



INSTITUTO SUPERIOR MINERO
METALURGICO DE MOA
DR. ANTONIO NUÑEZ JIMENEZ

Departamento de Ingeniería Eléctrica
Facultad Metalurgia Electromecánica

Trabajo de Diploma En opción por el Título de Ingeniero Eléctrico

**Título: Análisis de la eficiencia de la red
eléctrica en la camaronera Frank País**

Autor: Randy E. Herrera Hernández

Tutor: Dr. C Ignacio Romero Rueda.

Consultante: Ing. Emiliano Silva Delfín

Moa, 2016

“Año 58 de la Revolución”

Declaración de Autoridad

Yo: Randy Enrique Herrera Hernández

Autor de este Trabajo de Diploma con ayuda del Dr. C. Ignacio Romero Rueda y el Ing. Emiliano Silva Delfín certifico su propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa "Dr. Antonio Núñez Jiménez" y la empresa UEB Camaronera Guajaca de Frank País, la cual podrá hacer uso del mismo para fines docentes y educativos.

Para que así conste firmamos la presente:

A los ____ días del mes de _____ del _____.

Randy Enrique Herrera Hernández

(Diplomante)

Dr. C. Ignacio Romero Rueda

(Tutor)

Pensamiento

"El éxito no se logra por hacer cosas extraordinarias, sino por hacer las cosas ordinarias extraordinariamente bien".

Ché

Dedicatoria

Esta tesis va dedicada a todas aquellas personas que inspiradas en sus propios esfuerzos, dedican una parte importante de sus vidas al sacrificio de lograr su superación profesional, al apoyo incondicional de las personas más allegadas, familiares, amigos y profesores, en especial a la Revolución.

A mí querido padre Jonás Herrera Cisneros que en paz descanse, a mi mamá Zaida Hernández Llorente, a mi hermano Ronnis Herrera Hernández y a mi hermanita Erika Cánepa Hernández por el cariño brindado y el apoyo que supieron darme todo este tiempo.

A todas mis amistades por su gran apoyo.

Agradecimientos

Para lograr grandes metas en la vida muchas veces necesitamos del esfuerzo de otras personas, a todas esas personas mi eterna gratitud.

Con mucho cariño a mis amigos que de alguna forma u otra me ayudaron en la realización del trabajo, a Camilo, Daniel, Leo Yuri, Frank, José y en especial a Yanier (titi), Diosmani, Julio, Ricardo (gordo), Dianna, Davisito, Ricardo (negro), Carlos E, Yusbey, Dáiron, Adita, Pedro mis amigos del alma que siempre están conmigo en las buenas y malas. Agradecer a Roberto y a Finci por todo el apoyo obtenido de su parte.

A mis tutores Ignacio Romero y Emiliano Silva por su ayuda en la realización del trabajo.

En general agradecido de mis familiares, amistades y de todo aquel que estuvo relacionado de alguna forma u otra en el apoyo hacia mi trabajo.

Resumen

La UEB camaronera Guajaca de Frank País presenta altos consumos de energía eléctrica, perdidas por transformación y presenta un bajo factor de potencia por lo que es penalizada por la empresa eléctrica. Este trabajo determina un diagnóstico del sistema eléctrico de la empresa para determinar las causas que afectan la eficiencia de los elementos del sistema eléctrico con el fin de minimizar las afectaciones a la producción. En este se propone las medidas para elevar el factor de potencia hasta el valor normado por el sistema nacional intrínsecamente en la empresa, para esto se realizaron las mediciones y cálculos necesarios. Resulto necesario el montaje de bancos de condensadores para elevar el factor de potencia con los cuales se cumplió el objetivo, se logró aumentar en el bombeo camaronera de un 0.70 hasta 0.96 y en el módulo camaronera de 0.8 hasta 0.96 y se logró una reducción de pérdidas en los transformadores de 0.54 y 0.09 respectivamente. Se concluyó que las medidas tomadas fueron eficientes para la empresa en el área técnica –económica gracias a los resultados obtenidos.

Abstract

The shrimp UEB Guajaca of Frank País presents loud consumptions of electric power, losses for transformation and presents a low power factor for what he is. This work determines a diagnosis of the electric system of the company to determine the causes that affect the efficiency of the elements of the electric system with the aim of minimizing the affectations to the production. Normado for the national system sets itself the measures to raise the power factor to the value intrinsically at the company in this, ad hoc the measurements and necessary calculations came true. I prove to be the set-up of condenser banks to raise the power factor with which the objective was obeyed, that shrimp seller achieved herself with to increase in pumping with necessarily of one 0,70 to 0,96 and in the module of 0,8 shrimp to 0,96 and it achieved a loss reduction in 0,54 transformers and 0,09 itself respectively. It was concluded that the taken measures were efficient for the company in the area technical – economic thanks to the obtained results.

Índice

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL	12
1.1. Introducción.....	12
1.2. Métodos de investigación.....	12
1.2. Actualización bibliográfica del diagnóstico eléctrico	13
1.4. Problemas que afectan la Eficiencia Energética en una Industria	18
1.5. Diagnóstico energético del Sistema Eléctrico	19
1.5.1. Tipos de diagnósticos energéticos empleados	19
1.6. Compensación de potencia reactiva	20
1.6.1. Dispositivos que influyen en el balance de potencia reactiva	20
1.6.2. Equipos Compensadores de Potencia Reactiva.....	21
1.6.3. Tipos de compensaciones de reactivos mediante bancos de condensadores	
1.6.3.1. Compensación central con banco automático	21
1.7. Clasificación de los bancos de condensadores a utilizar para la compensación de potencia reactiva.....	22
1.7.1. Vías para la compensación de potencia reactiva.....	23
1.7.2. Beneficios que brinda la compensación de reactivo	24
1.7.3 Cálculo para la compensación de potencia reactiva	24
1.8. Ventajas de corregir el factor de potencia.....	25
1.8.1. Causas que provocan un bajo factor de potencia en el circuito de distribución de una entidad	26
1.8.2 Consecuencias de un bajo factor de potencia	27
1.9. Régimen de trabajo económico de los transformadores	28
1.10. Conclusiones del capítulo	30
CAPITULO 2: APLICACIÓN DEL SISTEMA ELECTRICO EN LA CAMARONERA FRANK PAIS.....	31
2.1. Introducción.....	31
2.2. Descripción del sistema eléctrico	31
2.2.1. Esquema monolineal actual de la empresa	32
2.3. Breve diagnostico eléctrico de la empresa.....	34
2.4. Análisis del estado actual de las instalaciones	35
2.5. Principales parámetros eléctricos según medición en la empresa.....	36

2.6. Cálculo del factor de diversidad y coincidencia.....	38
2.7. Cálculo del factor de carga	39
2.8. Cálculo del banco de capacitores para bombeo camaronera.	40
2.9. Cálculo del banco de capacitores para modulo camaronera.	42
2.10. Calculo de pérdidas de los transformadores.....	44
2.10.1. Cálculo de las pérdidas del transformador de bombeo camaronera, antes de la compesacion	44
2.10.2. Calculo de las pérdidas en el transformador de bombeo camaronera, despues de la compesación	45
2.10.3. Ahorro en kW por concepto de pérdidas en el transformador de bombeo camaronera.....	46
2.10.4. Capacidad liberada de la potencia aparente del transformador de bombeo amaronera, despues de la compensación	46
2.10.5. Cálculo de las pérdidas del transformador de modulo camaronera, antes de la compesacion.....	47
2.10.6. Cálculo de las pérdidas del transformador de modulo camaronera,despues de la compensación.....	47
2.10.7. Ahorro en kW por concepto de pérdidas en el transformador de modulo camaronera.....	48
2.11. Conclusiones del capitulo	49
CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA..	50
3.1. Introducción.....	50
3.2. Evaluación de la compensación mediante acomodo de bancos de condensadores	50
3.3. Valoración económica.....	50
3.3.1. Inversión Total	55
3.3.2. Cálculo del Valor Actual Neto (VAN).....	55
3.3.3. Criterio del VAN	55
3.4. Conclusiones del capítulo	56
CONCLUSIONES GENERALES.....	57
RECOMENDACIONES	58
Bibliografía	59

INTRODUCCIÓN

Nuestro país consta de una Industria potente con camaroneras de disimiles tecnologías a lo largo de todo el territorio nacional, destacándose las mismas como grandes consumidores de energía eléctrica. Los planes de desarrollo de la economía nacional prevén el incremento de la producción de energía eléctrica, lo que permitirá el equipamiento de diferentes ramas de la industria con la técnica más avanzada, basada en la utilización de la electricidad.

Es necesario en nuestros tiempos la rápida modernización de nuestras industrias, trayendo esto un aumento considerable del consumo de recursos energético, destacándose en la misma medida una creciente política de ahorro.

La camaronera Frank PaísGarcía, en el último año se han realizado inversiones encaminadas a su transformación en una industria más potente, trayendo aparejado a esto una mayor productividad del trabajo, siendo de vital importancia realizar un estudio de sus principales índices técnicos – económicos,especialmente en el plano energético.

Idealmente el factor de potencia para una empresa es de 0.96 para no ser penalizado por la empresa eléctrica y en la actualidad el factor de potencia de la camaronera es de 0.70 y 0.86 en sus principales áreas estos bajos factores que presenta conllevan a pérdidas económicas en la empresa.

Para esto se realizan los cálculos necesarios para realizar un montaje de bancos de condensadores ya que este procedimiento es el más recomendado para elevar el factor de potencia en la empresa. Este procedimiento es de gran importancia para la empresa y el país ya que disminuirá las pérdidas en la eficiencia eléctrica y por ende en la economía de las mismas.

Situación Problemática

En la actualidad el sistema eléctrico de la empresa UEB Camaronera Guajaca Frank País presenta altos consumos energéticos, grandes pérdidas por transformación de la energía y bajo factor de potencia, lo cual conlleva a pérdidas económicas en la industria.

Problema de Investigación

¿Cómo mejorar la eficiencia de la red eléctrica en la empresa UEB Camaronera Guajaca Frank País?

Hipótesis del Trabajo

Analizar la eficiencia de la red eléctrica de la UEB Camaronera Guajaca Frank País a partir del diagnóstico del sistema eléctrico de la empresa con el fin de minimizar las afectaciones económicas en la misma.

Objeto de Estudio

Sistema eléctrico de la empresa UEB Camaronera Guajaca Frank País.

Campo de Acción

Eficiencia del sistema eléctrico

Objetivos Específicos

- Establecer las bases teóricas de la eficiencia de la red eléctrica.
- Evaluar los principales parámetros eléctricos de la empresa partiendo de la caracterización del objeto de estudio.
- Analizar la propuesta desde el punto de vista técnico-económico.

Tareas de Investigación

- Caracterización del objeto de estudio en el proceso.
- Realización de las mediciones necesarias para el análisis del sistema eléctrico de la UEB Camaronera Guajaca Frank País.
- Evaluación del estado actual en cuanto a la eficiencia del sistema eléctrico de la UEB Camaronera Guajaca Frank País.
- Realización de una base de datos con las mediciones realizadas.
- Comparación técnica y económica del método propuesto.

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL

1.1. Introducción

La energía, y el uso en cualquiera de sus formas por el hombre, han delineado el desarrollo de la sociedad humana en cada una de sus etapas evolutivas. La humanidad, a lo largo de los años, ha perfeccionado la utilización de esta, pasando de los métodos más simples de manejo a los más complejos aplicados en la actualidad, con el fin de dar satisfacción a sus necesidades. Ya que toda técnica desarrollada por el hombre implica el uso fundamental de la energía, resulta necesario resaltar la importancia que ella tiene dentro de todo proceso productivo. Por tal razón, es necesaria una correcta utilización de la misma, de manera que se logre un incremento en la eficiencia eléctrica de la empresa, sin afectar la calidad de sus productos.

El presente capítulo tiene por objetivo la actualización bibliográfica de la investigación basado en el análisis de los trabajos precedentes, con el fin de disponer de los elementos básicos que resultan esenciales para el desarrollo del trabajo. Además se dan aspectos generales de la teoría básica del factor de potencia así como las herramientas fundamentales para elevar el factor de potencia al normado por nuestro sistema nacional.

1.2. Métodos de investigación

Para comenzar, desarrollar y concluir con éxito cualquier investigación se hace necesario utilizar diferentes métodos, este trabajo no fue la excepción, algunos de los métodos que se emplearon son los siguientes:

Inductivo-Deductivo, para realizar el examen y evaluación de los hechos que son objetos de estudio, partiendo de un conocimiento general de los mismos, que permitan una mejor aproximación a la realidad que los originó, y luego, mediante un proceso de síntesis, emitir una opinión profesional. Todo esto exigió la utilización de una serie de pasos realizados en forma sistemática, ordenada y lógica, que permitieron luego emitir una crítica objetiva del hecho.

Histórico-Lógico, para desarrollar el análisis de las investigaciones anteriores y antecedentes que permitan continuar el estudio.

Análisis-Síntesis, para lograr la descomposición de las funciones de control e información y su concreción.

Modelación y simulación, para evaluar el comportamiento del sistema en estudio, con una gran precisión y sin la necesidad de realizar inversiones.

1.2. Actualización bibliográfica del diagnóstico eléctrico

En la primera etapa las acciones principales de elevar el factor de potencia están dirigidas a emplear el potencial de ahorro aprovechable prácticamente sin inversiones, o con inversiones menores y de rápida recuperación.

Estas acciones se destinan esencialmente al sector industrial el cual consisten, en lo fundamental, en mejoras en la instrumentación y el control de la operación de generadores, transformadores y motores, incluyendo los dispositivos que contribuyan probadamente al ahorro de combustibles, entre otros los emulsores y dispositivos electrónicos; apropiada explotación de equipos e instalaciones; mantenimientos oportunos y de mayor calidad.

Un factor decisivo para alcanzar más altos y estables resultados es el grado de conciencia que se logre desarrollar entre los trabajadores en general, ya que sus acciones directas, junto a la técnica y el control, deciden sobre la eficiencia energética. También el cumplimiento de un riguroso régimen de economía en el consumo de la energía eléctrica, es una de las condiciones indispensables para solucionar exitosamente los numerosos problemas económicos y sociopolíticos del desarrollo del país.

