





**UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI**  
**DIRECCIÓN DE POSGRADOS**

**TESIS EN OPCIÓN AL GRADO ACADÉMICO DE**  
**MAGISTER EN GESTIÓN DE ENERGÍAS**

**TÍTULO:**

**EVALUACION DE USO DE LA ENERGIA ELECTRICA EN LA  
CURTIEMBRE PROMPELL S.A. DEL CANTON AMBATO, PERIODO  
2012 – 2013. PROPUESTA DE UN PROGRAMA PARA EL USO  
EFICIENTE DE LA ENERGIA ELECTRICA EN LA PLANTA DE  
PRODUCCION.**

**Autor:**

MAYORGA PEREZ, Oswaldo Efraín

**Tutor:**

COLUMBIE NAVARRO, Ángel Ph.D.

LATACUNGA – ECUADOR

Mayo - 2014



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**DIRECCIÓN DE POSGRADO**  
**Latacunga – Ecuador**

---

**APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado, aprueban el presente Informe de investigación de posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi; por cuanto, el maestrante: Oswaldo Efraín Mayorga Pérez, con el título de tesis: **“EVALUACIÓN DE USO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA CURTIEMBRE PROMPELL S.A. DEL CANTÓN AMBATO, PERIODO 2012 – 2013. PROPUESTA DE UN PROGRAMA PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Defensa de Tesis.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Mayo 2014

Para constancia firman:

.....  
Lic. MSc. Rosa E. Terán Araujo  
PRESIDENTA

.....  
Ing. MSc. Ernesto Abril  
MIEMBRO

.....  
Ing. MSc. Hernán Navas Olmedo  
MIEMBRO

.....  
Dr. C. Secundino Marrero Ramírez  
OPONENTE

## **AVAL TUTOR DE TESIS**

Latacunga, Mayo 2014

En mi calidad de Director de Tesis presentada por el Ing. Oswaldo Efraín Mayorga Pérez, egresado de la Maestría en Gestión de Energías, previa a la obtención del mencionado grado académico, cuyo título es: **“EVALUACIÓN DE USO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA CURTIEMBRE PROMPELL S.A. DEL CANTÓN AMBATO, PERIODO 2012 – 2013. PROPUESTA DE UN PROGRAMA PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN”**.

Considero que dicho trabajo reúne los méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal evaluador.

**Atentamente,**

PhD. Columbie Navarro Ángel  
**TUTOR DE TESIS**

## **AUTORÍA**

Yo, Oswaldo Efraín Mayorga Pérez, portador del número de cédula 1802327294, declaro que la presente Tesis de Grado, es de mi autoría y que todos los objetivos propuestos en la misma se desarrollaron y se cumplieron a cabalidad.

**Atentamente,**

Ing. Oswaldo Efraín Mayorga Pérez

C.I. 1802327294

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, por brindarme la oportunidad de continuar con mis estudios. Al personal administrativo y a los docentes ecuatorianos y cubanos quienes con sus conocimientos y apoyo me impulsaron para culminar con éxito este proyecto y cumplir la meta propuesta.

Ing. Oswaldo Efraín Mayorga Pérez

## **DEDICATORIA**

A mi familia por brindarme toda su confianza y apoyo incondicional; el mismo que ha sido imprescindible para llegar a cristalizar este objetivo.

Ing. Oswaldo Efraín Mayorga Pérez

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**DIRECCIÓN DE POSGRADOS**

**PROGRAMA: “MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS”**

“EVALUACIÓN DE USO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA CURTIEMBRE PROMPELL S.A. DEL CANTÓN AMBATO, PERIODO 2012 – 2013. PROPUESTA DE UN PROGRAMA PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN”.

**Autor:** Ing. Oswaldo Efraín Mayorga Pérez

**Fecha:** Mayo, 2014

## ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	II
AVAL TUTOR DE TESIS .....	III
AUTORÍA.....	IV
AGRADECIMIENTO .....	V
DEDICATORIA.....	VI
ÍNDICE GENERAL .....	VIII
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	XII
ÍNDICE DE CUADROS.....	XIII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XIV
RESUMEN .....	XV
ABSTRACT .....	XVI
INTRODUCCIÓN .....	XVII
CAPITULO I.....	1
PROBLEMATIZACION .....	1
1.1. UBICACIÓN DEL PROBLEMA EN UN CONTEXTO.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA. ....	2
1.4. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.5. HIPÓTESIS.....	6
1.6. OBJETIVOS.....	6
1.6.1. General. ....	6
1.6.2. Específicos.....	7
1.7. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
CAPITULO II.....	8
MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA CURTIEMBRE PROMPELL S.A. ....	8
2.1.1. Antecedentes.....	8
2.1.2. Ubicación.....	9
2.1.3. Plan estratégico. ....	9
2.1.4. Organigrama funcional.....	10
2.1.5. Distribución de la planta de producción (Layout).....	10

2.1.6. Insumos, servicios y recurso humano.....	11
2.1.7. Materias primas.....	12
2.1.8. Insumos complementarios.....	12
2.1.9. Proveedores.....	13
2.1.10. Producto.....	13
2.1.11. Precio.....	14
2.1.12. Comercialización.....	14
2.1.13. Proceso de producción y/o servicio.....	15
2.1.14. Procedimientos de los procesos de producción.....	16
2.1.15. Capacidad de la planta.....	18
2.1.16. Períodos de disponibilidad de la producción.....	19
2.1.17. Mantenimiento de máquinas y equipos.....	19
2.1.18. Sistema eléctrico.....	19
2.1.19. Características técnicas de máquinas y equipos.....	21
2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
2.2.1. Antecedentes de la investigación.....	22
2.2.2. Equipos de medición.....	24
2.2.3. Clases de medición.....	26
2.2.4. Medidores electrónicos tarifa horaria.....	27
2.2.5. Capacitores.....	27
2.2.6. Factor de potencia.....	27
2.2.7. Penalización por bajo factor de potencia.....	28
2.2.8. Corrección del factor de potencia.....	29
2.2.9. Conductores.....	31
2.2.10. Resistencia en conductores eléctricos.....	31
2.2.11. Dimensionamiento de los disyuntores.....	32
2.2.12. Armónicos.....	32
2.2.13. Motores asincrónicos de alta eficiencia.....	33
2.2.14. Variadores electrónicos de velocidad en motores.....	34
2.3. MARCO LEGAL VIGENTE.....	34
2.3.1. Eficiencia energética sector industrial.....	35
2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	35
CAPITULO III.....	38
METODOLOGIA.....	38
3.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	38
3.1.1. Modalidad de la investigación.....	38
3.1.2. Tipos de investigación.....	40
3.1.3. Caracterización de las variables.....	41
3.1.4. Matriz de operacionalización de las variables.....	42
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	43

3.2.1. Muestra .....	43
3.3. METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS.....	44
3.3.1. Modalidad documental. ....	44
3.3.2. Modalidad de campo. ....	44
3.4. VALIDACIÓN DE DATOS MEDIDOS.....	49
CAPITULO IV .....	51
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	51
4.1. ANÁLISIS DE LOS CONSUMOS HISTÓRICOS (EEASA).....	52
4.1.1. Consumos históricos PROMPELL S.A. (cuenta 110029). ....	52
4.1.2. Consumos históricos PROMPELL S.A. (cuenta 200331). ....	54
4.2. ANÁLISIS REGISTRO DE DATOS TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN 1. ....	56
4.2.1. Voltajes simple (fase) y compuesto (línea) .....	57
4.2.2. Corriente .....	57
4.2.3. Distorsión armónica (THD).....	57
4.2.4. Flicker.....	58
4.2.5. Potencias (aparente, activa y reactiva) .....	59
4.2.6. Factor de potencia .....	59
4.2.7. Voltaje y corriente armónico .....	60
4.3. ANÁLISIS REGISTRO DE DATOS TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN 2.....	61
4.3.1. Voltajes simple (fase) y compuesto (línea) .....	61
4.3.2. Corriente .....	61
4.3.3. Distorsión armónica (THD).....	61
4.3.4. Flicker.....	62
4.3.5. Potencias (aparente, activa y reactiva) .....	62
4.3.6. Factor de potencia .....	63
4.3.7. Voltaje y corriente armónico .....	63
4.4. ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN. ....	64
4.5. ANÁLISIS DE MÁQUINAS Y EQUIPOS.....	65
4.6. ANÁLISIS DEL SISTEMA ELÉCTRICO.....	66
4.6.1. Motores eléctricos. ....	66
4.6.2. Tableros de control.....	66
4.6.3. Tableros de distribución. ....	66
4.6.4. Conductores eléctricos.....	67
4.7. RESULTADOS TEÓRICO- PRÁCTICOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN. ....	67
4.7.1. Procesos de producción. ....	67
4.7.2. Sistema eléctrico. ....	68
4.7.3. Sistema de medición en medio voltaje. ....	68
4.7.4. Corrección del bajo factor de potencia. ....	69
4.8. RESULTADO DE LA VALIDACIÓN DE DATOS.....	74

4.9. SISTEMA DE MEDIDA EN MEDIO VOLTAJE.....	80
CONCLUSIONES GENERALES.....	84
RECOMENDACIONES .....	86
CAPITULO V .....	87
PROGRAMA PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGIA ELECTRICA ..	87
5.1 TÍTULO DE LA PROPUESTA. ....	87
5.2. JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA. ....	87
5.3. OBJETIVO DE LA PROPUESTA.....	88
5.4. ESTRUCTURA DE LA PROPUESTA. ....	88
5.5. DESARROLLO DE LA PROPUESTA. ....	88
5.5.1. Dimensionamiento de los disyuntores.....	90
5.5.2. Conductores eléctricos.....	91
5.5.3. Procesos de producción. ....	92
5.5.4. Corrección del factor de potencia. ....	94
5.5.5. Sistema de medición en medio voltaje. ....	101
5.6. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROGRAMA DE USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.....	103
5.7. USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA:.....	104
FUENTES BIBLIOGRÁFICAS.....	106
ANEXOS.....	108

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRAFICO N° 1.1: CLIENTES PENALIZADOS POR BAJO FACTOR DE POTENCIA.....	4
GRAFICO N° 1.2: MUESTRA DE CLIENTES PENALIZADOS.....	4
GRAFICO N° 1.3: CLIENTES PENALIZADOS EN EL CANTÓN AMBATO.....	5
GRAFICO N° 2.1: ORGANIGRAMA PROMPELL S.A. ....	10
GRAFICO N° 2.2: TRANSFORMADOR DE CORRIENTE (TC).....	25
GRAFICO N° 2.3: TRANSFORMADOR DE POTENCIAL (TP) .....	25
GRAFICO N° 2.4: TRIANGULO DE POTENCIAS.....	28
GRAFICO N° 2.5: CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA.....	30
GRAFICO N° 2.6: DESCOMPOSICIÓN DE UNA ONDA DISTORSIONADA. ....	33
GRAFICO N° 3.1: UBICACIÓN PARA EL REGISTRO DEL ANALIZADOR DE REDES.....	46
GRAFICO N° 3.2: TABLEROS DE CONTROL.....	48
GRAFICO N° 3.3: CONDUCTORES ELÉCTRICOS PROMPELL S.A.....	49
GRAFICO N° 4.1: VALOR DE LA PLANILLA PROMPELL S.A. (110029). ....	53
GRAFICO N° 4.2: VALOR DE LA PLANILLA – PENALIZACIÓN (110029). ....	53
GRAFICO N° 4.3: VALOR DE LA PLANILLA PROMPELL S.A. (200331).....	55
GRAFICO N° 4.4: VALOR DE LA PLANILLA – PENALIZACIÓN (200331). ....	55
GRAFICO N° 4.5: REGISTRO DE CORRIENTE TRANSFORMADOR 1 .....	57
GRAFICO N° 4.6: REGISTRO DISTORSIÓN ARMÓNICA TRANSFORMADOR 1.....	58
GRAFICO N° 4.7: REGISTRO FLICKER TRANSFORMADOR 1. ....	58
GRAFICO N° 4.8: REGISTRO DE POTENCIAS TRANSFORMADOR 1. ....	59
GRAFICO N° 4.9: REGISTRO DE FACTOR DE POTENCIA 1.....	60
GRAFICO N° 4.10: REGISTRO DE CORRIENTE ARMÓNICA TRANSFORMADOR 1.....	61
GRAFICO N° 4.11: REGISTRO DE POTENCIAS TRANSFORMADOR 2. ....	62
GRAFICO N° 4.12: REGISTRO DE FACTOR DE POTENCIA TRANSFORMADOR 2.....	63
GRÁFICO N° 4.13: SISTEMA ELÉCTRICO PROMPELL S.A. BLOQUE 1 .....	75
GRAFICO N° 4.14: PARÁMETROS TABLERO DE DISTRIBUCIÓN (TD13).....	76
GRAFICO N° 4.15: COMPENSACIÓN DE REACTIVOS BLOQUE 1, OPCIÓN 1. ....	77
GRAFICO N° 4.16: COMPENSACIÓN DE REACTIVOS BLOQUE 1, OPCIÓN 2. ....	77
GRAFICO N° 4.17: COMPENSACIÓN DE REACTIVOS BLOQUE 1, OPCIÓN 3. ....	78
GRAFICO N° 4.18: SISTEMA ELÉCTRICO PROMPELL S.A. BLOQUE 2. ....	79

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO N° 2.1: MATERIAS PRIMAS PROMPELL S.A. ....	12
CUADRO N° 2.2: TIPOS DE PIELES PROMPELL S.A. ....	13
CUADRO N° 2.3: TIPOS DE PRODUCTO TERMINADO. ....	14
CUADRO N° 2.4: PRECIO DEL PRODUCTO. ....	14
CUADRO N° 2.5: PROCESO DE PRODUCCIÓN PROMPELL S.A.....	15
CUADRO N° 3.1: VARIABLE INDEPENDIENTE .....	42
CUADRO N° 3.2: VARIABLE DEPENDIENTE .....	42
CUADRO N° 4.1: PERIODOS TARIFA HORARIA.....	64
CUADRO N° 4.2: REGISTRO HISTÓRICO (110029). ....	65
CUADRO N° 4.3: REGISTRO HISTÓRICO (200331). ....	65
CUADRO N° 4.4: CÁLCULO BANCO DE CONDENSADORES.....	69
CUADRO N° 4.5: COTIZACIÓN BANCO DE CONDENSADORES AUTOMÁTICO.....	70
CUADRO N° 4.6: COTIZACIÓN BANCO DE CONDENSADORES SEMIAUTOMÁTICO. ....	70
CUADRO N° 4.7: COTIZACIÓN BANCO DE CONDENSADORES FIJO.....	71
CUADRO N° 4.8: INVERSIÓN COMPENSACIÓN DE REACTIVOS. ....	72
CUADRO N° 4.9: RETORNO DE LA INVERSIÓN.....	72
CUADRO N° 4.10: ANÁLISIS ECONÓMICO CONDENSADORES.....	73
CUADRO N° 4.11: CONSUMOS HISTÓRICOS PROMPELL S.A.....	81
CUADRO N° 4.12: CONSUMOS HISTÓRICOS PROMPELL S.A.....	82
CUADRO N° 5.1: PLANILLA CALCULADA (110029).....	93
CUADRO N° 5.2: PLANILLA CALCULADA (200331).....	93
CUADRO N° 5.3: AHORRO MENSUAL. ....	94
CUADRO N° 5.4: FLUJO DE CARGA (110029).....	96
CUADRO N° 5.5: FLUJO DE CARGA (200331).....	97
CUADRO N° 5.6: INVERSIÓN PARA COMPENSACIÓN DE REACTIVOS. ....	99
CUADRO N° 5.7: OPCIONES PARA COMPENSACIÓN DE REACTIVOS.....	99
CUADRO N° 5.8: ANÁLISIS ECONÓMICO PARA COMPENSACIÓN REACTIVOS. ....	100
CUADRO N° 5.9: ANÁLISIS ECONÓMICO REGISTRO EN MEDIO VOLTAJE. ....	102
CUADRO N° 5.10: ANÁLISIS ECONÓMICO PROPUESTAS. ....	104

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO UNO: UBICACIÓN CURTIEMRE PROMEPEL L S.A.....	109
ANEXO DOS: DISTRIBUCION DE PLANTA PROMPELL S.A.....	110
ANEXO TRES: DIAGRAMA UNIFILAR (TGD1).....	110
ANEXO CUATRO: DIAGRAMA INIFILAR (TD11-TD13).....	111
ANEXO CINCO: DIAGRAMA INIFILAR (TD12-TD14).....	112
ANEXO SEIS: DIAGRAMA UNIFILAR (TGD2).....	113
ANEXO SIETE: CARACTERÍSTICAS MAQUINAS Y EQUIPOS.....	115
ANEXO OCHO: FACTOR “K” PARA COMPENSACIÓN DE REACTIVOS.	115
ANEXO NUEVE: CONSUMOS HISTORICOS EEASA. ....	116
ANEXO DIEZ: LIMITES TERMICOS PARA CONDUCTORES .....	118

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**DEPARTAMENTO DE POSGRADOS**  
**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS**

**TÍTULO:** Evaluación de uso de la energía eléctrica en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A. del cantón Ambato, periodo 2012 – 2013. Propuesta de un programa para el uso eficiente de la energía eléctrica en la planta de producción.

**AUTOR :** MAYORGA PEREZ, Oswaldo Efraín.

**TUTOR :** COLUMBIE NAVARRO, Ángel PhD.

**RESUMEN**

El desarrollo actual y perspectivo de la industria y los servicios, en una economía abierta y globalizada, requiere de acciones encaminadas a reducir costos y aumentar la competitividad. Dentro de este contexto, una de las áreas de atención dentro del proceso productivo son los insumos y entre ellos, la energía eléctrica. Es así, que el desconocimiento de las causas que originan el uso ineficiente de la energía eléctrica en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A. del cantón Ambato, se refleja en los costos elevados de la planilla por concepto de consumo de energía eléctrica. Por tanto, el objetivo de este trabajo de investigación es evaluar las causas que originan el uso ineficiente de la energía eléctrica en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., del cantón Ambato y plantear un programa de uso eficiente de la energía eléctrica para reducir el valor de la planilla mensual por consumo de energía eléctrica. Todo con el propósito de buscar opciones orientadas a determinar las formas y métodos para hacer un mejor uso de la energía eléctrica, sin reducir los servicios que ésta presta. Una investigación de campo y bibliográfica, con un nivel de profundidad de carácter diagnóstico y explicativo permitió realizar un diagnóstico de la situación actual y determinar las opciones estratégicas para el uso eficiente de la energía eléctrica. Entre las oportunidades más rentables dentro del programa de uso eficiente de la energía eléctrica, se determinaron las siguientes: control o administración de la demanda máxima, factor de potencia, consumo de energía, el uso de máquinas eficientes y la automatización de los procesos. La implementación de las propuestas permitirá reducir el 24% del valor de la planilla por consumo de energía eléctrica, aumentando la eficiencia económica de la planta garantizando su permanencia en los mercados internos y externos.

**Descriptor:** Energía, Demanda máxima, Factor de potencia, Eficiente, Eficiencia.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**DEPARTMENT OF GRADUATE PROGRAMS**  
**MASTER'S DEGREE IN ENERGY MANAGEMENT**

**TITLE:** Evaluation of electrical energy use at CURTIEMBRE PROMPELL S.A, Ambato Canton, 2012-2013. Program Proposal for the efficient use of electrical energy at the production plant.

**AUTHOR:** MAYORGA PEREZ, Oswaldo Efraín.

**TUTOR:** COLUMBE NAVARRO, Ángel PhD

**ABSTRACT**

In today's open and globalized economy, service development in industry calls for the reduction of costs and to maximize competitiveness. In the context of industry, electrical energy supply is a critical part of the productive process, and inefficiency can prove costly. Lack of knowledge of these inefficiencies at the plant of CURTIEMBRE POMEPELL S.A. in Ambato Canton currently results in high energy bills. Therefore, the objective of this study is to evaluate the causes of this inefficiency and to create a program to reduce the monthly energy bill. The purpose is to determine methods to better use electrical energy, without reducing the services that it provides. This study consisted of a literature review and field research with diagnostic and explicative levels which allowed diagnosis of the current situation and determination of the strategic options for the efficient use of the electrical energy. Among the most profitable opportunities within the program are: control or administration of the maximum demand, potency factor, energy consumption, the use of more efficient machines, and the automation of processes. The implementation of the proposals will reduce 24% of the energy consumption bill, increasing the economic efficiency of the plant and guaranteeing its profitability in internal and external markets.

**Descriptors:** Energy, Maximum Demand, Factor of Power, Efficient, Efficiency.

Aval de Traducción:

.....  
**Lcda. Patricia Marcela Chacón Porras**  
**C.I. 0502211196**

## INTRODUCCIÓN

El trabajo de investigación tiene como propósito evaluar el uso de la energía eléctrica en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A. del cantón Ambato, periodo 2012 – 2013 y plantear un programa para el uso eficiente de la energía eléctrica en la planta de producción. El objetivo de este trabajo es buscar opciones orientadas a determinar las formas y métodos para hacer un mejor uso de la energía eléctrica, sin reducir los servicios que ésta presta. Entre las oportunidades más rentables dentro del programa de uso eficiente de la energía eléctrica, se señalan las siguientes: control o administración de la demanda máxima, factor de potencia, consumo de energía, el uso de máquinas eficientes y la automatización de los procesos.

Con una población 515 clientes penalizados, de los cuales se agruparon a 91 clientes, tomando como referencia rangos de valores de penalización por bajo factor de potencia superiores a 100 dólares mensuales en la planilla por consumo de energía eléctrica. La muestra de 91 clientes a pesar de constituir el 18% de la población, representa el 60% de los valores recaudados por la EEASA, por concepto de penalización. Además, de este grupo de 91 clientes, se determinó que el 56%, es decir, 51 clientes penalizados se encontraban en el cantón Ambato, de los cuales, estratificando de acuerdo al uso de la energía eléctrica, el 20% se agrupaban en las CURTIEMBRES (10), seleccionando a la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., para realizar el trabajo de investigación, considerando como indicador los valores mensuales por penalización por bajo factor de potencia.

Se consideró como punto de partida, la realización de entrevistas al grupo de CURTIEMBRES del cantón Ambato, de las cuales se obtuvo los siguientes resultados: los clientes consideran que la planilla mensual por concepto de consumo de la energía eléctrica es elevada; desconocen los valores por penalización en la planilla de la luz; los procesos de producción no son automatizados; no realizan una programación en los procesos de producción para el control de la demanda; no han recibido un asesoramiento para el uso eficiente

de la energía eléctrica; no han implementado un programa de uso eficiente por desconocimiento; no realizan mantenimiento preventivo en su maquinaria y consideran que pueden mejorar el uso de la energía en sus procesos de producción. El trabajo de investigación se encuentra estructurado de la siguiente manera:

Capítulo I, muestra el marco del problema, que permitió visualizar a través de las interrogantes de la investigación la ubicación del problema; se realiza la contextualización del problema a niveles macro, meso y micro; se determina el objeto y campo de la investigación, la justificación y se establecen los objetivos.

Capítulo II, presenta un marco teórico, en donde, se plantea los antecedentes de la investigación y las bases teóricas sobre el uso eficiente de la energía eléctrica, se caracteriza de manera detallada el objeto de la investigación, conceptualización y las fundamentaciones en las que se señala las orientaciones teóricas sobre el tema.

Capítulo III, señala el marco metodológico, el cual comprende el tipo y diseño de la investigación; la población, tipo de muestreo y muestra del trabajo de investigación, así como los instrumentos y técnicas de recolección de la información, con los procedimientos para validar la calidad de los datos obtenidos en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A.

Capítulo IV, presenta el análisis e interpretación de los datos recolectados a través de la metodología aplicada, se enuncia los resultados teórico-prácticos que permiten establecer varias propuestas para plantear un programa de uso eficiente de la energía eléctrica en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A.

Capítulo V, presenta la propuesta de un programa para el uso eficiente de la energía eléctrica en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., con el propósito de reducir el costo de la planilla mensual por concepto de consumo de energía eléctrica. Se formulan las conclusiones y recomendaciones en base a los resultados de la investigación.

# CAPITULO I

## PROBLEMATIZACION

En el presente capítulo se muestra el marco del problema, que permitió visualizar a través de las interrogantes de la investigación la ubicación del problema; se realiza la contextualización del problema a niveles macro, meso y micro; se determina el objeto y campo de la investigación, la justificación y se establecen los objetivos.

### 1.1. Ubicación del problema en un contexto

Dentro del uso ineficiente de la energía eléctrica en las industrias, lo que más preocupa es el desconocimiento de las causas que originan la ineficiencia en el uso de la energía eléctrica, como es el caso de la CURTIEMBRE PROMPELL S.A. del cantón Ambato, que el uso inadecuado de la energía eléctrica se refleja en los costos elevados de la planilla por concepto de consumo de energía eléctrica. Esta falta de conocimiento, no ha permitido tomar decisiones en diferentes aspectos como: control o administración de la demanda máxima, factor de potencia, consumo de energía, el uso de máquinas eficientes y la automatización de los procesos; todas estas identificadas como las oportunidades de ahorro más rentables dentro del programa de uso eficiente de la energía eléctrica.

Otro factor que influye en el uso ineficiente de la energía eléctrica, es la falta de asesoramiento por parte de las entidades gremiales, con el propósito de prevenir y capacitar sobre el uso eficiente de la energía eléctrica reflejada en la reducción de los costos operativos a través de la rebaja de los valores en la planilla mensual por concepto de consumo de energía eléctrica.

### 1.2. Planteamiento del problema

A las puertas del nuevo milenio, se presentan problemas sociales, económicos y políticos a nivel mundial que inciden en nuestro país. En el caso de la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., el desconocimiento de las causas que originan el uso ineficiente de la energía eléctrica, se refleja en los costos elevados de la planilla por concepto de consumo de la energía eléctrica. La información limitada y falta de asesoramiento, ha imposibilitado aplicar un programa para el uso eficiente de la energía eléctrica, como una opción estratégica para reducir sus costos de producción, con el fin de enfrentar el reto competitivo que representa, tanto la globalización como la devaluación en el mercado interno.

La falta de asesoramiento, imposibilita a la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., beneficiarse de los incentivos que brinda el Pliego Tarifario Vigente, para los clientes que poseen sistemas de medida con registrador horario, reflejando valores elevados de la planilla mensual por concepto de consumo de energía eléctrica, aspecto que incide directamente con los costos finales de producción.

El sector productivo no escapa a las políticas socioeconómicas que causan las desregulaciones de los mercados, esto obliga a la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., a buscar niveles competitivos que garantice su permanencia en los mercados internos y externos, teniendo que esforzarse en aumentar su eficiencia económica, apareciendo como una alternativa la implementación de un programa para el uso eficiente de la energía eléctrica, mejorando los procesos de producción, integrando eficientemente hombres, materiales y equipos, con tendencias a una producción más limpia.

### **1.3. Formulación del problema.**

Ante los costos elevados de la planilla por concepto de consumo de energía eléctrica y el desconocimiento de las causas que originan el uso ineficiente de la energía eléctrica en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A. del cantón Ambato, nace la inquietud:

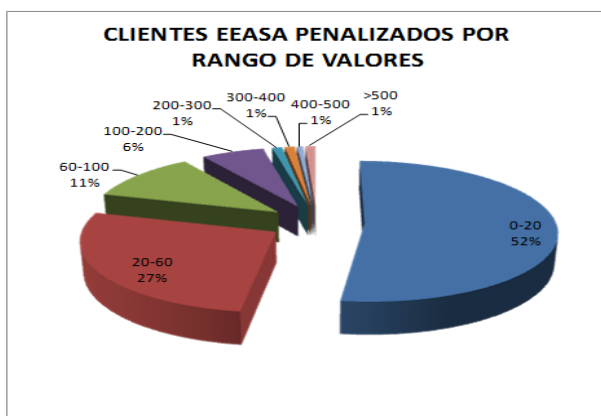
¿Existen opciones para el uso eficiente de la energía eléctrica en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A. del cantón Ambato, para reducir los costos de la planilla por concepto de consumo de energía eléctrica?

#### **1.4. Justificación del trabajo de investigación.**

El desarrollo actual y prospectivo de las pequeñas y medianas industrias y los servicios en una economía abierta y globalizada, requiere de acciones encaminadas a reducir costos, aumentar la competitividad y el uso eficiente de los recursos conjuntamente con la eficiencia productiva. Dentro de este contexto, una de las áreas de atención dentro de los procesos productivos son los insumos y entre ellos la energía eléctrica. Es así, que los costos por consumo de energía eléctrica han pasado de un factor marginal a constituirse en un rubro cada vez más preponderante en los costos finales de los productos.

El presente trabajo de investigación, dentro del universo de 233.317 clientes de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. (EEASA), se consideró una población de 1800 clientes servidos en medio y bajo voltaje, igual al 0.7% con respecto del total de clientes de la EEASA, que disponen de sistemas de medida que registran energía activa, energía reactiva y demanda facturable. Del grupo de los 1800 clientes, considerando como un parámetro indicador del uso ineficiente de la energía eléctrica, el bajo factor de potencia, se filtró a los usuarios con valores de penalización. Se agrupó a 515 clientes, que representan el 28% de los clientes con registro de energía reactiva, los mismos, que suman US\$ 25.843,04 por concepto de valores penalizados, en las planillas mensuales emitidas por la EEASA, constituyéndose el grupo objeto del análisis, como se señala a continuación:

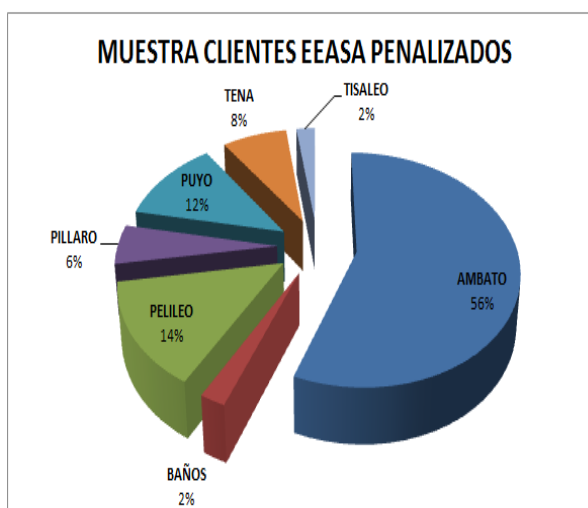
VALORES FP RANGO	CLIENTES
0-20	269
20-60	140
60-100	57
100-200	31
200-300	5
300-400	5
400-500	3
>500	5
<b>TOTAL</b>	<b>515</b>



**Gráfico N° 1.1:** Clientes penalizados por bajo factor de potencia  
**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez

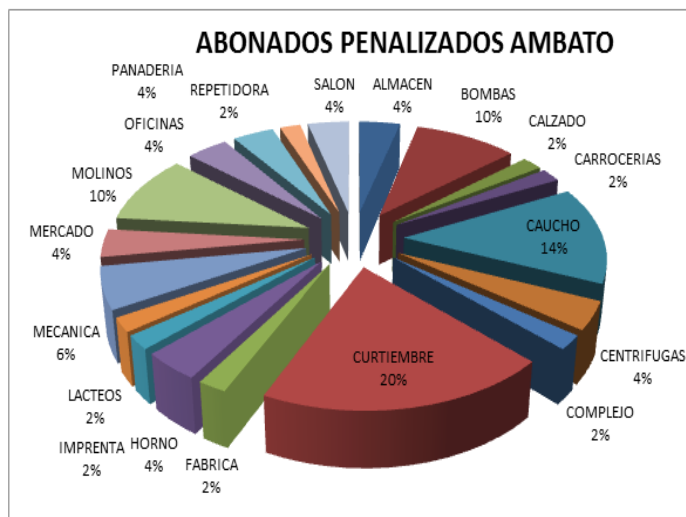
Del grupo de los 515 clientes penalizados, se filtró a 91 clientes, considerando valores por penalización superiores a US\$ 100 mensuales, los cuales, representan el 18% de los 515 clientes y el 60% de los valores recaudados por la EEASA en las planillas mensuales, por penalización por bajo factor de potencia, es decir, US\$ 15.600,00. Del grupo de los 91 clientes, se determinó que el 56%, es decir; 51 clientes con valores de penalización elevados, se encontraban en el cantón Ambato, determinando así, la zona objeto del análisis, como se muestra a continuación:

CIUDAD	ABONADOS
AMBATO	51
BAÑOS	2
PELILEO	13
PILLARO	5
PUYO	11
TENA	7
TISALEO	2
<b>TOTAL</b>	<b>91</b>



**Gráfico N° 1.2:** Muestra de clientes penalizados.  
**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez

Estratificando a los usuarios de acuerdo al uso de la energía eléctrica, se llegó a determinar que en el cantón Ambato, el 20 % de los clientes con valores elevados de penalización se agrupaban en las CURTIEMBRES, aspecto que permitió determinar el grupo de clientes objeto del análisis, como se señala:



**Gráfico N° 1.3:** Clientes penalizados en el cantón Ambato.  
**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez

Del grupo de las curtiembres, se seleccionó a la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., para realizar el trabajo de investigación, considerando como indicador del uso ineficiente de la energía eléctrica, los valores de penalización por bajo factor de potencia, en los dos sistemas de medida que dispone la planta de producción.

