

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD



**ESTUDIO DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN  
SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN USUARIOS ALTO  
CONSUMO UBICADOS EN EL CASCO CENTRAL DE  
PUERTO LA CRUZ ESTADO ANZOÁTEGUI.**

REALIZADO POR:

---

Br. Edraz Urvisaely González Soublett.

C.I.: 14.315.847

Trabajo de Grado presentado ante la Universidad de Oriente como Requisito  
Parcial para optar al Título de:

INGENIERO ELECTRICISTA

BARCELONA, JULIO DE 2010

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICIDAD



**ESTUDIO DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN  
SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN USUARIOS ALTO  
CONSUMO UBICADOS EN EL CASCO CENTRAL DE  
PUERTO LA CRUZ ESTADO ANZOÁTEGUI.**

REALIZADO POR:

---

Br. Edraz Urvisaely González Soublett.  
C.I.: 14.315.847

REVISADO Y APROBADO POR:

---

Ing. Bermúdez Melquíades  
Asesor Académico

---

Ing. Eduward Prato Droz  
Asesor Industrial

BARCELONA, JULIO DE 2010

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICIDAD



**ESTUDIO DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN  
SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN USUARIOS ALTO  
CONSUMO UBICADOS EN EL CASCO CENTRAL DE  
PUERTO LA CRUZ ESTADO ANZOÁTEGUI.**

**JURADO CALIFICADOR**

El jurado calificador hace constar que asignó a esta tesis la calificación de:

**APROBADO**

---

Ing. Verena Mercado  
Jurado Principal

---

Ing. Daniel Velásquez  
Jurado Principal

BARCELONA, JULIO DE 2010

## **RESOLUCIÓN**

De acuerdo al Artículo 41 del reglamento de Trabajo de Grado:

“Los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quién deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su Autorización”.

## DEDICATORIA

Primeramente a Dios Padre, porque ha sido mi fortaleza en los momentos más difíciles por los cuales pasé, por proveerme en la escasez y no dejarme caer. Yo dedico a Jesús esta tesis y cada uno de los logros y metas que pueda alcanzar de ahora en adelante. Gracias Espíritu Santo por tu fortaleza y por ser mi amigo inseparable.

A mis padres, Elías González y Juana de González porque a pesar de no poseer un alto grado de instrucción alfabética, se esforzaron para educarme de la mejor forma y darme todo el apoyo que en el pasado ellos no tuvieron. A mis hermanas Arisbellys González, Belitzabett González y Sara González porque también me prestaron todo el apoyo y creyeron en mí aún cuando yo no creía que podría lograrlo. Pido a Dios para que me ayude a seguir adelante y que esto sirva de ejemplo para ellos. Los quiero, amo y son muy especiales e importantes en mi vida.

*Edraz Urvisaely González Soublett.*

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por encima de todas las cosas, porque no lo hubiese podido lograr sin su ayuda. “El Señor es mi pastor, nada me faltará” (Salmos 23:1). “Todo lo puedo en Cristo que me fortalece” (Filipenses 4:13).

A mis queridos padres, los cuales me han dado un valioso ejemplo y enseñado lo que significa esperar en Dios y darle el primer lugar a Él no dejándolo de un lado afanándome por las cosas de este mundo, ya que el tiempo es de Dios y lo que Él promete lo cumple a su tiempo.

A Elvia Guzmán por ayudarme y acompañarme en todo momento y darme su apoyo en momentos críticos y en cada diligencia, por darme ánimo en momentos en los cuales sentí que todo acababa y que no podría llegar al final de esta meta. Muchas gracias.

A mi tutor académico (Ing. Bermúdez Melquíades) primeramente por aceptar asesorarme y por toda la ayuda brindada, por el conocimiento impartido y ejemplo de responsabilidad y superación.

Al Ing. Eduward Prato (Asesor industrial), Cruz Romero (Tec. Medición Indirecta), Sergio Noel, Eulio Hernández, Julio Velásquez (Tec. Departamento Medición), Alexis Caraballo (Analista Comercial) y compañeros de trabajo, por toda la ayuda prestada y conocimiento impartido en el campo operativo y administrativo.

Gracias te doy Jesús porque he peleado la buena batalla, he acabado la carrera, he mantenido la fe, me has ayudado hasta aquí y seguirás a mi lado en todo lo que yo emprenda para darme el éxito y cumplir las promesas que aún tienes para mí. Te amo Señor.

*Edraz Urvisaely González Soubllett.*

## **RESUMEN**

Este trabajo tuvo como finalidad realizar un estudio de pérdidas de energía eléctrica en clientes considerados altos consumidores por la empresa CADAPE, ubicados en el casco central de Puerto La Cruz, Estado Anzoátegui. El objetivo principal de este estudio fue reducir estas pérdidas y para lograr el cumplimiento del mismo se consideraron usuarios comerciales con cargas que varían entre los 30 KVA hasta 10000 KVA, en los cuales se implementaron operativos de correcciones de conexionado en contadores de energía eléctrica y reemplazo de dispositivos eléctricos pertenecientes al equipo de medición, los cuales se encontraban fuera de los rangos de operación establecidos, para poder obtener los consumos promedios reales correspondientes de cada punto de entrega y poder determinar las pérdidas de energía eléctrica existentes en los sistemas de distribución usuarios alto consumo.

## INTRODUCCIÓN

Venezuela es uno de los países con mayor grado de electrificación en América Latina, esto es el resultado del esfuerzo realizado durante décadas. El país cuenta con un sistema de transmisión que interconecta a los principales centros de producción de energía y permiten tener potencia y energía disponible para los centros de consumo a lo largo y ancho del territorio nacional.

Debido a este importante avance, también han surgido grandes problemas y uno de ellos son las pérdidas de energía, las cuales traen como consecuencia efectos adversos para la empresa CADAFE; viéndose obligada a comprar energía adicional para satisfacer la demanda aparente, con la cual se incrementan los costos.

De acuerdo con esta necesidad surgió la idea por parte de la Coordinación de Procesos de Medición; encargada de garantizar una óptima aplicación de los procesos de medición a los Clientes Primarios (Ciclos 00 y 10, sobre los 115 KV), Clientes Especiales (Ciclos 00, 10, 09) y aquellos clientes que por sus características requieran atención especial, con el fin de satisfacer las expectativas y necesidades de los mismos, el hacer un estudio con el fin de determinar y poder reducir las pérdidas de energía eléctrica a través de métodos conocidos y económicos.

El método que se empleará en este trabajo de grado es el de establecer procedimientos operativos de seguimiento, normalización y cambio de aquellos equipos de medición que lo requieran, así como también verificar todo lo referente al conexionado de los mismos, de manera tal poder alargar la vida útil y funcionamiento de dichos equipos.



# ÍNDICE GENERAL

<b>RESOLUCIÓN.....</b>	<b>IV</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>V</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>VI</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>VII</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>VIII</b>
<b>ÍNDICE GENERAL .....</b>	<b>IX</b>
<b>INDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>XV</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>XVII</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>19</b>
<b>EL PROBLEMA .....</b>	<b>19</b>
1.1. GENERALIDADES.....	19
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
1.3. OBJETIVOS.....	21
1.3.1. <i>Objetivo general.</i> .....	21
1.3.2. <i>Objetivos específicos.</i> .....	21
1.4. GENERALIDADES DE LA EMPRESA.....	22
1.5. RESEÑA HISTÓRICA.....	22
1.6. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	25
1.7. MISIÓN DE LA EMPRESA.....	26
1.7.1. <i>Bases fundamentales de la misión.</i> .....	26
1.8. VISIÓN DE LA EMPRESA.....	26
1.8.1. <i>Bases fundamentales de la visión.</i> .....	26
1.9. VALORES DE LA EMPRESA.....	27
1.9.1. <i>Ética organizacional.</i> .....	27
1.9.2. <i>Responsabilidad por los resultados.</i> .....	27
1.9.3. <i>Orientación al usuario y vocación de servicio.</i> .....	28
1.9.4. <i>Respeto.</i> .....	28
1.9.5. <i>Apoyo mutuo y trabajo en equipo.</i> .....	29
1.9.6. <i>Comunicación efectiva.</i> .....	29
1.10. OBJETIVO DE LA EMPRESA CADAFE REGIÓN I.....	30
1.11. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LA EMPRESA CADAFE REGIÓN I.....	30

1.12. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE CADAFE ZONA ANZOÁTEGUI .....	30
1.12.1. Empresa pública.....	30
1.12.2. Importancia. ....	31
1.12.3. Actividades. ....	31
1.12.4. Población servida.....	32
1.12.5. Función social.....	32
1.12.6. Coordinación de Procesos de Medición.....	32
1.12.6.1. Objetivo de la Coordinación de Procesos de Medición.....	32
1.12.6.2. Funciones de la Coordinación de Procesos de Medición.....	34
1.13. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	34
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>35</b>
<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>35</b>
2.1. GENERALIDADES.....	35
2.2. ANTECEDENTES.....	35
2.3. SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA.....	37
2.3.1. Generación.....	37
2.3.2. Transformación.....	37
2.3.2.1. Transformador de corriente (TC).....	38
2.3.2.1.1. Tipos de conexión del transformador de corriente.....	38
2.3.2.1.1.1 Conexión en estrella.....	39
2.3.2.1.1.3. Conexión en Delta.....	39
2.3.2.1.1.2. Conexión en Delta Abierta.....	40
2.3.2.2. Transformador de tensión o potencial (TP).....	41
2.3.3. Transmisión.....	41
2.3.4. Subtransmisión.....	42
2.3.5. Distribución.....	42
2.3.6. Distribución primaria (alto voltaje).....	42
2.3.7. Subestación de transmisión.....	42
2.3.8. Subestación de subtransmisión.....	43
2.3.9. Subestación de distribución.....	43
2.3.10. Líneas de transmisión.....	43
2.3.11. Parámetros de una línea de transmisión.....	43
2.3.11.1. Resistencia.....	43
2.3.11.2. Inductancia.....	44
2.3.11.3. Capacitancia.....	44
2.3.11.4. Conductancia.....	44
2.4. POTENCIA ELÉCTRICA.....	44

2.4.1. Potencia en corriente continua.....	45
2.4.2. Potencia en corriente alterna.....	45
2.4.3. Potencia fluctuante.....	47
2.4.4. Componentes de la intensidad.....	47
2.4.4.1. Potencia activa.....	49
2.4.4.2. Potencia reactiva.....	50
2.4.4.3. Potencia aparente.....	50
2.5. FACTOR DE POTENCIA (FP).....	51
2.5.1. Cálculo del factor de potencia de una instalación.....	54
2.5.2. Efectos negativos por bajo factor de potencia.....	54
2.5.3. Importancia de compensar el factor de potencia.....	55
2.5.4. ¿Cómo compensar el factor de potencia?.....	55
2.5.4.1. Compensación global.....	56
2.5.4.1.1. Principios.....	56
2.5.4.1.2 Ventajas.....	56
2.5.4.1.3. Inconvenientes.....	57
2.5.4.2. Compensación parcial.....	57
2.5.4.2.1. Principios.....	57
2.5.4.2.2. Ventajas.....	58
2.5.4.2.3. Inconvenientes.....	58
2.5.4.3. Compensación individual.....	59
2.5.4.3.1. Principios.....	59
2.5.4.3.2. Ventajas.....	60
2.5.4.3.3. Inconvenientes.....	60
2.6. CONTADOR DE ENERGÍA.....	60
2.6.1. Contadores de energía activa.....	60
2.6.2. Contadores de energía reactiva.....	61
2.6.3. Contadores de energía aparente.....	61
2.6.4. Regletas.....	61
2.7. CARGA CONECTADA.....	62
2.8. DEMANDA.....	62
2.9. MEDICIÓN DIRECTA.....	64
2.10. MEDICIÓN INDIRECTA.....	64
2.11. ACOMETIDA.....	65
2.12. PÉRDIDAS DE ENERGÍA.....	65
2.12.1 Pérdidas técnicas.....	66
2.12.1.1 Pérdidas por efecto Joule.....	66
2.12.1.2 Pérdidas en los devanados y núcleo de transformadores.....	66
2.12.1.3. Pérdidas en las acometidas.....	67

2.13. Pérdidas no técnicas.....	68
2.13.1. Consumo de usuario no suscriptores o contrabando.....	68
2.13.2. Error en la contabilización de energía (de suscriptor con.....	68
2.13.3. Fraude o hurto (por parte de suscriptores).....	68
2.13.4. Por facturación incorrecta de los usuarios.....	69
2.13.5. Por recaudos.....	69
2.14. SISTEMA DE GESTIÓN COMERCIAL OPEN SGC.....	69
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>75</b>
<b>MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>75</b>
3.1. GENERALIDADES.....	75
3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	75
3.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	76
3.4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	76
3.5. POBLACIÓN.....	76
3.6. MUESTRA.....	77
3.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	77
3.8. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS.....	78
3.8.1. Diagrama de Gantt.....	78
3.8.2. Estudio de cargas.....	78
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>79</b>
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA.....</b>	<b>79</b>
4.1. GENERALIDADES.....	79
4.2. CLASIFICACIÓN DE LAS CARGAS.....	79
4.3. BALANCES DE CARGAS.....	81
4.4. BALANCES DE VOLTAJE.....	81
4.5. NIVELES PERMITIDOS DE TENSIÓN.....	81
4.5.1 Condiciones normales.....	81
4.5.2 Condiciones no normales de la carga.....	82
4.6. APLICACIÓN DE LA CARACTERÍSTICA DE LA CARGA.....	83
4.7. MÉTODOS PARA HACER MEDICIONES DE CAMPO.....	85
4.7.1. Comprobación puntual.....	85
4.7.2. Prueba de demanda máxima.....	86
4.7.3. Registro de demanda.....	86
4.8. PROCEDIMIENTO APLICADO.....	87
4.9. EQUIPOS DE MEDICIÓN EMPLEADOS.....	88
4.9.1. Contador CEWE Prometer.....	88

4.9.1.1. Configuración de funciones.....	90
4.9.1.2. Instalación del contador.....	91
4.9.2. <i>Contador ACTARIS SL7000</i> .....	93
4.9.2.1. Ventajas del ACTARIS SL7000.....	93
4.9.2.2. Calibres de intensidad.....	95
4.9.2.3. Instalación del contador ACTARIS SL7000.....	96
4.10. PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN EL SISTEMA.....	97
4.10.1. <i>Cálculo de pérdidas no técnicas</i> .....	98
4.10.2. <i>Cálculo de pérdidas técnicas</i> .....	99
4.10.2.1. Pérdidas en baja tensión.....	99
4.10.2.2. Acometida de baja tensión (Alimentadores Secundarios).....	99
4.10.2.3. Transformador de distribución.....	101
4.10.2.4. Pérdidas en alta tensión.....	102
4.10.2.5. Acometida de alta tensión (alimentadores primarios).....	103
4.10.3. <i>Pérdidas técnicas totales</i> .....	103
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>104</b>
<b>ANÁLISIS Y CÁLCULO DE PÉRDIDAS.....</b>	<b>104</b>
5.1. GENERALIDADES.....	104
5.2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	104
5.3. DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	105
5.4. CARACTERÍSTICAS DE LAS CARGAS.....	105
5.5. CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA.....	118
5.5.1. <i>Pérdidas técnicas</i> .....	118
5.5.1.1. Pérdidas en acometida de baja tensión.....	118
5.5.1.2. Pérdidas en el banco de transformadores.....	125
5.5.1.3. Pérdidas en acometida de alta tensión.....	130
5.5.1.4. Pérdidas técnicas totales.....	134
5.5.2. <i>Pérdidas no técnicas</i> .....	137
5.5.2.1. Cuantificación de los Kwh ganados.....	152
<b>CAPITULO VI.....</b>	<b>159</b>
<b>METODOLOGÍA PARA REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS.....</b>	<b>159</b>
6.1. GENERALIDADES.....	159
6.1.1. <i>Revisión de conexión</i> .....	159
6.1.2. <i>Prueba de factor multiplicador en transformadores de medida</i> .....	161
6.1.3. <i>Prueba de continuidad en el cable de control</i> .....	162
6.1.4. <i>Prueba de tiempo</i> .....	162

<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>165</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>167</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>168</b>
<b>METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:.....</b>	<b>170</b>

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE CADAFE .....	25
FIGURA 1.2. ORGANIGRAMA DEL DEPARTAMENTO DE MEDICIÓN.....	33
FIGURA 2.1. CONEXIÓN ESTRELLA.....	39
FIGURA 2.2. CONEXIÓN EN DELTA.....	40
FIGURA 2.3. CONEXIÓN DELTA ABIERTA .....	41
FIGURA 2.4. COMPONENTES ACTIVA DE LA INTENSIDAD.....	47
FIGURA 2.5. COMPONENTES REACTIVA DE LA INTENSIDAD. ....	48
FIGURA 2.6. RELACIÓN ENTRE POTENCIAS ACTIVAS,.....	49
FIGURA 2.7. COMPENSACIÓN GLOBAL.....	56
FIGURA 2.8. COMPENSACIÓN PARCIAL.....	58
FIGURA 2.9. COMPENSACIÓN INDIVIDUAL. ....	59
FIGURA 2.10. REGLETA UTILIZADA EN MONTAJES .....	62
FIGURA 2.11. CURVA DE DEMANDA EN UN PERÍODO DE 24 HORAS.....	63
FIGURA 2.12. MUESTRA DE LA PANTALLA 1 DEL SOFTWARE OPEN SGC ..	70
FIGURA 2.13. MUESTRA DE LA PANTALLA 2 DEL SOFTWARE OPEN SGC ..	71
FIGURA 2.14. MUESTRA DE LA PANTALLA 3 DEL SOFTWARE OPEN SGC ..	72
FIGURA 2.15. MUESTRA DE LA PANTALLA 4 DEL SOFTWARE OPEN SGC ..	73
FIGURA 2.16. MUESTRA DE LA PANTALLA 5 DEL SOFTWARE OPEN SGC ..	74
FIGURA 4.1. CONTADOR CEWE PROMETER 4343.....	89
FIGURA 4.2. CONEXIÓN DEL CONTADOR CEWE PROMETER 4343.....	92
FIGURA 4.3. CONTADOR ACTARIS SL7000.....	95
FIGURA 4.4.1. INDICADOR DE CONEXIONADO NORMAL. ....	96
FIGURA 4.4.2. CONEXIÓN DEL CONTADOR ACTARIS SL7000.....	97
FIGURA 4.5. CIRCUITO EQUIVALENTE POTENCIAS DE ENTRADA.....	102
FIGURA 5.1. PORCENTAJES DE CONSUMO FACTURADO .....	146

**FIGURA 5.2. PÉRDIDAS TÉCNICAS Y PÉRDIDAS NO TÉCNICAS. ....147**

**FIGURA 5.3. CONSUMOS ANTES Y DESPUÉS DEL ESTUDIO.....148**



## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 4.2.1. CLASIFICACIÓN DE LAS CARGAS.....	80
TABLA 4.5.1. NIVELES DE TENSIÓN NORMALES.....	82
TABLA 4.5.2. NIVELES NO NORMALES DE TENSIÓN.....	83
TABLA 5.1. CORRIENTES MEDIDAS EN BAJA TENSIÓN.....	106
TABLA 5.2. CORRIENTES PROMEDIO POR FASE EN BAJA TENSIÓN.....	108
TABLA 5.3. CORRIENTES MEDIDAS EN ALTA TENSIÓN.....	110
TABLA 5.4. VOLTAJES MEDIDOS EN BAJA TENSIÓN A CADA USUARIO. ...	111
TABLA 5.5. VOLTAJES LÍNEA-LÍNEA PROMEDIOS EN BAJA TENSIÓN.....	113
TABLA 5.6. VOLTAJES MEDIDOS EN ALTA TENSIÓN A CADA USUARIO....	115
TABLA 5.7. VALORES DE FP DADOS POR EL EQUIPO.....	116
TABLA 5.8. ACOMETIDAS DE BAJA TENSIÓN DE CADA USUARIO. ....	121
TABLA 5.9. PÉRDIDAS POR FASE Y TOTAL.....	124
TABLA 5.10. POTENCIAS DE ENTRADAS Y SALIDAS POR FASE.....	126
TABLA 5.11. POTENCIAS DE ENTRADAS Y SALIDAS TOTALES.....	128
TABLA 5.12. PÉRDIDAS TOTALES.....	129
TABLA 5.13. ACOMETIDAS DE ALTA TENSIÓN DE CADA USUARIO.....	132
TABLA 5.14. PÉRDIDAS POR FASE Y TOTAL.....	134
TABLA 5.15. PÉRDIDAS TÉCNICAS TOTALES.....	135
TABLA 5.16. CONSUMOS CALCULADOS.....	139
TABLA 5.17. CONSUMOS FACTURADOS EN UN PERÍODO DE 4 MESES.....	141
TABLA 5.18. PÉRDIDAS TOTALES DE CADA USUARIO. ....	143
TABLA 5.19. VALORES DE PÉRDIDAS NO TÉCNICAS DE CADA PUNTO. ....	145
TABLA 5.20. CONSUMOS FACTURADOS POR MES.....	149
TABLA 5.21. CANTIDAD DE KW GANADOS DESPUÉS DEL ESTUDIO.....	151
TABLA 5.22. TARIFAS APLICADAS A LOS USUARIOS ALTO CONSUMO.....	153

<b>TABLA 5.23. CARGOS EN BSF/KWH PARA TARIFAS ALTO CONSUMO. ....</b>	<b>153</b>
<b>TABLA 5.24. TARIFAS APLICADAS A CADA USUARIO. ....</b>	<b>154</b>
<b>TABLA 5.25. CARGOS MENSUALES Y TOTALES EXPRESADOS EN BS.F. ....</b>	<b>156</b>
<b>TABLA 5.26. TABLA RESUMEN CUANTIFICACIÓN DE ENERGÍA GANADA.</b>	<b>158</b>

# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA

### 1.1. Generalidades.

Este capítulo presenta una breve explicación de por qué se elaboró este trabajo y del contenido que lo envuelve. Este capítulo está estructurado de la siguiente manera: planteamiento del problema, los objetivos trazados para la realización del proyecto, por último, una descripción de la empresa, así como también del departamento de medición donde se realizó dicho trabajo.

