIA ELECTRICA DELCENTRO COMERCIAL "GALERIA MERCADO CENTRAL II" SUMINISTRO No.1771240

MES	POTENCIA (kW)				ENERGÍA ACTIVA (kWh)			ENERGIA REACTIVA (kVarh)		S./kW-M	S./kWH	S./kVARH	TOTAL INC
	FP	HP	PD	PG	FP	HP	TOTAL	CONSUMI DA	FACTURA DA	POTENCIA	ENERGIA	ENERGIA REACTIVA	IGV S/,
ene-09	91.62	90.18	93.48	91.62	16,549.20	5,016.00	21,565.20	17,146.80	10,677.24	5,219.14	3111.86	421.75	10936.00
feb-09	86.94	84.60	93.48	86.94	15,412.20	4,850.40	20,262.60	15,861.00	9,782.22	5,111.06	2993.80	394.22	10580.50
mar-09	84.96	81.78	93.48	84.96	16,395.60	5,276.40	21,672.00	16,804.80	10,303.20	5,128.68	3276.81	423.46	11052.00
abr-09	86.10	81.48	93.09	86.10	15,927.00	4,766.40	20,693.40	15,169.20	8,961.18	5,218.71	3059.79	359.79	10993.25
may-09	89.88	83.58	93.09	89.88	17,256.00	5,436.60	22,692.60	15,763.80	8,956.02	5,385.82	3265.47	351.08	11233.73
jun-09	86.52	83.58	90.75	86.52	16,443.60	5,466.60	21,910.20	16,100.40	9,527.34	5,304.62	3023.61	367.76	11271.76
jul-09	88.38	80.82	89.13	88.38	15,193.80	4,296.60	19,490.40	14,235.60	8,388.48	5,211.52	2652.64	322.12	10035.25
ago-09	88.20	81.06	89.13	88.20	15,100.80	5,011.20	20,112.00	14,556.00	8,522.40	5,061.39	2719.14	326.41	10394.26
sep-09	89.34	82.98	89.61	89.34	18,307.20	6,051.00	24,358.20	17,440.20	10,132.74	5,041.03	3259.13	387.07	10911.75
oct-09	88.92	81.48	89.61	88.92	16,480.20	5,413.80	21,894.00	16,336.80	9,768.60	4,965.42	2854.98	363.39	10581.23
nov-09	93.72	87.96	91.53	93.72	17,646.60	6,134.40	23,781.00	18,034.20	10,899.90	6,391.17	3008.30	403.30	11890.76
dic-09	96.66	93.60	95.19	96.66	22,809.00	7,383.00	30,192.00	23,322.60	14,265.00	6,664.73	3743.81	520.67	13932.23
PROMEDIO MENSUAL	89.27	84.43	91.80	89.27	16960.10	5425.20	22385.30	16730.95	10015.36	5391.94	3080.78	386.75	11151.06
MAXIMO MENSUAL	96.66	93.60	95.19	96.66	22809.00	7383.00	30192.00	23322.60	14265.00	6664.73	3743.81	520.67	13932.23
TOTAL/AÑO					203521.20	65102.40	268623.60	200771.40	120184.32	64703.29	36969.34	4641.02	133812.73

Tabla 3.2 Evolucion del consumo de energia electrica, su factor de potencia y calificacion tarifaria

Numero de suministro: 1771240

MES	POTENCIA (kW)				ENERGÍA ACTIVA (kWh)			ENERGIA REACTIVA (kVarh)		FDP	CT
	FP	HP	PD	PG	FP	HP	TOTAL	CONSUMIDA	FACTURADA		
ene-09	91.62	90.18	93.48	91.62	16.549.20	5.016.00	21.565.20	17.146.80	10,677.24	0.782731	0.456
feb-09	86.94	84.60	93.48	86.94	15.412.20	4.850.40	20.262.60	15.861.00	9,782.22	0.787443	0.465
mar-09	84.96	81.78	93.48	84.96	16.395.60	5.276.40	21.672.00	16.804.80	10,303.20	0.790256	0.518
abr-09	86.10	81.48	93.09	86.10	15.927.00	4.766.40	20.693.40	15.169.20	8,961.18	0.806516	0.461
may-09	89.88	83.58	93.09	89.88	17.256.00	5.436.60	22.692.60	15.763.80	8,956.02	0.821284	0.504
jun-09	86.52	79.92	90.75	86.52	16.443.60	5.466.60	21.910.20	16.100.40	9,527.34	0.805827	0.527
jul-09	88.38	80.82	89.13	88.38	15.193.80	4.296.60	19.490.40	14.235.60	8,388.48	0.807537	0.405
ago-09	88.20	81.06	89.13	88.20	15.100.80	5.011.20	20.112.00	14.556.00	8,522.40	0.810093	0.473
sep-09	89.34	82.98	89.61	89.34	18.307.20	6.051.00	24.358.20	17.440.20	10,132.74	0.813078	0.564
oct-09	88.92	81.48	89.61	88.92	16.480.20	5.413.80	21.894.00	16.336.80	9,768.60	0.801468	0.554
nov-09	93.72	87.96	91.53	93.72	17.646.60	6.134.40	23.781.00	18.034.20	10,899.90	0.796797	0.545
dic-09	96.66	93.60	95.19	96.66	22.809.00	7.383.00	30.192.00	23.322.60	14,265.00	0.791381	0.637
PROMEDIO MENSUAL	89.27	84.12	91.80	89.27	16960.10	5425.20	22385.30	16730.95	10015.36	0.80	0.51
MAXIMO MENSUAL	96.66	93.60	95.19	96.66							
TOTAL ANUAL								200.771.40	120.184.32		
MINIMO										0.782731	

edelnor

Empresa de Distribución Eléctrica Lima Norte S.A.A.
Calle César López N° 201 Urb. Maranga Lima 32
R.U.C. N° 20269985900

Para consultas su Número de Cliente es:

1771240

Su Ejecutivo es: SANDRO PAUL RERAZA NIF
Tel: +561 2001 Anx 3166 Email: urcubaza@edelnor.com.pe

Pag. 1/2

DATOS DEL SUMINISTRO

Señores : JTA PROP GALERIA MDO CENTRAL II
Dirección Cliente : JR PUNO N° 631-635
Dirección Cobranzas : JR PUNO 631 635 LIMA
R U C : 20258727978
Sistema Eléctrico : LIMA

FECHA DE LECTURA Y VENCIMIENTO

Nro Recibo : B 88053234
Mes de Facturación : DICIEMBRE 2009
Fecha de Lectura Anterior : 20/11/2009
Fecha de Lectura Actual : 21/12/2009
Fecha Próxima Lectura : 20/01/2010
Fecha de Próxima Vencimiento : 05/02/2010

DATOS TÉCNICOS COMERCIALES

Tarifa : BT4
Potencia Máxima Contratada : 100 000
Modalidad Facturación : Potencia Variable
Vigencia de Opción Tarifaria : NOVIEMBRE 2007
Código de Alimentador : T-17
Cuenta : 58-501-4121
Conexión : SUBTERRANEA
Medidor : TRIFASICO Nro : 15905991 - 3 Hilos
Tipo Medidor : Electrónico
Tensión : 220 V - BT
Tipo de Conexión : C4 2

CONSUMO DE ENERGÍA

ENERGÍA Y DEMANDA	LECTURA ACTUAL	LECTURA ANTERIOR	DIFERENCIA	FACTOR	CONSUMOS	CONSUMOS A FACTURAR	PRECIO UNITARIO	IMPORTE TOTAL
Reposic. y Mant. de Conex								2 89
Cargo Fijo								2 60
Energía FP. (kWh)	2501 720	2121 570	380 150	60 00	22809 00			
Energía HP (kWh)	809 320	686 270	123 050	60 00	7383 00			
Cargo por Energía (kWh)						30192 00	0 1240	3 743 81
Energía Reactiva (kVARh)	2435 560	2046 850	388 710	80 00	23322 60	14265 00	0 0365	520 07
Interes Compensatorio								77 86
Potencia FP (kW)	13 482	11 851	1 611	60 00	96 66			
Potencia HP (kW)	12 541	10 981	1 560	60 00	93 60			
Pot. Uso Redes Distrib. H (kW)						95 19	45 2245	4 304 92
Potencia de Generación HP (kW)						96 66	24 4135	2 359 81
Alumbrado Público								300 00
SUBTOTAL Mes Actual								11 312 56
I G V.								2 149 39
TOTAL Mes Actual								13 461 94
Aporte Ley N° 28749								214 36
Deuda Anterior								12 139 57
Recargo por Mora								7 02
Redondeo Mes Anterior								0 28
Redondeo Mes Actual								0 16

Cliente : 01771240 S/. 20.823,00
Fecha : 31/12/2009 11:43:11 a.m.
Cargo : 1026 ICF 2009 ICF 1771240
CANCELADO TOTAL A PAGAR S/.

FECHA DE EMISIÓN	VENCIMIENTO	IMPORTE
22/DIC/2009	06/ENE/2010	*****25,823.00

MENSAJES AL CLIENTE

El total a pagar incluye: Recargo FOSE (Ley 27510) S/. 289.51
PAGO SOLO EN EFECTIVO
Su Recibo incluye el Aporte Ley 28749.
De no cancelar hasta la fecha de vencimiento, el corte de suministro se realizará el día (07/01/2010).