El trabajo de investigación, permitió evaluar el uso de la energía eléctrica en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A. del cantón Ambato, periodo 2012 – 2013, y plantear un programa para el uso eficiente de la energía eléctrica en la planta de producción, con el propósito de determinar las oportunidades más rentables de ahorro de la energía eléctrica considerando las siguientes alternativas: control de la demanda y del consumo, corrección del factor de potencia, uso de máquinas eficientes y la automatización de los procesos.

En la actualidad, ha cobrado importancia la concienciación del concepto de uso racional de la energía eléctrica en el sector productivo y uno de ellos es la

nueva política tarifaria, que contempla la aplicación de la tarifa horaria, la misma que incentiva a tomar medidas para alcanzar un menor valor de la planilla mensual por consumo de energía eléctrica, por tal razón, con la ejecución del trabajo de investigación, se logró realizar una reprogramación de los procesos de producción para el control de la demanda facturable mediante técnicas de graficación, desarrollando procedimientos que simplifican los métodos alcanzando como resultado un proceso de manufactura eficiente que ayudó a reducir la planilla mensual por consumo de energía eléctrica.

La eficiencia energética es una opción tecnológica orientada a determinar las formas y métodos que permitan hacer un mejor uso de la energía eléctrica. No consiste en reducir los servicios que esta presta, solo tiene sentido en la medida que permita reducir los costos globales de la producción de las industrias.

### **1.5. Hipótesis.**

¿Si se identifican las causas que originan el uso ineficiente de la energía eléctrica en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., del cantón Ambato, periodo 2012-2013, es posible plantear un programa de uso eficiente de la energía eléctrica para reducir el valor de la planilla mensual por concepto del servicio eléctrico?

### **1.6. Objetivos.**

#### **1.6.1. General.**

Determinar las causas que originan el uso ineficiente de la energía eléctrica en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., del cantón Ambato, a través de una evaluación del uso de la energía eléctrica periodo 2012-2013 y proponer un programa de uso eficiente de la energía eléctrica para reducir el valor de la planilla mensual por concepto del servicio energía de eléctrica.

### **1.6.2. Específicos.**

1. Gestionar información científico-técnica relacionada con el uso eficiente de la energía eléctrica en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., del cantón Ambato.
2. Realizar un diagnóstico de la situación actual del uso de la energía eléctrica en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A. del cantón Ambato.
3. Identificar opciones para el uso eficiente de la energía eléctrica en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., del cantón Ambato.
4. Plantear un programa de uso eficiente de la energía eléctrica en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A. del cantón Ambato.

### **1.7. Enfoque de la investigación.**

En el presente trabajo de investigación se realiza una evaluación del uso de la energía eléctrica en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A. del cantón Ambato, periodo 2012 – 2013, con el propósito de buscar opciones orientadas a determinar las formas y métodos para hacer un mejor uso de la energía eléctrica, sin reducir los servicios que ésta presta.

Con el diagnóstico inicial y los resultados de la evaluación se planteará un programa para el uso eficiente de la energía eléctrica en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A. del cantón Ambato, en el cual, se señalará las oportunidades más rentables para el uso racional de la energía eléctrica, todas encaminadas a reducir el valor de la planilla por concepto del consumo de energía eléctrica.

Este capítulo, permitió determinar los principales elementos estructurales del diseño de la investigación enmarcando los lineamientos a seguir en el desarrollo del trabajo de investigación. Se enfoca el problema en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., reflejado en los costos elevados de la planilla mensual por concepto de servicio de energía eléctrica.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

En este capítulo presenta el marco teórico, en donde, se detalla el objeto de la investigación, se plantea los antecedentes de la investigación y las bases teóricas sobre el uso eficiente de la energía eléctrica, se caracteriza de manera detallada el objeto de la investigación, conceptualización y las fundamentaciones en las que se señala las orientaciones teóricas sobre el tema.

#### **2.1. Situación actual de la CURTIEMBRE PROMPELL S.A.**

##### **2.1.1. Antecedentes.**

PROMPELL S.A., es una Sociedad Anónima legalmente constituida en Septiembre del año 2002. Esta empresa tiene ya once años de funcionamiento en los cuales ha brindado servicios de alquiler de su moderna maquinaria y la producción de suela vegetal muy cotizada por sus clientes. El accionista mayoritario que a la vez es el técnico de producción cuenta con una capacitación internacional y personalizada en cuanto a curtiembres y la producción del cuero, además su gerente tiene veinte y cinco años de trayectoria en el sector curtidor ecuatoriano.

En la actualidad, PROMPELL S.A., es la industria curtidora de mayor crecimiento y tecnología en el Ecuador, sinónimo de calidad e inmediata respuesta, en constante búsqueda de alianzas estratégicas con clientes que requieran de una alternativa segura en donde la investigación y el desarrollo continuo sean la ventaja competitiva que imponga la diferencia. La fortaleza se sustenta en el talento humano, la inversión en nuevas tecnologías, la experiencia y conciencia ambiental e industrial, factores esenciales para ser considerados como un modelo de desarrollo empresarial cuya evolución constante se basa en la frase: “La innovación se abre camino”. Con el propósito de complacer las exigencias

que demanda el mercado, sus instalaciones cuentan con moderna maquinaria y equipos de punta para la especial fabricación de napas para calzado de dama y caballero, líneas infantiles, tendencias urbanas, de seguridad industrial, fantasías y variados efectos para bolsos y marroquinería, así como, artículos para tapicería automotriz y de muebles, gamuzas, crupón y vaqueta vegetal. Todos ellos con suma estandarización en sus procesos de producción a fin de garantizar la reproducibilidad de sus líneas.

### **2.1.2. Ubicación.**

La CURTIEMBRE PROMPELL S.A., está ubicada al norte de la ciudad de Ambato, en el Parque Industrial Ambato Avenida Cuarta entre calle “F” y Avenida “D”, como se puede observar en el anexo uno. Con respecto al terreno y obras civiles, la totalidad de la Nave Industrial es de propiedad de la empresa sin ningún tipo de hipoteca ni impedimentos.

### **2.1.3. Plan estratégico.**

#### **V i s i o n .**

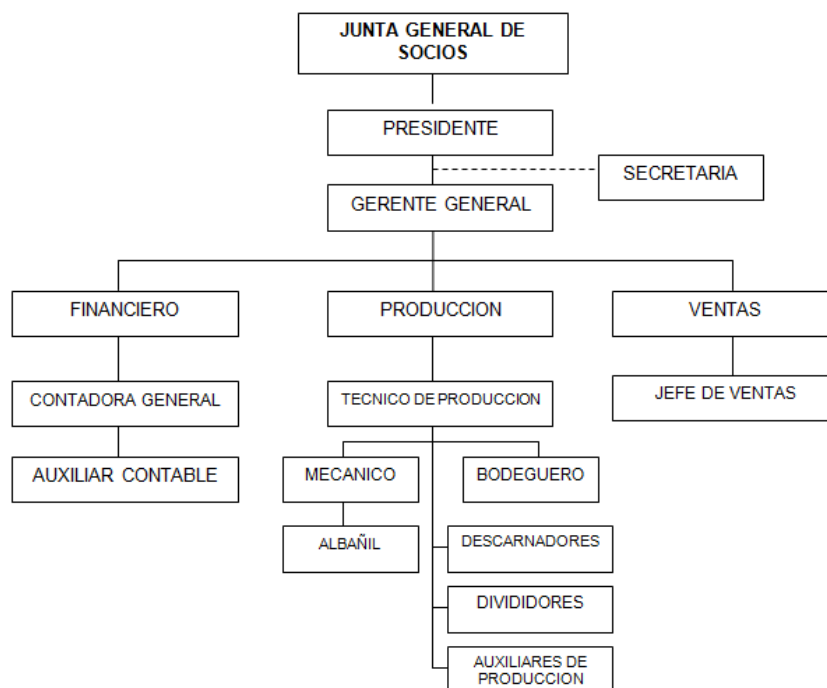
Ser la empresa líder del sector curtidor, de mayor solidez, preferencia y confianza por parte de nuestros clientes

#### **M i s i o n .**

Superar con la más alta calidad, tecnología, y productividad, las continuas exigencias de nuestros clientes, creando artículos diferenciados destinados para calzado, tapicería y marroquinería, respaldados con servicios proactivos, personalizados y una oportuna distribución; transmitiendo un alto grado de investigación, desarrollo e innovación, que generen ventajas competitivas permanentes que nos distinga tanto en el Ecuador como internacionalmente. Este es el camino en que PROMPELL S.A., asegura su evolución en el mercado,

basando su organización para justificar un crecimiento rentable, equilibrado y sostenido, con un compromiso social y respetando el medio ambiente; capacitando continuamente a su recurso humano como el mayor de sus activos, a fin de lograr junto a la cadena de valor de la que forma parte la empresa, un equipo motivado y dinámico que brinde la creación de valor a largo plazo para sus accionistas.

#### 2.1.4. Organigrama funcional.



**Grafico N° 2.1:** Organigrama PROMEPPELL S.A.

**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez

#### 2.1.5. Distribución de la planta de producción (Layout).

Según Maynard, Manual del Ingeniero Industrial (1998)

**La distribución de planta abarca la disposición física de las instalaciones industriales. Esta disposición, ya sea instalada o en proyecto, incluye los espacios necesarios para el movimiento de los materiales, el almacenaje, la mano de obra directa y todas las demás actividades y servicios de apoyo, así como todo el equipo y el personal operativo.(P.13.35).**

En el esquema (anexo dos), se detalla la distribución de la planta de la CURTIEMBRE PROPMEPELL S.A., en donde, se muestra la ubicación de cada una de sus áreas de trabajo como son: administrativa, producción, almacenamiento de materia prima, insumos y producto terminado. Se ubica a los centros de transformación 1 y 2, los mismos que alimentan a los tableros de distribución de las máquinas y equipos en cada uno de los bloques de la planta.

En la primera etapa de la planta se encuentran las siguientes áreas: el área administrativa, en donde, se encuentra el personal encargado de la administración de la planta de producción; el área de la bodega de químicos, lugar que se encuentra todos los insumos que se utiliza en los procesos de producción; el área de vestidores y baterías higiénicas; área de salado de pieles. Luego tenemos las áreas de trabajo con las máquinas que se detallan a continuación: cilindro de suela; bombos de pelambre 1-2-3-4 y 5; descarnadora, divididora R6; bombos curtidores 1-2-3 y 4; rooler suela (estiradora suela); todas alimentadas por el centro de transformación 1.

En la segunda etapa tenemos las maquinas alimentadas por el centro de transformación 2, las misma que son las siguientes: rebajadoras grande y pequeña; bombos engrasadores 1-2-3-4 y 5; desvenadora; secador al vacío; ablandadora; prensa; bombo abatanador; togly (cámara de secado); lijadora; pigmentadora; medidora master; caldero y compresor.

#### **2.1.6. Insumos, servicios y recurso humano.**

Dentro de los principales insumos y servicios para la producción la CURTIEMBRE PROMPEPELL S.A., requiere de Energía Eléctrica, Agua Potable y de regadío, Teléfono, Diesel y aceites.

En cuanto al recurso humano la planta cuenta con 8 trabajadores en el área administrativa, entre ellos el Gerente general, Jefe de Ventas, Jefe Técnico de Producción, Contador General, Auxiliares y secretaría, en tanto que, en la planta

de producción laboran 22 obreros, en las respectivas zonas de trabajo, de acuerdo a los horarios establecidos en base a los volúmenes de producción.

### **2.1.7. Materias primas.**

Se presenta un listado de las materias primas utilizadas en los procesos de producción de la CURTIEMBRE PROMPELL S.A.:

**Cuadro N° 2.1:** Materias primas PROMPELL S.A.

<b>ITEM</b>	<b>DENOMINACION</b>	<b>ITEM</b>	<b>DENOMINACION</b>
1	Pieles crudas o saladas	14	Prebac CR 30
2	Sulfato de amonio	15	Rexnue AB
3	Metalbisulfito	16	Cuirextan B50
4	Imbirex L	17	Dermarex TA
5	Cal	18	Suprarex OZJ
6	Sal	19	Bicarbonato de sodio
7	Acido fórmico	20	Resinrex AD40
8	Acido sulfúrico	21	Resinrex Q7
9	Sulfuro	22	Tara
10	Cuirextan B33 (cromo)	23	Suparex MMN
11	Formiato de sodio	24	Anilina NBE
12	Dermarex C100	25	Anilina NBE
13	Cuirexpon 3F	26	Rextan NR

**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez

En cuanto a los químicos para la producción la curtiembre no tiene ningún problema puesto que cuenta con la representación en el Ecuador de varias Casas Químicas Internacionales productoras de químicos para curtiembre, lo cual facilita el abastecimiento continuo y a tiempo de todos los químicos que se requieran para cada uno de los procesos. En la actualidad la planta cuenta ya con el permiso y la aprobación del CONSEP para las sustancias químicas que controla esta entidad y no tener problemas en adquirir estos productos en los tiempos previstos.

### **2.1.8. Insumos complementarios.**

Los insumos complementarios, en el caso del Diésel, la planta tiene una disponibilidad total ya que tiene un acuerdo con la Gasolinera Viguesam ubicada

cerca del Parque Industrial que provee constantemente este insumo y para los aceites y grasas cuenta con proveedores permanentes de estos insumos como Conauto, Cessa, Dismarkclub, etc.

### **2.1.9. Proveedores.**

PROMEPELL S.A., cuenta con proveedores locales de pieles, los saladeros y camales autorizados, como el Camal Municipal de Ambato y Riobamba, que surten la materia prima en un 80% y Agropesa de la ciudad de Guayaquil que surte un equivalente del 20% del volumen de producción. Esto permite que la planta cuente con la suficiente cantidad de pieles para satisfacer la demanda del producto. Las pieles se clasifican de acuerdo al siguiente detalle:

**Cuadro N° 2.2:** Tipos de pieles PROMEPELL S.A.

<b>TIPO DE PIEL</b>	<b>DENOMINACION</b>
A	Limpias
B	Rayón ligero
C	Rayas y cicatriz
D	Rayas, garrapatas y marcas.

**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez

### **2.1.10. Producto.**

Los productos que ofrece la CURTIEMBRE PROMEPELL S.A., son de alta calidad, fabricados bajo rigurosos controles para garantizar su efectividad en cuanto a durabilidad, colores, diseños y texturas. La mayor producción del cuero se enfoca a la industria del calzado para damas, caballeros y niños, que representa el 80% de la producción y el 20% restante se direcciona para la tapicería automotriz y la industria de muebles para el hogar u oficinas, con una gama de colores, texturas, espesor, tipo de gravado, efectos y en fin todas las exigencias que el cliente solicite. El producto final, está destinado para ser utilizado en las distintas aplicaciones de acuerdo a la calidad del producto, como se muestra:

**Cuadro N° 2.3:** Tipos de producto terminado.

<b>TIPO DE PRODUCTO</b>	<b>APLICACION</b>
Primera (cuero plena flor):	Calzado de damas
Segunda (cuero semicorregido):	Calzado Industrial
Tercera (cuero corregido):	Tapicería

**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez

#### **2.1.11. Precio.**

Los precios finales para el producto del cuero son:

**Cuadro N° 2.4:** Precio del producto.

<b>MERCADO</b>	<b>COSTO</b>
Local (Nacional)	\$ 0.28 por decímetro cuadrado
Externo (Internacional)	\$ 0.31 por decímetro cuadrado

**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez

Estos valores han sido determinados en base a un análisis de costos efectuado de acuerdo a los gastos incurridos tanto en materias primas, mano de obra y costos indirectos de fabricación. Los precios de PROMPELL S.A., son razonables y competitivos.

#### **2.1.12. Comercialización.**

La producción está destinada para ser comercializada en el mercado local: en la Sierra el 80%, distribuido en las ciudades de Ambato el 50%, Quito el 20% y Cuenca el 10%. El resto de la producción total de la planta, es decir el 20%, es comercializada en la Costa, específicamente en la ciudad de Guayaquil. Cabe mencionar, que a futuro PROMPELL S.A., pretende establecer un mercado de tapicería automotriz con Colombia, puesto que constituye un artículo muy poco explotado en nuestro país debido a que la mayor producción del cuero se enfoca al calzado y no a la tapicería, por la ausencia de tecnología suficiente para fabricar este producto.

El desarrollo tecnológico de la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., en cuanto a maquinaria, proporciona un producto que tiene una diferenciación en cuanto a la calidad y precio. Además por las relaciones comerciales con las

empresas proveedoras de productos químicos, la empresa garantiza innovaciones constantes en los productos ubicados en el mercado, con precios más competitivos, resultado de la maquinaria y la calidad de los productos químicos con excelente trayectoria a nivel mundial. PROMPELL S.A., constantemente participa en ferias del cuero, tanto nacionales como internacionales con el fin de dar a conocer la calidad de los productos, servicios y excelentes precios de los diferentes artículos que procesa.

### **2.1.13. Proceso de producción y/o servicio.**

La actividad industrial de la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., se basa en el procesamiento de pieles como acción propia de la planta y el maquilado de pieles en ciertos procesos para terceros. Los procesos de producción se encuentran agrupados por áreas de trabajo como se muestra a continuación:

**Cuadro N° 2.5:** Proceso de Producción PROMPELL S.A.

AREA	PROCESO DE PRODUCCION
1	1.- Selección / clasificación / y recepción de pieles 2.- Remojo y pelambre 3.- Descarnado 4.- Dividido 5.- Desencalado / curtido
2	6.- Ecurrido 7.- Rebajado
3	8.- Recurtido / tintura / engrase 9.- Ecurrido/estirado 10.- Secado a) Vacío b) Aéreo c) Togly 11.- Acondicionado / ablandado 12.- Estucado / lijado
4	13.- Acabados 14.- Medición / empaque

**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez

#### **2.1.14. Procedimientos de los procesos de producción.**

A continuación se detalla el procedimiento para cada uno de los procesos de producción de la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., los mismos que podemos observar en imágenes en [www.prompell.com](http://www.prompell.com).

**1. Recepción de pieles:** Se recibe y selecciona las pieles surtidas por los proveedores: el Camal Municipal de Ambato, Riobamba y Agropesa de la ciudad de Guayaquil, ubicando las mismas, en un depósito adecuado en donde se almacena.

**2. Remojo / pelambre:** En bombos de madera de un diámetro de 3.5m x 3.5m, se colocan las pieles y se someten a una rehidratación y a un lavado con abundante agua, para posteriormente depilar con la acción del sulfuro y cal (dura dos días este proceso).

**3. Descarnado:** Una vez depiladas las pieles, son sometidas a la acción del descarnado con la utilización de la maquina DESCARNADORA en donde las pieles son liberadas del tejido subcutáneo o grasa por la acción de un cilindro y cuchillas.

**4. Dividido:** Con la utilización de la maquina DIVIDIDORA, una vez descarnadas las pieles se dividen en dos partes una llamada flor y la otra llamada cerraje, esto se hace gracias a una cuchilla sin fin que atraviesa de manera transversal el espesor de las pieles.

**5. Desencalado:** Divididas las pieles ingresan a otros bombos en donde se quita el exceso de cal de las mismas (desencalado) con la utilización de sulfato de amonio y bisulfito, luego se purgan (rendido) con la ayuda de enzimas, se ajusta su pH (piquel) con la ayuda de sales, ácido fórmico y ácido sulfúrico .Finalmente se curten (curtido) con la aplicación de sulfato de cromo de 33% de basicidad.

**6. Escurrido / estirado:** Una vez curtidas las pieles se escurren en la máquina de ESCURRIR, que posee filtros especiales que reducen la cantidad de humedad de la piel.

**7. Rebajado:** Cuando las pieles se han escurrido se procede a ajustar el grosor de la piel (espesor final) en la máquina de REBAJAR que consta de un cilindro de cuchillas especiales para el efecto.

**8. Recurtido / neutralización / teñido / engrase:** Cuando se ha ajustado el espesor de la piel, esta ingresa a un bombo de RECURTIDO en donde se eliminan de ácidos el cuero (neutralización) con el empleo de sales orgánicas y bicarbonato de sodio y amonio. Posteriormente se realiza en el interior del mismo bombo las operaciones de recurtición, tintura y engrase en donde se emplea productos como: Cromo 50% de basicidad, resinas de tipo acrílico y melamina formol, extractos vegetales como mimosa, quebracho tara y castaño, glutaraldehído, sintéticos naftalensulfónicos, anilinas azoicas, auxiliares de dispersión, tensoactivos, grasas naturales y sintéticas de orígenes variados destacándose: aceite de patas, pescado sulfatado, esteres fosfóricos, parafinas, lanolinas, lecitinas, entre otros.

**9. Escurrido / estirado:** Las pieles del punto anterior son sometidas a una acción de escurrido y estirado, antes de ser secadas.

**10. Secado:** Se procede a secar las pieles, con el fin de disminuir el porcentaje de humedad que tienen; esto se logra con procedimientos de secado al vacío y secado al aire de la siguiente manera:

**a) Máquina de vacío:** Posee dos placas metálicas que son calentadas por un flujo térmico de agua caliente y en cuya superficie apoyan las pieles que se someten a la acción del vacío gracias a una placa superior que realiza este efecto.

**b) Secado al aire:** Se realiza ubicando las pieles en la cadena aérea.

**c) Máquina togly:** Las pieles son pinzadas en unos marcos especiales y luego colocadas en el interior de una cámara, la cual se mantiene en condiciones de temperatura y humedad específicas.

**11. Acondicionado / Ablandado:** Las pieles secas se rehidratan a fin de mantener una humedad entre 18 a 22 % y posteriormente se ablandan ya sea en un bombo de abatanar que gira a 18 revoluciones por minuto (r.p.m.) o a su vez en una máquina que posee unas placas especiales que golpean velozmente a la piel. Estos procesos devuelven la morbidez y manipulabilidad de las pieles.

**12. Estucado y lijado:** Las pieles con muchos defectos en su superficie se estucan y se llevan a la máquina de Lijado, en donde, un cilindro de lija gira a grandes velocidades y cuyo contacto con la flor de la piel elimina la cantidad de defectos que esta tiene, el polvo resultante se compacta con un sistema compactador de polvos.

**13. Acabados:** Una vez que las pieles se han lijado, procedemos a la aplicación de los acabados, con máquinas pigmentadoras, las cuales poseen sistemas de pistolas aerográficas, de baja presión (HVLP) o airless. También puede hacerse con rodillos especiales (roller); finalmente se secan, se prensan o gravan para reticular y filmar las resinas y pigmentos depositados en su superficie.

**14. Medición / empaque:** Las pieles terminadas, de acuerdo a la calidad del producto, se seleccionan y finalmente se procede a medir en decímetros cuadrados, para realizar el empaque y almacenamiento para su comercialización.

#### **2.1.15. Capacidad de la planta.**

Actualmente existe una capacidad de trabajo de 500 pieles semanales, determinada en función de la capacidad de carga de los bombos instalados en la

fábrica y tiempo de trabajo mecánico que se ha estandarizado con los turnos de trabajo del personal.

#### **2.1.16. Períodos de disponibilidad de la producción.**

El tiempo para la producción se distribuirá inicialmente en base a los pedidos que efectúen los clientes tomando en cuenta que los obreros trabajan ocho horas diarias y de ser necesario se realizarán turnos que pueden ser en el día o en la noche con el objetivo primordial de cumplir en el tiempo previsto los pedidos efectuados

#### **2.1.17. Mantenimiento de máquinas y equipos.**

En cuanto al mantenimiento de la maquinaria la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., cuenta con un mecánico de planta que diariamente se encarga de vigilar por el correcto funcionamiento de cada máquina, además de contar con los servicios temporales de un técnico electricista, para el control de las instalaciones eléctricas existentes y la instalación de nueva maquinaria y equipos. Se realiza un mantenimiento y reajuste general en forma anual.

#### **2.1.18. Sistema eléctrico.**

Se realizó el levantamiento de la información de las instalaciones eléctricas de cada uno de los equipos y elementos que forman parte del sistema eléctrico de la CURTIEMBRE PROMPELL S.A. Se consideró las cargas asociadas a cada uno de los centros de transformación, con sus respectivas conexiones y ubicación dentro del sistema eléctrico, lo que facilitó para el análisis de los problemas operativos de la planta de producción y determinar las causas posibles del uso ineficiente de la energía eléctrica en los procesos de producción.

En el anexo tres; se puede observar el diagrama unifilar del transformador 1 (trifásico de 160 kVA), que alimenta al bloque 1 de la planta de producción, con

el detalle de los elementos instalados en el tablero general de distribución 1 (TGD1), en donde, encontramos las barras de distribución; las protecciones con sus características y parámetros de corriente; las derivaciones a los tableros de distribución del bloque 1; y las salidas a las máquinas y equipos con la sección de conductores correspondiente.

En el anexo cuatro; se muestra la derivación que viene desde el tablero general de distribución (TGD1), y alimenta al tablero de distribución 11 (TD11), en donde, encontramos las barras de distribución; las protecciones con sus características y parámetros de corriente; la derivación al tablero de distribución 13 (TD13); y las salidas a las máquinas y equipos desde los tableros de distribución TD11 y TD13 con la sección de conductores correspondiente.

En el anexo cinco; se muestra la derivación que viene desde el disyuntor instalado en el tablero general de distribución (TGD1), y alimenta al tablero de distribución 12 (TD12), en donde, encontramos las barras de distribución; las protecciones con sus características y parámetros de corriente; la derivación al tablero de distribución 14 (TD14); y las salidas a las máquinas, equipos y sistema de iluminación desde los tableros de distribución TD12 y TD14, con la sección de conductores correspondiente.

En el anexo seis; se puede observar el diagrama unifilar del transformador 2 (trifásico de 300 kVA), que alimenta al bloque 2 de la planta de producción, con el detalle de los elementos instalados en el tablero general de distribución 2 (TGD2), en donde, encontramos las barras de distribución; las protecciones con sus características y parámetros de corriente; las derivaciones a los tableros de distribución del bloque 2 y a los transformadores elevadores para las máquinas que funcionan a un nivel de voltaje de 380 V; y las salidas a las máquinas y equipos con la sección de conductores correspondiente.

### **2.1.19. Características técnicas de máquinas y equipos.**

Se realizó el levantamiento de la información tomando los datos de placa y etiquetas de características de cada uno de los equipos y elementos que conforman el sistema eléctrico de la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., que nos sirvió para identificar los parámetros eléctricos principales como son: potencia, voltaje, y corriente, como se detalla en el anexo siete: Cuenta con dos centros de transformación 160kVA y 300 kVA, que suministran el servicio eléctrico al bloque 1 y bloque 2 respectivamente; tiene dos sistemas de medida electrónicos de tarifa horaria, para registro de la energía y potencia eléctrica que suministra cada transformador; transformadores elevadores de voltaje 220/380 V., para cubrir los niveles de voltaje requeridos por algunas máquinas instaladas en la planta; y de manera general, las máquinas instaladas en el bloque 1 y 2 de la planta de producción. Se señala el tipo de servicio, el nivel del voltaje de alimentación y la potencia individual de las máquinas; finalmente se determina la potencia instalada en la Curtiembre. El conocimiento de las características técnicas de los equipos y elementos que forman parte del sistema eléctrico de la planta de producción, permitió realizar el análisis de las condiciones de operación actual de cada uno de ellos.

### **2.2. Fundamentación teórica de la investigación.**

Debemos recordar que el consumir energía es sinónimo de actividad, cambio, progreso, pero el manejo inadecuado de esta, conduce a un alto consumo, lo que provoca que el producto final sea más caro y menos competitivo en el mercado. Por lo tanto, la literatura especializada y fuentes consultadas, se integran de manera que permitan valorar las concepciones del “estado del arte y la práctica”, sobre los temas en relación al trabajo objeto de la investigación, lo que posibilita sentar las bases para su desarrollo. El tratamiento de los diferentes tópicos permitió enfocar de una manera integral a las principales opciones de racionalizar el uso de la energía, convirtiéndose en una oportunidad para reducir el costo de la planilla por concepto de servicio de energía eléctrica.

### **2.2.1. Antecedentes de la investigación.**

El equipo eléctrico que puede realizar trabajo mecánico es el motor eléctrico, y por lo tanto son estos equipos los principales dentro del proceso de producción; los sistemas de refrigeración y calefacción también forman parte del sistema de fuerza en una instalación eléctrica de tipo industrial, siendo equipos que inciden directamente en el consumo de la energía eléctrica. Se observa la importancia de las máquinas eléctricas en la industria.

El primer paso para el ahorro de energía en motores eléctricos, es la selección correcta de la potencia nominal del motor.

Según CAMPOS AVELLA (2003):

**Recomienda que la potencia nominal este sobredimensionada en 5 a 15% respecto a la potencia de operación del motor, con el objetivo de que el motor opere con una eficiencia y un factor de potencia adecuados. Si el motor seleccionado está sobredimensionado por encima del 25% la potencia de operación, incrementará la corriente del motor, aumentando las pérdidas en las líneas y el consumo de la potencia reactiva. (p. 56).**

Con lo mencionado, en la determinación de la potencia de operación de los motores, de acuerdo al requerimiento de operación, resulta una acción estratégica para el uso eficiente de la energía eléctrica, puesto que, con el 15 % de incremento con respecto a la potencia de operación, se determina la potencia nominal del motor, que tendrá una operación eficiente, con un factor de potencia adecuado.

Cuando se comparan económicamente dos motores de la misma potencia pero de diferente eficiencia nominal, entonces resulta necesario determinar los ahorros anuales generados por el uso del motor de mayor eficiencia. La idea es determinar en qué tiempo el ahorro obtenido por un menor consumo energético compensa el costo adicional del motor de alta eficiencia.

Al seleccionar los motores eléctricos, debemos de considerar además del costo inicial de compra, el análisis económico de la operación, puesto que representa el porcentaje más significativo con respecto al costo de compra.

