



**UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ**  
**EXTENSIÓN CHONE**

**CARRERA: INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, MODALIDAD**  
**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TÍTULO:**

**"DISEÑO ÓPTIMO DE LA INSTALACIÓN DE BANCOS CAPACITORES PARA LA CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA EN EL CIRCUITO ELÉCTRICO DEL TALLER "EL DISEÑO" DEL CANTÓN CHONE."**

**AUTORES:**

**CHILA PÁRRAGA KELVIN ANTONIO**  
**MENDOZA ALCÍVAR JOSÉ MIGUEL**

**TUTOR:**

**ING. JOSÉ IVÁN GARCÍA HOLGUÍN**

**CHONE - MANABÍ - ECUADOR**

**2017**

ING. JOSÉ IVÁN GARCÍA HOLGUÍN, Docente de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, extensión Chone, en calidad de tutor del trabajo de titulación.

**CERTIFICO:**

Que el presente trabajo de titulación: **“DISEÑO ÓPTIMO DE LA INSTALACIÓN DE BANCOS CAPACITORES PARA LA CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA EN EL CIRCUITO ELÉCTRICO DEL TALLER “EL DISEÑO” DEL CANTÓN CHONE”**, ha sido exhaustivamente revisado en varias sesiones de trabajo y se encuentra listo para presentación y apto para su defensa.

Las opiniones y conceptos plasmados en este trabajo de titulación son fruto del trabajo, perseverancia y originalidad de sus autores: **CHILA PÁRRAGA KELVIN ANTONIO Y MENDOZA ALCÍVAR JOSÉ MIGUEL**, siendo de su exclusiva responsabilidad.

Chone, Febrero de 2017

---

Ing. José Iván García Holguín  
**TUTOR**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS**

Yo, Chila Parraga Kelvin Antonio y Mendoza Alcívar José Miguel, declaramos ser autores del presente trabajo de titulación: “Diseño Óptimo de la Instalación de Bancos Capacitores para la Corrección del Factor de Potencia en el Circuito Eléctrico del Taller “EL DISEÑO” del Cantón Chone.”, siendo el Ing. José Iván García Holguín tutor del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí y a sus representante legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certificamos que las ideas, opiniones, investigaciones, resultados, conclusiones y recomendaciones vertidos en el presente trabajo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente cedemos los derechos de este trabajo a la universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, para que forme parte de su patrimonio de propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y trabajos de titulación, ya que ha sido realizado con apoyo financiero, académico o institucional de la universidad.

Chone, Febrero de 2017

---

Chila Párraga Kelvin Antonio  
**AUTOR**

---

Mendoza Alcívar José Miguel  
**AUTOR**



**UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ**  
**EXTENSIÓN CHONE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**INGENIEROS ELÉCTRICOS**

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Trabajo de Titulación siguiendo la modalidad de Proyecto de Investigación, titulado: **“DISEÑO ÓPTIMO DE LA INSTALACIÓN DE BANCOS CAPACITORES PARA LA CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA EN EL CIRCUITO ELÉCTRICO DEL TALLER “EL DISEÑO” DEL CANTÓN CHONE”**, elaborada por los egresados **Chila Párraga Kelvin Antonio** y **Mendoza Alcívar José Miguel** de la Escuela de Ingeniería Eléctrica.

Chone, Febrero de 2017

---

Ing. Odilón Schnabel Delgado

**DECANO**

---

Ing. José Iván García Holguín

**TUTOR**

---

**MIEMBRO DE TRIBUNAL**

---

**MIEMBRO DE TRIBUNAL**

---

**SECRETARIA**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar agradezco a Dios por la vida, por las bendiciones que recibo en mi diario vivir y por la fortaleza espiritual que me impulsa en momentos adversos.

A mis padres Alicia y Malbina por su apoyo incondicional en todo momento, por los valores inculcados, es mucho lo que debo mencionar pero sin lugar a dudas les agradezco por ser ejemplo de vida a seguir.

A mis hermanos Vinicio, Elvira y Marlon por darme la mano siempre que a ellos acudí, sin lugar a dudas han sabido representar la unidad familiar.

A mis abuelos paternos y maternos por sus consejos altos en experiencias, consejos de vida.

En general agradezco a todas las personas con las que compartí estos años de carrera universitaria, no hay dudas, todos contribuyeron en algo para cumplir con una de mis metas.

**José Miguel**

## **AGRADECIMIENTO**

El agradecimiento es una motivación poderosa en la formación de los seres humanos por eso llegan a nuestras mentes nombres de personas a las cuales debemos dar gracias más aun cuando hemos escalado un peldaño aún más importante en nuestras vidas.

Primeramente quiero agradecerle a mi madre por su apoyo incondicional en mis estudios, su constante cooperación y ayudarme en los momentos más difíciles.

Mi abuela, hermana por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación que me ha permitido ser una persona de bien.

A todas aquellas personas que me han ayudado y apoyado de alguna u otra manera, ya que me brindan la alegría y me dan la fortaleza necesaria para seguir adelante.

**Kelvin Antonio**

## **SÍNTESIS**

El taller “EL DISEÑO” ubicado en la calle malecón del barrio Santa Martha del cantón Chone dedicado a realizar trabajos con y en la madera, posee un sistema eléctrico con cargas predominantemente inductivas debido a las máquinas eléctricas que emplean en las actividades que llevan a cabo.

Tal cómo se encuentra el sistema eléctrico actualmente presenta un bajo factor de potencia debido a la presencia de cargas inductivas como: motores, compresores.

Al presentar un factor de potencia por debajo de los niveles aceptados se tiene consecuencias cómo: el incremento de las pérdidas en los conductores, sobrecarga de los transformadores y líneas de distribución, aumento de la caída de tensión, incremento de la potencia aparente, incremento de la facturación eléctrica, sanciones por parte de la empresa eléctrica.

Por lo antes mencionado en el presente trabajo de titulación se propone el diseño óptimo de la instalación de bancos capacitores para la corrección del factor de potencia en el circuito eléctrico del taller.

Al corregir el factor de potencia se obtendrán también beneficios económicos para el taller logrando así: la reducción de Los costos por facturación eléctrica, eliminación del cargo por bajo factor de potencia, y bonificación de hasta un 2.5% de la facturación cuando se tenga un factor de potencia mayor a 0,92.

La presente investigación se hizo posible gracias a la colaboración de autoridades y a la predisposición de quienes hacen taller “EL DISEÑO” del cantón Chone. Cabe resaltar que los recursos financieros fueron solventados por los autores de esta investigación.

## **PALABRAS CLAVES**

Diseño; Banco de capacitores, Taller “EL DISEÑO” del cantón Chone

Documental; Información, Recursos

## **ABSTRACT**

The "EL DISEÑO" workshop located in the Malecón street of the Santa Martha district of the canton Chone, dedicated to work with and on wood, has an electrical system with predominantly inductive loads due to the electric machines used in the activities carried out. As it is found the electrical system currently presents a low power factor due to the presence of inductive loads like: motors, compressors.

As it is found the electrical system currently presents a low power factor due to the presence of inductive loads like: motors, compressors.

When presenting the power factor below the accepted levels there are consequences such as: increased conductor losses, overload of transformers and distribution lines, increased voltage drop, apparent power increase, Electric billing, penalties by the electricity company.

In the present investigation we propose the optimum design of the installation of capacitor banks for the correction of the power factor in the electrical circuit of the workshop.

When correcting the power factor will also obtain economic benefits for the workshop thus achieving: the reduction of costs for electric billing, elimination of the charge for low power factor, and bonus of up to 2.5% of the billing when you have a factor Of power greater than 0,92.

The present investigation was made possible thanks to the collaboration of authorities and the predisposition that make "EL DESEÑO" workshop in Canton Chone. It should be noted that the financial resources were solved by the authors of this research.

## **KEYWORDS**

Design: Capacitor bank, "EL DISEÑO" workshop in Canton Chone; Documentary Film; Information; Resources.



## TABLA DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DE TUTORIA.....	I
DECLARACIÓN DE AUTORIA Y SECION DE DERECHOS.....	II
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
SÍNTESIS.....	VI
PALABRAS CLAVES.....	VI
ABSTRACT.....	VII
KEYWORDS.....	VII
TABLA DE CONTENIDOS.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	pág.1

### CAPITULO I. ESTADO DEL ARTE

1.1. Concepto básico.....	pág. 13
1.2. Potencia.....	pág.13
1.2.1. Potencia aparente (s).....	pág. 13
1.2.2. Potencia activa (p).....	pág. 13
1.2.3. Potencia reactiva (q).....	pág. 14
1.2.4. Triangulo de potencia.....	pág. 14
1.2.5. El ángulo $\phi$ .....	pág. 14
1.3. Tipos de cargas.....	pág. 15
1.3.1. Cargas resistivas.....	pág. 15
1.3.2. Cargas inductivas.....	Pág. 15

1.3.3. Cargas capacitivas.....	pág. 16
1.3.4. Cargas compuestas.....	pág. 16
1.4. Factor de potencia.....	pág. 17
1.4.1. Factor de potencia medio.....	pág. 18
1.5. Corrección del factor de potencia.....	pág. 19
1.5.1. Causas del bajo factor de potencia.....	pág. 20
1.5.1.1. Iluminación de descarga o de arco.....	pág. 21
1.5.1.2. Motores de inducción de pequeña y gran capacidad.....	pág. 21
1.5.1.3. Motores sobredimensionados .....	pág. 21
1.5.1.4. Motores operando en vacío.....	pág. 21
1.5.1.5. Transformadores operando en vacío o pequeñas cargas.....	pág. 22
1.5.1.6. Transformadores sobredimensionados.....	pág. 22
1.5.1.7. Nivel de voltaje por encima del nominal.....	pág. 22
1.5.1.8. Hornos eléctricos de arcos voltaicos.....	pág. 22
1.5.1.9. Soldadoras eléctricas de corriente alterna.....	pág. 22
1.5.2. Consecuencias del bajo factor de potencia.....	pág. 23
1.5.2.1. Aumento de la intensidad de corriente e incremento de pérdida por efecto.....	pág. 24
1.5.2.2. Pérdidas en los conductores y fuertes caídas de tensión.....	pág. 25
1.5.2.3. Sobrecarga de los generadores, transformadores.....	pág. 25
1.5.2.4. Aumento en la factura por consumo de energía eléctrica.....	pág. 25
1.6. Alternativas para corregir el factor de potencia.....	pág. 27

1.6.1. Motores síncronos .....	pág. 27
1.6.2. Condensadores estáticos.....	pág. 29
1.6.3. Corrección del factor de potencia mediante el uso de condensadores.....	pág. 30
1.7. Formas de instalación y localización del banco de condensadores.....	pág. 31
1.7.1. Instalación individual.....	pág. 32
1.7.1.1. Compensación individual en motores eléctricos.....	pág. 32
1.7.1.2. Compensación individual en transformadores de distribución.....	pág. 33
1.7.2. Instalación en grupo.....	pág. 34
1.7.3. Instalación global o central.....	pág. 35
1.7.4. Tipos de bancos de condensadores.....	pág. 36
1.7.4.1. Condensadores fijos.....	pág. 37
1.7.4.2. Banco de condensadores automáticos.....	pág. 38
1.8. Importancia de la corrección del factor de potencia.....	pág. 39

## CAPITULO II. REFERIDO AL DIAGNÓSTICO O A MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Diseño Metodológico.....	pág. 41
2.1.1. Tipo de investigación.....	pág. 41
2.2. Descripción del proceso de recopilación de la información.....	pág. 42
2.3. Procesamiento de la información.....	pág. 43
2.4. Resultados de la investigación de campo con sus respectivas interpretaciones.....	pág. 44
2.5. Descripción de las áreas que conforman el taller.....	pág. 54

2.5.1. Canteado.....	pág. 54
2.5.2. Corte y traslape.....	pág. 54
2.5.3. Cepillado.....	pág. 55
2.5.4. Machimbrado.....	pag.55
2.5.5. Limpieza.....	pág. 56
2.6. Registro de carga y parámetros eléctricos.....	pág. 57
2.6.1. Registro de carga.....	pág. 57
2.6.2. Parámetros eléctricos obtenidos de la factura de consumo de energía eléctrica .....	pág. 58
2.6.3. Parámetros eléctricos medidos en cada área de trabajo.....	pág. 59

### CAPITULO III. CÁLCULO Y DISEÑO

3.1. Diseño de la instalación del banco de capacitores.....	pág. 61
3.2. Cálculo de la potencia reactiva en kvar para la corrección del factor de potencia.....	pág. 61
3.3. Cálculo de la potencia reactiva en kvar para la corrección del factor de potencia por el método de compensación central.....	pág. 61
3.3.1. Cálculo de compensación conociendo la potencia activa y el fp.....	Pág. 62
3.3.1.1. Cálculo aproximando el factor de potencia a 0,95. ....	pág. 63
3.3.1.2. Calculo aproximando el factor de potencia a 0,96.....	pág. 64
3.3.1.3. Cálculo aproximando el factor de potencia a 0,97.....	pág. 65
3.3.1.4. Cálculo aproximando el factor de potencia a 0,98.....	pág. 65
3.3.1.5. Cálculo aproximando el factor de potencia a 0,99.....	pág. 66

3.3.1.6.Cálculo aproximando el factor de potencia a 1 .....	pág. 66
3.3.2. Cálculo de compensación conociendo el consumo de la potencia reactiva.....	pág. 67
3.3.2.1.Cálculo de la capacidad del banco de condensadores.....	pág. 67
3.3.3. Cálculo de la compensación en kvar necesaria a partir de la planilla de consumo mensual.....	pág. 68
3.3.4. Determinación de la capacidad del banco de condensadores a instalar.....	pág. 69
3.4.Determinación de la compensación individual del factor de potencia .....	pág. 69
3.4.1. Canteado.....	pág. 69
3.4.2. Corte y traslape.....	pág. 70
3.4.3. Cepillado.....	pág. 71
3.4.4. Machimbrado.....	pág. 71
3.4.5. Limpieza.....	pág. 72
CONCLUSIONES.....	pág. 74
RECOMENDACIONES.....	pág. 75
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	pág. 76
ANEXOS.....	pág. 79

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1:</b> Triangulo de potencias eléctricas.....	Pág.14
<b>Figura 1.2:</b> Forma de onda del voltaje y la corriente para una carga resistiva.....	Pág.15
<b>Figura 1.3:</b> Forma de onda del voltaje y la corriente para una carga inductiva.....	Pág. 16
<b>Figura 1.4:</b> Forma de onda del voltaje y la corriente para una carga capacitiva.....	Pág. 16
<b>Figura 1.5:</b> Carga real compuesta por una carga resistiva y una carga reactiva.....	Pág. 17
<b>Figura 1.6:</b> Relación entre intensidad de corriente y el factor de potencia.....	Pág. 24
<b>Figura 1.7:</b> Potencia reactiva suministrada por la propia red.....	Pág. 30
<b>Figura 1.8:</b> Corrección del factor de potencia mediante el uso de condensadores.....	Pág. 31
<b>Figura 1.9:</b> Compensación individual junto a la carga.....	Pág. 32
<b>Figura 1.10:</b> Compensación individual en motores eléctricos.....	Pág. 33
<b>Figura 1.11:</b> Compensación en grupo.....	Pág. 34
<b>Figura 1.12:</b> Compensación global o central.....	Pág. 35
<b>Figura 1.13:</b> Condensadores fijos.....	Pág. 37
<b>Figura 1.14:</b> Condensadores automáticos.....	Pág. 38
<b>Figura 2.1:</b> Tabulación de encuestas.....	Pág. 44
<b>Figura 2.2:</b> Tabulación de encuestas.....	Pág. 45
<b>Figura 2.3:</b> Tabulación de encuestas.....	Pág. 46
<b>Figura 2.4:</b> Tabulación de encuestas.....	Pág. 47
<b>Figura 2.5:</b> Tabulación de encuestas.....	Pág. 48
<b>Figura 2.6:</b> Tabulación de encuestas.....	Pág. 49
<b>Figura 2.7:</b> Tabulación de encuestas.....	Pág. 50

<b>Figura 2.8:</b> Tabulación de encuestas.....	Pág. 51
<b>Figura 2.9:</b> Tabulación de encuestas.....	Pág. 52
<b>Figura 2.10:</b> Tabulación de encuestas.....	Pág. 53
<b>Figura 2.11:</b> Maquina Canteadora.....	Pág. 54
<b>Figura 2.12:</b> Maquina Cortadora.....	Pág. 55
<b>Figura 2.13:</b> Maquina Cepilladora.....	Pág. 55
<b>Figura 2.14:</b> Maquina Machimbradora.....	Pág. 56
<b>Figura 2.15:</b> Compresor.....	Pág. 56

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Factor de potencia de las cargas más usuales.....	Pág. 23
<b>Tabla 1.2.</b> Valor monetario por Kvar consumido.....	Pág. 27
<b>Tabla 2.1.</b> Muestra desagregada.....	Pág. 42
<b>Tabla 2.2.</b> Resultados de las encuestas.....	Pág. 43
<b>Tabla 2.3.</b> Tabulación de resultados de las encuestas, pregunta 1.....	Pág. 44
<b>Tabla 2.4.</b> Tabulación de resultados de las encuestas, pregunta 2.....	Pág. 45
<b>Tabla 2.5.</b> Tabulación de resultados de las encuestas, pregunta 3.....	Pág. 46
<b>Tabla 2.6.</b> Tabulación de resultados de las encuestas, pregunta 4.....	Pág. 47
<b>Tabla 2.7.</b> Tabulación de resultados de las encuestas, pregunta 5.....	Pág. 48
<b>Tabla 2.8.</b> Tabulación de resultados de las encuestas, pregunta 6.....	Pág. 49
<b>Tabla 2.9.</b> Tabulación de resultados de las encuestas, pregunta 7.....	Pág. 50
<b>Tabla 2.10.</b> Tabulación de resultados de las encuestas, pregunta 8.....	Pág. 51
<b>Tabla 2.11.</b> Tabulación de resultados de las encuestas, pregunta 9.....	Pág. 52
<b>Tabla 2.12.</b> Tabulación de resultados de las encuestas, pregunta 10.....	Pág. 53
<b>Tabla 2.13.</b> Levantamiento de Carga.....	Pág. 57
<b>Tabla2.14</b> Valores obtenidos de la factura de consumo de energía eléctrica.....	Pág. 58
<b>Tabla 2.1.</b> Parámetros eléctricos medidos en cada área de trabajo.....	Pág. 59
<b>Tabla 3.1.</b> Factor de corrección.....	Pág. 63
<b>Tabla 3.2.</b> Calculo mensual de la compensación en kvar necesaria.....	Pág. 68
<b>Tabla 3.3.</b> Compensación individual de motores.....	Pág. 69



# INTRODUCCIÓN

La necesidad de investigar este tema es para analizar el comportamiento del factor de potencia; conocer las causas de un bajo factor de potencia; saber qué consecuencias tiene un factor de potencia descompensado y los tipos de instalación de bancos capacitores con el fin de optimizar su corrección, para así generar información que tenga el carácter técnico y científico que permita a futuros lectores entender este fenómeno y tener un sustento para elegir el tipo de instalación de bancos capacitores que constituya la solución más aconsejable al momento de corregir el factor de potencia.

Según Jorge Mazorra Soto, Vicente Barranco Lpez, Francisco R. Lara Raya, Toms Morales Leal, Jos Luis Olivares Olmedilla, (2013) “Las pérdidas económicas en el mundo, en la actualidad, por el empeoramiento de la calidad de la energía eléctrica y sus efectos, se estiman en el orden de miles de millones de euros/dólares anuales. Por otra parte, es necesario resaltar el impacto de la mala calidad de la energía en la eficiencia energética de las instalaciones y en consecuencia en el medio ambiente por la emisión de gases de efecto invernadero que provocan las pérdidas eléctricas en instalaciones y equipos. Debido a lo anterior, puede plantearse que la calidad de la energía se ha convertido en un aspecto estratégico, en general para todo país y en particular para las empresas suministradoras, las operadoras, los diseñadores de sistemas, los sectores industriales y de servicios, su personal de gestión y mantenimiento, así como para los fabricantes de equipos, por la necesidad de garantizar el crecimiento sustentable de los países, a través del aumento de la competitividad de las empresas mediante el ahorro de energía, la elevación de su eficiencia energética, la calidad de sus producciones/servicios, su productividad y su gestión del medio ambiente. En las últimas décadas se han publicado diferentes libros dedicados a esta problemática enfocados fundamentalmente al sistema de suministro eléctrico y en menor medida a las empresas industriales y de servicios, es por ello que este libro se ha querido centrar en las cuestiones referidas a la incidencia técnico-económica-energética y ambiental, y en lo fundamental en la determinación de las pérdidas económicas que implica la mala calidad de la energía en el sector

empresarial, para de esta forma tener el punto de partida para la evaluación económica de las posibles soluciones a implementar. Y además, por el desconocimiento de la incidencia de la calidad de la energía en la rentabilidad de las empresas.”

La creciente demanda de la energía eléctrica a nivel mundial, frente al agotamiento de los recursos usados para su generación y sumándole que muchos de estos contribuyen a la contaminación del ambiente, obliga a concienciar en la necesidad de reducir pérdidas generadas por desperfectos en los circuitos eléctricos. Fenómenos como la descompensación del factor de potencia pasan inadvertidos debido al poco profesionalismo del personal que realiza instalaciones eléctricas.

El análisis de desperfectos en circuitos eléctricos es sumamente importante, siendo la principal razón de investigación su corrección de la manera más óptima, y así, mejorar la eficiencia y eficacia en procesos productivos.

Según Roberto Saucedo Zavala (2001), “en las plantas industriales y algunos locales comerciales, debido al uso de cada vez más equipos que producen cargas reactivas, el problema del factor de potencia es motivo de preocupación en el área administrativa cuando en el recibo mensual de cobro de energía eléctrica aparece un cargo por bajo factor de potencia, y aunque para el área administrativa solo es motivo de preocupación la multa por el bajo factor de potencia, para el ingeniero cuyo conocimiento en el área técnica es mayor que la del administrador, sabe que un bajo factor de potencia produce pérdidas en el sistema eléctrico quizá de la misma cuantía o mayor que la multa del suministrador”.