NÚMERO DE SUMINISTRO	CÓDIGO DE CATEGORÍA	TARIFA	FECHA DE EMISIÓN	FECHA DE VENCIMIENTO
1771240	B-68053234	BT4	22/DIC/2009	06/ENE/2010

CUENTA 58-501-4121

017712407002582300060120100272110000000

017712407002582300060120100272110000000005

Fig.3.1 Factura del centro comercial Galería Mercado Central II de fecha de emisión 22 de diciembre del 2009 y numero de suministro: 1771240

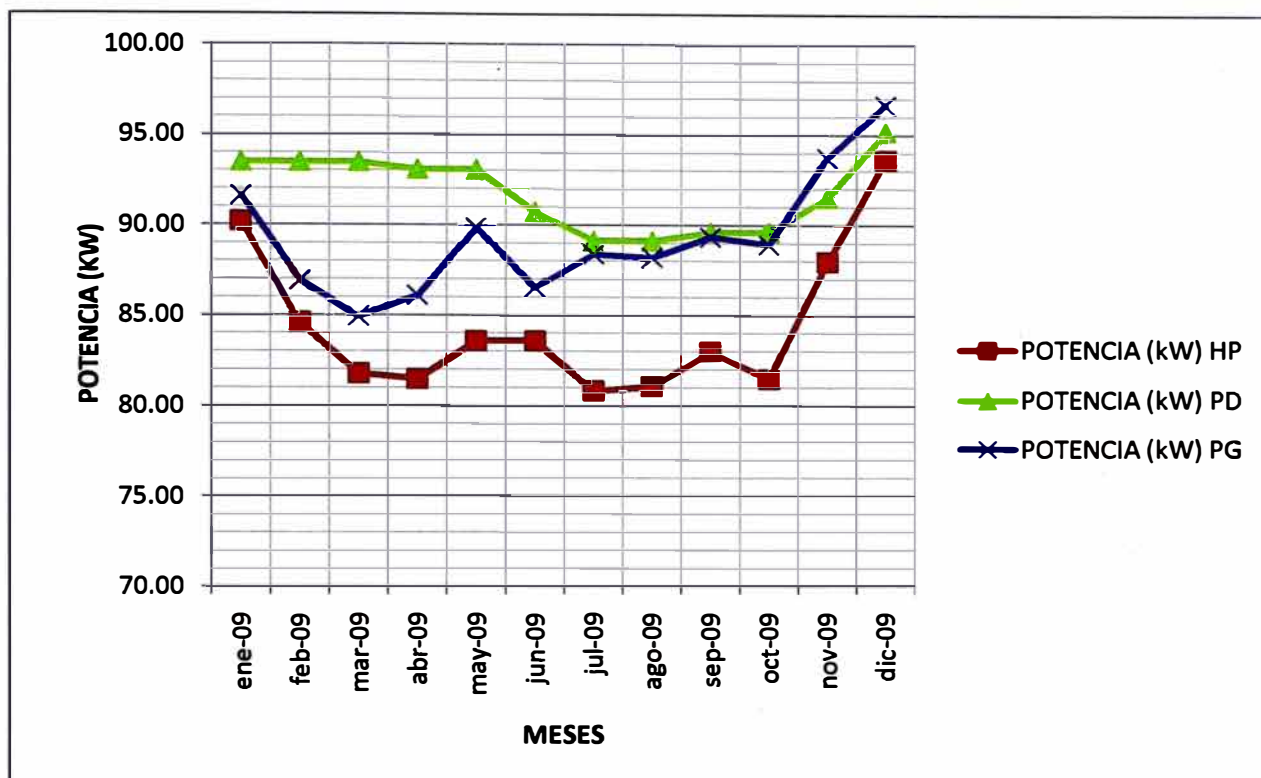


Fig. 3.2 Evolución de la demanda facturada periodo enero 2009 – diciembre 2009 Suministro 1771240; potencia presente en hora punta, potencia de distribución y potencia de generación

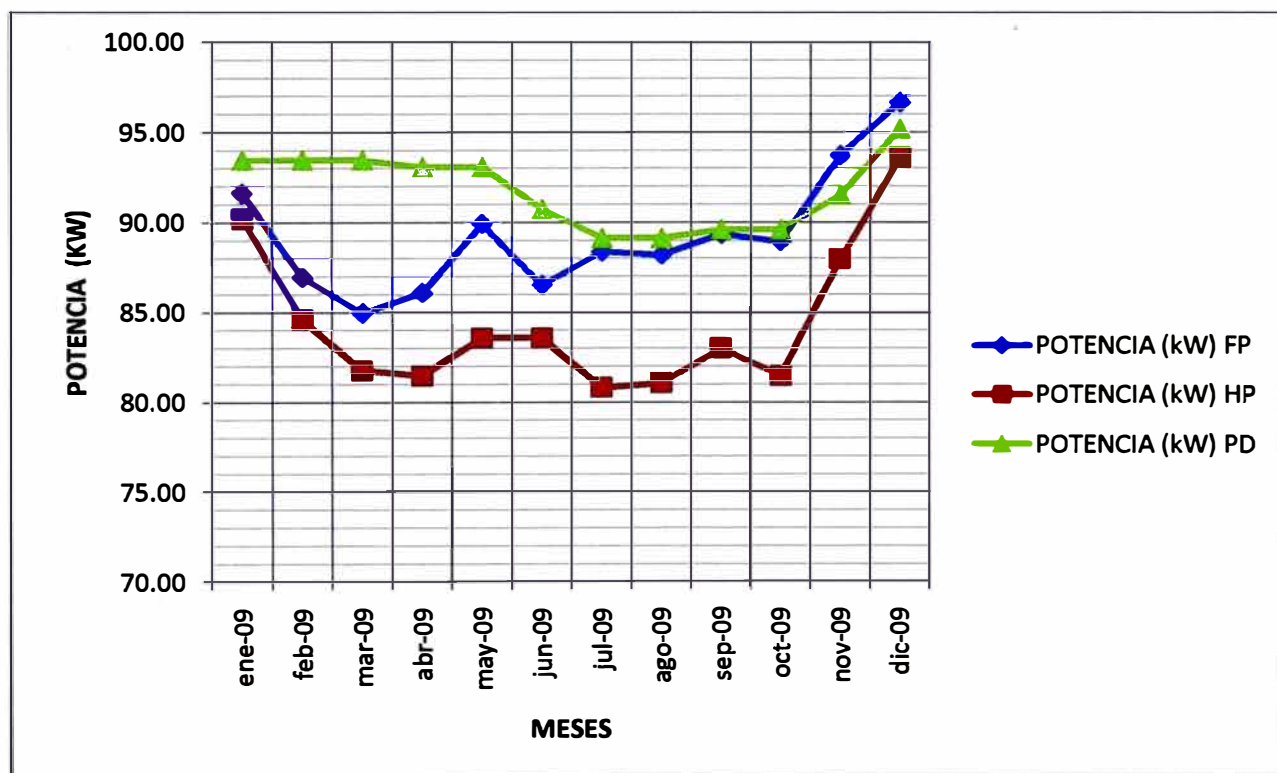


Fig. 3.3 Evolución de la demanda facturada periodo enero 2009 – diciembre 2009 Suministro 1771240; potencia presente fuera de hora punta, potencia de distribución y potencia de generación