Según MALINOWSKY J. (2000):

**Las bombas requieren 31% de la energía usada, los compresores 18%, los ventiladores y secadores 18% y las bandas transportadoras cerca del 14%. Las cargas que tienen momento variable son las mejores candidatas a adicionar un variador electrónico de velocidad (VFD Variable Frequency Drives), para ahorrar energía. Los ventiladores y bombas centrifugas son cargas de torque variable donde la potencia requerida varia con el cubo de la velocidad, obteniendo un ahorro del 50% o más. (p.49).**

De acuerdo, a lo señalado, al instante que se proceda a disminuir la velocidad de operación, disminuirá la potencia requerida por el motor y el ahorro de energía viene de reducir la velocidad del motor. Este hecho hace que en bombas y ventiladores al adicionar un variador electrónico de velocidad, sea factible obtener un ahorro del 50% o más.

Como un antecedente, al trabajo de investigación, se señala una de las ponencias del SEMINARIO INTERNACIONAL DE USO ENERGÉTICO, ENERGÍAS ALTERNATIVAS Y DESARROLLO SOSTENIBLE, UTC 2012; con el tema Pequeñas y Medianas Industria (PYMES), Energía a rescatarse (Caso Curtiembre Ambato), en donde, posterior a realizar una evaluación de la situación actual de la planta de producción, sistema eléctrico, características de máquinas y equipos. Se identificó los siguientes aspectos: receptores que operaban simultáneamente, que ocasionaban que la demanda máxima sea elevada; pagaban valores adicionales por penalización por bajo factor de potencia; existía un desbalance en las cargas, en razón que no existía tablero de distribución; el sistema de medida era de demanda fija, es decir, sin reseteo automático.

Con la implementación de acciones correctivas, como: compensación de reactivos, tablero de distribución, balance de cargas y la instalación de un sistema de medida con reseteo automático de la demanda, se obtuvo los siguientes resultados: La Tasa Interna de Retorno (TIR) igual al 130%, Un Valor Presente

Neto (VAN) igual 10,049.8 dólares, hasta el tiempo del proyecto y el Retorno de la Inversión (PRS) en 0.52 años. De acuerdo a los resultados alcanzados se planteó como recomendación, continuar con concienciación y capacitación a los industriales, sobre el uso eficiente de la energía eléctrica.

### **2.2.2. Equipos de medición.**

Un equipo de medición puede estar compuesto de un contador de energía electromecánico o electrónico, y en otras ocasiones a más del contador de energía, de transformadores de medida como transformadores de corriente (TC) y /o transformadores de potencial (TP).

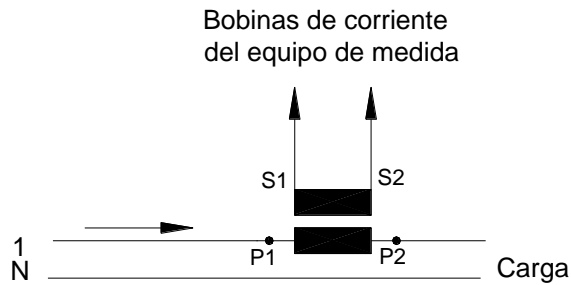
#### **2.2.2.1. Contador de energía eléctrica.**

Según BARRERA G., Vicente (2001):

**Un contador de energía eléctrica, puede ser considerado como un equipo que posibilita a la Empresa distribuidora de energía eléctrica, a realizar una facturación adecuada de la cantidad de potencia y energía eléctrica consumida en un periodo de tiempo por cada cliente, dentro de una tarifa establecida.(p31).**

#### **2.2.2.2. Transformadores de corriente (TC)**

Es un transformador para instrumentos de medición, cuyo arrollamiento primario es conectado en serie con el circuito eléctrico, mientras que su arrollamiento secundario se destina a alimentar las bobinas de corriente de los instrumentos de medición. En el mercado se encuentra transformadores de corriente de diferente relación, tanto en bajo voltaje como en medio voltaje, por ejemplo: TC de relación 100/5, 150/5, 200/5, 400/5, 1000/5, etc., en bajo voltaje y de relación 10/5, 25/5, 40/5,50/5, etc., en medio voltaje. Representación gráfica:

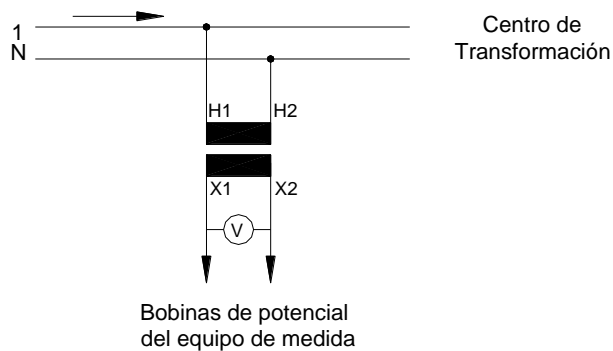


**Grafico N° 2.2:** Transformador de Corriente (TC)

**Fuente:** BARRERA G., Vicente, Manual de Instalación de Sistemas de Medición, CIER, 2001. (p.34).

**2.2.2.3. Transformadores de potencial o voltaje (TP).**

Es un transformador para instrumentos de medición, cuyo arrollamiento primario es conectado en derivación en un circuito eléctrico mientras que el arrollamiento secundario se destina a alimentar las bobinas de potencial de los instrumentos de medición, en la práctica es considerado un “reductor de voltaje”, pues el voltaje en los bornes del arrollamiento secundario (generalmente 110, 115 ó 120 voltios) es siempre menor que el voltaje aplicado en los bornes del arrollamiento primario. Representación gráfica:



**Grafico N° 2.3:** Transformador de Potencial (TP)

**Fuente:** BARRERA G., Vicente, Manual de Instalación de Sistemas de Medición, CIER, 2001. (p.36).

### **2.2.3. Clases de medición**

Existen dos clases de medición:

1. Medición directa
2. Medición indirecta
  - a) Bajo voltaje
  - b) Medio voltaje

#### **2.2.3.1. Medición directa**

Como su palabra misma lo dice, es aquella medición que se realiza directamente, con un medidor de energía eléctrica, sin la instalación de ningún equipo adicional. Esta medición puede ser monofásica, bifásica o trifásica y dependiendo del servicio que desee el usuario, se deberá instalar el medidor respectivo.

#### **2.2.3.2. Medición indirecta.**

Según BARRERA G., Vicente (2001).

**Es aquella medición que no censa el consumo de energía eléctrica directamente desde las líneas de alimentación, sino que realiza la medición mediante la utilización de equipos auxiliares, como son los transformadores de corriente y los transformadores de potencial. (p.41).**

Los elementos envían señales de corriente y/o voltaje, reducidos de escala, para que el medidor pueda contabilizar. La medición indirecta puede ser en bajo voltaje como en medio voltaje. Como el medidor de energía, solamente recibe señales, es necesario que el valor registrado por el equipo de medición, se multiplique por un factor que se conoce como “factor de multiplicación”. Dicho factor se obtiene de la relación marcada en la placa de los transformadores de corriente y potencial.

#### **2.2.4. Medidores electrónicos tarifa horaria.**

Según Asea Brown Boveri (2002): “Los medidores electrónicos tienen como objetivo proporcionar precisión en las mediciones de los parámetros seleccionados en la programación” (p.12). Para el tratamiento de la información almacenada por los medidores, se dispondrá del software adecuado, permitiendo obtener curvas de carga a través de hojas electrónicas, transformando los pulsos registrados en intervalos de tiempo definidos en la programación, en variables de potencia y energía, reflejando las características de las cargas dentro de todos los procesos productivos en el sector industrial. El medidor permite el acople de tarjetas para incrementar las funciones de acuerdo al requerimiento. Esto le da bastante flexibilidad para agregar funciones al medidor después de la adquisición inicial.

#### **2.2.5. Capacitores.**

Según OREJUELA LUNA, Víctor (2001): “El capacitor es un dispositivo cuyo objetivo principal es introducir capacitancia a los circuitos eléctricos” (P.14). La utilización de bancos de capacitores brinda importantes beneficios a los consumidores, entre los cuales tenemos:

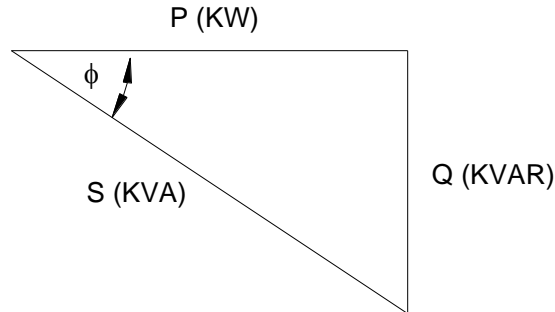
1. Optimizar el aprovechamiento de las instalaciones, permitiendo una mayor cargabilidad de circuitos eléctricos y transformadores.
2. Evitar el pago de la penalización en la factura de energía eléctrica.
3. Aumentar los niveles de voltaje en el punto de conexión.

#### **2.2.6. Factor de potencia.**

Según MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS (2000):

**Factor de potencia es el término usado para describir la relación entre potencia activa (kW) usada en el sistema y la potencia aparente (kVA) que se obtiene de las líneas de alimentación, o dicho de otro modo, el coseno del ángulo formado por el desfase de la corriente con respecto al voltaje aplicado. (p.58).**

En el triángulo de potencias se muestra la relación de las tres variables de potencia que se encuentran en el sistema.



**Grafico N° 2.4:** Triangulo de Potencias

**Fuente:** Eficiencia Energética, Ministerio de Energía y Minas, 2000

Dónde:

**P (KW)** = Potencia activa

**Q (KVAR)** = Potencia reactiva

**S (KVA)** = Potencia aparente

Tenemos:

$$S(\text{KVA}) = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (1)$$

$$\text{Cos}\phi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \quad (2)$$

Todos los aparatos que contienen inductancia (bobinas), tales como motores, transformadores y demás equipos en funcionamiento en vacío, a media o plena carga, necesitan, además de potencia activa, la potencia reactiva que se disipa en las bobinas para establecer campos magnéticos necesarios para su operación. Al exigir la energía reactiva mayor cantidad de corriente que la estrictamente necesaria para ejecutar un trabajo genera una mala eficiencia eléctrica.

### **2.2.7. Penalización por bajo factor de potencia.**

El Pliego Tarifario en vigencia, establece que el factor de potencia mínimo permitido es 0.92 (no hay que perder de vista que el máximo valor del factor de potencia es 1.0 para cargas resistivas).

Según el Ministerio de Energía y Minas (2000): “En el caso de que el factor de potencia medio mensual registrado por un abonado sea menor a 0.92, la facturación mensual por consumo de energía eléctrica será recargada por un valor de penalización”.(p.45).

El cálculo se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$\text{US\$ POR ENERGIA REACTIVA} = ((0.92 / \text{Cos } \phi) - 1) * (\text{US\$ kWh} + \text{US\$ DF}) \quad (3)$$

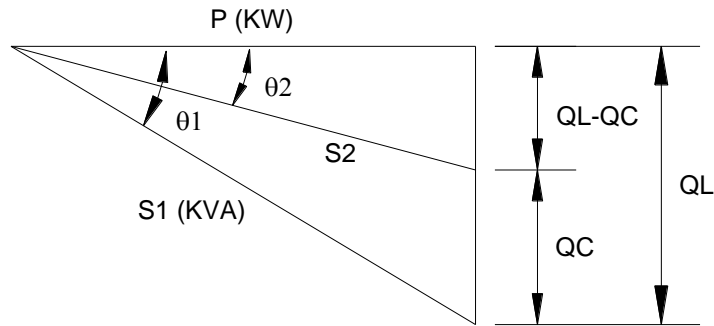
Dónde:

- 0.92 = Factor de potencia medio exigido por la empresa
- $\text{cos } \phi$  = Factor de potencia medio del cliente
- US\$ kWh = Valor de la energía en dólares
- US\$ DF = Valor de la demanda facturable en dólares

#### **2.2.8. Corrección del factor de potencia.**

Según OREJUELA LUNA, Víctor (2001): “La compensación de potencia reactiva, cuando no existe armónicos en el sistema eléctrico del cliente, se puede realizar colocando condensadores en paralelo a los consumidores de potencia inductiva QL” (p.47). Esto permitirá anular total o parcialmente la potencia reactiva inductiva tomada de la red. A este proceso se denomina corrección del factor de potencia, el mismo que se detalla a continuación:

Analizando el triángulo de potencias podemos ver que, lo óptimo es que **S** se aproxime a **P**, o sea, que el factor de potencia ( $\text{Cos } \phi$ ), se aproxime a la unidad, esto sin variar la potencia útil.



**Grafico N° 2.5:** Corrección del Factor de Potencia  
**Fuente:** Eficiencia Energética, Ministerio de Energía y Minas, 2000.

Dónde:

**QL** = Carga reactiva en el sistema

**P** = Potencia útil entregada

**S** = Carga aparente

Del triángulo, se puede describir el procedimiento para obtener la potencia del condensador para compensar los reactivos del sistema a instalarse.

$$\operatorname{tg} \theta_1 = \frac{QL}{P}$$

$$Ql = P \times \operatorname{tg} \theta_1$$

$$\operatorname{tg} \theta_2 = \frac{QL - QC}{P}$$

$$QL - QC = P \times \operatorname{tg} \theta_2$$

$$QC = QL - P \times \operatorname{tg} \theta_2$$

Como  $QL = P \times \operatorname{tg} \theta_1$ ; entonces

$$QC = P \times \operatorname{tg} \theta_1 - P \times \operatorname{tg} \theta_2$$

$$QC = P \times (\operatorname{tg} \theta_1 - \operatorname{tg} \theta_2)$$

(4)

$Qc = \text{KVAR}$ ; que es la potencia del condensador

Para cálculo de los KVAR requeridos para la corrección del factor de potencia se puede utilizar el método del triángulo de potencias ya descrito o también es posible utilizando el factor "K", que se muestra en el anexo ocho; el mismo que esta dado en función del factor de potencia de la instalación antes y

después de la compensación. El factor “K” hallado se multiplica por la Potencia Activa del sistema eléctrico como se señala en la fórmula:”

$$Q_c = \text{Potencia Activa} * \text{Factor K} \quad (5)$$

### **2.2.9. Conductores.**

Para el cálculo del calibre de los alimentadores y circuitos, se considera tres factores:

1. Capacidad de corriente
2. Caída de voltaje
3. Capacidad de cortocircuito

Según OREJUELA LUNA, Víctor (2001): “Para circuitos de iluminación y tomacorrientes la caída de voltaje máxima permisible es de 2.5% para un nivel de voltaje de 120 V. El calibre del conductor del neutro será igual al conductor de las fases.” (p.38). Esto con el propósito de considerar para la calidad del servicio eléctrico.

### **2.2.10. Resistencia en conductores eléctricos.**

La resistencia de los conductores de las líneas que transportan potencia eléctrica, es la causa más importante de la pérdida de potencia en ellas. El término “resistencia”, se refiere a la resistencia efectiva de un conductor que está dada por:

$$R = \frac{\text{perdida de potencia en el conductor}}{|I|^2} \Omega \quad (6)$$

Dónde:

P = Potencia (vatios)

I = Corriente rms en el conductor (Amperios)

**La resistencia de corriente directa (cd) está dada por la ecuación:**

$$R = \frac{\rho^* \ell}{A} \Omega \quad (7)$$

Dónde:

$\rho$  = Resistividad del conductor (ohmios / metro).

$\ell$  = Longitud (pies); (metros).

$A$  = Área de la sección transversal (metros cuadrados).

Según STEVENSON, William D (1996): “La resistencia de conductores trenzados para cada milla de conductor, se estima un incremento de 1% para conductores de tres hilos, y de 2% para conductores concéntricamente trenzados (p.134).

**2.2.11. Dimensionamiento de los disyuntores.**

El dimensionamiento de un disyuntor consiste en determinar la corriente nominal de disparo  $I_n$ , la misma que abre el circuito. Para escoger la intensidad nominal debe cumplir con las siguientes condiciones:

$$I_n < I_{\text{cond.}}$$

$$I_n > 1.25 I_c$$

Donde:

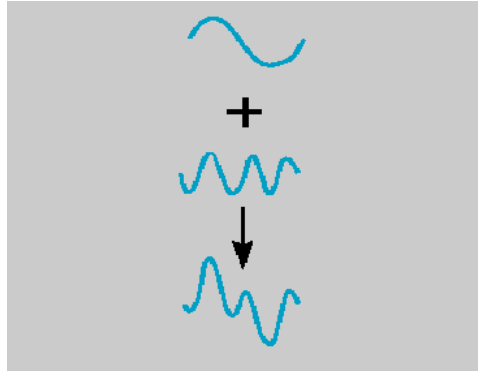
$I_{\text{cond.}}$  = Capacidad de conducción de corriente de los conductores.

$I_c$  = Corriente máxima de carga

**2.2.12. Armónicos.**

En un sistema de potencia eléctrica, los aparatos y equipos que se conectan a él, con un voltaje y corriente sinusoidal. Por diferentes razones, se puede presentar un flujo eléctrico a otras frecuencias de 60 ciclos sobre algunas partes del sistema de potencia o dentro de la instalación de un usuario. En el gráfico, se observa la

descomposición de una onda distorsionada en una onda sinusoidal a la frecuencia fundamental (60 Hz) más una onda de frecuencia distinta. El término armónico, se refiere a cualquiera de las componentes sinusoidales mencionadas previamente, la cual es múltiplo de la fundamental.



**Grafico N° 2.6:** Descomposición de una onda distorsionada.  
**Fuente:** OREJUELA LUNA, Víctor, Calidad de Servicios, CICE, 2001.

Los armónicos se definen habitualmente con los dos datos más importantes que les caracterizan, que son: **su amplitud**, que hace referencia al valor del voltaje o intensidad del armónico y **su orden**, que hace referencia al valor de su frecuencia referido a la fundamental (60 Hz). Así, un armónico de orden 3 tiene una frecuencia 3 veces superior a la fundamental, es decir  $3 * 60 \text{ Hz} = 180 \text{ Hz}$ .

### **2.2.13. Motores asincrónicos de alta eficiencia.**

Un programa de uso eficiente de la energía eléctrica, debe considerar la evaluación de la eficiencia de los motores más potentes y críticos de una industria. El objetivo de la evaluación está en determinar el estado de carga y la eficiencia operacional con vistas a identificar el potencial de ahorro y aplicar las herramientas necesarias para elevar la competitividad.

La mayoría de los motores existentes en la industria son evaluados en fábrica por una de las normas siguientes: la IEC 34-2, la IEEE- 112 y NEMA MG1 aplicada fundamentalmente en USA; y las JEC-37 y CS-390 armonizan con la IEEE-112. Bajo una de estas normas se estampan los datos de placa de las

maquinas eléctricas que diariamente accionan en la industria. Un motor probado bajo la norma JEC puede aparecer un 2 % más eficiente que si se ensaya bajo la IEEE-112.

#### **2.2.14. Variadores electrónicos de velocidad en motores.**

El punto óptimo de operación de los motores eléctricos generalmente no ocurre a la velocidad nominal del motor ni al voltaje nominal del motor, más bien este punto se encuentra a una velocidad diferente a la de placa y a un voltaje menor del nominal.

Los variadores electrónicos de velocidad (VFD Variable Frequency Drives) permiten regular el torque que entrega un equipo sin necesidad de recurrir a opciones antieconómicas. Estos dispositivos permiten lograr considerables ahorros de energía en la operación de los motores eléctricos y otros beneficios adicionales, tales como prolongación de la vida útil de los equipos accionados por los motores, menor ruido, menos desgaste, mejor control y posibilidades de regeneración, en relación a los motores que no disponen de este dispositivo. Los ventiladores y bombas centrifugas son cargas de torque variable donde la potencia requerida varia con el cubo de la velocidad, de esta manera al disminuir la velocidad de operación disminuirá la potencia requerida por el motor y el ahorro de energía viene de reducir la velocidad del motor. Este hecho hace que en bombas y ventiladores los VFD permitan tener un ahorro del 50% o más

### **2.3. Marco legal vigente.**

El uso eficiente de la energía se plantea como una necesidad global para solucionar los problemas del clima y la contaminación medioambiental, en este escenario el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, MEER., a través de la Dirección de Eficiencia Energética ha desarrollado políticas y proyectos que promueven el uso racional de la energía, además de estrategias para mejorar la eficiencia energética en los diferentes sectores del país:

### **2.3.1. Eficiencia energética sector industrial.**

La demanda anual de energía eléctrica correspondiente al año 2010 en el sector industrial fue alrededor 31% del total de energía eléctrica demandada en el Ecuador, es por eso que el sector industrial es un sector estratégico sobre el cual el Gobierno está aplicando medidas y políticas necesarias de eficiencia energética. El Gobierno del Ecuador, implemento el Proyecto: “Eficiencia Energética para la Industria (EEI)”, con el apoyo del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) a través de la Organización de Naciones Unidas para el desarrollo Industrial (ONUUDI).

“El proyecto demanda una inversión total de 4’750.000 USD, de los cuales 2’140.000 USD serán financiados con recursos del presupuesto institucional del MEER; 975.000 USD con la cooperación técnica no reembolsable del FMAM y la ONUUDI y 1’635.000 USD restantes serán un aporte del sector privado ecuatoriano”, ([www.conelec.gob.ec](http://www.conelec.gob.ec)). El Objetivo del Proyecto es promover mejoras en la eficiencia energética de la industria ecuatoriana a través de la aplicación de la metodología de Optimización de Sistemas en procesos industriales, mejorando la competitividad de dichas instalaciones.

### **2.4. Definición de términos.**

- a) **Caídas de voltaje.-** Es la diferencia entre el voltaje del lado de la fuente y el voltaje en el lado de la carga de cualquier parte del sistema de distribución.
- b) **Carga instalada.-** Es la suma de las demandas nominales de todas las cargas que pueden ser conectadas.
- c) **Carga.-** Es la potencia absorbida por un equipo o red.
- d) **Centro de transformación.-** La parte de la red primaria que comprende el transformador de distribución y sus elementos de protección.
- e) **Consumidor, usuario, abonado o cliente.-** Según OREJUELA LUNA, Víctor (2001): “Persona natural o jurídica que ha suscrito un convenio con

la Empresa, para el suministro de energía eléctrica dentro de un establecimiento, edificio o industria” (p.12). Si es un gran consumidor es considerado como cliente especial para la Empresa Eléctrica.

- f) **Demanda máxima unitaria.-** Es el valor máximo de la potencia que en un intervalo de tiempo de 15 minutos es suministrada por la red al consumidor individual.
- g) **Demanda máxima.-** Es la mayor de todas las demandas que ha ocurrido en un periodo específico de tiempo.
- h) **Demanda.-** Es la potencia requerida por un sistema o parte de él, promediada en un intervalo previamente establecido.
- i) **Fase.-** Es el punto en el cual la diferencia de voltaje con respecto a tierra, es mayor que cero.
- j) **Neutro.-** Es el punto en el cual la diferencia de voltaje con respecto a tierra es cero.
- k) **Puesta a tierra.-** El conjunto de elementos destinados a proveer una conexión permanente, entre un punto de la red o entre los terminales de un equipo y tierra.
- l) **Red de distribución.-** El conjunto de los elementos componentes del sistema de distribución: Conductores, aisladores, estructuras de soporte, canalizaciones y equipos.
- m) **Sistema de distribución.-** Un sistema de distribución comprende de los circuitos primarios que parten de las Subestaciones de distribución, los transformadores de distribución para reducir el voltaje al valor de utilización por los usuarios y los circuitos secundarios hasta la entrada de la instalación del consumidor.
- n) **Transformador de distribución.**

Según G. FINK Donald / BEATY H. Wayne (1998):

**Es una máquina estática destinada a transformar energía eléctrica (corriente alterna), de un circuito (primario) a otro (secundario), utilizando como enlace la inducción electromagnética, manteniendo la frecuencia constante y variando los valores de voltaje e intensidad generalmente” (p.121).**

- o) **Variación de voltaje.**- Según OREJUELA LUNA, Víctor (2001): “Es la diferencia entre los voltajes máximo y mínimo que se dan en un punto del sistema dentro de condiciones de operación normal” (p.16).
- p) **Voltaje nominal.**- Según OREJUELA LUNA, Víctor (2001): “Es un valor asignado al sistema con el propósito de identificar convenientemente la clase de voltaje” (p.16).

La caracterización de manera detallada del objeto de la investigación, a través del levantamiento de la información de la situación actual de los procesos de producción y las instalaciones eléctricas de cada uno de los equipos y elementos que forman parte del sistema eléctrico de la CURTIEMBRE PROMPELL S.A.; se convierte en la base para el análisis de los problemas operativos de la planta de producción y determinar las posibles causas del uso ineficiente de la energía eléctrica en los procesos de producción.

La información de campo y bibliográfica del objeto de estudio, se constituye en el elemento básico para realizar la evaluación de la situación actual, convirtiéndose en el punto de partida para determinar las posibles causas que provocan el uso ineficiente de la energía eléctrica en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A.

## CAPITULO III

### METODOLOGIA.

En este capítulo se señala el marco metodológico, el cual comprende el tipo y diseño de la investigación; la población y muestra del trabajo de investigación, así como los instrumentos y técnicas de recolección de la información, con los procedimientos para validar la calidad de los datos obtenidos en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A.

Según ALVAREZ DE ZAYAS/ Carlos M (2001):

**La Investigación consiste en el tratamiento de los datos estadísticos que reposan en los cuadros preparados y elaborados para recibir información bibliográfica y de campo. Los datos reflejan las características que las tendencias de los problemas que se investigan y sirven de material para el análisis cualitativo (p.10).**

#### **3.1. Diseño de la investigación.**

Se refiere a los tipos de investigación que se aplicó en el desarrollo del trabajo de investigación, mostrando en forma estructural los elementos metodológicos que se describen en las diferentes etapas de la ejecución del trabajo.

##### **3.1.1. Modalidad de la investigación.**

La modalidad utilizada fue una investigación de campo y bibliográfica con un enfoque cuanti – cuantitativo, utilizando un proyecto factible, ya que se realizó en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., considerando como indicador del uso ineficiente de la energía eléctrica, los valores elevados de penalización por bajo factor de potencia, en las planillas mensuales emitidas por la Empresa Eléctrica Ambato, por concepto de consumo de energía eléctrica.

Según ALVAREZ DE ZAYAS, Carlos M (2001):

**Un proyecto factible, comprende la elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable, para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; pueden referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos. Para su formulación y ejecución debe apoyarse en investigaciones de tipo documental, de campo o un diseño que incluya ambas modalidades (p. 28).**

El nivel de profundidad fue de carácter diagnóstico y explicativo porque permitió realizar un diagnóstico de la situación actual y determinar las opciones estratégicas para el uso eficiente de la energía eléctrica en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., objeto del estudio.

#### **3.1.1.1. Modalidad de campo.**

Es una modalidad de campo, en razón que los datos fueron obtenidos a través de las técnicas de observación y medición. Según ALVAREZ DE ZAYAS, Carlos M (2001): “Las técnicas de investigación de campo utilizan sus propios procedimientos e instrumentos para la recolección de datos junto a los mecanismos específicos de control y validez de la información” (p53).

En la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., como objeto del trabajo de investigación, se procedió a realizar el levantamiento de la información registrando las características de las placas y etiquetas de máquinas y equipos que conforman el sistema eléctrico de la curtiembre.

Para obtener datos de parámetros eléctricos de la planta de producción, se procedió a instalar analizadores de redes de distribución, en las salidas de los transformadores que alimentan a cada bloque de la curtiembre.

#### **3.1.1.2. Modalidad bibliográfica – documental.**

El trabajo de investigación, tiene la modalidad de carácter bibliográfico, puesto que se apoya en la información de libros, revistas, periódicos y artículos

alineados con el tema de uso eficiente de la energía eléctrica en el sector industrial, que sirvió de complemento para analizar y evaluar el objeto de estudio.

Según ALVAREZ DE ZAYAS, Carlos M (2001):

**La Investigación Bibliográfica constituye el punto de partida para la realización de todo proceso de investigación ya que permite analizar y evaluar aquello que sea investigado y lo que falta por indagar del objeto o fenómeno en estudio”. (p.56).**

### **3.1.2. Tipos de investigación.**

#### **3.1.2.1. Descriptiva.**

Se realiza la investigación descriptiva al recolectar información a través del analizador de redes de distribución y datos de placa de características de las máquinas y equipos que forman parte del sistema eléctrico de la planta de producción, parámetros que permitieron interpretar las causas del uso ineficiente de la energía eléctrica en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A.

Según ALVAREZ DE ZAYAS, Carlos M. (2001):

**La investigación descriptiva es la que describe, registra, analiza e interpreta la naturaleza actual, la composición y los procesos de los fenómenos para presentar una interpretación correcta, se pregunta: ¿Cómo es? ¿Cómo se manifiesta”( p. 59).**

#### **3.1.2.2. Investigación prospectiva.**

Se aplica este tipo de investigación porque sigue una línea de investigación presente – futuro. La dirección que sigue el investigador parte de la variable independiente hacia la variable dependiente, es decir, se conoce o se manipula la variable independiente y se mide cambios o consecuencias en la variable dependiente.

En el caso de la CURTIEMBRE PROMPELL S.A. del cantón Ambato, se procedió a evaluar la energía eléctrica utilizada para el funcionamiento de las

máquinas y equipos que intervienen en los procesos de producción, lo que permitió identificar las posibles causas del uso ineficiente de la energía eléctrica y plantear un programa de uso eficiente de la energía eléctrica para reducir el valor de la planilla mensual por concepto del servicio eléctrico.

### **3.1.2.3. Investigaciones exposfacto.**

Este tipo de investigación parte de una situación problema o conocimiento presente, para luego indagar posibles causas o factores asociados que permiten interpretarla. En este caso la dirección es contraria desde la variable dependiente hacia la variable independiente.

En el presente trabajo de investigación, se parte desde el conocimiento de los rubros que intervienen en el valor de la planilla por concepto de consumo de la energía eléctrica, luego se analizan los parámetros eléctricos que registra el analizador de redes de distribución, determinando así las posibles causas que inciden directamente en los rubros que intervienen en la facturación mensual por servicio de energía eléctrica.

### **3.1.3. Caracterización de las variables.**

#### **3.1.3.1. Variable independiente.**

Uso de la energía eléctrica (consumo).

Evaluar la energía eléctrica utilizada para el funcionamiento de las máquinas y equipos que intervienen en los procesos de producción de la CURTIEMBRE PROMPELL S.A. del cantón Ambato.

#### **3.1.3.2. Variable dependiente.**

Valor de la planilla por concepto del servicio eléctrico (costo).

Plantear un programa de uso eficiente de la energía eléctrica para reducir el valor de la planilla mensual por concepto del servicio eléctrico en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A.

### 3.1.4. Matriz de operacionalización de las variables.

**Cuadro N° 3.1:** Variable Independiente (Consumo de la energía eléctrica)

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instru- mentos
Programa que permitirá identificar estrategias de uso eficiente de la energía eléctrica y la aplicación de las políticas tarifarias emitidas por el CONELEC, para reducir el valor de la planilla por concepto de consumo de energía eléctrica.	Portador energético (energía eléctrica)	Consumo promedio de energía eléctrica	kWh	Medición	Analizador de redes (días laborables, fin de semana y feriados)
		Demanda promedio de potencia activa	kW	Medición	
		Demanda promedio de energía reactiva	kVAr	Medición	
	Carga instalada de la industria	Potencia cargas especiales	kW	Cálculos	Ecuaciones
		Potencia de circuitos de fuerza e iluminación	kW	Cálculos	Ecuaciones
	Potencia requerida	Demanda máxima promedio	kW	Cálculos	Ecuaciones

**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

**Cuadro N° 3.2:** Variable Dependiente (Costo de la planilla por concepto del servicio eléctrico)

Concepto	Categoría	Indicadores	Item	Técnicas	Instru- mentos
----------	-----------	-------------	------	----------	-------------------

<b>Determinación de los valores de la planilla por concepto de consumo de energía eléctrica</b>	<b>Perdidas de energía eléctrica</b>	<b>Porcentaje con respecto a la relación entre la energía entregada vs la energía utilizada consumida</b>	<b>%</b>	<b>Cálculos</b>	<b>Ecuaciones</b>
	<b>Uso de la energía eléctrica</b>	<b>La energía eléctrica real aprovechada por las máquinas y equipos de la industria</b>	<b>kWh</b>	<b>Medición</b>	<b>Contador de energía eléctrica (días laborables, fin de semana y feriados)</b>
	<b>Porcentaje de ahorro</b>	<b>Costo</b>	<b>\$</b>	<b>Cálculos</b>	<b>Ecuaciones</b>

**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

### **3.2. Población y muestra.**

El trabajo de investigación consideró una población conformada por el grupo de clientes penalizados por bajo factor de potencia dentro del área de concesión, de los cuales se seleccionaron a 91 clientes que superan los 100 dólares como rubro de penalización en la planilla mensual por concepto de servicio eléctrico. Los 91 clientes a pesar de constituir el 18% de la población, representa el 60% de los valores recaudados por la EEASA, por efectos de penalización en las planillas mensuales por concepto de servicio de energía eléctrica.