Campos, Gómez, Santos (1999) proponen las herramientas básicas y procedimientos para programas de control y mejoramiento de la eficiencia energética en empresas de producción y servicios.

Lo más importante para lograr la eficiencia energética de una empresa no es solo que tengamos un plan de ahorro de energía, sino que exista un sistema de gestión energética que garantice que ese plan sea renovado las veces necesarias, que involucre a todos, que eleve cada vez más la capacidad de los trabajadores y directivos para generar y alcanzar nuevas metas en este campo, que desarrolle nuevos hábitos de producción y consumo en

función de la eficiencia, que consolide los hábitos de control y autocontrol y en general que integre las acciones al proceso productivo o de servicios que se realiza.

In. Eugenio 2011: Realiza un trabajo donde propone señalar que no es recomendable cambiar los transformadores de la industria a los módulos porque se pondrían en riesgo de dañarse, también que existía un elevado deterioro en el resto del sistema que debe ser mejorado antes de poner en funcionamiento un sistema eléctrico.

Autores 2006: Los creadores de este documento lograron llegar a la conclusión de que la Eficiencia energética es una de las alternativas menos costosa y menos contaminante de todas y se convierte en una fuente no agotable y aplicable a todo tipo de entidades.

González (1999): analiza la función costo, con vistas a la compensación de potencia reactiva y la ubicación óptima de los bancos de condensadores, a través de la programación dinámica.

De Quesada (1988): realiza la optimización de reactivo en circuitos eléctricos industriales a través de capacitores, llega a la expresión para obtener los beneficios económicos anuales máximos.

El factor de potencia es la relación de la potencia activa con la potencia reactiva, el mismo caracteriza la correlación de las potencias eficaces activa y reactiva, que constituyen un índice de utilización cualitativa de la energía eléctrica. Mejorar este parámetro es una necesidad económica real. Elevar el factor de potencia al valor cercano a la unidad es una de las grandes tareas de las empresas industriales, utilizando dos vías:

- Medidas que no exijan la utilización de medios de compensación.
- Utilización de los medios de compensación.

Normas para valorar la Calidad del Suministro de Energía Eléctrica

1. En Cuba:
2. Desviaciones de la frecuencia
3. Normal + 0.2; - 0.3 Hz
4. Máximo +0.4; - 0.4 Hz
5. Las desviaciones de tensión: +10%; - 10%
6. Las normas establecidas por el IEC al respecto son:

7. IEC 60050-161, IEC 61000-2-1, IEC 61000-3-2, IEC 61000-3-6, IEC 61000-3-7, IEC 61000-4-7, IEC 61000-4-13, IEC 61287-2-TS, IEC 61642, IEC 61786

En ellas se han considerado los siguientes fenómenos perturbadores:

- Armónicos
- Interarmónicos
- Fluctuaciones de tensión
- Caídas de voltajes e interrupciones cortas del suministro
- Desbalances de tensión
- Señales principales
- Variaciones de frecuencia
- Componentes de CD en los sistemas de AC VI

Nivel de calidad del suministro eléctrico.

La IEC 60050-161 establece como compatibilidad electromagnética, a la habilidad de un equipo o sistema de funcionar satisfactoriamente en su entorno electromagnético sin introducir perturbaciones electromagnéticas intolerables a nadie en ese entorno.

Una vía de asegurar los niveles de compatibilidad es especificar los límites de emisiones del usuario con suficiente margen por debajo de los niveles de compatibilidad, lo que es posible en las instalaciones grandes según IEC 61000-3-6 e IEC 61000-3-7. En baja tensión se establecen límites de emisión para familias de equipos (IEC 61000-3-2).

A partir de los niveles de inmunidad del equipamiento se pueden esperar niveles apropiados de comportamiento del sistema a perturbaciones en diferentes clases de entornos electromagnéticos, como por ejemplo podría ser, sólo con propósitos indicativos

Perturbación	Clase1	Clase2	Clase3
Variación de tensión U/U_n	+/- 8%	+/-10%	+10% -15%
Caída de tensión			
$\Delta U/U_n$	10%-100%	10%-100%	10%-100%
Δt (cantidad de semiciclos)	1	1-300	1-300
Interrupciones cortas	ninguna	-	≤ 60

Desbalances (U2/U1)	2%	2%	3%
Variaciones de frecuencia. F/fn	+/-1%	+/- 1%	+/-2%

Norma IEEE 519-1992.

En 1981, el Instituto de Ingenieros en Electricidad y Electrónica (IEEE) elaboró el estándar IEEE 519-1992 titulado “*Recomendaciones Prácticas y Requerimientos de la IEEE para el Control de Armónicos en Sistemas Eléctricos de Potencia*” [10]. El documento establece los niveles de distorsión de tensión aceptables en sistemas de distribución al mismo tiempo que establece límites en la distorsión armónica de corriente que los usuarios pueden “inyectar” al sistema. En este artículo se presenta una explicación simplificada sobre la aplicación de este estándar desde el punto de vista del usuario industrial.

- **Distorsión armónica total (THD–*Total Harmonic Distortion*): es el índice más utilizado para cuantificar la distorsión armónica.**

$$THD(\%) = \frac{100}{V_1} \sqrt{\sum_{h=2}^{hmax} V_h^2} \quad (1.1)$$

Donde:

V_h : Armónicos de tensión, (V).

V_1 : Tensión real, (V).

Este índice presenta la ventaja de que es fácil y rápido de calcular, pero no permite la obtención del espectro total de la señal. Un valor comúnmente utilizado como frontera entre alta y baja distorsión es el correspondiente a un THD igual a 5%. Sin embargo, este valor es demasiado alto para ser permitido en sistemas de transmisión, pero para algunos sistemas de distribución es válido. El estándar IEEE 519-1992 establece límites para los niveles de distorsión de tensión para las compañías suministradoras de energía. Estos límites están en función del nivel de la tensión del sistema de suministro, tal y como lo muestra en la tabla 1.1.

Tabla 1.1. Límites de los niveles de distorsión de tensión

Voltaje	Armónicas Individuales (%)	THD (%)
V<69kV	3.0	5.0
69<V<161kV	1.5	2.5
V>161kV	1.0	1.5

La distorsión total por armónicos se denomina distorsión total de demanda y debería calcularse asimismo hasta infinito. Muchos autores limitan el cálculo de los componentes individuales y la TDD a 50.

- Tasa de distorsión en la demanda (TDD–*Total Demand Distortion*): Es la suma de la raíz cuadrada total de las distorsiones de corrientes armónicas expresada en por ciento de la máxima corriente de carga demandada, Tabla 2 se encuentran los valores límites de TDD establecidos por la IEEE 519-1992.

$$THD(\%) = \frac{100}{I_L} \sqrt{\sum_{h=2}^{hmax} I_h^2} \quad (1.2)$$

Dónde:

I_h : Corrientes armónicas, (A).

I_L : Corriente máxima demandada, (A).

1.3. Base Teórica de la investigación

Con el objetivo de determinar el basamento teórico necesario que sustentara la investigación pretendemos dejar definidos los principales conceptos sobre el tema y las expresiones matemáticas que se utilizarán.

Conceptos Básicos

Los siguientes conceptos son básicos para una buena comprensión de la eficiencia energética.

Eficiencia: Es la optimización de los recursos utilizados para la obtención de los resultados u objetivos previstos.

Eficacia: Es la contribución de los resultados obtenidos al cumplimiento de los objetivos trazados.

Efectividad: Es la generación sistemática de resultados consistentes integrando eficacia y eficiencia.

Eficiencia energética: Es la optimización de los recursos energéticos para alcanzar los objetivos económicos de la empresa, implica lograr un nivel de producción o servicios con los requisitos mínimos necesarios, con el menor gasto energético posible y la menor contaminación ambiental por este concepto. Todo equipamiento técnico creado por el hombre trabaja sobre la base de la utilización de energía, debido a esto, es natural que en muchos casos exista una gran influencia del costo energético sobre la inversión total, en el primero se incluyen los componentes relativos a la producción, distribución y uso de las diferentes formas de energía.(1)

1.4. Problemas que afectan la Eficiencia Energética en una Industria

La eficiencia energética en una industria está afectada mayormente por la presencia de bajo factor de potencia, máquinas y transformadores subcargados, mal estado físico de la red eléctrica y de los equipos de la industria, sobrecalentamiento en el sistema de suministro, empleo de un gran número de cargas no lineales, etc. Para poder minimizar las afectaciones causadas por estos, es preciso conocer, cómo se generan, de qué dependen y los métodos para corregirlos. La gestión energética en el sector industrial es la principal vía para asegurar un uso eficiente y eficaz de la energía a través del mejoramiento continuo como se muestra en la figura siguiente.(2)

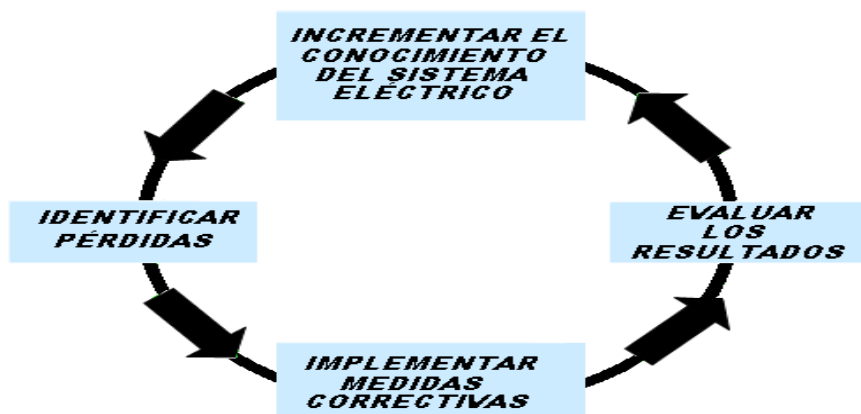


Figura 1.1. Diagrama de eficiencia eléctrica

1.5. Diagnóstico energético del Sistema Eléctrico

El término diagnóstico es asociado comúnmente con el área médica, definiéndose como un conjunto de signos o síntomas particulares de una enfermedad, a partir de los cuales el médico toma las medidas necesarias para combatir los agentes que la causaron. De manera análoga el “diagnóstico energético” efectúa una serie de técnicas de exploración y evaluación que permiten determinar el grado de eficiencia/deficiencia que tiene una empresa o planta en nuestro caso. Tiene como base la identificación del consumo energético, que puede definirse como la respuesta a la pregunta ¿Cómo, dónde y cuánta energía es empleada o desperdiciada? En sistemas, además del análisis del consumo energético se requieren los perfiles energéticos, lo cual permite establecer las áreas potenciales de ahorro de energía.(3)

1.5.1. Tipos de diagnósticos energéticos empleados

Diagnóstico de primer grado:

- Inspección visual del estado de conservación de las instalaciones.
- Análisis de los registros de operación y mantenimiento que rutinariamente se llevan en cada instalación.
- Detectar medidas de ahorro o de incremento de eficiencia energética cuya aplicación es inmediata y con inversiones marginales.
- Sistema de capacitación básica al personal de operación que les permita mantener y aplicar las medidas detectadas.

Diagnóstico de segundo grado:

- Estudio de las fuentes de energía de la subestación.
- Realización de balances de carga.
- Identificación de oportunidades de ahorro de energía.
- Evaluación económica de las medidas que se recomienden.
- Fijar objetivos y metas en función de los potenciales de ahorro.

Diagnóstico de tercer grado:

- Consiste en un análisis exhaustivo de las condiciones de operación y las bases de diseño de una instalación.
- Debe realizarse con la participación del personal especializado de cada área con el apoyo del personal de ingeniería.
- Normalmente es común el uso de técnicas de simulación de procesos para el estudio de diferentes esquemas de operación de equipos y procesos, además de la evaluación de los efectos de los cambios de operación en los consumos específicos de energía. Las recomendaciones derivadas del diagnóstico generalmente son de aplicación a mediano y largo plazo ya que implican modificaciones, equipos, procesos e incluso de las tecnologías utilizadas.

1.6. Compensación de potencia reactiva

La compensación de potencia reactiva mediante la instalación de condensadores en sistemas de distribución es una técnica utilizada por las empresas eléctricas desde casi el inicio de la industria. Existen numerosas y diferentes metodologías para el diseño de un esquema de compensación de potencia reactiva, pero en todos ellos la finalidad es la selección y ubicación en la red de los condensadores.

Tres son los objetivos básicos que se pretenden con la compensación de reactiva en la carga: corrección del factor de potencia y mejora de la regulación de tensión y equilibrado de la carga. Realizando énfasis en la mejora del factor de potencia podemos decir que dada la influencia que tiene en la factura energética, es sin duda la función más conocida de la compensación reactiva. Consiste en generar reactiva allí donde se consume. En general, se busca un factor de potencia cercano a (0.95), ya que el valor del factor de potencia igual a 1 no supone una mejora sustancial en el rendimiento y es un objetivo mucho más costoso.(4)

1.6.1. Dispositivos que influyen en el balance de potencia reactiva

Para una adecuada generación y flujo de potencia reactiva se deben considerar:

- La variación de la tensión de generación.

- La variación de los taps en los transformadores.
- Conexión y desconexión de bancos de condensadores y reactores.
- Configuración de los compensadores estáticos (SVC)
- La configuración de la red y el despacho de generación.

1.6.2. Equipos Compensadores de Potencia Reactiva

Los equipos empleados en la compensación de la potencia reactiva de las cargas son fundamentalmente

- Bancos de condensadores.
- Condensadores sincrónicos (motores sincrónicos sobreexcitados).
- Compensadores activos (basados en electrónica de potencia: SVC, FACTS, etc.).

De ellos, por su bajo costo, reducido mantenimiento y bajas pérdidas de energía, los bancos de condensadores son los más empleados en la industria.

1.6.3. Tipos de compensaciones de reactivos mediante bancos de condensadores

Estos tipos de compensación ofrecen una solución generalizada para corregir el factor de potencia en una empresa ya que permiten corregir la potencia y evitar las pérdidas.