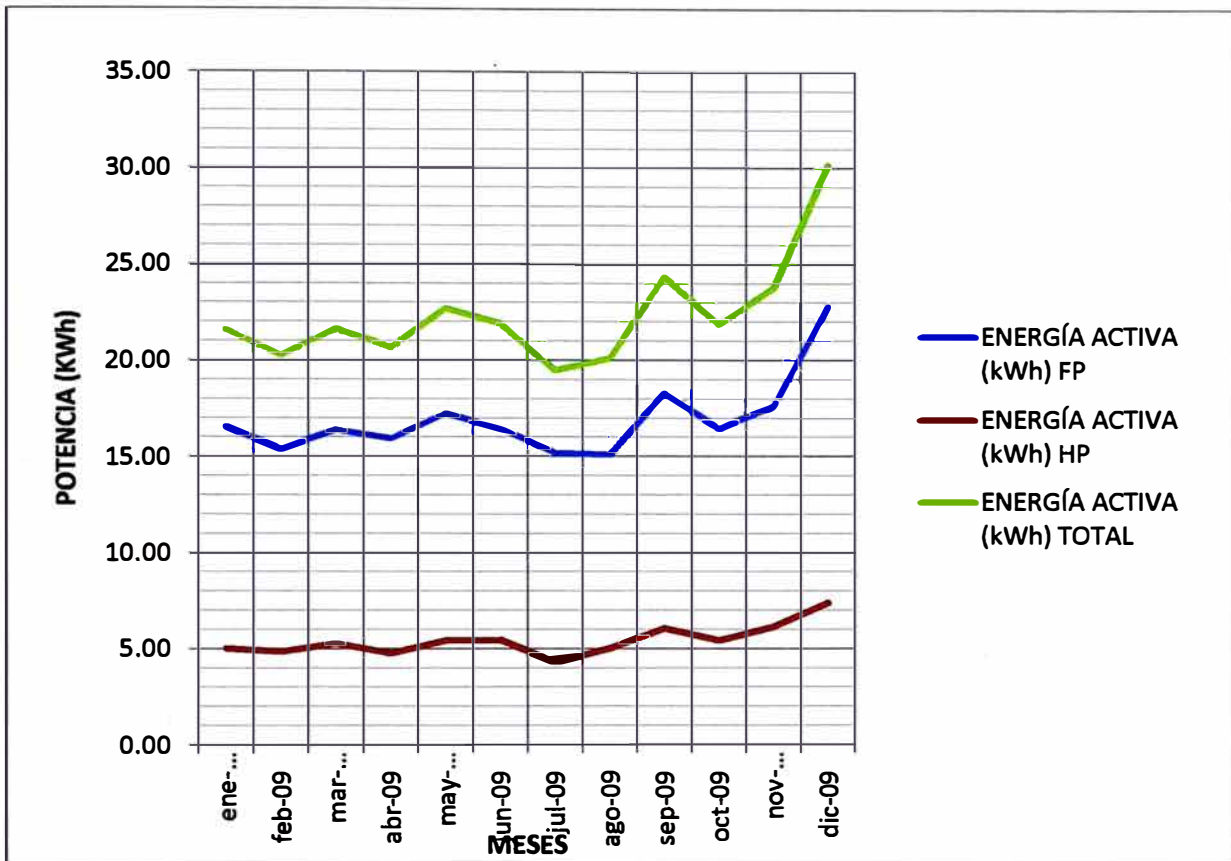


Fig.3.4 Evolución de la energía activa presente en hora punta, energía activa fuera punta y energía activa total en el periodo enero 2009 – diciembre 2009 de suministro:1771240

CAPITULO IV

BENEFICIOS DE LA COMPENSACION REACTIVA

4.1 Efectos de un bajo factor de Potencia

La potencia reactiva, la cual no produce trabajo físico directo en los equipos pero que es necesaria para el funcionamiento de elementos tales como motores, transformadores, lámparas fluorescentes, equipos de refrigeración y otros. Puede volverse apreciable en una industria, y si no se controla apropiadamente hace disminuir el factor de potencia.

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

- Un gran número de motores
- Equipos de refrigeración y aire acondicionado
- Una sub-utilización de la capacidad instalada en equipos electromecánicos,
- Por una mala planificación y operación en el sistema eléctrico de la industria.

Una carga eléctrica industrial en su naturaleza física es reactiva, pero su componente reactiva puede ser controlado y compensado, con amplios beneficios técnicos y económicos.

4.2 Penalización por bajo factor de potencia

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

- Aumento de la intensidad de corriente.
- Pérdida en los conductores y fuertes caídas de tensión.
- Incrementos de potencia de las plantas, transformadores y reducción de capacidad de conducción de los conductores.
- La temperatura de los conductores aumenta y disminuye la vida de su aislamiento.
- Aumento en sus facturas por consumo de electricidad.
- Mayor inversión en los equipos de generación, ya que su capacidad de generación en kVA debe ser mayor.
- Mayor capacidad en las líneas de transporte y transformadores para el transporte, caídas

y baja regulación de voltajes las cuales pueden 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 US\$/kVA, es decir cobrándole por capacidad suministrada en kVA, o a través de un cargo por demanda facturado en US\$/kW pero adicionándole una penalización por bajo factor de potencia(US\$/kVAr).

4.3 Ventajas de la corrección del factor de potencia

Las ventajas derivadas de la corrección del bajo factor de potencia se obtienen de liberar un sistema de efecto (carga extra) de la corriente adicional innecesaria que circula por los transformadores y otros equipos importantes del mismo. Con un factor de potencia alto se utiliza más eficazmente la energía comprada y la demanda se reduce al mínimo. La economía se beneficia por las bajas tarifas aplicadas por algunas empresas de servicio eléctrico a los usuarios que operan con un alto factor de potencia. Se logra un ahorro considerable al no tener que pagar multas o sanciones.

Mejorar el factor de potencia resulta práctico y económico, por medio de condensadores eléctricos estáticos, o utilizando motores síncronos disponibles en la industria.

CAPITULO V

CUANTIFICACION DEL AHORRO DE ENERGIA EN EL CENTRO COMERCIAL

5.1 Ahorro en el consumo de energía eléctrica

5.1.1 A través de la selección de una opción tarifaria

De acuerdo al nuevo sistema de tarifas eléctricas, el cliente puede elegir de una serie de Opciones Tarifarias, la que le sea más económica, la cual está en función a la forma y cantidad de sus consumos que tiene a lo largo del día; teniendo como posibilidad el usuario de modificar la forma de sus consumos, principalmente los de horas punta (18:00 a 23:00), a fin de obtener mayores reducciones de su facturación por consumo de energía eléctrica

En este sentido, una mejora en la gestión de compra de la energía eléctrica consiste en la adecuada elección de la Opción Tarifaria

De esta forma, al tratarse de clientes industriales y/o comerciales es posible establecer diez criterios básicos para la selección de la opción tarifaria más apropiada:

1. Conocer el proceso productivo, es decir, determinar cuál es la naturaleza de la actividad del cliente de tal forma de establecer la intensidad de su consumo de electricidad a lo largo del día.
2. Programar el funcionamiento de las máquinas y equipos que permita un uso eficaz de la potencia, con el fin de que la contratación de la misma no exceda la capacidad de uso del cliente.
3. Programar el proceso productivo de tal forma que el consumo entre las 18.00 p.m. y 23.00 p.m. sea mínimo.
4. Verificar que la opción tarifaria seleccionada sea la más económica.
5. La potencia contratada debe corresponder a la potencia máxima simultánea, es decir, a la máxima potencia utilizada por el cliente.
6. Evaluar su conexión en media tensión.
7. Evaluar la posibilidad de realizar contratos estacionales.
8. Evaluar la posibilidad de contar con mas de un de un suministro cuando es posible

identificar procesos totalmente independientes.

9. Evaluar la estadística de consumos.

10. Considerar otras alternativas de suministro para horas punta (grupo térmico).

Consumo de energía del suministro:

En el siguiente cuadro se muestra el resumen de los consumos promedio del suministro evaluado.

Tabla 5.1 Resumen de los consumos promedio del suministro evaluado.

Potencia en horas fuera de punta (FP)	89.27	kW
Potencia presente en horas punta (HP)	84.12	kW
Exceso de facturación por potencia en horas fuera de punta	3.3	kW
Energía activa en horas fuera de punta	16,960.10	kWh/mes
Energía activa presente en horas de punta	5,425.20	kWh/mes
Energía activa total (HP + FP)	22,385.30	kWh/mes
Energía reactiva facturada	10,015.36	kVARh/mes
Calificación tarifaria (CT)	0.51	Presente en hora punta

Costos en las distintas Opciones Tarifarias

La elección de la opción tarifaria adecuada para el usuario final, consiste básicamente en comparar cuanto es lo que se pagaría en cada opción tarifaria.

Para determinar cuál es la tarifa más económica para los consumos actuales del suministro, se ha efectuado la evaluación de los costos para cada Opción Tarifaria, utilizando para ello la información de los consumos históricos indicados anteriormente (tabla 3.1). y los precios unitarios de la energía eléctrica corresponden al pliego tarifario de mes de Marzo del 2011.

Las opciones tarifarias para Suministros en Baja y Media Tensión a ser considerados en la evaluación son: en Media Tensión MT2, MT3 y MT4 y en Baja Tensión BT2, BT3, BT4

Los resultados obtenidos de la evaluación, para cada Opción se muestran a continuación:

Tabla 5.2 Costos mensuales a Opción Tarifaria en Media Tensión.

OPCION TARIFARIA	COSTO(US\$)
MT2 HP	2,852.95
MT3 HP	2,687.23
MT4 HP	2,688.28

Tabla 5.3 Costos mensuales a Opciones Tarifarias en Baja Tensión

OPCION TARIFARIA	COSTO (US\$)
BT2 HP	4,599.96
BT3 HP	4,320.66
BT4 HP	4,354.77

En las dos tablas anteriores, se observa que la opción tarifaria de menor costo, para las condiciones actuales de consumo del suministro es la de Media Tensión, **Opción Tarifaria MT3**

Ahorros por cambio de opción tarifaria

Cambio de la Opción Tarifaria BT4 a Opción Tarifaria MT3

Por el cambio de Opción Tarifaria de BT4 a MT3 tendremos un ahorro mensual de 38.29%. $((4,354.77 - 2,687.23)/4,354.77)$ del pago mensual de la opción tarifaria BT4.

De la auditoria (tabla 3.2) se obtiene el pago por consumo anual es de US\$ 47,620.19 $(S/.133,812.73/2.81)$, por lo que se deduce, el **ahorro anual** es de: $(38.29/100) * US\$ 4,7620.19 = US\$ 18,233.77$.