### 1.2. Planteamiento del problema.

La electricidad es una fuente esencial de energía para la mayoría de las operaciones del día a día. La Compañía Anónima de Administración y Fomento Eléctrico, (CADAFE), fue creada en 1958 con el fin de optimizar la administración y la operación de las empresas de electricidad dependientes del Estado Venezolano que están repartidas en todo el país. CADAFE, la empresa eléctrica, es la más grande del territorio nacional, y gracias a esto, es una compañía que ha desarrollado una infraestructura eléctrica en Generación, Transmisión y Distribución, lo cual le ha permitido abarcar un alto grado de electrificación en el país y atender hoy en día a más del 80 por ciento de la región.

En la actualidad, CADAFE desarrolla políticas para presentar un mejor desempeño en el área de planificación, distribución y en los procesos de medición, debido a que los costos de operación en las mismas ha venido incrementándose continuamente; debido a la gran demanda de energía eléctrica existente en la nación. Esta situación ha llevado a la industria eléctrica a implementar políticas y estrategias para promover el uso racional y eficiente de la misma, orientándose a

la optimización de los sistemas de distribución de energía eléctrica, en las cuales las pérdidas ocasionadas por anomalías e irregularidades en los mismos tienen gran influencia, permitiendo así que cada región tenga respuestas más rápidas a los problemas de rendimiento y se pueda organizar mejor el crecimiento de la infraestructura, en función de los requerimientos del servicio.

Debido a que la principal fuente de ingresos de la compañía CADAFE la constituye la venta de energía eléctrica a los usuarios, es de suma importancia que las operaciones de ésta tengan un alto nivel de eficiencia, que a su vez les permita prestar un servicio eficaz a través del cual la empresa pueda obtener los ingresos necesarios para auto sustentarse y suplir los altos costos operativos que esto implica.

El estudio planteado como pasantía de grado fue realizado en la empresa CADAFE, en la División De Coordinación De Procesos De Medición, el cual tiene la finalidad de controlar los aspectos relacionados a mediciones, bien sea de manera directa o indirecta y coordinando a su vez, conjuntamente con el departamento de transmisión y distribución de la empresa, planes de inspección, adecuación e instalación y reemplazo de equipos saturados (transformadores, líneas, protecciones, entre otros) por el incremento vertiginoso en la demanda eléctrica, que en algunos casos han colapsado subestaciones y líneas de transmisión y distribución, afín de garantizar a los usuarios conectados a la red eléctrica, un servicio con la mayor eficiencia posible.

Para el desarrollo del proyecto que tiene como objetivo principal “Estudio de pérdidas de energía eléctrica a sistemas de distribución usuarios alto consumo con capacidad instalada mayor a 31 Kva.”, el Departamento de Coordinación de Procesos de Medición implementó equipos, mecanismos y trámites necesarios, con el fin de examinar el estado actual de los sistemas de distribución y determinar con mayor exactitud, las pérdidas de energía eléctrica mediante la diferencia de los valores obtenidos con los equipos de medición conectados en la

salida del transformador de distribución, y los valores obtenidos a través de la venta y facturación a los distintos usuarios conectados a la red para estimar las pérdidas de energía y aplicar las metodologías necesarias que permitan disminuir dichas pérdidas y mejorar las condiciones de operatividad del sistema.

Para esto se analizaron las diferentes causas que pueden ocasionar las pérdidas de energía eléctrica, entre las cuales se mencionan las pérdidas técnicas, pérdidas no técnicas, pérdidas por fraude, entre otros en una población de 30 puntos de entrega con un alto consumo, correspondientes al casco central de Puerto la Cruz estado Anzoátegui. Todo esto basado en la información obtenida a través de inspecciones y recolección de datos que permitieron realizar un estudio detallado y concreto en cuanto al estado actual del factor de potencia en el sistema, las pérdidas en el mismo, entre otros y lograr obtener soluciones que sirvieron de base para establecer recomendaciones necesarias, y de esta manera, lograr disminuir las pérdidas en los usuarios alto consumo de la zona.

### **1.3. Objetivos.**

#### **1.3.1. Objetivo general.**

Estudiar las pérdidas de energía eléctrica en los sistemas de distribución usuario alto consumo ubicados en el casco central de Puerto La Cruz Estado Anzoátegui.

#### **1.3.2. Objetivos específicos.**

1. Identificar el procedimiento operativo relacionado con el proceso de medición de energía eléctrica en usuarios alto consumo.
2. Describir los componentes eléctricos que conforman el sistema de distribución usuarios alto consumo.

3. Realizar inspecciones y mediciones correspondientes para conocer las condiciones técnicas en que se encuentra cada usuario en estudio.
4. Hallar las pérdidas técnicas, las pérdidas no técnicas y las pérdidas totales de energía eléctrica que se originan en el sistema.
5. Proponer una metodología que permita la disminución de pérdidas de energía eléctrica en los usuarios alto consumo.

#### **1.4. Generalidades de la empresa.**

CADAFE Región I, es la encargada de suministrar el servicio de electricidad a la población que comprende a los estados: Anzoátegui, Sucre y Monagas. Gracias a su presencia, se ha hecho posible el funcionamiento de empresas vitales y estratégicas para la región, tales como son la industria siderúrgica, metalmecánica, del aluminio, manufactureras, alimentos, complejos petroquímicos, telecomunicaciones, entre otras; además de prestar un servicio público ya que suministra electricidad a hogares, hospitales, centros de enseñanza, sistemas de protección, seguridad ciudadana, investigaciones científicas, entretenimiento y alumbrado público, garantizando de esta manera, una mejor calidad de vida para los usuarios.

#### **1.5. Reseña histórica.**

CADAFE es la empresa eléctrica más grande del estado venezolano. Fue creada en 1958 con el fin de optimizar la administración y la operación de las empresas de electricidad dependientes del estado venezolano que estaban repartidas en todo el país. Desde ese momento, desarrolló una infraestructura eléctrica en generación, transmisión y distribución y logró un alto grado de electrificación en Venezuela.

Gracias a su representación a nivel nacional, se ha hecho permisible el funcionamiento de empresas importantes y estratégicas para el país, como la industria siderúrgica, metalmecánica, del aluminio, manufacturera, alimentos, petroquímica y telecomunicaciones, entre otras. Además, presta un servicio público, ya que suministra electricidad a hogares, hospitales, centros de enseñanzas, sistemas de protección, seguridad ciudadana, investigaciones científicas, entretenimiento y alumbrado público, garantizando la calidad de vida de los venezolanos. Prácticamente está presente en todas las actividades del ser humano.

Al reunificarse CADAFE, se crearon nueve regiones para atender el servicio en todo el país, bajo un esquema de mayor flexibilidad operativa, desconcentración de su funcionamiento operativo y un control más eficiente.

CADAFE, a finales del 2007 pasó a convertirse en Filial de la Corporación Eléctrica Nacional resolviendo su reorganización en el territorio nacional para el ejercicio de la actividad de distribución de potencia y energía eléctrica. A tales efectos se crean las siguientes regiones operativas:

- 1) Región Noroeste que comprende los estados Zulia, Falcón, Lara y Yaracuy.
- 2) Región Norcentral integrada por los estados Carabobo, Aragua, Miranda Vargas y Distrito Capital.
- 3) Región Oriental conformada por los estados Anzoátegui, Monagas, Sucre, Nueva Esparta y Delta Amacuro.
- 4) Región Central que comprende los estados Guárico, Cojedes, Portuguesa, Barinas y Apure.

- 5) Región Andina compuesta por los estados Mérida, Trujillo y Táchira.
- 6) Región Sur integrada por los estados Bolívar y Amazonas.

Lo anterior permitirá que cada una de las regiones tenga respuestas más rápidas a los problemas de servicio y se pueda organizar mejor el crecimiento de la infraestructura, en función de los requerimientos del servicio que responda a sus intereses y necesidades.

La corporación eléctrica nacional, es la encargada de la realización de las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de potencia y energía eléctrica, la misma tiene un plazo de tres años para fusionar a CADAFE, EDELCA, ENELVEN, ENELCO, ENELBAR, SENECA y ENAGEN, en una persona jurídica única.

El Estado adquirió las compañías de La Electricidad de Caracas (ELECAR), Yaracuy (CALEY), Valencia (ELEVAL), Puerto Cabello (CALIFE) y Ciudad Bolívar (ELEBOL), así como el Sistema Eléctrico de Nueva Esparta (Seneca) y TURBOVEN.

Estas empresas se sumaron a las estatales: Compañía Anónima de Administración y Fomento Eléctrico (CADAFE), Electrificación del Caroní (EDELCA), Energía Eléctrica de Venezuela (ENELVEN) y de la Costa Oriental (ENELCO), Energía Eléctrica de Barquisimeto (ENELBAR) y Empresa Nacional de Generación (ENAGEN), esta última creada en noviembre de 2006.

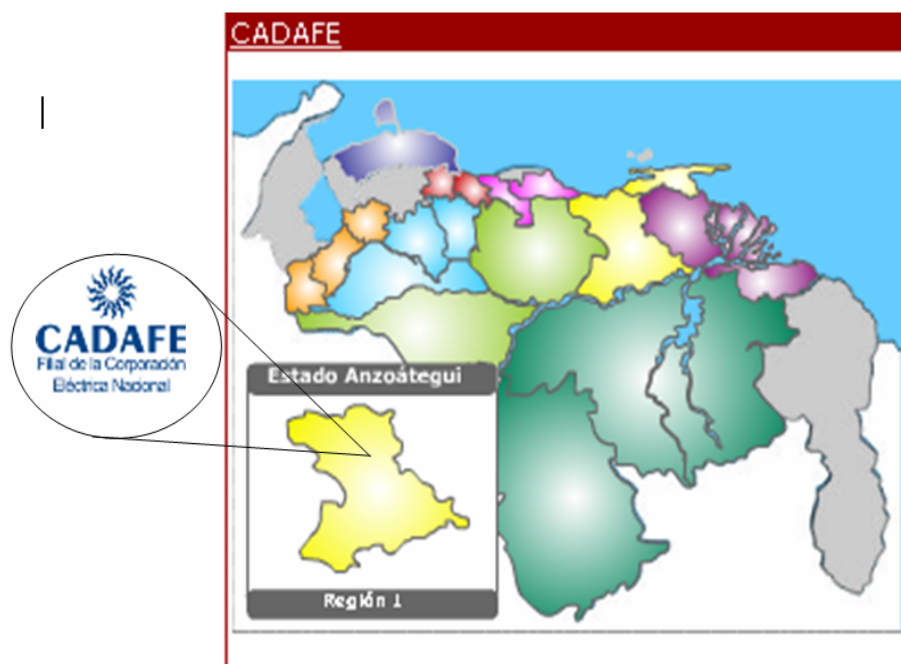
A partir del primero de enero del 2008, las compañías se fusionaron en seis: ELECAR, CADAFE, EDELCA, ENELVEN, ENELBAR y ENAGEN. En 2009 se convertirán en las operadoras de las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización. CADAFE Región I es una empresa dedicada a la transmisión, distribución de energía eléctrica, cuyo objetivo es cumplir con las



exigencias del desarrollo eléctrico de la región oriental y, de esta manera; contribuir a satisfacer las necesidades de servicio eléctrico a los usuarios.

### 1.6. Ubicación geográfica

El Estado Anzoátegui consta de una superficie de 43.300 km<sup>2</sup> constituyéndose en el sexto estado más grande del país con 4,7% del territorio nacional, este forma parte de la región 1 de CADAPE cuyo edificio sede de comercialización está ubicado en la calle Simón Rodríguez diagonal a la avenida municipal de Puerto La Cruz. Como se muestra en la figura 1.1 a continuación:



**Figura 1.1 Ubicación Geográfica de CADAPE  
(Oficina de Comercialización)**

**Fuente: Intranet CADAPE**

## **1.7. Misión de la empresa.**

“Prestar un servicio público de energía eléctrica de calidad, con un personal comprometido en la gestión productiva, para satisfacer necesidades de los usuarios, hacer uso eficiente de los recursos, en una gestión que garantice ingresos suficientes, necesarios a la sostenibilidad financiera de la Organización y en concordancia con un proyecto país expresado en políticas sociales y de desarrollo”.

### **1.7.1. Bases fundamentales de la misión.**

- Servicio público de Energía eléctrica.
- Gestión productiva.
- Sostenibilidad financiera.
- Impacto en el desarrollo social del país.

## **1.8. Visión de la empresa.**

“Ser una empresa estratégica posicionada en la prestación del servicio de energía eléctrica con tecnología de punta y un personal calificado, comprometido con el desarrollo social y económico del país, ofreciendo servicios de calidad a sus usuarios, solventes con sus proveedores, con gestión transparente y una sostenibilidad financiera”.

### **1.8.1. Bases fundamentales de la visión.**

- Empresa estratégica del estado.

- Mayor confiabilidad del servicio eléctrico.
- Mayor posicionamiento en la calidad de vida del ciudadano.

## **1.9. Valores de la empresa.**

### **1.9.1. Ética organizacional.**

- Comparte un conjunto de valores y prácticas laborales que nos permiten actuar de manera congruente con las normas y políticas organizacionales en nuestra gestión diaria.
- Desarrolla prácticas administrativas a partir de conductas asociadas a la honradez, rectitud y lealtad para con la organización, en el cuidado y manejo de sus bienes.
- Genera credibilidad y confianza por ser coherente entre lo que decimos y lo que hacemos.

### **1.9.2. Responsabilidad por los resultados.**

- Contribuimos con el desarrollo económico y social de nuestro país, mejorando la calidad de vida y bienestar del colectivo.
- Asumimos el compromiso de dar respuesta oportuna y con calidad, para alcanzar metas colectivas e individuales de nuestra organización.
- Asumimos las consecuencias de nuestras decisiones y actuaciones y generamos acciones inmediatas para resolver las situaciones planteadas.

- Administramos el tiempo con conciencia de su criticidad para el logro de los resultados.

### **1.9.3. Orientación al usuario y vocación de servicio.**

- Disposición permanente para escuchar y recibir necesidades y/o demandas de nuestros clientes internos y externos, mostrando capacidad y compromiso para atender y resolverles de forma oportuna, al menor costo posible.
- Establece relaciones desde un espacio ético y cordial con nuestros usuarios y compañeros de trabajo.
- Honra de manera oportuna, nuestros compromisos a nuestros usuarios, supervisores y compañeros de trabajo.
- Hace nuestro trabajo hoy mejor, y mañana, mejor que hoy.

### **1.9.4. Respeto.**

- Capacidad para reconocer a los demás como seres humanos que somos, valorando sus conocimientos, profesionalismo, responsabilidades, entre otros.
- Nos comunicamos y escuchamos de manera armónica y cordial, fomentando la sana convivencia de todos, en los distintos niveles de la empresa.
- La justicia y equidad guían nuestras acciones.

### **1.9.5. Apoyo mutuo y trabajo en equipo.**

- Trabajamos en forma asociada, generando sinergia y facilitando la coordinación de acciones para el logro de los resultados.
- Fomentamos relaciones de credibilidad y confianza que nos permitan construir una red de apoyo bajo un ambiente de respeto y cordialidad con el fin de alcanzar nuestra misión organizacional.
- Asumimos y fomentamos la participación, como mecanismo de inclusión y contribución en nuestras prácticas diarias.

### **1.9.6. Comunicación efectiva.**

- Compartimos información verás y de interés colectivo de manera permanente y oportuna.
- Promovemos y participamos en las conversaciones para coordinar acciones de manera efectiva.
- Escuchamos de manera activa, nos comunicamos de forma efectiva y transparente con un lenguaje claro y cordial.
- Interactuamos con una emocionalidad que estimula el proceso comunicacional.
- Antes de emitir opinión sobre algo, verificamos el juicio, a objeto de no lesionar la identidad publica del otro.

### **1.10. Objetivo de la empresa CADAFE Región I.**

Distribuir y comercializar la energía eléctrica en forma confiable, con el objeto de promover el desarrollo económico y social de la región, mejorando así el bienestar del Estado.

### **1.11. Objetivos específicos de la empresa CADAFE Región I.**

- Mejorar la calidad del servicio y la atención al cliente, atendiendo de forma autónoma, directa y eficiente sus requerimientos.
- Fortalecer la economía regional y administrar las divisas disponibles de forma racional, maximizando así el beneficio que se obtiene de su utilización.
- Poseer un mayor control en la administración del recurso humano, permitiendo desarrollar de maneras más idónea los planes de capacitación, mantenimiento y desarrollo de todos sus niveles jerárquicos.
- Brindar un servicio técnicamente confiable.
- Estar en capacidad de enfrentar las necesidades de la Venezuela actual.
- Lograr la mayor cobertura del área asignada.

### **1.12. Características generales de CADAFE Zona Anzoátegui.**

#### **1.12.1. Empresa pública.**

CADAFE Zona Anzoátegui es una filial de la Corporación Eléctrica Nacional (CORPOELEC), la cual es una empresa propiedad del Estado Venezolano, siendo éste el mayor accionista.