1.6.3.1. Compensación central con banco automático

Este tipo de compensación ofrece una solución para corregir el factor de potencia ya que la potencia total del banco de condensadores se instala en la acometida, cerca de los tableros de distribución de energía, los cuales, suministran la potencia reactiva demandada por diversos equipos con diferentes potencias y tiempos de operación.

La potencia total del banco de condensadores se divide en varios bloques que están conectados a un regulador automático de energía reactiva, que conecta y desconecta los bloques que sean necesarios para obtener el factor de potencia previamente programado en dicho regulador.

Ventajas:

- Mejor utilización de la capacidad de los bancos de condensadores.
- Se tiene una mejora en la regulación del voltaje en sistema eléctrico.
- Suministro de potencia reactiva según los requerimientos del momento.
- Es de fácil supervisión.

Desventajas

La desventaja de corregir el factor de potencia mediante la compensación centralizada, es que las diversas líneas de distribución no son descargadas de la potencia reactiva, además, se requiere de un regulador automático en el banco de condensadores para compensar la potencia reactiva, según las necesidades de cada momento.

Compensación combinada

La compensación mixta o combinada de potencia reactiva, se refiere a la combinación de dos o más métodos para corregir el factor de potencia. Tiene como desventaja que puede ocasionar una sobre compensación en el sistema eléctrico.(5)

1.7. Clasificación de los bancos de condensadores a utilizar para la compensación de potencia reactiva

Los bancos de condensadores se clasifican por su modo de operación en: bancos fijos y bancos controlados.

Los bancos fijos están permanentemente conectados al sistema, aportando el total de su potencia reactiva en todo momento. Esto puede traer algunos inconvenientes debido a la variabilidad de la carga en el tiempo, es por esto que se emplean bancos compuestos por una o varias unidades capacitivas que se conectan o desconectan por determinada estrategia, que pueden ser:

- 1) Controlados por tiempo.
- 2) Controlados por voltaje.
- 3) Controlados por corriente.
- 4) Controlados por factor de potencia.

Control por factor de potencia: El control por factor de potencia es uno de los más empleados actualmente en los centros generales de distribución de baja tensión de las

industrias e instalaciones de servicio. Se basa en obtener señales de voltaje y corriente de la red que permiten determinar el factor de potencia y por lo tanto controlar este parámetro a un valor prefijado.

En forma general, este tipo de banco está compuesto por una batería de condensadores de igual o diferente capacidad, que se conectan y desconectan por contactores magnéticos para seguir la curva de carga reactiva y lograr mantener el factor de potencia de la instalación lo más cercano posible al valor prefijado.

1.7.1. Vías para la compensación de potencia reactiva

Compensación global.

Ventajas:

Suprime las penalizaciones por un consumo excesivo de energía reactiva.

Ajusta la potencia aparente (S en kVA.) a la necesidad real de la instalación.

Descarga el centro de transformación (potencia disponible en kW.)

Observaciones:

La corriente reactiva está presente en la instalación desde el nivel 1 hasta los receptores.

Las pérdidas por efecto Joule en los cables no quedan disminuidas.

Compensación parcial.

Ventajas:

Suprime las penalizaciones por un consumo excesivo de energía reactiva.

Optimiza una parte de la instalación,

Descarga el centro de transformación (potencia disponible en kW).

Compensación individual.

Ventajas:

Suprime las penalizaciones por un consumo excesivo de energía reactiva.

Optimiza toda la instalación eléctrica. La corriente reactiva I_r se abastece en el mismo lugar de su consumo. Descarga el centro de transformación (potencia disponible en kW).(6)

1.7.2. Beneficios que brinda la compensación de reactivo

Después de un minucioso análisis sobre la compensación de potencia reactiva, incluyendo la cantidad de condensadores a utilizar y los diferentes métodos de compensación con sus ventajas y desventajas. Podemos mencionar las ventajas que estos pueden proporcionar al sistema eléctrico dentro de un contexto generalizado:

- Aumentar la capacidad del sistema eléctrico para entregar energía activa
- Mejorar la calidad del voltaje
- Disminuir las pérdidas en el sistema de suministro eléctrico
- Disminuir el costo de energía eléctrica.
- Postergar inversiones por necesidades de refuerzos.
- Aumento de los márgenes de reserva de potencia reactiva frente a eventuales perturbaciones.
- Minimizar costos de operación del sistema; evitar restricciones al despacho económico; prevenir colapsos de tensión y mantener márgenes de seguridad.
- Mejora del margen de estabilidad estacionaria y transitoria del sistema.(7)

1.7.3 Cálculo para la compensación de potencia reactiva

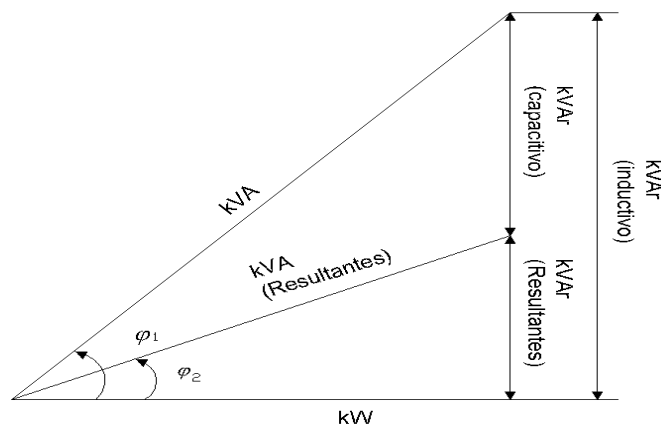


Figura 1.2. Reducción del ángulo φ mediante la conexión de una cantidad determinada de potencia reactiva capacitiva al circuito.

En este caso

$$\tan \varphi_1 = \frac{Q_1}{P} \quad (1.3)$$

Y para el nuevo ángulo luego de la corrección:

$$\tan \varphi_2 = \frac{Q_2}{P} \quad (1.4)$$

Para conocer la potencia reactiva capacitiva que mejore el valor del factor de potencia de $\cos \varphi_1$ a $\cos \varphi_2$ se utilizará la fórmula:

$$Q_c = P(\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) \quad (1.5)$$

Donde:

Q_c : Capacidad del banco a instalar, (kVAr).

P : Potencia activa consumida por la carga, (kW).

φ_1 : Ángulo del factor de potencia inicial.

φ_2 : Ángulo del factor de potencia deseado.

1.8. Ventajas de corregir el factor de potencia

Las ventajas que se obtienen al corregir correctamente el factor de potencia son múltiples entre las que se destacan:

- Reducción de la factura eléctrica.
- Liberación de capacidad en el sistema.
- Reducción de las pérdidas de potencia y energía en el sistema.
- Mejoramiento de las condiciones de tensión en el sistema.
- Reducción de pérdidas de transmisión.
- Mejorar la utilización de la capacidad de transmisión.
- Aumento de los márgenes de reserva de potencia reactiva frente a eventuales perturbaciones.
- Mejora del margen de estabilidad estacionaria y transitoria del sistema.

Aunque el factor de potencia ideal es 1, no es aconsejable compensar a más de 0.96 por problemas de sobrecompensación, es necesario aclarar que si esto ocurre lejos de lograrse beneficios, se producen consecuencias negativas como sobretensiones en el sistema, las que afectan directamente a los equipos, originando en ocasiones severos

daños, además incide directamente en acortar la vida útil del aislamiento en los conductores.

1.8.1.Causas que provocan un bajo factor de potencia en el circuito de distribución de una entidad

La potencia reactiva, la cual no produce un trabajo físico directo en los equipos, 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 exagerada del factor de potencia. Un alto consumo de energía reactiva puede producirse como consecuencia principalmente de:

- Un gran número de motores.
- Presencia de equipos de refrigeración y aire acondicionado.
- Una subutilización de la capacidad instalada en equipos electromecánicos, por una mala planificación y operación en el sistema eléctrico de distribución.
- Un mal estado físico de la red eléctrica y de los equipos de la industria.

Las 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, sin embargo, como podemos comprobar con la presencia de armónicos en las redes, estos también suponen pérdidas en las mismas, las cuales contribuyen a elevar más aún la energía aparente necesaria.

La nueva potencia aparente S' es de mayor dimensión que la original debida únicamente a las pérdidas puramente inductivas. Esto nos lleva, por tanto, a las siguientes conclusiones:

- Un bajo factor de potencia es, por tanto, el resultado de un alto contenido de cargas inductivas como de cargas no lineales, consumidoras de corrientes no senoidales.
- El coseno de φ representa las pérdidas de carácter puramente inductivo dentro de la instalación, a las cuales debemos añadir (en muy menor proporción) las pérdidas a frecuencias armónicas.
- El factor de potencia nunca puede ser >1 , siendo esta la situación óptima.

- Los analizadores de redes de última generación muestran ambos valores cuando se monitorizan en línea los parámetros de potencia.

1.8.2 Consecuencias de un bajo factor de potencia

Mayormente en las industrias los consumidores que existen por su naturaleza eléctrica son de carácter reactivo. Estos equipos en su mayoría cuentan con bobinas, necesarias para producir el flujo electromagnético que los pone en funcionamiento (motores, transformadores, lámparas fluorescentes, y otros similares). Este carácter reactivo obliga que junto al consumo de potencia activa P (kW) se sume el consumo de una potencia llamada reactiva Q (kVAR), las que conjuntamente determinan el comportamiento operacional de dichos equipos, hay que señalar que un alto consumo de energía reactiva produce una disminución exagerada del factor de potencia. Mantener un bajo factor de potencia, resulta dañino y caro para una instalación, debido a que sumado a un aumento en las facturas por consumo de electricidad también se origina una circulación de corriente eléctrica excesiva en las redes de suministro, provocando daños en las mismas debido a sobrecargas, ocasionando pérdidas por efecto Joule (pérdidas de energía en forma de calor) y acortándole la vida útil al aislamiento de los conductores. Además, produce alteraciones en la regulación de la calidad técnica del suministro (variaciones de tensión), con lo cual empeora el rendimiento y funcionamiento de los consumidores y del sistema en general.

Para la empresa que suministra la energía un bajo factor de potencia en una instalación también resulta desfavorable, pues necesitará realizar mayores inversiones en los equipos de generación, ya que su capacidad en potencia aparente S (kVA) deberá ser mayor, para poder entregar esa energía reactiva adicional, tendrá que garantizar mayores capacidades en líneas de transmisión y distribución así como en transformadores para el transporte y transformación de esta energía reactiva, pueden aparecer además, problemas de estabilidad de la red eléctrica debido a elevadas caídas de tensión y baja regulación de voltaje, para evitar todo esto las empresas suministradoras de electricidad penalizan a todos los consumidores industriales que tengan un factor de potencia menor de 0.90 y

bonifican a los que lo tengan por encima de 0.92 las que lo tienen entre 0.90 y 0.92 no son penalizadas ni bonificadas.

Beneficios al mejorar el factor de potencia.

Potencia aparente liberada (SL)

$$S_2 = S(\cos \varphi_1 / \cos \varphi_2) \quad (1.6)$$

$$S_1 = S_1 - S_2 \quad (1.7)$$

Potencia activa liberada (PL).

$$P_2 = P_1(\cos \varphi_1 / \cos \varphi_2) \quad (1.8)$$

$$P_1 = P_1 \cdot P_2 \quad (1.9)$$

Potencia activa liberada (IL).

$$P_1 = \sqrt{3}U \cdot I \cdot \cos \varphi_1 \quad (1.10)$$

$$P_2 = \sqrt{3}U \cdot I \cdot \cos \varphi_2 \quad (1.11)$$

$$I_L = I_1 \cdot I_2 \quad (1.12)$$

1.9. Régimen de trabajo económico de los transformadores

En condiciones de operación, se debe prever el régimen de trabajo económico de los transformadores, la esencia de lo cual consiste en que en las subestaciones con varios transformadores, el número de ellos conectados en cada momento debe ser el que proporcione el mínimo de pérdidas, para un gráfico de carga determinado. Para ello deben considerarse no solamente las pérdidas de potencia activa en los propios transformadores, sino también las pérdidas de potencia activa que aparecen en el sistema (desde la fuente de suministro hasta la subestación considerada), debido a los requerimientos de potencia reactiva de los transformadores. (8)

A diferencia de las pérdidas del transformador en sí, a éstas se le denomina referidas y se determinan por la expresión:

$$\Delta P' = \Delta P'_{sc} + Kc^2 \cdot \Delta P'_{cc} \quad (1.13)$$

Donde:

$\Delta P'_{sc}$ = Pérdidas referidas del transformador en vacío (kW).

$\Delta P'_{cc}$ = Pérdidas referidas de cortocircuito (kW).

Kc = Coeficiente de carga del transformador.

$$K = \frac{S_c}{S_n} \quad (1.14)$$

Donde:

ΔP_{sc} = Pérdidas de potencia sin carga, (kW).

ΔQ_{sc} = Potencia reactiva del transformador sin carga, (kVAR).

$$\Delta Q_{sc} = S_n (I_{sc} \% / 100) \quad (1.15)$$

Donde:

S_n = Potencia nominal o de chapa del transformador, (kVA).

I_{sc} = Corriente del transformador sin carga

K_{ip} = Coeficiente incremental de pérdidas de potencia activa (para empresas industriales).

Cuando este no es dado por el sistema energético, se debe tomar igual como promedio a 0.07 (kW/kVAR).

$$\Delta P'_{cc} = \Delta P_{cc} + K_{ip} \cdot \Delta Q_{cc} \quad (1.16)$$

Donde:

ΔP_{cc} = Pérdidas de potencia activa del transformador con carga en (kW).

ΔQ_{cc} = Potencia reactiva del transformador con carga (kVAR).

$$\Delta Q_{cc} = S_n (V_{cc} \% / 100) \quad (1.17)$$

Donde:

V_{cc} = voltaje de cortocircuito del transformador.

(Todos los valores deben corresponder al mismo lado del transformador, o sea lado de alta o lado de baja).