Para el cambio de opción tarifaria de BT4 a MT3 se requiere contar con un transformador

Elección del transformador

Considerando la peor condición de la auditoria (tabla 3.2) obtenemos:

Potencia activa máxima = 96.66 kW,

Factor de potencia mínima $\cos \varphi = 0.78273$

Potencia aparente $S = P/\cos \varphi = 96.66/0.78273 = 123.49$ kVA

Tabla 5.4 Características del transformador de distribución trifásico

Potencia Nominal (kVA)	Frecuencia (Hz)	Relación de transformación (V)
125	60	10000/230

Calculo de rentabilidad de la inversión

Los cálculos para la elección del transformador implica hacer una inversión de 7,000 US\$ para obtener un ahorro anual de US\$18,233.77

La vida útil estimada para el transformador es de 20 años y el costo de operación y mantenimiento se estima en US\$ 200/año.

$I = 7,000$ US\$

$M = 200$ US\$

$V = 20$ años

$A = 18,033.77 \text{ US\$ (ahorro - M)}$

$D = 350 \text{ US\$/año (I/V)}$

$d = 12\%$ se asume

Luego de la tabla financiera se obtiene $F = 7.4094$

$F = 7.4094$

$VA = 133,619.41 \text{ US\$ (F*A)}$ Valor Actual neto del ahorro

Tabla 5.5 Parámetros de segundo orden:

1) Pay Back (I/A)	2) Tasa de Retorno de Inversión $TIR = ((A-D)/I)*(100\%)$	3) Relación Beneficio Costo (B/C)
$X = 4.66$ Menos de 5 meses	$TIR = 252.63$ Mayor que 20% , bueno	$B/C = 19.09$ Mayor que 1 es bueno

Los parámetros 1).2).y 3) aconsejan hacer la inversión

5.1.2 A través de los cambios en los equipos de iluminación

Los métodos de ahorro de energía a partir del sistema de iluminación son varios, se considera los siguientes:

- Se debe realizar una limpieza de por lo menos dos veces al año ya que reflectores sucios contribuyen a la disminución del nivel de iluminación.
- Mejora la tecnología de iluminación al cambiar el sistema de encendido convencional por un balasto electrónico.
- En lugares donde las lámparas permanecen encendidas innecesariamente, se puede colocar sensores de movimiento para que las lámparas solamente se enciendan cuando se encuentre alguien presente.

El ahorro en el consumo de energía a través del sistema de iluminación se puede obtener realizando el cambio de los tubos fluorescentes de las lámparas por unos de mejor rendimiento mejorando el flujo luminoso, las misma que deben cumplir las necesidades del lugar donde se van a instalar.

En la industria la iluminación es un factor importante porque está directamente relacionada con los trabajadores, conocer cuáles son las personas que ocupan el local a ser iluminado es necesario debido a que la agudeza visual del ser humano disminuye con la edad, hay que considerar los factores que intervienen en la percepción visual como son: el tamaño de los objetos, la cantidad de luz reflejada por un objeto hacia el ojo humano (luminancia), el contraste, es decir la diferencia de luz reflejada por un objeto hacia el ojo humano entre el objeto, el fondo que lo rodea y el tiempo disponible para apreciar un objeto, pues un objeto

Tabla 5.6 Tipos de lámparas

TIPO	POTENCIAS	FLUJO LUMINOSO/ EFICACIA LUMINOSA	OBSERVACION	VIDA MEDIA DE UN LOTE
LAMPARAS INCANDESCENTES	25, 50,100, 150,200, 500 y 1000 W	220, 600, 1,250 2, 000, 2900, 8,300 y 1,800	Se pueden conectar directamente a la red sin necesidad de ningún accesorio eléctrico	Aprox. 1000 h
LAMPARAS FLUORESCENTES	20, 32, 36, 40, 80 w	1000,2000 5600 lúmenes	Forma tubular y circular. Existen del color blanco cálido, blanco frio, luz día	Entre 4,000 y 2000 h
LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO	50, 80, 125, 250, 400, 700, 1,000 y 2000 W	Eficacia luminosa: entre 40 y 60 lm/W, según el orden creciente de las potencias.	Para que emita todo el flujo hace falta que transcurran unos 6 seg. A partir de la conexión.	Entre las 9,000 y 14,000 h
LAMPARAS DE HALOGENUROS METALICOS	175, 250, 360, 400 W	Rendimiento Luminoso : Entre 68 y más de 100 W	Son lámparas de mercurio a las que se añaden ciertos halogenuros metálicos	Entre 15,000 y 20,000 h.
LAMPARAS DE SODIO DE BAJA PRESION	18, 35, 55, 90, 135 y 180 W	Eficacia Luminosa: 125 y 185 lm/W según el orden creciente de las potencias. Incluyendo equipos auxiliares se considera entre 100 y 150 lm/W /	Permiten la regulación de la emisión luminosa conservando un alto rendimiento	Aprox. 9,000 h.
LAMPARAS DE SODIO DE ALTA PRESION	70, 150, 250, 400, 1000 W	Rendimiento Luminoso : Entre 90 y 130 lm/W	Son las que proporcionan mejoras expectativas para el alumbrado industrial. Solamente cuando el color sea una exigencia básica deberá recurrirse a las lámparas	Duración de 10,000 h para baja potencia y Mas de 20,000 h para potencias elevadas.
LAMPARAS COMPACTAS	7, 11, 20,23 y 40w	800, 1000, 1250 lúmenes	Son lámparas sustitutivas de las incandescentes. Constan de un tubo fluorescente que se enrolla para reducir el tamaño incorporado	Aprox. 8,000 h

en movimiento requerirá de mayor iluminación que uno en reposo, hay que considerar las condiciones físicas del local como son: las dimensiones del local, las características de pisos, paredes y la altura a la que va a estar instalada la fuente de iluminación. El brillo de la lámpara debe ser el adecuado para que no existan destellos, los cuales podrían aumentar el nivel de riesgo en la industria.

Existen varios tipos de iluminación: la iluminación localizada la cual provee un nivel de iluminación específico hacia el puesto de trabajo, para áreas altas existen las fuentes de luz puntuales, para áreas de altura media lámparas de descarga de alta intensidad de fuente puntual o fluorescentes tubulares, para alturas bajas se selecciona lámparas fluorescentes tubulares, y por último la iluminación general es un nivel de iluminación uniforme en toda el área del centro comercial

Tipos de lámparas para la industria

Son fuentes luminosas artificiales. En la tabla 5.6 se exponen un resumen de las características de las lámparas eléctricas o fuentes alimentadas con energía eléctrica, que pueden tener aplicación en los locales que se trate de iluminar o mejorara la iluminación existente.

Tipos de lámparas para el comercio y viviendas

Para el alumbrado comercial y residencial, actualmente existen en el mercado nuevos tipos de lámparas que permiten sustituir a las lámparas incandescentes y en algunos casos a las lámparas fluorescentes, además por tener un mayor tiempo de vida útil y un menor consumo de energía.

Mini fluorescentes compactos o focos ahorradores

Son lámparas sustitutivas de las incandescentes. Constan de un tubo fluorescente que se enrolla para reducir el tamaño incorporado y un casquillo normal (E27) que permite efectuar el cambio sin la menor dificultad. Los Focos Ahorradores se fabrican en potencias de 11, 20, 23 y 50 W de potencia. Esta serie de lámparas fluorescentes compactas están dotadas con un arrancador y reactancias. En luminarias interiores y exteriores de prolongado uso, estas lámparas ayudan a ahorrar considerablemente los gastos de servicio.

Las ventajas esenciales son:

- Clara como una lámpara incandescente de 50, 75 y 100 W.
- Luz cálida y agradable como la lámpara incandescente.
- Reproducción cromática excelente.
- Usan el casquillo nominal E27 igual que las lámparas incandescentes normales.

- Este tipo de lámparas ofrecen un alto rendimiento, bajo costo y consumo, hasta 5 veces menos energía que una lámpara incandescente normal y además dando mejor luz.
- La duración promedio de este tipo de lámparas, según los fabricantes, es de dos años.
- Estas lámparas tienen una vida útil aproximada de 10,000 horas.

Sistemas de iluminación óptimos

De los resultados obtenidos notamos que el sistema de iluminación es uno de los consumidores de energía por excelencia y que por lo tanto es de suma importancia el tratamiento que se le dé a la cantidad de lámparas fluorescentes que se utilizan en los stands del centro comercial.

En la siguiente tabla 5.7 se muestran las ventajas técnicas comparativas entre los modelos de Lámparas fluorescentes de 40W (T12) y las de 36W (T8)

Tabla 5.7 Comparación de lámparas tipo T8 y T12

TIPO DE LAMPARA	POTENCIA (watts)	FLUJO LUMINICO Lumen	VIDA UTIL horas	RENDIMIENTO LUMINICO Lumen/watts
T8	36	2,650	10,000	74
T12	40	2,650	8,500	66

De la tabla queda claro que ambos tipos tienen el mismo nivel de flujo luminoso, mientras que el consumo del T8 es menor que el del T12. Del mismo modo el tiempo de vida útil del T8 es mayor que en el T12.

Entonces podemos observar que un logro sustancial en el ahorro de energía y costo podría lograrse con tan solo cambiar el tipo de lámpara que tradicionalmente se acostumbra a utilizar.

Todas estas ventajas técnicas de las lámparas T8 permitirán que se logren ahorros significativos de energía al utilizarla en forma masiva.

Ahorro de energía en el sistema de iluminación

En el centro comercial se usan 1,178 fluorescentes de 40 W con balastos de 13W, dichas lámparas serán reemplazados por los fluorescentes de 36 W. operando 3,744 horas al año.