### **1.12.2. Importancia.**

La importancia de CADAFE Zona Anzoátegui está caracterizada por lo básico del servicio que presta, debido a que es un recurso indispensable para el desarrollo económico, social y cultural del estado Anzoátegui. La prestación de este servicio abarca grandes inversiones de infraestructura en la construcción de Plantas Eléctricas, Líneas, Torres, Subestaciones (transmisión y distribución), Alimentadores, transformadores, Alumbrados Públicos, Mantenimiento, Oficinas Comerciales, etc.

### **1.12.3. Actividades.**

Entre las actividades realizadas por la empresa están: prestar servicio público a través de la transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica. Además, para atender a estos requerimientos a nivel del Estado Anzoátegui, la empresa está conformada por 23 Oficinas de Atención al Público en el área comercial, las cuales están distribuidas de la siguiente manera:

Zona Metropolitana: Puerto la Cruz, Barcelona, Guanta, Lecherías y Bergantín.

Zona sur: Tigre, Tigrito, Pariaguán, Soledad, Aragua de Barcelona, Urica, San Mateo, Anaco y Cantaura.

Zona Norte Costera: Puerto Píritu, Clarines, Boca de Uchire, San Miguel y valle Guanape.

Y todos los centros poblados a sus alrededores. Además, cuenta con catorce (14) coordinaciones, cinco (05) Distritos (Puerto la Cruz, Barcelona, Anaco, Clarines y El Tigre), quince (15) subestaciones de Transmisión y veinticinco (25)

Subestaciones de distribución. CADAFE Zona Anzoátegui compra energía a PDVSA y EDELCA a través del sistema interconectado.

#### **1.12.4. Población servida.**

CADAFE Zona Anzoátegui cubre un Área Geográfica de 43.300 Km<sup>2</sup>, suministrando el servicio al 97% de la población anzoatiguense.

#### **1.12.5. Función social.**

CADAFE Zona Anzoátegui ha llevado el servicio de energía eléctrica a zonas rurales, marginales, asentamientos campesinos, áreas en proceso de industrialización y desarrollo donde, de no ser servidas por ella, no tendría ningún interés para el sector privado debido a la baja rentabilidad en las inversiones que se requieren para la prestación del mismo, siendo responsabilidad de esta empresa asistir a estas zonas y cumplir así con su labor social a nivel regional.

#### **1.12.6. Coordinación de Procesos de Medición.**

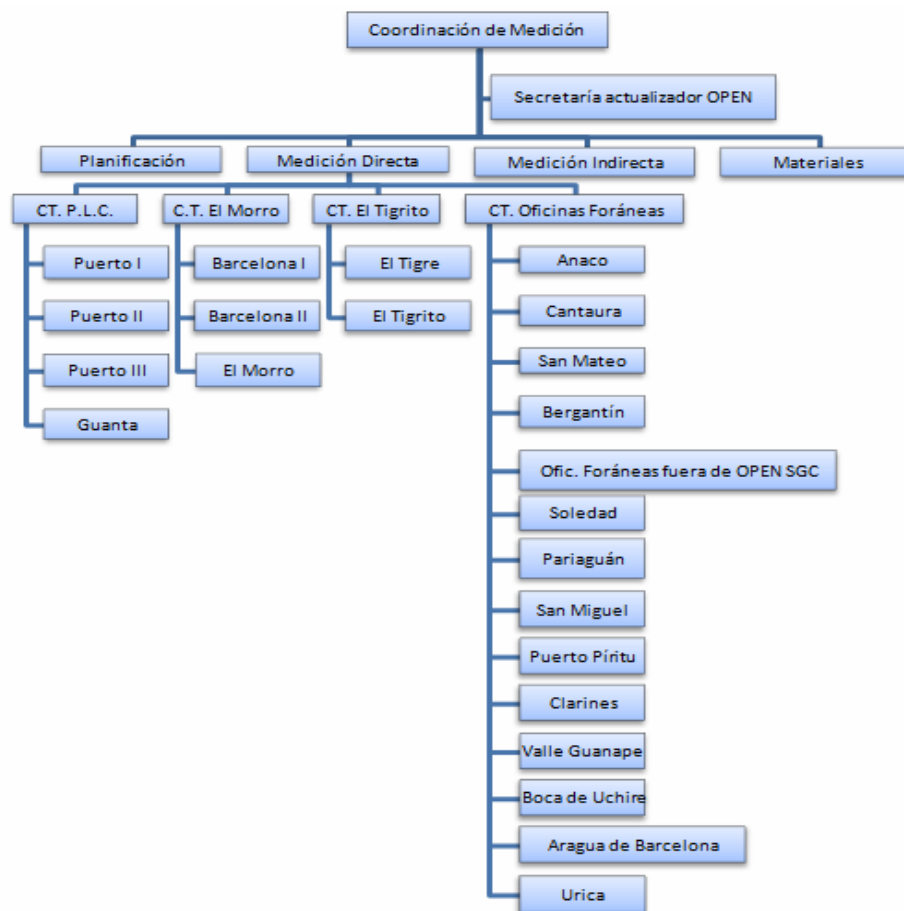
##### **1.12.6.1. Objetivo de la Coordinación de Procesos de Medición.**

El Departamento de Coordinación de Procesos de Medición tiene como objetivo controlar todo lo relacionado a medición de la energía eléctrica, bien sea de manera directa o indirecta y coordinando a su vez, conjuntamente con el departamento de Coordinación de Mercadeo y el Departamento de Transmisión y Distribución de la empresa, planes de inspección, adecuación e instalación y reemplazo de equipos saturados (Contadores de Energía, Transformadores de Corriente, Transformadores de Potencial) por fallas, manipulación, descargas eléctricas o por el incremento vertiginoso en la demanda eléctrica, a fin de garantizar a los usuarios conectados a la red eléctrica, un servicio con la mayor eficiencia y obtener, de la manera más exacta posible la medida de energía y



demanda consumida por usuarios residenciales, comerciales, industriales, aplicaciones de transporte y distribución, y de esta manera ser más preciso y equilibrado al momento de aplicar la facturación.

A continuación, la figura 1.2 presenta el esquema organizativo del departamento de medición de la empresa CADAFE Región 1:



**Figura 1.2. Organigrama del Departamento de Medición.**

Fuente: Departamento de Medición.

#### **1.12.6.2. Funciones de la coordinación de procesos de medición.**

- Garantizar la óptima aplicación de los procesos de medición a los clientes Residenciales, Comerciales, Clientes Primarios (Ciclos 00 y 10, sobre los 115 KV), Clientes Especiales (Ciclos 00,10, 09, a nivel de 13.8 KV) y aquellos clientes que por sus características lo requieran.
- Inspeccionar y controlar los equipos de medición, de manera que se pueda verificar y mantener el buen funcionamiento de los mismos.
- Realizar seguimiento y control a la instalación, cambio o retiro de los equipos de medición.
- Coordinar conjuntamente con la Coordinación de Mercadeo Especial, la inspección de aquellos puntos de entrega que presenten irregularidades en su facturación de acuerdo al histórico de consumo de los mismos.

#### **1.13. Justificación del proyecto.**

El presente proyecto aportó criterios firmes para la evaluación y reducción de pérdidas de energía eléctrica existentes en los sistemas de distribución usuarios altos consumidores ubicados en el casco central de la ciudad de Puerto la Cruz, Estado Anzoátegui. Estos se emplearon como modelos de solución para aquellos usuarios altos consumidores, situados en las áreas adyacentes de la zona metropolitana, y así como también en las zonas foráneas pertenecientes al estado Anzoátegui; de manera tal que permitieron garantizar que estos sistemas fuesen lo suficientemente seguros y confiables para el proceso de facturación de la empresa, procurando así establecer seguimientos y mantenimientos de los equipos de medición correspondientes, para alargar la vida útil y funcionamiento de los mismos.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Generalidades.

Este capítulo, enmarca todo lo relacionado al análisis del conocimiento previo requerido para la elaboración del proyecto. En esta parte se hace referencia sobre hechos anteriores que guardan relación con la presente investigación, esto para aprovechar la información existente, a fin de desarrollar el tema en cuestión con una mejor perspectiva y ampliar la información obtenida y reforzar los conceptos ya establecidos.

#### 2.2. Antecedentes.

David Ormaza Bustamante. (2008) “Análisis Técnico y Económico para la Reducción de Pérdidas en la Empresa de Distribución Eléctrica de Guayaquil”. En este trabajo se dieron a conocer los aspectos generales como el estatuto, como está manejada administrativamente la empresa, infraestructura, características de la carga, etc., que son de suma importancia para el entendimiento del proyecto.

Dos Santos Alvino Carlos José. (2009). “Estudio de Pérdidas de Energía Eléctrica Inherentes a Sistemas de Distribución de uso Exclusivo”. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electricista. Universidad de Oriente Núcleo Anzoátegui. Barcelona. Este trabajo está basado en el estudio de pérdidas en sistemas de distribución de uso exclusivo, con la finalidad de cuantificar las pérdidas en dichos sistemas y establecer recomendaciones que permitan disminuir dichas pérdidas en estos sistemas.

Edgar C. Hernández Natera. (2004). “Estudio del Balance de Energía Eléctrica del Sistema de Transmisión en 115 y 69 KV de las Subestaciones de PDVSA

Anaco”. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electricista. Universidad de Oriente Núcleo Anzoátegui. Barcelona. El propósito de éste trabajo fue el de actualizar las cargas en PDVSA Anaco y determinar las pérdidas presentes en el sistema eléctrico, todo esto basado en el estudio del balance de energía del sistema de transmisión con la finalidad de cuantificar la energía que se compra, consume y vende en el Distrito de PDVSA Anaco para, de esta manera poder obtener las pérdidas de energía eléctrica y los costos relacionados a dichas pérdidas.

Lezama Centeno, José Enrique. (2007). “Análisis de Consumo de Potencia Reactiva en los Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica”. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electricista. Universidad de Oriente Núcleo Anzoátegui. Barcelona. Este trabajo consiste en determinar el consumo de potencia reactiva de cada uno de las industrias ubicada en la zona industrial los montones de Barcelona estado Anzoátegui, ya que la mayoría de esas industrias trabajan, en su mayoría con equipos inductivos tales como: motores, tornos, fresadoras y algún otro equipo que posee embobinado para su funcionamiento, produciendo de esta forma; un alto consumo de potencia reactiva. El propósito de este trabajo es analizar el consumo de potencia reactiva en el sistema de distribución de la zona a través de las cargas asociadas a cada punto de suministro en cuestión para buscar una solución que permita mejorar y corregir dicho consumo.

Malavé Cabrera, Perminio Eliézer. (2000). “Evaluación de Pérdidas de Energía en los Alimentadores de la Subestación Universidad a Nivel 13.8 KV (Maturín-Edo. Monagas)”. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electricista. Universidad de Oriente Núcleo Anzoátegui. Barcelona. La finalidad de este trabajo es elaborar un análisis que contribuya a la reducción de las pérdidas de energía técnicas y no técnicas en los alimentadores de distribución a nivel de 13.8 KV, pertenecientes a la Subestación Universidad, Maturín-Edo. Monagas. El propósito de este trabajo es determinar la disponibilidad del sistema para analizar

los circuitos que tengan mayor demanda y así aplicar los diferentes métodos de reducción de pérdidas tales como: transferencia de carga, colocación de bancos de condensadores, etc. Todo esto con la finalidad de poder reducir pérdidas, mejorar el funcionamiento y alargar el tiempo de vida de dichos alimentadores.

### **2.3. Sistema eléctrico de potencia**

Un sistema eléctrico de potencia es el conjunto de equipos y elementos que realizan funciones específicas para generar, transformar, transmitir y distribuir la energía eléctrica, la cual es utilizada en los centros de carga. Para ello se realiza una serie de procesos y maniobras para que la energía sea transmitida de una forma eficiente y rentable. A continuación se definirá cada una de las etapas por las cuales pasa la energía eléctrica para llegar hasta los usuarios.

#### **2.3.1. Generación.**

En esta etapa se produce la energía eléctrica mediante máquinas generadoras, que utilizando la energía hidráulica, solar, térmica o nuclear etc., la transforma en energía eléctrica.

#### **2.3.2. Transformación.**

Es la encargada de transformar los voltajes y corrientes de un nivel a otro en un sistema de potencia. El transformador es el equipo que realiza este proceso, en su forma más simple en dos bobinas (primaria y secundaria) entrelazadas por el mismo circuito magnético.

La operación eficiente de los transformadores unidos a la red se debe realizar de una forma global, ya que es posible que una operación eficiente global corresponda a un mayor número de transformadores de menor capacidad, en lugar de obtener una operación eficiente de los transformadores por separado.

Entre los principales tipos de transformadores de energía eléctrica se encuentran: Transformador de Corriente (TC) y Transformador de Tensión o de Potencial y los Transformadores de Potencia (TP).

#### **2.3.2.1. Transformador de corriente (TC).**

La función de un transformador de corriente es la reducir a valores normales y no peligrosos, las características de corriente en un sistema eléctrico, con el fin de permitir el empleo de aparatos de medición normalizados, por consiguiente más económicos y que pueden manipularse sin peligro.

Un transformador de corriente es un transformador de medición, donde la corriente secundaria es, dentro de las condiciones normales de operación, prácticamente proporcional a la corriente primaria, y desfasada de ella un ángulo cercano a cero, para un sentido apropiado de conexiones.

El primario de dicho transformador está conectado en serie con el circuito que se desea controlar, en tanto que el secundario está conectado a los circuitos de corriente de uno o varios aparatos de medición, relevadores o aparatos análogos, conectados en serie.

Un transformador de corriente puede tener uno o varios devanados secundarios embobinados sobre uno o varios circuitos magnéticos separados.

##### **2.3.2.1.1. Tipos de conexión del transformador de corriente.**

Existen tres formas en las que normalmente se conectan los secundarios de los transformadores de corriente, en circuitos trifásicos:

- En estrella.

- En delta.
- En delta abierta.

### 2.3.2.1.1.1 Conexión en estrella.

En esta conexión se colocan tres transformadores de corriente, uno en cada fase, con relevadores de fase en dos o tres de las fases para detectar fallas de fase. En sistemas aterrizados, un relevador conectado en el común de los tres TC's detecta cualquier falla a tierra o por el neutro.

En sistemas no aterrizados conectados de la misma forma puede detectar fallas a tierra múltiples de diferentes alimentadores. Las corrientes en el secundario están en fase con las del primario.

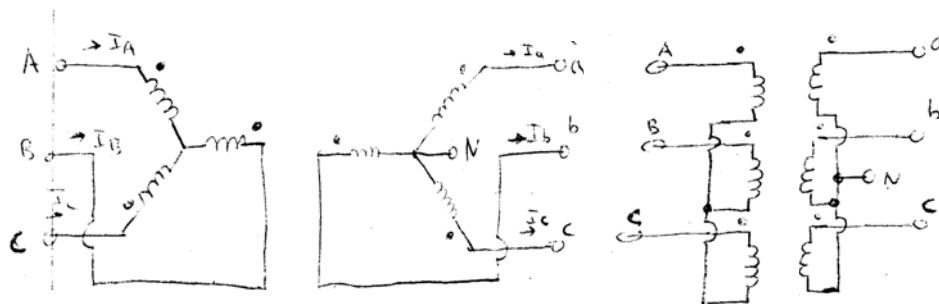


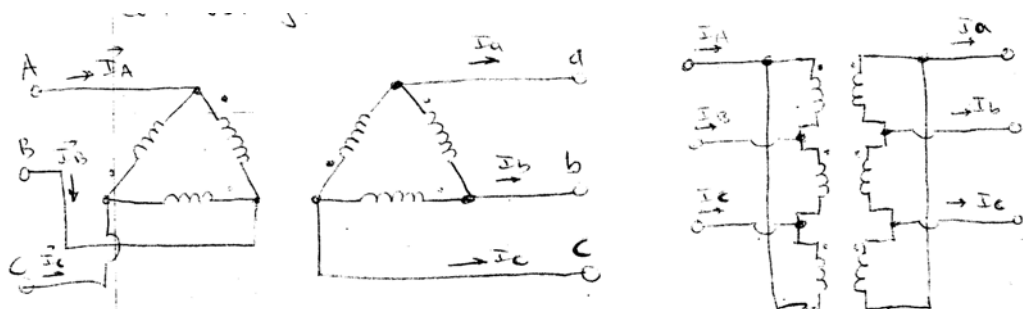
Figura 2.1. Conexión Estrella.

Fuente: propia.

### 2.3.2.1.1.3. Conexión en Delta.

Esta configuración utiliza tres transformadores de corriente, pero a diferencia de la conexión en estrella, los secundarios se interconectan antes de conectarlos a los relevadores. Este tipo de conexión se utiliza para la protección diferencial de transformadores de potencia.

La conexión en delta de los TC's se utiliza en el lado del transformador de potencia conectado en estrella, y la conexión en estrella de los TC's se usa en el lado del transformador conectado en delta.



**Figura 2.2. Conexión en Delta.**

Fuente: propia.

### 2.3.2.1.1.2. Conexión en Delta Abierta.

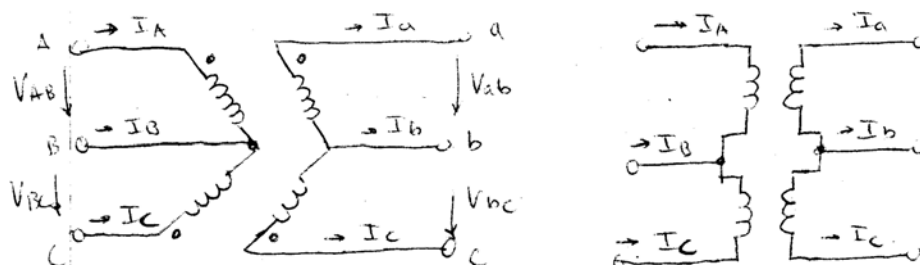
Esta conexión es básicamente la misma que la conexión en delta pero con un elemento faltante, usando solo dos TC's. Con esta conexión se puede lograr una protección contra falla entre fases, en las tres fases, pero solo ofrece protección de fallas a tierra para las fases en que se tiene TC y si el ajuste del relevador está por debajo de la magnitud de la falla.

En esta conexión las corrientes del secundario están en fase con las del primario. Ya que, con esta conexión no es posible detectar las fallas de secuencia cero, rara vez se usa como única protección del circuito. Frecuentemente se acompaña con un TC de secuencia cero tipo dona.

Este TC de secuencia cero se puede aplicar en sistemas aterrizados o flotados, y como estos transformadores y sus relevadores asociados no son



sensibles a las corrientes de fase, estos pueden ser de relativa baja capacidad, por lo mismo pueden ser muy sensibles a fallas a tierra.



**Figura 2.3. Conexión Delta Abierta**

Fuente: propia.

### 2.3.2.2. Transformador de tensión o potencial (TP).

Es un transformador devanado especialmente, con un primario de alto voltaje y un secundario de baja tensión. Tiene una potencia nominal muy baja y su único objetivo es suministrar una muestra de voltaje del sistema de potencia, para que se mida con instrumentos incorporados.

Además, puesto que el objetivo principal es el muestreo de voltaje deberá ser particularmente preciso como para no distorsionar los valores verdaderos. Se pueden conseguir transformadores de potencial de varios niveles de precisión, dependiendo de que tan precisas deban ser sus lecturas, para cada aplicación especial.

### 2.3.3. Transmisión.

Es la parte del sistema de potencia que se encarga de transportar energía desde el sitio donde se genera hasta el sitio donde se consume o se distribuye. Esto se logra mediante las líneas de transmisión, las cuales operan a niveles de

tensión muy elevados, siendo los voltajes nominales en las líneas de transmisión en Venezuela 800, 400, 230, 115, 34 KV.

#### **2.3.4. Subtransmisión.**

Transporta la energía eléctrica en los centros de consumo conectando nodos terminales de transmisión con nodos de distribución primaria. Las líneas de subtransmisión operan a voltajes nominales de 34.5 y 115 KV las cuales son de menor peligrosidad en las áreas de consumo.