Este autor sustenta que el bajo factor de potencia no trae consigo solo pérdidas por penalizaciones de la empresa distribuidora de energía eléctrica, y si bien es cierto esto ya es un problema a considerar, un bajo factor de potencia también origina pérdidas mucho más cuantiosas por mal funcionamiento del sistema eléctrico.

Respecto al factor de potencia el autor Miguel Ángel García García (2008) menciona” de todas las potencias, la única que tiene significado físico es la potencia activa, ya que es la única que indica cual es la energía consumida. La potencia activa,

es en general, menor que la potencia aparente. Se llama factor de potencia ( $k$ ) a la relación entre potencia activa/potencia aparente”.

El factor de potencia es teóricamente definido como una relación entre dos potencias que son la potencia activa o consumida y la potencia aparente o requerida. El factor de potencia visto desde el aprovechamiento es un indicador del total de energía eléctrica que se convierte en trabajo útil, un factor de potencia ideal es igual a la unidad es decir 1 o en porcentaje el 100 % de aprovechamiento, en la práctica no se consigue corregir el factor de potencia a el valor ideal, solo se logra aproximarse a este valor.

Según Schneider Electric en su Publicación Técnica (2000) “todas las maquinas eléctricas (motores, transformadores.), alimentadas en corriente alterna necesitan para su funcionamiento dos tipos de energía:

Energía activa: es la que se transforma íntegramente en trabajo o en calor (pérdidas) se mide en kW.h.

Energía reactiva: se pone de manifiesto cuando existe un trasiego de energía reactiva entre la fuente y la carga. Generalmente está asociada a los campos magnéticos internos de los motores y transformadores. Se mide Kvarh. Como esta energía provoca sobrecarga en las líneas transformadoras y generadoras, sin producir un trabajo útil es necesario neutralizarla o compensarla”.

El autor indica que por la naturaleza de los motores eléctricos su presencia en un circuito eléctrico ya supone la descompensación del factor de potencia, esto por la necesidad de energía reactiva en su funcionamiento.

Para Amaya Martínez Gracia (2006), “un bajo factor de potencia es causado por cargas inductivas tales como transformadores, motores eléctricos y lámparas de descarga o fluorescentes. Son este tipo de elementos los que precisamente consumen la mayor parte de la energía en los polígonos industriales.

A diferencia de las cargas resistivas, que generan calor al consumir energía, las cargas inductivas necesitan corriente para crear un campo magnético, que es el que

produce trabajo. La potencia demandada por estos aparatos inductivos es una composición de lo siguiente.

- Potencia activa (o real) medida en KW
- Potencia reactiva, originada por la corriente magnetizante, que no realiza trabajo, pero que es necesaria para que la carga funcione. Se mide en Kvar”.

Según Roberto Saucedo Zavala (2001), “algunos problemas que acarrea un bajo factor de potencia en un sistema eléctrico son:

- Multa a la empresa por la compañía suministradora de energía eléctrica.
- Se reduce la capacidad útil del sistema, incluyendo la capacidad del transformador de la subestación eléctrica, disminuyendo así el rendimiento de los cables y los transformadores.
- Aumentan las pérdidas por efecto joule debido a la resistencia eléctrica de los conductores de la instalación, incrementando con ello el consumo de energía eléctrica y, por ende, del valor de la factura mensual por este concepto.
- Se reduce el nivel de voltaje, afectando en forma adversa la eficiencia de los motores.
- Reduce la iluminación de las lámparas incandescentes”.

Un bajo factor de potencia tiene efectos negativos, en la parte administrativa lleva consigo penalizaciones económicas por parte de la empresa distribuidora de energía. En Ecuador las resoluciones de este tipo son emitidas por la Agencia de Regulación y Control de Electricidad ARCONEL.

En la resolución (Nro. ARCONEL – 099/15 31 de diciembre de 2015) del pliego tarifario de las empresas eléctricas que está vigente desde el 1 de enero del 2016 hasta diciembre del mismo año, se establecen cargos por bajo factor de potencia en estos se menciona:

“Para aquellos consumidores de categoría general, con medición de energía reactiva, que registren un factor de potencia medio mensual inferior a 0,92, el distribuidor

aplicara lo establecido en el art. 27 de la codificación del reglamento de tarifas “cargos por bajo factor de potencia.

La penalización por bajo factor de potencia será igual a la facturación mensual correspondiente a: consumo de energía, demanda, pérdidas en transformadores, y comercialización, multiplicada por el siguiente factor:

$$Bfp = (0,92/fpr) - 1$$

*Bfp = Factor de penalización por bajo factor de potencia*

*Fpr = Factor de potencia registrado*

Así mismo, cualquier sea el tipo de consumidor, cuando el valor medio del factor de potencia es inferior a 0,60, el distribuidor previa notificación, podrá suspender el servicio eléctrico hasta tanto el consumidor adecue sus instalaciones a fin de superar dicho valor límite”.

Un bajo factor de potencia tiene repercusiones negativas desde el punto de vista técnico, se limita el rendimiento de los equipos conectados al circuito, además se reduce considerablemente la vida útil de los componentes conectados al circuito eléctrico.

Según Pablo Alcalde (2011) “Uno de los efectos perjudiciales del efecto joule es el calentamiento que se produce en los conductores eléctricos cuando son recorridos por una corriente eléctrica. Para evitar que este calentamiento alcance valores que sean perjudiciales para los conductores, estos se construyen de diferentes secciones. Cuanta más intensidad de corriente se prevé que vaya a fluir por un conductor, mayor será su sección”.

German Santamaría, Agustín Castejón (2009) define al efecto joule como “La cantidad de calor producida en un conductor en un tiempo t, por el paso de una corriente constante, es proporcional al cuadrado de la intensidad (I) de la corriente por la resistencia (R) del conductor”.

De acuerdo al tipo de carga predominante en un circuito tenemos circuitos de carácter resistivo, circuitos de carácter inductivo y circuitos de carácter capacitivo. En el caso de los circuitos eléctricos de carácter resistivo no existe desfase al circular la intensidad y la tensión, en un circuito de carácter inductivo al circular la intensidad por el circuito se desfasa adelantándose en relación a la tensión, lo contrario sucede en un circuito de carácter capacitivo ya que la intensidad al circular por el circuito se desfasa en retraso en relación a la tensión. Según la ley OHM en un circuito eléctrico la intensidad es inversamente proporcional a la tensión, es decir cuando baja la tensión se produce un aumento de intensidad que depende de que tanto baje la tensión. Un motor eléctrico conectado en un circuito sin protecciones ante sobretensiones puede sufrir daños y hasta su pérdida total.

En aplicaciones con abundantes cargas inductivas conectadas al circuito se produce un desfase en adelante de la intensidad con relación a la tensión, entonces valiéndose de esta teoría se compensa o se corrige conectando cargas capacitivas al circuito logrando un equilibrio entre intensidad y tensión.

Estos autores resaltan efectos negativos a los que está un circuito eléctrico con un bajo factor de potencia, entonces se hace sumamente importante la corrección del factor de potencia.

Respecto a la **corrección del factor de potencia** Ernesto Viveros Domínguez (2014) menciona “los capacitores en vez de consumir energía reactiva la producen lo cual permite compensar el factor de potencia resultante en el sistema eléctrico. Para corregir el factor de potencia los capacitores son una buena opción, los cuales son equipos eléctricos capaces de entregar energía reactiva. Entonces, los capacitores en vez de consumir este tipo de energía la producen, lo cual permite compensar el factor de potencia resultante en el sistema eléctrico”.

Los capacitores por su naturaleza de funcionamiento se presentan como una gran opción en la corrección del factor de potencia, sin embargo es de vital importancia el estudio de las características y aplicaciones de cada tipo de compensación a instalar para que la corrección sea de la manera más óptima.

Respecto a los tipos de compensaciones, Juan Manuel Novo Oliva (2016) menciona, “existen tres métodos para compensar en paralelo:

- a) Compensación individual.- cada capacitor es instalado en las cargas inductivas individuales como un sistema único para que los capacitores solo trabajen cuando los motores estén en funcionamiento. Este método es el más costoso, pues se instala un capacitor por cada carga inductiva y, cuando esta carga no esté en funcionamiento, el capacitor estará desaprovechado.
- b) Compensación en grupo.- cuando hay varias cargas de las mismas características trabajando paralelamente y funcionando en forma simultánea, se instalan los capacitores en los extremos del grupo, abarcando a todas las cargas inductivas en su conjunto.
- I. Compensación central.- es la más utilizada en todos los sistemas industriales ya que se instala directamente en la acometida justo debajo de la bajada de corriente, lo que permite una fácil supervisión”.

Según José María Yusta Loyo (2013), “además de la reducción en el coste de la facturación eléctrica, la compensación de la energía reactiva permite mejoras técnicas en las instalaciones:

- Posible reducción de la sección de los conductores. Gracias a la compensación de la reactiva, la intensidad resultante de la instalación disminuye, por lo que se puede disminuir la sección de los conductores en la acometida al cuadro general de baja tensión, si se ha instalado una batería centralizada para la compensación de la reactiva.
- Disminución de las pérdidas. La compensación de la energía reactiva mediante baterías de condensadores permite la reducción de las pérdidas por efecto Joule en los conductores y transformadores.
- Reducción de las caídas de tensión. Esta reducción se produce aguas arriba del punto de conexión del equipo de compensación.”

La importancia que tiene la corrección del factor de potencia de la manera más óptima, para evitar penalizaciones por parte de la empresa distribuidora de energía eléctrica, a través de las recomendaciones que permitan compensar el

factor de potencia a niveles aceptables, y en lo posible, que se permita difundir esta proyección a otras entidades públicas y privadas que tengan problemas con su sistema eléctrico.

El propósito de este trabajo de investigación, es realizar el diseño óptimo de la instalación de bancos capacitores, para la corrección del factor de potencia contribuyendo con esto a evadir penalizaciones por parte de la empresa distribuidora de energía eléctrica.

Con lo expuesto anteriormente en la investigación realizada se encontró:

**Problema de investigación.**

Factor de potencia descompensado en el circuito eléctrico del taller “EL DISEÑO” de cantón Chone.

**Objeto de investigación.**

Circuitos Eléctricos.

**Campo de acción.**

Instalaciones Eléctricas.

**Hipótesis de investigación.**

Con el diseño óptimo de la instalación de bancos capacitores se corrige el factor de potencia en el circuito eléctrico del taller “EL DISEÑO” del cantón Chone.

**Objetivo general.**

Diseñar de forma óptima la instalación de bancos capacitores para la corrección del factor de potencia en el circuito eléctrico del taller “EL DISEÑO” del cantón Chone.

**Tareas de investigación.**

**Tarea N° 1.-** Realizar un estudio del estado del arte referente a los métodos en la instalación de bancos capacitores.



**Tarea N° 2.-** Definir los fundamentos teóricos de los métodos para la instalación de bancos capacitores.

**Tarea N° 3.-** Realizar el cálculo para la corrección del factor de potencia con cada método de instalación en bancos capacitores.

## **DISEÑO METODOLÓGICO.**

### **Tipo de investigación.**

Este trabajo de investigación utilizo métodos, técnicas e instrumentos que permitieron alcanzar el objetivo propuesto.

**Métodos teóricos:** Los métodos teóricos que se aplicaron en el desarrollo de la investigación fueron los siguientes:

**Análisis – síntesis:** Este tipo de metodología contribuyó para obtener un entendimiento acertado con relación al problema que se investigó y en la aplicación de una propuesta que facilitó el diseño óptimo de la instalación de bancos capacitores para la corrección del factor de potencia en el circuito eléctrico del taller “el diseño” del cantón Chone.

**Inducción – deducción:** Este tipo de metodología permitió realizar una evaluación respecto al diseño óptimo de la instalación de bancos capacitores y la corrección del factor de potencia, esta información permitirá concluir y recomendar acciones que contribuyan a mejorar la situación del circuito eléctrico del taller.

**Método Bibliográfico:** Este tipo de metodología permitió la realización de una búsqueda exhaustiva de información con implicación directa a las variables del tema y que abarcan lo que son el diseño óptimo de la instalación de bancos capacitores y la corrección del factor de potencia en el circuito eléctrico del taller “EL DISEÑO”. La obtención de la información se realizó a través de textos de ingeniería eléctrica y electrónica, tesis de grado realizadas por estudiantes profesionales en la Carrera de Ingeniería Eléctrica y Electrónica en la actualidad, revistas o artículos científicos.

**Métodos empíricos:** Los métodos empíricos que se aplicaron en el desarrollo de la investigación fueron los siguientes:

**Encuesta:** Se aplicó a él administrador y los operadores de las maquinas eléctricas del taller “EL DISEÑO del cantón Chone”

**Observación científica:** se utilizó para registrar parámetros eléctricos medidos en los circuitos del taller.

**Tabulación de datos:** Con la finalidad de comprobar la hipótesis planteada en el proyecto se hizo necesaria la tabulación de datos de la información recolectada sobre el funcionamiento de los componentes del circuito eléctrico del taller

### **Población y muestra**

#### **Población**

La población estuvo formada por el administrador y 4 operadores de maquinaria del taller “EL DISEÑO” del cantón Chone, para un total de 5 participantes.

#### **Muestra**

La muestra se aplicó a la totalidad de la población del taller “EL DISEÑO” del cantón Chone, para un total de 5 participantes, por ser el universo reducido.

Este trabajo de investigación se encuentra comprendido por varios capítulos que se puntualizan detalladamente de a continuación:

**Capítulo I:** Se ejecutó el estado del arte referente a los métodos en la instalación de bancos capacitores.

**Capítulo II:** Se realizó el diseño metodológico, levantamiento de Carga y parámetros eléctricos por cada área del taller a fin de facilitar la recopilación de los valores tales como caballos de fuerza (HP), Potencia unitaria y total de cada motor.

**Capítulo III:** Se realizó el Diseño óptimo de la instalación de bancos capacitores para la corrección del factor de potencia en el circuito eléctrico del taller “el diseño” del cantón Chone.

**CAPÍTULO I**

**ESTADO DEL ARTE**

## **CAPÍTULO I: ESTADO DEL ARTE**

### **1.1. CONCEPTO BASICO**

Es conveniente repasar algunos conceptos ya conocidos y que hacen referencia a los tipos de potencia presente en los circuitos de corriente alterna.

De acuerdo con este criterio, en cualquier instalación industrial de corriente alterna, conviene distinguir los siguientes términos.

### **1.2. POTENCIA**

La potencia es la capacidad de producir o de mandar energía de una máquina eléctrica, equipo o instalación por unidad de tiempo.

En todo circuito eléctrico para el funcionamiento de los diferentes equipos y máquinas que se encuentran presente la siguiente potencia:

- Potencia aparente
- Potencia activa
- Potencia reactiva

#### **1.2.1. POTENCIA APARENTE (S)**

Según (Harper, Fundamentos de electricidad, Volume 3, 1994), “La potencia aparente se calcula simplemente por el producto del voltaje por la corriente y representa la potencia que podría ser disipada si la carga fuera puramente resistiva. La unidad usada en el volt -ampere (VA) o en equipos mayores se usa también frecuentemente el kilovolt - ampere (KVA)”

#### **1.2.2. POTENCIA ACTIVA (P)**

Potencia activa o llamada también efectiva o potencia real se representa con la letra  $p$  y es expresada en vatios (W). Solamente esta potencia se puede transformar en potencia mecánica o en potencia calorífica.

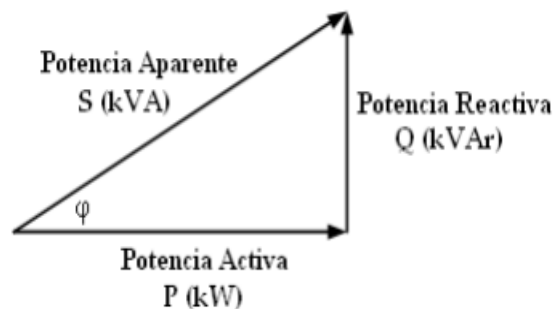
“La potencia efectiva o real es la que en el proceso de transformación de la energía eléctrica se aprovecha como trabajo, es decir, en energía utilizable”.

### 1.2.3. POTENCIA REACTIVA (Q)

Potencia reactiva llamada también potencia magnetizante se simboliza con la letra Q expresada en volt amperios reactivos (VAr), resulta necesaria para el funcionamiento de ciertas máquinas y dispositivos eléctricos (motores, transformadores, bobinas, reales etc.) pero no puede transformarse potencia mecánica a calorífica útil y causa perdida adicionales en los equipos que transportan energía.

### 1.2.4. TRIANGULO DE POTENCIA

Según (Salas, 2007), “El concepto de triángulo de potencia es útil al resolver circuitos de corriente alterna que comprenden varios componentes de potencia activa y reactiva”.



**Figura 1.1:** Triangulo de potencias eléctricas.

### 1.2.5. EL ANGULO Ø

El ángulo  $\varnothing$  indica si la señal de voltaje y corriente se encuentra en fase. Dependiendo del tipo de carga, e factor de potencia ( $F.P = \cos \varnothing$ ) puede ser:

- Igual a 1 ( carga resistiva)
- Retrasado (cargas inductivas)
- Adelantados carga capacitiva

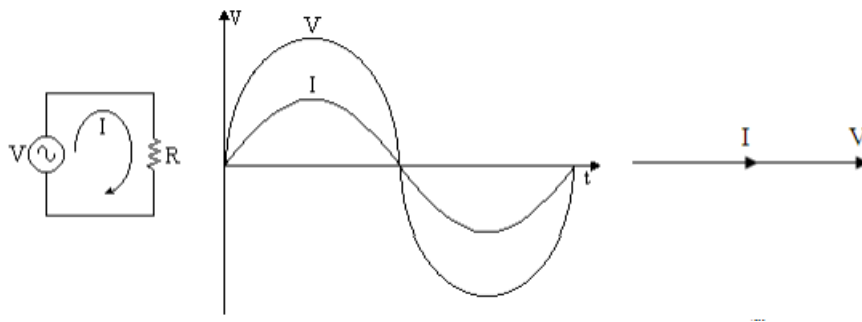
### 1.3.TIPOS DE CARGAS

En una red o circuito eléctrico a los elementos pasivos se los conoce como cargas ya que por medio de ellos la energía eléctrica se consume dependiendo de la intensidad de corriente que circula en los mismos, por lo que a dicha corriente se la conoce como corriente de carga de característica resistiva, inductiva o capacitiva dependiendo del tipo de carga que sea.

#### 1.3.1. CARGAS RESISTIVAS

Las cargas resistivas con las lámparas incandescentes, calefactores, resistencias de Carbón (es toda energía que se convierte en luz y calor) el voltaje y la corriente están en fase. En este caso, se tiene un factor de potencia unitario.

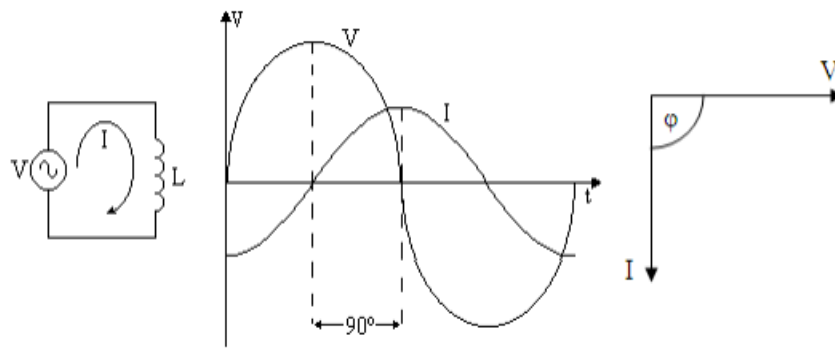
La característica de estas cargas es que el Angulo de desfase entre el voltaje y la corriente es cero, es decir, se encuentran en fase.



**Figura 1.2:** Forma de onda del voltaje y la corriente para una carga resistiva.

#### 1.3.2. CARGAS INDUCTIVAS

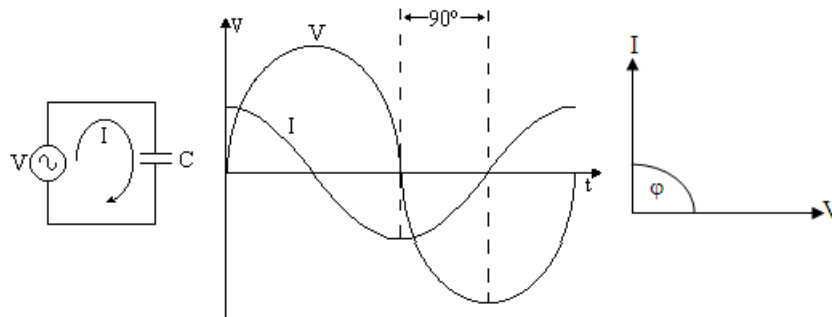
En las cargas inductivas o bobinas como los motores y transformadores la característica principal de estos elementos es la de almacenar y consumir energía eléctrica convirtiendo la energía magnética por medio del campo magnético que genera al circular corriente eléctrica por estos elemento, la corriente se encuentra retrasada respecto al voltaje, es decir, existe un desfase negativo (-90). En este caso se tiene un factor de potencia retrasado.



**Figura 1.3:** Forma de onda del voltaje y la corriente para una carga inductiva.

### 1.3.3. CARGAS CAPACITIVAS

En las cargas capacitivas como los condensadores el mismo que es capaz de almacenar energía en forma de campo eléctrico, la corriente se encuentra adelantada respecto del voltaje por esta razón hay un desfase positivo cómo se observa en la figura, en este caso se tiene un factor de potencia adelantado.