El ahorro anual de energía (AE) es:

$$AE = 1,178 \times (40-36) \times 3,744/1,000 = 17,641.73 \text{ kW/año}$$

Reducción de la potencia- AP (en kW)

La reducción de la potencia se evalúa mediante:

$$AP = 1,178 \times (40-36)/1,000 = 4.71 \text{ kW}$$

Evaluación del Beneficio Económico

Como, en el centro comercial la carga más importante es de iluminación; que es un 75% del total de la carga eléctrica y por el cambio de lámparas fluorescentes (de T12 por T8), hay un ahorro del 10% en el consumo de la energía eléctrica.

El beneficio económico anual total será: **US\$3,571.51** ($47,620.19 \times 0.75 \times .10$)

Evaluación del costo de implementación y el retorno de la inversión

El costo de implementación considerando el reemplazo de los 1,178 lámparas fluorescentes de (40W) de eficiencia estándar por los de mayor eficiencia (36W) (costo unitario US\$ 2.67) es de: US\$ 3,145.26

El Playback: $X = 3,145.26 / 3,571.51 = 0.88$

Se deduce que el periodo de de amortización de las inversiones es de menos 11 meses.

Esta inversión es relevante, como las lámparas fluorescentes tienen tiempo desde su instalación es necesario hacer este cambio.

5.1.3 A través de la corrección del factor de potencia

Todos los aparatos que tienen inductancia, tales como motores, transformadores y demás equipos con bobinas necesitan corriente activa para establecer campos magnéticos necesarios para su operación.

Por lo tanto el desfase producido en la corriente reactiva, se anula con el uso de capacitores de potencia, lo que hace que el funcionamiento del sistema sea más eficaz y requiere de menos corriente en la línea.

Calculo del banco de condensadores

De la tabla No. 3.2 obtenemos los datos requeridos para el cálculo del banco de condensadores :

El factor de potencia promedio es de: 0.80

Potencia activa promedio (kW) 91.80

El factor de potencia mínimo: 0.78

Potencia activa mínima (kW) 89.13

Hacemos dos consideraciones:

Condición No.1 tomando el factor de potencia promedio.

Condición No. 2 el factor de potencia mínimo.

Para lograr lo óptimo hacemos, que el factor de potencia sea: $\text{COS}(\varphi_2) = 0.97$. y aplicando la ecuación (2.18) obtenemos la Potencia Reactiva (Q_c) del banco de condensadores. que permitirá el no pago de la potencia reactiva en la factura..

Tabla 5.8 Cálculo del banco de condensadores del suministro No.1771240

CONDICION N° 1: FACTOR DE POTENCIA PROMEDIO		
POTENCIA ACTIVA (kW): P1	91.80	
$\text{COS}(\varphi_1) =$	0.80120	Promedio
$\varphi_1 =$	36.76	
CONDICION FUTURA		
POTENCIA ACTIVA (kW): P2	91.80	
$\text{COS}(\varphi_2) =$	0.97	
$\varphi_2 =$	14.07	
VALOR DEL BANCO DE POTENCIA REACTIVA		
$Q_c =$	45.55 kVAr (220V)	50 kVAr (230V)
CONDICION N° 2: FACTOR DE POTENCIA MINIMO		
POTENCIA ACTIVA (kW): P1	89.13	
$\text{COS}(\varphi_1) =$	0.78273	Mínimo
$\varphi_1 =$	38.49	
CONDICION FUTURA		
POTENCIA ACTIVA (kW): P2	89.13	
$\text{COS}(\varphi_2) =$	0.97	
$\varphi_2 =$	14.07	
VALOR DEL BANCO DE POTENCIA REACTIVA		
$Q_c =$	49.03 kVAr	50 kVAr

Que se deberá elegir un **banco automático de 50 kVAr. 230 voltios.**

Los Condensadores Varplus

Los condensadores Varplus M cubren una extensa gama de tensiones (230 V a 690 V) y de potencias a partir de un reducido número de referencias.

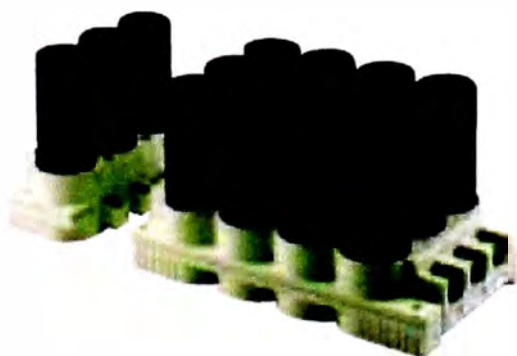


Fig. 5.1 Condensador Varplus

Su diseño modular permite el ensamblaje de distintos elementos para conformar potencias superiores.

Tecnología

- La utilización de un film de polipropileno metalizado evita la necesidad de cualquier impregnante, proporcionando la ventaja de la autocicatrización.

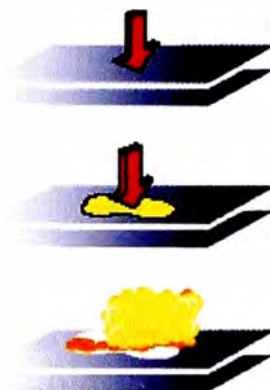


Fig.5.2 El proceso de la autocicatización permite despear el efecto por evaporación del metalizado de la zona.

- El sistema de protección HQ, que integra cada elemento monofásico, avala la seguridad en su utilización al proteger frente a los dos tipos de defectos que se pueden dar en el fin de vida de los condensadores:
 - La protección contra los defectos de elevada intensidad se realiza por un fusible interno de alto poder de corte.
 - La protección contra los defectos de baja intensidad por la combinación de una membrana de sobrepresión asociada al fusible interno del AP.
 - Para ambos defectos es un fusible APR normalizado el que asegura el corte del circuito eléctrico.

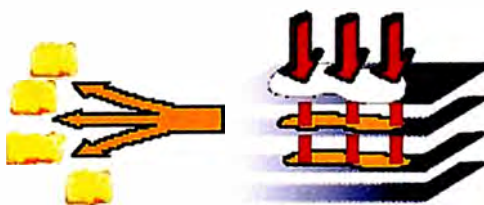


Fig. 5.2 El proceso en el fin de vida del condensador puede implicar un aumento de temperatura y presión en el interior del bote. En este momento el sistema de HQ comienza a actuar.

- La envolvente plástica de los condensadores Varplus M posee doble aislamiento eléctrico y ofrece unas excelentes propiedades mecánicas y una máxima autoextinguibilidad (certificación UL 94 5 VA).

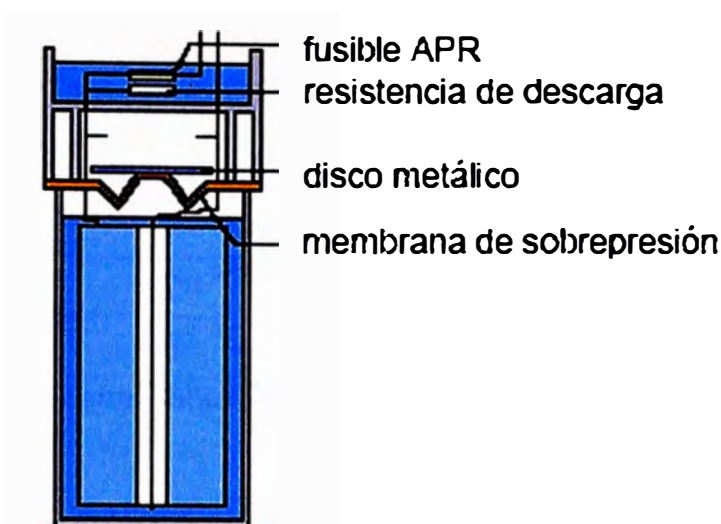


Fig. 5.3 Corte de un elemento monofásico que muestra el sistema de protección HQ, formado por la actuación combinada de la membrana de sobrepresión que actúa por medio de un disco metálico sobre el fusible interno.

Características técnicas

- Tensión nominal: 400 V, trifásica 50 Hz.
(Otras tensiones: 230 V, 440 V, 525 V, 550V,690V).
- Potencias máximas de ensamble (400 V):
 - Varios Varplus M1 = 60 kVAr,
 - Varplus M4 con Varplus M1 = 100 kVAr.
- Tolerancia sobre el valor de la capacidad:
0 + 10 %.
- Clase de aislamiento:
 - Resistencia a 50 Hz 1 minuto: 6 kV,
 - Resistencia a onda de choque 1,2/ 50 μ s: 25 kV.
- Intensidad máxima admisible:
 - Tipo estándar: 1,3 In (400 V).
 - Clase "H": 1,5 In (400 V).
- Tensión máxima admisible (8 h cada 24 h conforme IEC 60831):
 - Tipo estándar: 450 V,
 - Clase "H": 520 V.
- Resistencias de descarga:
 - Incorporadas internamente en cada elemento monofásico.
 - Pérdidas: < 0,5 W/kVAr (incluyendo pérdidas en las resistencias de descarga).
- Categoría de temperatura (400 V):

Tabla 5.2 Temperatura ambiente del aire:

Potencia (kVAr)	Máxima	Media mas altas sobre el periodo de:	
		24h	1 año
< 65 kVAr	55 °C	45 °C	35 °C
de 67 a 90	50 °C	40 °C	30°C
de 92 a 100	45 °C	35 °C	25 °C

- Temperatura mínima aire ambiente: – 25 °C.
- Color:
- Zócalo y accesorios: RAL 9002,
- Botes: RAL 9005.
- Normas: IEC 60831 1/2, UNE EN 60831 1/2, NF C 54-104, VDE 0560-41, CSA 22-2 N.º 190, UL 810.