1.10. Conclusiones del capítulo

En el capítulo se recogen los fundamentos teóricos necesarios que sirven de base a los posteriores capítulos. Se brindó el panorama de la actualidad existente en el ámbito de eficiencia eléctrica en nuestras empresas, a partir del conocimiento de las nociones generales del factor de potencia, comprendiendo los indicadores energéticos que se usan para medir el desempeño de la eficiencia eléctrica, se abordó además las teorías generales relacionadas sobre el factor de potencia para así poder desempeñar un mejor trabajo en los capítulos que prosiguen, guiándonos por estas. Se muestran las herramientas que se utilizan para establecer un correcto factor de potencia, así como las ventajas de establecerlo al normado por el sistema nacional.

CAPITULO 2: APLICACIÓN DEL SISTEMA ELECTRICO EN LA CAMARONERA FRANK PAIS

2.1. Introducción

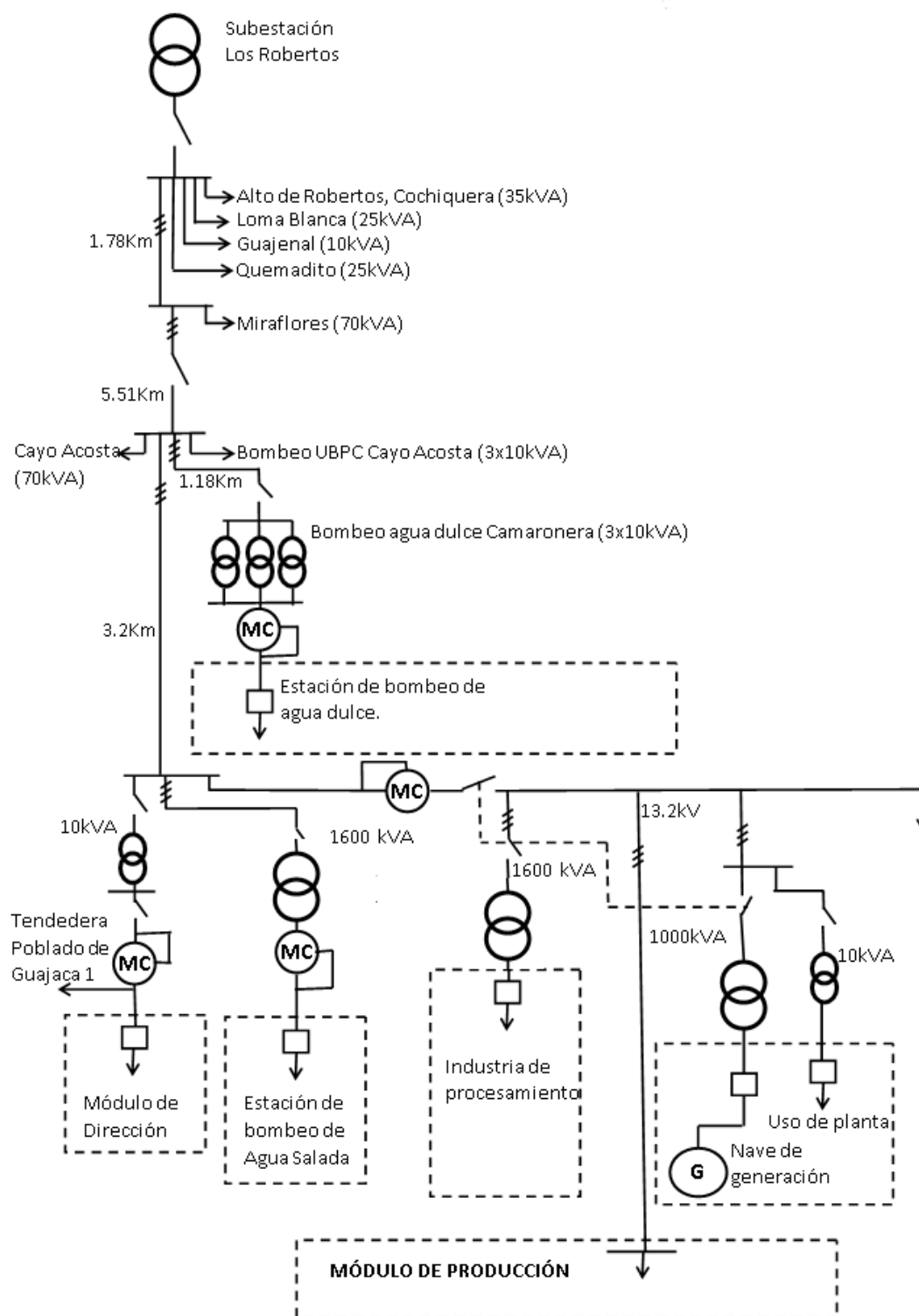
Actualmente nuestro país desarrolla varios programas de ahorro de energía eléctrica debido al alto costo de los portadores energéticos, en su mayoría importados y con altas tendencias a seguir elevando sus precios actuales, y nuestra empresa no está exenta de las nuevas transformaciones con vista a lograr una mayor eficiencia partiendo de la reducción del consumo de energía.

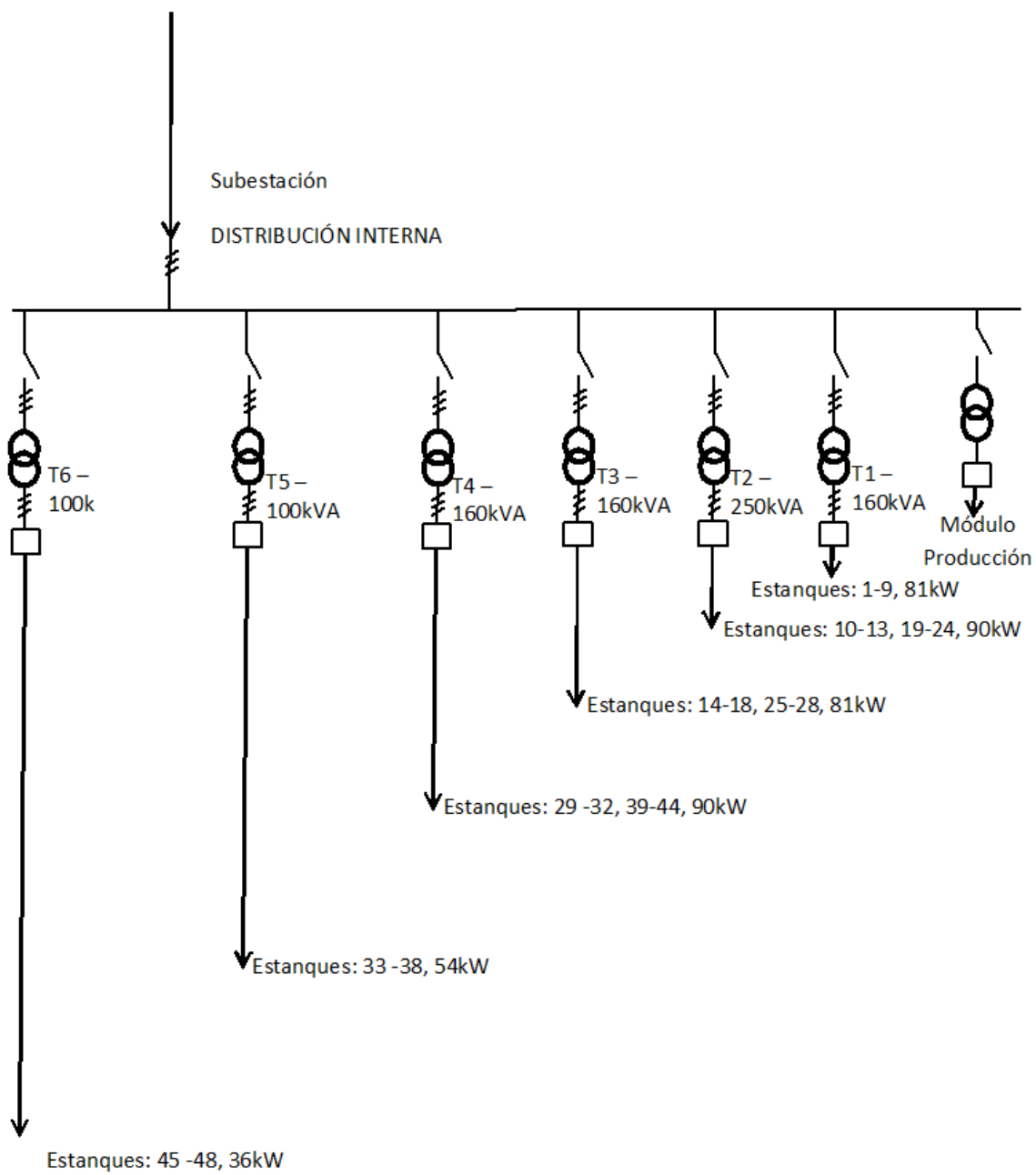
En el presente capítulo se expone todo lo relacionado con la instalación objeto de estudio donde se realizara una caracterización del mismo, se lleva acabo el levantamiento de las cargas instaladas, el comportamiento de las principales magnitudes eléctricas de la instalación, antes del cálculo de banco de condensadores y después del resultado de la compensación de potencia reactiva, y verificar si la propuesta es factible o no.

2.2. Descripción del sistema eléctrico

La empresa UEB Camaronera Guajaca Frank País se alimenta desde una subestación de (1000kVA, 1320/480V) con líneas de (10 hasta 11km), la misma cuenta con un bombeo de agua dulce que presenta una bomba trifásica de (440V, 11kW) el cual está conectado a un transformador trifásico de (3x10kVA). Presenta un bombeo de agua salada el cual contiene una bomba trifásica de (440V, 139kW) conectada a un transformador trifásico de (1600kVA). Cuenta también con un módulo el cual se alimenta de un transformador trifásico de (1600kVA). Esta empresa cuenta con una dirección que se alimenta de un transformador monofásico de (15kVA).

2.2.1. Esquema monolineal actual de la empresa





2.3.Breve diagnostico eléctrico de la empresa

Subestación interna

Esta se encuentra en un estado prácticamente inoperable. El piso tecnológico desapareció por el número de excavaciones realizados por los compañeros de la camaronera para instalar el cableado para el transformador de los grupos electrógenos que no se concluyó, todos los desconectivos del sistema que se instaló para su operación inicial están abiertos y se alimentan únicamente por el BAY-PASS de entrada general, los grupos electrógenos están desconectados y se instaló el transformador de 1600 kVA en el Bombeo de agua salada en el momento que se quemó el de 800 kVA trifásico de dicha estación, fue necesario salvar la producción existente en ese momento antes del cierre de la empresa los cuales se mantienen en el mismo lugar porque la Camaronera no ha gestionado el transformador para solucionar esta situación.

El recerrador está fuera de servicio al igual que los demás elementos antes mencionados, el transformador de 1000 kVA está frío y presenta resumideros de aceite.

Se analizó el circuito primario desde la sub hasta los módulos

A continuación, se especifican en sentido puntual detalles detectados en los módulos, en esta parte se observa que las líneas están afectadas por el efecto del salitre en especial los tornillos y los alfileres.

En la estructura 8 debe ser modificada y normalizar un **EDRE**, a esta se le dio una solución temporal en el ciclón para salvar la producción almacenada en la industria.

En la estructura 18 se encuentra la bancaza del transformador del módulo 1, falta un transformador trifásico de 160 kVA 13000/ 240 - 480 V, 3 Drop-out, 3 Para rayos de voltaje de línea, 3 Estribos, 3 Grampas en calientes.

En la estructura 4 del módulo 2 se encuentra la bancaza del transformador 1, falta un transformador trifásico de 250 kVA 13000/ 240 - 480 V, 3 Drop-out, 3 Para rayos de voltaje de línea, 3 Estribos, 3 Grampas en calientes, cambiar el bajante de neutro.

En la estructura 14 del módulo 2 se debe reconstruir la bancaza completa del transformador 2, instalar 1 poste 1070 H y rematar la línea que hoy está rematada en una estructura tipo A anterior a la posición de la bancaza, falta un transformador trifásico de 160 kVA 13000/ 240 - 480 V, 3 Drop-out, 3 Para rayos de voltaje de línea, 3 Estribos, 3 Grampas en calientes.

En la estructura 4 del módulo 4 se encuentra la bancaza del transformador 1, falta un transformador trifásico de 160 kVA 13000/ 240 - 480 V, 3 Drop-out, 3 Para rayos de voltaje de línea, 3 Estribos, 3 Grampas en calientes.

En la estructura 14 del módulo 4 se debe reconstruir la bancaza completa del transformador 2, falta un transformador trifásico de 100 kVA 13000/ 240 - 480 V, 3 Drop-out, 3 Para rayos de voltaje de línea, 3 Estribos, 3 Grampas en calientes.

Se revisaron las casetas de control y las acometidas o bajantes trifásicos que las alimentan

Estas están totalmente deterioradas y sin desconectivo de entrada (la dirección técnica de la camaronera plantea tener parte de estos elementos guardados en almacén, no así para todas).

2.4. Análisis del estado actual de las instalaciones

En el análisis del estado actual de las instalaciones eléctricas se detectaron varios inconvenientes que limitan la operatividad y flexibilidad del sistema de suministro, por ejemplo.

Para que la subestación interna funcione de forma segura debe ser visitada por especialistas de subestaciones para evaluar su reconstrucción para ser operable según las necesidades de la instalación.

Es necesario cambiar el secundario de todo el módulo 2 por estar muy afectado por los cortacircuitos y los efectos del ambiente total a cambiar 832m de cobre 1/0 F(A,B,C) para 2496 metros.

Es necesario cambiar el secundario del final del módulo 4 por estar muy afectado por los cortacircuitos y los efectos del ambiente total a cambiar 260m de cobre 2 F(A,B,C) para 780 metros.

Las casetas deben ser desconectadas del secundario y luego del mantenimiento al circuito instalarla según se cumpla la reactivación de las casetas. No existe un solo desconectivo por baja que proteja los transformadores lo que aumenta el riesgo de fallas en el circuito secundario y todos los estanques del módulo en cuestión.

2.5. Principales parámetros eléctricos según medición en la empresa

Los principales parámetros eléctricos por cada una de los meses según mediciones realizadas arrojaron los siguientes resultados.