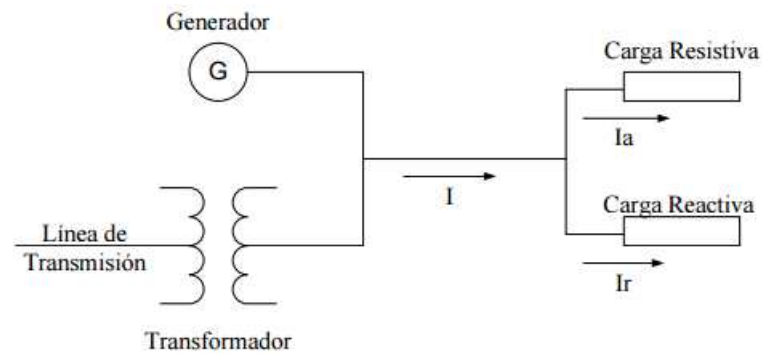
**Figura 1.4:** Forma de onda del voltaje y la corriente para una carga capacitiva.

### 1.3.4. CARGAS COMPUESTAS

Una carga compuesta está formada por una parte puramente resistiva, dispuestas en paralelo con otra parte reactiva ideal encargas tales como las ocasionadas por lámparas incandescentes y aparatos de calefacción la parte de carga reactiva puede considerarse como prácticamente nula sin embargo en las cargas representadas por líneas de transmisión y distribución, transformadores, lámparas, fluorescentes, motores eléctricos, equipos de soldadura, horno eléctricos, etc., la parte reactiva de la carga suele ser de una magnitud similar a la parte puramente resistiva.



En estos casos además de la corriente activa necesaria para producir el trabajo, el calor o la función deseada, la carga toma algo adicional de corriente activa comparable en magnitud a la corriente reactiva, esta misma corriente si bien es indispensable para energizar los circuitos magnéticos de los equipos mencionados, representa una carga adicional de corriente para el cableado de la instalación Industrial, los transformadores de potencia, las líneas eléctricas e incluso los generadores. En la figura se representan en una forma esquemática la alimentación de energía eléctrica de una planta industrial, la carga total de la planta se ha descompuesto en una parte resistiva R y otra parte reactiva tipo inductivo, en la cual se representa la carga real de un sistema.



**Figura 1.5:** Carga real compuesta por una carga resistiva y una carga reactiva.

#### 1.4. FACTOR DE POTENCIA

El factor de potencia es teóricamente definido como una relación entre dos potencias que son la potencia activa o consumida y la potencia aparente o requerida. El factor de potencia visto desde el aprovechamiento es un indicador del total de energía eléctrica que se convierte en trabajo útil, un factor de potencia ideal es igual a la unidad es decir 1 o en porcentaje el 100 % de aprovechamiento, en la práctica no se consigue corregir el factor de potencia a el valor ideal, solo se logra aproximarse a este valor.

Según (CAPELLA, 2000) “todas las maquinas eléctricas (motores, transformadores.), alimentadas en corriente alterna necesitan para su funcionamiento dos tipos de energía:

Energía activa: es la que se transforma íntegramente en trabajo o en calor (pérdidas) se mide en kWh.

Energía reactiva: se pone de manifiesto cuando existe un trasiego de energía reactiva entre la fuente y la carga. Generalmente está asociada a los campos magnéticos internos de los motores y transformadores. Se mide KVARh. Como esta energía provoca sobrecarga en las líneas transformadoras y generadoras, sin producir un trabajo útil es necesario neutralizarla o compensarla”.

Por otra parte (Rújula, 2008) menciona” de todas las potencias, la única que tiene significado físico es la potencia activa, ya que es la única que indica cual es la energía consumida. La potencia activa, es en general, menor que la potencia aparente. Se llama factor de potencia (k) a la relación entre potencia activa/potencia aparente”.

$$FP = \cos\varphi = \frac{P(KW)}{S(KVA)}$$

$$FP = \cos\varphi = \frac{P(KW)}{V * I(KVA)}$$

#### **1.4.1. FACTOR DE POTENCIA MEDIO**

El factor de potencia medio (PF) se calcula dividiendo los kilovatios-hora (kWh) entre la raíz cuadrada de la suma de los dos cuadrados de los kilovatios-hora y los kilovoltio-amperios reactivos-hora (kVARh) sobre un período determinado de tiempo.

$$FP = \cos\left(\arctan * \frac{Q(KVAh)}{P(KWh)}\right)$$

## 1.5.CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA

Las cargas industriales por su naturaleza eléctrica son reactivas a causa de la presencia principalmente de motores, transformadores, lámparas fluorescentes, etc.

Al consumo de potencia activa (kW) se suma el consumo de una potencia reactiva (kVAr), las cuales en conjunto determinan el comportamiento operacional de dichos equipos.

Esta potencia reactiva ha sido tradicionalmente suministrada por las empresas de electricidad, aunque puede ser suministrada por las propias industrias. Al ser suministradas por las empresas eléctricas deberá ser producida y transportada por las redes, ocasionando necesidades de inversión en capacidades mayores de los equipos y redes de transmisión y distribución.

La potencia reactiva la cual no produce trabajo 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, (a mayor número de equipos que consumen potencia reactiva, más potencia reactiva se requiere) lo cual produce una disminución significativa del factor de potencia.

Por las razones anteriores para corregir y mejorar el factor de potencia resulta práctico y económico la corrección del factor de potencia por medio de la instalación de condensadores eléctricos estáticos, o utilizando motores sincrónicos disponibles en la industria.

Respecto a la **corrección del factor de potencia** (Domínguez, 2014) menciona “los capacitores en vez de consumir energía reactiva la producen lo cual permite compensar el factor de potencia resultante en el sistema eléctrico. Para corregir el factor de potencia los capacitores son una buena opción, los cuales son equipos

eléctricos capaces de entregar energía reactiva. Entonces, los capacitores en vez de consumir este tipo de energía la producen, lo cual permite compensar el factor de potencia resultante en el sistema eléctrico”.

Por otro lado (Zavala, 2001) menciona que, “En los sistemas eléctricos de corriente alterna se tienen dos tipos de cargas fundamentales:

- cargas resistivas.
- cargas reactivas.

En las cargas resistivas llamadas también cargas reales ocasionadas por alumbrados incandescentes y aparatos de calefacción por resistencias, el voltaje aplicado va en fase con la corriente lo que hace que la energía eléctrica se aproveche en su totalidad.

Por otra parte en las cargas reactivas ideales generalmente la corriente va desfasada 90 grados respecto al voltaje y por consiguiente la energía eléctrica no es aprovechada inmediatamente sino que se almacena en forma de campo eléctrico en los capacitores o en forma de campo magnético en los embobinados de los motores durante un período corto y se devuelve a la red en un tiempo igual al que tardó en almacenarse”.

### **1.5.1. CAUSAS DEL BAJO FACTOR DE POTENCIA**

El bajo factor de potencia se debe parcialmente a la carga de los motores de inducción, ya que frecuentemente se trabaja con exceso de estos, también debido a balastos, transformadores y en general cualquier tipo de inductancia, etc., son el origen del bajo factor de potencia ya que son cargas no lineales que contaminan la red eléctrica, en este tipo de equipos el consumo de corriente se desfasa con relación al voltaje lo que provoca un bajo factor de potencia.

A continuación se anunciarán algunas causas por las que se produce un bajo factor de potencia:

### **1.5.1.1. Iluminación de descarga o de arco**

Estas lámparas por su funcionamiento requieren en algunos casos de una inductancia o de un transformador, Como se mencionó anteriormente estos elementos son los que consumen energía reactiva y al tener la presencia de varias de estas lámparas se tendrá una mayor demanda de energía reactiva por ende producen un factor de potencia bajo.

### **1.5.1.2. Motores de inducción de pequeña y gran capacidad**

Estos motores son generalmente la causa principal de los factores de potencia bajos, Primeramente por ser numerosos en los establecimientos industriales, y segundo por naturaleza propia de la máquina ya que necesitan de una potencia magnetizante y lo más importante es que están formados por inductores o bobinas que permiten el funcionamiento y movimiento del rotor del motor.

### **1.5.1.3. Motores sobredimensionados**

Este es un caso particular de lo anterior, cuyas consecuencias son análogas. Generalmente los motores que son sobredimensionados, presenta una gran conservación de energía.

Es muy común la sustitución de un motor por otro de mayor potencia, principalmente en los casos de mantenimiento y reparación que, por comodidad, la sustitución transitoria pasa a ser permanente, sin saber que un sobredimensionamiento provocar a un bajo factor de potencia.

### **1.5.1.4. Motores operando en vacío**

Los motores eléctricos consumen prácticamente la misma cantidad de energía reactiva necesaria para mantener su campo magnético, cuando opera en vacío o a plena carga. Entretanto, no sucede lo mismo con la energía activa, ésta es directamente proporcional a la carga mecánica solicitada al motor. Así, cuando menor sea la carga mecánica solicitada, menor será la energía activa consumida, consecuentemente menor el factor de potencia

#### **1.5.1.5. Transformadores operando en vacío o pequeñas cargas**

Análogamente a los motores, los transformadores, operando en vacío o con pequeñas cargas, consumen una cantidad de energía reactiva relativamente grande, comparada con la energía, provocando un bajo factor de potencia.

#### **1.5.1.6. Transformadores sobredimensionados**

Es un caso particular de lo anterior, donde transformadores de gran prudencia y son utilizados para alimentar, durante largos periodos, pequeñas cargas.

#### **1.5.1.7. Nivel de voltaje por encima del nominal**

Con una tensión superior al nominal, se aplica a motores de inducción, se da el aumento de consumo de energía reactiva y, por tanto, disminuye el factor de potencia.

#### **1.5.1.8. Hornos eléctricos de arcos voltaicos**

El factor de potencia varía en un cambio margen al calentarse el horno, oscila entre 0.5 y 0.85, luego de un cierto tiempo de trabajo Se aproxima a un valor constante.

El factor de potencia de los hornos es bajo por dos razones: primero el arco al comienzo del ciclo tiene menor conductividad, de manera que la corriente está en atraso con relación al voltaje. Segundo cuando el barco está en cortocircuito, en donde es necesario disponer de una reactancia para limitar la intensidad de corriente a un valor fuera de peligro, siendo es la reactancia la causa de un bajo factor de potencia.

#### **1.5.1.9. Soldadoras eléctricas de corriente alterna**

Son máquinas que se caracterizan por tener o producir un bajo factor de potencia, debido a que son construidas con una reactancia interna, para limitar las corrientes de cortocircuito en el momento que se produce el arco, es la reactancia es la que produce un bajo factor de potencia.

A continuación se presenta la tabla en la cual se muestra el factor de potencia de las cargas más usuales:

Aparato		$\cos \varphi$
Motor asíncrono	Carga a 0%	0,17
	25%	0,55
	50%	0,73
	75%	0,80
	100%	0,85
Lámparas incandescentes		1
Tubos fluorescentes no compensados		0,5
Tubos fluorescentes compensados		0,93
Lámparas de descarga		0,4 a 0,6
Hornos a resistencias		1
Hornos a inducción con compensación incorporada		0,85
Hornos a calentamiento dieléctrico		0,85
Hornos de arco		0,8
Máquinas de soldar a resistencia		0,8 a 0,9
Electrodos monofásicos, estáticos de soldadura al arco		0,5
Electrodos rotativos de soldadura al arco		0,7 a 0,9
Transformadores-rectificadores de soldadura al arco		0,7 a 0,9

**Tabla 1.1** Factor de potencia de las cargas más usuales.

### 1.5.2. CONSECUENCIAS DEL BAJO FACTOR DE POTENCIA

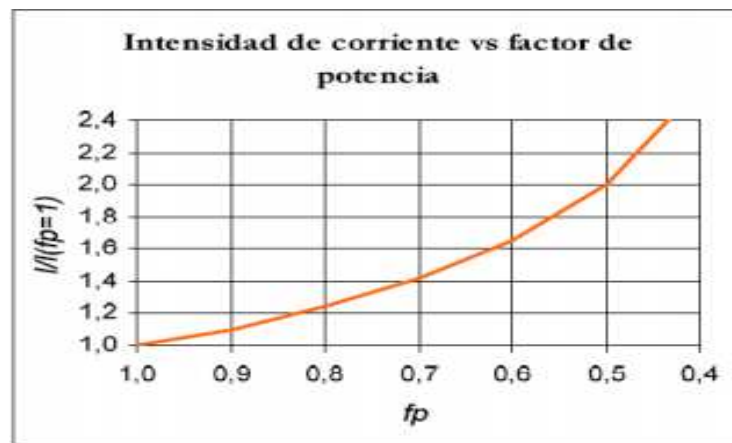
En una instalación eléctrica mientras mayor sea la cantidad de energía reactiva el factor de potencia se deteriora y como la potencia activa o real es constante, se necesita una mayor intensidad de corriente para satisfacer esta demanda, Además este aumento de la corriente incrementa las pérdidas por calentamiento o efecto joule.

Las pérdidas por efecto joule se manifiestan en:

- Calentamiento de cables.
- Calentamiento de embobinados de los transformadores de distribución.
- Disparó sin causa aparente de los dispositivos de protección.

Uno de los mayores problemas que causa el sobrecalentamiento es el deterioro Irreversible del aislamiento de los conductores que, además de reducir la vida útil de los equipos, puede provocar cortocircuito.

En la figura se muestra la relación que existe entre la corriente y el factor de potencia, en el eje vertical (Y) se tiene la variación de corriente con respecto a la corriente con un factor de potencia igual a 1; y en el eje horizontal (X) se encuentra el factor de potencia. Se puede visualizar que a medida que el factor de potencia es menor se tiene un incremento cada vez más pronunciado de la intensidad de corriente.



**Figura 1.6:** Relación entre intensidad de corriente y el factor de potencia.

Por ende el factor de potencia es el que limita la demanda de corriente del sistema eléctrico. Las consecuencias que se le presentan al usuario Industrial tendrán repercusiones financieras, estas consecuencias son las siguientes:

#### **1.5.2.1. Aumento de la intensidad de corriente e incremento de pérdida por efecto joule**

Por este motivo al usuario Industrial se le presentan las siguientes desventajas:



- Los conductores, entre el medidor y el usuario, deberán ser de mayor Calibre.
- Los embobinados de los transformadores de distribución, se recalentarán.
- Los dispositivos de operación y protección deberán de ser de mayor tamaño y por lo tanto de mayor precio.
- La temperatura de los conductores aumenta y esto disminuye la vida de su aislamiento.

#### **1.5.2.2. Pérdidas en los conductores y fuertes caídas de tensión**

Esto resulta insuficiente suministro de potencia a las cargas (motores, lámparas, etc.) estas cargas sufren una reducción en su potencia de salida. Estas caídas de voltaje afectan también a:

- Los embobinados de los transformadores de distribución.
- Los cables de alimentación.
- Sistemas de protección y control

#### **1.5.2.3. Sobrecarga de los generadores, transformadores**

El exceso de corriente debido a un factor de potencia, ocasiona que los generadores, transformadores y líneas de distribución, trabajen con cierta sobrecarga y reduzcan su vida útil, debido a que estos equipos, son diseñados para un cierto valor de corriente y para no dañarlos, se debe operar sin que rebase los límites permitidos.

#### **1.5.2.4. Aumento en la factura por consumo de energía eléctrica**

Debido a un bajo factor de potencia implica pérdida de energía en la red eléctrica, el productor y distribuidor de energía eléctrica se ve en la necesidad de penalizar al usuario que no hace uso correcto de su energía, haciendo que pague más por su consumo de energía eléctrica o que el mismo usuario corrija el factor de potencia, otros problemas económicos son:

- Incremento de la facturación por mayor consumo de corriente.

- Penalización de hasta un 120% del costo de la facturación por parte de la empresa distribuidora.

Un bajo factor de potencia tiene efectos negativos, en la parte administrativa lleva consigo penalizaciones económicas por parte de la empresa distribuidora de energía. En Ecuador las resoluciones de este tipo son emitidas por la Agencia de Regulación y Control de Electricidad ARCONEL.

En la resolución (económica, Enero-Diciembre 2016) (Nro. ARCONEL – 099/15 31 de diciembre de 2015) del pliego tarifario de las empresas eléctricas que está vigente desde el 1 de enero del 2016 hasta diciembre del mismo año, se establecen cargos por bajo factor de potencia en estos se menciona:

“Para aquellos consumidores de categoría general, con medición de energía reactiva, que registren un factor de potencia medio mensual inferior a 0,92, el distribuidor aplicará lo establecido en el art. 27 de la codificación del reglamento de tarifas “cargos por bajo factor de potencia.

La penalización por bajo factor de potencia será igual a la facturación mensual correspondiente a: consumo de energía, demanda, pérdidas en transformadores, y comercialización, multiplicada por el siguiente factor:

$$Bfp = (0,92/fpr) - 1$$

$$Bfp = \text{Factor de penalización}$$

$$Fpr = \text{Factor de potencia registrado}$$

Así mismo, cualquier sea el tipo de consumidor, cuando el valor medio del factor de potencia es inferior a 0,60, el distribuidor previa notificación, podrá suspender el servicio eléctrico hasta tanto el consumidor adecue sus instalaciones a fin de superar dicho valor límite”.

El valor monetario por Kvar consumido se presenta en la siguiente tabla.

MESES	KVAR	FACTOR DE POTENCIA	PRECIO POR KVAR CONSUMIDO
Feb-16	649	0,585	\$ 0,07
Mar-16	511	0,584	\$ 0,07
Abr-16	516	0,592	\$ 0,08
May-16	449	0,574	\$ 0,09
Jun-16	521	0,583	\$ 0,08
Jul-16	454	0,683	\$ 0,06
Ago-16	650	0,654	\$ 0,06
Sept-16	732	0,645	\$ 0,07
Oct-16	715	0,625	\$ 0,06
Nov-16	792	0,702	\$ 0,05
Dic-16	1045	0,62	\$ 0,06
Ene-17	929	0,614	\$ 0,06

**Tabla 1.2.** Valor monetario por KVAR consumido

## 1.6. ALTERNATIVAS PARA CORREGIR EL FACTOR DE POTENCIA

Los métodos para realizar la corrección del factor de potencia son los siguientes:

- Por intermedio de motores síncronos
- Por medio de condensadores estáticos

### 1.6.1. MOTORES SÍNCRONOS

Según (Guzmán Díaz González, 2002) “El motor síncrono cuenta con los devanados de rotor y estator alimentados de forma separada. Por lo general el inducido, alimentado con corriente alterna trifásica, se sitúa en el estator, mientras que el devanado de excitación, situado en el rotor, es alimentado con corriente continua. La diferencia constructiva con respecto a los motores asíncronos se halla, pues, en que en estos el campo rotorico es creado por corrientes trifásicas derivadas de la inducción de fuerza electromotriz en los devanados rotorico a partir del flujo estatorico. El estator se constituye del mismo modo, y tan solo debería considerarse la citada diferencia en el rotor.

El campo creado en el rotor del motor síncrono ir a una velocidad nula con respecto al propio rotor, porque debido a que éste es alimentado por una corriente de carácter continuo el campo retórico se alinea en todo momento con los polos

inductores. Por lo tanto, una vez superados los posibles períodos transitorios, las velocidades de giro de los campos creados en estator y rotor coincidirán, serán iguales a la impuesta por la frecuencia de alimentación del estator. En los motores asíncronos no es este el caso, Ya que en ellos el campo rotorico no tiene una velocidad nula con respecto al propio rotor, sino que ésta es creciente con la carga del motor. Por ello, el motor asíncrono Gira a una velocidad distinta a la dada por el campo giratorio creado por el estator, dependiente de la mayor o menor carga mecánica impuesta en eje.

En el motor síncrono se vuelve a presentar una característica que ya se tenía en el motor de corriente continua. La fuerza magneto motriz de inducción y la correspondiente a la excitación son controlables de forma independiente, al contrario de lo que sucede en los motores de inducción o asíncronos. Esta peculiaridad hace que el control del motor síncrono sea bastante más sencillo que el del motor asíncrono, presentándose la posibilidad de trabajar en forma similar a la adoptada por un motor de corriente continua, pero eliminando el sistema de delgas y escobillas y, por lo tanto, los problemas asociados al conjunto”.

Tener una o más motores síncronos sobre excitados en el sistema puede ser útil por las siguientes razones. a. Una carga en adelantó motores síncronos puede entregar a algo de potencia reactiva  $Q$  a cargas en atraso cercanas, en lugar de las que deben venir del generador. Puesto que la potencia reactiva no tiene que correr la larga y alta resistencia de las líneas de transmisión se reduce y las pérdidas del sistema de potencia son mucho más bajas. b. Como las líneas de transmisión lleva al menos corriente, pueden ser de menor diámetro, esto reduce el costo del sistema de potencia qué son mucho más bajo. c. Además si se necesita que un motor sincrónico función es un factor de potencia adelantado, ello significa que el motor debe trabajarse sobrexcitado.

Por otro lado (Harper, El ABC del control electrónico de las máquinas eléctricas, 2003) menciona que “La variación de la carga como método de compensación del factor de potencia no es muy recomendada, que no se puede manejar fácilmente La carga, o variar la misma a voluntad”.

## 1.6.2. CONDENSADORES ESTÁTICOS

Mediante la aplicación de los condensadores estáticos también se puede compensar el factor de potencia de una instalación resultando un método sencillo y económico. El condensador estático recibe este nombre debido a que no tiene partes móviles o descartables. El método de compensar factor de potencia por medio de condensadores estático, es el más aconsejable para plantas industriales ya que presentan las siguientes ventajas:

- a. Porque un banco de condensadores es un equipo de alto rendimiento 99% o más, para potencias pequeñas, como por lo general tienen las industrias.
- b. Para la operación de un banco de condensadores no se necesita combustible alguno y la energía eléctrica que consumen a consecuencia de sus pérdidas es muy reducida Generalmente menos de 3 vatios por kVAr.
- c. Su mantenimiento para este tipo de equipo es totalmente nulo y la eficacia de los condensadores no disminuye por falta de este.
- d. La conexión del equipo al circuito es sencilla se lo puede hacer directamente a las barras de baja tensión o a la salida de los transformadores.
- e. Es el equipo que más rápidamente se amortiza como no tiene gastos de operación y mantenimiento se debe reponer solamente la inversión inicial.