Instalación

- Montaje sobre soporte vertical (eje de los botes horizontal).

Ejemplos de ensamblajes de condensadores Varplus M1 - M4 (400 v)

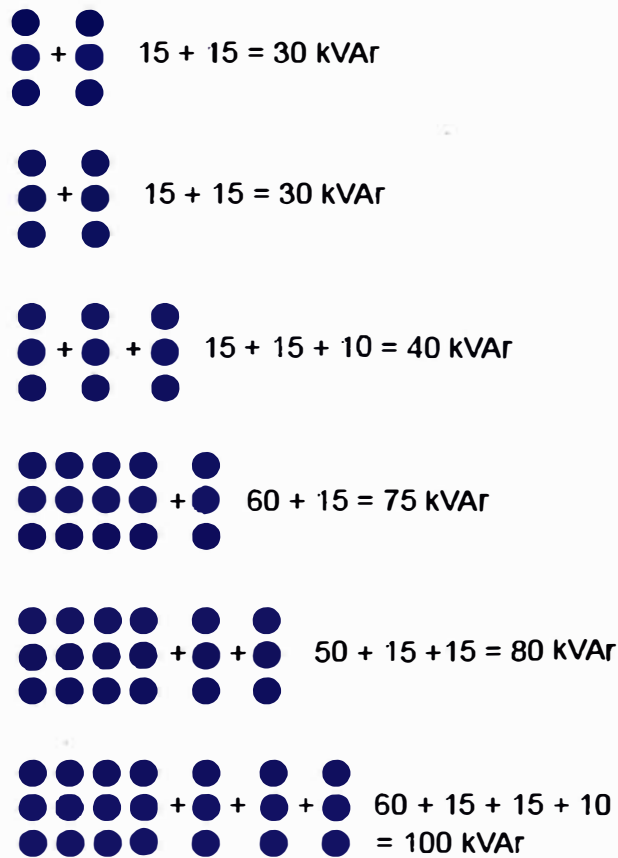


Fig.5.4 Formas de ensamblaje de los condensadores Varplus

Baterías automáticas

Descripción

Las baterías automáticas permiten adaptarse a las variaciones de la demanda de reactiva, en función de la programación realizada en el regulador. Están formadas por:

- Condensadores Varplus M1 / M4.
- Contactares específicos para el mando de condensadores.
- Regulador de reactiva Varlogic R6 o R12.
- Fusibles de protección.

La gama se estructura en tres modelos:

- Estándar: para su instalación en redes no polucionadas por armónicos.
- Clase "H": para redes débilmente polucionadas.
- Equipos SAH para redes muy polucionadas.

Características técnicas

- Tensión nominal: 400 V, trifásica 50 Hz
(otras tensiones consultarnos).
- Tolerancia sobre el valor de la capacidad:
0 + 10 %.
- Clase de aislamiento:
 - 0,66 kV,
 - Resistencia a 50 Hz 1 minuto: 2,5 kV.
- Intensidad máxima admisible:
 - Tipo estándar: 1,3 In (400 V),
 - Clase "H": 1,5 In (400 V).
- Tensión máxima admisible (8 h cada 24 h conforme CEI 831):
 - Tipo estándar: 450,
 - Clase "H": 520 V.
- Categoría de temperatura (400 V):
 - Temperatura máxima: 40 °C,
 - Temperatura media en 24 h: 35 °C,
 - Temperatura media anual: 25 °C,
 - Temperatura mínima: – 0 °C.
- Índice de protección:
 - Estándar y clase "H": IP31,
 - SAH: IP21 (Rectimat SAH),
 - IP54 opcional en baterías Prisma.

- Color:
- Rectibloc: RAL 7032,
- Minicap, y Prisma: color beige Prisma (RAL 1019),
- Normas: IEC 439-1, UNE EN 60439, 1.

Esquema tipo de conexión

- C1, C2, ..., Cn condensadores.
- KM1, KM2, ..., KMn contactores.
- FU21: fusibles de protección regulador.
- F22: fusibles de protección circuito demanda.
- Bornes KL: bornes entrada TI.
- Bornes AB: bornes alimentación auxiliar 230 V, 50 Hz.

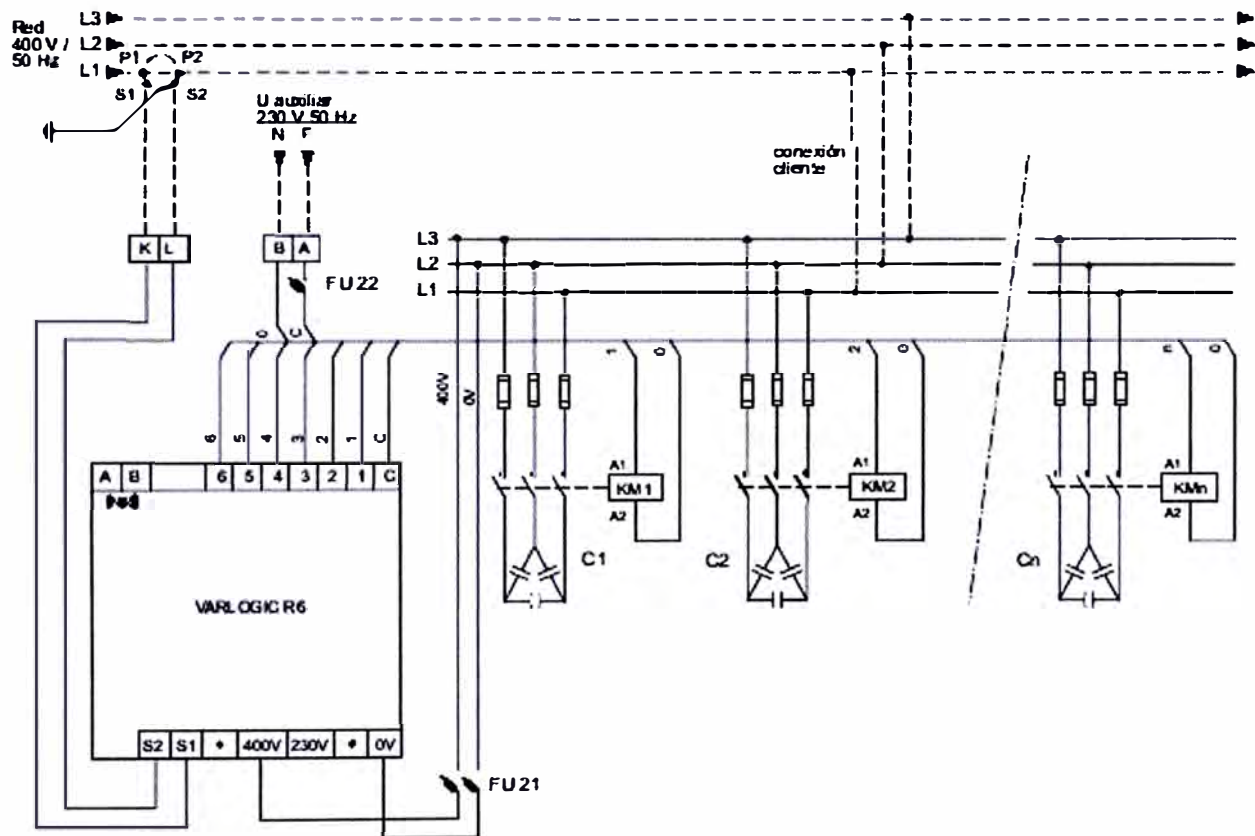


Fig. 5.5 Esquema de conexión del condensador Varplus

Recomendaciones de instalación

- **Dimensionamiento de los cables:**
 - Sección del cable de conexión TI / regulador: 2,5 mm² como mínimo.
 - Dimensionado de los cables de potencia:
 - prever 3,5 A por kVAr a 230 V 50 Hz
 - prever 2 A por kVAr a 400 V 50 Hz

▪ **Conexión del TI (circuito de medida de intensidad):**

○ **Situación del TI:**

Verificar que el transformador está instalado "aguas arriba" de la batería y de los receptores en una de las fases (identificarla como **fase 1**).

○ **Verificación de la correcta conexión de la fase 1 de la batería:**

Cerciórese de que la fase 1 de la batería sea conectada a la fase sobre la cual se ha instalado el TI.

En caso de duda conecte un voltímetro entre el borne L1 del equipo y la fase donde está el TI. El voltímetro debe marcar 0 V; si no es así, cambie el TI a la fase adecuada, o mantenga el T1 en su sitio y permute los cables de potencia de alimentación de la batería hasta alcanzar la posición deseada.

○ **Conexión del TI a la batería:**

Conecte los cables provenientes del TI en el regletero del equipo: S1 en el borne K y S2 en el borne L.