Tabla 2.1: Potencia actual

	enero	febrero	marzo	abril
P(kWh)	64,8	64,5	132,4	154,1
Q(kVAr)	42,7	55,6	109,3	134,3

Como se muestra en la tabla 2.1 se hace necesario un balance de carga por la gran diferencia que hay entre un mes comparada con el otro por lo que realizaremos un análisis más detallado de la misma ya que con estos valores de potencia reactiva la empresa es penalizada por las pérdidas eléctricas a la que esta conlleva.

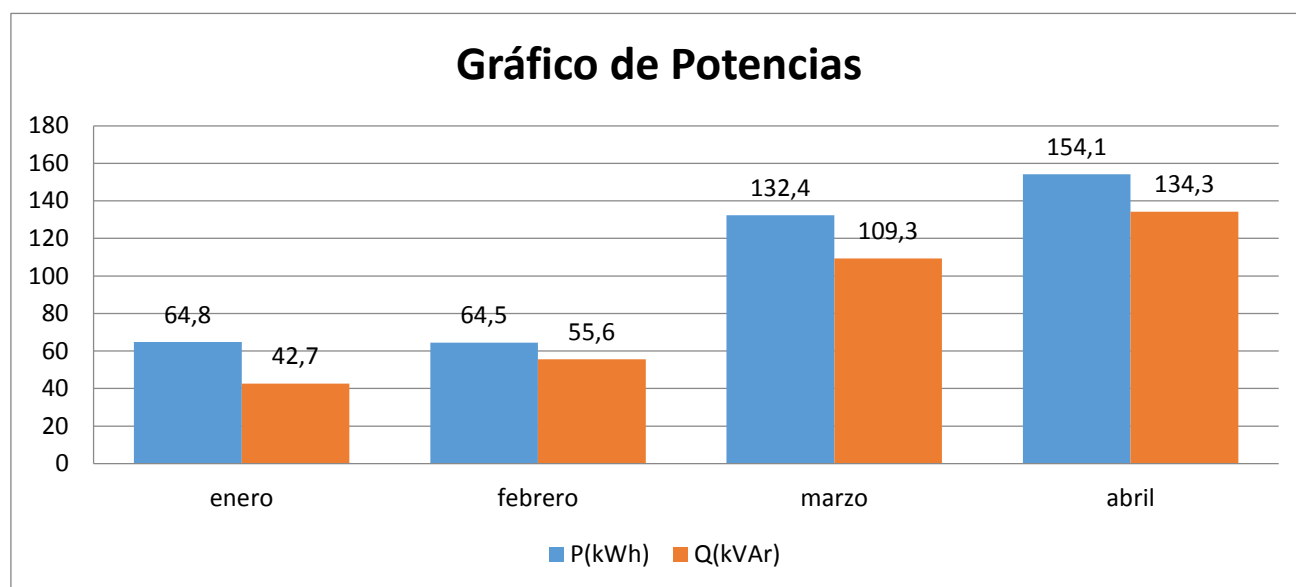


Figura 2.1: Gráfico de carga

Como se muestra en el gráfico (2.1) se puede apreciar que la carga tiene una gran diferencia entre un mes y otro y se puede observar el elevado valor de la potencia reactiva que presenta y con estos valores la empresa es penalizada por la empresa eléctrica.

Tabla 2.2: Factor de potencia

NOMBRE	Fp.enero	Fp.febrero	Fp.marzo	FP.abril
B. AGUA DULCE CAMARONERA	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000
BOMBEO CAMARONERA	0,7100	0,7100	0,7200	0,6600
MODULO CAMARONERA	0,9400	0,7700	0,8200	0,8800
DIRECCION CAMARONERA	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000

Como se puede ver en la tabla (2.2) también posee un factor de potencia desfavorable, con estos valores de factor de potencia la empresa eléctrica nos penaliza y en términos de eficiencia, no es factible, pues las pérdidas continúan internamente en la red de suministro eléctrico de la empresa, desde la subestación principal hasta los consumidores, por lo que hay que compensar el factor de potencia para disminuir las pérdidas en la subestación.

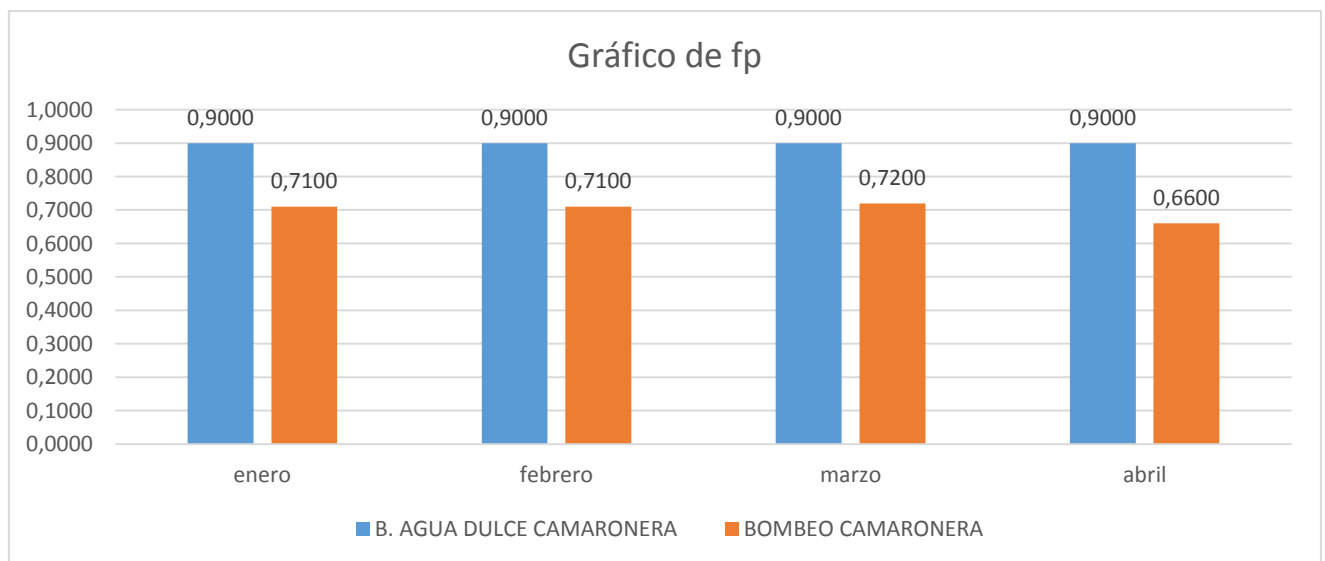


Figura 2.2: Gráfico de factor de potencia

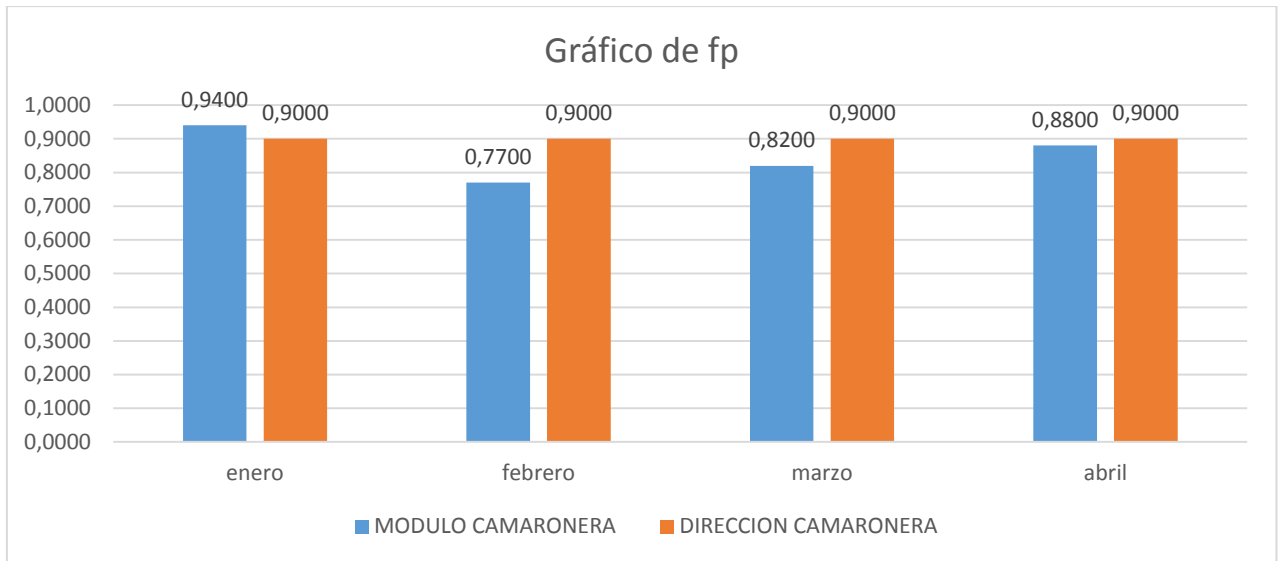


Figura 2.3: Gráfico de factor de potencia

Como se muestra en los gráficos (2.2 y 2.3) se puede apreciar el comportamiento del factor de potencia, con estos valores de factor de potencia somos penalizados por parte de la empresa eléctrica ya que como se observa en los distintos meses este está por debajo del factor normado por el país para eliminar las pérdidas eléctricas.

2.6. Cálculo del factor de diversidad y coincidencia

$$F_{div} = \frac{\sum D_{máxl}}{D_{máxc}} \quad (2.1)$$

En el gráfico de la Figura (2.4) se representan los valores promedios de la demanda de potencia activa en el bombeo camaronera, siendo el valor máximo 83.9kW en los meses que se muestran.

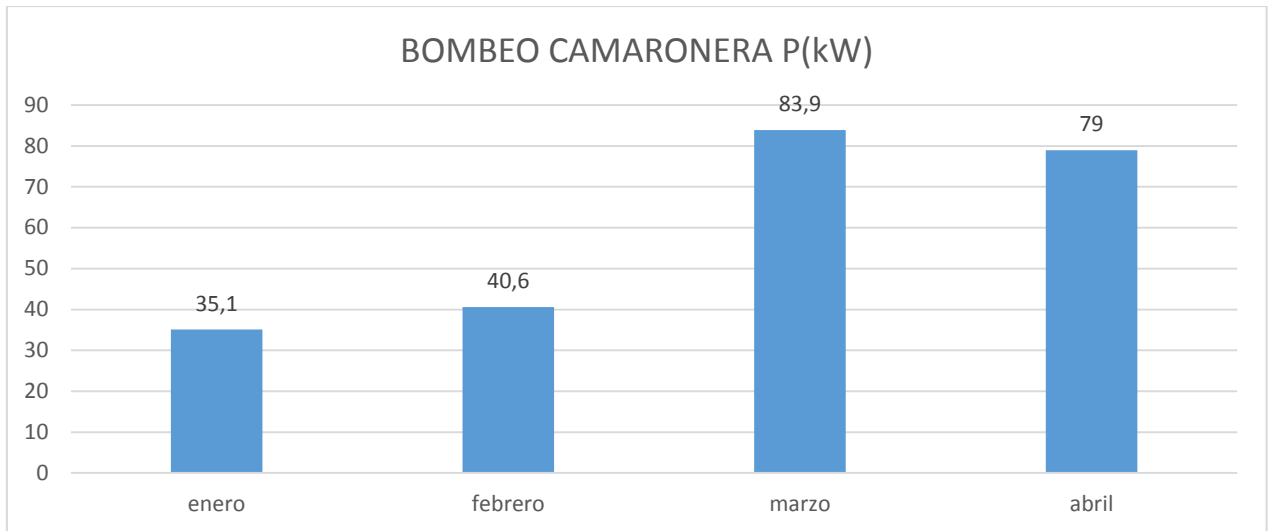


Figura 2.4: Gráfico de factor de potencia

$$\sum D_{\text{máxl}} = (35.1 + 40.6 + 83.9 + 79) = 238.6 \text{ kW} \quad (2.2)$$

$$D_{\text{máx}} = 83.9 \text{ kW}$$

$$F_{\text{div}} = \frac{238.6}{83.9} = 2.84 \quad (2.3)$$

El factor de coincidencia es el inverso del factor de diversidad:

$$F_{\text{coin}} = \frac{1}{F_{\text{div}}} = \frac{D_{\text{máxc}}}{\sum D_{\text{máxl}}} \quad (2.4)$$

Al sustituir en 2.4

$$F_{\text{coin}} = \frac{1}{2.84} = 0.35$$

2.7. Cálculo del factor de carga

$$F_c = \frac{P_m}{D_{\text{máx}}} \quad (2.5)$$

El gráfico de la Figura muestra los promedios de la potencia activa, reactiva y el factor de potencia para bombeo camaronera de los meses mostrados.

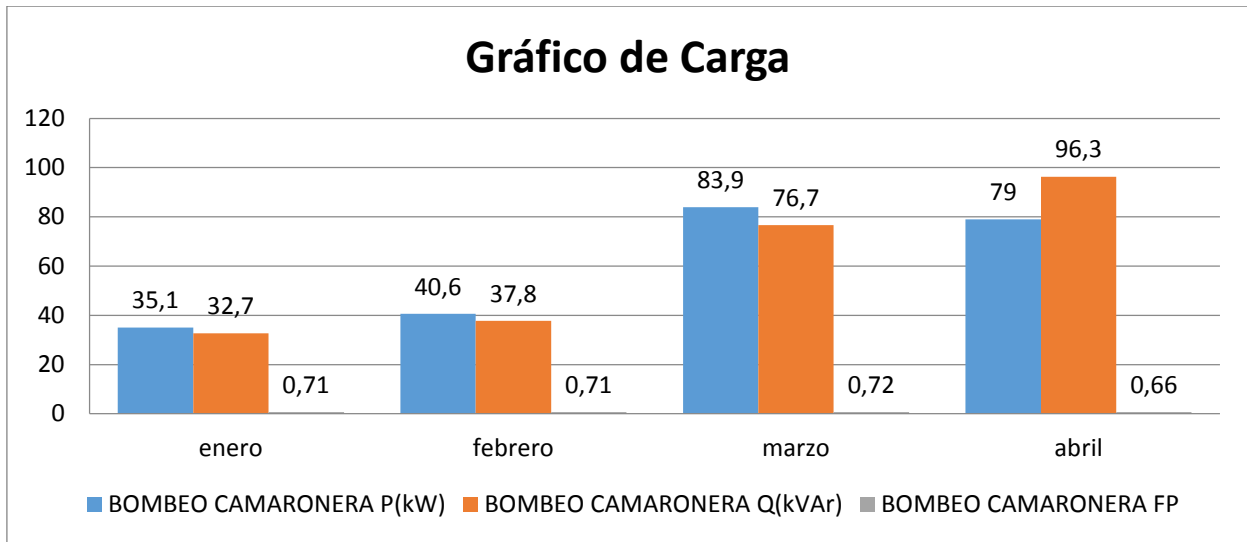


Figura 2.5: Gráfico de carga

Al sustituir en 2.5 se obtiene

$$F_c = \frac{59.65}{83.9} = 0.71$$

2.8. Cálculo del banco de capacitores para bombeo camaronera.

La Potencia Activa Promedio (P_m) = 59.65kW

La Potencia Reactiva Promedio (Q_m) = 60.87kVAR.