Los condensadores también presentan las siguientes desventajas:

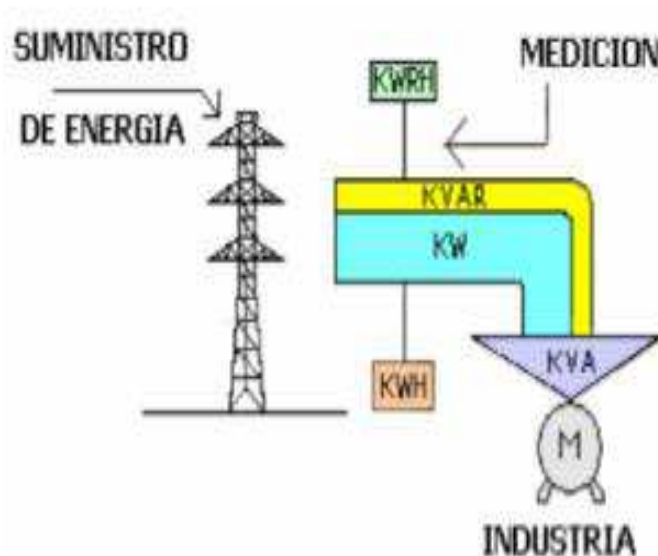
- a. Cuando la planta está en funcionamiento con pequeñas cargas, pueden aparecer ondas armónicas grandes por estar en resonancia el transformador con los condensadores, causando un calentamiento excesivo en los condensadores, para esto habría que desconectar los condensadores o dejar en el circuito al menor número posible para que no se produzcan resonancias.
- b. Cuando un dieléctrico ha sido perforado en el condensador por cualquier motivo, en su interior se produce un cortocircuito, descomponiendo el líquido imprégnate, curiosidades produce la explosión del tanque del condensador, la solución para este caso sería el uso de fusibles rápidos individuales, el cual deberá ser del 170% de la corriente de trabajo del condensador.

Debido a que se tiene más ventajas que desventajas es el método de compensar el factor de potencia mediante banco de condensadores es más aconsejable para plantas industriales.

### 1.6.3. CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA MEDIANTE EL USO DE CONDENSADORES

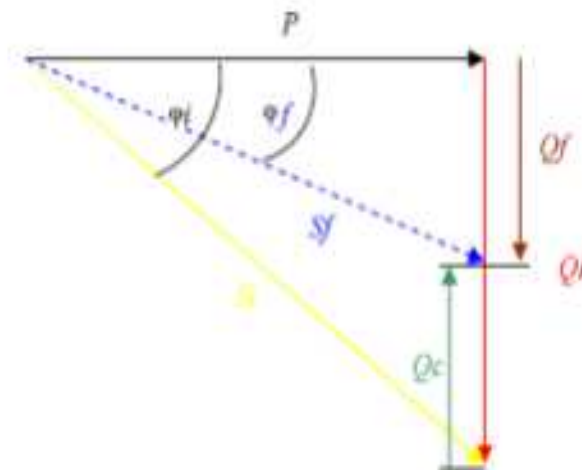
Un condensador es un dispositivo eléctrico formado por dos placas conductoras aisladas y separadas por un dieléctrico. Este dispositivo puede almacenar energía en forma de campo eléctrico.

Los condensadores al conectarse en paralelo a la red eléctrica proveen la potencia reactiva que antes la suministraban la propia red, con lo cual se consigue una disminución de la corriente, por lo tanto ya no es necesario transportar toda la potencia reactiva.



**Figura 1.7:** Potencia reactiva suministrada por la propia red.

Al disminuir la potencia reactiva se consigue mejorar el factor de potencia en el Triángulo de potencias se puede entender de mejor manera la forma en que los condensadores pueden mejorar el factor de potencia.



**Figura 1.8:** Corrección del factor de potencia mediante el uso de condensadores.

En la figura 1.8 el ángulo de las iniciales es  $\varphi_i$  y el ángulo de fase final es  $\varphi_f$  el ángulo de fase final corresponde al factor de potencia que se desea alcanzar.

El valor de la potencia  $Q_f$  se ha obtenido restando la potencia  $Q_i$  de la potencia  $Q_c$  suministrada por los condensadores. El proceso para encontrar la capacidad de condensadores que se requieren para mejorar el factor de potencia se obtiene con la ecuación:

$$Q_i = P * \tan \varphi_i$$

$$Q_f = P * \tan \varphi_f$$

$$Q_c = P (\tan \varphi_i - \tan \varphi_f)$$

## 1.7. FORMAS DE INSTALACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL BANCO DE CONDENSADORES

El banco de condensadores puede ser instalado en distintos puntos del sistema eléctrico de la planta. La compensación de una instalación puede realizarse de diferentes formas:

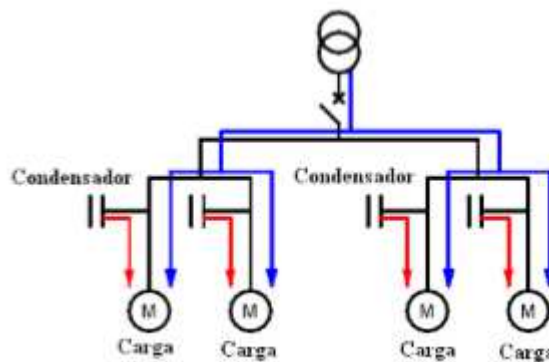
- Instalación individual
- Instalación en grupo o por sectores
- Instalación global

En principio, la compensación ideal es aquella que limita el campo de actuación de la energía reactiva al entorno más próximo a su creación. Pero Los criterios técnicos económicos determinarán su situación y ubicación.

### 1.7.1. INSTALACIÓN INDIVIDUAL

La compensación individual y consiste en Instalar los condensadores junto a cada una de las cargas que consumen potencia reactiva, permitiendo corregir el factor de potencia en forma individual, como se muestra en la figura 1.9.

La compensación individual es empleada principalmente en equipos que tienen una operación continua y cuyo consumo de la carga inductiva es representativo. A continuación se describen los métodos de compensación individual:



**Figura 1.9:** Compensación individual junto a la carga.

#### 1.7.1.1. Compensación individual en motores eléctrico

El método de compensación individual es el tipo de compensación más efectivo ya que con el condensador se instala en cada una de las cargas inductivas a corregir, de manera que la potencia reactiva círculo únicamente por los conductores cortos entre el motor y el condensador Cómo se observa en la figura.

La compensación individual presenta las siguientes ventajas:

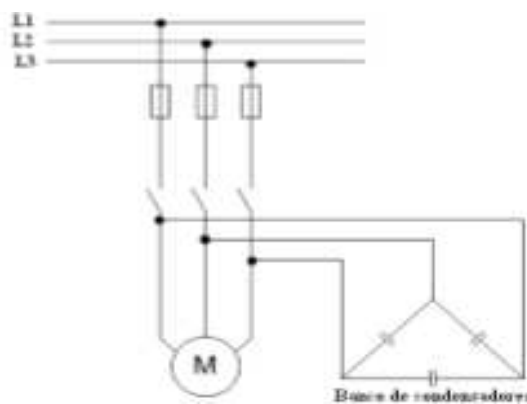
- Los condensadores son instalados cerca de la carga inductiva, la potencia reactiva es confinada al segmento más pequeño posible de la red. Por lo tanto elimina en forma completa las pérdidas resistivas.



- Descarga el transformador.
- El arrancador para el Moto un interruptor para el condensador eliminando así el costo de un dispositivo de control del condensador sólo.
- El uso de un arrancador proporciona un control semiautomático para los condensadores por lo que no son necesarios controles complementarios.
- Los condensadores son puestos en servicio sólo cuando el motor está trabajando.
- Todas las líneas que dan descargadas de la potencia reactiva.

No obstante este método presenta las siguientes desventajas:

- El costo de varios condensadores por separado Es mayor que el de un condensador individual de valor equivalente.
- Existe subutilización para aquellos condensadores que no son usados con frecuencia es decir cuando los motores usados con frecuencia



**Figura 1.10:** Compensación individual en motores eléctricos.

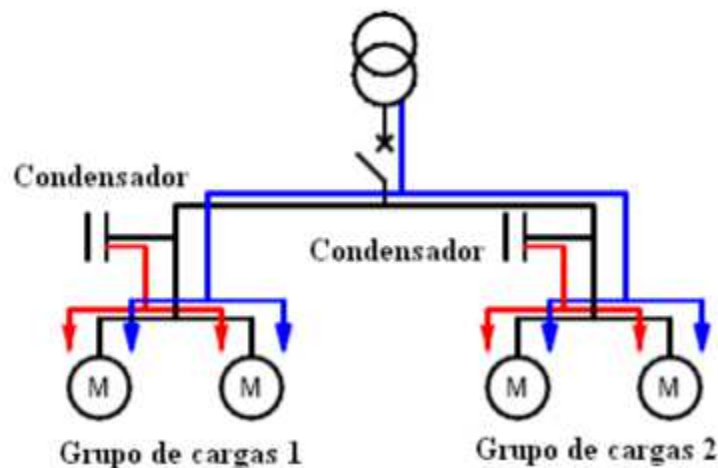
### 1.7.1.2. Compensación individual en transformadores de distribución

Otro método para corregir el factor de potencia es compensar la potencia reactiva en los transformadores de distribución. La potencia total del banco de condensadores se calcula para compensar la potencia reactiva absorbida por el transformador en vacío, que es del orden del 5 al 10% de la potencia nominal.

De acuerdo con las normas técnicas para instalación eléctrica, con el fin de evitar fenómenos de resonancia y sobretensión en vacío, la potencia total del banco de condensadores no debe exceder el 10% de la potencia nominal (en VA) del transformador.

### 1.7.2. INSTALACION EN GRUPO

Es aconsejable compensar la potencia inductiva de un grupo de cargas, cuando éstas se conectan simultáneamente y demandan potencia reactiva constante, o bien cuando se tienen diversos grupos de cargas situadas en puntos distintos, como se muestra en la figura. Este tipo de instalación es adoptada generalmente en grandes instalaciones.



**Figura 1.11:** Compensación en grupo

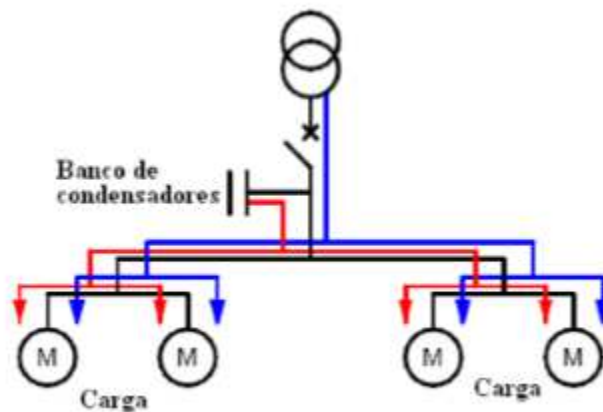
La compensación en grupo presenta las siguientes ventajas:

- Se conforman grupos de carga de diferente potencia pero con un tiempo de operación similar, para qué es la compensación se realiza por medio de un banco de condensadores común con su propio interruptor.
- Los bancos de condensadores pueden ser instalados en el tablero general de control de motores.
- El banco de condensadores se utiliza únicamente cuando las cargas están en uso.

- Se reducen los costos de inversión para la adquisición de banco de condensadores.
- Es posibles descargas de potencia reactiva a las diferentes líneas de distribución de energía eléctrica.
- Mantiene un criterio económico al concentrar la compensación de cada sector en las líneas de alimentación principal se presenta la desventaja de que la sobrecarga de potencia reactiva no se reduce, es decir, que seguirá circulando energía reactiva entre el centro de control y los motores, por este motivo no permite una reducción del dimensionamiento de la instalación.
- Presenta la desventaja de riesgo de sobrecompensación, si hay grandes variaciones de cargas.

### 1.7.3. INSTALACION GLOBAL O CENTRAL

Este tipo de compensación ofrece una solución generalizada 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 ubicación del banco de condensadores se lo puede observar en la figura siguiente.



**Figura 1.12:** Compensación global o central.

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

La compensación es centralizada presenta las siguientes ventajas:

- Mejor utilización de la capacidad de los bancos de condensadores.
- Se tiene una mejora en La regulación del voltaje en sistemas eléctricos.
- Suministro de potencia reactiva según los requerimientos del momento.
- Es de fácil supervisión.
- Es la alternativa más económica porque toda la instalación se concentra en un lugar.

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

- La corriente reactiva circula por toda la instalación.
- Las pérdidas por calentamiento (joule) se mantienen y no permite una reducción de su dimensionamiento, aguas debajo de la instalación del banco de condensadores.

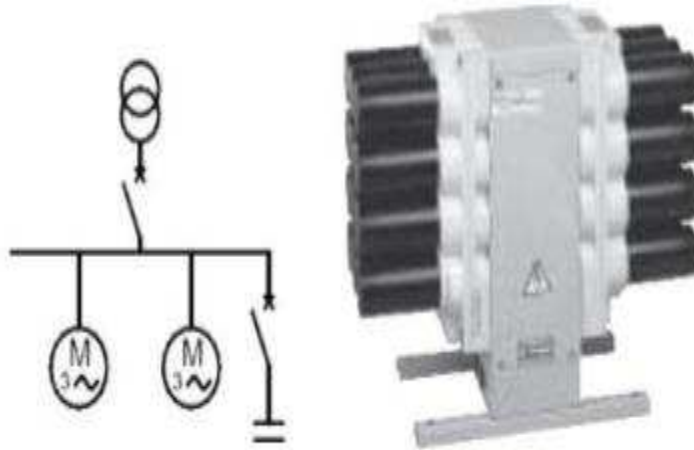
#### **1.7.4. TIPOS DE BANCOS DE CONDENSADORES**

Para usuarios industriales la compensación de la energía reactiva se puede realizar con:

- Banco de condensadores fijos.
- Banco de condensadores automáticos.

### 1.7.4.1.CONDENSADORES FIJOS

En esta configuración que utiliza uno o varios condensadores para obtener la potencia reactiva necesaria. La potencia reactiva suministrada es constante independientemente del estado de carga de la instalación.



**Figura 1.13:** Condensadores fijos.

Estos bancos son maniobrados:

- En forma manual mediante interruptores y seccionadores.
- En forma semi automática por medio de contactores.
- Directamente a bornes del receptor a compensar y maniobrado conjuntamente.

Generalmente, se adopta esta solución en los siguientes casos:

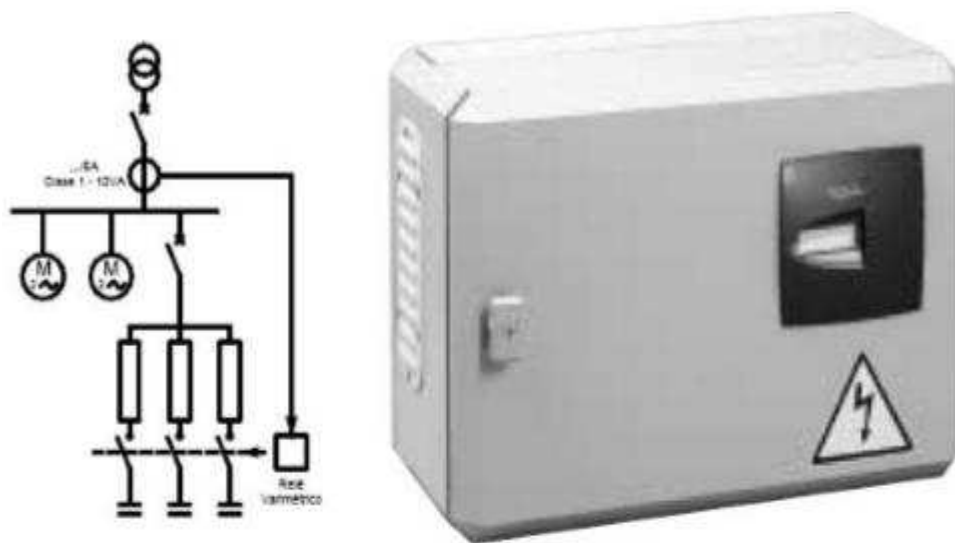
- Instalaciones con carga constante (operaciones continuas).
- Compensación de pérdidas reactivas de transformadores.
- Compensación individual de motores.

Se puede realizar compensaciones fija para uno o varios receptores siempre que funcionen por medio de un único interruptor, es decir simultáneamente. Para compensar la totalidad de la instalación se deberá instalar un equipo automático.

En la práctica este tipo de condensadores fijos se utiliza para la compensación de algunos motores y transformadores.

#### 1.7.4.2. BANCO DE CONDENSADORES AUTOMÁTICOS

La potencia reactiva del banco puede ser regular de acuerdo a las variaciones del estado de carga de la instalación. Estos bancos están formados por varios vasos de condensadores conectados en paralelo: el control de estos pasos es realizado por un regulador electrónico incorporado en el banco.



**Figura 1.14:** Condensadores automáticos.

Estos bancos son usados en la generalmente en los siguientes casos:

- Instalaciones que presentan variabilidad en su estado de carga.
- Compensación de tableros generales de distribución en baja tensión.
- Bancos de condensadores que superan el 15% de la potencia del correspondiente transformador MT (mediana tensión) BT (baja tensión).

Generalmente se instalan en los puntos de una instalación en los que las variaciones de potencia activa reactiva son importantes, por ejemplo:

- En la cabecera de la instalación en el tablero general.
- En la salida de un cuadro secundario muy cargado.

## **1.8.IMPORTANCIA DE LA CORRECCION DEL FACOR DE POTENCIA**

La corrección del factor de potencia para una instalación eléctrica resulta indispensable ya que si disminuye el factor de potencia ( $\text{Cos } \phi$ ), disminuye también el rendimiento de la instalación.

**CAPITULO II**

**REFERIDO AL DIAGNÓSTICO O A MATERIALES Y**

**MÉTODOS**



## **CAPITULO II: REFERIDO AL DIAGNÓSTICO O A MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. DISEÑO METODOLÓGICO.**

#### **2.1.1. Tipo de investigación.**

Este trabajo de investigación utilizo métodos, técnicas e instrumentos que permitieron alcanzar el objetivo propuesto.

**Métodos teóricos:** Los métodos teóricos que se aplicaron en el desarrollo de la investigación fueron los siguientes:

**Análisis – síntesis:** Este tipo de metodología contribuyo para obtener un entendimiento acertado con relación al problema que se investigó y en la aplicación de una propuesta que facilitó el diseño óptimo de la instalación de bancos capacitores para la corrección del factor de potencia en el circuito eléctrico del taller “el diseño” del cantón Chone.

**Inducción – deducción:** Este tipo de metodología permitió realizar una evaluación respecto al diseño óptimo de la instalación de bancos capacitores y la corrección del factor de potencia, esta información permitirá concluir y recomendar acciones que contribuyan a mejorar la situación del circuito eléctrico del taller.

**Método Bibliográfico:** Este tipo de metodología permitió la realización de una búsqueda exhaustiva de información con implicación directa a las variables del tema y que abarcan lo que son el diseño óptimo de la instalación de bancos capacitores y la corrección del factor de potencia en el circuito eléctrico del taller “EL DISEÑO”. La obtención de la información se realizó a través de textos de ingeniería eléctrica y electrónica, tesis de grado realizadas por estudiantes profesionales en la Carrera de Ingeniería Eléctrica y Electrónica en la actualidad, revistas o artículos científicos.

**Métodos empíricos:** Los métodos empíricos que se aplicaron en el desarrollo de la investigación fueron los siguientes:

**Encuesta:** Se aplicó a él administrador y los operadores de las maquinas eléctricas del taller “EL DISEÑO del cantón Chone”

**Observación científica:** se utilizó para registrar parámetros eléctricos medidos en los circuitos del taller.

**Tabulación de datos:** Con la finalidad de comprobar la hipótesis planteada en el proyecto se hizo necesaria la tabulación de datos de la información recolectada sobre el funcionamiento de los componentes del circuito eléctrico del taller “EL DISEÑO”.

### **Población y muestra**

#### **Población**

La población estuvo formada por el administrador y 4 operadores de maquinaria del taller “EL DISEÑO” del cantón Chone, para un total de 5 participantes.

#### **Muestra**

La muestra se aplicó a la totalidad de la población del taller “EL DISEÑO” del cantón Chone, para un total de 5 participantes, por ser el universo reducido.

<b>Nro.</b>	<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>
1	Administrador	1
2	Operadores de máquinas eléctricas	4
<b>TOTAL</b>		5

Fuente: Equipo investigador (2016)

**Tabla 2.1.** Muestra desagregada

## **2.2.DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN**

Se ofició al Gerente General del taller “EL DISEÑO” del Cantón Chone, para la autorización en la recopilación de información.

Obtenida la aprobación, se procedió a recopilar la información, la misma que consistió en entrevistar, encuestar a los involucrados en la investigación y recopilación de datos técnicos en las maquinas eléctricas de cada área de trabajo.

Posteriormente se procedió a la tabulación de los datos.

### 2.3. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para el procesamiento de la información se utilizó parte del paquete office y se procedió de la siguiente manera:

Tabulación y elaboración de cuadros y gráficos estadísticos a través del software Excel, para el proceso de texto se utilizó Word.