#### **2.3.5. Distribución.**

En esta etapa se transfiere la energía desde las subestaciones de distribución hasta los puntos de consumo, constituidos por redes primarias y secundarias que parte desde las subestaciones reductoras (115/69/13.8 KV) hasta los transformadores de distribución (13.8/0.12 y 13.8/0.24 KV).

#### **2.3.6. Distribución primaria (alto voltaje).**

Es el conjunto de circuitos a niveles de voltajes comprendidos entre 2.4 y 44 KV, que transportan energía eléctrica desde una subestación de distribución hasta el lado de alto voltaje de los transformadores de distribución. Los voltajes nominales más usuales son: 2.4, 4.4, 6.6, 11.4, 13.2, 13.8, 34.5 KV.

#### **2.3.7. Subestación de transmisión.**

Es el centro de transformación que alimenta al sistema de transmisión, localizándose cerca del área de generación.

### **2.3.8. Subestación de subtransmisión.**

Es la estación reductora de voltaje (115/34.5 KV). Esta normalmente se encuentra localizada cerca de las áreas de consumo.

### **2.3.9. Subestación de distribución.**

Es el centro de transformación que alimenta la distribución primaria.

### **2.3.10. Líneas de transmisión.**

Es el medio para transportar la energía eléctrica desde un nodo de envío hasta un nodo de recepción a niveles de voltajes iguales o superiores a 110 KV, de distintas o de una misma empresa y que corresponden a centros de generación o centros de consumo. Los voltajes nominales usuales de las líneas de transmisión son: 800, 400, 230, 115, 34 KV.

### **2.3.11. Parámetros de una línea de transmisión.**

Una línea de transmisión tiene cuatro parámetros que afectan su capacidad para cumplir su función como parte de un sistema de potencia: resistencia, inductancia, capacitancia y conductancia.

#### **2.3.11.1. Resistencia.**

Propiedad que tiene un conductor para oponerse al paso de la corriente, la cual depende de 4 factores:

- Tipo de material.
- Longitud del conductor.

- Área de la sección transversal del conductor.
- Temperatura.

#### **2.3.11.2. Inductancia.**

Propiedad o característica que posee un elemento conductor de oponerse a las variaciones de corriente, esta a su vez es directamente proporcional a la longitud del conductor.

#### **2.3.11.3. Capacitancia.**

Propiedad que posee un elemento para almacenar carga eléctrica. Esta a su vez depende del tamaño, del espesor y de la constante dieléctrica del material.

#### **2.3.11.4. Conductancia.**

Se define como el recíproco de la resistencia. Permite determinar el nivel de conductividad de un material.

### **2.4. Potencia eléctrica.**

Se define como la cantidad de energía eléctrica o trabajo, que se transporta o que se consume en una determinada unidad de tiempo.

Si la tensión se mantiene constante, la potencia es directamente proporcional a la corriente (intensidad). Ésta aumenta si la corriente aumenta.

### 2.4.1. Potencia en corriente continua.

Cuando se trata de corriente continua (CC) la potencia eléctrica desarrollada en un cierto instante por un dispositivo de dos terminales, es el producto de la diferencia de potencial entre dichos terminales y la intensidad de corriente que pasa a través del dispositivo. Esto es:

$$P = V \cdot I \quad \text{Ec. 2.1}$$

Donde **I** es el valor instantáneo de la corriente y **V** es el valor instantáneo del voltaje. Si **I** se expresa en amperios y **V** en voltios, **P** estará expresada en W (vatios). Igual definición se aplica cuando se consideran valores promedio para **I**, **V** y **P**.

Cuando el dispositivo es una resistencia de valor **R** o se puede calcular la resistencia equivalente del dispositivo, la potencia también puede calcularse como:

$$P = R \cdot I^2 = \frac{V^2}{R} \quad \text{Ec. 2.2}$$

### 2.4.2. Potencia en corriente alterna.

Cuando se trata de corriente alterna (AC) sinusoidal, el promedio de potencia eléctrica desarrollada por un dispositivo de dos terminales es una función de los valores eficaces o valores cuadráticos medios, de la diferencia de potencial entre los terminales y de la intensidad de corriente que pasa a través del dispositivo.

En el caso de un circuito de carácter inductivo (caso más común) al que se aplica una tensión sinusoidal  $v(t)$  con velocidad angular  $\omega$  y valor de pico  $V_0$  resulta:

$$v(t) = V_0 \cdot \sin(\omega t) \quad \text{Ec. 2.3}$$

Esto provocará una corriente  $i(t)$  retrasada un ángulo  $\phi$  respecto de la tensión aplicada:

$$i(t) = I_0 \cdot \sin(\omega t - \phi) \quad \text{Ec. 2.4}$$

La potencia instantánea vendrá dada como el producto de las expresiones anteriores:

$$p(t) = V_0 \cdot I_0 \sin(\omega t) \cdot \sin(\omega t - \phi) \quad \text{Ec. 2.5}$$

Aplicando algunas identidades trigonométricas, utilizando métodos matemáticos y simplificando la expresión anterior, puede transformarse en la siguiente:

$$p(t) = V_0 \cdot I_0 \frac{\cos(\phi) - \cos(2\omega t - \phi)}{2} \quad \text{Ec. 2.6}$$

Y sustituyendo los valores de pico por los eficaces:

$$p(t) = V \cdot I \cos(\phi) - V \cdot I \cos(2\omega t - \phi) \quad \text{Ec. 2.7}$$

Se obtiene así para la potencia un valor constante:  $VI \cos(\phi)$  y otro variable con el tiempo:  $VI \cos(2\omega t - \phi)$ . Al primer valor se le denomina **potencia activa** y al segundo **potencia fluctuante**.

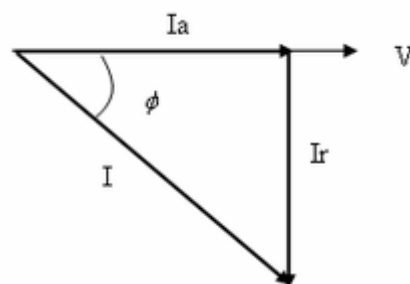
#### 2.4.3. Potencia fluctuante.

Al ser la potencia fluctuante de forma senoidal, su valor medio será cero. Para entender mejor qué es la potencia fluctuante, se puede imaginar un circuito que sólo tuviera una potencia de este tipo. Ello sólo es posible si  $\phi = \pi/2$  rad ( $\cos \pm 90^\circ = 0$ ), quedando:

$$p(t) = V \cdot I \cos(2\omega t - \phi) \quad \text{Ec. 2.8}$$

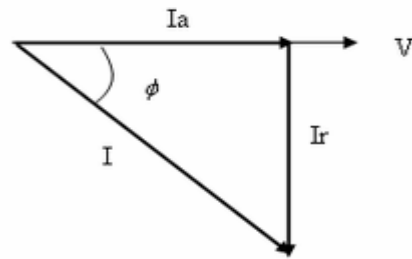
Este caso que corresponde a un circuito inductivo puro o capacitivo puro, por lo tanto la potencia fluctuante es debida a un solenoide ó a un condensador. Tales elementos no consumen energía sino que la almacenan en forma de campo magnético y campo eléctrico.

#### 2.4.4. Componentes de la intensidad.



**Figura 2.4. Componentes activa de la intensidad.**

**Fuente: propia.**



**Figura 2.5. Componentes reactiva de la intensidad.**

**Fuente: propia.**

Se define componente activa de la intensidad,  $I_a$ , a la componente de ésta que está en fase con la tensión, y componente reactiva,  $I_r$ , a la que está en cuadratura con ella; en el que la corriente y la tensión tienen un desfase  $\phi$ .

Sus valores son:

$$I_a = I \cdot \cos \phi \quad \text{Ec. 2.9}$$

$$I_r = I \cdot \sin \phi \quad \text{Ec. 2.10}$$

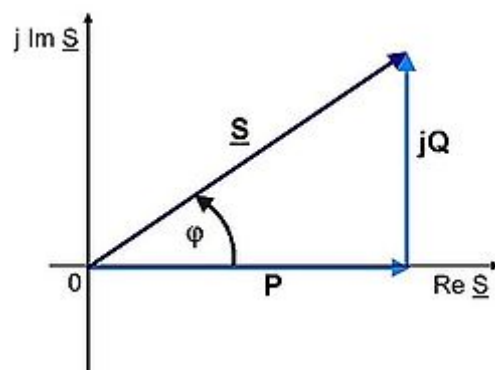
El producto de la intensidad,  $I$ , y las de sus componentes activa,  $I_a$ , y reactiva,  $I_r$ , por la tensión,  $V$ , da como resultado las potencias aparente (**S**), activa (**P**) y reactiva (**Q**), respectivamente:

$$S = I \cdot V \quad \text{Ec. 2.11}$$

$$P = I \cdot V \cdot \cos \phi \quad \text{Ec. 2.12}$$

$$Q = I \cdot V \cdot \sin \phi \quad \text{Ec. 2.13}$$





**Figura 2.6. Relación entre potencias activas, aparentes y reactivas.**

**Fuente: propia.**

La potencia aparente (también llamada compleja) de un circuito eléctrico de corriente alterna es la suma (vectorial) de la energía que disipa dicho circuito en cierto tiempo en forma de calor o trabajo y la energía utilizada para la formación de los campos eléctricos y magnéticos de sus componentes que fluctuará entre estos componentes y la fuente de energía.

Esta potencia no es la realmente consumida "útil", salvo cuando el factor de potencia es la unidad ( **$\cos \varphi=1$** ), y señala que la red de alimentación de un circuito no sólo ha de satisfacer la energía consumida por los elementos resistivos, sino que también ha de contarse con la que van a "almacenar" bobinas y condensadores.

#### **2.4.4.1. Potencia activa.**

Es la potencia que representa la capacidad de un circuito para realizar un proceso de transformación de la energía eléctrica en trabajo. Los diferentes dispositivos eléctricos existentes convierten la energía eléctrica en otras formas de

energía tales como: mecánica, lumínica, térmica, química, etc. Esta potencia es, por lo tanto, la realmente consumida por los circuitos. Cuando se habla de demanda eléctrica, es esta potencia la que se utiliza para determinar dicha demanda. Esta viene expresada por:

$$P = I \cdot V \cdot \cos \phi \quad \text{Ec. 2.14}$$

#### 2.4.4.2. Potencia reactiva.

Esta potencia no tiene tampoco el carácter realmente de ser consumida y sólo aparecerá cuando existan bobinas o condensadores en los circuitos. La potencia reactiva tiene un valor medio nulo, por lo que no produce trabajo útil. Por ello que se dice que es una potencia desvatada (no produce vatios).

A partir de su expresión:

$$Q = I \cdot V \cdot \sin \phi = I^2 \cdot Z \cdot \sin \phi = I^2 \cdot X = I^2 \cdot (X_L - X_C) = S \cdot \sin \phi \quad \text{Ec. 2.15}$$

Se reafirma en que esta potencia es debida únicamente a los elementos reactivos.

#### 2.4.4.3. Potencia aparente.

La potencia aparente (también llamada compleja) de un circuito eléctrico de corriente alterna es la suma (vectorial) de la energía que disipa dicho circuito en cierto tiempo en forma de calor o trabajo y la energía utilizada para la formación de los campos eléctricos y magnéticos de sus componentes que fluctuara entre estos componentes y la fuente de energía.

Esta potencia viene dada por la siguiente expresión:

$$S = I \cdot V \quad \text{Ec. 2.16}$$

También se puede representar la potencia activa, reactiva y aparente respectivamente en un sistema trifásico, donde quedan expresadas de la siguiente forma:

$$P_{3\varphi} = \sqrt{3} \cdot I \cdot V \cdot \cos\Phi \quad \text{Ec. 2.17}$$

$$Q_{3\varphi} = \sqrt{3} \cdot I \cdot V \cdot \text{sen}\Phi \quad \text{Ec. 2.18}$$

$$S_{3\varphi} = \sqrt{3} \cdot I \cdot V \quad \text{Ec. 2.19}$$

## 2.5. Factor de potencia (FP).

Se define factor de potencia de un circuito de corriente alterna, a la relación que existe entre la potencia activa (P) y la potencia aparente (S).

Y está expresado matemáticamente como:

$$f.p. \equiv \cos\phi = \frac{P}{S} \quad \text{Ec. 2.20}$$

Un FP bajo comparado con otro alto, origina, para una misma potencia, una mayor demanda de intensidad, lo que implica la necesidad de utilizar conductores de mayor sección y la potencia aparente es tanto mayor cuanto más bajo sea el FP, lo que origina una mayor dimensión de los generadores.

A menudo es posible ajustar el factor de potencia de un sistema a un valor muy próximo a la unidad.

Esta práctica es conocida como mejora o corrección del factor de potencia y se realiza mediante la conexión a través de conmutadores, en general automáticos, de bancos de condensadores o de inductores. Por ejemplo, el efecto inductivo de las cargas de motores puede ser corregido localmente mediante la conexión de condensadores.

En determinadas ocasiones pueden instalarse motores sincrónicos con los que se puede inyectar potencia capacitiva o reactiva con tan solo variar la corriente de excitación del motor.

Las pérdidas de energía en las líneas de distribución aumentan con el incremento de la intensidad. Cuanto más bajo sea el FP de una carga, se requiere más corriente para conseguir la misma cantidad de energía útil.

Por lo tanto, como ya se ha comentado, las compañías suministradoras de electricidad, para conseguir una mayor eficiencia de su red, requieren que los usuarios mantengan los factores de potencia de sus respectivas cargas dentro de límites especificados, estando sujetos, de lo contrario, a pagos adicionales por consumo excesivo de energía reactiva.

La mejora del factor de potencia debe ser realizada de una forma cuidadosa con objeto de mantenerlo lo más alto posible. Es por ello que en los casos de grandes variaciones en la composición de la carga es preferible que la corrección se realice por medios automáticos.

En las instalaciones eléctricas, si se desea mejorar el  $\cos\phi$  a otro mejor  $\cos\phi'$ , sin variar la potencia activa  $P$ , se deberán conectar un banco de condensadores en paralelo a la entrada de la instalación para generar una potencia reactiva  $Q_c$  de signo contrario al de  $Q$ , para así obtener una potencia reactiva final  $Q_f$ .

Analíticamente:

$$Q_c = Q - Q_f \quad \text{Ec. 2.21}$$

Por un lado:

$$Q = IV \sin \varphi = IV \cos \varphi \tan \varphi = P \tan \varphi \quad \text{Ec. 2.22}$$

Y análogamente:

$$Q_f = P \tan \varphi' \quad \text{Ec. 2.23}$$

Por otro lado:

$$Q_c = I^2 X_c = \left( \frac{V}{X_c} \right)^2 X_c = \frac{V^2}{X_c} = V^2 \omega C \quad \text{Ec. 2.24}$$

Donde  $\omega$  es la pulsación y  $C$  la capacidad del banco de condensadores que permitirá la mejora del FP al valor deseado.

Sustituyendo en la primera igualdad:

$$V^2 \omega C = P(\tan \varphi - \tan \varphi') \quad \text{Ec. 2.25}$$

De donde:

$$C = \frac{P(\tan \varphi - \tan \varphi')}{V^2 \omega} \quad \text{Ec. 2.26}$$

### 2.5.1. Cálculo del factor de potencia de una instalación.

Para calcular el factor de potencia en cualquier instalación, la cual posea a la entrada de su acometida de alimentación un contador de energía que refleje la energía reactiva (KVArh) y la energía activa (KWh), con ambas lecturas se puede obtener el factor de potencia medio de la instalación, aplicando la siguiente fórmula:

$$f.p. = \text{Cos}(\text{ArcTg} \frac{KVArh}{KWh}) \quad \text{Ec. 2.27}$$

### 2.5.2. Efectos negativos por bajo factor de potencia.

Entre algunos de los efectos negativos que puede causar el presentar un bajo factor de potencia en una instalación eléctrica se tiene:

- Daños en los equipos eléctricos por efecto de sobrecargas saturándolos.
- Aumento de pérdidas por recalentamiento.
- Aumento en la potencia aparente entregada por el transformador para igual potencia activa utilizada.
- Aumento en el consumo de energía reactiva, aumentando de esta forma la demanda y siendo objeto de penalizaciones al momento de la facturación debido a recargos por consumos de reactivos.
- Además, produce alteraciones en las regulaciones de la calidad técnica del suministro (variaciones de tensión), con lo cual empeora el rendimiento y funcionamiento de los artefactos restándole así, capacidad suficiente de

respuesta de los controles de seguridad como son los interruptores, fusibles, etc.

### **2.5.3. Importancia de compensar el factor de potencia.**

- Aumentará la vida útil de la instalación.
- Evitará la penalización en la facturación.
- Mejorará la calidad del producto técnico del suministro que recibe el Cliente.
- Mejorará la regulación de la tensión del suministro.
- Reducirá las pérdidas por recalentamiento en líneas y elementos de distribución.

### **2.5.4. ¿Cómo compensar el factor de potencia?**

La compensación de una instalación eléctrica puede realizarse acoplado una batería o banco de condensadores a la red de alimentación.

Entre las formas de conexión más usadas se tiene:

- Compensación global.
- Por sectores.
- Individual.

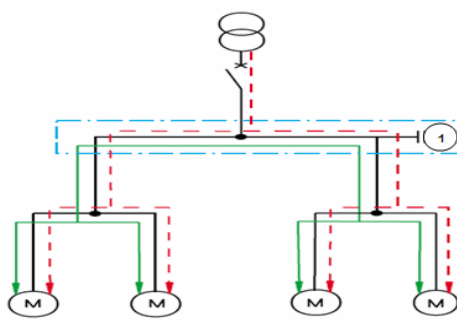
En principio, la compensación ideal es aquella que limita el campo de actuación de la energía reactiva al entorno más próximo a su creación. Pero los criterios técnico-económicos determinarán su situación.

#### 2.5.4.1. Compensación global.

Si la carga es estable y continua, una compensación global es adecuada.

##### 2.5.4.1.1. Principios.

La batería es conectada en cabecera de la instalación. Asegura una compensación global de la instalación. Estará en servicio parejo con la red a que se aplica.



**Figura 2.7. Compensación Global.**

**Fuente: propia.**

##### 2.5.4.1.2 Ventajas.

- Los niveles de consumo propios de la instalación permiten dimensionar una mínima potencia de la batería y un máximo de horas de funcionamiento. Estas características permiten una rápida amortización.



- Suprime las penalizaciones por energía reactiva en el recibo de energía eléctrica.
- Disminuye la potencia aparente acercándola a la potencia activa.
- Optimiza el rendimiento del transformador de suministro.

#### **2.5.4.1.3. Inconvenientes.**

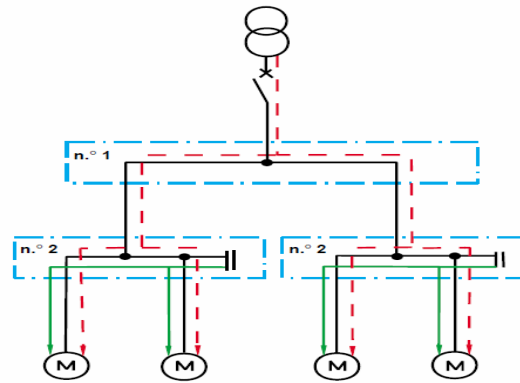
- La corriente reactiva circula por toda la instalación.
- Las pérdidas por calentamiento (Joule) se mantienen y no permite una reducción de su dimensionamiento, aguas abajo de la instalación de la batería.