Por tanto la Potencia Aparente Promedio (S_m)

$$s_m = \sqrt{(P_m)^2 + Q_m^2} \quad (2.6)$$

Al sustituir en 2.6

$$S_m = \sqrt{(59.65)^2 + (60.87)^2} = 85.2KVA.$$

Factor de potencia (fp)

$$f_p = \frac{P_m}{S_m} \quad (2.7)$$

Al sustituir en 2.7

$$f_p = \frac{59.65}{85.2} = 0.70$$

El factor de potencia registrado es de 0.70 en comparación con 0.70 por calculos a partir de las potencias medidas.

Entonses la potencia reactiva a instalar para alcanzar el valor de fp de 0.96 normado para que la empresa no sea penalizada sería:

Refiriendonos a la ecuación 1.5

$$Q_c = P(\tan\phi_1 - \tan\phi_2)$$

Donde:

$$\tan\phi_1 = \tan(\cos\phi_1^{-1}) \quad (2.8)$$

$$\tan\phi_2 = \tan(\cos\phi_1^{-1})$$

Factor de potencia actual $\cos(\phi_1) = 0.70$

Factor de potencia deseado $\cos(\phi_2) = 0.96$

$$\phi_1 = \cos^{-1}(\cos \phi) \quad (2.9)$$

$$\phi_2 = \cos^{-1} \cos(\phi_2)$$

Sustituyendo en 2.8 y 2.9

$$\phi_1 = \cos^{-1}(0.70) = 45.57^\circ$$

$$\phi_2 = \cos^{-1}(0.96) = 16.26^\circ$$

$$\tan\phi_1 = \tan(\cos^{-1}(\cos\phi_1))$$

$$\tan\phi_2 = \tan(\cos^{-1}(\cos\phi_2))$$

$$\tan \varphi_1 = \tan(\cos^{-1}(0.70)) = 1.02$$

$$\tan \varphi_2 = \tan(\cos^{-1}(0.96)) = 0.29$$

Sustituyendo en 1.5

$$Q_c = 59.65(1.02 - 0.29) = 43.54 \text{ kVAr}$$

Al obtener los resultados de Q_c , la capacidad a instalar estandarizándose escoge 45.0 kVAr.

Al analizar la tabla del anexo 2. Se tiene que el multiplicador para llevar el FP de 0.70 a 0.96 es 0.729 entonces.

$$Q_c = P \cdot k \text{ Donde } k = 0.729.$$

Entonces en el bombeo camaronera hay que instalar un banco de capacitores de 45.0 kVAr para alcanzar un factor de potencia de 0.96 este banco debe ser automático para que pueda incorporar capacidad según se necesite.

2.9. Cálculo del banco de capacitores para modulo camaronera.

El gráfico de la Figura 2.6 muestra los promedios de la potencia activa, reactiva y el factor de potencia para modulo camaronera de los meses mostrados.

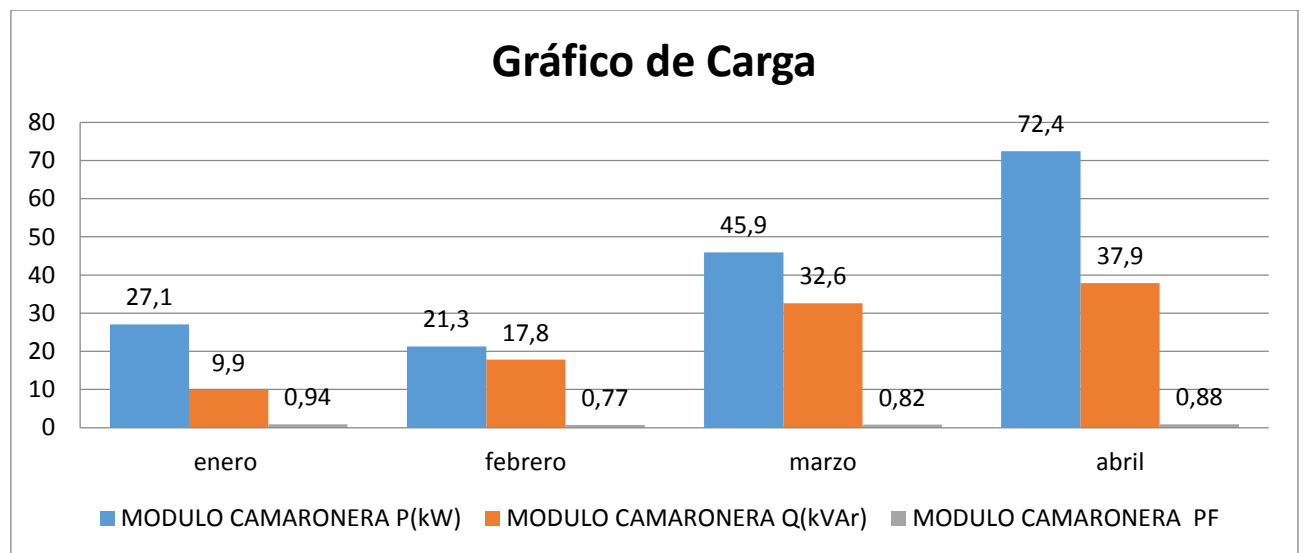


Figura 2.6: Gráfico de carga

La Potencia Activa Promedio (P_m) = 41.67kW

La Potencia Reactiva Promedio (Q_m) = 24.55kVAR.

Por tanto la Potencia Aparente Promedio (S_m)

Sustituyendo en la ecuación 2.6

$$S_m = \sqrt{(41.67)^2 + (24.55)^2} = 48.36\text{KVA}$$

Al sustituir en 2.7

$$f_p = \frac{41.67}{48.36} = 0.86$$

El factor de potencia registrado es de 0.86 en comparación con 0.86 por calculos a partir de las potencias medidas.

Entonses la potencia reactiva a instalar para alcanzar el valor de fp de 0.96 normado para que la empresa no sea penalizada sería:

Refiriendonos a la ecuacion 1.5

$$Q_c = P(\tan\omega_1 - \tan\omega_2)$$

Factor de potencia actual $\cos(\varphi_1) = 0.86$

Factor de potencia deseado $\cos(\varphi_2) = 0.96$

Sustituyendo en 2.8 y 2.9

$$\varphi_1 = \cos^{-1}(0.86) = 30.68^\circ$$

$$\varphi_2 = \cos^{-1}(0.96) = 16.26^\circ$$

$$\tan\varphi_1 = \tan(\cos^{-1}(\cos\varphi_1))$$

$$\tan\phi_2 = \tan(\cos^{-1}(\cos\phi_2))$$

$$\tan\phi_1 = \tan(\cos^{-1}(0.86)) = 0.59$$

$$\tan\phi_2 = \tan(\cos^{-1}(0.96)) = 0.29$$

Sustituyendo en 1.5

$$Q_c = 41.67(0.59 - 0.29) = 12.5\text{kVAr}$$

Al obtener los resultados de Q_c , la capacidad a instalar estandarizándose escoge 15.0 kVAr.

Al analizar la tabla del anexo 2. Se tiene que el multiplicador para llevar el FP de 0.86 a 0.96 es 0.302 entonces.

$$Q_c = P \cdot k \text{ Donde } k = 0.302.$$

Entonces en el bombeo camaronera hay que instalar un banco de capacitores de 15.0 kVAr para alcanzar un factor de potencia de 0.96 este banco debe ser automático para que pueda incorporar capacidad según se necesite.

2.10. Cálculo de pérdidas de los transformadores

Las pérdidas totales por transformación (P_t) se determinan teniendo en cuenta las pérdidas en el cobre y en el hierro del transformador, en el anexo 3 se muestra la tabla que relaciona las pérdidas anteriormente expuestas, por lo que se calculan de la manera en que se muestra en los siguientes epígrafes.

2.10.1. Cálculo de las pérdidas del transformador de bombeo camaronera, antes de la compensación

$$P_t = P_{fe} \cdot T_3 + \left(\frac{KVA_{real}}{KVA_{nom}}\right)^2 \cdot P_{cu} \cdot T_1 \quad (2.10)$$

Donde:

Pfe - Pérdidas en el hierro para régimen nominal.

Pcu - Pérdidas por efecto Joule en el Cobre.

T1-Tiempo que dura la carga del transformador (24h/día).

T1=T3 - Porque el transformador trabaja a régimen continuo las 24 h del día.

El transformador que hay en el bombeo camaronera es de 1600 kVA.

$$P_{fe} = 3.174 \text{ kW}$$

$$P_{cu} = 16.587 \text{ kW}$$

$$T_1 = T_3 = 24h$$

Al sustituir en 2.10

$$P_t = 3.174 \cdot 24 + \left(\frac{85.2}{1600}\right)^2 \cdot 16.587 \cdot 24$$

$$P_t = 77.29 \text{ kWh/día}$$

2.10.2.Calculo de las pérdidas en el transformador de bombeo camaronera, despues de la compesación

$$Q_{sist} = Q_l - Q_c \quad (2.11)$$

Qsiste: Potencia reactiva del sistema

Ql: Potencia reactiva promedio

Qc: Potencia reactiva compensada

Al sustituir en 2.11

$$Q_{sist} = 60.87 - 45 = 15.87 \text{ kVAr}$$

Luego se calcula la potencia aparente (S_2) despues de que se calculo la compesación

$$S_2 = \sqrt{P^2 + Q_{sist}^2} \quad (2.12)$$

Al sustituir 2.12

$$S_2 = \sqrt{(59.65)^2 + (15.87)^2} = 61.72 \text{ KVA}$$

Se comprueba el factor de potencia y se obtiene 0.96 con el cual se desea trabajar.
Entonces se calcula las pérdidas.

Al sustituir en 2.10

$$P_t = 3.174 \cdot 24 + \left(\frac{61.72}{1600} \right)^2 \cdot 16.587 \cdot 24$$

$$P_t = 76.75 \text{ kWh/día}$$

2.10.3. Ahorro en kW por concepto de pérdidas en el transformador de bombeo camaronera

$$\Delta P_t = P_{t_1} - P_{t_2} \quad (2.13)$$

Donde:

ΔP_{t_1} -Variación de las pérdidas totales en un día

P_{t_1} -Pérdidas totales antes de la compensación

P_{t_2} -Pérdidas totales después de la compensación

Al sustituir en 2.13

$$\Delta P_{t_{\text{Día}}} = 77.29 - 76.75$$

$$\Delta P_{t_{\text{Día}}} = 0.54 \text{ kW/día}$$

2.10.4. Capacidad liberada de la potencia aparente del transformador de bombeo amaronera, después de la compensación

$$S_2 = S_1 \frac{\cos \varphi_1}{\cos \varphi_2} \quad (2.14)$$

Donde:

S_1 :Potencia aparente antes de la compensación

S_2 :Potencia aparente después de la compensación

Al sustituir en 2.14

$$S_2 = 85.2 \cdot \frac{0.70}{0.96}$$

$$S_2 = 62.19\text{KVA}$$

Sl: Potencia aparente liberada

$$Sl = S_1 - S_2 \quad (2.15)$$

Al sustituir en 2.15

$$Sl = 85.2 - 62.19 = 23.01 \text{ KVA}$$

2.10.5.Cálculo de las pérdidas del transformador de modulo camaronera, antes de la compesacion

Sustituyendo en 2.10

$$Pt = 3.174 \cdot 24 + \left(\frac{48.36}{1600}\right)^2 \cdot 16.587 \cdot 24$$

$$Pt = 76.53 \text{ kWh/día}$$

2.10.6.Cálculo de las pérdidas del transformador de modulo camaronera,despues de la compensación

Al sustituir en 2.11

$$Q_{sist} = 24.55 - 15 = 9.55 \text{ kVAR}$$

Al sustituir en 2.12

$$S_2 = \sqrt{(41.67)^2 + (9.55)^2} = 42.75 \text{ KVA}$$

Al sustituir en 2.10

$$P_t = 3.174 \cdot 24 + \left(\frac{42.75}{1600}\right)^2 \cdot 16.587 \cdot 24$$

$$P_t = 76.44 \text{ kWh/día}$$

2.10.7. Ahorro en kW por concepto de pérdidas en el transformador de modulo camaronera

Al sustituir en 2.13

$$\Delta P_{t_{\text{Día}}} = 76.53 - 76.44$$

$$\Delta P_{t_{\text{Día}}} = 0.09 \text{ kW/día}$$

2.10.8. Capacidad liberada de la potencia aparente del transformador de modulocamaronera, despues de la compensación

Al sustituir en 2.14

$$S_2 = 48.36 \cdot \frac{0.86}{0.96}$$

$$S_2 = 43.32 \text{ KVA}$$

Al sustituir en 2.15

$$S_l = 48.36 - 43.32 = 5.04 \text{ KVA}$$

2.11.Conclusiones del capitulo

En el presente capítulo se analizó el sistema eléctrico de la empresa ,y se realizó un breve diagnóstico del sistema de la misma el cual presenta varios problemas de los cuales se hace referencia y se plantean algunas medidas a tomar en cuenta para darle solución a estos problemas que los aqueja .También se realizaron diferentes mediciones con el fin de realizar los diferentes cálculos en el bombeo camaronera y modulo camaronera para elevar el factor de potencia hasta el normado por el país para no ser penalizados por la empresa eléctrica y no presentar perdidas eléctricas, para esto se realizaron los cálculos de los bancos de capacitores que se desean instalar en el bombeo camaronera y modulo camaronera , también se llevaron a cabo los cálculos de las perdidas antes y después de la compensación además de los diferentes cálculos necesarios para realizar estos. De forma general en el capítulo se realizan los cálculos necesarios para el mejoramiento de la eficiencia eléctrica en la empresa.

CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA

3.1. Introducción

En este capítulo tiene como objetivo realizar análisis técnico económico de las propuestas analizadas para la mejora de la eficiencia eléctrica en la empresa, se determina si la inversión a realizar será factible o no considerando los principales costos relacionados con la adquisición y montaje de los condensadores, se calcula el período de recuperación de la inversión.

3.2. Evaluación de la compensación mediante acomodo de bancos de condensadores

A través de los cálculos se demostró la correcta utilización de la energía eléctrica con un adecuado balance de carga y banco de capacitores para la compensación del factor de potencia en el sistema de suministro eléctrico de la empresa.

El empleo de bancos de condensadores permite elevar el factor de potencia y mejorar la eficiencia energética en el sistema de suministro de la empresa.

La utilización de dos bancos de capacitores automáticos ubicados lo más cercano posible de las cargas, individualmente en bombeo camaronera y modulo camaronera respectivamente, permite elevar el factor de potencia en la empresa a valores de 0.96, lográndose una disminución de las pérdidas de potencia activa en el sistema, como en el bombeo camaronera que se ahorró 0.54 kW/día.

3.3. Valoración económica

El análisis del trabajo está basado la posible instalación de bancos condensadores, y así compensar el consumo de potencia reactiva, mejorar el factor de potencia y minimizar las pérdidas existentes en la empresa.

La instalación de los bancos de condensadores es uno de los métodos más utilizados en la industria, pues compensa el consumo de la potencia reactiva, disminuye el consumo de energía por concepto de pérdidas en los consumidores, transformadores; con el consiguiente ahorro de combustible para la industria.

➤ Gastos de Adquisición y Montaje.

Los gastos de adquisición y montaje relacionan todos los costos en los que es necesario incurrir para la adquisición del equipamiento que se pretende instalar, los gastos de salario

del personal encargado del montaje, ajuste y puesta en marcha, así como los gastos parciales para reparación y mantenimientos.

Tabla 3.1: Gastos de adquisición.

Descripción.	kVAr/kV	Cantidad	Pecio (CUC)	Total (CUC)
Bancos de condensadores.	45/0.48	1	1495	1495
Firma ERKA	15/0.48	1	765	765
Regulador.		2	210	630
Flete marítimo y otros gastos.				1152.5
Seguro				215.6
Total.				4258.1

El proveedor de los bancos de condensadores es la firma ERKA

➤ Gastos de materiales.

Tabla 3.2. Costos de los materiales para la instalación de los condensadores

No.	Descripción	U/M	Cantidad	Costo Unitario (CUC)	Costo (CUC)
1	Cable de cobre con recubrimiento de PVC de 3x120+ 1x70	m	20	27	540
2	Cinta aislante (Teype plástico)	u	10	0.87	8.70
3	Interruptor Magneto térmico, 3 polos, 250 A, 600V, tipo: NS250SX-MA220, fab MG.	u	4	935	3740

4	Interruptor ABB Ir-1250A SC-1000A Max-4500A.	u	2	1525	3050
5	Terminales de cobre para cable de 70 mm ² , con agujeros para tornillos M12, material cobre estañado.	u	12	0.44	5.28
6	Terminales de cobre para cable de 120 mm ² , con agujeros para tornillos M12, material cobre estañado	u	36	0.93	33.48
Costo de los materiales					7377.46
Imprevistos (5%)					297.373
Costo total de los materiales					7674.83

➤ Gastos de Salario del personal de montaje:

Para evaluar los gastos relacionados con el montaje, ajuste y puesta en marcha, se estima un tiempo aproximado de 5 días, con la utilización de 5 trabajadores. La tabla 4.3 nos muestra el desglose de los trabajadores por categorías, así como el importe total de los gastos en salario, relacionados con el montaje de los condensadores.

Tabla 3.3. Costos de salario para montaje de los condensadores.

No.	Descripción	Cantidad	Costo (CUC) Diario	Costo Total (CUC)
1	Técnico Superior	1	15.21	76.05
2	Técnico Medio	1	11.83	59.15
3	Electricista (Categoría B)	3	10.80	162.00
4	Merienda	50	6.00	30.00
Costo de salario				327.20
Imprevistos (5%)				16.36
Costo total de salario				343.56

El cálculo de la inversión total parcial se determina por la ecuación 3.1.

$$C_m = C_e + C_a + C_s \quad (3.1)$$

Dónde:

C_m : Costo de montaje.

C_e : Costo total del equipamiento

C_a : Costo total de los accesorios.

C_s : Costo total de salarios.

Sustituyendo en 3.1:

$$C_m = 4258.1 + 7674.83 + 343.56 = \$12246.49(\text{CUC})$$

➤ Gastos de reparación parcial:

Tabla 3.4. Costos de salario para reparación parcial.

No.	Descripción	Cantidad	Costo Diario (CUC)	Costo Total (CUC)
1	Técnico Superior, especialista en Mediciones Eléctricas.	1	15.21	7.60
2	Electricista (Categoría B)	1	10.80	5.40
Costo de salario				13.00
Imprevistos (5%)				0.65
Costo total de salario				13.65

Tabla 3.5. Costos de salario para reparación parcial.

No.	Descripción	U/M	Cantidad	Costo Unitario (CUC)	Costo (CUC)
2	Cinta aislante (Teype plástico)	u	3	0.87	2.61
3	Limpiador de contactos (Spray)	u	2	3.24	6.48
4	Estopa	kg	0.25	0.097	0.097
Costo de los materiales					9.09
Imprevistos (5%)					0.45
Costo total de los materiales					9.54

Para garantizar el buen funcionamiento en la instalación de los bancos de condensadores es necesario realizar un mantenimiento preventivo, este mantenimiento debe ser planificado para un tiempo mínimo de funcionamiento de 6 meses. El total de los costos por reparación está dado por la ecuación 3.2.

$$C_{rep} = C_{mat} + C_{sal} \quad (3.2)$$

Dónde:

C_{rep} : Costo de las reparaciones.

C_{mat} : Costo de materiales para la reparación.

C_{sal} : Costo de salario para la reparación.

Sustituyendo en 3.2:

$$C_{rep} = 9.54 + 13.65 = \$ 23.19 \text{ (CUC)}$$

3.3.1. Inversión Total

El costo general de la inversión para un año de explotación se determina a partir de la sumatoria de todos los gastos anteriores, para ello se aplica la ecuación 3.3.

$$I_{total} = C_m + C_{rep} \quad (3.3)$$

Sustituyendo en 3.3:

$$I_{total} = 12246.49 + 23.19 = \$ 12269.68(CUC)$$

Teniendo en cuenta que la empresa presenta perdidas en la red eléctricas por presentar un bajo factor de potencia, tenemos que estas pérdidas eléctricas hantraído consigo que la misma presente pérdidas financieras alrededor de \$80 000 (CUC).Por tanto esta cifra se escoge como el ahorro en dinero por concepto de energía en un año.

$$Tir = I_{total} / \text{Ahorro por año} \quad (3.4)$$

Sustituyendo en 3.4:

$$Tir = 12269.68 / 80000 = 0.15 \text{ años}$$

$$Tir = 1.8 \text{ meses}$$

3.3.2. Cálculo del Valor Actual Neto (VAN)

Estos cálculos económicos son los que validan las inversiones realizadas para los proyectos. Esto se debe a que consideran las variables; valor, tiempo y dinero brindando una información más concreta del flujo de caja en el tiempo, aunque debe señalarse que es el VAN el de mayor fiabilidad. De estos criterios depende que se aprueben los proyectos o no.

3.3.3. Criterio del VAN

Este criterio plantea que el proyecto debe aceptarse si su VAN es mayor o igual que cero, en un tiempo determinado. El VAN es la diferencia entre todos los ingresos y egresos expresado en moneda actual. Este cálculo se realizará por el período de 3 años.

$$Van = -P + (FNE/(1+i)^1) + (FNE/(1+i)^2) + (FNE/(1+i)^3) \quad (3.5)$$

Donde:

FNE- Flujo Neto de Caja---ahorro de energía en CUC

i- Tasa esperada--- tomamos 13%

P- Desembolso inicial---costo de la implementación

$$Van = -12269.68 + (80000/(1 + 0.13)^1) + (80000/(1 + 0.13)^2) + (80000/(1 + 0.13)^3)$$

$$Van = -12269.68 + 70796.46 + 62992.12 + 55555.5 = 177074.39$$

3.4. Conclusiones del capítulo

En el presente capítulo se propuso después de los resultados obtenidos para la implantación de los bancos de capacitores principalmente la valoración económica de los diferentes materiales utilizados para el montaje de los mismos además del salario del personal encargado de su montaje así como el costo de los bancos necesarios para la mejora del factor de potencia después de la compensación realizada. Se realizó el cálculo de la inversión propuesta y se calculó el tiempo de su recuperación. Según los resultados arrojados el empleo de capacitores para la compensación del factor de potencia aunque necesita la realización de una inversión inicial, suele ser económicamente viable, debido a los múltiples beneficios que aporta y la segura recuperación del capital invertido.

CONCLUSIONES GENERALES

Como se pudo apreciar en los capítulos anteriores la utilización de bancos de condensadores es necesaria para hacer factible la elevación del factor de potencia en la empresa al normado por el sistema nacional. Es de vital importancia la elevación del factor de potencia hasta su valor normado, ya que esto trae consigo un ahorro considerable de energía eléctrica, saliendo la empresa y el país favorecido por el plan técnico –económico.

Se desarrolló el análisis de los parámetros eléctricos de las áreas que forman parte del objeto de estudio, bombeo y modulo camaronera, dando como resultados una disminución de las pérdidas

Estas medidas de compensación en el suministro eléctrico de la empresa traerán a corto plazo ganancias para esta y una mayor con fiabilidad y eficiencia en su régimen de trabajo.

Mediante el cálculo económico, quedó evidenciado que el resultado de la investigación con respecto al análisis de los gastos y la recuperación de la inversión era factible.

RECOMENDACIONES

Actualizar los diagramas Monolineales siempre que se realice cualquier cambio en el sistema eléctrico de la empresa.

Que se valore con la dirección de la empresa las medidas propuestas en el presente trabajo con el objetivo de su aplicación, atendiendo a los beneficios que estas podrían brindarle.

Realizar un estudio con más profundidad de las demás áreas para seguir mejorando la eficiencia en la empresa, con el objetivo de reducir los costos y consumos de la misma.

Hacerle conciencia a todo el personal de que un uso más racional de la energía reporta mayores beneficios al país y a la empresa.

Bibliografía

1. *La eficiencia energética en la gestión empresarial*. . **Campo A, J, Gómez D, R y Santos M, L.** s.l. : Universidad de Cienfuegos, 1999.
2. *Estudio a bajo costo de la calidad de energía*. **A, Aquino Tamayo-**. s.l. : Revista Ingeniería Electroenergética, 1994, Vol. No.2.
3. *Programa para el análisis de redes eléctricas de estructuras, variables. Calidad de la energía*. **Aquino, Tamayo. A.** s.l. : Revista Ingeniería Electroenergética, 1994, Vols. No 3, .
4. *Optimización de reactivo en circuitos eléctricos industriales*. **De Quesada, Martínez. A.** s.l. : Revista Ingeniería Electroenergétic, 1988, Vol. No 3.
5. *Metodología para la localización óptima de condensadores Mediante Sensibilidades Lineales*. **Estrada, G. H y Tovar, J. H.** s.l. : Revista del IEEE América Latina, 2005.
6. *Compensación de la potencia reactiva en sistemas eléctricos*. *Revista Geología y Minería*. **I, González P.** 1999.
7. **Hernández, Ramírez, Gabriel.** Eficiencia en los suministros eléctricos industriales de baja tensión. Moa ISMM. : Tesis maestría. , 2000.
8. *Metodología para la minimización técnico económica de las pérdidas de energía en los sistemas eléctricos industriales*. . **Mazorra, Soto, J.** s.l. : Revista Energía. , 1986., Vol. No 1.
10. **González, Palau. I.** Estudio de los portadores energético de la planta de Hornos de reducción. Tesis Maestría. Moa ISMM : s.n., 1999.
11. *Compensación de la potencia reactiva en sistemas eléctricos*. **I, González P.** s.l. : Revista Geología y Minería, 1999.
12. *La gestión de la energía*. **González, F, J.** 2001.
13. *Planificación de potencia reactiva en los sistemas*. . **Haug, Ramírez. C.** s.l. : Revista Ingeniería Electroenergética, 1985, Vols. No 4,.
14. *Acciones correctivas en los análisis de seguridad de los sistemas eléctricos*. . **Lopez, Pérez. M.** s.l. : Revista Ingeniería Electroenergética, 1994, Vol. No 2.
15. **Marrero, Ramirez,Secundino.***Gestión energetica en el sector industrial y de los servicios* . 2000.