#### **3.2.1. Muestra.**

Como los 91 clientes seleccionados, no exceden de 200, la muestra es el 100 % de la población. Se determinó que el 56%, es decir, 51 clientes penalizados se

encontraban en el cantón Ambato. Estratificando de acuerdo al uso de la energía eléctrica, se llegó a determinar que el grupo más representativo con valores elevados por penalización fueron las CURTIEMBRES, con un número de 10, que representan el 20% de los 51 clientes penalizados del cantón Ambato. Se seleccionó a la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., para realizar el trabajo de investigación, considerando como uso ineficiente de la energía eléctrica, los valores por penalización mensual en las planillas por servicio eléctrico por bajo factor de potencia.

### **3.3. Metodología para la obtención de datos.**

#### **3.3.1. Modalidad documental.**

##### **3.3.1.1. Consumos históricos (EEASA).**

La CURTIEMBRE PROMPELL S.A., dispone de dos sistemas de medida, con medidores electrónicos de registro horario, los mismos, que poseen características que permiten registrar la energía y potencia en las diferentes franjas horarias que establece el Pliego Tarifario vigente.

La Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A (EEASA), en base al registro de los sistemas de medida reportados mensualmente, dispone en el Sistema Comercial (SISCOM), datos históricos de las planillas mensuales por concepto de consumo de energía eléctrica de sus clientes, de periodos comprendidos hasta 36 meses. Como se puede observar, en el anexo nueve, en detalle se dispone, de los datos mensuales de un periodo comprendido entre enero del 2012 hasta agosto de 2013 (20 meses), se muestra los siguientes parámetros: factor de potencia, demanda facturable, valor de la planilla, valor por penalización, energía activa y energía reactiva.

#### **3.3.2. Modalidad de campo.**

Con el propósito de determinar las posibles causas que provocan el uso ineficiente de la energía eléctrica y en base a un análisis identificar las opciones de ahorro para plantear un programa de uso eficiente de la energía eléctrica en la planta de producción de la CURTIEMBRE PROMPELL S.A.

### **3.3.2.1. La Medición.**

Se considera medición al proceso de comparación de un parámetro con una magnitud homogénea tomada como unidad de comparación. En la medición es necesario tener en cuenta el objeto y el parámetro que se va a medir, la unidad y el instrumento de medición, el profesional que realiza la misma y los resultados que se pretende alcanzar.

La CURTIEMBRE PRMEPELL S.A., toma el servicio eléctrico desde la Subestación Samanga, ubicada a una distancia de 1100 metros de la planta de producción, a través del Alimentador Parque Industrial Ambato (PIA).

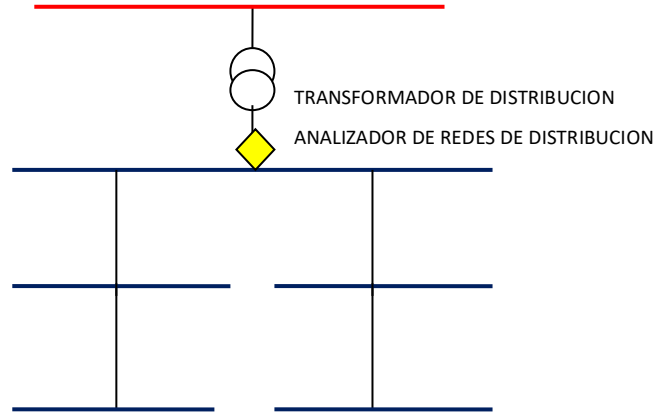
Se abastece del servicio eléctrico a través de dos centros de transformación (160 kVA y 300 kVA), ubicados en el bloque 1 y bloque 2. Cada uno de estos dispone de sistemas de medida individuales.

Por medio de esta metodología, se obtuvo la información numérica de los parámetros eléctricos de la planta de producción, a través de un analizador de redes de distribución, modelo 3945-B, AEMC Instruments.

Se procedió a realizar mediciones en las salidas de bajo voltaje de cada uno de los transformadores, ubicados en las cámaras de transformación 1 y 2 respectivamente.

El registro se realizó en primera instancia en las salidas de bajo voltaje del transformador 1, asignado con el número 1603, tipo trifásico, capacidad de 160

kVA, que abastece al bloque 1 de la planta de producción. Este se encuentra ubicado en la cámara de transformación 1.



**Grafico N° 3.1:** Ubicación para el registro del Analizador de Redes.

**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

El analizador, permaneció instalado por un periodo de 7 días continuos, con intervalos de registro de 10 minutos, como establece la regulación CONELEC 004/01. Se registró datos de parámetros eléctricos, los mismos que se detallan a continuación: voltaje simple y compuesto; corriente; distorsión armónica (THD); flicker, potencias (aparente, activa y reactiva); factor de potencia; corrientes y voltajes armónicos.

Utilizando la misma metodología de medición, se procedió a instalar el analizador de redes de distribución en las salidas de bajo voltaje del transformador 2, asignado con el número 8106, tipo trifásico, capacidad de 300 kVA, que abastece al bloque 2 de la planta de producción. Los parámetros registrados son del mismo orden de la medición del transformador 1, puesto que se consideró la programación del analizador con igual criterio.

### **3.3.2.2. La Observación.**

Este método resulta muy importante porque permite observar las condiciones actuales de la planta de producción en varios aspectos: procesos de producción;

características de las máquinas y equipos de la planta de producción; y los elementos del sistema eléctrico de la CURTIEMBRE PROMPELL S.A.

**a). Procesos de producción**

Se observó, que los procesos de producción se ejecutan en función de los volúmenes de pieles que necesita la curtiembre para satisfacer la demanda de sus clientes y los requerimientos de los procesos de maquila en las diferentes áreas de trabajo de la planta de producción. Para cubrir los pedidos de producción propia de la planta y maquilado de los procesos, el Jefe de Producción de la planta, en coordinación con la Gerencia, realiza ajustes en los horarios de trabajo de los obreros. El personal ubicado en cada una de sus áreas, realiza sus actividades en un 70% utilizando los equipos de protección y se encuentran en proceso algunos procedimientos para minimizar el impacto ambiental.

**b). Características de máquinas y equipos.**

Con el método de la observación, se procedió a registrar las características de las máquinas y equipos que conforman la planta de producción de la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., como se muestra en el anexo siete, lo que permitirá realizar el análisis de las condiciones de operación actual de cada uno de ellos.

**c). Sistema eléctrico.**

Se realizó el levantamiento de la información de las instalaciones eléctricas de cada uno de los equipos y elementos que forman parte del sistema eléctrico de la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., los mismos que se detallan a continuación:

**1. Motores eléctricos.**

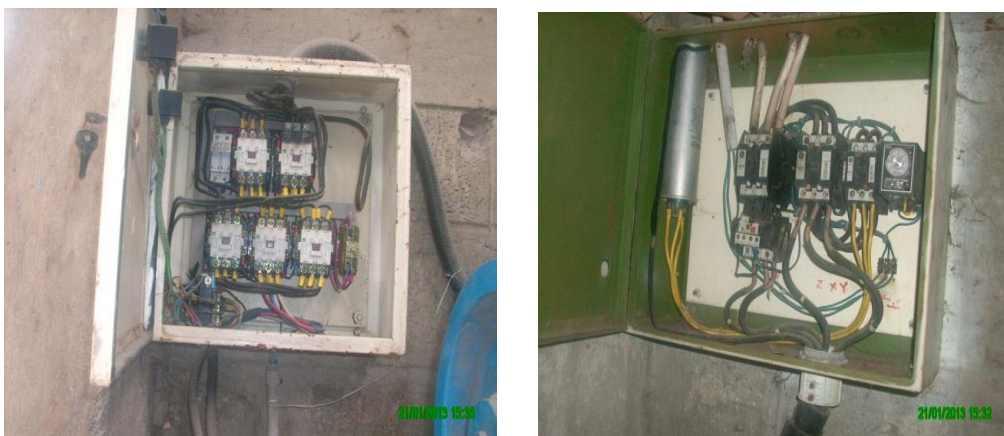
Se pudo observar, que existen motores antiguos de potencia de 15 kW, acoplados a los bombos del área de pelambre, los mismos que poseen un sistema mecánico para reducir la velocidad de acuerdo al requerimiento del proceso de producción, siendo uno de las máquinas de mayor consumo.

## 2. Tableros de distribución.

Se observó, que las barras de salida hacia los disyuntores y derivaciones hacia otros subtableros de distribución, se encuentran saturados, sin existir la posibilidad de incrementar disyuntores para la instalación de futuras máquinas en la planta de producción, por tal razón en algunos casos se encuentran acoplados entre circuitos por medio de empalmes. Se encuentran disyuntores de alta capacidad de corriente con respecto a la sección de los conductores de salida.

## 3. Tableros de control.

Los elementos de control, se encuentran en gabinetes metálicos deteriorados. Las mordazas de ajuste de los elementos de control se encuentran aisladas, los conductores de fuerza y control recalentados. Esto generalmente en los tableros de los bombos, como se muestra en las imágenes:



**Grafico N° 3.2:** Tableros de control.  
**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

## 4. Conductores eléctricos.

Se observó, que los conductores recorren suspendidos en las estructuras del techo de la planta de producción o en ciertos casos a través de hierros en forma de U, soldados a las estructuras del techo del galpón, como se muestra en las imágenes:



**Grafico N° 3.3:** Conductores eléctricos PROMPELL S.A.

**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

Existen conductores sin aislamiento, sueltos sin alimentar a ninguna carga, conductores que en su recorrido no se encuentran protegidos. En algunos casos los conductores se encuentran con empalmes en sus recorridos, sobrecalentados, etc., aspectos que serán objeto de análisis en el siguiente capítulo.

### **5. Disyuntores.**

Se observó que en los Tableros de Distribución General y los Subtableros de Distribución, existen disyuntores sobredimensionados, considerando la potencia de la carga instalada y la capacidad de conducción de los conductores, aspecto que hace que este dispositivo de protección no cumpla con su función dentro de los circuitos que controla y además, por su volumen satura los espacios en los tableros.

### **3.4. Validación de datos medidos.**

En base a la autorización de Presidencia Ejecutiva de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. (EEASA), para disponer los datos históricos del SISCOM y la utilización de los equipos y software, para el desarrollo del trabajo de investigación, bajo el compromiso de cooperación con los estudiantes de los diferentes Centros Educativos afines a la actividad que realiza, se procedió a validar la calidad de los datos obtenidos.

Se utilizó el software CYMDIST de CYME INTERNATIONAL T&D. El programa permite estudiar y simular el comportamiento de las redes de distribución bajo distintas condiciones y escenarios. El programa ejecuta varias funciones necesarias para el planeamiento, explotación y análisis de las redes de distribución. Las funciones de análisis de Flujo de carga, Cortocircuito, mejoramiento de la configuración eléctrica, etc., Otras de sus funciones y módulos complementarios como la ubicación óptima de condensadores, el balance de carga y el mejoramiento de la configuración del sistema eléctrico, sugieren maneras de minimizar las pérdidas. Es muy útil para la coordinación de dispositivos de protección.

El software CYMDIST, cuenta con módulos accesorios de evaluación de confiabilidad, análisis de contingencias, restablecimiento del servicio, análisis de armónicas, modelación de redes secundarias, modelación de subredes y modelación de subestaciones. Dispone de funciones de análisis aún más especializadas y permite efectuar escenarios hipotéticos y evaluaciones relacionadas con proyectos dependientes del tiempo. Se suman como elementos validos los registros históricos que dispone la EEASA., datos tomados mensualmente de los sistemas de medición que dispone la CURTIEMBRE PROMPELL S.A.

Por medio de las técnicas, procedimientos y métodos de investigación, se define el tipo y diseño de la investigación, la población y muestra del trabajo de investigación, así como los instrumentos y técnicas de recolección de la

información y finalmente la validación de los datos obtenidos en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A.

Dentro de la metodología para la obtención de datos, en la modalidad de la medición, es necesario tener en cuenta el objeto y los parámetros que se van a medir, la unidad y el instrumento de medición, el profesional que realiza la misma y los resultados que se pretende alcanzar. Los parámetros medidos deben ser validados bajo distintas condiciones y escenarios.

Los procesos de producción se ejecutan en función de los volúmenes de pieles que necesita la curtiembre para satisfacer la demanda de sus clientes y los requerimientos de los procesos de maquila, sin considerar una programación, que permitan acceder al beneficio de la Tarifa Horaria.

En el sistema eléctrico de la planta, los conductores eléctricos, recorren por las estructuras del techo, lo que puede ocasionar el deterioro del aislamiento de los conductores y posibles contactos a tierra y en los Tableros de Distribución General y los Subtableros de Distribución, existen disyuntores sobredimensionados, sin cumplir con la función dentro de los circuitos que protege.

## **CAPITULO IV**

### **ANALISIS DE RESULTADOS**

En este capítulo se presenta el análisis e interpretación de los datos recolectados a través de la metodología aplicada, se enuncia los resultados teórico-prácticos que permiten establecer varias propuestas para plantear un programa de uso eficiente de la energía eléctrica en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A.

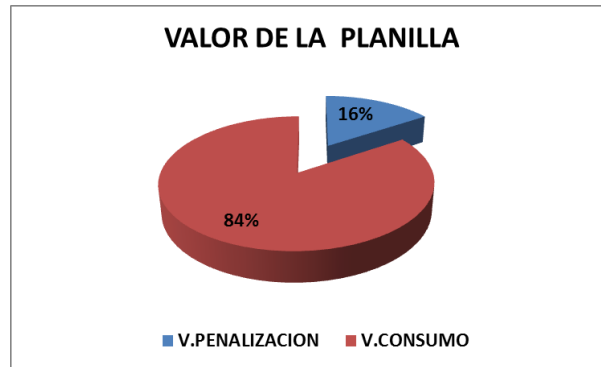
#### **4.1. Análisis de los consumos históricos (EEASA).**

Con los datos históricos de factor de potencia, demanda facturable, valor de la planilla, valor por penalización, energía activa y energía reactiva, que dispone la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro norte S.A (EEASA), en el Sistema Comercial (SISCOM), se puede realizar el análisis de los parámetros eléctricos, con el propósito de determinar las tendencias de uso de la energía eléctrica en los procesos de producción, en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A. del cantón Ambato, periodo 2012 -2013 y plantear la propuesta de un programa para el uso eficiente de la energía eléctrica en la planta de producción.

##### **4.1.1. Consumos históricos PROMPELL S.A. (cuenta 110029).**

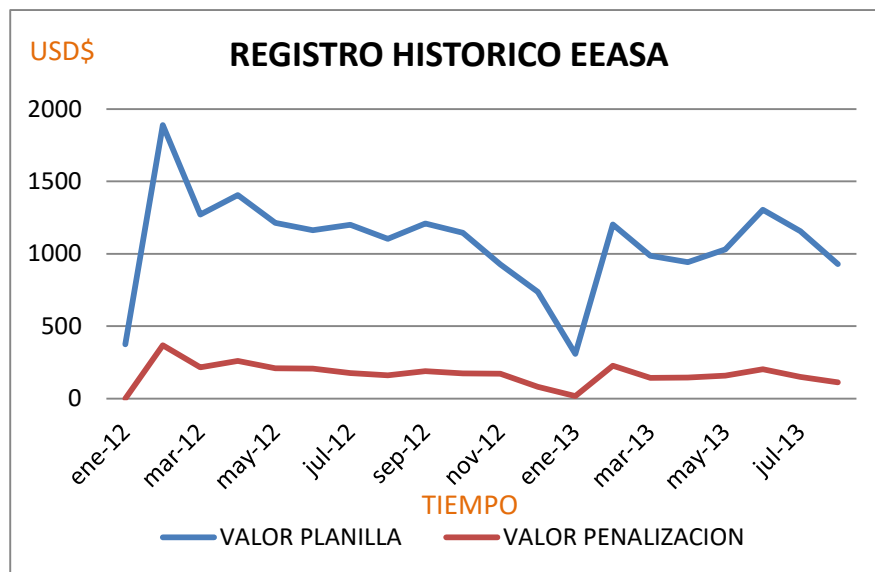
Durante el periodo de análisis se dispone de los siguientes parámetros: demanda máxima 67 kW; demanda media 55 kW y un factor de potencia medio de 0.75. Considerando la demanda máxima, refleja una capacidad de transformación utilizada de 89 kVA, que representa el 56% de la capacidad nominal del transformador 1 de 160 kVA.

En el periodo de análisis, los valores cancelados en las planillas mensuales por concepto de consumo de energía eléctrica ascienden a 21,493.71 dólares, de los cuales, el valor de 3,366.20 dólares, es por penalización por bajo factor de potencia, que representa el 16% con respecto al total cancelado. El bajo factor de potencia genera un valor medio mensual por penalización de 180 dólares, que constituye un rubro por el uso ineficiente de la energía eléctrica en la planta de producción, como se señala:



**Grafico N° 4.1:** Valor de la Planilla PROMEPELL S.A. (110029).  
**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

En el siguiente gráfico, se ilustra la tendencia de los valores mensuales cancelados en las planillas de consumo de energía eléctrica y los valores mensuales adicionales cancelados por la penalización por bajo factor de potencia.



**Grafico N° 4.2:** Valor de la planilla – Valor de la penalización (110029).  
**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

Con los datos de los consumos históricos, aplicando la ecuación 3 se determinó el valor por penalización por bajo factor de potencia, obteniendo los siguientes resultados:

$$\text{US\$ POR ENERGIA REACTIVA} = ((0.92 / \text{Cos } \phi) - 1) * (\text{US\$ KWh} + \text{US\$ DF}) \quad (3)$$

Dónde:

0.92 = Factor de potencia medio exigido por la empresa

cos  $\emptyset$  = Factor de potencia medio del cliente

US\$ kWh = Valor de la energía en dólares

US\$ DF = Valor de la demanda facturable en dólares

US\$ POR ENERGIA REACTIVA =  $((0.92 / 0.75) - 1) * (18,127.51)$

US\$ POR ENERGIA REACTIVA =  $0.2266 * 18,127.51$

US\$ POR ENERGIA REACTIVA = 4,108.78 Dólares.

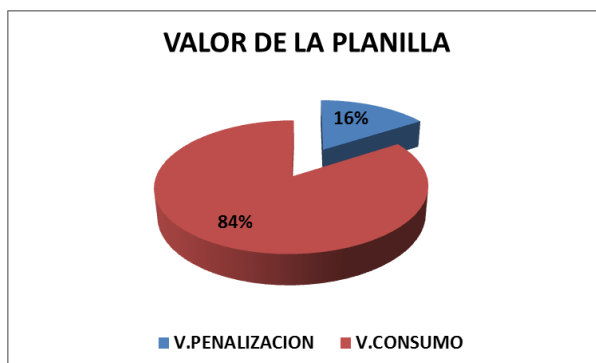
Se puede observar que el valor por penalización cancelado en las planillas y el valor calculado con la ecuación, presenta una diferencia del 18%. Esta desviación se produce en razón que en los meses, enero del 2012 y enero del 2013, se reporta el registro de energía reactiva en 0 kVAr, en tanto que, en los meses subsiguientes a los mismos, se registra un consumo acumulado en energía reactiva, lo que provoca la diferencia de valores.

#### **4.1.2. Consumos históricos PROMPELL S.A. (cuenta 200331).**

Durante el periodo de análisis se dispone de los siguientes parámetros: demanda máxima 113 kW; demanda media 89 kW y un factor de potencia medio de 0.73. Considerando la demanda máxima, refleja una capacidad de transformación utilizada de 155 kVA, que representa el 52% de la capacidad nominal del transformador, por lo tanto, el centro de transformación se encuentra subutilizado con respecto a la capacidad nominal de 300kVA.

En el periodo de análisis, los valores cancelados en las planillas mensuales por concepto de consumo de energía eléctrica ascienden a 36.726,65 dólares, de los cuales, el valor de 5.837,51 dólares, es por penalización por bajo factor de potencia, que representa el 16% con respecto al total cancelado. El bajo factor de

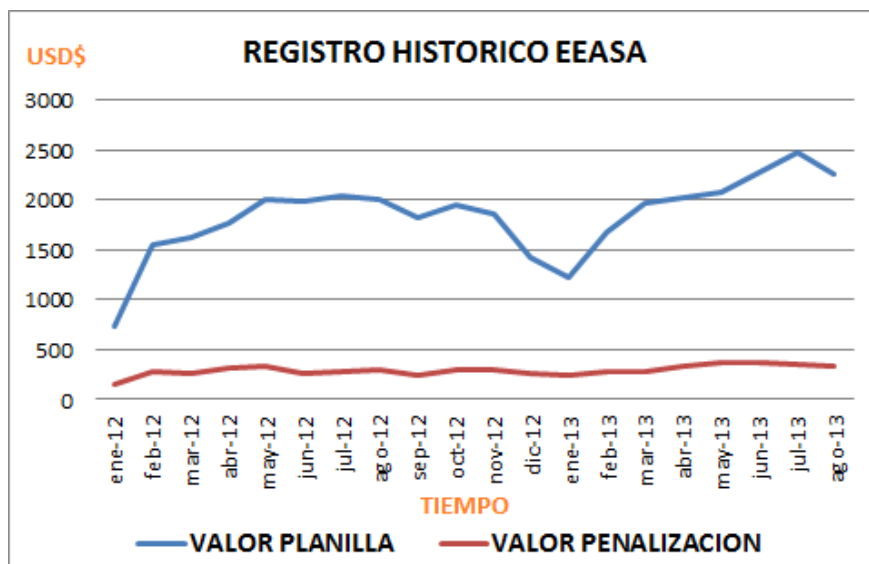
potencia genera un valor medio mensual por penalización de 300 dólares, que constituye un rubro por el uso ineficiente de la energía eléctrica en la planta de producción, como se muestra:



**Grafico N° 4.3:** Valor de la planilla PROMEPELL S.A. (200331)

**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

En el siguiente gráfico, se ilustra la tendencia de los valores mensuales cancelados en las planillas de consumo de energía eléctrica y los valores mensuales adicionales cancelados por la penalización por bajo factor de potencia.



**Grafico N° 4.4:** Valor de la planilla – Valor de la penalización (200331).

**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

Con los datos de los consumos históricos, aplicando la ecuación 3 se determinó el valor por penalización por bajo factor de potencia, obteniendo los siguientes resultados:

$$\text{US\$ POR ENERGIA REACTIVA} = ((0.92 / \text{Cos } \phi) - 1) * (\text{US\$ kWh} + \text{US\$ DF}) \quad (3)$$

Dónde:

0.92 = Factor de potencia medio exigido por la empresa

cos  $\phi$  = Factor de potencia medio del cliente

US\$ kWh = Valor de la energía en dólares

US\$ DF = Valor de la demanda facturable en dólares

$$\text{US\$ POR ENERGIA REACTIVA} = ((0.92 / 0.73) - 1) * (30,889.14)$$

$$\text{US\$ POR ENERGIA REACTIVA} = 0.2602 * 30,889.14$$

$$\text{US\$ POR ENERGIA REACTIVA} = 8,037.35 \text{ Dólares.}$$

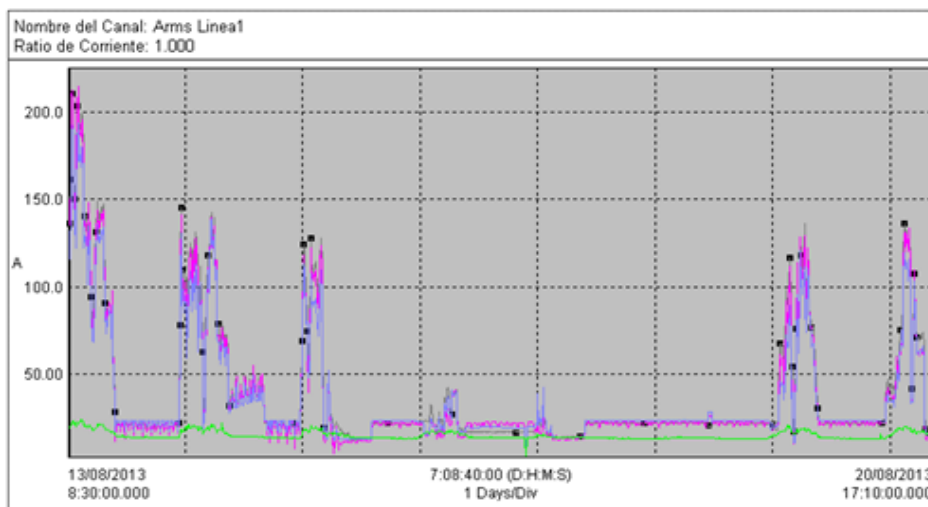
Se puede observar que el valor por penalización cancelado en las planillas y el valor calculado con la ecuación, presenta una diferencia del 27%. Esta desviación se produce en razón que en los meses de enero, diciembre del 2012 y enero del 2013, se reporta el registro de energía reactiva kVArh con valores superiores al registro de energía reactiva, provocando valores por penalización elevados, lo que provoca la diferencia de valores.

#### **4.2. Análisis registro de datos transformador de distribución 1.**

Los datos obtenidos en el transformador 1, asignado con el número 1603, tipo trifásico, capacidad de 160 kVA, que abastece al bloque 1 de la planta de producción, con el analizador de redes de distribución, muestra los siguientes parámetros: voltaje simple y compuesto; corriente; distorsión armónica (THD); flicker, potencias (aparente, activa y reactiva); factor de potencia; voltajes y corrientes armónicos. A continuación se presenta el análisis de cada uno de los parámetros medidos:

**4.2.1. Voltajes simple (fase) y compuesto (línea):** no existen variaciones durante el periodo de registro de los datos, por tanto se encuentran dentro los límites permitidos.

**4.2.2. Corriente:** se obtuvo valores de corriente máxima de 214 amperios y valores de corriente mínimas de 3 amperios, como se muestra en el gráfico:

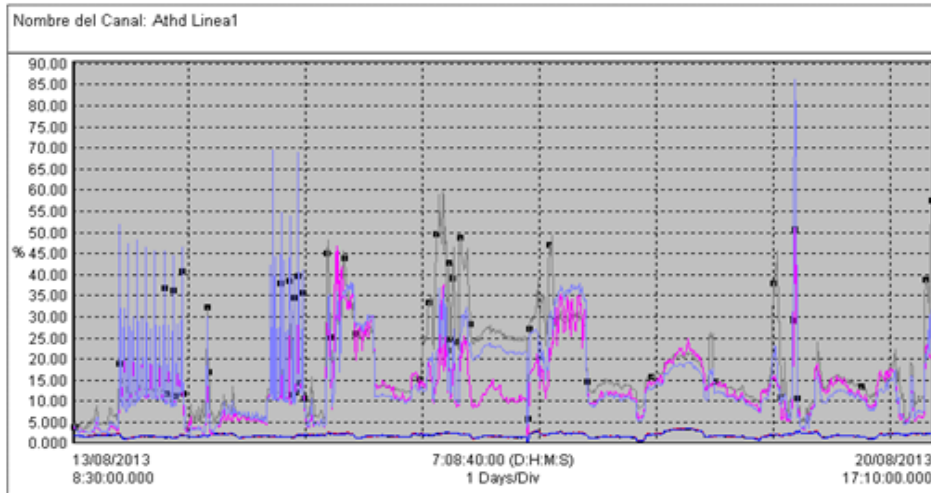


**Grafico N° 4.5:** Registro de corriente transformador 1.

**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

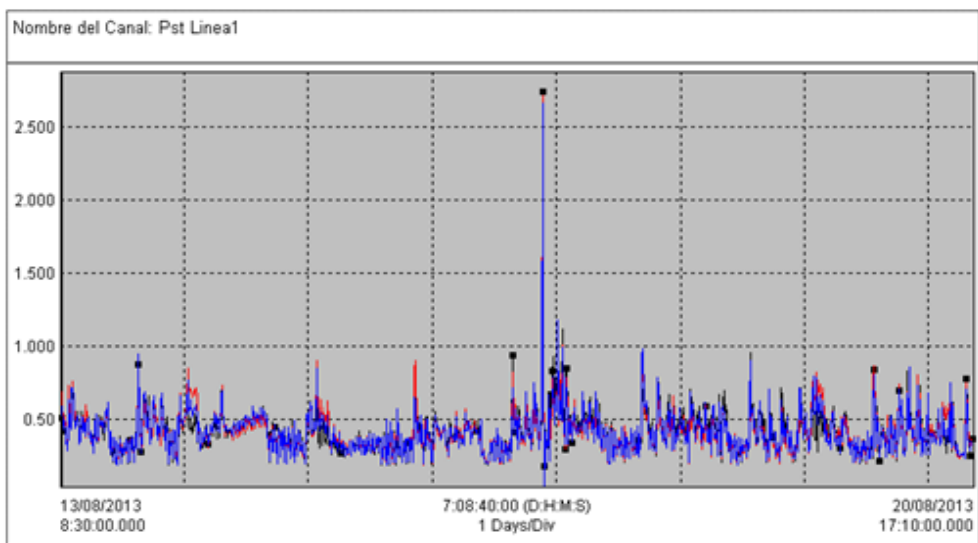
Considerando la corriente máxima se determina que la planta está utilizando el 51% de la capacidad nominal (420 A) disponible en la fuente de alimentación.