#### **2.5.4.2. Compensación parcial.**

Una compensación parcial es aconsejable cuando la distribución de cargas es muy desequilibrada y de un cuadro de distribución depende una carga importante.

##### **2.5.4.2.1. Principios.**

La batería se conecta en el cuadro de distribución y genera la energía reactiva necesaria para compensar un grupo de cargas determinadas. En una gran parte de la instalación, aligera, en particular a los cables de alimentación, las pérdidas por calentamiento.



**Figura 2.8. Compensación Parcial.**

**Fuente: propia.**

#### **2.5.4.2.2. Ventajas.**

- Suprime las penalizaciones por energía reactiva.
- Disminuye la potencia aparente acercándola a la potencia activa.
- Optimiza el rendimiento del transformador de suministro.
- Optimiza una parte de la instalación entre los puntos 1 y 2.

#### **2.5.4.2.3. Inconvenientes.**

- La corriente reactiva circula desde el nivel 2, aguas abajo de la instalación.
- Las pérdidas por calentamiento (Joule) se mantienen a partir del nivel 2 y no permite una reducción del dimensionamiento de la instalación.

- Si los escalones no están bien dimensionados, en función de la potencia y su propio reparto en cargas individuales, lleva el riesgo de sobredimensionamiento en períodos determinados.

### 2.5.4.3. Compensación individual.

Una compensación individual es aconsejable cuando existen cargas muy importantes en relación a la carga total. Es el tipo de compensación que aporta más ventajas.

#### 2.5.4.3.1. Principios.

La batería se conecta a los bornes de una carga muy importante (motor de gran potencia, horno eléctrico, etc.). La potencia en KVAR representa un 25 % de los KW de la carga. Es importante poder compensar lo más cerca posible de la fuente de energía inductiva, pero se debe complementar con una compensación de general al lado de la alimentación.

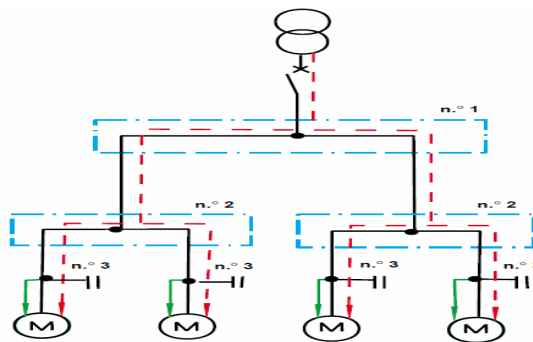


Figura 2.9. Compensación individual.

Fuente: propia.

#### **2.5.4.3.2. Ventajas.**

- Suprime las penalizaciones por energía reactiva.
- Disminuye la potencia aparente acercándola a la potencia activa.
- Optimiza el rendimiento del transformador de suministro.
- Optimiza la mayor parte de la instalación.

#### **2.5.4.3.3. Inconvenientes.**

El coste de la instalación sólo es rentable con cargas muy inductivas y regulares.

### **2.6. Contador de energía.**

Los contadores de energía eléctrica son aparatos integrados (totalizadores o sumadores) que indican el consumo total de energía consumido durante un tiempo determinado. Es decir, no indica los valores instantáneos de una magnitud eléctrica (en este caso la energía) sino la suma total de la energía consumida en un periodo de tiempo. Se clasifican en:

#### **2.6.1. Contadores de energía activa.**

Son los que registran el consumo de los Kilovatios-hora (Kwh.). Estos son los contadores corrientemente utilizados en las instalaciones de alumbrado o fuerza motriz.

### **2.6.2. Contadores de energía reactiva.**

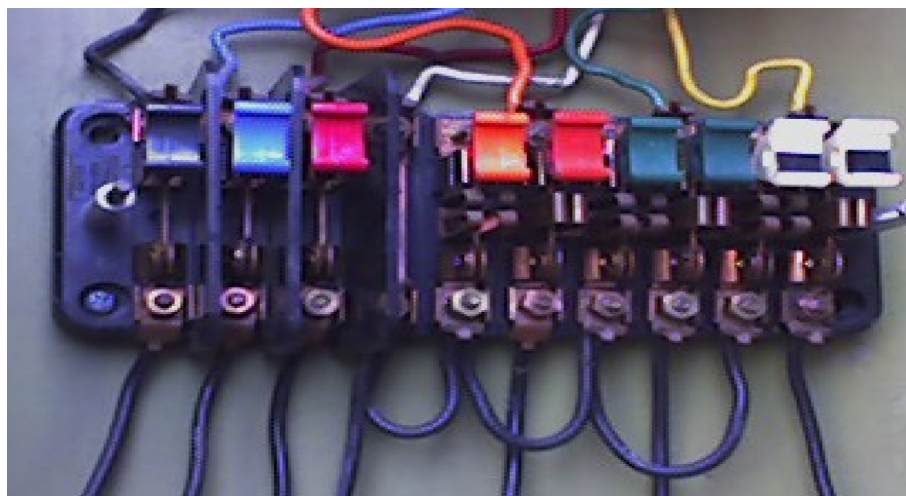
Registran el consumo de los Kilovoltamperios-hora reactivos (KVARh). Esta energía no produce ningún trabajo útil y su demanda depende de los elementos inductivos y capacitivos conectados a la instalación. Estos contadores controlan el consumo de energía reactiva, en los casos en que el usuario está obligado, por su contrato con la compañía suministradora de energía, a mantener dentro de ciertos límites el factor de potencia de la instalación.

### **2.6.3. Contadores de energía aparente.**

Estos registran el consumo de los Kilovoltamperios-hora (KVA-h). En la práctica su empleo es limitado y está siempre combinado con la instalación de un contador de energía activa ya que, por medio de las indicaciones de ambos contadores (de energía activa y energía aparente) también puede controlarse el valor medio del factor de potencia de la instalación.

### **2.6.4. Regletas.**

Son dispositivos utilizados en los montajes de medición indirecta, los cuales proporcionan al personal técnico la posibilidad de cortocircuitar los transformadores de corrientes conectados al sistema de medición y a su vez desenergizar el equipo en toda su totalidad; es decir, permite aislar al contador de energía de la línea principal de alimentación al momento de efectuar mantenimientos o cambio del equipo existente. Estos equipos son utilizados para montajes en media tensión (13.8 Kv) y montajes en baja tensión (120/208 V).



**Figura 2.10. Regleta utilizada en montajes de medición indirecta.**

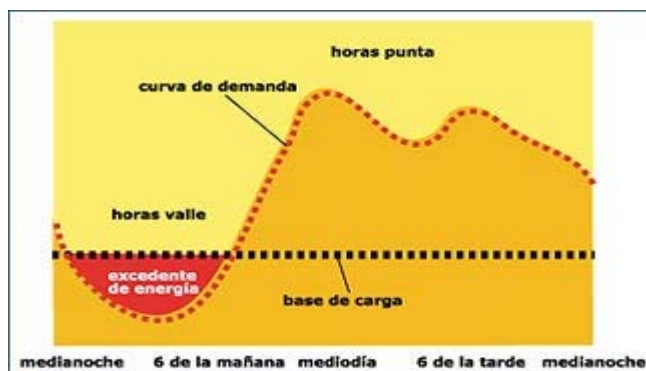
**Fuente: propia.**

### **2.7. Carga conectada.**

Se entenderá como la sumatoria de la potencia en vatios de todos los equipos eléctricos (datos de placa) que se conectan a la red de la vivienda en cuestión. También se podrá expresar en KW o KVA según el enfoque de estudio.

### **2.8. Demanda.**

Es la carga en KW o KVA que se utiliza durante cierto tiempo. Se acostumbra a representar la demanda diaria en gráficos, donde se pueda apreciar el periodo T igual a 24 horas el ciclo de carga. Se puede observar el valor de la demanda máxima, la mínima y la promedio.



**Figura 2.11. Curva de demanda en un período de 24 horas.**

**Fuente: propia.**

En la figura 2.11., se puede apreciar el comportamiento de la demanda de energía eléctrica en un período de tiempo diario, donde; a partir de las doce de la noche, el consumo de electricidad cae rápidamente y llega a un mínimo por la madrugada. Hacia las 6 de la mañana comienza otra vez a crecer, llega a su máximo a media mañana, se reduce ligeramente hacia el mediodía y tiene un pico secundario a última hora de la tarde reduciéndose ligeramente hacia las horas de la media noche.

Para poder observar y analizar detalladamente el comportamiento de estas variaciones, se establecen métodos de medición que permiten obtener aproximadamente los valores de demanda básica y los picos de alta demanda que puedan surgir.

Entre los métodos más utilizados tenemos:

- Medición Directa.
- Medición Indirecta.

## 2.9. Medición directa.

Se llama medición directa de energía, a los registros de energía eléctrica realizados por el contador asignado por la empresa de distribución eléctrica sin la utilización de ningún otro equipo adicional al contador (bobinas, transformadores de corrientes, transformadores de potencial, etc.).

## 2.10. Medición indirecta.

Es el registro indirecto de la energía eléctrica utilizando equipos de medición, los cuales constan de una serie de elementos que permiten medir, con mayor precisión, el consumo de energía eléctrica de aquellos usuarios que lo requieren. Estos están conformados por transformadores de medida; ya sean transformadores de corriente (baja tensión) o transformadores de corriente y transformadores de potencial (alta tensión) y su utilización depende de la carga del usuario.

Los transformadores de corriente reducen la corriente utilizada por el usuario (relativamente alta) a un valor normalizado de corriente (5/6 Amp máximo) la cual circula por la bobina de corriente del contador de energía. Se conectan en serie con la bobina de corriente del contador de energía de manera que circule la corriente de la carga indirectamente. La relación entre la corriente del secundario y la corriente del primario se denomina factor multiplicador del transformador de corriente.

$$FM = I_p / I_s \quad \text{Ec. 2.28}$$

Donde:  $I_p$ : Corriente suministrada por el Usuario.

$I_s$ : Corriente que Circulara por el Contador de Energía.



Los transformadores de tensión reducen la tensión alta (13.800 V ó 34.000 V) a un valor de tensión normalizado (100 V). La relación entre la tensión del secundario y la tensión del primario se denomina factor multiplicador de tensión.

$$FM = \text{Tensión Pr imario} / \text{Tensión delSecuandario} \quad \text{Ec. 2.29}$$

Donde: Tensión del Primario son (13.8 KV ó 34 KV)

Tensión Secundario (100 V)

### **2.11. Acometida.**

Se conoce como acometida al conductor que enlaza a la propiedad del usuario con el alimentador de la compañía suministradora de la energía eléctrica. La acometida también puede entenderse como la línea (aérea o subterránea) que por un lado se conecta con la red eléctrica de alimentación y en el otro se instala el sistema de medición.

Generalmente en los sistemas de distribución usuarios alto consumo las acometidas en alta tensión son subterráneas, entre el circuito primario de alimentación y el primer punto de conexión en la edificación (el transformador de distribución o banco de transformadores) aunque existen a su vez usuarios alto consumo con alimentación primaria aérea, la cual conducen la energía eléctrica hacia los tableros de control que están en los diversos centros de carga de la edificación.

### **2.12. Pérdidas de energía.**

Dentro de las principales pérdidas de energía eléctrica existentes en los sistemas de distribución usuarios alto consumo, se tiene:

### 2.12.1 Pérdidas técnicas.

Se define como el conjunto de pérdidas de potencia eléctrica debidas a fenómenos físicos. Se deben a las condiciones propias de la conducción y transformación de energía eléctrica.

#### 2.12.1.1 Pérdidas por efecto Joule.

Cada elemento o dispositivo que forma parte de este sistema producen pérdidas debido a las corrientes que circulan por ellos, consecuencia de una eficiencia limitada produciéndose calentamiento en el material conductor conocido este fenómeno como efecto joule. Estas pérdidas están asociadas con la variación de la demanda (pérdidas en carga); expresadas en unidades apropiadas para R, I y T, queda:

$$W_i = R \cdot I^2 \cdot t$$

Ec. 2.30

Donde:

Wi: Pérdidas en el elemento del sistema (W)

I: Corriente (A) que circula por el elemento

R: Resistencia del elemento en ( $\Omega$ )

t: Es el tiempo de consumo de la carga (horas)

#### 2.12.1.2 Pérdidas en los devanados y núcleo de transformadores

Las pérdidas en los transformadores se dividen en pérdidas bajo carga y pérdidas en vacío.

Pérdidas bajo carga: esta varía con el cuadrado de la corriente de carga y se manifiesta por el calentamiento en los conductores de los devanados del transformador.

Pérdidas en vacío: es la producida en el núcleo debida a las corrientes parásitas inducidas por el campo magnético de excitación, esta corriente es independiente de la carga, así que el transformador energizado que opere en vacío presenta las mismas pérdidas que en carga.

$$Per_{vacío} = W_i * (V_j/V_i) \quad \text{Ec. 2.31}$$

Donde:

$W_i$ : Pérdidas en vacío (W) a un valor de tensión  $V_j$  (V)

$V_j$ : Valor de tensión a la cual se desea conocer las pérdidas.

Las pérdidas en el transformador vendrían dadas por:

$$Per_T = P_{Carga} + Per_{vacío} \quad \text{Ec. 2.32}$$

### 2.12.1.3. Pérdidas en las acometidas.

Una vez determinado el consumo de potencia de cada suscriptor y dependiendo del tipo de acometida se calcula la corriente que circula por cada conductor de la acometida, asumiendo que las fases están equilibradas y que no hay presencia de armónicos.

### **2.13. Pérdidas no técnicas.**

Corresponde a la energía utilizada por algún usuario, suscriptor o no, de la empresa encargada de la distribución de energía eléctrica, donde la empresa recibe solo parte o ninguna retribución por el servicio. Se deben a sistemas de medición defectuosa que no se aplican en forma periódica procesos de facturación inadecuados e incapacidad de detectar y controlar las conexiones ilegales. Las pérdidas no técnicas se pueden clasificar en:

#### **2.13.1. Consumo de usuario no subscriptores o contrabando.**

Comprende fundamentalmente la conexión directa de usuarios del servicio a una red sin haber suscrito un contrato de acuerdo con la empresa encargada de la distribución de energía. En este grupo se incluyen también aquellos usuarios que habiendo tenido un contrato con la empresa distribuidora son desconectados de la red y se vuelven a conectar a la misma sin la autorización correspondiente.

#### **2.13.2. Error en la contabilización de energía (de suscriptor con contador).**

Comprende todos aquellos errores de medición de lectura y facturación de usuarios, excluyendo los casos donde existe manipulación de los equipos de medición. En estas pérdidas se incluyen las debidas a la no-simultaneidad de la medición de los contadores.

#### **2.13.3. Fraude o hurto (por parte de subscriptores).**

Corresponde a todos los casos en los cuales los usuarios, siendo un suscriptor de la empresa distribuidora, manipulan el equipo de medición alterando la configuración técnica de montaje o tomando directamente la energía sin ser registrada por el contador.

#### **2.13.4. Por facturación incorrecta de los usuarios.**

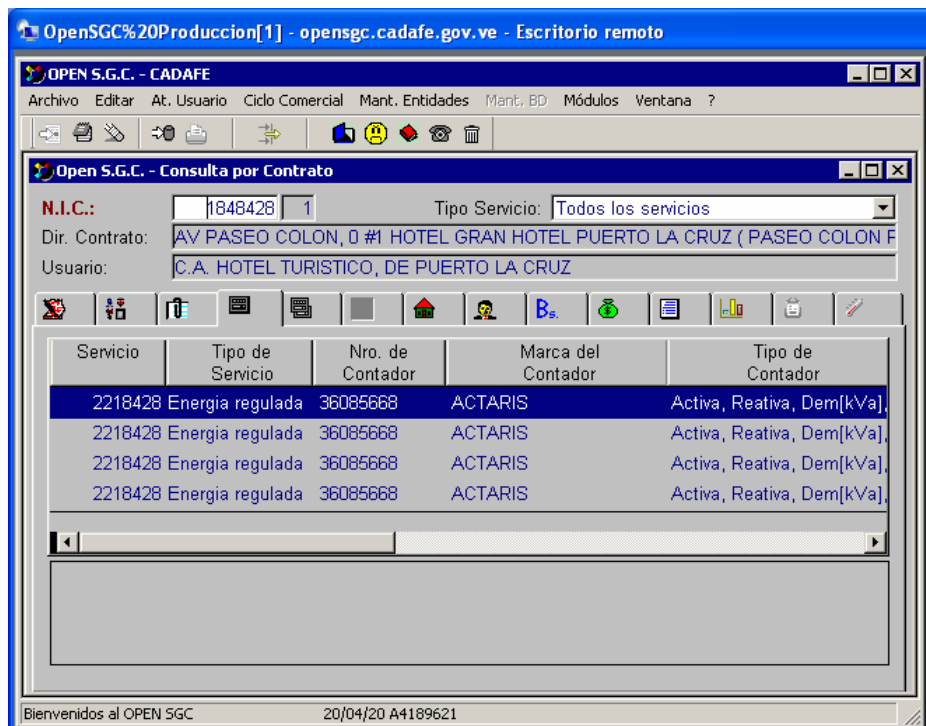
Una vez que los consumos han sido registrados, se procede a la facturación a los usuarios. Para que el proceso sea completo, es preciso que la información, acerca de los suscriptores sea completa y exacta de lo contrario se presentaría errores en la facturación los cuales pueden resultar en energía que no se cobra o se cobra a la tarifa incorrecta. La energía correspondiente a esos errores no es pagada a la empresa resultando en pérdidas, denominadas por facturación.

#### **2.13.5. Por recaudos.**

Después de producidas las facturas para el cobro de la energía, viene el proceso de recaudo de esos cobros. Por varias razones sólo una parte de la energía que se facturó llega finalmente a ser recaudada. La energía que no puede ser recaudada representa también una pérdida llamada pérdida en el proceso de recaudo.

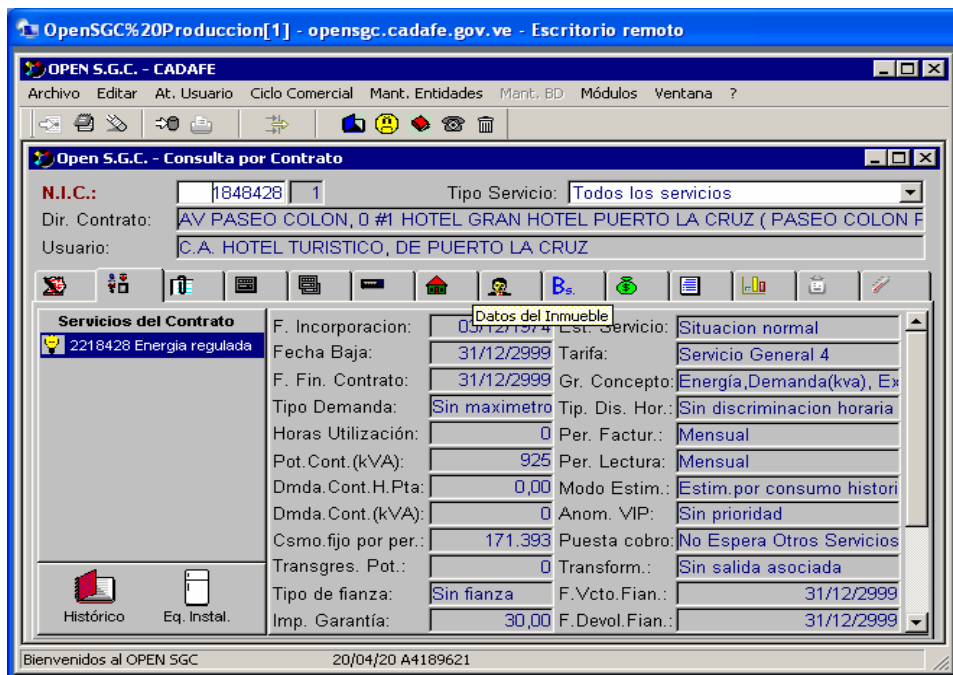
#### **2.14. Sistema de gestión comercial Open SGC.**

El sistema de gestión comercial OPEN SGC es una herramienta tecnológica, que facilita el manejo y control del proceso comercial de la integración de todos los sub-procesos (Atención al usuario, comercial, medición, lectura, facturación y cobranza) caracterizándose por ser un sistema en línea con una base de datos única integrada a nivel nacional. Con esta herramienta se facilita el chequeo de las mediciones efectuadas en el edificio antes de las inspecciones realizadas y luego de su normalización, manteniendo un monitoreo en el tiempo del trabajo realizado a fin de corregir y las posibles irregularidades que se puedan presentar posteriormente. A continuación se muestran diferentes figuras que corresponden al sistema OPEN SGC.