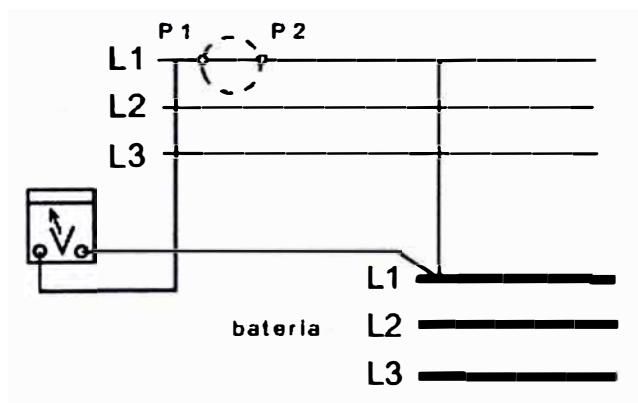


Fig. 5.6 Conexión del voltímetro para la verificación correcta de la fase 1

▪ **Conexión a tierra:**

Efectúe la conexión al borne identificado para este efecto en el equipo.

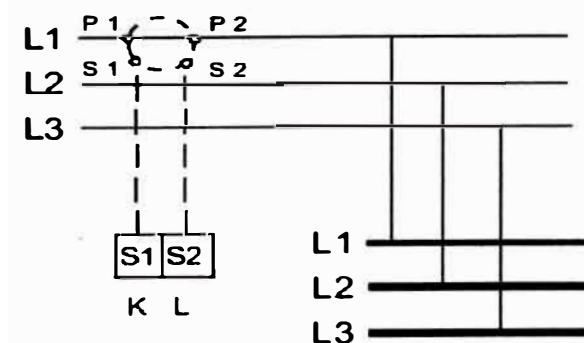


Fig. 5.7 Conexión de cables de alimentación de la maniobra

- **Conexión de los 2 cables de alimentación de la maniobra.**
- **Conexión de los 3 cables de potencia:**

Conecte las fases definidas anteriormente como L1, L2, L3 en los bornes L1, L2, L3 del equipo.

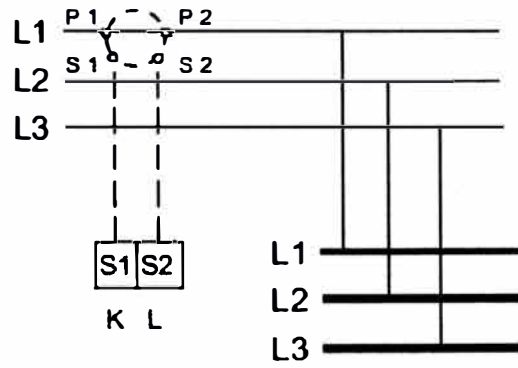


Fig. 5.7 Conexión de cables de alimentación de la maniobra

CAPITULO VI

EVALUACION ECONOMICA FINANCIERA DE LAS MEJORAS

6.1 Calculo de la Rentabilidad de Inversión

Del cálculo anterior para el banco de condensadores se observa que debe de realizar una inversión de 2,000US\$ para dejar de pagar la Energía Reactiva.

La vida útil estimada del banco de condensadores es de 10 años y el costo de mantenimiento es de US\$100/año.

Calculo de la Rentabilidad:

$I = 2,000$ US\$ Costo de de la inversión.

$M = 100$ US\$ Costo anual de mantenimiento y operación del equipo.

$R = 120,184.32$ kVarh/año. Reducción anual del consumo obtenido con el banco de condensadores.

$P = 0.0124$ US\$ /kVarh. Precio actual.

$P' = 0.01364$ US\$/ kVarh. ($P' = P \times 1.1$) Precio medio previsto a lo largo de la vida útil prevista del equipo.

$V = 10$ años. Vida útil prevista del banco de condensadores.

$A = 1,539.31$ US\$/año ($R \times P' - M$). Ahorro anual neto. Es la diferencia entre el ahorro debido a la reducción del consumo de energía y el costo de mantenimiento y operación.

$D = 200$ US\$/año (I/V). Depreciación anual del banco de condensadores a lo largo de la vida útil.

$d = 12\%$ se asume. Descuento (%) porcentaje que se supone disminuye el valor del dinero anualmente.

Luego de la tabla financiera se obtiene $F = 5.019$

$VA = 7,725.82$ ($F \times A$) valor actual del ahorro en US\$

6.2 Calculo de los parámetros de Segundo Orden

1) Relación Inversión /Ahorro (Playback)

$X = 15.56$ meses

2) Tasa retorno de Inversión

TIR = 66.97 % es mayor a 20, o sea está muy bien.

3) Relación Beneficio Costo : (B/C)

$$B/C = 3.86 \quad B/C = VA/I = (F \cdot A)/I. \quad (6.1)$$

B/C, mayor a 1; es un valor bueno.

Es evidente que los tres parámetros 1), 2), y 3) aconsejan claramente hacer la inversión.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Según el análisis efectuado para las condiciones actuales de consumo, la **Opción Tarifaria MT3**, es la más conveniente.

Con lo que se obtendría un ahorro de **US\$ 18,233.77 anuales de reducción en la facturación**. Para este fin, se tendría que instalar un transformador de las siguientes características: Potencia Nominal: **125 kVA**, Frecuencia: **60 hz.**, Relación de Transformación: **1,000/230 voltios**. Con una inversión de **US\$7,000** que será amortizada con los propios ahorros con retorno de inversión de 5 meses.

2. Del análisis efectuado en el ahorro de energía por los cambios de las lámparas en los equipos iluminación de fluorescentes (40W) de eficiencia estándar por las lámparas fluorescentes (36W) de mayor eficiencia se obtendría un ahorro de: **US\$3,571.51 anuales en la reducción de la facturación**.

3. Se determinó primeramente el factor de potencia promedio del centro comercial 0.80 dato necesario para corregir el factor de potencia, una vez realizado el análisis técnico se concluyó que los bancos de condensadores calculados son para mejorar el factor de potencia.

Del Análisis Tarifario, es la reducción del concepto de facturación por consumo de energía reactiva, debiendo para ello instalar equipos de compensación reactiva (condensadores) con lo cual se obtendría un ahorro de **US\$ 1,651.61 anuales de reducción en la facturación**; para ello se requerirá de un banco de condensadores automático de las siguientes características: Potencia Reactiva: **50 kVAr** Frecuencia: **60 hz.** Tensión: **230 voltios**. Lo cual se adquirirá con una inversión de **US\$ 2,000** que será amortizada con los propios ahorros con un retorno de inversión de 16 meses.

4. Con el presente informe se demuestra que, las mejoras obtenidas del análisis de la eficiencia de la energía eléctrica nos conduce a implementar equipos que ayuden a mejorar el aprovechamiento de la energía eléctrica, al permitir ahorro y óptimo

aprovechamiento de los recursos naturales y económicos para producir y transportar la energía que se desperdicia en los consumidores finales, como al nivel de consumidores finales pueden satisfacer sus necesidades energéticas, pero con una significativa reducción de sus gastos, lo que contribuye a mejorar sus condiciones de bienestar, permitiéndole utilizar los recursos económicos ahorrados en otras actividades. A nivel de generadores y distribuidores que requieren de menores inversiones para atender la demanda de sus clientes, a lo que se debe agregar la reducción de la contaminación ambiental, producto de la menor producción de energía de fuentes térmicas para atender la demanda

5. El aporte de este trabajo es poder replicar con más elementos de juicio a otros centros comerciales del país.

Además podemos concluir que al disminuir los consumos de kWh que se traduce en la disminución de emisión del monóxido de carbono (CO₂), lo cual contribuiría obtener los bonos verdes que ayuden a dar mayor rentabilidad los proyectos y desarrollar nuevos proyectos. Al mismo tiempo contribuye a la seguridad energética en beneficio de generaciones futuras.

P.D. Las tensiones mencionadas a lo largo del documento. Son tensiones normalizadas por el fabricante de condensadores y transformadores..

Recomendaciones

1. Se recomienda, según el análisis en las condiciones actuales de consumo, que la **Opción Tarifaria MT3**, es la más conveniente, para lo cual se debe proceder a realizar las coordinaciones del caso con la empresa concesionaria Edelnor.
2. Es importante indicar que debe llevarse una adecuada administración y control de los consumos de energía, en forma permanente, mediante la implementación de un encargado que verifique y controle los consumos y las facturaciones de energía, para mantener o mejorar los estándares óptimos de consumos, así mismo, supervisar se mantenga apagados las lámparas, equipos de computo y entre otros, en horas no laborables.
 - El sistema de iluminación del Centro Comercial se recomienda que en los equipos formados por lámparas fluorescentes de 40 W, realizar el cambio de las lámparas fluorescentes por otro de 36 W, para obtener un ahorro en el consumo que se refleje en una disminución del valor de facturación.
 - Implementar sistema de iluminación con Temporizador para el turno de noche, para

garantizar lapsos de tiempos establecidos de operación de los sistemas de iluminación nocturnos, porque no existe un control adecuado de los equipos para estos casos.