**4.2.3. Distorsión armónica (THD):** se puede observar la distorsión armónica en el voltaje compuesto, voltaje simple y corriente. Determinando que no existe distorsión armónica en los parámetros de voltaje simple y compuesto, a diferencia de la distorsión armónica que registra el parámetro de corriente, de 17.9%, 13.56% y 15.06% en cada una de sus líneas respectivamente, superando el límite establecido 8%, por la regulación CONELEC 004/01, como se muestra:



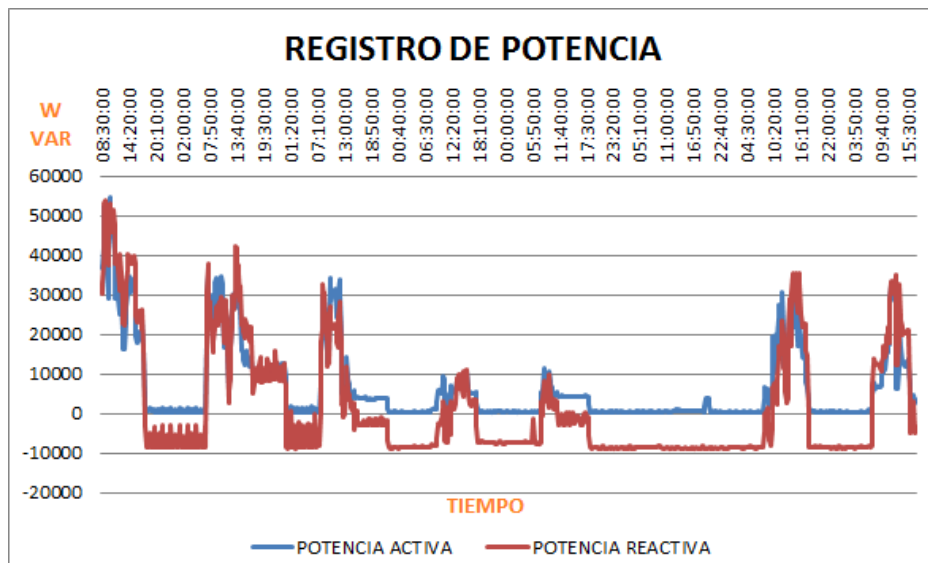
**Grafico N° 4.6:** Registro distorsión armónica transformador 1.  
**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

**4.2.4. Flicker:** el Índice de Severidad del Flicker (Pst) en el punto de medición, no supera la unidad. En razón de que se considera el límite  $Pst = 1$  como el tope de irritabilidad asociado a la fluctuación máxima de luminancia que puede soportar sin molestia el ojo humano en una muestra específica de población, se determinó que el suministro de electricidad si cumple con el límite admisible arriba señalado. Una perturbación se encuentra fuera del rango de tolerancia establecido, sin embargo, el tiempo no es superior el 5 % del período de medición de 7 días continuos (Regulación CONELEC N° 004/01), como se señala:



**Grafico N° 4.7:** Registro flicker transformador 1.  
**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

**4.2.5. Potencias (aparente, activa y reactiva):** durante el registro la planta de producción alcanzó un valor máximo de 76 kVA y un valor mínimo de 1.3 kVA, considerando la potencia máxima utilizada, se concluye que el transformador está sobredimensionado ya que la planta está utilizando el 48% de la capacidad nominal del transformador (160 kVA).

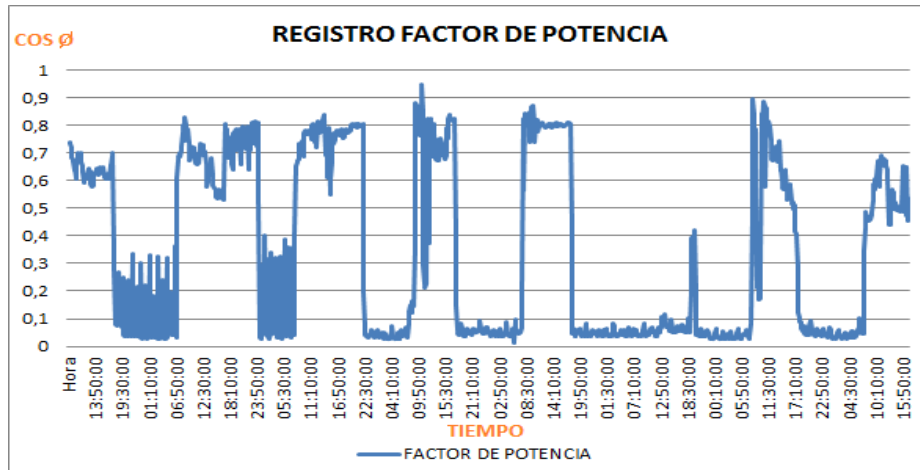


**Grafico N° 4.8:** Registro de potencias transformador 1.

**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

Como se puede observar en el gráfico: la potencia activa registrada alcanza un valor máximo de 55 kW y un valor mínimo de 0.87 kW; la potencia reactiva alcanza un valor máximo de 53 kVAR y un valor mínimo de 9 kVAR. De los valores registrados se observa que la potencia activa y la potencia reactiva son similares, esto, debido a la presencia de carga inductiva (motores) en la planta de producción.

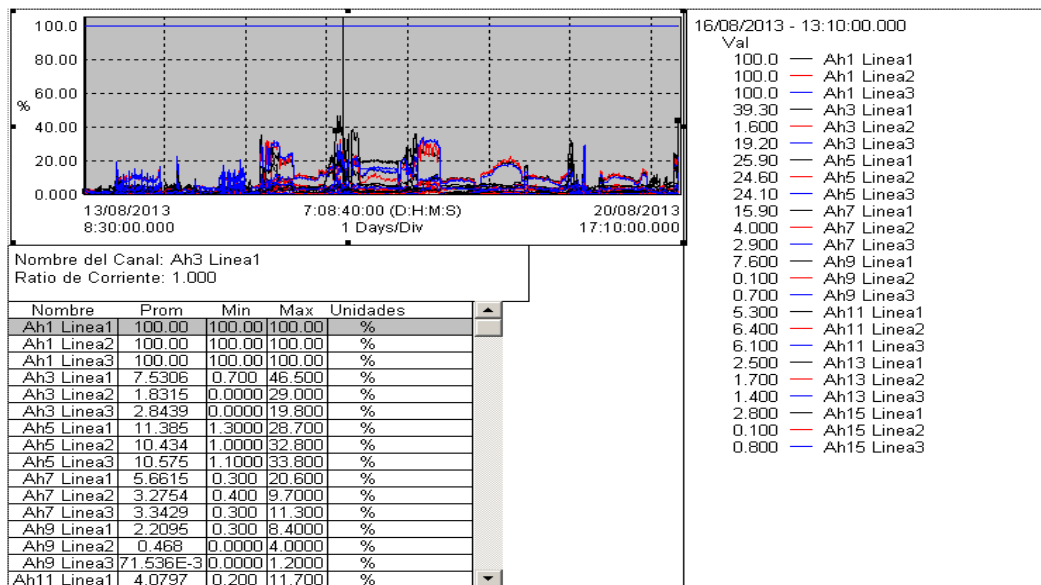
**4.2.6. Factor de potencia:** la presencia de carga inductiva en la planta de producción (motores) provoca un bajo factor de potencia. El factor de potencia máximo medido en el periodo de registro es de 0.95; el factor de potencia medio es de 0.35 y el factor de potencia mínimo es de 0.011, como se muestra:



**Gráfico N° 4.9:** Registro de factor de potencia 1.  
**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

El bajo factor de potencia a más de la penalización, provoca la saturación de la capacidad de transformación registrada de 76 kVA, solo con el aprovechamiento de la potencia activa de 55 kW, que representa el 72 %, de la capacidad utilizada.

**4.2.7. Voltaje y corriente armónico:** Cuando se analizó el registro del factor de potencia de distorsión armónico (THD), se mencionó que: en el voltaje no existe una deformación de la onda, por tanto, no hay presencia de voltaje armónico en el sistema; el registro de corriente refleja distorsión armónica, que provoca la deformación de la onda, como se muestra en el gráfico:



**Grafico N° 4.10:** Registro de corriente armónica transformador 1.

**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

Los datos del lado derecho de la figura muestran los valores registrados en condiciones críticas, en tanto que en la parte inferior, se tiene los valores en porcentaje máximos, medios y mínimos registrados en el periodo de análisis. Se determina que existe la presencia de las armónicas impares, las mismas que se detallan con sus valores promedios en cada línea: tercera armónica 7.5%, 1.8% y 2.8%; quinta armónica 11.38%, 10.43%, 10.57%; y la séptima armónica 5.66%, 3.27%, 2.20%.

### **4.3. Análisis Registro de datos transformador de distribución 2.**

Los datos obtenidos en el transformadores 2, con número 1603, tipo trifásico, capacidad de 300 kVA, que abastece al bloque 2 de la planta de producción, con el analizador de redes de distribución, igual que en el registro del transformador 1, se tiene los mismos parámetros: voltaje simple y compuesto; corriente; distorsión armónica (THD); flicker, potencias (aparente, activa y reactiva); factor de potencia; voltajes y corrientes armónicos. Con el análisis detallado que se realizó con el registro del transformador 1, en el análisis del registro del transformador 2, se va a mencionar los datos más relevantes.

**4.3.1. Voltaje simple (fase) y compuesto (línea):** no existe variaciones durante el periodo de registro de los datos, por tanto se encuentran dentro de la zona de voltaje favorable.

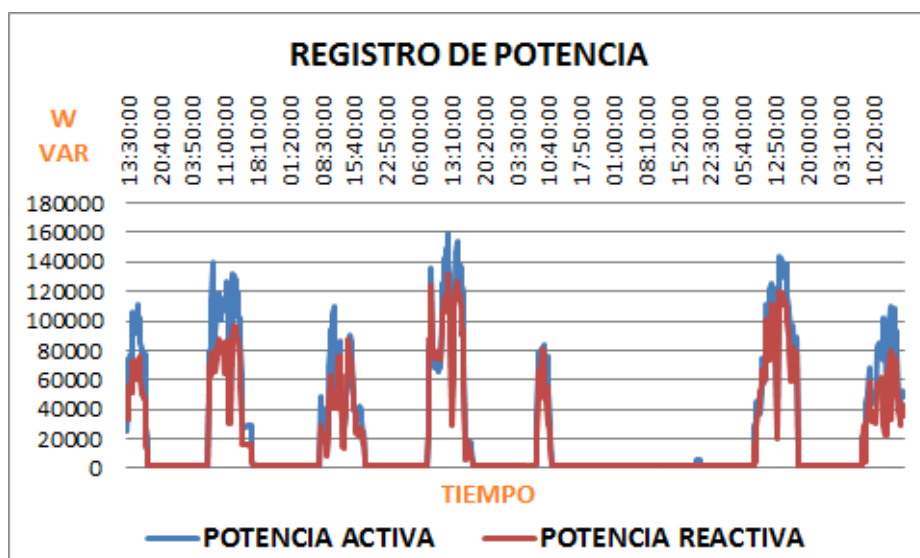
**4.3.2. Corriente:** se obtuvo valores de corriente máxima de 581 amperios y valores de corriente promedio de 90 amperios. Considerando la corriente máxima se determina que la planta está utilizando el 73% de la capacidad nominal (787 A) disponible en la fuente de alimentación.

**4.3.3. Distorsión armónica (THD):** no existe distorsión armónica en los parámetros de voltaje simple y compuesto, a diferencia de la distorsión armónica

que registra el parámetro de corriente, de 12.3%, 33.9% y 29.4% en cada una de sus líneas respectivamente.

**4.3.4. Flicker:** se determinó que el suministro de electricidad si cumple con el límite admisible señalado en la regulación CONELEC 004/01.

**4.3.5. Potencias (aparente, activa y reactiva):** si consideramos la capacidad nominal del transformador 300 kVA, se pudo determinar que durante el registro la planta de producción alcanzó un valor máximo de 207 kVA y un valor medio de 32 kVA. Considerando la potencia máxima utilizada, se concluye que el transformador está sobredimensionado ya que la planta está utilizando el 69% de la capacidad nominal del transformador.

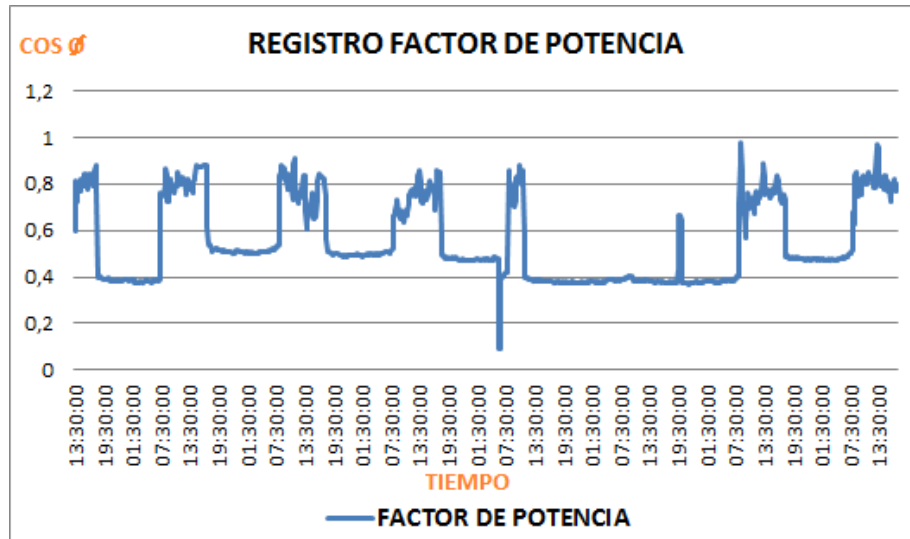


**Gráfico N° 4.11:** Registro de potencias transformador 2.

**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

Se puede observar: la potencia activa registrada refleja un valor máximo de 159 kW y un valor medio de 25 kW; la potencia reactiva refleja un valor máximo de 132 kVAR y un valor medio de 20 kVAR. De los valores registrados tanto en potencia activa como en potencia reactiva, se observa que los valores son similares, debido a la presencia de carga inductiva (motores).

**4.3.6. Factor de potencia:** el factor de potencia máximo medido en el periodo de registro es de 0.95; el factor de potencia medio 0.55 y el factor de potencia mínimo es de 0.09, lo que genera el pago de un rubro adicional por penalización en la planilla mensual emitida por la EEASA por concepto de consumo de la energía eléctrica.



**Grafico N° 4.12:** Registro de factor de potencia transformador 2.  
**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

El bajo factor de potencia a más de la penalización, provoca la saturación de la capacidad de transformación utilizada de 207 kVA, solo con el aprovechamiento de la potencia activa de 159 kW, que representa el 77 %, de la capacidad utilizada.

**4.3.7. Voltaje y corriente armónico:** en el voltaje no existe una deformación de la onda, no hay presencia de voltaje armónico en el sistema. Se puede observar que en el registro de corriente existe la distorsión armónica, que se refleja con la deformación de la onda. Se determina que existe la presencia de las armónicas impares, las mismas que se detallan con sus valores promedios en cada línea: tercera armónica 2.88%, 22.54% y 18.31%; quinta armónica 10.41%, 16.97%, 15.19%; y la séptima armónica 3.66%, 10.58%, 9.6%.

#### 4.4. Análisis de los procesos de producción.

Los procesos de producción se ejecutan en función de los volúmenes de pieles que necesita la curtiembre y los requerimientos de los procesos de maquila que solicitan terceros, en función de la disponibilidad de la maquinaria. Para cubrir los requerimientos se realiza ajustes en los horarios de los obreros. Analizando lo mencionado se determina que en la planta no existe una programación de los procesos de producción, considerando los periodos horarios establecidos en la tarifa horaria.

La CURTIEMBRE PROMPELL S.A., en el registro de la demanda facturable, debido al horario de trabajo hasta las 17h00, si se beneficia de la tarifa horaria, ya que aplicando el pliego tarifario vigente la EEASA, calcula la demanda facturable con un factor de corrección igual a 0.5, lo que hace que la curtiembre cancele solo el 50% de la demanda máxima registrada. El beneficio se refleja en las dos cuentas que posee la planta de producción.

En el registro de la energía, no existe beneficio de la tarifa horaria, registro de 22h00 a 08h00 de lunes a viernes + S, D y feriados, debido a que el porcentaje de consumo del 11% y 7% en el periodo C, que cuenta con el descuento del 20% son relativamente bajos, como se muestra en los siguientes cuadros:

**Cuadro 4.1:** Periodos tarifa horaria

REGISTRO DE ENERGIA MEDIDOR HORARIO	
TARIFA	DENOMINACION
A	REGISTRO kWh (8h00 a 18h00) de lunes a viernes
B	REGISTRO kWh (18h00 a 22h00) de lunes a viernes
C	REGISTRO kWh (22h00 a 8h00) de lunes a viernes + kWh de (22h00 a 18h00) (S,D Y Feriados)
D	REGISTRO kWh (18h00 a 22h00) (S,D Y Feriados)

**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez

**Cuadro 4.2:** Registro histórico (110029).

<b>PROMEPELL S.A. (CUENTA 110029)</b>				
<b>PLANILLA DEL MES DE AGOSTO DEL 2013</b>				
<b>TARIFA</b>	<b>kWh</b>	<b>%</b>	<b>USD(C/kWh)</b>	<b>USD kWh</b>
A Ener. Activa	4692	85,19	0,061	286,21
B Ener. Activa	204	3,70	0,075	15,30
C Ener. Activa	612	11,11	0,044	26,93
D Ener. Activa	0	0,00	0,061	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>5508</b>	<b>100</b>		<b>328,44</b>

**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

**Cuadro N° 4.3:** Registro histórico (200331).

<b>PROMEPELL S.A. (CUENTA 200331)</b>				
<b>PLANILLA DEL MES DE AGOSTO DEL 2013</b>				
<b>TARIFA</b>	<b>kWh</b>	<b>%</b>	<b>USD(C/kWh)</b>	<b>USD kWh</b>
A Ener. Activa	14973	91,58	0,061	913,35
B Ener. Activa	132	0,81	0,075	9,90
C Ener. Activa	1187	7,26	0,044	52,23
D Ener. Activa	57	0,35	0,061	3,48
<b>TOTAL</b>	<b>16349</b>	<b>100</b>		<b>978,96</b>

**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

Este análisis se consideró para realizar una propuesta en el siguiente capítulo, que permita acceder al beneficio de la Tarifa Horaria.

#### **4.5. Análisis de máquinas y equipos.**

Con el conocimiento de los datos de la placa de características y etiquetas de las máquinas y equipos que conforman la planta de producción de la CURTIEMBRE PROMEPELL S.A., se puede mencionar que las condiciones operativas de las mismas son favorables, puesto que la mayor cantidad de maquinaria son nuevas con tecnología de punta.

#### **4.6. Análisis del sistema eléctrico.**

Conociendo las condiciones de los equipos y elementos que forman parte del sistema eléctrico de la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., se realiza el análisis de cada uno de ellos.

##### **4.6.1. Motores eléctricos.**

Los motores antiguos de potencia elevada, acoplados a los bombos de pelambre, evaluando el estado de carga y la eficiencia operacional, pueden ser reemplazados por motores asíncronos de alta eficiencia, acoplados con variadores de velocidad, de manera que se ajusten a la potencia y velocidad que requieren los procesos de producción.

##### **4.6.2. Tableros de control.**

En razón de que los tableros de control, se encuentran cerca de las máquinas y en contacto con los operadores, los mismos, que manipulan los insumos químicos que intervienen en los procesos de producción de la planta, ha provocado el deterioro de los tableros; el aislamiento del ajuste de los elementos de control y protección instalados en su interior, provocando el recalentamiento de sus partes. Se requiere realizar el reemplazo y de ser el caso el mantenimiento de los tableros de control, con el propósito de evitar pérdidas de energía por contacto o calentamiento.

##### **4.6.3. Tableros de distribución.**

Considerando que en los tableros de distribución, las barras de distribución y los espacios se encuentran saturados, debido a que se están ubicados disyuntores (grandes) de capacidades de corriente superiores, con respecto al calibre de los conductores de salida y a la potencia de la carga que protegen. Se requiere realizar un replanteo de los disyuntores con las capacidades de acuerdo a un

estudio de coordinación de protecciones, en función de los datos de placa de características de las máquinas y equipos que conforman la planta.

#### **4.6.4. Conductores eléctricos.**

Analizando las condiciones actuales de los conductores que salen desde los centros generales de distribución hacia los tableros de distribución, tableros de control, máquinas y equipos, se puede señalar lo siguiente:

1. Los conductores que pierden su aislamiento y entran en contacto con las estructuras metálicas, se convierten en un punto de carga constante (fuga a tierra), que genera elevados consumos de energía eléctrica.
2. El contacto entre conductores, en caso de perder su aislamiento, puede provocar chispas que pueden generar combustión con los insumos químicos que se utilizan en los procesos de producción.
3. Los conductores que se encuentren sin carga conectada, en contacto con la estructura pueden provocar chispas o convertirse en una carga constante, causando los problemas mencionados.
4. Los empalmes entre conductores, generan un punto caliente, provocando pérdidas de energía en el sistema eléctrico de la planta.

Se debe considerar los puntos señalados, con el propósito de plantear soluciones dentro del programa de uso eficiente de la energía eléctrica en la planta de producción.

### **4.7. Resultados teórico- prácticos del trabajo de investigación.**

#### **4.7.1. Procesos de producción.**

Como se mencionó, los procesos de producción se ejecutan en función de los volúmenes de pieles que necesita la curtiembre para satisfacer la demanda de sus clientes y los requerimientos de los procesos de maquila en las diferentes áreas de

trabajo de la planta de producción. Para continuar con el beneficio de la tarifa horaria, en lo que respecta a la demanda facturable, los ajustes de horarios de los obreros, para cubrir la demanda debe ser fuera de las horas pico.

#### **4.7.2. Sistema eléctrico.**

Los tableros de distribución y control; los disyuntores; y los conductores eléctricos, son elementos que deben ser dimensionados correctamente en función de la carga instalada, la potencia del equipo o máquina que protege y los más importante los conductores de acuerdo a la capacidad de conducción, con respecto a la distancia y potencia de la carga que alimenta, en razón de ser los elementos del sistema eléctrico que provocan la mayor cantidad de pérdidas.

Los conductores deben recorrer por canaletas o tuberías, de manera que no pierdan su aislamiento evitando contacto con las estructuras metálicas, desechando la posibilidad de pérdidas de energía eléctrica por fugas a tierra.

#### **4.7.3. Sistema de medición en medio voltaje.**

Con el propósito de unificar los sistemas de medida existentes, para que se genere una sola planilla por concepto de consumo de energía eléctrica de la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., y en razón de que los sistemas de medida se encuentran en la parte interna de la planta, se propone como una alternativa, la instalación de un sistema de medición en medio voltaje, con lo cual, se totaliza el consumo de los centros de transformación 1 y 2, que suministran potencia eléctrica a la planta de producción. Con esta opción se generará los cargos del servicio eléctrico una sola vez, en lo que respecta al valor de comercialización, contribución bomberos, tasa de basura y alumbrado público, que son porcentajes de los valores cancelados por consumo y demanda facturable.

#### 4.7.4. Corrección del bajo factor de potencia.

Con conocimiento del factor de potencia medio registrado por los clientes objeto del análisis, se calcula la capacidad de los condensadores para la compensación de la energía reactiva, como se muestra en el cuadro.

$$\begin{aligned}
 QC &= P \times \operatorname{tg} \theta_1 - P \times \operatorname{tg} \theta_2 \\
 QC &= P \times (\operatorname{tg} \theta_1 - \operatorname{tg} \theta_2)
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

$$QC = 50 \times (0.88 - 0.33)$$

$$QC = 27.5 \text{ kVAr. } \Rightarrow 30 \text{ kVAr.}$$

Se considera los bancos de condensadores de acuerdo a las capacidades que existen en el mercado, tomando como referencia los valores calculados.

**Cuadro N° 4.4:** Cálculo banco de condensadores

CALCULO BANCO DE CONDENSADORES							
CUENTA	FACTOR DE POTENCIA		TAN Ø1	TAN Ø2	POTENCIA ACTIVA		B.CONDENS. (kVAr)
	COS Ø1	COS Ø2			REGISTRO	(Kw)	
110029	0,75	0,95	0,88	0,33	MINIMO	50	30
	0,75	0,95			MEDIO	60	35
	0,75	0,95			MAXIMO	65	40
200331	0,73	0,95	0,93	0,33	MINIMO	80	50
	0,73	0,95			MEDIO	95	60
	0,73	0,95			MAXIMO	120	75

**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

Para determinar la capacidad de los condensadores, en base a los registros, se establece requerimientos mínimo, medio y máximo de compensación de reactivos. Conociendo la capacidad de los condensadores, se procede a cotizar los valores de acuerdo a las distintas opciones de instalación, como puede ser bancos

automáticos, semiautomáticos o fijos. Esto con el propósito de determinar el costo aproximado de cada kVAr., que nos permita proyectar el valor de los condensadores de acuerdo a la capacidad requerida.

**Cuadro N° 4.5:** Cotización banco de condensadores automático.

DENOMINACION	CAPACIDAD DEL CONDENSADOR			
	60 kVAr	40 kVAr	50 kVAr	60 kVAr
SUBTOTAL (dólares)	4116	3439	3370	3616
ARMADA TABLERO (dólares)	120	120	120	120
TOTAL MATERIALES (dólares)	4236	3559	3490	3736
IVA 12% (dólares)	508	427	419	448
TOTAL PROFORMA	4745	3986	3909	4184

COSTO X C/kVAr (dólares)	79	100	78	70
COSTO PROMEDIO POR C/kVAr (dólares)				82

**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

**Cuadro N° 4.6:** Cotización banco de condensadores semiautomático.

DENOMINACION	CAPACIDAD DEL CONDENSADOR		
	5 kVAr	10 kVAr	15 kVAr
SUBTOTAL (dólares)	260	306	566
ARMADA TABLERO (dólares)	40	40	80
TOTAL MATERIALES (dólares)	300	346	646
IVA 12% (dólares)	36	42	78
TOTAL PROFORMA (dólares)	336	388	724

COSTO X C/kVAr (dólares)	67	39	48
COSTO PROMEDIO POR C/kVAr (dólares)			51

**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

**Cuadro N° 4.7:** Cotización banco de condensadores fijo

DENOMINACION	CAPACIDAD DEL CONDENSADOR		
	5 kVAr	10 kVAr	15 kVAr
SUBTOTAL (dólares)	200	260	460
ARMADA TABLERO (dólares)	40	40	80
TOTAL MATERIALES (dólares)	240	300	540
IVA 12% (dólares)	29	36	65
TOTAL PROFORMA (dólares)	269	336	605
COSTO X C/kVAr (dólares)	54	34	40
COSTO PROMEDIO POR C/kVAr (dólares)			43

**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

Finalmente se obtiene el costo promedio aproximado por cada kVAr, de acuerdo al tipo de instalación:

COSTO B. CONDENS.PROM. (dólares)		
AUOTMAT.	SEMIAUT.	FIJO
82	51	43

Con conocimiento de los costos promedios señalados, se determina la inversión de la compensación de reactivos en condiciones mínima, media y máximo, para cada una de las cuentas, de acuerdo al tipo de instalación y ubicación de los bancos de condensadores como se muestra en el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 4.8:** Inversión compensación de reactivos.

<b>INVERSION COMPENSACION REACTIVOS</b>				
<b>DENOMIN.</b>	<b>B.CONDENS. (kVAr)</b>	<b>COSTO B. CONDENS. (dólares)</b>		
		<b>AUOTMAT.</b>	<b>SEMIAUT.</b>	<b>FIJO</b>
<b>BLOQUE 1 CUENTA 110029</b>	<b>50</b>	4083		
	30	2450		
	10		514	
	15		771	
	5			213
<b>BLOQUE 2 CUENTA 200331</b>	80	6533		
	35	2858		
	15		771	

**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

Con referencia al horro mensual que representaría la eliminación de los valores adicionales por penalización y los costos iniciales de la inversión por la adquisición e instalación del banco de condensadores de acuerdo al requerimiento, se determina el tiempo de retorno de la inversión para cada una de las cuentas de la CURTIEMBRE PROMPELL S.A.

**Cuadro N° 4.9:** Retorno de la inversión.

<b>DATOS GENERALES</b>		
<b>DENOMINACION</b>	<b>BANCO AUTOMATICO</b>	
<b>CUENTA</b>	110029	200331
<b>PENALIZACION MENSUAL (DOLARES)</b>	180	300
<b>INVERSION INICIAL (DOLARES)</b>	2858	4900

MESES	TIEMPO RECUPERACION B. AUTOMATICO (DOLARES)	
	1	2678
2	2498	4300
3	2318	4000
4	2138	3700
5	1958	3400
6	1778	3100
7	1598	2800
8	1418	2500
9	1238	2200
10	1058	1900
11	878	1600
12	698	1300
13	518	1000
14	338	700
15	158	400
16	-22	100
17		-200

**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

#### **4.7.4.1. Análisis económico de la compensación de energía reactiva.**

Partimos de la inversión inicial, determinada en base a la capacidad del banco de condensadores calculado de acuerdo a las condiciones establecidas y los costos aproximados por cada kVAr, con respecto a las distintas opciones de instalación definido en base a las cotizaciones. Se considera los valores de ahorro anual por eliminar el pago adicional por penalización de la planilla mensual por concepto de consumo de energía eléctrica para cada cuenta de la CURTIEMBRE PROMPELL S.A.

**Cuadro N° 4.10:** Análisis económico condensadores.

<b>ANALISIS ECONOMICO</b>		
<b>DENOMINACION</b>	<b>BANCO AUTOMATICO</b>	
CUENTA	110029	200331
PENALIZACION MENSUAL (dólares)	180	300
INVERSION INICIAL (dólares)	2858	4900

<b>AÑOS</b>	<b>METODOS DE ANALISIS ECONOMICO</b>		
0	INVERSION INICIAL (dólares)	-2858	-4900
1	AHORRO ANUAL (dólares)	2160	3600
2	AHORRO ANUAL (dólares)	2160	3600
3	AHORRO ANUAL (dólares)	2160	3600
4	AHORRO ANUAL (dólares)	2160	3600
5	AHORRO ANUAL (dólares)	2160	3600
	TIR	70%	68%
	VAN (dólares)	4928	8078
	PRS (años)	1,32	1,36

\*Tasa de actualización = 12%

Donde:

TIR	TASA INTERNA DE RETORNO (%)
VNP	VALOR PRESENTE NETO (dólares)
SPT	TIEMPO DE RECUPERACION DE LA INVERSION (años)

**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

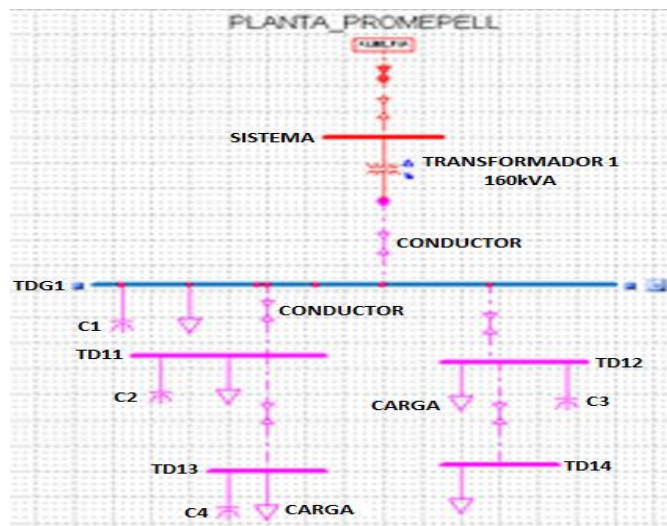
Se muestra, los resultados obtenidos en cada uno de los métodos de análisis económico, los mismos que servirán para seleccionar la propuesta más adecuada en el siguiente capítulo, que asegure el cumplimiento de los objetivos y resuelva el problema anunciado.

#### **4.8. Resultado de la validación de datos.**

El software CYMDIST de CYME INTERNATIONAL T&D, permite estudiar y simular el comportamiento de las redes de distribución bajo distintas condiciones y escenarios. En el capítulo anterior se realizó el levantamiento de la información de las instalaciones eléctricas de cada uno de los equipos y elementos que forman parte del sistema eléctrico de la CURTIEMBRE PROMPELL S.A. Se dispone de los diagramas eléctricos unifilares, que se muestran en los anexos,

considerando cada uno de los centros de transformación, con sus respectivas conexiones y ubicación dentro del sistema eléctrico.

Para la validación de los datos obtenidos, haciendo uso del software CYMDIST, con la aplicación de la función de análisis de Flujo de Carga, se realizó la modelación del sistema eléctrico de la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., correspondiente al bloque 1, como se muestra en el gráfico, en donde, se puede ubicar los equipos y elementos que conforman el circuito del sistema eléctrico de la planta de producción.