**Figura 2.12. Muestra de la Pantalla 1 del Software OPEN SGC**

**Fuente: Dpto. de Coordinación y Procesos de Medición CADAPE Región 1.**



**Figura 2.13. Muestra de la Pantalla 2 del Software OPEN SGC**

**Fuente: Dpto. de Coordinación y Procesos de Medición CADAPE Región 1.**

The screenshot shows the 'Open S.G.C. - Consulta de Contadores' window. It contains a table with the following data:

Tipo de Consumo	Lectura	Consumo	Fecha de Lectura	Fecha de Fact.	Cte. Lect.
Activa kWh	2.147	514.740	05/04/2010	05/04/2010	1380
Dem.Max. kVA	584	806	05/04/2010	05/04/2010	1380
Dem.Max. kW -> kV	748	1.296	05/04/2010	05/04/2010	1380
Reactiva kVarh	1.643	390.540	05/04/2010	05/04/2010	1380
Activa kWh	1.774	426.420	01/03/2010	01/03/2010	1380
Dem.Max. kVA	547	755	01/03/2010	01/03/2010	1380
Dem.Max. kW -> kV	686	1.208	01/03/2010	01/03/2010	1380
Reactiva kVarh	1.360	338.100	01/03/2010	01/03/2010	1380
Activa kWh	1.465	437.460	01/02/2010	01/02/2010	1380

At the bottom of the window, it says 'Bienvenidos al OPEN SGC' and '20/04/20 A4189621'. There is also an 'Imprimir' button on the right side of the table.

**Figura 2.14. Muestra de la Pantalla 3 del Software OPEN SGC**

**Fuente: Dpto. de Coordinación y Procesos de Medición CADAPE Región 1.**



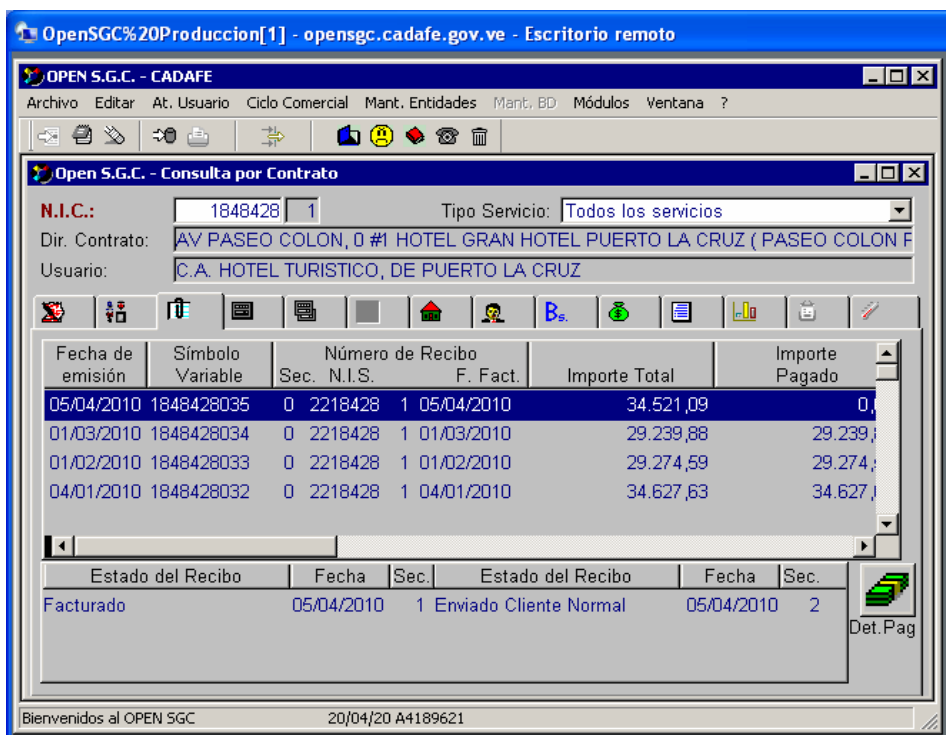


Figura 2.15. Muestra de la Pantalla 4 del Software OPEN SGC

Fuente: Dpto. de Coordinación y Procesos de Medición CADAPE Región 1.

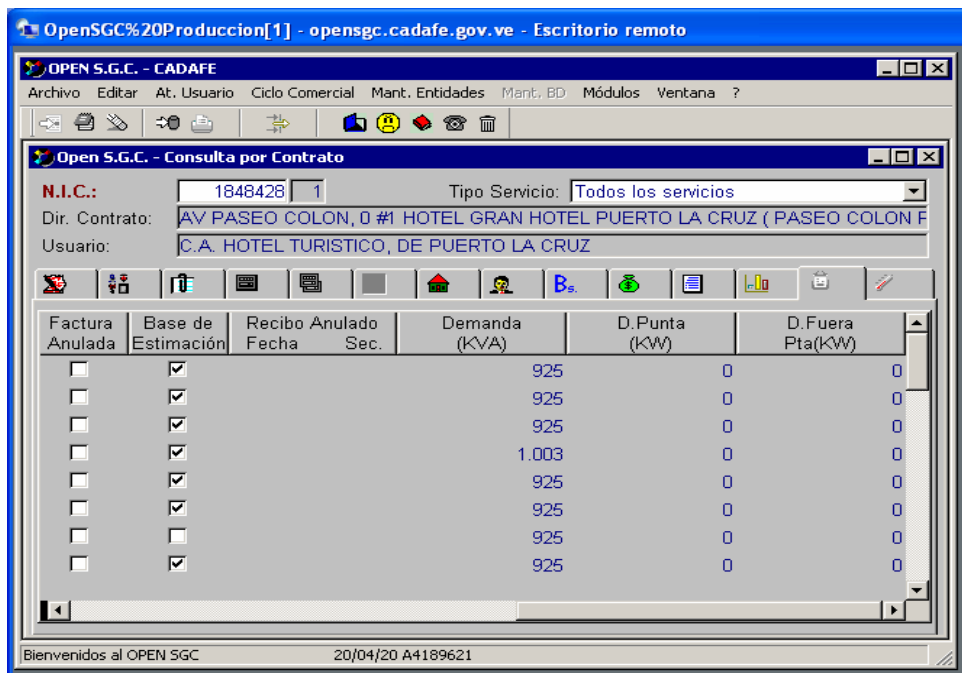


Figura 2.16. Muestra de la Pantalla 5 del Software OPEN SGC

Fuente: Dpto. de Coordinación y Procesos de Medición CADAPE Región 1.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1. Generalidades.**

Este capítulo hace una breve descripción en lo que al marco metodológico respecta, de manera tal que se pueda comprender el tipo de investigación en el cual se desenvuelve, el alcance del mismo y las etapas que se requieren alcanzar con el presente estudio.

#### **3.2. Tipo de investigación.**

Existen muy diversos tratados sobre las tipologías de la investigación. Las controversias para aceptar las diferentes tipologías sugieren situaciones confusas en estilos, formas, enfoques y modalidades. En rigor, y desde un punto de vista semántico, los tipos son sistemas definidos para obtener el conocimiento.

El tipo de investigación de un proyecto se refiere al alcance de la investigación y las etapas que se quieren alcanzar con el presente estudio (Hernández R, Hernández C, 2003).

Según la fuente de información este proyecto se clasifica en:

Investigación de campo, se trata de la investigación aplicada para comprender y resolver alguna situación, necesidad o problema en un contexto determinado. El investigador trabaja en el ambiente natural en que conviven las personas y las fuentes consultadas, de las que se obtendrán los datos más relevantes a ser analizados.

### **3.3. Nivel de investigación.**

El nivel de investigación, se refiere al grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objeto de estudio. El presente proyecto se desarrolló empleando un nivel de investigación explicativa, la cual se encarga de buscar el por qué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa - efecto. Además, la misma está dirigida a responder a las causas de los eventos físicos o sociales y su interés se centra en explicar por qué y en qué condiciones ocurre un fenómeno, o por qué dos o más variables se relacionan.

### **3.4. Diseño de investigación.**

El diseño de investigación, se refiere a la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado. Este proyecto contó con un diseño de investigación de campo, el cual consistió en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información pero no altera las condiciones existentes. De allí su carácter de investigación no experimental.

### **3.5. Población.**

La población o universo se refiere al conjunto para el cual serán válidas las conclusiones que se obtengan; son los elementos o unidades (personas, instituciones o cosas) a las cuales se refiere la investigación.

En el caso del proyecto que se presenta, la población fue integrada por una población de usuarios cuyo consumo está por encima de los 31 Kva que se encuentran conectados a la red de distribución eléctrica correspondiente al casco central de Puerto la Cruz estado Anzoátegui.

### **3.6. Muestra.**

Para este proyecto, la muestra fue conformada por 30 usuarios pertenecientes a Clientes Especiales B, los cuales están conectados al sistema de distribución de energía eléctrica que corresponde al casco central de la ciudad de Puerto la Cruz Estado Anzoátegui, los cuales proporcionan a estos usuarios, la energía necesaria para operar y satisfacer la demanda generada por los mismos.

### **3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.**

Para recolectar los datos e información necesaria en el desarrollo del estudio, se aplicaron las siguientes técnicas e instrumentos de recolección de datos. (Ander-Egg., 2004).

- **Revisión bibliográfica:** comprende la revisión de todo el material bibliográfico relacionado con el proyecto a desarrollar, además con documentación de tesis, libros, Internet, leyes y normas nacionales y normas internacionales, con la finalidad de obtener una base teórica amplia, concreta y bien fundamentada.
- **Entrevistas y consultas:** es una herramienta que permite la recopilación de información, tanto virtual como escrita, por medio de entrevistas realizadas a personas que tengan conocimientos sobre la materia. En este proyecto las entrevistas fueron no estructuradas. Su finalidad fue la obtención de datos cuantitativos y cualitativos referentes a las políticas, procedimientos y prácticas existentes dentro del sistema seleccionado para la investigación.

**Entrevista no estructurada:** se fundamenta en un diálogo directo con el entrevistado, donde el entrevistador trata de lograr de su interlocutor respuestas precisas sobre el caso en estudio.

- Mediciones y cálculos: esta herramienta fue indispensable debido a que proporcionó la información necesaria para efecto de realizar los cálculos previstos, para determinar pérdidas, establecer conclusiones y recomendaciones que puedan ayudar a mejorar y fortalecer el sistema de distribución eléctrico de la región correspondiente al estado Anzoátegui.

### **3.8. Técnicas de análisis de datos.**

#### **3.8.1. Diagrama de Gantt.**

Se utilizó para la planeación de las actividades, logrando la distribución conforme a un calendario, de manera que se pueda visualizar el período de duración de cada actividad, sus fechas de iniciación y culminación e igualmente el tiempo total requerido para la ejecución del proyecto.

#### **3.8.2. Estudio de cargas.**

Estudio de cargas asociadas al transformador de distribución perteneciente a cada usuario en estudio, debido a que cada usuario, cuya capacidad instalada sobrepasa los 31 Kva, posee su banco exclusivo de transformadores de distribución.

## **CAPÍTULO IV**

### **CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA.**

#### **4.1. Generalidades.**

Para realizar el análisis de pérdidas de energía en los sistemas de distribución usuarios alto consumo, es necesario conocer los parámetros de la carga conectada de cada uno de los usuarios y los niveles normales de funcionamiento, para poder determinar el procedimiento adecuado para el estudio.

En este capítulo se describen cuales son las características técnicas de la carga de cada usuario, debido a que se presenta como el factor más importante del sistema (donde no se tiene control), lo cual requiere tener un preciso conocimiento de algunos parámetros que puedan describir su comportamiento, de igual manera se describen los métodos para realizar las mediciones de campo en la carga y el equipo empleado, con la finalidad de desarrollar un procedimiento operativo técnico que permita realizar el estudio correspondiente.

#### **4.2. Clasificación de las cargas.**

Las cargas se pueden clasificar dependiendo de propósitos muy precisos, algunas de las clasificaciones donde interviene la variable tiempo son las siguientes:

1. Continuas
2. Intermitentes.
3. Estacionales.

#### 4. Provisionales.

Es importante señalar que debido a su composición, en el sistema de distribución se encuentran cargas balanceadas o equilibradas y desbalanceadas, lo cual ocasiona variaciones en los niveles de tensión y de corriente permitidos por la empresa que suministra el servicio eléctrico (CADAFE) o por normas eléctricas que estipulan los organismos pertinentes.

Entre otras clasificaciones, las más usuales se pueden apreciar en la Tabla 4.2.1.

**Tabla 4.2.1. Clasificación de las cargas.**

Base de Clasificación	Clasificación
Por Ubicación Geográfica	Casco central, Urbana, Sub-urbana, Rural
Por Tipo de Consumidor	Doméstica, Residencial, Comercial, Industrial, Institucional, Recreacional.
Por dependencia del Servicio Eléctrico	Crítica, Emergencia, Normal.
Por efecto sobre otras cargas o diseño del sistema	Transitorio, Permanente
Por la Tarifa Aplicada al sistema eléctrico	Residencial Social, Residencial Normal, Comercial, Industrial, Rural.
Por Consideraciones	Proceso muy crítico, cargas muy sensibles al voltaje.

**Fuente: propia.**



### **4.3. Balances de cargas.**

Una carga polifásica balanceada es aquella donde circulan corrientes simétricas cuando es conectada a un sistema con voltajes simétricos.

Un circuito trifásico normalmente está balanceado, mientras pueda obtenerse un razonable balance entre las cargas monofásicas y las cargas trifásicas. Donde la carga es generalmente desbalanceada se analiza por el método de las componentes simétricas.

### **4.4. Balances de voltaje.**

Normalmente los voltajes generados en un sistema polifásico son suficientemente simétricos, cuando se aplican a cargas balanceadas circulan corrientes simétricas, sin embargo se puede presentar voltajes asimétricos debido a corrientes asimétricas en circuitos desbalanceados.

### **4.5. Niveles permitidos de tensión.**

#### **4.5.1 Condiciones normales.**

El sistema de distribución de la empresa CADAFE, está diseñado para funcionar de manera que la tensión en el punto de medición, con base en 120 voltios, esté dentro de los siguientes límites:

Máximo:  $(120 + 5\%)$  voltios

Mínimo:  $(114 - 5\%)$  voltios

Los porcentajes  $\pm 5$  indican los límites máximos y mínimos que se pueden aplicar en cualquiera de las otras tensiones normalizadas según los valores mostrados en la tabla 4.5.1.

**Tabla 4.5.1. Niveles de Tensión normales.**

Tensión Nominal (V)	Tensión Máxima (V)	Tensión Mínima (V)
120	126	114
240	252	228
120/240	126/252	114/228
208Y/120	218Y/126	197Y/114
416Y/240	436Y/252	395Y/228
480Y/227	504Y/291	456Y/263

**Fuente: propia.**

#### **4.5.2 Condiciones no normales de la carga.**

Los sistemas de distribución de la empresa podrán funcionar con tensiones que están por debajo y por encima de los límites establecidos como niveles de tensión normales expresados en la tabla anterior, lo cual son el resultado de las condiciones de funcionamiento del sistema. Tales condiciones deberán estar limitadas en su frecuencia y duración.

Los límites permitidos bajo estas condiciones serán, con base en 120 voltios, los siguientes:

Máximo: (127 +5,83%) voltios

Mínimo: (110 -8,33%) voltios

Los porcentajes (+5,83%) y (-8,33%) indican los límites máximos y mínimos que se pueden aplicar en cualquiera de las otras tensiones normalizadas según los valores mostrados en la tabla 4.5.2.

**Tabla 4.5.2. Niveles no normales de tensión.**

Tensión Nominal (V)	Tensión Máxima (V)	Tensión Mínima (V)
120	127	110
240	254	220
120/240	127/254	110/220
208Y/120	220Y/127	191Y/110
416Y/240	440Y/254	381Y/220
480Y/227	507Y/293	440Y/254

**Fuente: propia.**

#### **4.6. Aplicación de la característica de la carga.**

Las características de las cargas se aplican a tres tipos generales de análisis en sistemas de distribución: Regulación y control de voltaje, carga térmica de los elementos del sistema y evaluación de pérdidas, además también son útiles programas de incentivo al consumidor.

Aunque las pérdidas y las cargas térmicas pueden determinarse a partir de las magnitudes de corriente, esto sin olvidar involucrar en el análisis, toda información referente a la potencia activa y reactiva, éstas a su vez requieren del análisis de los componentes del sistema que las producen.

La potencia activa es entregada por los generadores y como está asociada a las necesidades de energía, la carga debe ser producida por la unidad que mueve

el generador. La potencia reactiva puede ser producida por máquinas sincrónicas sobrecitadas o por capacitores estáticos. En el caso de estudios completos de caídas de voltaje, cargas térmicas o evaluación de pérdidas; es imprescindible incluir soluciones que permitan establecer formas óptimas para servir determinadas cargas y evitar o minimizar condiciones indeseables existentes en el sistema.

La aplicación de las características de la carga depende del tipo de problema que se vaya a tratar. Por ejemplo; en problemas de control de voltaje los componentes de la carga (potencia activa y reactiva), considerados por separados, son un factor importante, debido a que los componentes de la caída de voltaje son directamente proporcionales a los elementos que la conforman. En tales estudios las demandas activa y reactiva son más práctica de utilizar dado que se tratan de cargas variables.

En el estudio de pérdidas o carga térmica de equipos, la carga es importante solamente para los efectos de ella sobre los factores principales de interés, dado que las pérdidas en conductores son proporcionales al cuadrado de la corriente de carga, está última es de mayor importancia que la primera, como las pérdidas son usualmente variables se utiliza la demanda de pérdidas (normalmente demanda máxima), el factor de carga de las pérdidas o factor de pérdidas.

En estudios de sistemas, las características de las cargas y pérdidas que son de mayor interés son las demandas máximas, aunque la mínima, o alguna intermedia puede ser de interés en un problema particular. La demanda máxima de pérdidas se entiende que serán las pérdidas en el pico de carga o en el instante que ocurre la demanda mas elevada de la carga.

El mayor interés de una compañía de electricidad, en un grupo de características de mayor utilidad son: Demanda máxima, gráfico de demanda, consumo de energía y factor de carga. La medición de la compañía aplicada en las

acometidas de cargas industriales o comerciales puede proveer suficientes datos a partir de los cuales se puedan determinar las características de las áreas bajo estudio.

#### **4.7. Métodos para hacer mediciones de campo.**

Para la realización de mediciones de campo, se pueden utilizar varios instrumentos de medición, el tipo de aparato aplicado a un estudio en particular depende del propósito de la medición, usualmente el costo de obtener la medida es comparable con el valor de los beneficios derivados de ella. Los instrumentos de medición utilizados incluyen: Amperímetros, voltímetros y medidores de demanda. Los transformadores para instrumentos y otros accesorios pueden obtenerse para ser aplicados según las necesidades.