Anexo 1: Potencia de algunos equipos de la empresa

Área de ubicación	Equipamiento Instalado	Consumo en Kw
Estanques (engorde)	Arreadores de 4 paletas Chenta o Nan-Run	1,5 Kw-----2HP
Estación de Bombeo	4 Bombas Sumergibles ABS	140 Kw cada una
	2 split de aire acondicionado	3,5 Kw -----10 hrs. Diarias
	4 Lámpara doble de 40W	0,16Kw
Industria (alumbrado)	103 lámparas dobles estanco 40W	8,24Kw
	25 lámparas dobles no estanco 40W	8,00 Kw
	5 lámparas sencillas 40W	0,20Kw
	3 lámparas doble 20W	0,18Kw
	7 lámparas mata insectos 15W	0,21Kw
Industria (Cámaras)	Cámara de Mtto de producto terminado 60 ton. 1	10,83Kw-----6hrs 21,0 Kw.-----12hrs
	Cámara de recepción 1	4Kw-----6hrs
	Cámara de desperdicio 1	3,5Kw-----4hrs
	Antes Cámara o preenfriamiento 1	4Kw-----6hrs
Industria (Congeladores de placa)	Compresor 1	55Kw-----2,5hrs
	Condensadores con su ventilación 1	18Kw-----2,5hrs
	Bombas hidráulicas 1	2Kw-----0,3hrs
Industria(climatización)	Consola del área de trilla 1	5Kw-----6hrs
	Consola del área de clasificación 1	5Kw-----6hrs
	Consola del área de envase 1	5Kw-----6hrs

	Consola del área de empaque 1	5Kw-----6hrs
	Split de la oficina del J' de industria 1	3,5Kw-----4hrs
	Split del laboratorio 1	3,5Kw-----4hrs
	Split del pantri 1	3,5Kw-----4hrs
Planta de hielo	1 máquina (completa con todos los equipos) produciendo 0,8 ton por hrs.	55Kw
	Lámpara de 40w	
Bombeo de agua dulce	Bombas sumergibles	11,5Kw
Alumbrado General	26 Lámparas 250W	6,500Kw-----16hrs Diarias
	20 Lámparas 40W dobles	1,6Kw-----16hrs Diarias
	6 Lámpara de 40W dobles comedor	0,48Kw-----16hrs Diarias
	Aire acondicionado del módulo operacional.	3Kw-----16hrs Diarias
	Split de climatización	3,5Kw-----16hrs Diarias
	Alumbrado exterior industria 4 Lámparas 250W	1 Kw-----16hrs Diarias
Carpintería	Sierra de mesa	2Kw-----3hrs Diarias
	Plana o Cepilladora	2Kw-----3hrs Diarias
	Contenedor refrigerado	30Kw-----10hrs Diarias

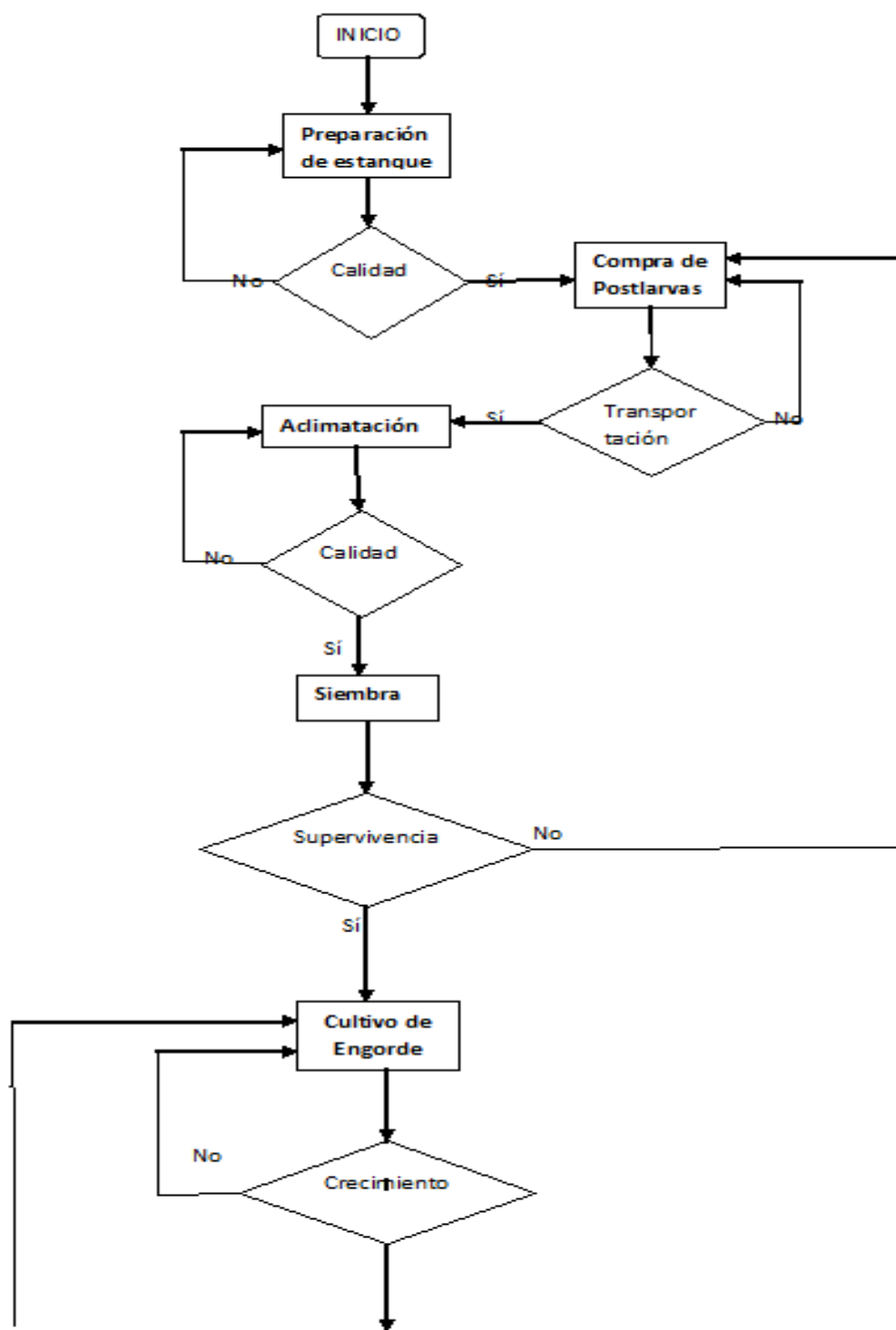
Anexo 2: Tabla para corregir el factor de potencia

F.P. INICIAL ($\cos\phi_i$)	FACTOR DE POTENCIA QUE SE DESEA ($\cos\phi_e$)										
	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90
0.65	1.169	1.027	0.966	0.919	0.877	0.840	0.806	0.774	0.743	0.714	0.685
0.66	1.138	0.996	0.935	0.888	0.847	0.810	0.775	0.743	0.712	0.683	0.654
0.67	1.108	0.966	0.905	0.857	0.816	0.779	0.745	0.713	0.682	0.652	0.624
0.68	1.078	0.936	0.875	0.828	0.787	0.750	0.715	0.683	0.652	0.623	0.594
0.69	1.049	0.907	0.846	0.798	0.757	0.720	0.686	0.654	0.623	0.593	0.565
0.70	1.020	0.878	0.817	0.770	0.729	0.692	0.657	0.625	0.594	0.565	0.536
0.71	0.992	0.849	0.789	0.741	0.700	0.663	0.629	0.597	0.566	0.536	0.508
0.72	0.964	0.821	0.761	0.713	0.672	0.635	0.601	0.569	0.538	0.508	0.480
0.73	0.936	0.794	0.733	0.686	0.645	0.608	0.573	0.541	0.510	0.481	0.452
0.74	0.909	0.766	0.706	0.658	0.617	0.580	0.546	0.514	0.483	0.453	0.425
0.75	0.882	0.739	0.679	0.631	0.590	0.553	0.519	0.487	0.456	0.426	0.398
0.76	0.855	0.713	0.652	0.605	0.563	0.526	0.492	0.460	0.429	0.400	0.371
0.77	0.829	0.686	0.626	0.578	0.537	0.500	0.466	0.433	0.403	0.373	0.344
0.78	0.802	0.660	0.599	0.552	0.511	0.474	0.439	0.407	0.376	0.347	0.318
0.79	0.776	0.634	0.573	0.525	0.484	0.447	0.413	0.381	0.350	0.320	0.292
0.80	0.750	0.608	0.547	0.499	0.458	0.421	0.387	0.355	0.324	0.294	0.266
0.81	0.724	0.581	0.521	0.473	0.432	0.395	0.361	0.329	0.298	0.268	0.240
0.82	0.698	0.556	0.495	0.447	0.406	0.369	0.335	0.303	0.272	0.242	0.214
0.83	0.672	0.530	0.469	0.421	0.380	0.343	0.309	0.277	0.246	0.216	0.188
0.84	0.646	0.503	0.443	0.395	0.354	0.317	0.283	0.251	0.220	0.190	0.162
0.85	0.620	0.477	0.417	0.369	0.328	0.291	0.257	0.225	0.194	0.164	0.135
0.86	0.593	0.451	0.390	0.343	0.302	0.265	0.230	0.198	0.167	0.138	0.109
0.87	0.567	0.424	0.364	0.316	0.275	0.238	0.204	0.172	0.141	0.111	0.082
0.88	0.540	0.397	0.337	0.289	0.248	0.211	0.177	0.145	0.114	0.084	0.055
0.89	0.512	0.370	0.309	0.262	0.221	0.184	0.149	0.117	0.086	0.057	0.028
0.90	0.484	0.342	0.281	0.234	0.193	0.156	0.121	0.089	0.058	0.029	-
0.91	0.456	0.313	0.253	0.205	0.164	0.127	0.093	0.060	0.030	-	-
0.92	0.426	0.284	0.223	0.175	0.134	0.097	0.063	0.031	-	-	-
0.93	0.395	0.253	0.192	0.145	0.104	0.067	0.032	-	-	-	-
0.94	0.363	0.220	0.160	0.112	0.071	0.034	-	-	-	-	-
0.95	0.329	0.186	0.126	0.078	0.037	-	-	-	-	-	-
0.96	0.292	0.149	0.089	0.041	-	-	-	-	-	-	-
0.97	0.251	0.108	0.048	-	-	-	-	-	-	-	-
0.98	0.203	0.061	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.99	0.142	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

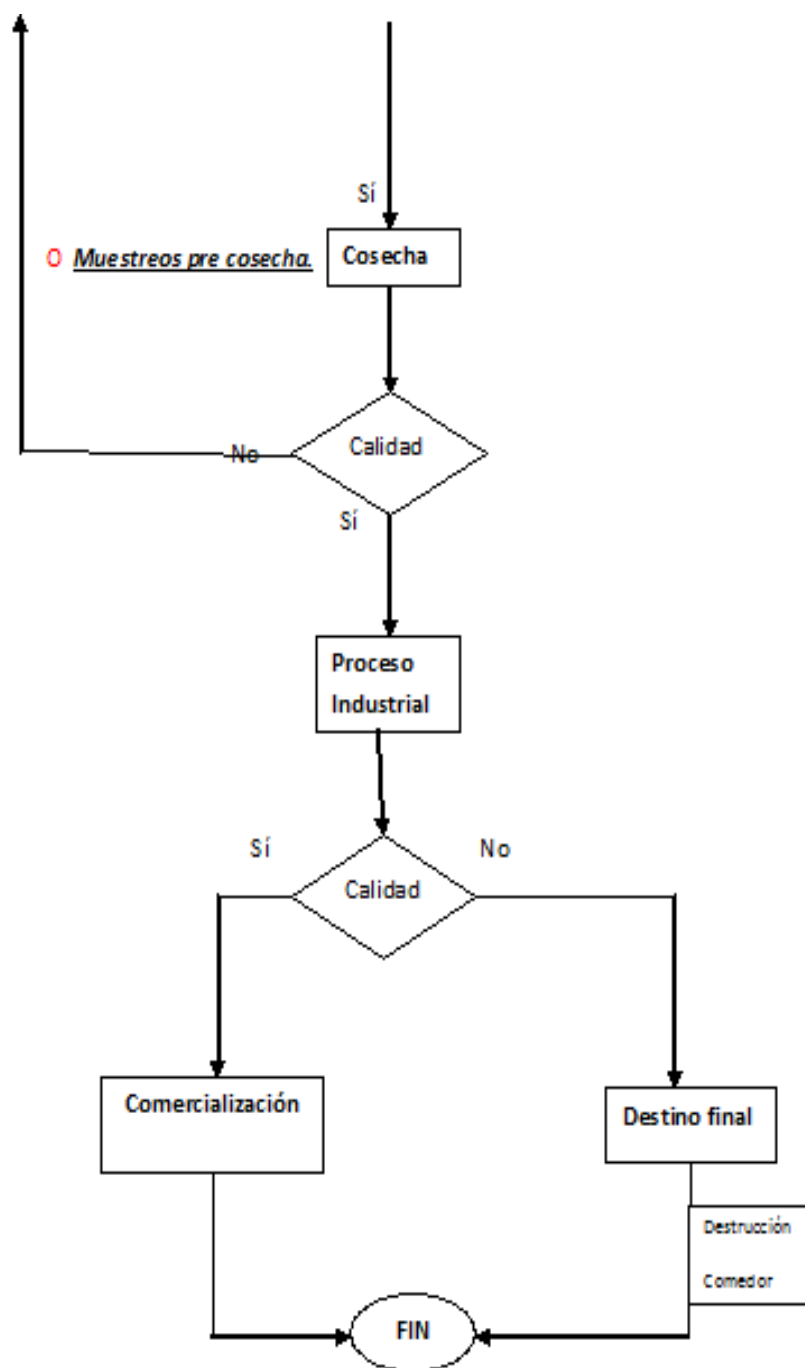
Anexo 3: Tabla de perdidas

KVA (Potencia aparente)	P.CU (Pérdidas en el cobre)	PFE (Pérdidas en el hierro)
25	0.553	0.230
37,5	0.718	0.259
40	0.860	0.263
50	1.125	0.268
63	1.170	0.285
75	1.306	0.443
100	1.771	0.468
150	2.218	0.813
200	2.738	1.143
300	4.206	1.349
400	5.803	1.457
500	6.883	1.484
630	7.736	1.531
750	9.925	2.237
800	10.340	2.300
1000	11.115	2.594
1250	15.520	2.705
1600	16.587	3.174
2000	23.950	3.649
2500	23.100	5.175
3200	37.000	11.500
10000	65.000	14.500

Anexo 4: Flujo tecnológico general de la UEB



Continuación



Anexo 5: Fotos de bombeo agua salada



Foto de bomba exterior



Foto de bomba exterior



Foto de bomba sumergible