**Gráfico N° 4.13:** Sistema eléctrico PROMPELL S.A. bloque 1  
**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

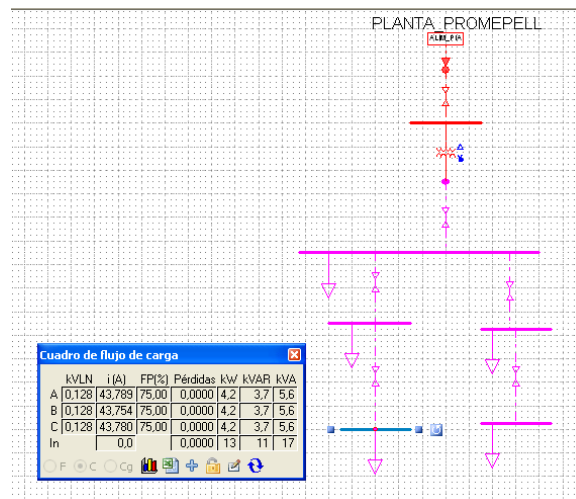
Donde:

ITEM	ABREVIATURA	DENOMINACION
1	SISTEMA	BARRA DE SISTEMA
2	TGD1	TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCION 1
3	TD11 - TD12 - TD13 - TD14	TABLEROS DE DISTRIBUCION
4	C1 - C2 - C3 - C4	BANCO DE CONDENSADORES

Para correr el flujo de carga en el simulador, es necesario ingresar los parámetros de cada uno de los elementos del circuito, los mismos que se señalan a continuación: voltajes y corrientes de cortocircuito del alimentador de la Empresa Eléctrica Ambato (suministro de servicio eléctrico); barra de sistema (punto de alimentación de los centros de transformación); conductores de medio y bajo voltaje (secciones y distancias); centro de transformación (datos de la placa

de características); carga instalada en tableros de distribución (sumatoria de la potencia de las máquinas y equipos); compensación de energía reactiva (banco de condensadores).

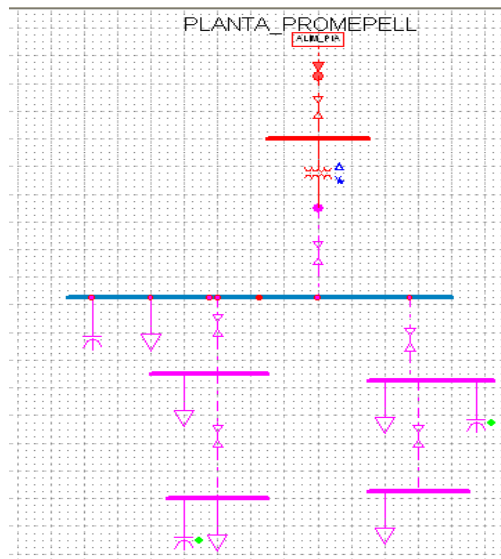
Ingresados los datos señalados en cada uno de los elementos del circuito, posterior a realizar todas las pruebas que confirmen la veracidad de los datos obtenidos al momento de ejecutar el flujo de carga, se procedió a correr la simulación considerando las condiciones actuales del sistema eléctrico de la planta de producción. En cada uno de los elementos del circuito como se muestra en el gráfico, se registra los siguientes parámetros: factor de potencia; pérdidas de potencia; potencias activa, reactiva y aparente.



**Grafico N° 4.14:** Parámetros tablero de distribución (TD13).  
**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

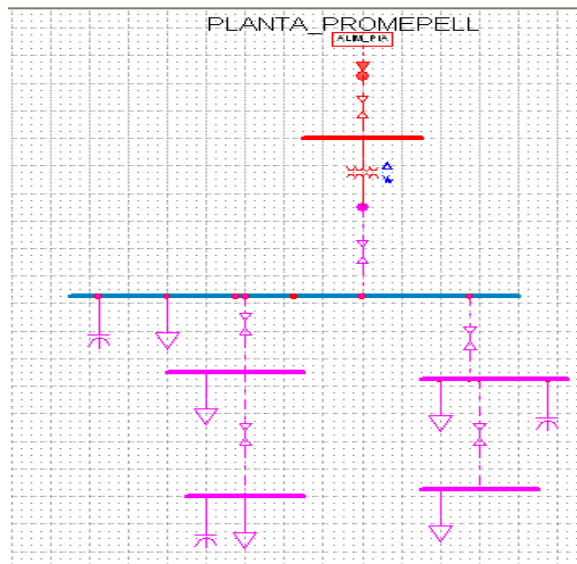
Luego, se procedió a correr flujos de carga con conductores dimensionados de acuerdo a la potencia de la carga que alimentan y con bancos de condensadores incorporados en los tableros de distribución considerando varias opciones:

**Compensacion de reactivos opcion 1:** Como se muestra en el siguiente gráfico, se ubicó un banco de condensadores automático de 50 kVAr, con pasos 1 - 1 - 2 - 2 - 4; ( 5 – 5 – 10 – 10 – 20 kVAr), en el tablero general de distribución 1, el mismo que proporciona reactivos de acuerdo como vayan entrando en funcionamiento las máquinas y equipos en la planta de producción.



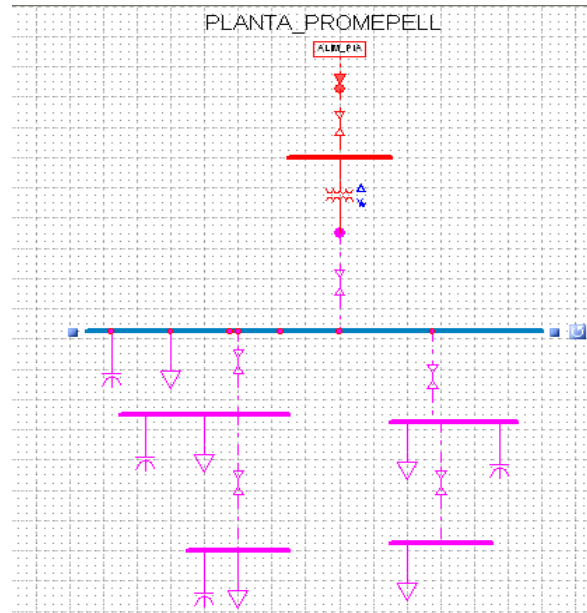
**Grafico N° 4.15:** Compensación de reactivos bloque 1, opción 1.  
**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

**Compensación de reactivos opción 2:** Como se muestra en el siguiente gráfico, se ubicó bancos de condensadores en varios tableros de distribución, como se señala a continuación: TGD1 (30 kVAr), con pasos 1 – 1 – 2 – 2, ( 5 – 5 – 10 – 10 kVAr); TD12(10 kVAr), semiautomatico; TD13 (10 kVAr), semiautomatico.



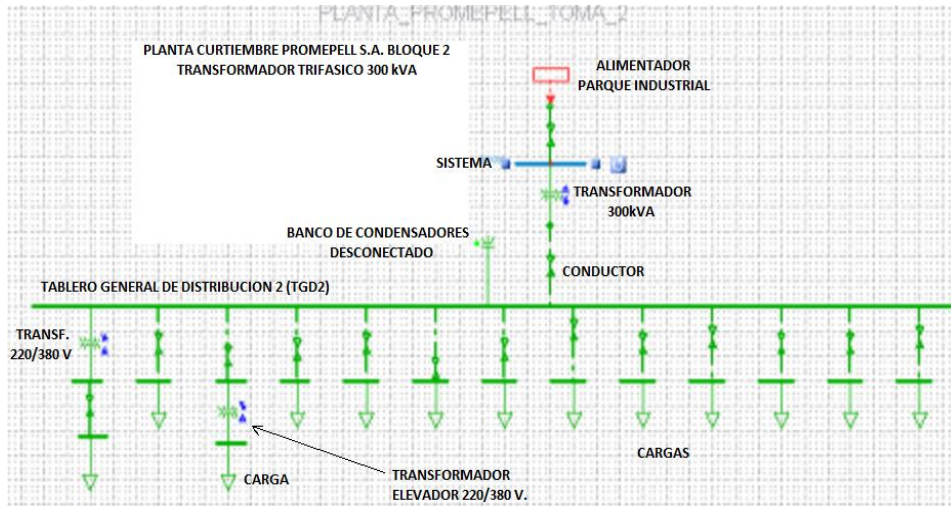
**Grafico N° 4.16:** Compensación de reactivos bloque 1, opción 2.  
**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

**Compensación de reactivos opción 3:** Como se muestra en el siguiente gráfico, se ubicó bancos de condensadores en varios tableros de distribución, como se señala: TGD1 (5 kVAr), fijo; TD11(15 KVAR); TD12(15 kVAr); TD13 (15 kVAr), semiautomaticos.



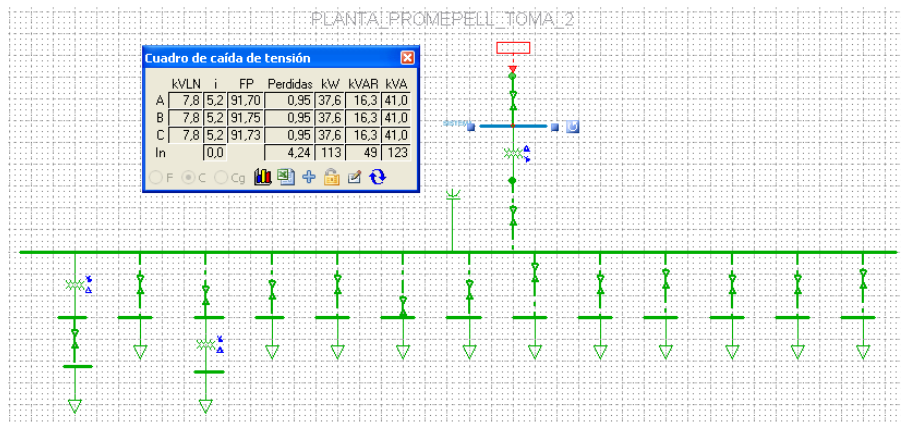
**Grafico N° 4.17:** Compensación de reactivos bloque 1, opción 3.  
**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

Considerando el mismo procedimiento se realizó la modelación del sistema eléctrico correspondiente al bloque 2, alimentado por el transformador trifásico de 300 kVA. Con el software CYMDIST, se ejecutó la función de los flujos de carga con las siguientes variantes: situación inicial del sistema eléctrico, compensación de reactivos opción 1, compensación de reactivos opción 2 y con los conductores dimensionados de acuerdo a la potencia de la carga que alimentan, registrando en cada caso los parametros de factor de potencia; pérdidas de potencia; potencias activa, reactiva y aparente.



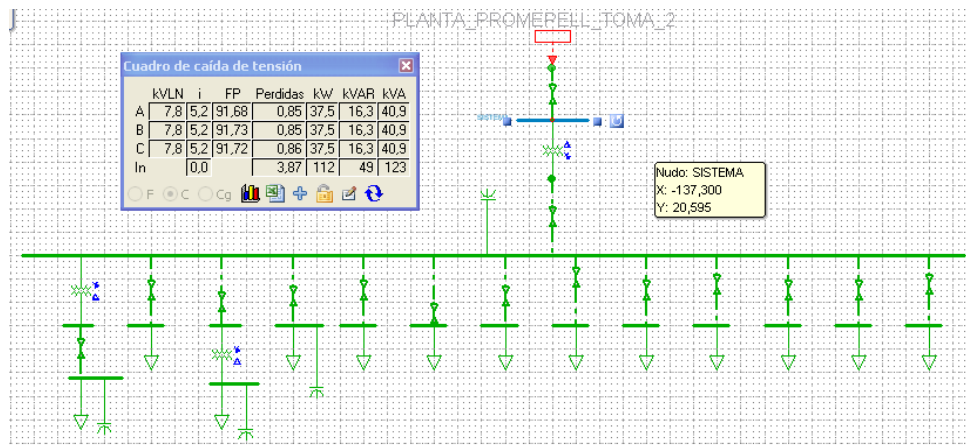
**Grafico N° 4.18:** Sistema eléctrico PROMEPPELL S.A. bloque 2.  
**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

**Compensación de reactivos 1:** Como se muestra en el siguiente gráfico, se ubicó un banco de condensadores automático de 80 kVAr, con pasos 1 - 1 - 2 - 4 - 4 - 4; ( 5 - 5 - 10 - 20 - 20 - 20 kVAr), en el tablero general de distribución 2, el mismo que proporciona reactivos de acuerdo como vayan entrando en funcionamiento las máquinas y equipos en la planta de producción.



**Grafico N° 4.19:** Compensación de reactivos bloque dos, opción 1.  
**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

**Compensación de reactivos 2:** Como se muestra en el siguiente gráfico, se ubicó bancos de condensadores en varios tableros de distribución, como se señala: TGD2 (35 kVAr), automatico; desde la izquierda: carga 1 (15 KVAR); carga 3 (15 kVAr); y carga 4 (15 kVAr), semiautomaticos.



**Grafico N° 4.20:** Compensación de reactivos bloque 2, opción 2.  
**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

La modelación y ejecución de la función de flujo de carga con las diferentes variantes en el sistema eléctrico, permitió presentar varias propuestas de uso eficiente de la energía eléctrica en la planta de producción de las cuales más adelante se seleccionará la más adecuada que asegure el cumplimiento de los objetivos y resuelva el problema enunciado.

#### 4.9. Sistema de medida en medio voltaje.

La CURTIEMBRE PROMPELL S.A., tiene dividida su planta de producción en dos bloques alimentados por centros de transformación, bloque 1 transformador trifásico de 160 kVA y bloque 2 transformador trifásico de 300 kVA, los mismos, que poseen sistemas de medida individuales para el registro de potencia y energía suministrada. La propuesta es ubicar un solo sistema de medida a nivel de medio voltaje, de manera, que exista una sola planilla mensual por concepto de servicio de energía eléctrica. Para la aplicación se considera las planillas correspondientes al mes de agosto del 2013. Se unifica las demandas y energías registradas en sus diferentes periodos de registro como se muestra en el cuadro.

**Cuadro N° 4.11:** Consumos históricos PROMEPELL S.A.

LECTURAS HORARIAS AGOSTO 2013					
TIPO DE REGISTRO	CUENTAS		TOTAL	COSTO C/kWh	COSTO kWh
	110029	200331			
A Dem.Max (kW)	57,12	200,66	257,78		
B Dem.Max Pico (kW)	14,28	7,05	21,33		
C Dem.Max (kW)	46,92	127,51	174,43		
D Dem.Max pico (kW)	5,1	6,55	11,65		
A Ener. Activa (kWh)	4692	14973	19665	0,061	1199,6
B Ener. Activa (kWh)	204	132	336	0,075	25,2
C Ener. Activa (kWh)	612	1187	1799	0,044	79,2
D Ener. Activa (kWh)	0	57	57	0,061	3,5
			<b>(kWh) 21857</b>	<b>(USD)</b>	<b>(USD) 1307,40</b>

**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

Realizando la sumatoria, se obtiene una demanda máxima de 257.78 kW, la misma, multiplicada por factor de corrección igual a 0.5, en razón de que la demanda máxima registrada en el periodo pico no supera el 50% de la demanda máxima registrada en todos los periodos. Se obtiene como resultado una demanda facturable de 128.89 kW. Como cada kW de demanda tiene un costo de 4.5759 dólares el rubro a cancelar por concepto de demanda es igual a 589.80 dólares.

De manera similar con la sumatoria de las energías en los diferentes periodos y los costos del kWh se determina el valor de 1,307.40 dólares, que corresponde al consumo de la planilla mensual emitida por la Empresa Eléctrica Ambato (EEASA), por concepto del suministro del servicio eléctrico. Se procede entonces a calcular los demás cargos correspondientes al servicio eléctrico y se obtiene el valor de la planilla mensual a cancelar por concepto del consumo de energía eléctrica en la planta de producción, como se muestra en el cuadro siguiente:

**Cuadro N° 4.12:** Consumos históricos PROMEPELL S.A.

<b>FACTURACION PLANILLA MENSUAL</b>		
	<b>DEMANDA (kW)</b>	<b>CONSUMO (kWh)</b>
	128,89	21857
<b>CARGOS SERVICIO ELECTRICO (DOLARES)</b>		
CN	VALOR CONSUMO	1307,40
DF	DEM. FACTURABLE	589,80
VC	V. COMERCIALIZACION.	1,41
BM	CONT. BOMBEROS	19,08
PF	PENALIZACION PF	432,55
TB	TASA BASURA	227,83
AP	ALUMB. PUBLICO	313,00
<b>TOTAL PLANILLA</b>		2891

**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

Para determinar el ahorro que implica, la implementación de esta propuesta en la planta, se considera la sumatoria de las dos planillas que actualmente cancela la curtiembre y se resta con el valor total de la planilla unificada resultante del cálculo de la unificación de los sistemas de los dos sistemas de medida, obteniendo el valor de 295 dólares de diferencia en menos, como se señala:

<b>DENOMINACION</b>	<b>COSTO (Dólares)</b>
V. PLANILLA ACTUAL	3186
V. PLANILLA PROPUESTA	2891
VALOR DIFERENCIA	295

Si consideramos el 2% tanto en demanda como en el consumo por pérdidas en el transformador, al ahorro se resta 30 dólares, determinando un valor de ahorro final de 265 dólares mensual, que equivale al 8% en menos del valor de las planillas canceladas en las cuentas de cada bloque de la planta de producción.

Una investigación de campo y bibliográfica, con un nivel de profundidad de carácter diagnóstico y explicativo permitió realizar una evaluación de la situación actual de la CURTIEMBRE PROMEPELL S.A. Por medio del análisis e

interpretación de los datos recolectados a través de la metodología aplicada, se enuncia los resultados teórico-prácticos con varias propuestas

#### **4.10 Comprobación de la Hipótesis.**

**¿Si se identifican las causas que originan el uso ineficiente de la energía eléctrica en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., del cantón Ambato, periodo 2012-2013, es posible plantear un programa de uso eficiente de la energía eléctrica para reducir el valor de la planilla mensual por concepto del servicio eléctrico?**

Los consumos históricos y los datos medidos con el analizador de redes de distribución en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., señalan que, en el bloque 1, cuenta 110029, el factor de potencia es 0.75 y en el bloque 2, cuenta 200331, el factor de potencia es 0.73, los mismos, que se encuentran bajo el límite de 0.92, generando el pago de valores adicionales por penalización en las planillas mensuales por servicio eléctrico, equivalente al 16% del valor de la planilla facturada por servicio eléctrico en el periodo 2012-2013, identificando una causa de uso ineficiente de la energía eléctrica, la misma, que se convierte en una opción estratégica del programa de uso eficiente de la energía eléctrica, que permitirá reducir el valor de la planilla mensual por concepto del servicio eléctrico.

La CURTIEMBRE PROMPELL S.A., cancela el servicio eléctrico a través de las cuentas 110029 y 200331, con rubros que se generan en cada una de ellas, identificando una causa de uso ineficiente de la energía eléctrica, puesto que se puede realizar el registro del consumo de energía eléctrica de la planta con un solo sistema de medición en medio voltaje, convirtiéndose en una opción estratégica del programa de uso eficiente de la energía eléctrica, que genera un ahorro de 265 dólares, equivalente al 8% del valor de la planilla facturada.

**Por lo expuesto se comprueba la hipótesis.**

## CONCLUSIONES

1. El conocimiento de la información científico – técnica sobre el uso eficiente de la energía eléctrica, permite tomar decisiones para la implementación de programas en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., con acciones para reducir los costos de producción y ser más competitivos en los mercados.
2. De los datos medidos con el analizador de redes de distribución, en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., se desprende que en el bloque 1, cuenta 110029, transformador trifásico de 160 kVA, reflejan una capacidad de transformación utilizada de 89 kVA, con una demanda máxima 67 kW, un factor de potencia medio de 0.75, que representa el 56% de la capacidad nominal del transformador, encontrándose subutilizado
3. De los datos medidos con el analizador de redes de distribución, en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., se desprende que en el bloque 2, cuenta 200331, transformador trifásico de 300 kVA, reflejan una capacidad de transformación utilizada de 155 kVA, con una demanda máxima 89 kW, un factor de potencia medio de 0.73, que representa el 52% de la capacidad nominal del transformador, encontrándose subutilizado.
4. La utilización de máquinas y equipos con una capacidad del 50% de la demanda máxima, en horas pico (18h00 a 22h00), permite que la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., acceda al beneficio de la Tarifa Horaria, con una rebaja en el rubro de la demanda facturable, en el bloque 1, cuenta 110029, de 150 dólares y en el bloque 2, cuenta 200331, de 450 dólares, valores que representan el 20% de la planilla mensual por concepto de consumo de la energía eléctrica.

5. Los valores cancelados en las planillas mensuales por concepto de consumo de energía eléctrica, en la cuenta 110029, en el periodo de análisis, ascienden a 21,493.71 dólares, de los cuales, el valor de 3,366.20 dólares, es por penalización por bajo factor de potencia, que representa el 16% con respecto al total cancelado, generando un valor medio mensual de 180 dólares.
6. Los valores cancelados en las planillas mensuales por concepto de consumo de energía eléctrica, en la cuenta 200331, en el periodo de análisis, ascienden a 36.726,65 dólares, de los cuales, el valor de 5.837,51 dólares, es por penalización por bajo factor de potencia, que representa el 16% con respecto al total cancelado, generando un valor medio mensual de 300 dólares.
7. La unificación de los sistemas de medida, en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., por un solo sistema de medición en medio voltaje, representa un ahorro de 265 dólares mensuales, que equivale a un 8% con respecto a los valores cancelados a la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., EEASA, por concepto de servicio eléctrico.
8. La implementación de las propuestas planteadas, en el desarrollo del programa de uso eficiente de la energía eléctrica, en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., con una inversión inicial de 15,149.00 dólares, representa un ahorro mensual de 745 dólares, que equivale al 24% de la planilla mensual por concepto de servicio eléctrico, con un tiempo recuperación de la inversión en 1.69 años.

## **RECOMENDACIONES.**

1. Dar prioridad en la implementación del programa de uso eficiente de la energía eléctrica, la compensación de energía reactiva, en razón que representa un ahorro del 16 % con respecto a los valores de las planillas mensuales cancelada por concepto de servicio eléctrico, equivalente a 180 dólares en la cuenta 110029 y 300 dólares en la cuenta 200331.
2. Considerar como una opción estratégica, la unificación de los sistemas de medida, en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., por un solo sistema de medición en medio voltaje, en razón que representa un ahorro de 265 dólares mensuales, que equivale a un 8% con respecto a los valores cancelados por concepto de servicio eléctrico.
3. Implementar el programa de uso eficiente de la energía eléctrica, en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., en razón que con una inversión inicial de 15,149.00 dólares, se genera un ahorro mensual de 745 dólares, que equivale al 24% de la planilla mensual por concepto de servicio eléctrico, con un tiempo recuperación de la inversión en 1.69 años.
4. Continuar investigando posibles causas que originen ineficiencia en el uso de la energía eléctrica en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., puesto que la eficiencia energética es una opción tecnológica orientada a determinar las formas y métodos que permitan hacer un mejor uso de la misma.

## **CAPITULO V**

### **PROGRAMA PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGIA ELECTRICA CURTIEMBRE PROMPELL S.A.**

#### **5.1 Título de la propuesta.**

Programa para el uso eficiente de la energía eléctrica en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., con el propósito de reducir el costo de la planilla mensual por concepto de servicio de energía eléctrica y aumentar su eficiencia económica.

#### **5.2. Justificación de la propuesta.**

El trabajo de investigación, evaluación de uso de la energía eléctrica en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A. del cantón Ambato, periodo 2012 -2013, se inició con la contextualización del problema a niveles macro, meso y micro; determinando así los objetivos y el campo de la investigación del trabajo. Se planteó los antecedentes, bases teóricas y se caracterizó de manera detallada el objeto de la investigación. Luego se determinó la población y la muestra, de la cual, aplicando una metodología se definió los instrumentos y técnicas de recolección de información.

Se realizó el análisis e interpretación de los datos recolectados, identificando las causas del uso ineficiente de la energía eléctrica en la planta de producción, como: la utilización de máquinas (motores) inductivas generan un bajo factor de potencia, el mismo, que provoca el pago de valores adicionales por penalización por energía reactiva, que representa el 16 % del valor de la planilla mensual por concepto de servicio eléctrico; la planta cuenta con dos sistemas de medida que registran el consumo del bloque 1 y 2, identificando como una opción para el uso eficiente de la energía eléctrica la unificación de los sistemas de medida mediante la ubicación de un totalizador ubicado en medio voltaje, aspecto que permitiría reducir la planilla en un 8%; la utilización de máquinas eficientes y la tendencia a automatizar los procesos de producción.

Finalmente, con conocimiento de las causas que originan el uso ineficiente de la energía eléctrica, resulta indispensable plantear el programa para el uso eficiente de la energía eléctrica, en la planta de producción de la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., el mismo, que en base a los resultados señalados, permitirá reducir el costo de la planilla mensual emitida por la Empresa Eléctrica Ambato (EEASA) por concepto de consumo de energía eléctrica.

### **5.3. Objetivo de la propuesta.**

Establecer acciones estratégicas para el uso ineficiente de la energía eléctrica en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., del cantón Ambato, a través del análisis de los registros históricos periodo 2012-2013 y parámetros eléctricos medidos, con el propósito de reducir el costo de la planilla mensual de energía eléctrica y aumentar su eficiencia económica.

### **5.4. Estructura de la propuesta.**

La estructura de la propuesta del programa de uso eficiente de la energía eléctrica en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A, está basada en la elaboración de un documento que contenga procedimientos, cálculos y análisis técnico – económico, para el uso eficiente de la energía eléctrica y aumentar su eficiencia económica con la reducción de sus costos de producción.

### **5.5. Desarrollo de la propuesta.**

Acciones estratégicas para reducir el valor de la planilla por concepto de servicio eléctrico en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A.:

1. Corregir el factor de potencia (0.7); en razón que se encuentra bajo los límites (0.92) que exige el ente regulador CONELEC, razón por lo cual paga el rubro adicional por penalización en la planilla mensual por concepto de servicio de energía eléctrica.

2. Dimensionar correctamente la sección de cada cable conductor; a fin de evitar pérdidas por calentamiento y caídas de voltaje que inciden en el incremento del consumo, además de poner en riesgo las instalaciones. Para determinar la sección adecuada de los cables conductores es necesario conocer la potencia de las cargas que van alimentar y por ende la corriente que va a circular por el mismo.
3. Dimensionar los disyuntores, considerando la potencia de la carga instalada y la capacidad de conducción de los conductores, aspecto que permitirá que este dispositivo de protección cumpla con su función, como elemento activo del sistema eléctrico.
4. Efectuar el tendido de los cables conductores en tramos continuos (sin empalmes) o con conectores diseñados especialmente a tal fin. Su recorrido debe ser por canaletas o tuberías, de manera de no provocar el deterioro del aislamiento y evitar posibles contactos con las estructuras metálicas, que ocasionan pérdidas por fugas a tierra.
5. Realizar los circuitos de iluminación considerando que las luminarias estén interconectadas de forma alternada, de manera de poder utilizar el total o un parcial de ellas, según el requerimiento de iluminación.
6. Balancear la carga de las líneas de distribución internas, esto en razón que existe un desequilibrio entre las fases (R, S, T), de manera que ninguna fase esté sobre exigida y genere pérdidas por efecto del desbalance.
7. Establecer instalaciones fijas para todo puesto operativo que requiera suministro de energía eléctrica, de manera de eliminar alargues con secciones diferente de cable conductor y contactos defectuosos, evitando pérdidas por calentamiento.

8. Programar los procesos de producción para aprovechar la energía eléctrica en el periodo C (22h00 hasta las 8h00), para obtener una rebaja del 20% con respecto al valor de la energía eléctrica en el periodo normal de uso, lo que refleja un menor costo en la tarifa.
9. Instalar el sistema de medida a nivel de medio voltaje, con el propósito de unificar los dos sistemas de medida existentes, de manera que se genere una planilla mensual por concepto de consumo de la energía eléctrica de la CURTIEMBRE PROMPELL S.A.

Con conocimiento de las acciones estratégicas a realizar para cumplir con los objetivos y resolver el problema enunciado, se desarrolla la propuesta del programa para el uso eficiente de la energía eléctrica en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., con el propósito de reducir el costo de la planilla mensual por concepto de servicio de la energía eléctrica y aumentar su eficiencia económica con la reducción de sus costos de producción.

#### **5.5.1. Dimensionamiento de los disyuntores.**

El dimensionamiento de un disyuntor consiste en determinar la corriente nominal de disparo  $I_n$ , la misma que abre el circuito. Para escoger la intensidad nominal debe cumplir con las siguientes condiciones:

$$I_n < I_{\text{cond.}}$$

$$I_n > 1.25 I_c$$

Donde:

$I_{\text{cond.}}$  = Capacidad de conducción de corriente de los conductores (amperios).

$I_c$  = Corriente máxima de carga (amperios).

Aplicación práctica:

$I_{cond}$ : Capacidad de conducción 25 amperios (conductor # 12)

$I_c$  : Corriente máxima de carga 15 amperios

$I_n > 1.25 I_c$

$I_n > 1.25 (15)$

$I_n > 18.75$  amperios.

El disyuntor debe ser para una corriente nominal de disparo  $I_n = 20$  amperios, cumpliendo la condición  $I_n > 1.25 I_c$ , que señala que la corriente nominal de disparo del disyuntor, debe ser mayor de la corriente máxima de la carga incrementada en un 25%. Otra condición que debe cumplir la selección del disyuntor es que  $I_n < I_{condu.}$ , en este caso la capacidad de conducción de corriente del conductor es 25 amperios, entonces, reemplazando en la condición tenemos que: 20 amperios < 25 amperios; siendo ésta la manera correcta de selección del disyuntor.

### **5.5.2. Conductores eléctricos.**

Para el dimensionamiento de los conductores eléctricos, es muy importante considerar la capacidad de conducción de corriente para la que están diseñados y la corriente máxima de la carga que van alimentar. Con conocimiento de estos parámetros se debe prever la instalación de un disyuntor, el mismo que servirá de protección para el conductor, siempre que la corriente nominal de disparo del disyuntor sea menor que la capacidad de conducción de corriente del conductor.

Como una ayuda para una selección correcta de los conductores, se ha desarrollado una tabla, anexo diez, en donde se hace referencia a los límites térmicos para ciertos conductores de cobre, los más utilizados en las instalaciones interiores, como son: conductor aislado de cobre tipo TW, conductor aislado de cobre tipo TTU y multiconductor tipo sucre. De acuerdo al calibre del conductor

y dependiendo del tipo de servicio, como puede ser: monofásico, bifásico o trifásico se determina una serie de parámetros, que se detalla a continuación: capacidad de conducción de corriente del conductor en amperios, potencia en kVA de la carga que puede ser instalada y el tipo de disyuntor para su protección. Estos parámetros para cada tipo de conductor y tipo de servicio.

### **5.5.3. Procesos de producción.**

Se debe establecer como parte del programa de uso eficiente de la energía eléctrica, el uso de las máquinas y equipos en horas pico: (18h00 a 22h00) de lunes a viernes y (18h00 a 22h00) sábados, domingos y feriados; hasta en un 50% de la demanda máxima utilizada en el periodo normal. Esto con el propósito de que demanda máxima registrada en los distintos periodos se vea afectada por un factor de corrección igual a 0.5, que provoca que el rubro por demanda facturable en la planilla mensual por servicio de energía eléctrica se reduzca a la mitad, accediendo al beneficio de los incentivos de la Tarifa Horaria, que establece el ente regulador CONELEC, en el Pliego Tarifario Vigente. De acuerdo a lo mencionado, el jefe de producción tendrá que realizar una programación de los procesos de producción para controlar el registro de la demanda facturable.

En el caso de estudio, la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., en ciertos meses, no accede al ahorro señalado en demanda, debido a que no existe una programación en los procesos de producción cuando se genera el requerimiento de actividades propias de la planta y el maquilado a terceros.