Las mediciones de campo pueden clasificarse como comprobación puntual, bien sea de demanda máxima o de registro de demanda, y todos los tipos pueden aplicarse a varias magnitudes.

##### **4.7.1. Comprobación puntual.**

Consiste en la medición de valores de carga en instrumentos no retardados. Este tipo de prueba casi siempre se refiere a corrientes, aunque también puede aplicarse a otras magnitudes. Es uno de los tipos de prueba menos costosos aunque los datos obtenidos son de menos valor comparados por los obtenidos por otros métodos. La medición obtenida es el valor absoluto de corriente en el momento de la medición, la prueba puntual da información sólo del valor escalar de la carga medida.

Los datos de potencia activa y reactiva no se obtienen normalmente de mediciones en revisiones puntuales, este tipo de prueba requiere información del ciclo de la carga que está siendo medida para que la medición sea hecha en el

momento adecuado, carga pico en algún valor menor y convertirlo luego a valor pico. La carga debe ser estable para que sea adecuada para este tipo de prueba.

#### **4.7.2. Prueba de demanda máxima.**

Para evitar algunas de las dificultades encontradas en el método de prueba puntual, es conveniente medir la demanda máxima, esto puede hacerse instalando contadores de energía de forma permanente o temporal.

La duración o período de la prueba de demanda máxima está influenciada por el propósito de la medida y el número de instrumentos con que se cuenta. Si lo que se va a determinar es solamente la demanda máxima, el instrumento puede quedar en servicio por un periodo extenso para asegurar que el pico de la carga ha sido registrado. Si es la demanda máxima de un número de cargas individuales que van a ser correlacionadas, será necesario limitar el período para que todos los valores determinados apliquen en el mismo periodo de prueba. Si no hay un número suficiente de instrumentos para tomar las medidas simultáneamente, será necesario reducir el periodo de cada medición a fin de obtener todas las medidas bajo condiciones razonablemente similares. La confiabilidad de la medición de la demanda máxima que ha sido tomada en un periodo menor de una semana es cuestionable, la demanda máxima del grupo deberá ser determinada simultáneamente con las individuales a menos que las medidas de demanda sean tomadas de registradores.

#### **4.7.3. Registro de demanda.**

Los datos más confiables para determinar características de carga se obtienen de registradores. Aunque estos son más costosos que los instrumentos indicadores, la aplicación de registradores de demanda puede ser económica. Puede ser menos costoso obtener datos más confiables en un pequeño número de cargas que en un gran número de cargas obtenida por instrumentos indicadores.

Los datos obtenidos en registradores son más aplicables para correlación, dado que el factor tiempo está incluido en las medidas. Una importante ventaja de los medidores registradores de demanda sobre los medidores indicadores de demanda es que, el registro de demanda del grupo puede obtenerse de los registros de las cargas individuales dentro del grupo, esta ventaja es particularmente importante porque las cargas individuales no necesitan ser relacionadas.

#### **4.8. Procedimiento aplicado.**

El conjunto de puntos seleccionado para este estudio, es considerado para un seguimiento del consumo de energía, debido a que existen usuarios cuyo consumo no está actualizado en la base de datos de la empresa y se presume la existencia de fraude debido al seguimiento de la demanda de energía que registran, como tal se desconocen las características del sistema de distribución.

Debido a esto fue necesario escoger una población conformada por 30 usuarios comerciales, de manera que se pueda hacer un estudio lo más completo posible y establecer procedimientos técnicos operativos que permitan aplicarlos a los demás usuarios correspondientes y disminuir las pérdidas existentes en el sistema, así como también mejorar las condiciones técnicas y operativas de cada equipo de medición de cada usuario en particular.

Se recurrió a la inspección de cada punto asignado, para determinar el estado del sistema de distribución y del equipo de medición correspondiente a cada usuario en particular, en la cual se describen las características del sistema de distribución como, la capacidad del transformador de distribución instalado, configuración del banco, calibre de la acometida de baja tensión, calibre del conductor de alta tensión, tipo de acometida de alta tensión (subterránea o aérea), ubicación de los módulos de medición, cantidad de contadores existentes en campo, tipo de contador (electromecánico o digital), así como también el espacio

físico destinado para algunos componentes del sistema (módulo de medición, transformador de distribución, contador de energía, etc.).

Se utilizó el método de comprobación puntual, el cual se aplicó en el módulo de medición, así como también en el lado de alta y baja tensión del transformador, para obtener los parámetros de corriente y voltajes. Adicionalmente se procedió a la sustitución de aquellos equipos que se encontrasen en mal estado (bobinas cortocircuitadas, rotas, quemadas por sobrecorrientes, etc.), TP (presentando relación de transformación fuera de la establecida, quemados, etc.), contadores quemados, fuera de aferición, manipulados o con cualquier problema en su programación electrónica, la cual se reflejada en el Display o pantalla del equipo mostrando valores o datos que no concuerden con los valores obtenidos por las mediciones con voltímetros, pinzas, etc.

#### **4.9. Equipos de medición empleados.**

Entre los equipos de medición empleados por la empresa para la realización de este estudio están:

- Contador CEWE Prometer 4343.
- Contador ACTARIS SL7000.

##### **4.9.1. Contador CEWE Prometer.**

El contador de energía CEWE Prometer 4343, es un contador electrónico digital cuyas características más resaltantes son las siguientes:



- Puede obtenerse mediciones instantáneas de voltaje, corriente, energía activa, energía reactiva, energía aparente, factor de potencia, ángulo de fase y frecuencia.
- Mide la demanda máxima en intervalos programables de 5, 10, 25, 30, y 60 minutos.
- Puede almacenar la demanda desde 1,5 meses hasta 18 meses, dependiendo solo del intervalo en que se programe para medir la demanda y de la capacidad de la memoria del equipo.
- Los datos almacenados pueden ser cargados al computador a través del puerto óptico y serial del contador.



**Figura 4.1. Contador CEWE Prometer 4343.**

**Fuente: propia.**

#### 4.9.1.1. Configuración de funciones.

Dependiendo de la versión del contador de energía prometer es necesario configurar los parámetros básicos de funcionamiento. Como el CEWE muestra las mediciones por secuencia de pantallas, es necesario programar dos secuencias con la información necesaria para el análisis, las cuales se muestran a continuación:

##### Secuencia 1

- Registro de importación de energía activa.
- Registro de importación de energía reactiva.
- Demanda máxima 1:1.
- Demanda máxima 2:1.

##### Secuencia 2

- $I_a, I_b, I_c$ .
- $V_{an}, V_{bn}, V_{cn}$ .
- $V_{ab}, V_{bc}, V_{ca}$ .
- FP.

En la secuencia 1 se observan los datos que se almacenan en la memoria del contador de energía: los valores de energía activa y reactiva, el equipo se programó para que almacenara estas lecturas en intervalos de 15 minutos, la

demanda máxima 1:1 la cual mide la demanda instantánea en (W) y demanda máxima 2:1, mide la demanda instantánea en voltio-amperios.

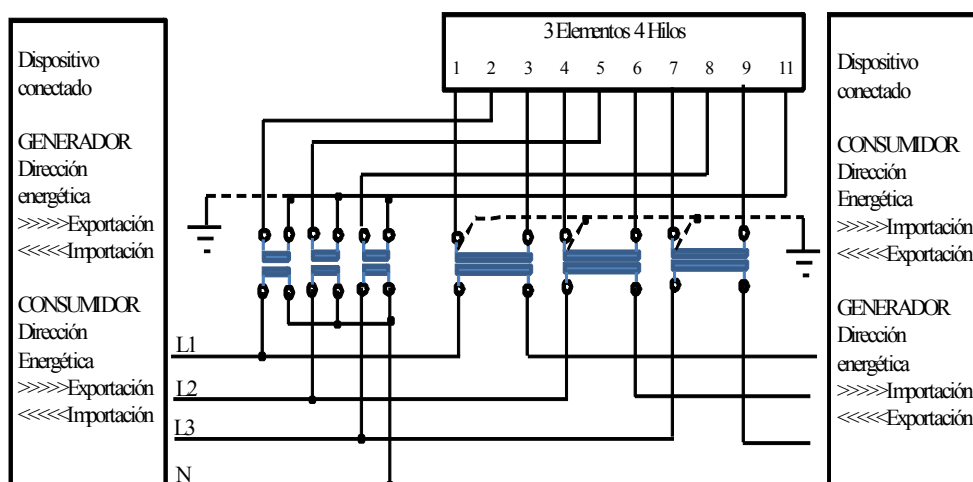
En la secuencia 2 se miden los valores instantáneos de corrientes de fase ( $I_a$ ,  $I_b$ ,  $I_c$ ), los voltajes de línea neutro ( $V_{an}$ ,  $V_{bn}$  y  $V_{cn}$ ), y voltajes de línea-línea ( $V_{ab}$ ,  $V_{bc}$  y  $V_{ca}$  y el factor de potencia de la carga total (FP), estos valores no son almacenados por el equipo.

#### **4.9.1.2. Instalación del contador.**

El CEWE es un contador bidireccional; es decir, que mide la energía activa y reactiva en ambas direcciones, importación y exportación (importación significa para el equipo energía recibida y exportación energía suministrada).

Para asegurarse de que el contador mida correctamente, es muy importante conectar los voltajes y corrientes en el orden de fase correcto, y también las corrientes en la dirección correcta.

Para conectar el contador, es necesario definir el lado generador y el lado consumidor del contador con relación a la dirección energética indicada, en los contadores CEWE, la dirección de flujo de la energía de importación se define como cuando la energía fluye en la dirección indicada, como se observa en la figura 4.2.



**Figura 4.2. Conexión del Contador CEWE Prometer 4343.**

**Fuente: Manual CEWE Prometer 4343.**

Al arrancar, la pantalla mostrará primero "Orden de voltaje: no hay valor" hasta que el contador haya identificado los voltajes, las corrientes y la secuencia de fase. La secuencia de fase de voltaje se visualiza en la pantalla al arrancar durante dos minutos y puede verse en la secuencia de pantalla en la forma configurada, normalmente se indica 1 2 3 para la rotación de fase de voltaje correcta.

La conexión correcta de cada corriente para la dirección energética de importación se identifica con el símbolo + junto a cada miembro de fase. La dirección correcta de importación se indica en la pantalla con 1+ 2+ 3+, la dirección energética de exportación correcta es indicada por 1- 2- 3-, si aparece en la pantalla 1+ 2- 3+, significa que son correctas la fase, la tensión y la corriente 1, pero hay un error en la segunda conexión.

#### **4.9.2. Contador ACTARIS SL7000.**

El medidor ACTARIS SL7000 es un sistema de medida completo. Se presenta en una envolvente de montaje saliente tipo DIN. Incorpora un reloj para la gestión de la tarificación (hasta 8 tarifas, independientes para los 10 canales de energía y los 10 canales de demanda), permitiendo la definición de hasta 24 perfiles diarios, hasta 16 cambios de tarifa, y hasta 100 días de exclusión.

Las entradas de control pueden utilizarse para activar las tarifas. Esta estructura tarifaria permite la programación de varios contratos, requerida en clientes cualificados. La fuente de alimentación trifásica redundante permite que el mismo medidor pueda utilizarse en las diferentes condiciones de tensión de alimentación que puedan presentarse en los suministros.

##### **4.9.2.1. Ventajas del ACTARIS SL7000.**

El medidor ACE SL7000 ofrece las siguientes ventajas:

- Costos de operación reducidos.
- Reducción de costos de inventario.
- Reducción de pérdidas no técnicas.
- Supervisión de la red.
- Posibilidad de actualización.
- Supervisión de la calidad de servicio.
- Supervisión y gestión de los excesos de demanda y excesos de consumo.

- Instalación simple y fácil.
- Integración con los sistemas ya existentes.
- Capacidad para estructuras tarifarias complejas.



► ACE SL7000 - Medidor comercial e industrial

**Figura 4.3. Contador ACTARIS SL7000.**

**Fuente: Manual ACTARIS SL7000.**

#### **4.9.2.2. Calibres de intensidad.**

Entre los calibres de intensidad disponibles por el contador ACTARIS SL7000 tenemos:

- (5 - 120) Amp, y todos los valores intermedios para conexión directa.

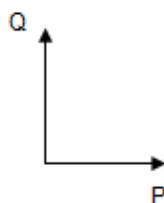
- (1 - 10) Amp, y todos los valores intermedios para conexión indirecta (conexión a transformador de intensidad, y conexión a transformadores de intensidad y tensión).

#### 4.9.2.3. Instalación del contador ACTARIS SL7000.

El ACTARIS SL7000 es un contador que mide la energía activa y reactiva, demanda activa y reactiva. Para asegurarse de que el contador mida correctamente, es muy importante conectar los voltajes y corrientes en el orden de fase correcto, y también las corrientes en la dirección correcta.

La secuencia de fase de voltaje se visualiza en la pantalla al arrancar durante dos minutos y puede verse en la secuencia de pantalla en la forma configurada, normalmente se indica 1 2 3 para la rotación de fase de voltaje correcta.

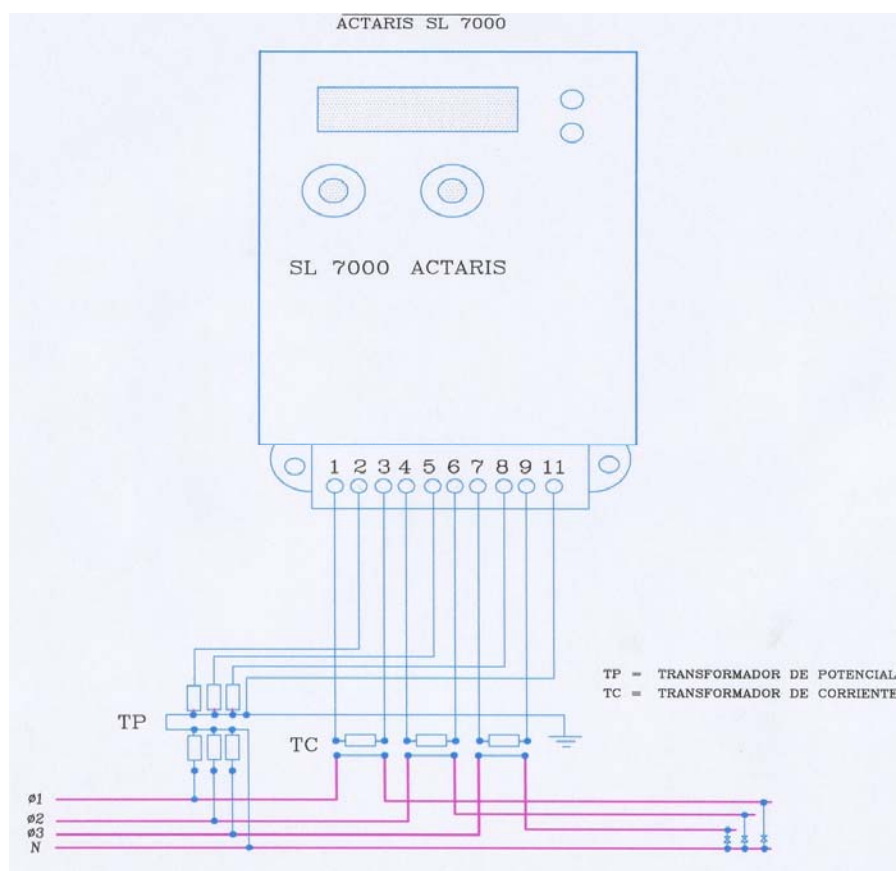
La conexión correcta de cada corriente se identifica en pantalla con el símbolo:



**Figura 4.4.1. Indicador de conexionado normal.**

**Fuente: Manual ACTARIS SL7000.**





**Figura 4.4.2. Conexión del Contador ACTARIS SL7000.**

**Fuente: Manual ACTARIS SL7000.**

#### **4.10. Pérdidas de energía en el sistema.**

En un sistema eléctrico cada componente tiene un porcentaje de pérdidas, las pérdidas consideradas para el análisis son producidas por los componentes. Para la aplicación del método de comprobación puntual, se realizaron un total de 3 mediciones en diferentes días e intervalos de tiempo aproximadamente iguales, con la finalidad de obtener los datos necesarios para el cálculo de pérdidas, los datos obtenidos por este método fueron valores de voltajes y corrientes en el

banco de transformadores, las acometidas de alta y baja tensión de cada usuario en particular.

Las pérdidas calculadas son de dos tipos: pérdidas técnicas y pérdidas no técnicas. Las pérdidas técnicas son aquellas pérdidas debido a fenómenos físicos, condiciones propias de las instalaciones y equipos, manejo, conducción y transformación de la energía, que impone restricciones al paso de la corriente eléctrica. Su magnitud depende de las características del sistema y la corriente que conduce, estas pérdidas por lo común son originadas por efecto corona, efecto Joule o por corrientes parásitas, no se profundizará en el estudio de pérdidas por efecto corona debido a que se presentan en líneas que funcionan a voltajes superiores a 45000 voltios y el estudio solo se limita a sistema de (13800/208V). Las pérdidas no técnicas son pérdidas eléctricas representadas por energía utilizada y por la cual las empresas de comercialización no reciben pago alguno.

#### 4.10.1. Cálculo de pérdidas no técnicas.

Se puede atribuir las pérdidas no técnicas a 4 factores, error en los contadores de energía, error en el consumo estimado cuando no hay medidor, error en el consumo propio de empresas y por fraude, todas estas pérdidas son variables, para el análisis se tomarán en consideración las pérdidas no técnicas ocasionadas por fraude al sistema de distribución.

Para determinar la cantidad de energía que se pierde por fraudes en el sistema de distribución, fue necesario determinar la energía que suministra el transformador de distribución y la energía total consumida por el módulo de medición, las cuales deben ser similares según la siguiente relación:

$$P_{\text{Banco}} = \sum_{1}^{n} P_{\text{Per}_{\text{usuario}}}$$

Ec. 4.1

Donde:

$P_{\text{energía}}$ : Energía que suministra el transformador de distribución.

$\sum_1^n P_{\text{Per}_{\text{umario}}}$ : Representa la energía consumida por el módulo de medición.

#### 4.10.2. Cálculo de pérdidas técnicas.

Los elementos sujetos a estudio para analizar y estudiar las pérdidas son los siguientes:

- Acometida de baja tensión.
- Banco de transformadores.
- Acometida de alta tensión.

##### 4.10.2.1. Pérdidas en baja tensión.

Son calculadas para todos aquellos elementos del sistema de distribución que se encuentren a partir del lado de baja tensión del transformador.

##### 4.10.2.2. Acometida de baja tensión (Alimentadores Secundarios).

Los alimentadores secundarios distribuyen la energía desde los transformadores de distribución hasta las barras distribuidoras, los alimentadores secundarios de distribución, por el número de hilos, se pueden clasificar en:

1. Monofásico dos hilos.
2. Monofásico tres hilos.

### 3. Trifásico cuatro hilos.

Para el cálculo de las pérdidas en la acometida de baja tensión se aplican, las ecuaciones: 4.2, 4.3 y 4.4. Donde la carga es "P", la tensión en el extremo de la carga es V y la resistencia de los conductores es "R"

La corriente de línea, considerando que la carga tiene un factor de potencia igual a  $\cos(\phi)$ , y que el sistema monofásico es:

$$I = \frac{P}{V * \cos(\phi)}$$

Ec. 4.2

Las pérdidas de energía en la acometida de baja tensión ( $Per_{ABT}$ ), serán calculadas mediante la ecuación 4.3 para el caso que se cuente con valores de corriente medidos en dicho conductor:

$$Per_{ABT} = R * I^2 = R * \frac{I^2}{V^2 * \cos^2(\phi)}$$

Ec. 4.3

La resistencia en la acometida de baja tensión se puede obtener mediante la siguiente ecuación:

$$R = Resistencia_{Conductor} \left( \frac{\Omega}{Km} \right) * Longitud_{Conductor} (km)$$

Ec. 4.4

Para acometidas que posean más de 1 conductor por fase la resistencia total de cada fase quedará referida a la siguiente ecuación:

$$R_{\text{total}} = \sum_{R=1}^n R_i \text{ Conductor} * \text{fase} / N$$

Ec. 4.5

Donde:

Ri conductor /fase: es la resistencia de cada conductor de una misma fase.