### 2.4. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN DE CAMPO CON SUS RESPECTIVAS INTERPRETACIONES

PREGUNTAS	OPCIONES			TOTAL DE ENCUESTADOS	A %	B %	C %	TOTAL %
	A	B	C					
1	0	0	5	5	0,00%	0,00%	100,00%	100,00%
2	2	3	0	5	40,00%	60,00%	0,00%	100,00%
3	0	5	0	5	0,00%	100,00%	0,00%	100,00%
4	0	4	1	5	0,00%	80,00%	20,00%	100,00%
5	0	5	0	5	0,00%	100,00%	0,00%	100,00%
6	0	3	2	5	0,00%	60,00%	40,00%	100,00%
7	0	1	4	5	0,00%	20,00%	80,00%	100,00%
8	0	2	3	5	0,00%	40,00%	60,00%	100,00%
9	5	0	0	5	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%
10	0	1	4	5	0,00%	20,00%	80,00%	100,00%

**Tabla 2.2.** Resultados de las encuestas

**Preguntas dirigidas a Operadores de maquinaria y administrador de taller “EL DISEÑO” del cantón Chone.**

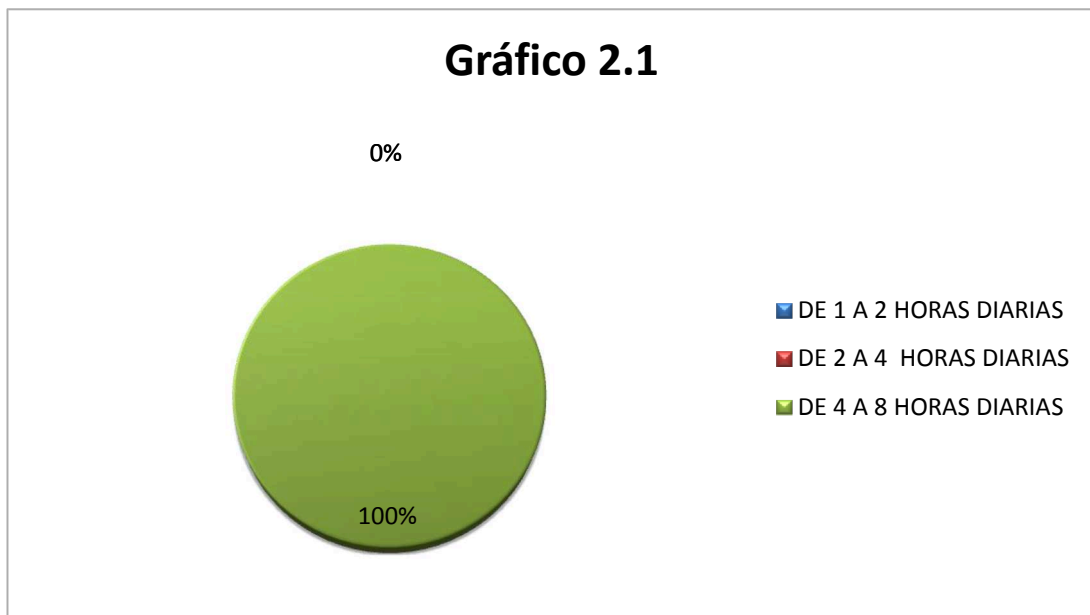
**¿Cuál es la frecuencia de uso diario de las maquinas eléctricas del taller?**

**Tabla 2.3**

ALTERNATIVAS	f	%
DE 1 A 2 HORAS DIARIAS	0	0,00
DE 2 A 4 HORAS DIARIAS	0	0,00
DE 4 A 8 HORAS DIARIAS	5	100
TOTAL	5	100

FUENTE: Operadores de maquinaria y administrador de taller “EL DISEÑO” del cantón Chone. (2017)

AUTORES: Chila Párraga Kelvin Antonio y Mendoza Alcivar José Miguel



\*Nota: Gráfico en base a la información de la tabla 2.3.

**Análisis e interpretación:**

Que el 100% de la muestra seleccionada informan que la frecuencia de uso diario de las maquinas eléctricas del taller es de 4 a 8 horas diarias, mientras el 0% informo que la frecuencia de uso diario de las maquinas eléctricas del taller es de 2 a 4 horas y el 0% indico que la frecuencia de uso diario de las maquinas eléctricas del taller es de 1 a 2 horas diarias.

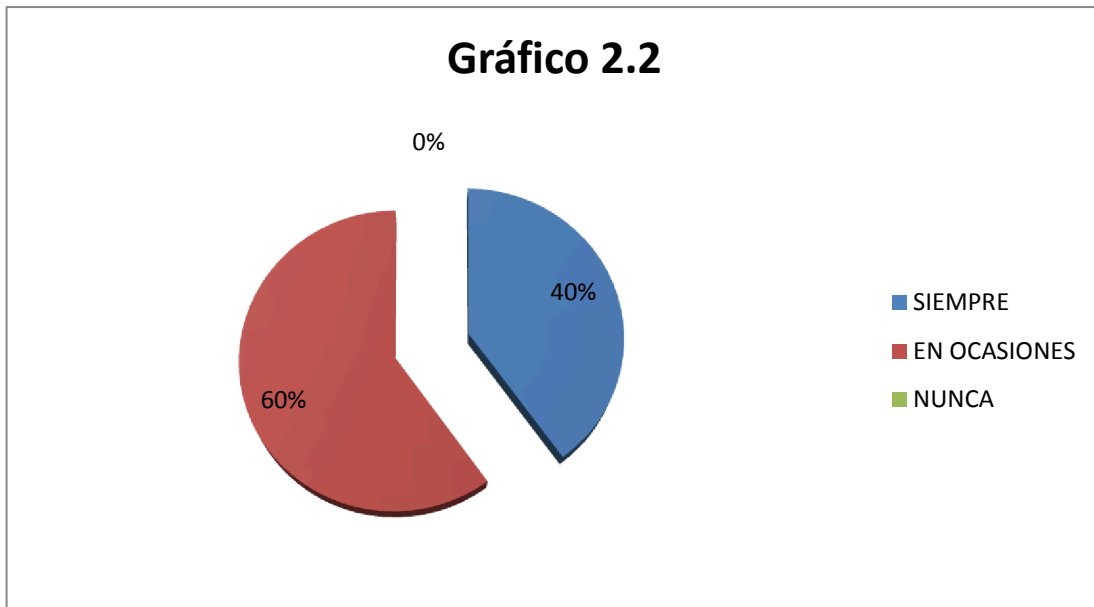
## ¿Las maquinas eléctricas del taller se usan simultáneamente?

**Tabla 2.4**

ALTERNATIVAS	f	%
SIEMPRE	2	40
EN OCASIONES	3	60
NUNCA	0	0
TOTAL	5	100

FUENTE: Operadores de maquinaria y administrador de taller “EL DISEÑO” del cantón Chone. (2017)

AUTORES: Chila Párraga Kelvin Antonio y Mendoza Alcívar José Miguel



\*Nota: Gráfico en base a la información de la tabla 2.4

### **Análisis e interpretación**

Que el 60% de la muestra seleccionada informan que en ocasiones se usan simultáneamente las maquinas eléctricas del taller, mientras el 40 % indica que siempre se usan simultáneamente las maquinas eléctricas del taller y el 0 % informan que nunca se usan simultáneamente las maquinas eléctricas del taller.

Del análisis que antecede se definió que según el criterio mayoritario de los operadores de la maquinaria y el administrador del taller “EL DISEÑO” en ocasiones se usan simultáneamente las maquinas eléctricas del taller.

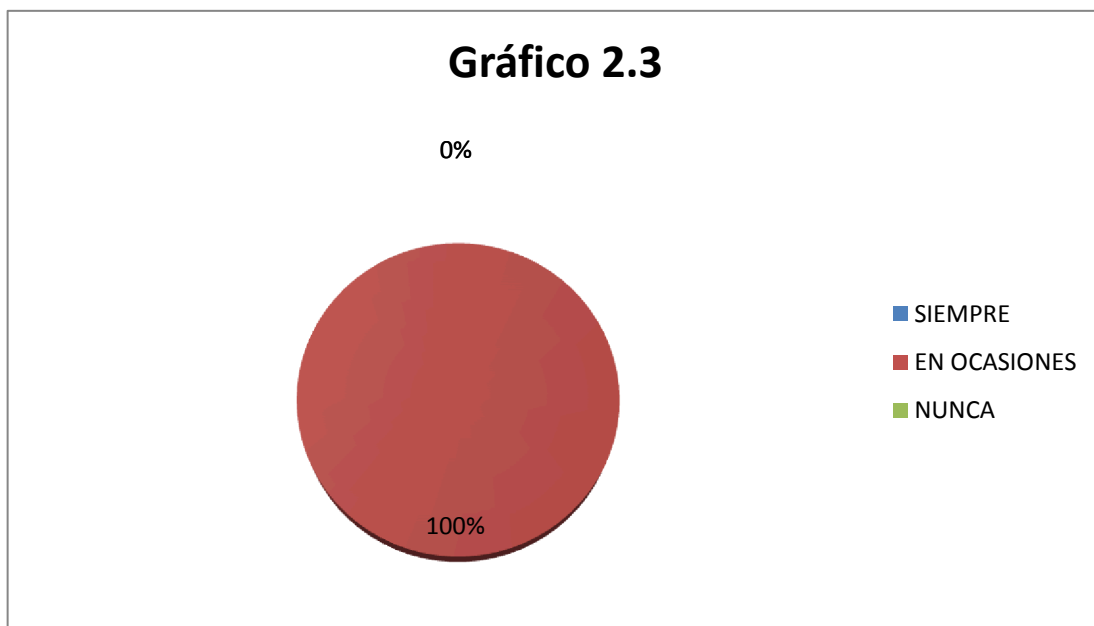
## ¿Las maquinas eléctricas del taller quedan encendidas trabajando en vacío?

Tabla 2.5

ALTERNATIVAS	f	%
SIEMPRE	0	0
EN OCASIONES	5	100
NUNCA	0	0
TOTAL	5	100

FUENTE: Operadores de maquinaria y administrador de taller "EL DISEÑO" del cantón Chone. (2017)

AUTORES: Chila Párraga Kelvin Antonio y Mendoza Alcívar José Miguel



\*Nota: Gráfico en base a la información de la tabla 2.5.

### Análisis e interpretación

Que el 100% de la muestra seleccionada informan que en ocasiones quedan encendidas las maquinas eléctricas del taller trabajando en vacío, mientras el 0% indica que siempre quedan encendidas las maquinas eléctricas del taller trabajando en vacío y el 0% informa que nunca quedan encendidas las maquinas eléctricas del taller trabajando en vacío.

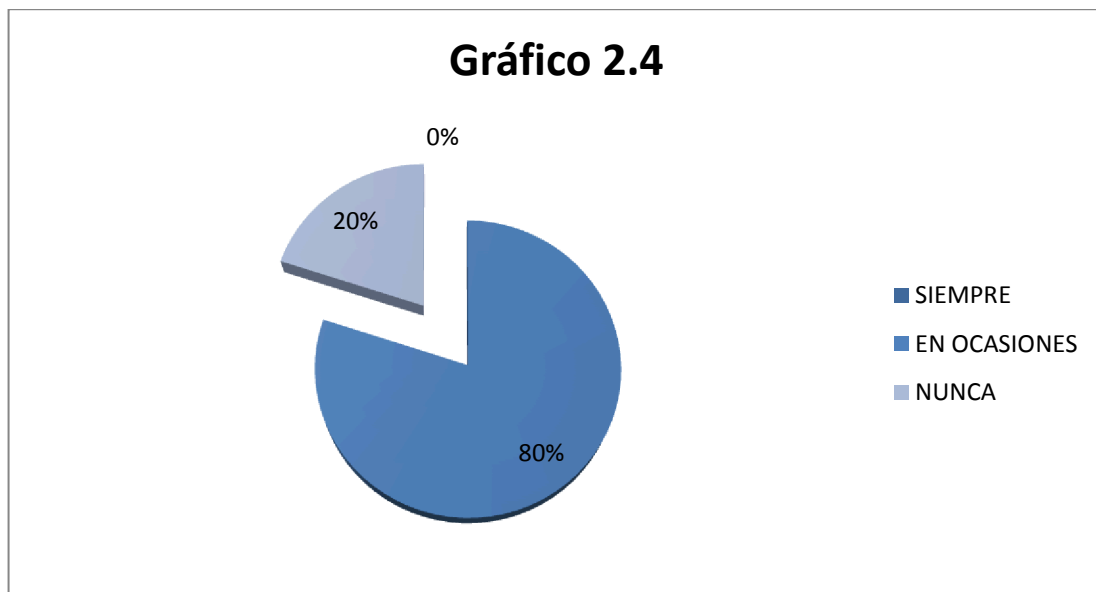
Del análisis que antecede, se determinó que a criterio de la mayoría de los operadores de la maquinaria y el administrador del taller "EL DISEÑO" en ocasiones quedan encendidas las maquinas eléctricas del taller trabajando en vacío.

## ¿Se han presentado desperfectos en el circuito eléctrico del taller?

**Tabla 2.6**

ALTERNATIVAS	f	%
SIEMPRE	0	0
EN OCASIONES	4	80
NUNCA	1	20
TOTAL	5	100

FUENTE: Operadores de maquinaria y administrador de taller “EL DISEÑO” del cantón Chone. (2017)  
AUTORES: Chila Párraga Kelvin Antonio y Mendoza Alcívar José Miguel



\*Nota: Gráfico en base a la información de la tabla 2.6.

### **Análisis e interpretación**

Que el 80 % de la muestra seleccionada informan que en ocasiones se han presentado desperfectos en el circuito eléctrico del taller, mientras el 20 % informan que nunca se han presentado desperfectos en el circuito eléctrico del taller y el 0 % indica que siempre se han presentado desperfectos en el circuito eléctrico del taller.

Del análisis que antecede, se determinó que a criterio de la mayoría de los operadores de la maquinaria y el administrador del taller “EL DISEÑO” en ocasiones se han presentado desperfectos en el circuito eléctrico del taller.

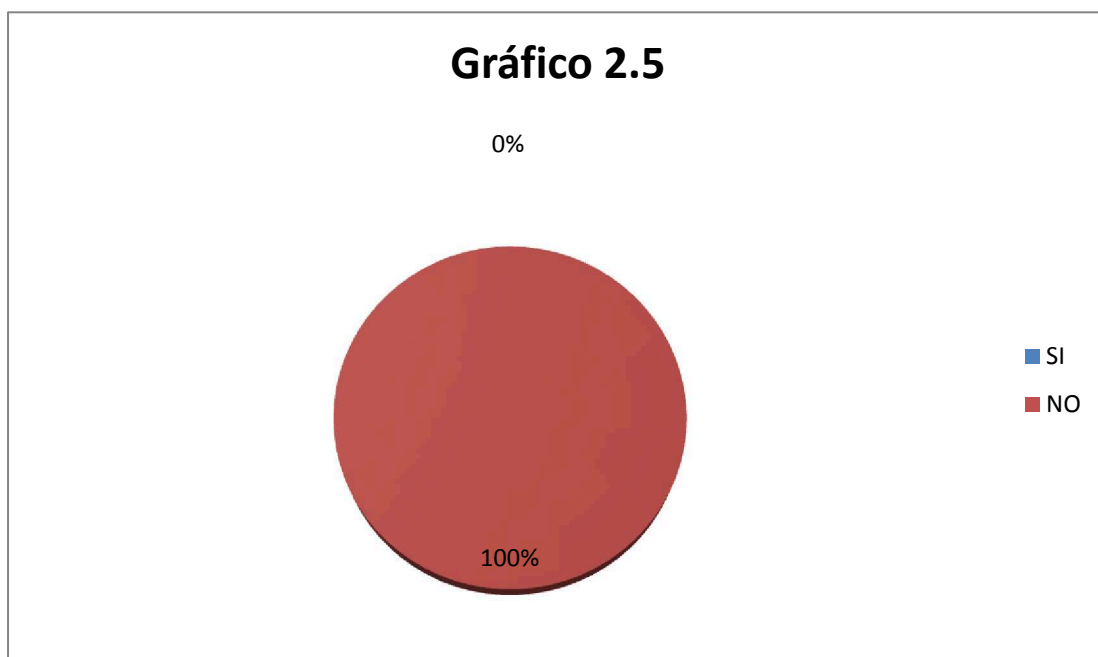
## ¿Se han dañado maquinas eléctricas por desperfectos en los circuitos eléctricos del taller?

Tabla 2.7

ALTERNATIVAS	f	%
SI	0	0
NO	5	100
TOTAL	5	100

FUENTE: Operadores de maquinaria y administrador de taller “EL DISEÑO” del cantón Chone. (2017)

AUTORES: Chila Párraga Kelvin Antonio y Mendoza Alcívar José Miguel



\*Nota: Gráfico en base a la información de la tabla 2.7.

### Análisis e interpretación

Que el 100 % de la muestra seleccionada informan que no se han dañado maquinas eléctricas por desperfectos en el circuito eléctrico del taller, mientras el 0 % indica que si se han dañado maquinas eléctricas por desperfectos en el circuito eléctrico del taller.

Del análisis que antecede, se determinó que a criterio de la mayoría de los operadores de la maquinaria y el administrador del taller “EL DISEÑO” no se han dañado maquinas eléctricas por desperfectos en el circuito eléctrico del taller



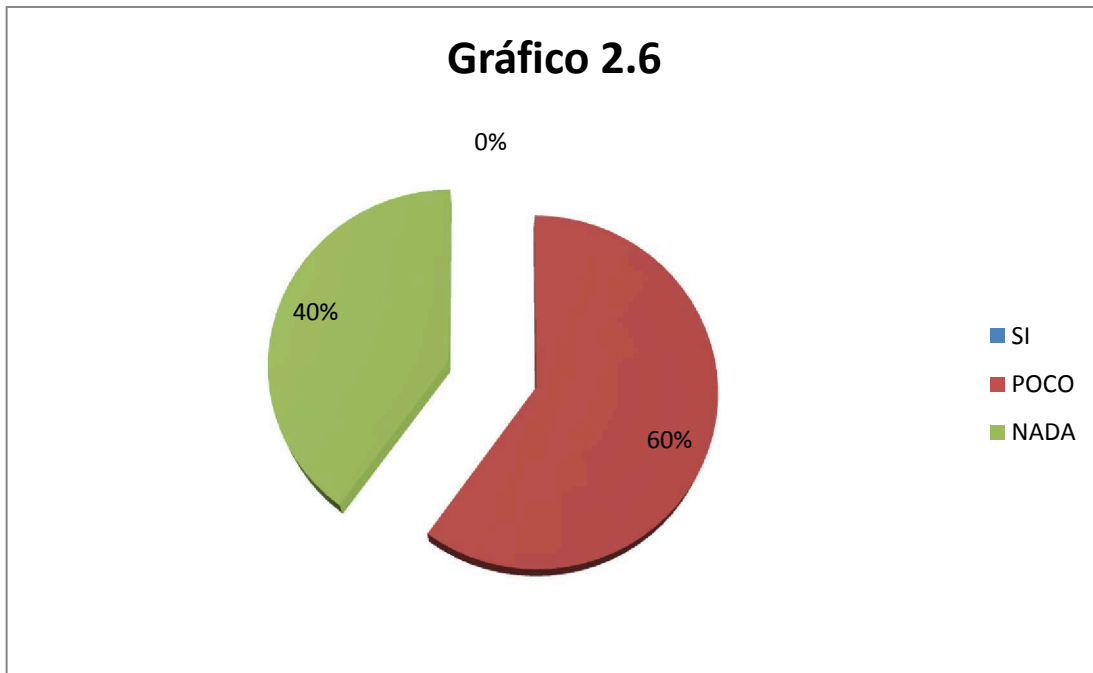
## ¿Ha escuchado hablar del bajo factor de potencia?

Tabla 2.8

ALTERNATIVAS	f	%
SI	0	0
POCO	3	60
NADA	2	40
TOTAL	5	100

FUENTE: Operadores de maquinaria y administrador de taller “EL DISEÑO” del cantón Chone. (2017)

AUTORES: Chila Párraga Kelvin Antonio y Mendoza Alcívar José Miguel



\*Nota: Gráfico en base a la información de la tabla 2.8.

### Análisis e interpretación

Que el 60 % de la muestra seleccionada informan que han escuchado hablar poco del bajo factor de potencia, mientras el 40 % informa que no han escuchado hablar del bajo factor de potencia y el 0% indica que si han escuchado hablar del bajo factor de potencia.

Del análisis que antecede, se determinó que a criterio de la mayoría de los operadores de la maquinaria y el administrador del taller “EL DISEÑO” no conocen puesto que no han escuchado hablar del bajo factor de potencia.

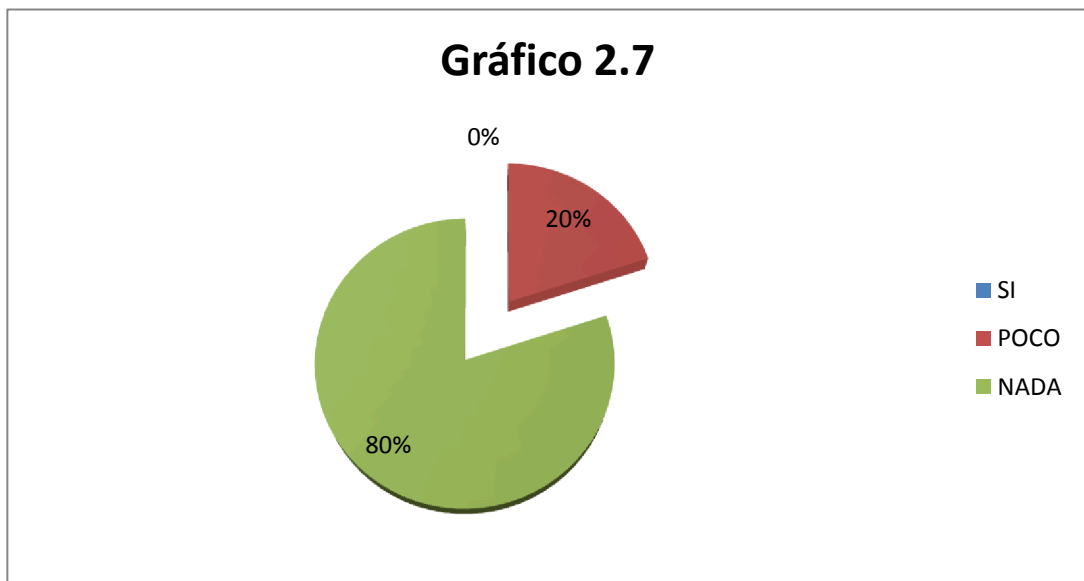
## ¿Conoce las causas de un bajo factor de potencia?