En el análisis de los consumos históricos se determinó que la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., se beneficia del 50% del valor de la demanda máxima registrada. En la cuenta 110029 del bloque 1 de la planta el ahorro promedio mensual es de 150 dólares, en tanto que en la cuenta 200331 del bloque 2 de la planta de producción, el ahorro promedio es de 450 dólares. El rubro de la demanda facturable representa el 20% del valor de la planilla mensual por concepto de consumo de la energía eléctrica en la curtiembre.

Con respecto al consumo de la energía eléctrica, se plantea la utilización del servicio eléctrico en la planta de producción, en el periodo C (22h00 hasta las 8h00), que tiene un descuento del 20% con respecto al costo de la energía eléctrica en horario normal.

Para realizar una aplicación práctica sobre el uso de la energía eléctrica periodo C (22h00 a 8h00), se asume que el 40% de la energía utilizada en los periodos normales, se traslade al periodo C (22h00 a 8h00), como se señala en los siguientes cuadros:

**Cuadro N° 5.1:** Planilla calculada (110029)

<b>PROMEPELL S.A. (CUENTA 110029)</b>				
<b>PLANILLA DEL MES DE AGOSTO DEL 2013</b>				
<b>TARIFA</b>	<b>kWh</b>	<b>%</b>	<b>USD(C/kWh)</b>	<b>USD kWh</b>
A Ener. Activa	3350	60,82	0,061	204,35
B Ener. Activa	204	3,70	0,075	15,30
C Ener. Activa	1954	35,48	0,044	85,98
D Ener. Activa	0	0,00	0,061	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>5508</b>	<b>100</b>		<b>305,63</b>

**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

**Cuadro N° 5.2:** Planilla calculada (200331)

<b>PROMEPELL S.A. (CUENTA 200331)</b>				
<b>PLANILLA DEL MES DE AGOSTO DEL 2013</b>				
<b>TARIFA</b>	<b>kWh</b>	<b>%</b>	<b>USD(C/kWh)</b>	<b>USD kWh</b>
A Ener. Activa	9800	60,53	0,061	597,80
B Ener. Activa	132	0,82	0,075	9,90
C Ener. Activa	6200	38,30	0,044	272,80
D Ener. Activa	57	0,35	0,061	3,48
<b>TOTAL</b>	<b>16189</b>	<b>100</b>		<b>883,98</b>

**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

Comparando el uso de la energía eléctrica bajo las condiciones actuales y la propuesta con la utilización del 40% de la energía en el periodo C (22h00 a 8h00), se obtiene el ahorro mensual como se muestra en el cuadro:

**Cuadro N° 5.3:** Ahorro mensual.

PROMEPELL S.A. (CUENTA 110029)			
S. INICIAL USD kWh	PROPUESTA USD kWh	AHORRO	
		USD kWh	%
328,44	305,63	22,81	7
PROMEPELL S.A. (CUENTA 200331)			
S. INICIAL USD kWh	PROPUESTA USD kWh	AHORRO	
		USD kWh	%
978,96	883,98	94,98	10

**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

El ahorro en la cuenta 110029, que corresponde al bloque 1, alcanza el 7% que representa un valor de 22.81 dólares mensual y en la cuenta 200331, que corresponde al bloque 2, alcanza el 10% que representa 94.98 dólares mensuales.

Los valores alcanzados como ahorro en uso del beneficio de la Tarifa Horaria, deberán ser analizados por los responsables de producción y recursos humanos, con el propósito de determinar si resulta rentable, considerando los valores cancelados a los obreros por las actividades realizadas en horario especial.

#### **5.5.4. Corrección del factor de potencia.**

En caso de ser una planta que inicia a funcionar, debe prever la instalación de reactivos, dependiendo el factor de potencia promedio de la maquinaria que va a funcionar, para evitar el pago de rubros adicionales por bajo factor de potencia.

Si se trata de una industria que ya está funcionando y no ha previsto la instalación de reactivos, tiene que fijarse en los rubros de la planilla mensual por concepto de servicio eléctrico, si existe penalización por bajo factor de potencia;

con la ayuda de personal técnico capacitado, se debe determinar el factor de potencia medio de la planta de producción. Se puede considerar los consumos históricos que posee la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte (EEASA) o proceder a realizar la medición con la ayuda de un analizador de redes de distribución. Conociendo los datos históricos o los parámetros registrados, se procederá al cálculo del banco de condensadores para compensar los reactivos que requiere la maquinaria y alcanzar el límite de 0.92 establecido por el ente regulador CONELEC.

En la CURTIEMBRE PROMPELL S.A, con conocimiento del factor de potencia medio registrado en la cuenta 110029 del bloque 1 de la planta (0.75) y en la cuenta 200331 del bloque 2 de la planta de producción (0.73), se realizó el cálculo de los bancos de condensadores con el propósito de compensar la energía reactiva que provoca un bajo factor de potencia y por ende eliminar el pago de valores adicionales por penalización en la planilla mensual por concepto de servicio de energía eléctrica, como se muestra:

#### CUENTA 110029

$$\begin{aligned} QC &= P \times \operatorname{tg} \theta_1 - P \times \operatorname{tg} \theta_2 \\ QC &= P \times (\operatorname{tg} \theta_1 - \operatorname{tg} \theta_2) \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} QC &= 90 \times (0.88 - 0.33) \\ QC &= 49.5 \text{ kVAr.} \Rightarrow 50 \text{ kVAr.} \end{aligned}$$

#### CUENTA 200331

$$\begin{aligned} QC &= P \times \operatorname{tg} \theta_1 - P \times \operatorname{tg} \theta_2 \\ QC &= P \times (\operatorname{tg} \theta_1 - \operatorname{tg} \theta_2) \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} QC &= 120 \times (0.93 - 0.33) \\ QC &= 79.2 \text{ kVAr.} \Rightarrow 80 \text{ kVAr.} \end{aligned}$$

Para la validación de los datos obtenidos, se utilizó el software CYMDIST, con la aplicación de la función de análisis de Flujo de Carga, se realizó la modelación del sistema eléctrico de la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., bloque 1 (cuenta 110029) y bloque 2 (cuenta 200331) como se detalla a continuación:

**a) Bloque 1 (cuenta 110029);** como se mencionó en el capítulo anterior, ingresados los parametros en cada uno de los elementos del circuito, posterior a realizar todas las pruebas que confirmen la veracidad de los datos obtenidos, se procede a correr los flujos de cargas con los bancos de condensadores incorporados en los tableros de distribución con una serie de variantes, con el proposito de mejorar el factor de potencia y eliminar el valor adicional por penalización de la planilla mensual por concepto de consumo de energía eléctrica.

Se procedió a seleccionar la opción 2, en donde, se ubica los bancos de condensadores en varios tableros de distribución: TGD1 (30 kVAr), con pasos 1 – 1 – 2 – 2, ( 5 – 5 – 10 – 10 kVAr); TD12(10 kVAr), semiautomatico; TD13 (10 kVAr), semiautomatico; obteniendo en cada elemento los valores que se muestran en el cuadro siguiente:

**Cuadro N° 5.4:** Flujo de carga (110029)

FLUJO DE CARGA CURTIEMBRE PROMPELL S.A. BLOQUE 1						
TRANSFORMADOR 160 KVA						
COMPENSACION DE REACTIVOS OPCION DOS						
DENOMIN.	FASES	FP(%)	PERDIDAS	kW	kVAR	kVA
SISTEMA	A	91,5	0,77	23,1	10,2	25,2
	B	91,55	0,76	23,1	10,1	25,2
	C	91,55	0,76	23,1	10,1	25,2
	In		2,94	69	30	76
TGD1	A	92,2	0,56	22,9	9,6	24,8
	B	92,22	0,56	22,9	9,6	24,8
	C	92,21	0,56	22,9	9,6	24,8
	In		1,68	69	29	74
TD11	A	86,82	0,09	8,6	4,9	10
	B	86,84	0,09	8,6	4,9	10
	C	86,83	0,09	8,6	4,9	10
	In		0,28	26	15	30
TD13	A	96,77	0	4,2	1,1	4,3
	B	96,79	0	4,2	1,1	4,3
	C	96,77	0	4,2	1,1	4,3
	In		0	13	3	13
TD12	A	96,3	0	4,7	1,3	4,9
	B	96,32	0	4,7	1,3	4,8
	C	96,3	0	4,7	1,3	4,9
	In		0	14	4	15
TD14	A	95	0	0,5	0,2	0,5
	B	95	0	0,5	0,2	0,5
	C	95	0	0,5	0,2	0,5
	In		0	1	0	1

**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez

b) **Bloque 2 (cuenta 200331)**; como se mencionó en el capítulo anterior, ingresados los parámetros en cada uno de los elementos del circuito, posterior a realizar todas las pruebas que confirmen la veracidad de los datos obtenidos, se procede a correr los flujos de cargas con los bancos de condensadores incorporados en el tablero general de distribución 2 y los tableros de distribución de los transformadores elevadores de voltaje (220/380V), con una serie de variantes, con el propósito de determinar la ubicación óptima, que permita mejorar el factor de potencia y eliminar el valor adicional por penalización de la planilla mensual por concepto de consumo de energía eléctrica.

Por los parámetros alcanzados, se seleccionó la opción 2, en donde, se ubica los bancos de condensadores en varios tableros de distribución, como se señala: TGD2 (35 kVAr), automático; desde la izquierda: carga 1 (15 kVAr); carga 3 (15 kVAr); y carga 4 (15 kVAr), semiautomáticos; obteniendo los valores que se muestran en el cuadro siguiente:

**Cuadro N° 5.5:** Flujo de carga (200331)

FLUJO DE CARGA CURTIEMBRE PROMPELL S.A. BLOQUE 2						
TRANSFORMADOR 300 kVA						
COMPENSACION DE REACTIVOS OPCION DOS						
DENOMIN.	FASES	FP(%)	PERDIDAS	kW	kVAR	kVA
SISTEMA	A	91,68	0,85	37,5	16,3	40,9
	B	91,73	0,85	37,5	16,3	40,9
	C	91,72	0,86	37,5	16,3	40,9
	In		3,87	112	49	123
TGD2	A	92,31	0,58	37,2	15,5	40,3
	B	92,3	0,58	37,2	15,5	40,3
	C	92,29	0,58	37,2	15,5	40,3
	In		1,82	112	47	121

**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez

Las opciones seleccionadas para compensar la energía reactiva, tanto para el bloque 1 como para el bloque dos, cumplen con los siguientes requerimientos técnicos:

1. Reduce las pérdidas en el transformador de distribución.
2. Corrige el factor de potencia en los tableros de distribución.
3. Minimiza las pérdidas en los conductores.
4. Supera los límites establecidos por el CONELEC (FP>0.92).

#### **5.5.4.1. Análisis económico compensación de reactivos.**

Conociendo la capacidad y tipo de los bancos de condensadores, se procede a cotizar o de ser el caso conociendo el costo promedio de cada kVAr, según el tipo de banco de condensadores, se puede determinar el costo de los equipos; a este valor se tiene que sumar el costo de mano de obra por montaje de los elementos en el gabinete metálico, instalación y pruebas de funcionamiento de los condensadores acoplados en los tableros de distribución de acuerdo a lo establecido en la simulación del sistema eléctrico de la planta de producción, determinando así, la inversión inicial que se requiere para ejecutar la compensación de reactivos y mejorar el factor de potencia.

Utilizando los métodos de análisis económico, con conocimiento de la inversión inicial, el ahorro anual que resulta de eliminar el pago de los valores adicionales por penalización en las planillas mensuales por concepto de servicio eléctrico, la tasa de actualización (12%) y el tiempo que se estima para el proyecto, se procede a calcular lo siguiente: Valor Presente Neto (VAN), que es el flujo total de efectivo acumulado al finalizar la vida útil; Tasa Interna de Retorno (TIR), que es la tasa de descuento o de interés que produce un VAN al finalizar la vida útil; y el tiempo de recuperación de la inversión. Los resultados del análisis, ayudan para que los propietarios de las industrias tomen las decisiones sólidas para la ejecución de los proyectos.

En la CURTIEMBRE PROMPELL S.A, Con conocimiento de los costos promedio de los condensadores por cada kVAr, de acuerdo al tipo de instalación como se señala:

COSTO B. CONDENS.PROM. (dólares)		
<b>AUOTMAT.</b>	<b>SEMIAUT.</b>	<b>FIJO</b>
81,66	51,40	42,56

Se procede a calcular el valor de la inversión inicial para la compensación de energía reactiva, con la opción 2 para el bloque 1 y con la opción 2 para el bloque 2, como se señala en el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 5.6:** Inversión para compensación de reactivos.

<b>INVERSION COMPENSACION REACTIVOS</b>					
<b>DENOMIN.</b>	<b>B.CONDENS.</b> <b>(kVAr)</b>	<b>COSTO B. CONDENS. (dólares)</b>			<b>INV. TOTAL</b> <b>(Dólares)</b>
		<b>AUOTMAT.</b>	<b>SEMIAUT.</b>	<b>FIJO</b>	
<b>BLOQUE 1</b>	30	2450			3478
<b>CUENTA</b>	10		514		
<b>110029</b>	10		514		
<b>BLOQUE 2</b>	35	2858			5171
<b>CUENTA</b>	15		771		
<b>200331</b>	15		771		
	15		771		

**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez

Con el propósito de analizar los valores que representa la inversión inicial de la compensación de reactivos, en cada una de las opciones del bloque 1 y del bloque 2, se realiza el cálculo para cada caso, como se muestra en el cuadro:

**Cuadro N° 5.7:** Opciones para compensación de reactivos.

<b>DENOMIN.</b>	<b>OPCIONES</b>	<b>COSTO B.COND.</b> <b>(USD)</b>	<b>%</b>
<b>BLOQUE 1</b> <b>CUENTA</b> <b>110029</b>	OPCION 1	4083	100
	OPCION 2	3478	85
	OPCION 3	2510	61
<b>BLOQUE 2</b> <b>CTA 200331</b>	OPCION 1	6533	100
	OPCION 2	5171	79

**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez

Como se puede observar, la inversión inicial en el bloque 1, opción 2, representa el 15% en menos con respecto a la opción 1, que comprende un banco automático ubicado en el tablero general de distribución 1; en tanto que representa el 24% en más con respecto a la opción 3, que comprende la utilización de bancos fijos de condensadores, sin ser muy recomendable. Por lo mencionado la opción 2 como la más adecuada desde el punto de vista técnico y económico.

La inversión inicial en el bloque 2, opción 2, representa el 21% en menos con respecto a la opción 1, que comprende un banco automático ubicado en el tablero general de distribución 2; determinado a la opción 2 como la más adecuada desde el punto de vista técnico y económico.

Con conocimiento de la inversión inicial que implica la compensación de energía reactiva en cada bloque de la planta de producción de la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., el ahorro anual que representa la eliminación de los valores adicionales por penalización por bajo factor de potencia en la planilla mensual que emite la EEASA por servicio eléctrico. Por medio de los métodos de análisis económico se determina la factibilidad de la propuesta como se muestra en los siguientes cuadros:

Datos:

DENOMINACION	CUENTAS	
	110029	200331
AHORRO MENSUAL (dólares)	180	300
AHORRO ANUAL (dólares)	2160	3600
INVERSION INICIAL (dólares)	3478	5171
TASA DE ACTUALIZACION	12%	

**Cuadro N° 5.8:** Análisis económico para compensación reactivos.

METODOS DE ANALISIS ECONOMICO			
AÑOS	DENOMINACION	CUENTAS	
		110029	200331
0	INVERSION INICIAL (dólares)	-3478	-5171
1	AHORRO ANUAL (dólares)	2160	3600
2	AHORRO ANUAL(dólares)	2160	3600
3	AHORRO ANUAL (dólares)	2160	3600
4	AHORRO ANUAL(dólares)	2160	3600
5	AHORRO ANUAL (dólares)	2160	3600
TIR		55%	64%
VAN (dólares)		4308	7806
PRS (años)		1,61	1,44

**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez

Donde:

TIR	TASA INTERNA DE RETORNO (%)
VNP	VALOR PRESENTE NETO (dólares)
SPT	TIEMPO DE RECUPERACION DE LA INVERSION (años)

Se puede observar que los valores obtenidos del VAN, TIR y PRS, reflejan que el proyecto de compensación de energía reactiva en cada uno de los bloques de la planta de producción de la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., es una acción estratégica para el uso eficiente de la energía eléctrica.

#### **5.5.5. Sistema de medición en medio voltaje.**

Este sistema de medición no censa el consumo de energía eléctrica directamente desde las líneas de alimentación de bajo voltaje, sino que realiza la medición mediante la utilización de equipos auxiliares, como son los Transformadores de Corriente (TC) y los transformadores de potencial o voltaje (TP). Los elementos envían señales de corriente y/o voltaje, reducidos de escala, para que el medidor pueda contabilizar. Como el medidor de energía, solamente recibe señales, es necesario que el valor registrado por el equipo de medición, se multiplique por un factor que se conoce como “factor de multiplicación”. Dicho factor se obtiene de la relación marcada en la placa de los transformadores de corriente y potencial.

La CURTIEMBRE PROMPELL S.A., el suministro de potencia eléctrica es a través de dos centros de transformación, los mismos que disponen de un sistema de medida individual, para el registro de potencia y energía eléctrica del bloque 1 y bloque 2 de la planta de producción.

De acuerdo al análisis de la propuesta de ubicar un solo sistema de medida a nivel de medio voltaje, de manera, que exista una sola planilla mensual por concepto de consumo de energía eléctrica; se procedió a realizar la sumatoria de

las demandas y energías registradas en sus diferentes periodos de registro. Realizando el cálculo de la planilla unificada; considerando las perdidas en los transformadores se obtuvo un ahorro de 265 dólares, que equivale al 8% en menos del valor actual de las planillas canceladas en las cuentas de cada bloque de la planta de producción.

Utilizando los métodos de análisis económico se identifica otra acción estratégica para el uso eficiente de la energía eléctrica, como se muestra en los siguientes cuadros:

Datos:

DENOMINACION	VALORES
AHORRO MENSUAL (dólares)	265
AHORRO ANUAL (dólares)	3180
INVERSION INICIAL (dólares)	6500
TASA DE ACTUALIZACION	12%
TIEMPO DEL PROYECTO (años)	5

**Cuadro N° 5.9:** Análisis económico registro en medio voltaje.

ANALISIS ECONOMICO		
AÑOS	DENOMINACION	VALORES
0	INVERSION INICIAL (dólares)	-6500
1	AHORRO ANUAL (dólares)	3180
2	AHORRO ANUAL (dólares)	3180
3	AHORRO ANUAL (dólares)	3180
4	AHORRO ANUAL (dólares)	3180
5	AHORRO ANUAL (dólares)	3180
TIR		40%
VAN (dólares)		4963
PRS (años)		2,04

**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez

De acuerdo a especificaciones técnicas del sistema de medición la vida útil es de 10 a 15 años, sin embargo, para el análisis se consideró como tiempo del proyecto cinco años. Los resultados señalan el TIR en un 40%, el VAN en el tiempo de análisis un valor de 4,963.00 dólares y el tiempo de retorno de la inversión (PRS) de 2.04 años, ratificando que la unificación de los sistemas de medida es acción estratégica para el uso eficiente de la energía eléctrica.

### **5.6. Análisis económico del programa de uso eficiente de la energía eléctrica.**

Si consideramos la implementación de las propuestas planteadas, identificadas como acciones estratégicas para el uso eficiente de la energía eléctrica, para realizar el análisis económico, se debe determinar lo siguiente: el ahorro anual en dólares, que representa la eliminación de los valores adicionales que la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., paga en los recibos mensuales por concepto de servicio eléctrico a la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., EEASA; la inversión inicial total, que implica los equipos y la mano de obra necesarios para la implementación de las propuestas. Con los datos señalados, se realiza el análisis económico, como se muestra en los cuadros:

Datos:

<b>DENOMINACION</b>	<b>VALORES</b>
AHORRO MENSUAL (dólares)	745
AHORRO ANUAL (dólares)	8940
INVERSION INICIAL (dólares)	15149
TASA DE ACTUALIZACION	12%
TIEMPO DEL PROYECTO (años)	5

**Cuadro N° 5.10:** Análisis económico propuestas.

<b>ANALISIS ECONOMICO</b>		
<b>AÑOS</b>	<b>DENOMINACION</b>	<b>VALORES</b>
0	INVERSION INICIAL (dólares)	-15149
1	AHORRO ANUAL (dólares)	8940
2	AHORRO ANUAL (dólares)	8940
3	AHORRO ANUAL (dólares)	8940
4	AHORRO ANUAL (dólares)	8940
5	AHORRO ANUAL (dólares)	8940
TIR (%)		52%
VAN (dólares)		17078
PRS (años)		1,69

**Fuente:** Autor, Oswaldo Mayorga Pérez

Los resultados del análisis económico en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A, muestran lo siguiente: el TIR en un 52%, el VAN en el tiempo de análisis un valor de 17,078.00 dólares y el tiempo de retorno de la inversión (PRS) de 1.69 años, reflejando que son acciones estratégicas para el uso eficiente de la energía eléctrica en la planta de producción, aumentando su eficiencia económica con la reducción de sus costos de producción, que garanticen su permanencia en los mercados internos y externos.

### **5.7. Uso eficiente de la energía eléctrica:**

La energía, y el uso en cualquiera de sus formas por el hombre, han delineado el desarrollo de la sociedad humana en cada una de sus etapas evolutivas. La humanidad, a lo largo de los años, ha perfeccionado la utilización de esta, pasando de los métodos más simples de manejo a los más complejos aplicados en la actualidad, con el fin de dar satisfacción a sus necesidades.

El buen uso de la energía eléctrica, permite a la industria ser cada vez más competitiva, en una economía que tiende a la globalización. Por lo tanto, el ahorro de energía es una alternativa viable para reducir costos de operación y mejorar los niveles de competitividad dentro del mundo industrial. Ahorrar energía es el

camino más eficaz para reducir las emisiones contaminantes de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) a la atmósfera, y por tanto detener el calentamiento global del planeta y el cambio climático. Por cada kilovatio/hora de electricidad que ahorremos, evitaremos la emisión de aproximadamente un kilogramo de CO<sub>2</sub> en la central térmica donde se quema carbón o petróleo para producir esa energía eléctrica.

El trabajo de investigación es una herramienta para que el propietario de la curtiembre, tome la decisión de la implementación del programa de uso eficiente de la energía eléctrica en la CURTIEMBRE PROMPELL S.A., de manera programada ejecutando desde la acción más rentable o de manera integral, puesto que, en el desarrollo del programa de uso eficiente de la energía eléctrica, se señala el análisis económico de cada una de las propuestas.

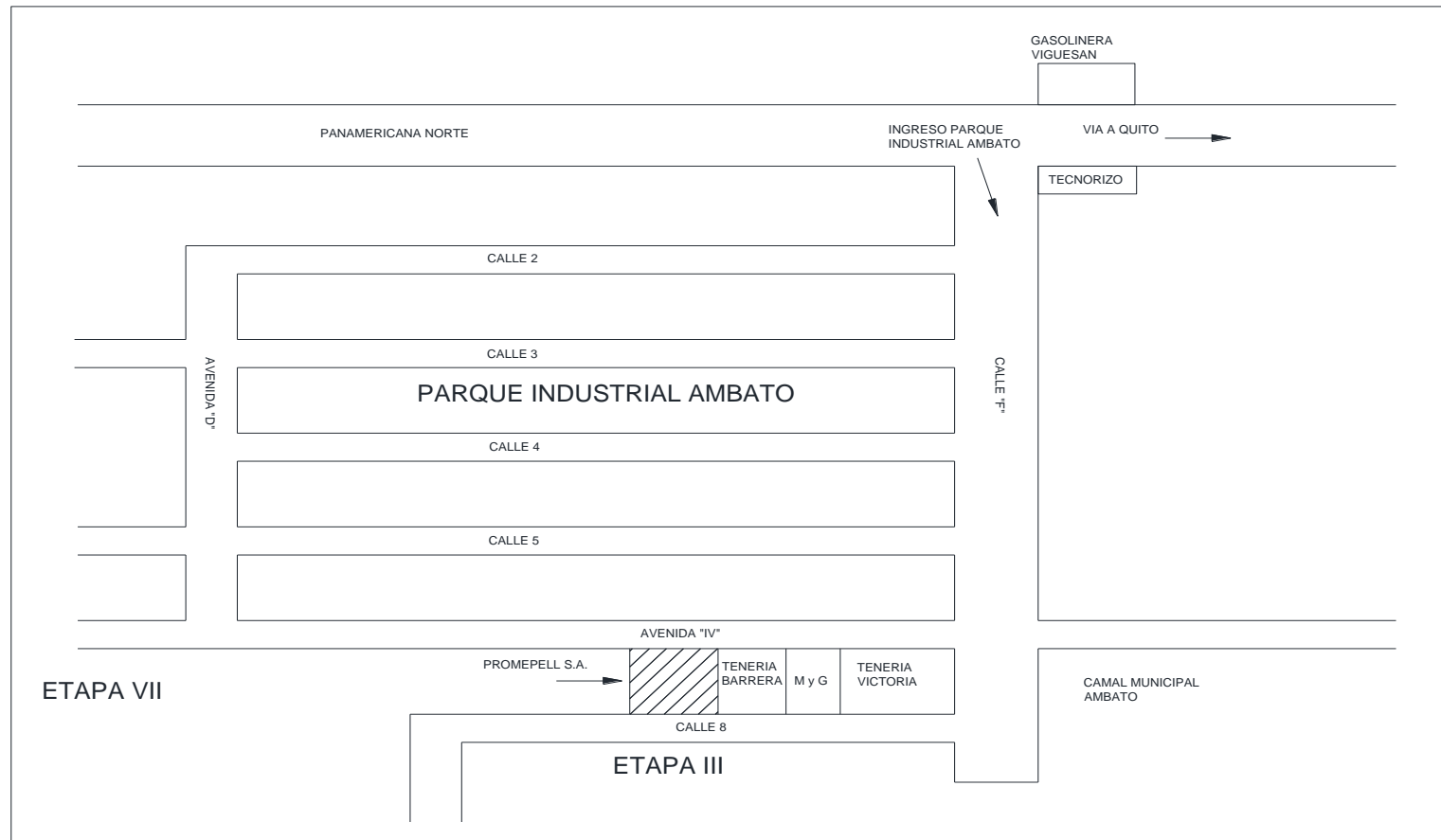
## FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

1. ALEXANDRE DUMAS, Rua, Manual de Inducción de Capacitores de Potencia, Segunda Edición, Brasil, 1989.
2. ALVAREZ DE ZAYAS/SIERRA LOMBARDIA, Carlos M, Virginia M, Metodología de la Investigación Científica.
3. ANDREAS, John C, Energy-Efficient Electric Motors. Second Edition, Inc. New York, USA 2010.
4. Asea Brown Boveri, Alpha Meter Instructions, 2002.
5. AVALOS GONZALEZ J.A. / PEREZ ROJAS, Carlos, Diagnóstico de Transformadores de Potencia, México 2006.
6. BARRERA G., Vicente, Manual de Instalación de Sistemas de Medición, Centro de Integración Eléctrico Regional, CIER, 2001.
7. CAMPOS AVELLA, Juan Carlos, Eficiencia Energética en Motores Eléctricos, Universidad del Atlántico, México D.F., 2003.
8. CONELEC. Calidad del servicio Eléctrico de Distribución (Regulación 004/01)
9. Eficiencia Energética, Ministerio de Energía y Minas, 2000.
10. ETSU, Enquiries Bureau, Energy Savings with Electric Motors and Drives. Oxfordshire.U.K.2009.
11. FINK Donald G. / BEATY H. Wayne, Manual de Ingeniería Eléctrica, McGraw-Hill, Decimotercera, México D.F.
12. G. FINK Donald / BEATY H. Wayne, Manual de Ingeniería Eléctrica, Décimo Tercera Edición, Editorial McGRAW- HILL / INTERAMERICANA EDITORES S.A. DE C.V., Mexico S.A., México D.F., 1998.
13. GHERARDELLI D Carlos, Centrales de Eléctricas de Generación de Potencia basadas en el Ciclo Diésel, Universidad de Chile, Noviembre 2008.
14. GONZALEZ, R Metodología de la Investigación Científica para las ciencias técnicas, 2009.

15. HODSON K. William, Maynard Manual del Ingeniero Industrial, Cuarta Edición, Editorial McGRAW\_HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., México D.F., 1998.
16. LOPEZ TOLEDO, Máximo, Ahorro Energético en Instalaciones Eléctricas, 2002
17. MALINOWSKY J., Using asds with variable torque applications, Energy Matters U.S. Department of Energy. March/ Abril 2000.
18. MAYORGA PEREZ, Oswaldo, Mentor, PYMES, Energía a rescatarse (Caso Curtiembre Ambato), Seminario Internacional de Uso Energético, Energías Alternativas y Desarrollo Sostenible, UTC 2012.
19. MEER, Ecuador, Eficiencia Energética, Políticas y Proyectos para el uso racional de la energía, 2013.
20. MENDOZA, Carlos / VARGAS, Ignacio, Especificaciones Técnicas Transformadores de Potencial.
21. OREJUELA LUNA, Víctor, Calidad de Servicios, Centro de Investigación y Capacitación Eléctrica, CICE. 2001
22. OREJUELA LUNA, Víctor, CENTRO DE CAPACITACION DEL SECTOR ELÉCTRICO, CICE Calidad de Servicios, Seminario de Distribución y Comercialización de Energía Eléctrica, Salinas 2010.
23. OREJUELA ROMERO, Xavier / MOLINA OLVERA, Víctor, VI Seminario de Comercialización, Factor de Potencia e Incorporación al Pliego Tarifario Vigente, Santa Elena, 1996.
24. QUISPE, Enrique. Una Visión Integral para el Uso Racional de la Energía en la Aplicación de los Motores Eléctricos de Inducción. Revista EL HOMBRE Y LA MÁQUINA. Año XV - Numero 20-21. Julio-Diciembre 2003. Cali-Colombia. ISSN: 0121-0777, pp.52-59.
25. STEVENSON, William D. Análisis de Sistemas de Potencia, McGRAW-HILL / INTERAMERICANA DE MEXICO, S.A. de C.V., México D.F., 1996.