- Es necesario dar pautas y recomendaciones a fin de involucrar a todo el personal en la tarea de optimización de los consumos mediante la implementación de programas de sensibilización (charlas, capacitación, difusión con folletos, avisos, premios, etc.), con lo cual se lograrán importantes beneficios que ayudan a mejorar el uso racional y eficiente de la energía eléctrica que se usa en iluminación.

Citamos por ejemplo:

- a) Utilizar mejor la luz natural para realizar nuestras actividades, evitando en periodos diurnos el uso de luz artificial.
 - b) En las noches utilizar solo la luz necesaria y solo en los ambientes que lo requieran,
 - c) Apagar las luminarias en áreas desocupadas o de poco uso durante la noche.
 - d) Instalar “temporizadores” para el control de la iluminación en áreas externas y pasadizos.
 - e) Hacer un mantenimiento constante de los equipos de iluminación y de las líneas conductoras.
 - f) Aumentar la calidad de reflexión de luz de las paredes y techos pintándolas con colores claros.
 - g) Diseñar adecuadamente los niveles de iluminación para las distintas áreas de trabajo de acuerdo a las necesidades de seguridad y eficiencia, estableciendo la iluminación de acuerdo a los estándares recomendados.
 - h) Evaluar la posibilidad de instalar sensores de presencia, timers y/o dimmers para el control automático de los sistemas de iluminación.
3. Mientras no se opte el cambio de .de la opción tarifaria, otra alternativa de reducir los importes de facturación de por consumo de energía eléctrica, es la instalación de equipos de compensación reactiva (condensadores).
- Se recomienda que al momento de comprar los bancos de condensadores el fabricante efectúe los ajustes del caso para considerar el stress, como resultante de los armónicos existentes en el centro comercial.

ANEXO A

Pliego Tarifario Máximo del Servicio Público de Electricidad

Pliego Tarifario Máximo del Servicio Público de Electricidad

[Regresar al Mapa...](#)

Empresa: Edelnor

Pliego

LIMA NORTE

Vigencia

4/Mar/2011

Sector

1

Interconexion

SEIN

MEDIA TENSIÓN		UNIDAD	TARIFA Sin IGV
TARIFA MT2:	TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE DOS POTENCIAS 2E2P		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	3.33
	Cargo por Energía Activa en Punta	ctm. S./kW.h	14.87
	Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	ctm. S./kW.h	11.78
	Cargo por Potencia Activa de Generación en HP	S./kW-mes	26.03
	Cargo por Potencia Activa de Distribución en HP	S./kW-mes	9.48
	Cargo por Exceso de Potencia Activa de Distribución en HFP	S./kW-mes	11.15
	Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S./kVar.h	3.50
TARIFA MT3:	TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE UNA POTENCIA 2E1P		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	2.78
	Cargo por Energía Activa en Punta	ctm. S./kW.h	14.87
	Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	ctm. S./kW.h	11.78
	Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S./kW-mes	20.91
	Presentes Fuera de Punta	S./kW-mes	12.87
	Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S./kW-mes	10.21
	Presentes Fuera de Punta	S./kW-mes	10.58
	Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S./kVar.h	3.50
TARIFA MT4:	TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE UNA POTENCIA 1E1P		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	2.78
	Cargo por Energía Activa	ctm. S./kW.h	12.54
	Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S./kW-mes	20.91
	Presentes Fuera de Punta	S./kW-mes	12.87
	Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S./kW-mes	10.21
	Presentes Fuera de Punta	S./kW-mes	10.58
	Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S./kVar.h	3.50
BAJA TENSIÓN		UNIDAD	TARIFA Sin IGV
TARIFA BT2:	TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE DOS POTENCIAS 2E2P		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	3.33
	Cargo por Energía Activa en Punta	ctm. S./kW.h	16.31
	Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	ctm. S./kW.h	12.92
	Cargo por Potencia Activa de Generación en HP	S./kW-mes	27.72
	Cargo por Potencia Activa de Distribución en HP	S./kW-mes	49.12
	Cargo por Exceso de Potencia Activa de Distribución en HFP	S./kW-mes	39.29
	Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S./kVar.h	3.50
TARIFA BT3:	TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE UNA POTENCIA 2E1P		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	2.78
	Cargo por Energía Activa en Punta	ctm. S./kW.h	16.31
	Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	ctm. S./kW.h	12.92
	Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S./kW-mes	21.05
	Presentes Fuera de Punta	S./kW-mes	13.01
	Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S./kW-mes	48.09
	Presentes Fuera de Punta	S./kW-mes	44.63
	Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S./kVar.h	3.50
TARIFA BT4:	TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE UNA POTENCIA 1E1P		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	2.78

	Cargo por Energía Activa	ctm. S./kW.h	13.76
	Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S./kW-mes	21.05
	Presentes Fuera de Punta	S./kW-mes	13.01
	Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S./kW-mes	48.09
	Presentes Fuera de Punta	S./kW-mes	44.63
	Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S./kVar.h	3.50
TARIFA BT5A:	TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 2E		
	a) Usuarios con demanda máxima mensual de hasta 20kW en HP y HFP		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	2.78
	Cargo por Energía Activa en Punta	ctm. S./kW.h	86.26
	Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	ctm. S./kW.h	12.92
	Cargo por Exceso de Potencia en Horas Fuera de Punta	S./kW-mes	41.92
	b) Usuarios con demanda máxima mensual de hasta 20kW en HP y 50kW en HFP		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	2.78
	Cargo por Energía Activa en Punta	ctm. S./kW.h	79.32
	Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	ctm. S./kW.h	12.92
	Cargo por Exceso de Potencia en Horas Fuera de Punta	S./kW-mes	41.92
TARIFA BT5B:	TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E		
No Residencial	Cargo Fijo Mensual	S./mes	2.34
	Cargo por Energía Activa	ctm. S./kW.h	33.13
TARIFA BT5B	TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E		
Residencial	a) Para usuarios con consumos menores o iguales a 100 kW.h por mes		
	0 - 30 kW.h		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	2.28
	Cargo por Energía Activa	ctm. S./kW.h	24.22
	31 - 100 kW.h		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	2.28
	Cargo por Energía Activa - Primeros 30 kW.h	S./mes	7.27
	Cargo por Energía Activa - Exceso de 30 kW.h	ctm. S./kW.h	32.29
	b) Para usuarios con consumos mayores a 100 kW.h por mes		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	2.34
	Cargo por Energía Activa	ctm. S./kW.h	33.13
TARIFA BT5C:	TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E - Alumbrado Público		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	3.25
	Cargo por Energía Activa	ctm. S./kW.h	35.76
TARIFA BT6:	TARIFA A PENSIÓN FIJA DE POTENCIA 1P		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	2.34
	Cargo por Potencia	ctm. S./W	14.12
TARIFA BT7:	TARIFA CON SIMPLE MEDICION DE ENERGIA 1E		
No residencial	Cargo Comercial del Servicio Prepago - Sistema recarga Códigos/Tarjetas	S./mes	2.11
	Cargo por Energía Activa	ctm. S./kW.h	32.65
TARIFA BT7:	TARIFA CON SIMPLE MEDICION DE ENERGIA 1E		
Residencial	a) Para usuarios con consumos menores o iguales a 100 kW.h por mes		
	0 - 30 kW.h		
	Cargo Comercial del Servicio Prepago - Sistema de recarga Códigos/Tarjetas	S./mes	2.06
	Cargo por Energía Activa	ctm. S./kW.h	23.87
	31 - 100 kW.h		
	Cargo Comercial del Servicio Prepago - Sistema de recarga Códigos/Tarjetas	S./mes	2.06
	Cargo por Energía Activa - Primeros 30 kW.h	S./mes	7.16
	Cargo por Energía Activa - Exceso de 30 kW.h	ctm. S./kW.h	31.82
	b) Para usuarios con consumos mayores a 100 kW.h por mes		
	Cargo Comercial del Servicio Prepago - Sistema de recarga Códigos/Tarjetas	S./mes	2.11
	Cargo por Energía Activa	ctm. S./kW.h	32.65

Nota: Las empresas no deben aplicar precios superiores a los consignados en el presente cuadro.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- <http://www2.osinerg.gob.pe/Tarifas/Electricidad/TarifasMapa.html>
- 2.- http://www.google.com/search?hl=es&source=hp&q=seleccion+de+tarifa+electrica&lr=lang_es&aq=f&aql=&oq=
- 3.- http://www.spse.com.ar/sitios_internos/mantenimiento_distrito/electrica/catalogos/schneider/03_Compensacion_y_filtrado_de_armonicos/Catalogo%20Compensacion%20de%20ene
- 4.- Kerchner & Corcaran “Circuitos de Corriente Alterna” Cía. Editorial Continental S.A.- España - cuarta edición.
- 5.- Ing. Alberto Sandoval Rodríguez “Eficiencia Energética en la Industria” UNI – Perú, Octubre 2007
- 6.- Ing. Alberto Sandoval Rodríguez ,Copias del curso “Eficiencia Energética aplicado a la Industria” del Decimo Tercer Programa de Titulación Profesional, UNI- Perú., Enero 2009
- 7.- “GUIA DE ORIENTACION PARA LA SELECCIÓN DE LA TARIFA ELECTRICA PARA USUARIOS DE BAJA TENSION” Ministerio de Energía y Minas – Vice ministerio de Energía – Dirección General de Electricidad – Enero 2011