Tabla 2.9

ALTERNATIVAS	f	%
SI	0	0
POCO	1	20
NADA	4	80
TOTAL	5	100

FUENTE: Operadores de maquinaria y administrador de taller "EL DISEÑO" del cantón Chone. (2017)

AUTORES: Chila Párraga Kelvin Antonio y Mendoza Alcívar José Miguel



\*Nota: Gráfico en base a la información de la tabla 2.9.

### Análisis e interpretación

Que el 80 % de la muestra seleccionada informan que no saben nada sobre las causas de un bajo factor de potencia, mientras el 20 % indica que saben poco sobre las causas de un bajo factor de potencia y el 0% si sabe sobre las causas de un bajo factor de potencia.

Del análisis que antecede, se determinó que a criterio de la mayoría de los operadores de la maquinaria y el administrador del taller "EL DISEÑO" no saben nada sobre las causas de un bajo factor de potencia.

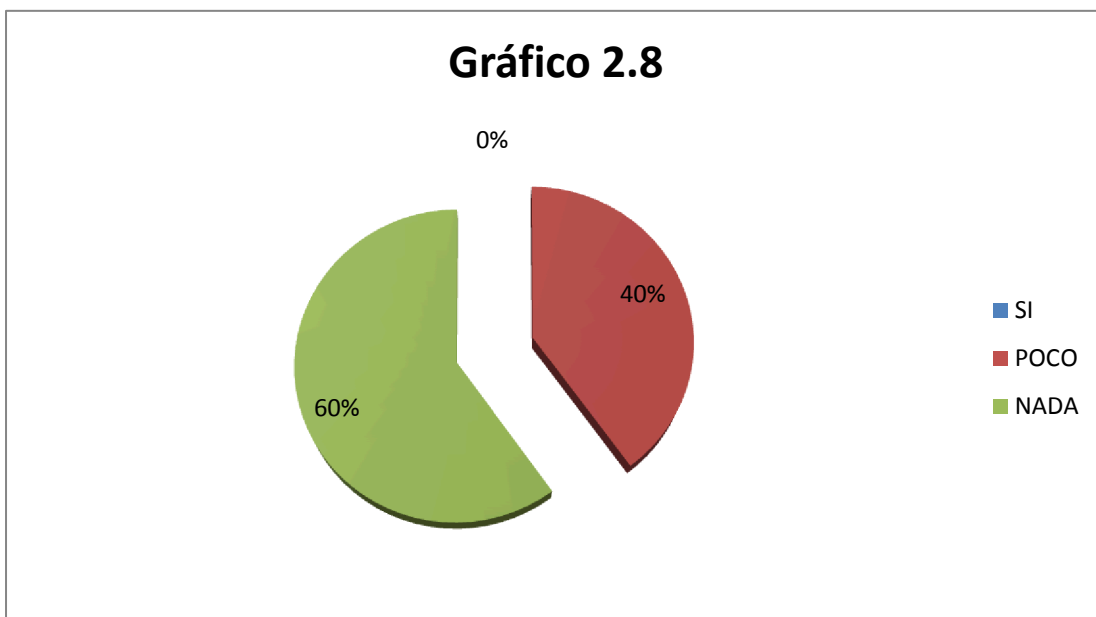
## ¿Sabe las consecuencias de un bajo factor de potencia?

Tabla 2.10

ALTERNATIVAS	f	%
SI	0	0
POCO	2	40
NADA	3	60
TOTAL	5	100

FUENTE: Operadores de maquinaria y administrador de taller “EL DISEÑO” del cantón Chone. (2017)

AUTORES: Chila Párraga Kelvin Antonio y Mendoza Alcívar José Miguel



\*Nota: Gráfico en base a la información de la tabla 2.10

### Análisis e interpretación

Que el 60 % de la muestra seleccionada informan que no saben nada sobre las consecuencias de un bajo factor de potencia, mientras el 40 % informa que saben poco sobre las consecuencias de un bajo factor de potencia y el 0% si sabe sobre las consecuencias de un bajo factor de potencia.

Del análisis que antecede, se determinó que a criterio de la mayoría de los operadores de la maquinaria y el administrador del taller “EL DISEÑO” no saben nada sobre las consecuencias de un bajo factor de potencia.

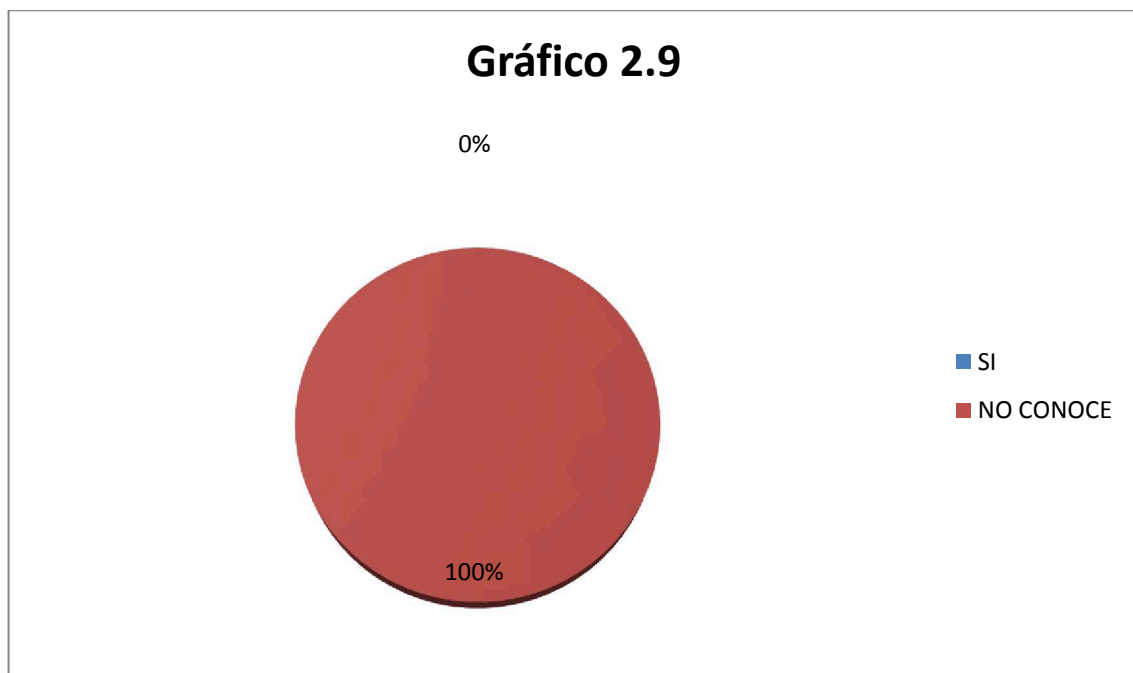
## ¿Considera importante corregir el factor de potencia?

**Tabla 2.11**

ALTERNATIVAS	f	%
SI	0	0
NO CONOCE	5	100
TOTAL	5	100

FUENTE: Operadores de maquinaria y administrador de taller “EL DISEÑO” del cantón Chone. (2017)

AUTORES: Chila Párraga Kelvin Antonio y Mendoza Alcívar José Miguel



\*Nota: Gráfico en base a la información de la tabla 2.11.

### **Análisis e interpretación**

Que el 100 % de la muestra seleccionada informan que no conocen la importancia de corregir el factor de potencia, mientras el 0 % indica que si es importante corregir el factor de potencia.

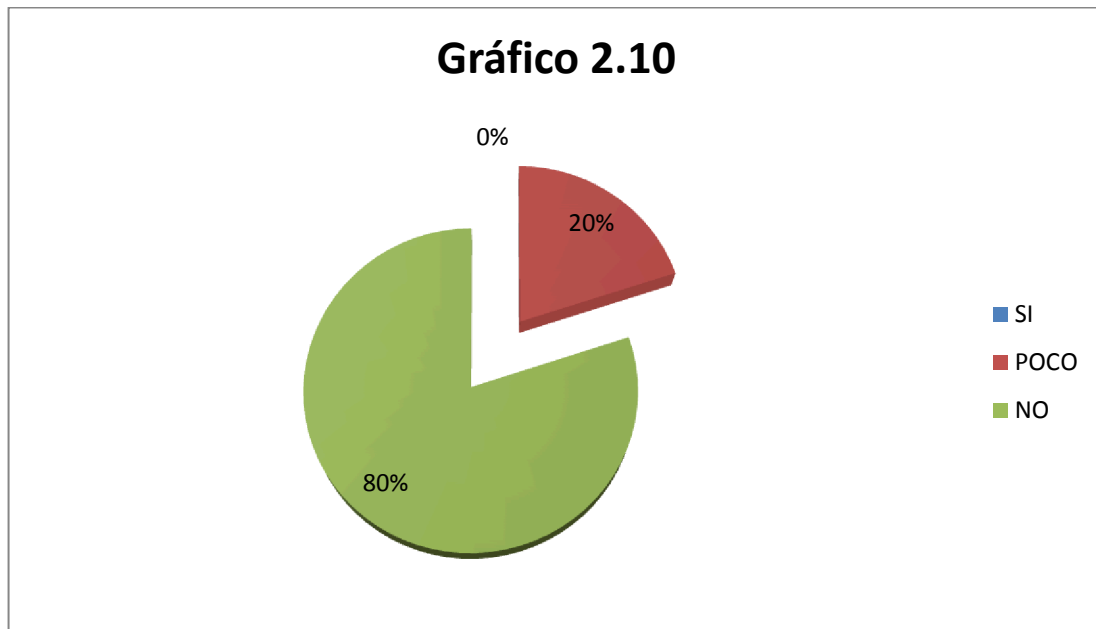
Del análisis que antecede, se determinó que la mayoría de los operadores de la maquinaria y el administrador del taller “EL DISEÑO” no conocen la importancia de corregir el factor de potencia

## ¿Conoce métodos para corregir el factor de potencia?

**Tabla 2.12**

ALTERNATIVAS	f	%
SI	0	0
POCO	1	20
NO	4	80
TOTAL	5	100,00%

FUENTE: Operadores de maquinaria y administrador de taller “EL DISEÑO” del cantón Chone. (2017)  
AUTORES: Chila Párraga Kelvin Antonio y Mendoza Alcívar José Miguel



\*Nota: Gráfico en base a la información de la tabla 2.12.

### **Análisis e interpretación**

Que el 80 % de la muestra seleccionada informan que no conocen métodos para corregir el factor de potencia, mientras el 20 % informa que sabe poco sobre métodos para corregir el factor de potencia y el 0 % indica que si conoce métodos para corregir el factor de potencia

Del análisis que antecede, se determinó que a criterio de la mayoría de los operadores de la maquinaria y el administrador del taller “EL DISEÑO” no conocen métodos para corregir el factor de potencia.

## **2.5.DESCRIPCIÓN DE LAS ÁREAS QUE CONFORMAN EL TALLER**

El taller está compuesto por dos secciones principales la de oficina y taller, en ambas áreas se cumple con un horario de 8 horas diarias desde las 8 - 12am y 13 - 17 pm.

Para un mejor estudio se divide el taller en 5 áreas las cuales se detallan a continuación:

### **2.5.1. CANTEADO**

En esta área del taller se realiza el canteo de la madera, esta actividad consiste en quitar desperfectos o cuadrar tablones, tiras, cuerdas. Además en esta área también se prepara la madera para tableros y puertas. Es el área en la que se concentra el trabajo con más frecuencia. La máquina que se utiliza para estas actividades es una Canteadora como se muestra en la siguiente figura, la carga eléctrica de esta área se detalla en la tabla 2.13.



**Fig. 2.11.** Máquina Canteadora

### **2.5.2. CORTE Y TRASLAPE**

En esta área del taller se realizan cortes en la madera. Las actividades consisten en sacar tablas, tiras, barrotes y cuerdas de tablones, además se hacen huecos, mechas para puertas y rebajos para ventana. Las máquinas que se utiliza para estas actividades son dos sierras como se muestra en la siguiente figura, la carga eléctrica de esta área se detalla en la tabla 2.13.





Fig. 2.12. Maquina Cortadora

### 2.5.3. CEPILLADO

En esta área del taller se realiza la limpieza de la madera, esta actividad consiste en dar un acabado fino a la madera quitando las impurezas. La máquina que se utiliza para estas actividades es una Cepilladora como se muestra en la siguiente figura, la carga eléctrica de esta área se detalla en la tabla 2.13.



Fig. 2.13. Maquina Cortadora

### 2.5.4. Machimbrado

En esta área se realizan duelas de madera, paneles en diferentes modelos ya sea para piso, pared y fachada. La máquina que se utiliza para estas actividades es una



Machimbradora como se muestra en la siguiente figura, la carga eléctrica de esta área se detalla en la tabla 2.13.



**Fig. 2.14.** Maquina Machimbradora

### **2.5.5. Limpieza**

Los trabajos en esta área consiste en limpiar con aire comprimida las impurezas que se recogen en las maquinas durante la semana. La máquina que se utiliza para estas actividades es un Compresor como se muestra en la siguiente figura, la carga eléctrica de esta área se detalla en la tabla 2.13.



**Fig. 2.15.** Compresor



## 2.6.Registro de Carga y Parámetros Eléctricos

### 2.6.1. Registro de Carga

El levantamiento de carga se lo realizo por áreas del taller a fin de facilitar la recopilación de los valores tales como caballos de fuerza (HP), Potencia unitaria y total de cada motor.

Área	Máquina	N°	Cargas	N°	HP	P. Unitaria W	P. Total W
Canteado	Canteadora	1	Motor asíncrono trifásico	1	5,5	4103	4103
Corte y traslape	Sierra	2	Motor asíncrono trifásico	2	5,5	8206	8206
Cepillado	Cepilladora	1	Motor asíncrono trifásico	1	5,5	4103	4103
Machimbrado	Machimbradora	1	Motor asíncrono trifásico	2	7,5	11190	11190
			Motor asíncrono trifásico	2	3,5	5222	5222
Limpieza	Compresor	1	Motor asíncrono trifásico	1	5	4000	4000

**Tabla 2.13** Registro de Carga

### 2.6.2. Parámetros eléctricos obtenidos de la factura de consumo de energía eléctrica

Con la finalidad de realizar el cálculo de corrección del Factor de Potencia por el método de compensación central se utilizó el recibo o factura de consumo de energía eléctrica para obtener valores mensuales referentes a potencia activa, potencia reactiva, Factor de Potencia y valor en dólares a los que ascienden los pagos mensuales debido a la penalización por bajo factor de potencia, estos valores se pueden observar en la tabla 2.14.

MES	KVAR	KW	Factor de potencia	Penalización por Bajo Factor de Potencia
Feb-16	649	468	0,585	\$ 48,23
Mar-16	511	368	0,584	\$ 37,39
Abr-16	516	379	0,592	\$ 39,31
May-16	449	315	0,574	\$ 39,04
Jun-16	521	374	0,583	\$ 43,47
Jul-16	454	424	0,683	\$ 27,83
Ago-16	650	562	0,654	\$ 39,81
Sept-16	732	618	0,645	\$ 50,11
Oct-16	715	573	0,625	\$ 42,11
Nov-16	792	781	0,702	\$ 38,32
Dic-16	1045	825	0,62	\$ 64,21
Ene-17	929	722	0,614	\$ 58,86
			TOTAL	\$ 528,69

**Tabla 2.14** Valores obtenidos de la factura de consumo de energía eléctrica

### 2.6.3. Parámetros eléctricos medidos en cada área de trabajo

Con la finalidad de realizar el cálculo de corrección de Factor de Potencia mediante el método de compensación individual, se realizaron medidas referentes a Amperaje, Voltaje con la ayuda de una pinza amperimétrica, mientras que para medir Factor de Potencia se utilizó un Cosfímetro. Los valores se muestran en la siguiente tabla.

Área	Máquina	Amperaje			Voltaje			Factor de Potencia	
		a	b	c	a	b	C	Valores	Medida
Canteado	Canteadora	5,06	5,9	5,07	113	113	196	Máximo	0,71
								Medio	0,795
								Mínimo	0,88
Corte y traslape	Sierra	13,6	16,2	12,5	113	113	195	Máximo	0,26
								Medio	0,39
								Mínimo	0,52
Cepillado	Cepilladora	18,2	22,5	17,7	113	113	194	Máximo	0,32
								Medio	0,545
								Mínimo	0,77
Machimbrado	Machimbradora	25,8	29,8	23,8	112	112	193	Máximo	0,27
								Medio	0,42
								Mínimo	0,57
Limpieza	Compresor	5,3	5,5	5	112	114	191	Máximo	0,5
								Medio	0,475
								Mínimo	0,45

**Tabla 2.15** Parámetros eléctricos medidos en cada área de trabajo

**CAPITULO III**  
**CÁLCULO Y DISEÑO**

## **CAPITULO III: CÁLCULO Y DISEÑO**

### **3.1.DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DEL BANCO DE CAPACITORES**

Con el levantamiento de carga y parámetros eléctricos, que corresponden a potencia activa, potencia reactiva y Factor de Potencia se procederá a realizar el diseño del banco de condensadores para realizar la corrección del factor de potencia en el circuito eléctrico del taller “EL DISEÑO”.

Estos parámetros permitirán seleccionar el método de instalación de bancos condensadores a utilizar, es decir, compensación central o compensación individual. Adicionalmente permitirán determinar el valor de la potencia reactiva del banco de condensadores, esto dependerá de la demanda de potencia reactiva y del factor de potencia del taller.

### **3.2. CÁLCULO DE LA POTENCIA REACTIVA EN KVAR PARA LA CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA**

Este cálculo permitirá obtener el valor de los KVAR necesarios para no tener penalizaciones por bajo factor de potencia.

Con la carga y los parámetros eléctricos medidos y obtenidos de la factura de consumo de energía eléctrica se procederá a calcular los KVAR necesarios en el lapso de la investigación.

### **3.3. CALCULO DE LA POTENCIA REACTIVA EN KVAR PARA LA CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA POR EL MÉTODO DE COMPENSACIÓN CENTRAL.**

El cálculo se lo realizara con los valores obtenidos en los recibos de consumo de energía eléctrica correspondientes a los últimos doce meses, esto con la finalidad analizar el comportamiento del factor de potencia en este tiempo.

### 3.3.1. CALCULO DE COMPENSACIÓN CONOCIENDO LA POTENCIA ACTIVA Y EL FP.

Con el valor promedio de potencia activa consumida en los últimos doce meses se calculara la potencia consumida trabajando 31 días durante un lapso de ocho horas diarias, para esto se utiliza la siguiente formula:

$$P = \frac{Kwh}{Dias * h}$$

Dónde:

- P = Potencia
- Kw = Potencia activa
- h = Horas
- Dias = Número de días

Para el cálculo de la capacidad del banco a instalar se toma en cuenta el factor de corrección K que se obtiene de la tabla 3.1.