## **ANEXOS**

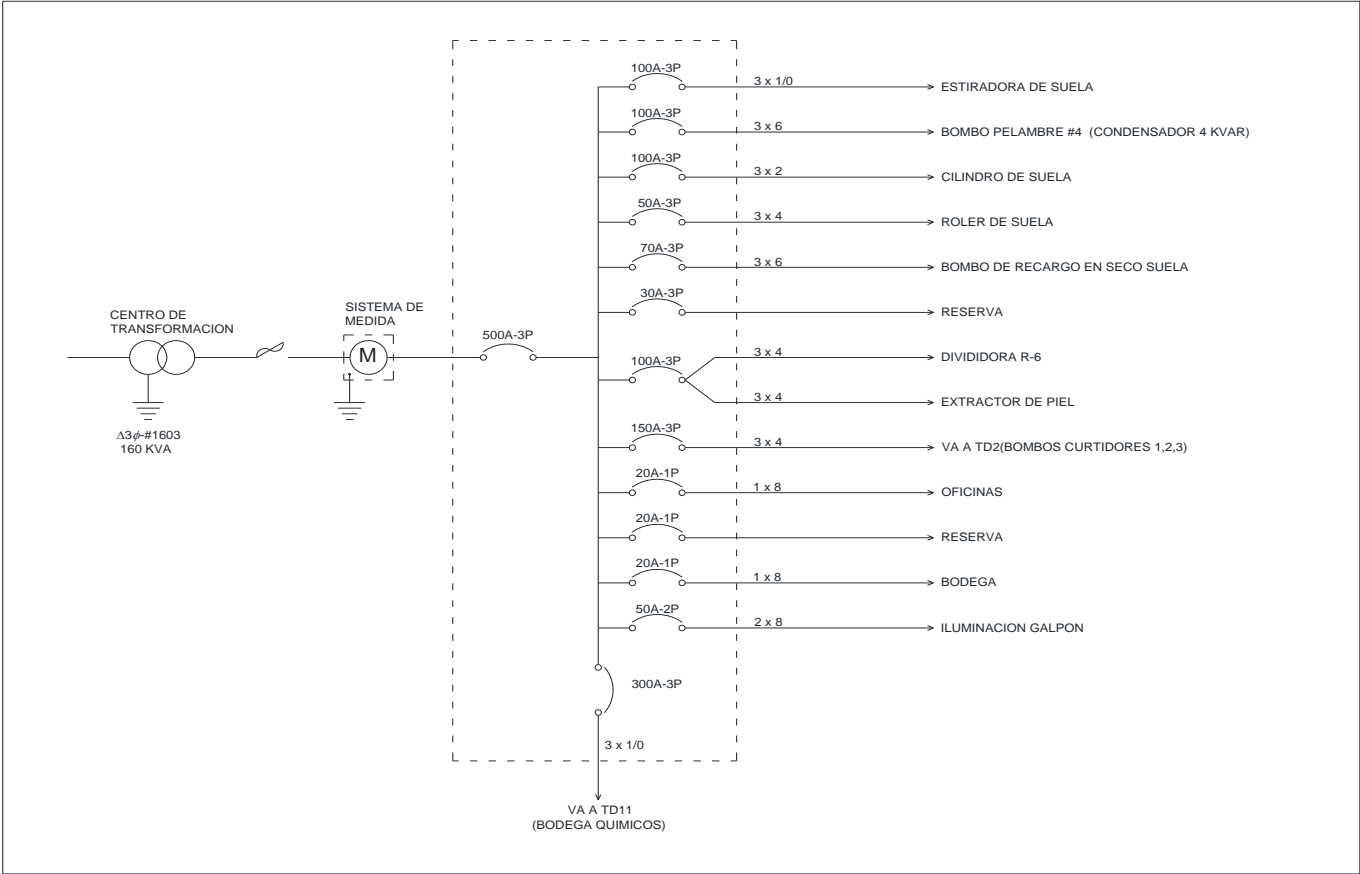
## ANEXO UNO: UBICACIÓN CURTIEMRE PROMPELL S.A.



Fuente: Investigación de Campo  
Elaborado por: Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

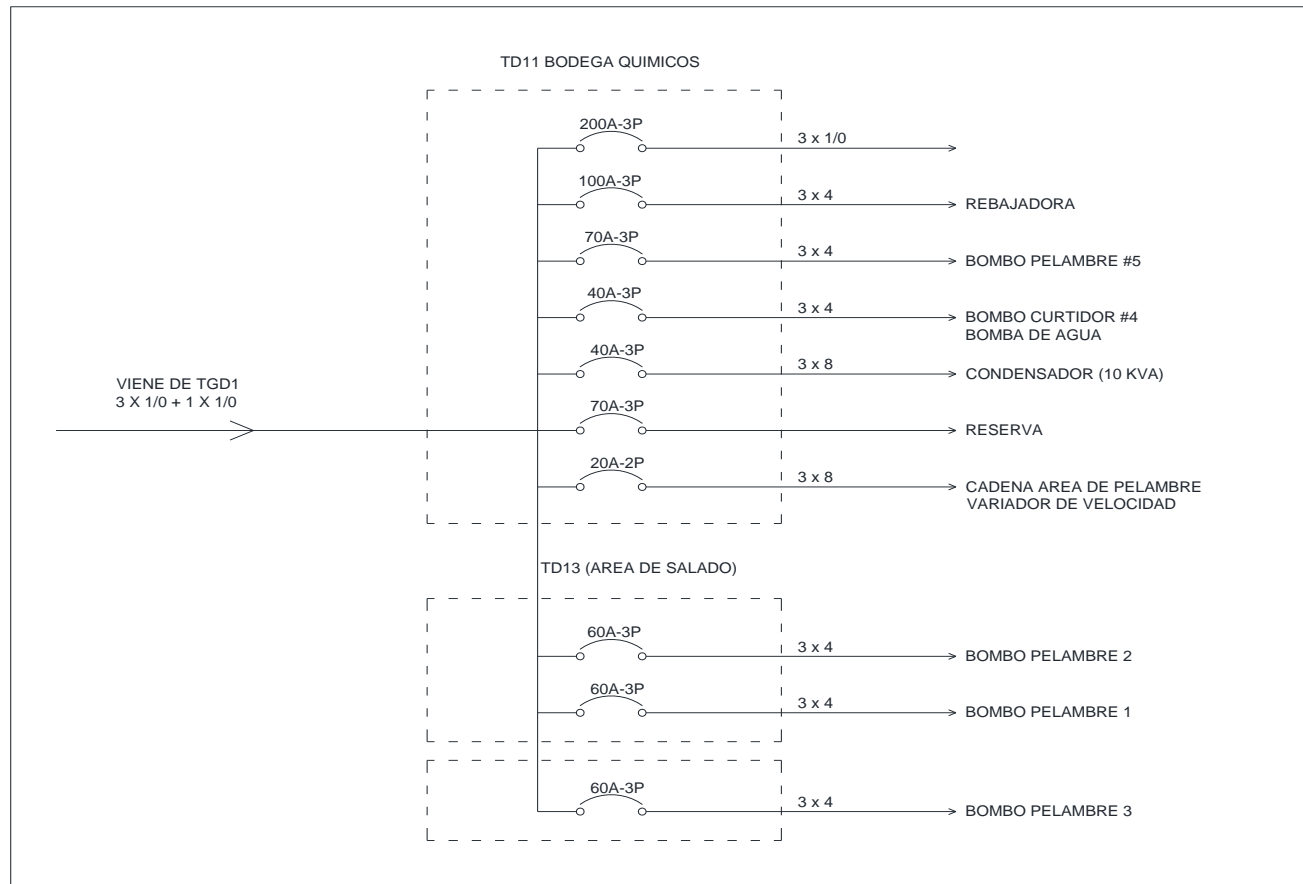


**ANEXO TRES: DIAGRAMA UNIFILAR TRANSFORMADOR 1 TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCION 1 (TGD1)**



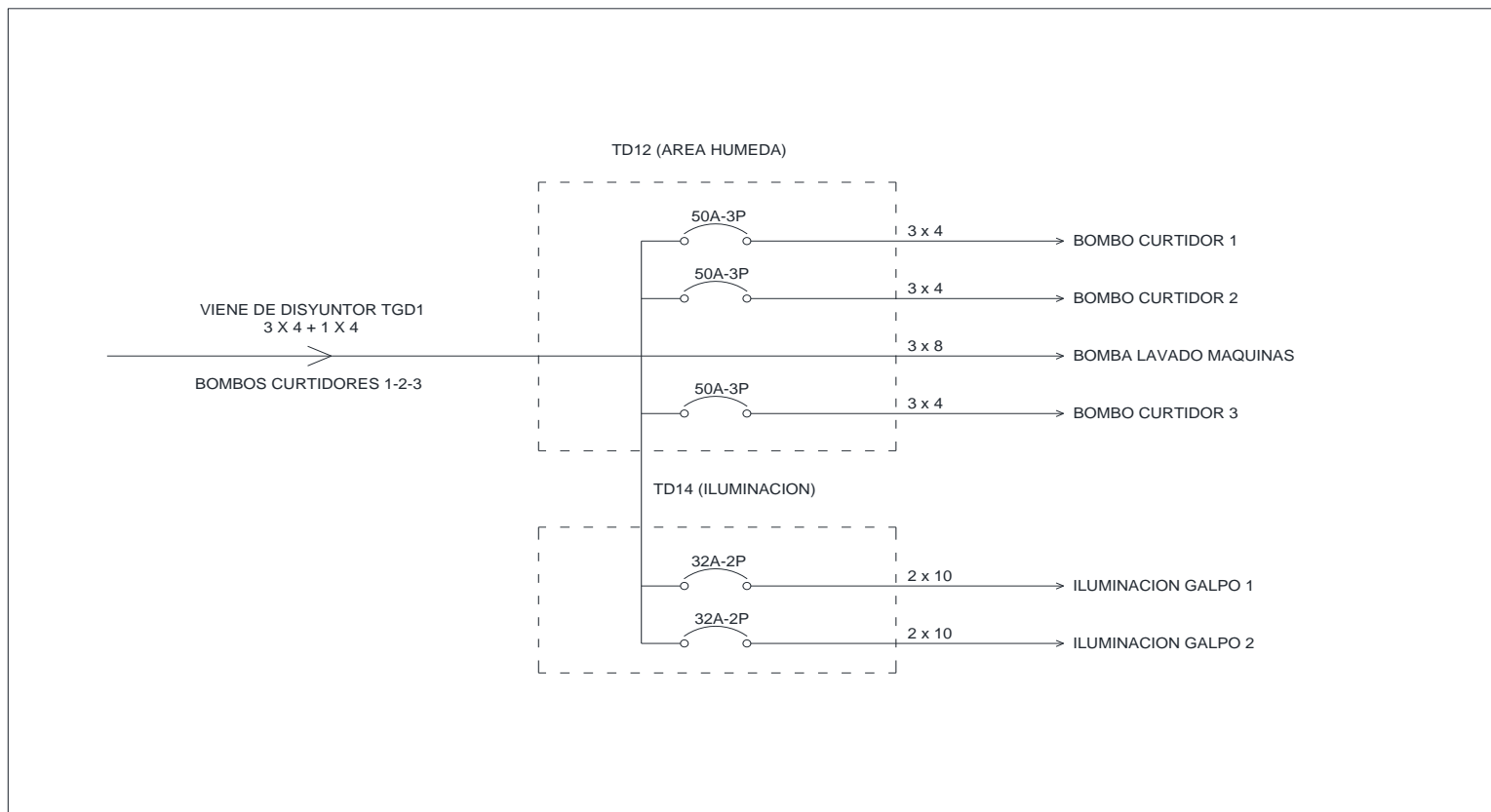
Fuente: Investigación de Campo  
 Elaborado por: Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

**ANEXO CUATRO: DIAGRAMA INFILAR TRANSFORMADOR 1 TABLEROS DE DISTRIBUCION 11-13 (TD11-TD13)**



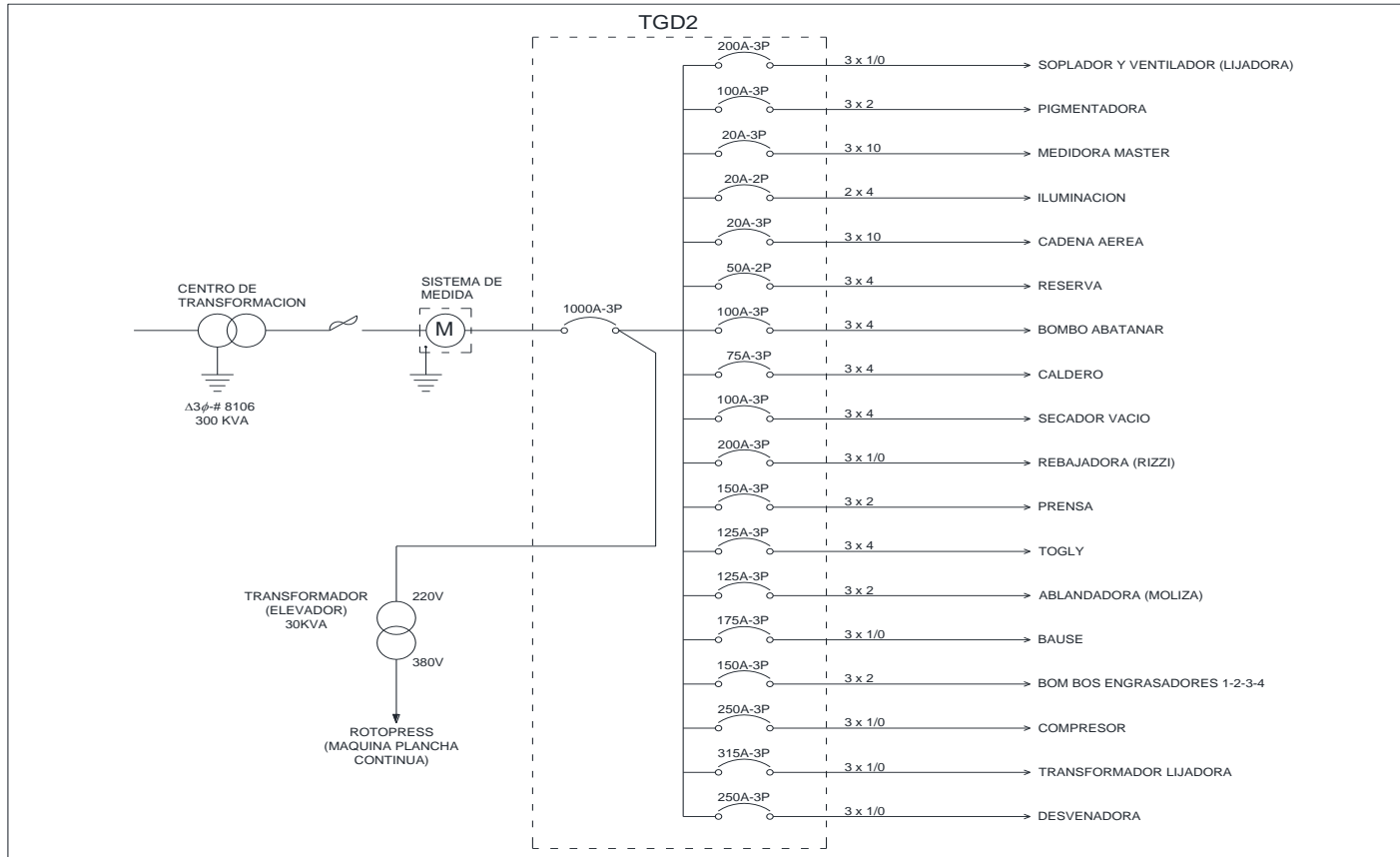
Fuente: Investigación de Campo  
 Elaborado por: Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

**ANEXO CINCO: DIAGRAMA INIFILAR TRANSFORMADOR 1 TABLEROS DE DISTRIBUCION 12-14 (TD12-TD14)**



Fuente: Investigación de Campo  
 Elaborado por: Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

**ANEXO SEIS: DIAGRAMA UNIFILAR TRANSFORMADOR 2 TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCION 2 (TGD2)**



Fuente: Investigación de Campo  
 Elaborado por: Autor, Oswaldo Mayorga Pérez.

**ANEXO SIETE: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE MAQUINAS Y EQUIPOS**

ITEM	DENOMINACION	CANT	TIPO	VOLTAJE (Voltios)	POTENCIA		
					kVA	kW	Hp
1	Transformador 1	1	3Ø	127/220	160		
2	Transformador 2	1	3Ø	127/220	300		
3	Medidor tarifa horaria	2	3Ø	120/480			
4	Prensa	1	3Ø	220		20	
5	Ablandadora (Moliza)	1	3Ø	380		20	
6	Rotopress	1	3Ø	380		20	
7	Estractores	1	3Ø	220			3
		1	1Ø	127			1
8	PIGMENTADORA						
	Secador	1	3Ø	220			3
	Banda	1	3Ø	220			3
	Reflectores(secado cámara)	6	3Ø	220		6	
	Ventiladores	2	3Ø	220			6
	Pintura	1	3Ø	220			2
9	Roler	1	3Ø	220		3	
10	Medidora master	1	3Ø	220		3	
11	TOGLY (SECADO)						
	Ventiladores	2	3Ø	220			6
	Succionador	1	3Ø	220			3
	Resistencias (calefacción)	1	3Ø	220		7.5	
12	Compresor	1	3Ø	220			60
13	LIJADORA BERGI						
	Transformador	1	3Ø	220/380	80		
	Motor	1	3Ø	380		3	
	Ventilador	1	3Ø	380		18.5	
	Soplador	1	3Ø	380		3	
14	SECADOR AL VACÍO						
	Motor	1	3Ø	220	15		
	Motor	1	3Ø	220			3
15	Bauce	1	3Ø	220		20	
16	Desvenadora	1	3Ø	220		20	
17	Rebajadora	1	3Ø	220/380		63	
18	Bombos pelambre (15 kW c/u)	4	3Ø	220		60	
19	Bombos curtidores (15 kW c/u)	4	3Ø	220		60	
20	Bombos engrazadores (10 Hp c/u)	4	3Ø	220			40
21	Divididora R6	1	3Ø	220		15	
	Motor	2	3Ø	220			6
22	Descarnadora	1	3Ø	220/380		52	
23	Estiradora de suela	1	3Ø	220		22	
24	Roler suela	1	3Ø	220		20	
25	Otros	1	3Ø	220		5	
<b>TOTAL POTENCIA INSTALADA (512 kW)</b>						<b>441</b>	<b>136</b>

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Autor, Oswaldo Mayorga Pérez

## ANEXO OCHO: FACTOR “K” PARA COMPENSACIÓN DE REACTIVOS.

Tan $\Phi$ o Cos $\Phi$ antes de la Compensación (valor existente)		Tan $\Phi$ o Cos $\Phi$ deseado (Compensado)												
Tan $\Phi$	Cos $\Phi$	0,75	0,59	0,48	0,46	0,43	0,40	0,36	0,33	0,29	0,25	0,20	0,14	0,0
2,29	0,40	1,557	1,691	1,805	1,832	1,861	1,895	1,924	1,959	1,998	2,037	2,085	2,146	2,288
2,22	0,41	1,474	1,625	1,742	1,769	1,798	1,831	1,840	1,896	1,935	1,973	2,021	2,032	2,225
2,16	0,42	1,413	1,561	1,681	1,709	1,738	1,771	1,800	1,836	1,874	1,913	1,961	2,022	2,164
2,10	0,43	1,356	1,499	1,624	1,651	1,680	1,713	1,742	1,778	1,816	1,855	1,903	1,964	2,107
2,04	0,44	1,290	1,441	1,558	1,585	1,614	1,647	1,677	1,712	1,751	1,790	1,837	1,899	2,041
1,98	0,45	1,230	1,384	1,501	1,532	1,561	1,592	1,626	1,659	1,695	1,737	1,784	1,846	1,988
1,93	0,46	1,179	1,330	1,446	1,473	1,502	1,533	1,567	1,600	1,636	1,677	1,725	1,786	1,929
1,88	0,47	1,130	1,278	1,397	1,425	1,454	1,485	1,519	1,532	1,588	1,629	1,677	1,758	1,881
1,83	0,48	1,076	1,228	1,343	1,370	1,400	1,430	1,464	1,497	1,534	1,575	1,623	1,684	1,826
1,78	0,49	1,030	1,179	1,297	1,326	1,355	1,386	1,420	1,453	1,489	1,530	1,578	1,639	1,782
1,73	0,50	0,982	1,232	1,248	1,276	1,303	1,337	1,369	1,403	1,441	1,481	1,529	1,590	1,732
1,69	0,51	0,936	1,037	1,202	1,230	1,257	1,291	1,323	1,357	1,395	1,435	1,483	1,544	1,686
1,64	0,52	0,894	1,043	1,160	1,188	1,215	1,249	1,281	1,315	1,353	1,393	1,441	1,502	1,644
1,60	0,53	0,850	1,000	1,116	1,144	1,171	1,205	1,237	1,271	1,309	1,349	1,397	1,458	1,600
1,56	0,54	0,809	0,959	1,075	1,103	1,130	1,164	1,196	1,230	1,268	1,308	1,356	1,417	1,559
1,52	0,55	0,769	0,918	1,035	1,063	1,090	1,124	1,156	1,190	1,228	1,268	1,316	1,377	1,519
1,48	0,56	0,730	0,879	0,996	1,024	1,051	1,085	1,117	1,151	1,189	1,229	1,277	1,338	1,480
1,44	0,57	0,692	0,841	0,958	0,986	1,013	1,047	1,079	1,113	1,151	1,191	1,239	1,300	1,442
1,40	0,58	0,665	0,805	0,921	0,949	0,976	1,010	1,042	1,076	1,114	1,154	1,202	1,263	1,405
1,37	0,59	0,618	0,768	0,884	0,912	0,939	0,973	1,005	1,039	1,077	1,117	1,165	1,226	1,368
1,33	0,60	0,584	0,733	0,849	0,878	0,905	0,939	0,971	1,005	1,043	1,083	1,131	1,192	1,334
1,30	0,61	0,549	0,699	0,815	0,843	0,870	0,904	0,936	0,970	1,008	1,048	1,096	1,157	1,299
1,27	0,62	0,515	0,665	0,781	0,809	0,836	0,870	0,902	0,936	0,974	1,014	1,062	1,123	1,265
1,23	0,63	0,483	0,633	0,749	0,777	0,804	0,838	0,870	0,904	0,942	0,982	1,030	1,091	1,233
1,20	0,64	0,450	0,601	0,716	0,744	0,771	0,805	0,837	0,871	0,909	0,949	0,997	1,058	1,200
1,17	0,65	0,419	0,569	0,685	0,713	0,740	0,774	0,806	0,840	0,878	0,918	0,966	1,027	1,169
1,14	0,66	0,388	0,538	0,654	0,682	0,709	0,743	0,775	0,809	0,847	0,887	0,935	0,996	1,138
1,11	0,67	0,358	0,508	0,624	0,652	0,679	0,713	0,745	0,779	0,817	0,857	0,905	0,966	1,108
1,08	0,68	0,329	0,478	0,595	0,623	0,650	0,684	0,716	0,750	0,788	0,828	0,876	0,937	1,079
1,05	0,69	0,299	0,449	0,565	0,593	0,620	0,654	0,686	0,720	0,758	0,798	0,846	0,907	1,049
1,02	0,70	0,270	0,420	0,536	0,564	0,591	0,625	0,657	0,691	0,729	0,769	0,817	0,878	1,020
0,99	0,71	0,242	0,392	0,508	0,536	0,563	0,597	0,629	0,663	0,701	0,741	0,783	0,850	0,992
0,96	0,72	0,213	0,364	0,479	0,507	0,534	0,568	0,600	0,634	0,672	0,712	0,754	0,821	0,963
0,94	0,73	0,186	0,336	0,452	0,480	0,507	0,541	0,573	0,607	0,645	0,685	0,727	0,794	0,936
0,91	0,74	0,159	0,309	0,425	0,453	0,480	0,514	0,546	0,580	0,618	0,658	0,700	0,767	0,909
0,88	0,75	0,132	0,282	0,398	0,426	0,453	0,487	0,519	0,553	0,591	0,631	0,673	0,740	0,882
0,86	0,76	0,105	0,225	0,341	0,369	0,396	0,430	0,462	0,496	0,534	0,574	0,616	0,683	0,825
0,83	0,77	0,079	0,229	0,345	0,373	0,400	0,434	0,466	0,500	0,538	0,578	0,620	0,687	0,829
0,80	0,78	0,053	0,202	0,319	0,347	0,374	0,408	0,440	0,474	0,512	0,552	0,594	0,661	0,803
0,78	0,79	0,026	0,176	0,292	0,320	0,347	0,381	0,413	0,447	0,485	0,525	0,567	0,634	0,776
0,75	0,80		0,150	0,266	0,294	0,321	0,355	0,387	0,421	0,459	0,499	0,541	0,608	0,750
0,72	0,81		0,124	0,240	0,268	0,295	0,329	0,361	0,395	0,433	0,473	0,515	0,582	0,724
0,70	0,82		0,098	0,214	0,242	0,269	0,303	0,335	0,369	0,407	0,447	0,489	0,556	0,698
0,67	0,83		0,072	0,188	0,216	0,243	0,277	0,309	0,343	0,381	0,421	0,463	0,530	0,672
0,65	0,84		0,046	0,162	0,190	0,217	0,251	0,283	0,317	0,355	0,395	0,437	0,504	0,645
0,62	0,85		0,020	0,136	0,164	0,191	0,225	0,257	0,291	0,329	0,369	0,411	0,478	0,620
0,59	0,86			0,109	0,140	0,167	0,198	0,230	0,264	0,301	0,343	0,390	0,450	0,593
0,57	0,87			0,083	0,114	0,141	0,172	0,204	0,238	0,275	0,317	0,364	0,424	0,567
0,54	0,88			0,054	0,085	0,112	0,143	0,175	0,209	0,246	0,288	0,335	0,395	0,538
0,51	0,89			0,028	0,059	0,086	0,117	0,149	0,183	0,230	0,262	0,309	0,369	0,512
0,48	0,90				0,031	0,058	0,089	0,121	0,155	0,192	0,234	0,281	0,341	0,484

Fuente: Eficiencia Energética, Ministerio de Energía y Minas (2000)

**ANEXO NUEVE: CONSUMOS HISTORICOS EEASA.**

<b>EMPRESA ELECTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A.</b>							
<b>LECTURAS Y CONSUMOS HISTORICOS</b>							
<b>PROMEPELL (CUENTA 110029)</b>							
ITEM	MES CONS.	FAC. POTEN	DEMANDA	V. PLANILLA	V. PENALIZ.	E. ACTIVA	E. REACTIVA
			(kW)	(Dólares)	(Dólares)	(kWh)	(kVARh)
1	ene-12	0,98	66,3	374,79	0	0	0
2	feb-12	0,7071	66,3	1888,91	367,67	14790	14790
3	mar-12	0,7255	66,3	1270,03	215,68	7956	7548
4	abr-12	0,711	66,3	1405,13	260,2	9282	9180
5	may-12	0,721	58,14	1213,06	209,47	7854	7548
6	jun-12	0,7122	57,12	1162,8	207,35	7140	7038
7	jul-12	0,7474	65,28	1199,45	175,98	7344	6528
8	ago-12	0,7486	55,08	1103,02	160,47	7140	6324
9	sep-12	0,7363	62,22	1210,11	189,55	7548	6936
10	oct-12	0,741	67,32	1145,12	174,45	6528	5916
11	nov-12	0,7203	58,14	927,32	170,73	5508	5304
12	dic-12	0,7752	54,06	736,84	79,99	2754	2244
13	ene-13	0,8575	31,62	307,59	15,68	1020	612
14	feb-13	0,7018	64,26	1203,21	225,69	6834	6936
15	mar-13	0,7482	61,2	986,57	143,37	5406	4794
16	abr-13	0,7377	45,9	941,15	145,43	6018	5508
17	may-13	0,7382	59,16	1030,36	159	5916	5406
18	jun-13	0,7372	33,66	1303,71	203,21	11016	10098
19	jul-13	0,7363	33,15	1155,75	150,21	7548	6936
20	ago-13	0,7399	28,56	928,79	112,07	5610	5100

<b>EMPRESA ELECTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A.</b>							
<b>LECTURAS Y CONSUMOS HISTORICOS</b>							
<b>PROMEPELL (CUENTA 200331)</b>							
ITEM	MES CONS.	FAC. POTEN	DEMANDA	V. PLANILLA	V. PENALIZ.	E. ACTIVA	E. REACTIVA
			(kW)	(Dólares)	(Dólares)	(kWh)	(kVARh)
1	ene-12	0,6721	59,01	740,16	148,54	4523	4983
2	feb-12	0,7205	72,26	1547,65	276,38	11316	10892
3	mar-12	0,7447	86,08	1620,16	254,78	11524	10329
4	abr-12	0,7212	96,34	1768,83	318,99	12060	11583
5	may-12	0,7371	99,83	2012,33	337,12	15265	13995
6	jun-12	0,7681	89,43	1993,6	257,52	14962	12474
7	jul-12	0,7632	95,94	2047,04	273,27	14877	12594
8	ago-12	0,7427	102,1	1996,48	303,11	13492	12165
9	sep-12	0,7596	87,23	1817,81	248,22	13109	11223
10	oct-12	0,7426	82,77	1951,21	296,38	14576	13147
11	nov-12	0,7517	95,66	1858,53	289,45	14409	12641
12	dic-12	0,6777	71,53	1414,33	264,65	6970	7563
13	ene-13	0,6983	72,9	1231,18	235,07	6871	7044
14	feb-13	0,7203	76,36	1670,71	286,67	11483	11058
15	mar-13	0,7484	93,57	1958,57	287	13765	12198
16	abr-13	0,7309	94,5	2013,67	326,88	13935	13012
17	may-13	0,7099	88,09	2072,56	376,11	14514	14400
18	jun-13	0,734	101,31	2272,8	363,02	16272	15057
19	jul-13	0,7525	113,48	2481,85	356,37	18101	15841
20	ago-13	0,7451	100,33	2257,18	337,98	16348	14635

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Autor, Oswaldo Mayorga Pérez

## ANEXO DIEZ: LIMITES TERMICOS PARA CONDUCTORES

### LIMITES TERMICOS RECOMENDADOS

CALIB COND	CONEXIONES INTERIORES (ACOMETIDA)								
	CONDUCTOR DE COBRE AISLADO TIPO TW								
	MONOFASICA			BIFASICA			TRIFASICA		
	CAPACIDAD	PROT		CAPACIDAD	PROT		CAPACIDAD	PROT	
AWG	A	KVA	A	A	KVA	A	A	KVA	A
12	20	2,4	1*20	20	4,8	2*20	20	7,3	3*20
10	30	3,6	1*30	30	7,2	2*30	30	10,9	3*30
8	40	4,8	1*40	40	9,6	2*40	40	14,5	3*40
6	55	6,7	1*50	55	13,2	2*50	55	20	3*50
4	70	8,5	1*70	70	16,8	2*70	70	25,4	3*70
2	95	11,5	1*100	95	22,8	2*100	95	34,5	3*100
1/0	125	15,1	1*125	125	30	2*125	125	45,4	3*125
2/0	145	17,5	1*150	145	34,8	2*150	145	52,7	3*150
3/0	165	20	1*175	165	39,6	2*175	165	59,9	3*175
4/0	195	23,6	1*200	195	46,8	2*200	195	70,8	3*200

CALIB COND	CONEXIONES INTERIORES (ACOMETIDA)								
	CONDUCTOR DE COBRE AISLADO TIPO TTU								
	MONOFASICA			BIFASICA			TRIFASICA		
	CAPACIDAD	PROT		CAPACIDAD	PROT		CAPACIDAD	PROT	
AWG	A	KVA	A	A	KVA	A	A	KVA	A
8	50	6,1	1*50	50	12	2*40	50	18,2	3*40
6	65	7,9	1*60	65	15,6	2*50	65	23,6	3*50
4	85	10,3	1*75	85	20,4	2*70	85	30,9	3*70
2	115	13,9	1*100	115	27,6	2*100	115	41,8	3*100
1/0	150	18,2	1*150	150	36	NH-100	150	54,5	NH-100
2/0	175	21,2	1*175	175	42	NH-1-125	175	63,6	NH-1-125
3/0	200	24,2	1*200	200	48	NH-1-160	200	72,7	NH-1-160
4/0	230	27,8	1*225	230	55,2	NH-1-200	230	83,6	NH-1-200

CALIB COND	CONEXIONES INTERIORES (ACOMETIDA)								
	MULTICONDUCTOR TIPO SUCRE								
	MONOFASICA			BIFASICA			TRIFASICA		
	CAPACIDAD	PROT		CAPACIDAD	PROT		CAPACIDAD	PROT	
AWG	A	KVA	A	A	KVA	A	A	KVA	A
12	25	3	1*20		0				
10	30	3,6	1*30	25	6	2*30			
8	40	4,8	1*40	35	8,4	2*40	28	10,2	3*30
6				45	10,8	2*50	36	13,1	3*40
4				60	14,4	2*60	48	17,4	3*50

#### NIVELES DE VOLTAJE UTILIZADOS:

MONOFASICO = 120V

BIFASICO = 240 / 120V

TRIFASICO = 210 / 121V

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Autor, Oswaldo Mayorga Pérez