Se determinara la capacidad del banco de condensares a instalar, utilizando el factor de corrección para un factor de potencia deseado de 0.95, 0.96, 0.97, 0.98, 0.99 y 1 con la siguiente formula:

$$Q_C = P * K$$

Dónde:

$Q_C$  = Capacidad del banco de condensadores

P = Potencia activa

K = Factor de corrección

La transformación de Kvar - Faradios está dada por la siguiente formula:

$$C = P / (2 * pi * f * v^2)$$

C= Capacidad del capacitor

P= Kilo voltio amperios reactivos

f= Frecuencia

V= voltaje

Factor de potencia final		Potencia del Condensador en kvar a ser instalado por kW de carga para aumentar el factor de potencia a:										
cos φ		0,9	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1
0,4	1,0	0,48	0,44	0,43	0,40	0,36	0,33	0,29	0,25	0,20	0,14	0,00
0,41	2,22	1,805	1,832	1,861	1,895	1,924	1,959	1,998	2,037	2,085	2,144	2,288
0,42	2,16	1,681	1,709	1,738	1,771	1,800	1,836	1,874	1,913	1,961	2,002	2,164
0,43	2,1	1,624	1,651	1,680	1,713	1,742	1,778	1,814	1,855	1,903	1,964	2,107
0,44	2,04	1,558	1,585	1,614	1,647	1,677	1,712	1,751	1,790	1,837	1,899	2,041
0,45	1,98	1,501	1,532	1,561	1,592	1,626	1,659	1,695	1,737	1,784	1,846	1,988
0,46	1,93	1,444	1,473	1,502	1,533	1,567	1,600	1,636	1,677	1,725	1,786	1,929
0,47	1,88	1,397	1,425	1,454	1,485	1,519	1,532	1,588	1,629	1,677	1,758	1,881
0,48	1,83	1,343	1,370	1,400	1,430	1,464	1,467	1,534	1,575	1,623	1,684	1,826
0,49	1,78	1,297	1,326	1,355	1,386	1,420	1,453	1,489	1,530	1,578	1,639	1,782
0,5	1,73	1,248	1,276	1,303	1,337	1,369	1,403	1,441	1,481	1,529	1,590	1,732
0,51	1,69	1,202	1,230	1,257	1,291	1,323	1,357	1,395	1,435	1,483	1,544	1,686
0,52	1,64	1,160	1,188	1,215	1,249	1,281	1,315	1,353	1,393	1,441	1,502	1,644
0,53	1,6	1,116	1,144	1,171	1,205	1,237	1,271	1,309	1,349	1,397	1,458	1,600
0,54	1,56	1,075	1,103	1,130	1,164	1,196	1,230	1,268	1,308	1,356	1,417	1,559
0,55	1,52	1,035	1,063	1,090	1,124	1,156	1,190	1,228	1,268	1,316	1,377	1,519
0,56	1,48	0,996	1,024	1,051	1,085	1,117	1,151	1,189	1,229	1,277	1,338	1,480
0,57	1,44	0,958	0,986	1,013	1,047	1,079	1,113	1,151	1,191	1,239	1,300	1,442
0,58	1,4	0,921	0,949	0,976	1,010	1,042	1,073	1,114	1,154	1,202	1,263	1,405
0,59	1,37	0,884	0,912	0,939	0,973	1,005	1,039	1,077	1,117	1,165	1,226	1,368
0,6	1,33	0,849	0,878	0,905	0,939	0,971	1,005	1,043	1,083	1,131	1,192	1,334
0,61	1,3	0,815	0,843	0,87	0,904	0,936	0,97	1,008	1,048	1,096	1,157	1,299
0,62	1,27	0,781	0,809	0,836	0,87	0,902	0,936	0,974	1,014	1,062	1,123	1,265
0,63	1,23	0,749	0,777	0,804	0,838	0,87	0,904	0,942	0,982	1,030	1,091	1,233
0,64	1,2	0,716	0,744	0,771	0,805	0,837	0,871	0,909	0,949	0,997	1,058	1,200
0,65	1,17	0,685	0,713	0,74	0,774	0,806	0,84	0,878	0,918	0,966	1,027	1,169
0,66	1,14	0,654	0,682	0,709	0,743	0,775	0,809	0,847	0,887	0,935	0,996	1,138
0,67	1,11	0,624	0,652	0,679	0,713	0,745	0,779	0,817	0,857	0,905	0,966	1,108
0,68	1,08	0,595	0,623	0,65	0,684	0,716	0,75	0,788	0,828	0,876	0,937	1,079
0,69	1,05	0,565	0,593	0,62	0,654	0,686	0,72	0,758	0,798	0,84	0,907	1,049
0,7	1,02	0,536	0,564	0,591	0,625	0,657	0,691	0,729	0,766	0,811	0,878	1,020
0,71	0,99	0,508	0,536	0,563	0,597	0,629	0,663	0,701	0,741	0,783	0,85	0,992
0,72	0,96	0,479	0,507	0,534	0,568	0,6	0,634	0,672	0,721	0,754	0,821	0,963
0,73	0,94	0,452	0,48	0,507	0,541	0,573	0,607	0,645	0,685	0,727	0,794	0,936
0,74	0,91	0,425	0,453	0,48	0,514	0,546	0,58	0,618	0,658	0,7	0,767	0,909
0,75	0,88	0,398	0,426	0,453	0,487	0,519	0,553	0,591	0,631	0,673	0,74	0,882
0,76	0,86	0,371	0,399	0,426	0,46	0,492	0,526	0,564	0,604	0,652	0,713	0,855
0,77	0,83	0,345	0,373	0,4	0,434	0,466	0,5	0,538	0,578	0,62	0,687	0,829
0,78	0,8	0,319	0,347	0,374	0,408	0,44	0,474	0,512	0,552	0,594	0,661	0,803
0,79	0,78	0,292	0,32	0,347	0,381	0,413	0,447	0,485	0,525	0,567	0,634	0,776
0,8	0,75	0,266	0,294	0,321	0,355	0,387	0,421	0,459	0,499	0,541	0,608	0,75
0,81	0,72	0,24	0,268	0,295	0,329	0,361	0,395	0,433	0,473	0,515	0,582	0,724
0,82	0,7	0,214	0,242	0,269	0,303	0,335	0,369	0,407	0,447	0,489	0,556	0,698
0,83	0,67	0,188	0,216	0,243	0,277	0,309	0,343	0,381	0,421	0,463	0,53	0,672
0,84	0,65	0,162	0,19	0,217	0,251	0,283	0,317	0,355	0,395	0,437	0,504	0,645
0,85	0,62	0,136	0,164	0,191	0,225	0,257	0,291	0,329	0,369	0,417	0,478	0,602
0,86	0,59	0,109	0,14	0,167	0,198	0,23	0,264	0,301	0,343	0,39	0,45	0,593
0,87	0,57	0,083	0,114	0,141	0,172	0,204	0,238	0,275	0,317	0,364	0,424	0,567
0,88	0,54	0,054	0,085	0,112	0,143	0,175	0,209	0,246	0,288	0,335	0,395	0,538
0,89	0,51	0,028	0,059	0,086	0,117	0,149	0,183	0,223	0,262	0,309	0,369	0,512
0,9	0,48		0,031	0,058	0,089	0,121	0,155	0,192	0,234	0,281	0,341	0,484

Ejemplo: motor de 200 kW - cos φ = 0,75 - deseado cos φ = 0,93 - Qc = 200 x 0,487 = 97,4 kVAr

**Tabla 3.1.** Factor de corrección

### 3.3.1.1. CALCULO APROXIMANDO EL FACTOR DE POTENCIA A 0,95

$$P = \frac{\text{Kwh}}{\text{Dias} * h}$$

$$P = \frac{534.083333 \text{ Kwh}}{31 * 8h}$$

$$P = \frac{534.083333 \text{ Kwh}}{248 h}$$

$$P = 2.153561827 \text{ Kw}$$

El factor de corrección K se elige sabiendo que el factor de potencia actual en promedio es de 0,62 y se lo desea corregir a 0,95.

El factor de corrección K es 0,970 de acuerdo con la tabla 3.1.

$$Q_C = P * K$$

$$Q_C = 2.153561827 \text{ Kw} * 0,970$$

$$Q_C = 2,08895497 \text{ KVAR}$$

### **3.3.1.2. CALCULO APROXIMANDO EL FACTOR DE POTENCIA A 0,96**

$$P = \frac{\text{Kwh}}{\text{Dias} * h}$$

$$P = \frac{534.083333 \text{ Kwh}}{31 * 8h}$$

$$P = \frac{534.083333 \text{ Kwh}}{248 h}$$

$$P = 2.153561827 \text{ Kw}$$

El factor de corrección K se elige sabiendo que el factor de potencia actual en promedio es de 0,62 y se lo desea corregir a 0,96.

El factor de corrección K es 1,007 de acuerdo con la tabla 3.1.

$$Q_C = P * K$$

$$Q_C = 2.153561827 \text{ Kw} * 1,007$$

$$Q_C = 2,16863676 \text{ KVAR}$$



### 3.3.1.3. CALCULO APROXIMANDO EL FACTOR DE POTENCIA A 0,97

$$P = \frac{\text{Kwh}}{\text{Dias} * h}$$

$$P = \frac{534.083333 \text{ Kwh}}{31 * 8h}$$

$$P = \frac{534.083333 \text{ Kwh}}{248 h}$$

$$P = 2.153561827 \text{ Kw}$$

El factor de corrección K se elige sabiendo que el factor de potencia actual en promedio es de 0,62 y se lo desea corregir a 0,97.

El factor de corrección K es 1,048 de acuerdo con la tabla 3.1.

$$Q_C = P * K$$

$$Q_C = 2.153561827 \text{ Kw} * 1,048$$

$$Q_C = 2,2569328 \text{ KVAR}$$

### 3.3.1.4. CALCULO APROXIMANDO EL FACTOR DE POTENCIA A 0,98

$$P = \frac{\text{Kwh}}{\text{Dias} * h}$$

$$P = \frac{534.083333 \text{ Kwh}}{31 * 8h}$$

$$P = \frac{534.083333 \text{ Kwh}}{248 h}$$

$$P = 2.153561827 \text{ Kw}$$

El factor de corrección K se elige sabiendo que el factor de potencia actual en promedio es de 0,62 y se lo desea corregir a 0,98.

El factor de corrección K es 1,096 de acuerdo con la tabla 3.1.

$$Q_C = P * K$$

$$Q_C = 2.153561827 \text{ Kw} * 1,096$$

$$Q_C = 2.36030376 \text{ KVAR}$$

### **3.3.1.5.CALCULO APROXIMANDO EL FACTOR DE POTENCIA A 0,99**

$$P = \frac{\text{Kwh}}{\text{Dias} * h}$$

$$P = \frac{534.083333 \text{ Kwh}}{31 * 8h}$$

$$P = \frac{534.083333 \text{ Kwh}}{248 h}$$

$$P = 2.153561827 \text{ Kw}$$

El factor de corrección K se elige sabiendo que el factor de potencia actual en promedio es de 0,62 y se lo desea corregir a 0,99.

El factor de corrección K es 1,157 de acuerdo con la tabla 3.1.

$$Q_C = P * K$$

$$Q_C = 2.153561827 \text{ Kw} * 1,157$$

$$Q_C = 2,49167103\text{VAR}$$

### **3.3.1.6. CALCULO APROXIMANDO EL FACTOR DE POTENCIA A 1**

$$P = \frac{\text{Kwh}}{\text{Dias} * h}$$

$$P = \frac{534.083333 \text{ Kwh}}{31 * 8h}$$

$$P = \frac{534.083333 \text{ Kwh}}{248 h}$$

$$P = 2.153561827 \text{ Kw}$$

El factor de corrección K se elige sabiendo que el factor de potencia actual en promedio es de 0,62 y se lo desea corregir a 1.

El factor de corrección K es 1,299 de acuerdo con la tabla 3.1.

$$Q_C = P * K$$

$$Q_C = 2.153561827 \text{ Kw} * 1.299$$

$$Q_C = 2.79747681 \text{ KVAR}$$

### **3.3.2. CALCULO DE COMPENSACIÓN CONOCIENDO EL CONSUMO DE LA POTENCIA REACTIVA.**

Con el valor promedio de potencia reactiva consumida en los últimos doce meses se calculara la cantidad de energía reactiva que debe compensar el banco de condensadores trabajando 31 días durante un lapso de ocho horas diarias, para esto de utiliza la siguiente formula:

$$Q_C = \frac{\text{KVAR h}}{\text{Días} * h}$$

Dónde:

$Q_C$  = Energía de compensación

$Kvarh$  = Potencia reactiva

$h$  = Horas

Días = Número de días

#### **3.3.2.1. CALCULO DE LA CAPACIDAD DEL BANCO DE CONDENSADORES**

$$Q_C = \frac{\text{KVAR h}}{\text{Días} * h}$$
$$Q_C = \frac{663,583333 \text{ KVAR h}}{31 * 8h}$$

$$Q_C = \frac{663,583333 \text{ KVAR h}}{248 h}$$

$$Q_C = 2.675739246 \text{ KVAR}$$

**3.3.3. CALCULO DE LA COMPENSACIÓN EN KVAR NECESARIA A PARTIR DE LA PLANILLA DE CONSUMO MENSUAL.**

MES	KWh	FP MEDIDO	HORAS DE TRABAJO	CAPACIDAD DEL BANCO EN KVAR					
				0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1
Feb-16	468	0,585	264	1,71954545	1,78513636	1,85781818	1,94290909	2,05104545	2,30277273
Mar-16	368	0,584	232	1,59731034	1,59731034	1,66234483	1,73848276	1,83524138	2,06048276
Abr-16	379	0,592	240	1,53179167	1,59022083	1,65496667	1,73076667	1,82709583	2,0513375
May-16	315	0,574	248	1,23205645	1,27905242	1,33112903	1,39209677	1,46957661	1,64993952
Jun-16	374	0,583	248	1,46282258	1,51862097	1,58045161	1,65283871	1,74483065	1,95897581
Jul-16	424	0,683	128	3,213125	3,3356875	3,4715	3,6305	3,8325625	4,3029375
Ago-16	562	0,654	248	2,19814516	2,28199194	2,37490323	2,48367742	2,62191129	2,94370161
Sept-16	618	0,645	248	2,41717742	2,50937903	2,61154839	2,73116129	2,88316935	3,23702419
Oct-16	573	0,625	240	2,315875	2,4042125	2,5021	2,6167	2,7623375	3,1013625
Nov-16	781	0,702	248	3,05471774	3,1712379	3,30035484	3,45151613	3,64361694	4,09080242
Dic-16	825	0,62	240	3,334375	3,4615625	3,6025	3,7675	3,9771875	4,4653125
Ene-17	722	0,614	248	2,82395161	2,93166935	3,05103226	3,19077419	3,3683629	3,78176613

**Tabla3.2.** Calculo mensual de la compensación en kvar necesaria.

### **3.3.4. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DEL BANCO DE CONDENSADORES A INSTALAR.**

De acuerdo con la tabla. 3.2 donde se calcula los KVAr necesarios en el lapso de trabajo diario, se determina que el comportamiento del factor de potencia es variable por lo que si se elige el método de compensación central se deberá instalar un banco de condensadores de compensación automática con una capacidad de 5Kvar.

### **3.4. DETERMINACIÓN DE LA COMPENSACIÓN INDIVIDUAL DEL FACTOR DE POTENCIA.**

La potencia reactiva a compensar en las instalaciones de taller es total mente variable en cada una de las áreas de acuerdo al cálculo, con los datos obtenidos se procederá a seleccionar los kVAr de los capacitores que se utilizaran en cada área, mediante los Hp de cada motor se sabrá la potencia nominal de cada uno de ellos y con la utilización de la tabla 3. 3 de compensación individual de motores se sabrá la potencia reactiva de los condensadores que se necesitan para tener un factor de potencia correcto.

<b>POTENCIA NOMINAL DEL MOTOR EN KW</b>	<b>POTENCIA REACTIVA DEL CONDENSADOR EN KVA</b>
4	2
5.5	2
7.5	3
11	3
15	4
18.5	7.5
22	7.5
30	10
>30	Más o menos el 35% de la potencia del motor

**Tabla: 3. 3** Compensación individual de motores.

#### **3.4.1. CANTEADO**

En esta área de canteado existe una máquina que trabajo con un motor asíncrono trifásico de 5,5 Hp y es donde se concentra el trabajo con más frecuencia y tiene

una demanda de potencia de 4103 W, la carga eléctrica de esta área se detalla en la tabla 2.1.1

Según los valores obtenidos mediante un Cosfímetro se sabe que en esta área se trabaja con un factor de potencia de 0,71 como valor máximo cuando la máquina está encendida trabajando en vacío, un factor de potencia de 0,795 siendo este un valor medio y un factor de potencia de 0,88 como valor mínimo cuando la máquina está encendida trabajando a plena carga, los parámetros eléctricos medidos de esta área se detalla en la tabla 2.1.3.

Para corregir el factor de potencia de esta área, tratando de que sea lo más próximo a 1 se utilizara los Hp del motor asíncrono trifásico, se ara la transformación a kW y se utilizara la tabla: 3.3 de compensación individual de motores.

$$\frac{746 w}{1Hp} * 5,5Hp = 4013 w$$

Para compensar 4 KW se necesita un condensador de 2 KVAR el cual se conectara directamente a los terminales A, B, C, del motor, sin necesidad de más dispositivos.

### **CORTE Y TRASLAPE**

En esta área existe una máquina que trabajo con dos motor asíncrono trifásico de 5,5 Hp cada uno y tiene una demanda de potencia de 8206 W, la carga eléctrica de esta área se detalla en la tabla 2.1.1

Según los valores obtenidos mediante un Cosfímetro se sabe que en esta área se trabaja con un factor de potencia de 0,26 como valor máximo cuando la máquina está encendida trabajando en vacío, un factor de potencia de 0,39 siendo este un valor medio y un factor de potencia de 0,52 como valor mínimo cuando la máquina está encendida trabajando a plena carga, los parámetros eléctricos medidos de esta área se detalla en la tabla 2.1.3.

Para corregir el factor de potencia de esta área, tratando de que sea lo más próximo a 1 se utilizara los Hp del motor asíncrono trifásico, se ara la transformación a kW y se utilizara la tabla: 3.3 de compensación individual de motores.

$$\frac{746 \text{ w}}{1\text{Hp}} * 11\text{Hp} = 8206 \text{ w}$$

Para compensar 8206 W se necesita un condensador de 3 KVAr el cual se conectara directamente a los terminales A, B, C, de los motores, sin necesidad de más dispositivos.

### **3.4.2. CEPILLADO**

En esta área del taller la máquina que se utiliza para estas actividades es una Cepilladora como se muestra en la fig. 2.1, esta máquina trabaja con un motor asíncrono trifásico de 5,5 Hp y tiene una demanda de potencia de 4103 W, la carga eléctrica de esta área se detalla en la tabla 2.1.1

Según los valores obtenidos mediante un Cosfmetro se sabe que en esta área se trabaja con un factor de potencia de 0,32 como valor máximo cuando la máquina está encendida trabajando en vacío, un factor de potencia de 0,545 siendo este un valor medio y un factor de potencia de 0,77 como valor mínimo cuando la máquina está encendida trabajando a plena carga, los parámetros eléctricos medidos de esta área se detalla en la tabla 2.1.3.

Para corregir el factor de potencia de esta área, tratando de que sea lo más próximo a 1 se utilizara los Hp del motor asíncrono trifásico, se ara la transformación a kW y se utilizara la tabla: 3.3 de compensación individual de motores.

$$\frac{746 \text{ w}}{1\text{Hp}} * 5,5\text{Hp} = 4103 \text{ w}$$

Para compensar 4 KW se necesita un condensador de 2 KVAr el cual se conectara directamente a los terminales A, B, C, del motor, sin necesidad de más dispositivos.

### **3.4.3. MACHIMBRADO**

La máquina que se utiliza para estas actividades es una Machimbradora como se muestra en la fig. 2.2, En esta área de machimbrado existe una máquina que trabajo con 4 motores asíncrono trifásico de los cuales 2 son de 7,5 Hp y 2 de 3,5 Hp y tiene

una demanda de potencia de 16412 W, la carga eléctrica de esta área se detalla en la tabla 2.1.1

Según los valores obtenidos mediante un Cosfímetro se sabe que en esta área se trabaja con un factor de potencia de 0,27 como valor máximo cuando la máquina está encendida trabajando en vacío, un factor de potencia de 0,42 siendo este un valor medio y un factor de potencia de 0,57 como valor mínimo cuando la máquina está encendida trabajando a plena carga, los parámetros eléctricos medidos de esta área se detalla en la tabla 2.1.3.

Para corregir el factor de potencia de esta área, tratando de que sea lo más próximo a 1 se utilizara los Hp de los motores asíncrono trifásico, se ara la transformación a kW y se utilizara la tabla: 3.3 de compensación individual de motores.

Primero se calculan la potencia nominal en los 2 motores de 7,5 Hp:

$$\frac{746 \text{ w}}{1\text{Hp}} * 15\text{Hp} = 11190 \text{ w}$$

Se realiza el mismo cálculo en los 2 motores de 3,5 Hp:

$$\frac{746 \text{ w}}{1\text{Hp}} * 7\text{Hp} = 5222 \text{ w}$$

Para compensar 11 KW se necesita un condensador de 3 KVAR, y para compensar 5 KW se necesita un condensador de 2 KVAR los cual se conectara directamente a los terminales A, B, C, de los motores, sin necesidad de más dispositivos.

#### **3.4.4. LIMPIEZA**

Los trabajos en esta área se realizan con un compresor como se muestra en la fig. 2.2, En esta área de limpieza existe una máquina que trabaja con un motor asíncrono trifásico de 5 Hp y tiene una demanda de potencia de 4000 W, la carga eléctrica de esta área se detalla en la tabla 2.1.1

Según los valores obtenidos mediante un Cosfímetro se sabe que en esta área se trabaja con un factor de potencia de 0,5 como valor máximo cuando la máquina está encendida trabajando en vacío, un factor de potencia de 0,475 siendo este un valor



medio y un factor de potencia de 0,45 como valor mínimo cuando la máquina está encendida trabajando a plena carga, los parámetros eléctricos medidos de esta área se detalla en la tabla 2.1.3.

Para corregir el factor de potencia de esta área, tratando de que sea lo más próximo a 1 se utilizara los Hp del motor asíncrono trifásico, se ara la transformación a kW y se utilizara la tabla: 3.3 de compensación individual de motores.

$$\frac{746 \text{ w}}{1\text{Hp}} * 5\text{Hp} = 4000 \text{ w}$$

Para compensar 4000 W se necesita un condensador de 2 KVAr el cual se conectara directamente a los terminales A, B, C, del motor, sin necesidad de más dispositivos.

## CONCLUSIONES

- Se realizó el estudio previo al diseño óptimo de la instalación de bancos capacitores para la corrección del factor de potencia en el circuito eléctrico del taller “EL DISEÑO” del cantón Chone. Por lo tanto se concluye que el circuito eléctrico presenta un factor de potencia muy por debajo de los niveles aceptables, esto se realizó con instrumentos de medida pertinentes.
- El circuito eléctrico del taller carece de manteniendo por lo que es visible el deterioro de los elementos que lo constituyen.
- Entre los parámetros eléctricos medidos se pudo observar que los valores de intensidad en los distintos circuitos del taller son superiores a los admitidos por los conductores.
- Las protecciones eléctricas del taller no responden a las exigencias y son de un tipo que ya está en desuso.

## **RECOMENDACIONES**

- Corregir el factor de potencia mediante la instalación de capacitores, el método óptimo de instalación de acuerdo con el análisis realizado es el de compensación individual.
- Realizar mantenimientos periódicos a los elementos que constituyen el circuito eléctrico del taller.
- Dimensionar los conductores de tal manera que tengan relación a los valores de intensidad que por ellos fluye.
- Cambiar y dimensionar las protecciones de los circuitos eléctricos del taller de acuerdo a las exigencias que estén sometidas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAPELLA, R. (2000). CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA. *Schneider Electric Publicación Técnica* , 27.
- Domínguez, E. V. (2014). Potencia Activa. *Fervisa Ingeniería*.
- Economica, C. N. (Enero-Diciembre 2016). *Pliego tarifario para las empresas electricas*. ECUADOR: ARCONEL.
- Harper, G. E. (1994). *Fundamentos de electricidad, Volume 3*. Editorial Limusa.
- Rújula, Á. A. ( 2008). *Fundamentos de sistemas eléctricos*. Universidad de Zaragoza.
- Salas, R. N. (2007). *Máquinas eléctricas y sistemas de potencia*. Pearson Educación.
- Yusta Loyo, J. M. (2011). *Tecnología eléctrica*. Prensas de la Universidad de Zaragoza. Aladro, J. C. ( 2002). *Análisis de sistemas de energía eléctrica*. Universidad de Oviedo.
- Barraza, C. M. (2004). *Introducción al análisis de circuitos*. Pearson Educación.
- COLMENAR SANTOS Antonio, B. D. (2015 ). *GENERACIÓN DISTRIBUIDA, AUTOCONSUMO Y REDES INTELIGENTES*. Editorial UNED.
- Harper, G. E. (2004). *Manual práctico de instalaciones eléctricas*. Editorial Limusa.
- Jesús Arrillaga Garmendia, L. I. (1994). *Armónicos en sistemas de potencia*. Ed. Universidad de Cantabria.

- Morán, L. I. (2003). *Potencia en régimen no-sinusoidal*. Ed. Universidad de Cantabria.
- **Amaya Martínez García, A. V. (2006).** *DISMINUCION DE COSTES ENERGETICOS EN LA EMPRESA: Tecnologías y estrategias para el ahorro y la eficiencia energética. MADRID, ESPAÑA: FUNDACION CONFEMETAL.*
- **ARCONEL, A. d. (Enero - Diciembre de 2016).** *Servicio publico de energia electrica. Pliego tarifario para las empresas electricas. Ecuador: coordinacion nacional de regulacion.*
- **Domínguez, E. V. (2014).** *Corrección del Factor de Potencia en Presencia de Corrientes Armónicas . Fervisa Ingeniería (CMP).*
- **Electric, S. (2000).** *Capitulo 2: Compensacion de energia reactiva. Schneider Electric , 25.*
- **García, M. Á. (2008).** *Fundamentos de Sistemas Eléctricos . España.Prensas universitarias de Zaragoza.*
- **Germán Santamaría Herranz, A. C. (2009).** *Electrotecnia. Editex.*
- **Gracia, A. M. (2006).** *Disminución de costes energéticos en la empresa: tecnologías y estrategias para el ahorro y la eficiencia energética. Madrid: FC Editorial.*
- **Jorge Mazorra Soto, V. B. (15 abr. 2013).** *Calidad de la Energía Eléctrica: Incidencia Técnico-Económica-energética y Ambiental en Empresas Industriales y de Servicios. CreateSpace Independent Publishing Platform, 2013.*
- **Loyo, J. M. (2013).** *CONTRATACION DEL SUMINISTRO ELECTRICO. Madrid: Ediciones Paraninfo, S.A.*
- **Miguel, P. A. (2011).** *ELECTROTECNIA 2 BACH. Madrid: Editorial Paraninfo.*

- **Oliva, J. M. (2016).** *Técnico electricista 6 - Sistemas trifásicos: Curso visual y práctico.* RedUSERS.
- **Zavala, R. S. (2001).** *Introducción a las instalaciones eléctricas.* UABC, 2001.

# ANEXOS



**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ**  
**EXTENSIÓN CHONE**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**FORMULARIO DE ENCUESTA**

**Dirigida a:** Operadores de maquinaria y administrador de taller “EL DISEÑO” del cantón Chone.

**Objetivo:** Realizar el cálculo para la corrección del factor de potencia con cada método de instalación en bancos capacitores.

**Instrucciones:** Mucho agradeceremos se sirva responder con sinceridad marcando con una X dentro del paréntesis de la alternativa de su elección.

**DATOS INFORMATIVOS:**

Lugar y fecha:.....

Ubicación: Rural ( ) Urbana ( ) Urbana marginal ( )

Barrio/Recinto: ..... Parroquia: ..... Cantón: .....

**CUESTIONARIO DE PREGUNTAS**

**1. ¿Cuál es la frecuencia de uso de las maquinas eléctricas del taller?**

- DE 1 A 2 HORAS DIARIAS ( )
- DE 2 A 4 HORAS DIARIAS ( )
- DE 4 A 8 HORAS DIARIAS ( )

**2. ¿Las maquinas eléctricas del taller se usan simultáneamente?**

- SIEMPRE ( )
- EN OCASIONES ( )
- NUNCA ( )

**3. ¿Las maquinas eléctricas del taller quedan encendidas trabajando en vacío?**

- SIEMPRE ( )
- EN OCASIONES ( )
- NUNCA ( )



**4. ¿Se han presentado desperfectos en el circuito eléctrico del taller?**

- SIEMPRE ( )
- EN OCASIONES ( )
- NUNCA ( )

**5. ¿Se han dañado maquinas eléctricas por desperfectos en el circuitos eléctricos del taller?**

- SI ( )
- NO ( )

**6. ¿Ha escuchado hablar del bajo factor de potencia?**

- SI ( )
- POCO ( )
- NADA ( )

**7. ¿Conoce las causas de un bajo factor de potencia?**

- SI ( )
- POCO ( )
- NADA ( )

**8. ¿Sabe las consecuencias de un bajo factor de potencia?**

- SI ( )
- POCO ( )
- NADA ( )

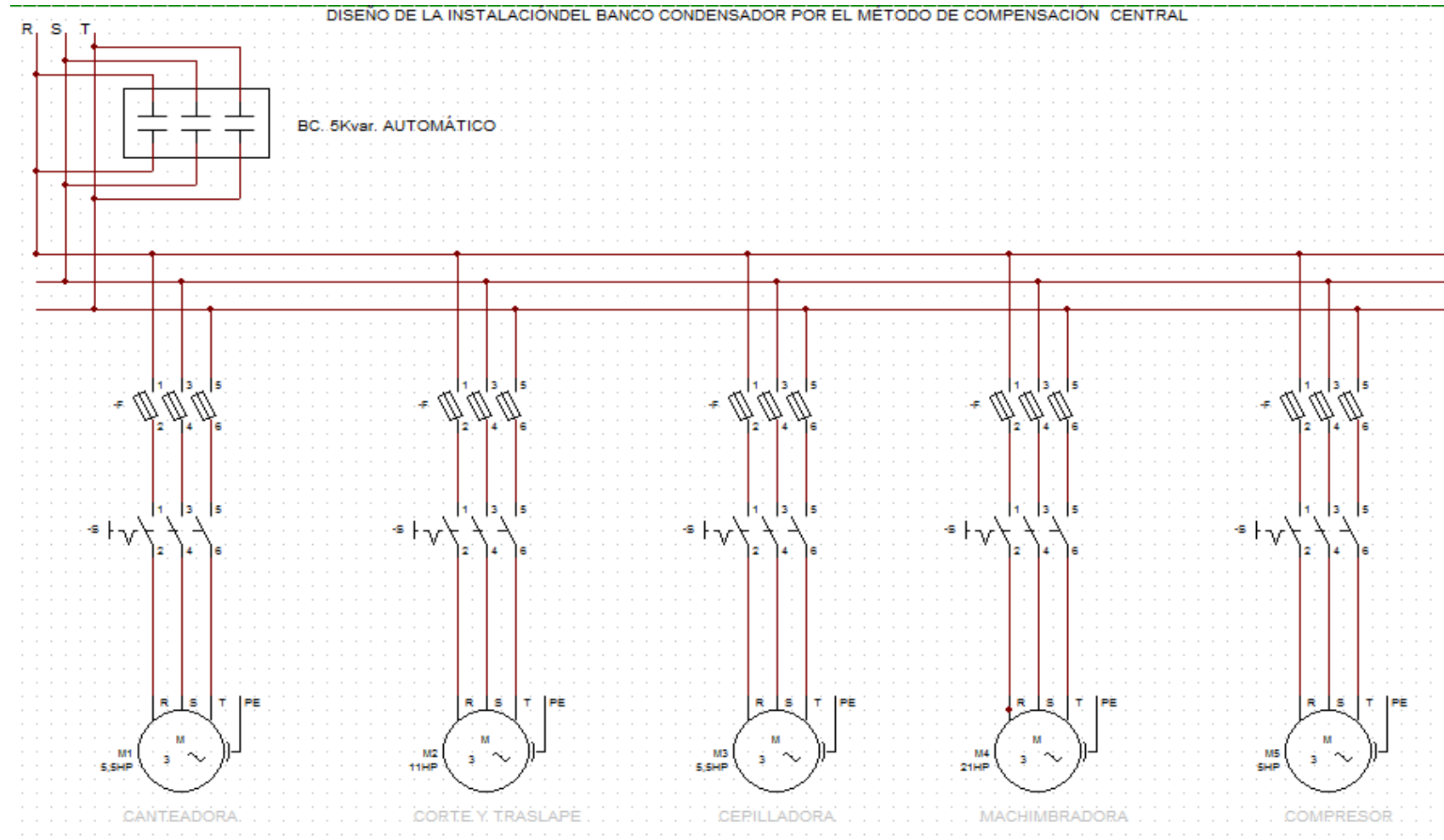
**9. ¿Considera importante corregir el factor de potencia?**

- SI ( )
- NO SABE ( )

**10. ¿Conoce métodos para corregir el factor de potencia?**

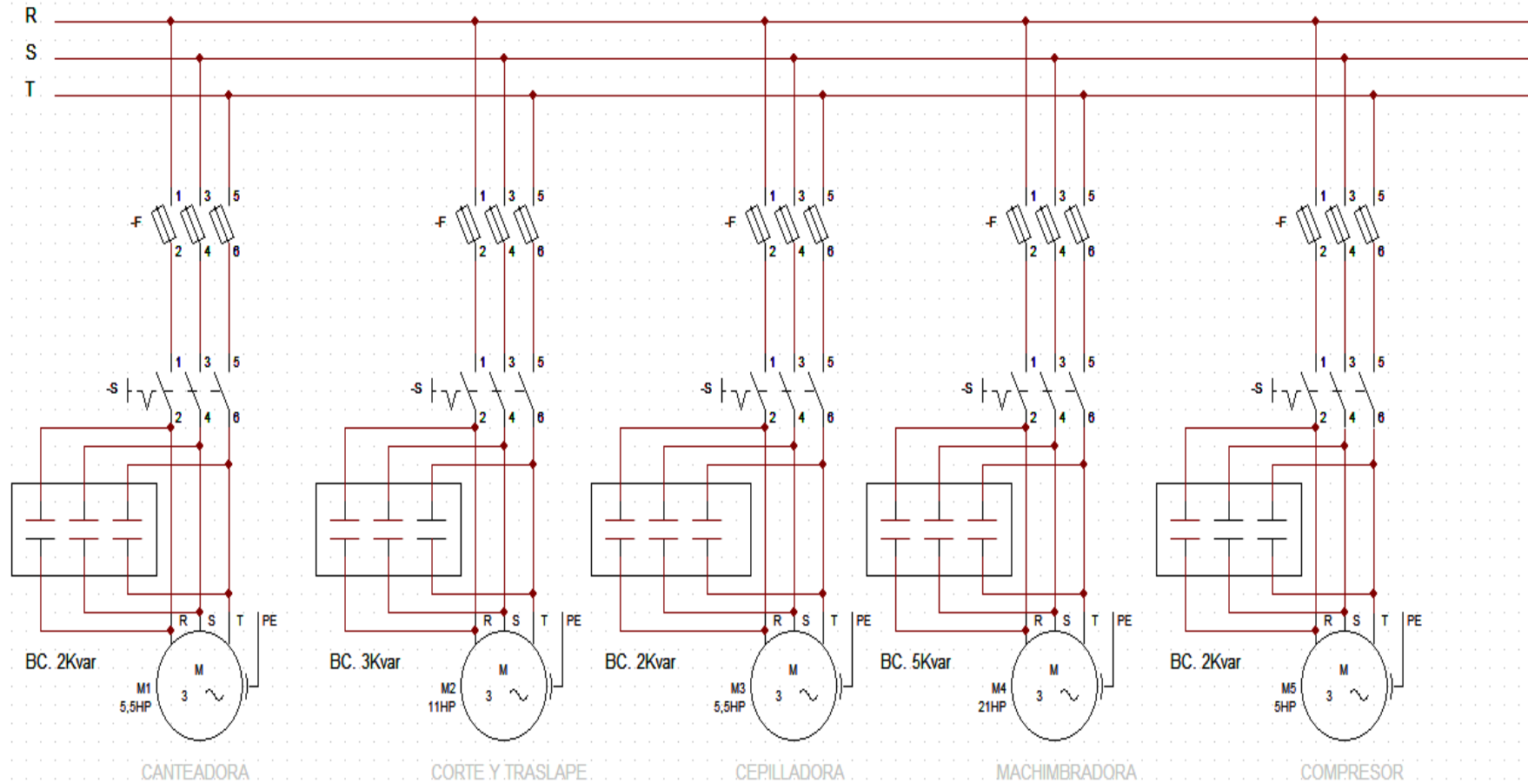
- SI ( )
- POCO ( )
- NADA ( )

## ANEXO N° 2



### ANEXO N° 3

DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DEL BANCO CONDENSADOR POR EL METODO DE LA COMPENSACIÓN INDIVIDUAL




# ANEXO N° 4



**Matriz:** Km. 6 1/2 Vía a la Costa,  
Edificio GRACE Celso, piso 3  
Guayaquil - Ecuador  
Telf.: (04) 3727 310

**Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP • SUCURSAL:** Caja 7 SAN y Malecón - Telf: (05370)2000 - Manta - Ecuador  
RUC: 089899020001 / CONTRIBUYENTE ESPECIAL / RESOLUCIÓN N° 65 del 17-Marzo-2008



No. de Control: 4123204  
Valor a pagar: 176.29

---

**INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR**

Factura No.: 030-001-010954437  
No. Autorización: 1116581907  
Ambiente: Emisión:  
Fecha de autorización: 2015/MAR/16 - 2016/MAR/16  
Fecha de Emisión: 2016/FEB/15  
Fecha de Vencimiento: 2016/FEB/25

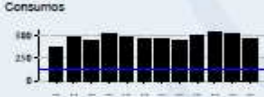
---

SUMINISTRO: 4123204 TALLER EL DISEÑO  
Código Único Eléctrico Nacional: 1104123204 Cédula / R.U.C.: 0 Cod. Postal:  
Dirección servicio: MALECON  
Plan/Geocódigo: 13-03-25-700-47000 Tarifa: CD COMERCIAL MT  
Provincia - Cantón - Parroquia: MANABI - CHONE - CHONE  
Dirección notificación: MALECON Geocódigo postal:  
Ejecutivo de cuenta:

**1. FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO**  
Medidor: 14152581 Desde: 13-Ene-16 Hasta: 15-Feb-16 Días Pasados: 33 Tipo Consumo: Generado Constante: 0.00  
Factor de multiplicación: 1.020 Factor Corrección: 1.000 Factor Potencia: 0.585

Descripción	LECTURAS				Valores
	Actual	Anterior	Consumo	Unid.	
Eng. Activa	25419.00	41080.00	15661	kWh	84.46
E. Iluminación	34490.00	33623.00	867	kWh	0.00
E. Cliente	7.00	0.00	7	kWh	0.00

**Consumos**



**2. VALORES PENDIENTES**

CONCEPTO	VALOR
Plantillas anteriores	0.00
<b>TOTAL VALORES PENDIENTES (2):</b>	<b>0.00</b>

**3. RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (SE)-PLANES FINANCIAMIENTO**  
ESTOS VALORES NO FORMAN PARTE DE LOS INGRESOS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA

CONCEPTO	VALOR
RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (3)	0.00

**1.1 SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG**

CARGO POR COMERCIALIZACION	1.41
CARGO POR DEMANDA	38.32
CARGO POR ENERGIA	44.46
PENALIZACION POR BAJO FACTOR DE	40.23
<b>SUBTOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (SE):</b>	<b>132.42</b>
SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO	8.38
<b>SUBTOTAL ALUMBRADO PÚBLICO (AP):</b>	<b>8.38</b>

**1.2 OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG**

<b>SUBTOTAL OTROS:</b>	<b>0.00</b>
<b>TOTAL SE, AP Y OTROS (1):</b>	<b>140.80</b>

**SUBSIDIOS DEL GOBIERNO**

Coación y calentamiento:	0.00
Tarifa de dignidad:	0.00
<b>Total:</b>	<b>0.00</b>

**TOTAL**

Servicio Eléctrico-Alumbrado Público (1)	140.80
Valores Pendientes (2)	0.00
Recaudación Terceros SE (3)	0.00
<b>TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A) (1+2+3):</b>	<b>140.80</b>

**COMPROBANTE DE PAGO DEL TRIBUTO PARA EL CUERPO DE BOMBEROS DEL CANTÓN**

Suministro: 4123204 Cédula / R.U.C.: 0  
Nombre: TALLER EL DISEÑO  
Dirección servicio: MALECON  
Fecha de Emisión: 2016/FEB/15

CONCEPTO	SUSTENTO LEGAL	VALOR
CONTRIBUCION BOMBEROS 3109-A		5.49
<b>TOTAL TRIBUTO CUERPO DE BOMBEROS (4)</b>		<b>5.49</b>

**COMPROBANTE DE PAGO POR LA TASA DE RECOLECCIÓN DE BASURA DEL MUNICIPIO DEL CANTÓN**

Suministro: 4123204 Cédula / R.U.C.: 0  
Nombre: TALLER EL DISEÑO  
Dirección servicio: MALECON  
Fecha de Emisión: 2016/FEB/15

CONCEPTO	SUSTENTO LEGAL	VALOR
TASA DE RECOLECCION DE BASURA		30.00
<b>TOTAL TASA DE RECOLECCION DE BASURA (5)</b>		<b>30.00</b>

**RESUMEN DE VALORES A PAGAR**

Total Sector Eléctrico (A)	140.80
TOTAL TRIBUTO CUERPO DE BOMBEROS (4)	5.49
TOTAL TASA DE RECOLECCION DE BASURA (5)	30.00
<b>TOTAL A PAGAR (USD)</b>	<b>176.29</b>

Clave acceso



Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP • SUCURSAL: Calle 7 S/N y Malecón - Tel: 053700000 - Merita - Ecuador  
RUC: 066859900001 / CONTRIBUYENTE ESPECIAL / RESOLUCIÓN N° 66 del 17-Marzo-2009

Matriz: Km. 6 1/2 Vía a la Cuesta,  
Edificio GRACE Celica, piso 3  
Guayaquil - Ecuador  
Tel: (04) 3727 310

Factura No: 030-001-013102897  
No Autorización: 1118489415  
Ambiente:  
Emisión:  
Fecha de autorización: 2016/MAR/11 - 2017/MAR/11

No. de Control: 4123204  
Valor a pagar: 223.17

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR

Fecha de Emisión: 2017/ENE/01

Fecha de Vencimiento: 2017/ENE/28

SUMINISTRO: 4123204 TALLER EL DISEÑO

Código Único Eléctrico Nacional: T104123204 Cédula / R.U.C.: 0 Cod. Postal:

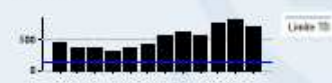
Dirección servicio: MALECON  
Plan/Geocódigo: 13-03-25-700-47000 Tarifa: CD COMERCIAL MT  
Provincia - Cantón - Parroquia: MANABI - CHONE - CHONE  
Dirección notificación: MALECON Geocódigo postal:  
Ejecutivo de cuenta:

1. FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO

Medidor: 14152581 Desde: 1-Dic-16 Hasta: 1-Ene-17 Días Facturados: 31 Tipo Consumo: Generado Constante: 0,00  
Factor de multiplicación: 1,020 Factor Corrección: 1,000 Factor Potencia: 0,614

Descripción	LECTURAS				
	Actual	Anterior	Consumo	Unid.	Valores
E. Activa	01248,00	00838,00	722	kWh	86,98
E. Reactiva	01635,00	00724,00	329	kVh	0,00
D. Cliente	10,00	0,00	00	kVh	0,00

Consumos



2. VALORES PENDIENTES

CONCEPTO	VALOR
Platillas anteriores	0,00
TOTAL VALORES PENDIENTES (2):	0,00

3. RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (SE)-PLANES FINANCIAMIENTO

ÉSTOS VALORES NO FORMAN PARTE DE LOS INGRESOS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA

CONCEPTO	VALOR
RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (3):	0,00

Clave acceso:

1.1 SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG

CARGO POR COMERCIALIZACIÓN	1,41
CARGO POR DEMANDA	47,90
CARGO POR ENERGÍA	69,59
PENALIZACIÓN POR BAJO FACTOR DE	58,98
SUBTOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (SE):	178,76
SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO	10,92
SUBTOTAL ALUMBRADO PÚBLICO (AP):	10,92

1.2 OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG

SUBTOTAL OTROS:	0,00
TOTAL SE, AP Y OTROS (1):	187,68

SUBSIDIOS DEL GOBIERNO

Coación y calentamiento	0,00
Tarifa de dignidad	0,00
Total:	0,00

TOTAL	
Servicio Eléctrico-Alumbrado Público (1)	187,68
Valores Pendientes (2)	0,00
Recaudación Terceros SE (3)	0,00
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A) (1+2+3)	187,68

COMPROBANTE DE PAGO DEL TRIBUTO PARA  
EL CUERPO DE BOMBEROS DEL CANTÓN

Suministro: 4123204 Cédula / R.U.C.: 0  
Nombre: TALLER EL DISEÑO  
Dirección servicio: MALECON  
Fecha de Emisión: 2017/ENE/01

CONCEPTO	SUSTENTO LEGAL	VALOR
CONTRIBUCION BOMBEROS 3109-A		5,49
TOTAL TRIBUTO CUERPO DE BOMBEROS (4)		5,49

COMPROBANTE DE PAGO POR LA TASA DE RECOLECCIÓN DE BASURA DEL  
MUNICIPIO DEL CANTÓN

Suministro: 4123204 Cédula / R.U.C.: 0  
Nombre: TALLER EL DISEÑO  
Dirección servicio: MALECON  
Fecha de Emisión: 2017/ENE/01

CONCEPTO	SUSTENTO LEGAL	VALOR
TASA DE RECOLECCION DE BASURA		30,00
TOTAL TASA DE RECOLECCION DE BASURA (5):		30,00

RESUMEN DE VALORES A PAGAR

Total Sector Eléctrico (A)	187,68
TOTAL TRIBUTO CUERPO DE BOMBEROS (4)	5,49
TOTAL TASA DE RECOLECCION DE BASURA (5)	30,00
TOTAL A PAGAR (USD)	223,17