N: Número de conductores por fase.

Las pérdidas totales de la acometida de baja tensión corresponden a los valores promedio de cada fase de las mediciones efectuadas por días como se observa en la ecuación 4.6.

$$Per_{\text{TotalABT}} = Per_a + Per_b + Per_c$$

Ec. 4.6

#### 4.10.2.3. Transformador de distribución.

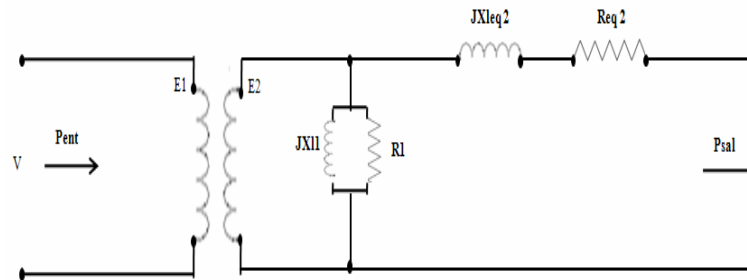
Las pérdidas en el transformador de distribución se deben a los elementos internos de estos, entre los cuales se encuentran las pérdidas en el núcleo, las pérdidas en los devanados y las pérdidas por disipación de calor.

La potencia de entrada al transformador de distribución sufre disminuciones debido a las pérdidas ya mencionadas y el resultado de esto, es la potencia de salida o la potencia que se entrega en la carga (en el secundario)

Con la potencia de entrada al transformador y la potencia de salida se puede obtener las pérdidas en el transformador como se aprecia en la siguiente expresión.

$$Per_T = P_{entrada} - P_{salida}$$

Ec. 4.7



**Figura 4.5. Circuito equivalente potencias de entrada y salida de transformador de distribución.**

**Fuente: propia**

Los valores de las potencia de cada fase en la salida del transformador de distribución, por ser un sistema trifásico; se obtienen a través de la ecuación 4.8 la cual se muestra a continuación.

$$P = (V_{ll} * I_l * F_p) / \sqrt{3}$$

Ec. 4.8

#### 4.10.2.4. Pérdidas en alta tensión.

En alta tensión al igual que en baja, existen elementos que por su baja disipación de potencia sus pérdidas de energía pueden ser despreciables, como es el caso de las protecciones, esto se debe a que se diseñan para obtener respuestas instantáneas frente a perturbaciones ocurridas en el sistema, por tal motivo, la mayoría de estos dispositivos son fabricados con metales o aleaciones que distribuyen la disipación de calor y aumentan la respuesta del elemento.

#### 4.10.2.5. Acometida de alta tensión (alimentadores primarios).

El cálculo de las pérdidas en los conductores alimentadores primarios es semejante al aplicado en los conductores alimentadores secundarios, la diferencia está en la cantidad y tipo de conductores de las fases R, S, T, lo cual afecta proporcionalmente la resistencia de los conductores “R” empleada en el cálculo de las pérdidas.

#### 4.10.3. Pérdidas técnicas totales.

Para obtener las pérdidas técnicas totales, se utilizó la siguiente ecuación:

$$P_{t\acute{e}ctotal} = PAAT + PABT + P_{int\ transf} \quad \text{Ec. 4.9}$$

Donde:

PAAT: Pérdidas en acometida de Alta Tensión.

PABT: Pérdidas en acometida de Baja Tensión.

*P<sub>inttransf</sub>*: Pérdidas internas en el Transformador de Distribución.

## **CAPÍTULO V**

### **ANÁLISIS Y CÁLCULO DE PÉRDIDAS**

#### **5.1. Generalidades.**

La información y condiciones del sistema de distribución usuario alto consumo recopilada en el capítulo anterior, son de vital importancia para efectuar los análisis que permitan realizar las diferentes evaluaciones del sistema en estudio, como lo son las características de la carga, las demandas de energía y las pérdidas técnicas y no técnicas.

En este capítulo se determinan y analizan cada variable generada por el estudio a través de las mediciones efectuadas en el sistema de distribución usuario alto consumo para determinar, mediante cálculos teóricos; el comportamiento del sistema con relación a las pérdidas de energía tanto técnicas como no técnicas generadas en los mismos.

#### **5.2. Descripción del área de estudio.**

La descripción de los aspectos físicos de cada punto comercial en estudio está limitada, debido a que los usuarios propietarios se reservan el derecho a dar información sobre los aspectos vinculados al consumo eléctrico como son: la cantidad de aires acondicionados, cantidad de equipos eléctricos utilizados en las instalaciones, cantidad de circuitos de fuerza y circuitos de alumbrados, etc. Esto como consecuencia a la creencia de que a mayor carga declarada por el usuario, mayor será el pago de su consumo.

Por lo antes expuesto, este estudio se limitará a analizar las características técnicas de cada usuario que proporcionan aspectos precisos que permiten desarrollar cada objetivo específico planteado en este análisis.



### **5.3. Descripción física del área de estudio.**

El área física de estudio está conformada por una población de 30 usuarios alto consumo, los cuales poseen uno o varios bancos de transformadores de distribución particular.

La información correspondiente a la descripción física del área de estudio se muestra en el Anexo C, la cual especifica las características técnicas de cada usuario en lo que respecta a: nombre del usuario, el NIC (número de contrato dado por la empresa CADAFE), acometida de baja tensión, acometida de alta tensión (para aquellos que poseen banco de transformadores de tipo Pad Mounted), capacidad del banco de transformadores (Kva instalados), el circuito al cual está conectada la acometida principal y la subestación a la cual está asociada dicho circuito.

### **5.4. Características de las cargas.**

Para efectuar el análisis y cálculo de las pérdidas de energía eléctrica se efectuaron 3 inspecciones correspondientes a cada usuario particular.

Las mediciones efectuadas se realizaron de manera individual a cada uno de los usuarios en los bajantes del banco de transformadores y en el equipo de medición correspondiente, las cuales son obtenidas mediante medición puntual realizadas en intervalos de tiempo comprendidos entre las 10:00 a.m. a las 12:00 a.m. en días diferentes.

Se procedió a efectuar mediciones de corrientes en las líneas de alta tensión para conocer la carga en amperios, a nivel de 13.8 KV; en cada fase en el lado del primario del banco de transformadores, para esto se utilizó un Kiloamperímetro el cual está calibrado para efectuar mediciones de corrientes a niveles de tensión en 15 KV. Se efectuaron mediciones correspondientes a las tensiones de cada punto en estudio, esto para efecto de calcular la potencia activa consumida por cada

usuario en particular tanto en la entrada del banco de transformadores, como en la salida del mismo y de esta manera poder calcular las pérdidas de energía internas que se producen en el mismo.

A continuación se presenta una serie de tablas con información correspondiente a: La tabla 5.1 muestra los valores de corrientes medidos en baja tensión de cada punto en particular. La tabla 5.2 muestra los valores promedios de las corrientes por cada fase. La tabla 5.3 muestra los valores de corrientes medidos en alta tensión. La tabla 5.4 muestra los valores de voltajes medidos en baja tensión referidos a cada día. La tabla 5.5 muestra los valores promedios de voltajes en baja tensión. La tabla 5.6 muestra los valores de voltajes medidos en alta tensión de cada punto al momento de la inspección. La tabla 5.7 muestra los valores de FP en cada día de inspección y el promedio de los mismos.

**Tabla 5.1. Corrientes medidas en baja tensión  
a cada usuario.**

Tabla de Corrientes Medidas En Baja Tensión (Amp)									
USUARIO	Corrientes día 1			Corrientes día 2			Corrientes día 3		
	I1	I2	I3	I1	I2	I3	I1	I2	I3
Pollos Arturos	314	350	267	345	369	289	369	372	270
Bingo 77 (441)	145	149	179	150	142	168	139	146	172
Bingo 77 (442)	188	189	209	196	184	201	179	181	214
Farmatodo (P.C)	166	191	151	160	183	145	162	187	166
Tasca Rest Paseo Colón	206	194	170	200	188	176	213	198	169
Paseo Café	96	87	94	89	77	100	98	102	90
Fuerza Trucks	143	166	169	154	171	178	149	160	175
Hotel Gaeta	244	196	242	254	202	236	266	218	246
Hotel Neptuno	179	126	175	169	135	179	175	139	169

**Fuente: propia.**

**Tabla 5.1. Corrientes medidas en baja tensión  
a cada usuario. (Continuación).**

Tabla de Corrientes Medidas En Baja Tensión (Amp)									
USUARIO	Corrientes día 1			Corrientes día 2			Corrientes día 3		
	I1	I2	I3	I1	I2	I3	I1	I2	I3
Hotel Rasil	1857	1989	1993	1825	1976	1982	1801	1969	1978
Mc'Donalds	290	225	254	286	234	261	289	240	249
Hotel Riviera	160	150	140	159	162	148	153	153	139
Ford Fuerza Motors	155	210	199	167	201	189	158	209	197
Gran Hotel Puerto La Cruz	2308	2533	2488	2289	2678	2450	2296	2715	2511
Banco Mercantil	460	499	447	468	489	451	470	502	456
Deli Café Oriente	125	87	131	133	91	140	126	86	139
Salazar Luis El Bacha	128	131	144	117	147	178	130	139	165
Bingo Paladium	643	720	650	675	712	680	690	725	695
Bar Rest Honk Kong	78	67	69	79	69	72	76	70	75
Cada Guaraguao	695	708	800	710	725	815	850	710	796
Banesco	865	798	800	815	790	794	800	793	790
Distrib. Miri Mire 560	77	67	49	83	78	67	80	75	70
Clínica Santa Ana	526	435	421	512	442	430	528	439	419
Centro Medico Total	1003	1019	1035	1019	1086	1012	1001	1010	1046
Policlínica PLC (483)	363	346	245	356	352	253	360	349	249
Policlínica PLC (484)	149	228	123	138	219	136	153	225	119
Hotel Trébol	299	287	273	286	294	269	291	280	279

Fuente: propia.

**Tabla 5.1. Corrientes medidas en baja tensión  
a cada usuario. (Continuación).**

Tabla de Corrientes Medidas En Baja Tensión (Amp)									
USUARIO	Corrientes día 1			Corrientes día 2			Corrientes día 3		
	I1	I2	I3	I1	I2	I3	I1	I2	I3
Farmatodo (L.C)	280	320	298	295	315	310	294	306	335
Distrib. Miri Mire 561	140	157	142	135	149	132	128	143	152
Iglesia Sta Cruz	154	156	139	175	164	152	169	151	144

Fuente: propia.

**Tabla 5.2. Corrientes promedio por fase en baja tensión.**

USUARIO	Promedio de Corrientes por Fase:		
	I1	I2	I3
Pollos Arturos	343	364	275
Bingo 77 (441)	145	146	173
Bingo 77 (442)	188	185	208
Farmatodo (P.C)	163	187	154
Tasca Rest Paseo Colón	206	193	172
Paseo Café	94	89	95
Fuerza Trucks	149	166	174
Hotel Gaeta	255	205	241
Hotel Neptuno	174	133	174
Hotel Rasil	1.828	1.978	1.984
Mc'Donalds	288	233	255
Hotel Riviera	157	155	142

Fuente: propia.

**Tabla 5.2. Corrientes promedio por fase en baja tensión. (Continuación).**

USUARIO	Promedio de Corrientes por Fase:		
	I1	I2	I3
Ford Fuerza Motors	160	207	195
Gran Hotel Puerto La Cruz	2.298	2.642	2.483
Banco Mercantil	466	497	451
Deli Café Oriente	128	88	137
Salazar Luís El Bacha	125	139	162
Bingo Paladium	669	719	675
Bar Rest Honk Kong	78	69	72
Cada Guaraguao	752	714	804
Banesco	827	794	795
Distrib Miri Mire 560	80	73	62
Clínica Santa Ana	522	439	423
Centro Medico Total	1.008	1.038	1.031
Policlínica PLC (483)	360	349	249
Policlínica PLC (484)	147	224	126
Hotel Trébol	292	287	274
Farmatodo (L.C)	290	314	314
Distrib Miri Mire 561	134	150	142
Iglesia Sta Cruz	166	157	145

Fuente: propia.

**Tabla 5.3. Corrientes medidas en alta tensión  
a cada usuario.**

Tabla de Corrientes Medidas en Alta Tensión			
USUARIO	Corrientes por Fase		
	I1	I2	I3
Pollos Arturos	5,15	5,46	4,14
Bingo 77 (441)	2,19	2,21	2,62
Bingo 77 (442)	2,84	2,80	3,15
Farmatodo (P.C)	2,46	2,83	2,33
Tasca Rest Paseo Colón	3,13	2,93	2,60
Paseo Café	1,43	1,34	1,43
Fuerza Trucks	2,25	2,51	2,64
Hotel Gaeta	3,85	3,10	3,65
Hotel Neptuno	2,64	2,02	2,64
Hotel Rasil	27,26	29,50	29,59
Mc´Donalds	4,32	3,49	3,86
Hotel Riviera	2,38	2,35	2,16
Ford Fuerza Motors	2,42	3,12	2,95
Gran Hotel Puerto La Cruz	34,34	39,49	37,12
Banco Mercantil	7,02	7,48	6,80
Deli Café Oriente	1,94	1,33	2,07
Salazar Luís El Bacha	1,89	2,11	2,46
Bingo Paladium	9,99	10,73	10,08
Bar Rest Honk Kong	1,18	1,04	1,09
Cada Guaraguao	11,22	10,66	12,00
Banesco	12,34	11,85	11,86
Distrib Miri Mire 560	1,21	1,11	0,94
Clínica Santa Ana	7,80	6,56	6,33

**Fuente: propia**

**Tabla 5.3. Corrientes medidas en alta tensión  
a cada usuario. (Continuación).**

Tabla de Corrientes Medidas en Alta Tensión			
USUARIO	Corrientes por Fase		
	I1	I2	I3
Centro Medico Total	15,08	15,54	15,43
Policlínica PLC (483)	5,40	5,24	3,74
Policlínica PLC (484)	2,22	3,39	1,91
Hotel Trébol	4,39	4,32	4,12
Farmatodo (L.C)	4,34	4,71	4,72
Distrib Miri Mire 561	2,04	2,27	2,15
Iglesia Sta Cruz	2,52	2,38	2,20

Fuente: propia.

**Tabla 5.4. Voltajes medidos en baja tensión a cada usuario.**

Tabla de Voltajes Medidos en Baja Tensión									
USUARIO	Voltajes día 1			Voltajes día 2			Voltajes día 3		
	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3
Pollos Arturos	214	211	213	216	213	218	215	214	216
Bingo 77 (441)	219	220	216	218	222	219	216	218	221
Bingo 77 (442)	221	222	218	220	219	220	218	220	220
Farmatodo (P.C)	206	207	207	208	210	209	207	209	206
Tasca Rest Paseo Colón	221	218	220	220	219	221	218	220	222
Paseo Café	222	218	219	220	220	219	221	220	221
Fuerza Trucks	221	206	209	214	208	211	209	210	212

Fuente: propia.

**Tabla 5.4. Voltajes medidos en baja tensión a cada usuario. (Continuación).**

Tabla de Voltajes Medidos en Baja Tensión									
USUARIO	Voltajes día 1			Voltajes día 2			Voltajes día 3		
	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3
Hotel Gaeta	218	220	217	220	222	218	220	217	219
Hotel Neptuno	215	214	217	216	217	219	214	216	218
Hotel Rasil	206	204	206	207	206	208	206	207	206
Mc'Donalds	220	219	222	219	220	221	220	221	220
Hotel Riviera	213	210	212	215	213	217	216	218	217
Ford Fuerza Motors	209	212	207	210	211	208	212	211	209
Gran Hotel Puerto La Cruz	220	219	221	219	220	220	221	219	220
Banco Mercantil	204	207	203	205	208	206	210	213	208
Deli Café Oriente	217	218	215	216	216	217	217	215	218
Salazar Luis El Bacha	221	220	215	220	221	217	221	220	218
Bingo Paladium	206	201	203	205	203	204	206	202	204
Bar Rest Honk Kong	219	220	216	218	221	217	220	220	218
Cada Guaraguao	220	221	219	218	220	217	218	220	221
Banesco	214	219	216	215	220	216	215	218	215
Distrib Miri Mire 560	211	206	213	215	217	213	219	216	214
Clínica Santa Ana	209	205	204	208	205	206	208	205	207
Centro Medico Total	220	218	222	219	220	222	221	219	219
Policlínica PLC (483)	213	215	214	216	215	215	216	214	213

Fuente: propia.



**Tabla 5.4. Voltajes medidos en baja tensión a cada usuario. (Continuación).**

Tabla de Voltajes Medidos en Baja Tensión									
USUARIO	Voltajes día 1			Voltajes día 2			Voltajes día 3		
	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3
Policlínica PLC (484)	204	205	211	205	204	209	206	205	208
Hotel Trébol	208	211	206	209	208	205	210	209	207
Farmatodo (L.C)	215	218	217	216	218	219	216	218	217
Distrib Miri Mire 561	218	216	220	218	217	219	217	219	220
Iglesia Sta Cruz	226	223	226	222	224	221	223	225	222

Fuente: propia.

**Tabla 5.5. Voltajes línea-línea promedios en baja tensión.**

USUARIO	Promedio de Voltajes por Fase:		
	I1	I2	I3
Pollos Arturos	215	213	216
Bingo 77 (441)	218	220	219
Bingo 77 (442)	220	220	219
Farmatodo (P.C)	207	209	207
Tasca Rest Paseo Colón	220	219	221
Paseo Café	221	219	220
Fuerza Trucks	215	208	211
Hotel Gaeta	219	220	218
Hotel Neptuno	215	216	218
Hotel Rasil	206	206	207

Fuente: propia.

**Tabla 5.5. Voltajes línea-línea promedios en baja tensión. (Continuación).**

USUARIO	Promedio de Voltajes por Fase:		
	I1	I2	I3
Mc'Donalds	220	220	221
Hotel Riviera	215	214	215
Ford Fuerza Motors	210	211	208
Gran Hotel Puerto La Cruz	220	219	220
Banco Mercantil	206	209	206
Deli Café Oriente	217	216	217
Salazar Luís El Bacha	221	220	217
Bingo Paladium	206	202	204
Bar Rest Honk Kong	219	220	217
Cada Guaraguao	219	220	219
Banesco	215	219	216
Distrib Miri Mire 560	215	213	213
Clínica Santa Ana	208	205	206
Centro Medico Total	220	219	221
Policlínica PLC (483)	215	215	214
Policlínica PLC (484)	205	205	209
Hotel Trébol	209	209	206
Farmatodo (L.C)	216	218	218
Distrib Miri Mire 561	218	217	220
Iglesia Sta Cruz	224	224	223

Fuente: propia.

**Tabla 5.6. Voltajes medidos en alta tensión a cada usuario.**

USUARIO	Voltajes Línea-Línea		
	V1	V2	V3
Pollos Arturos	14.478	14.321	14.523
Bingo 77 (441)	14.658	14.815	14.725
Bingo 77 (442)	14.792	14.837	14.770
Farmatodo (P.C)	13.939	14.052	13.962
Tasca Rest Paseo Colón	14.792	14.747	14.882
Paseo Café	14.882	14.770	14.792
Fuerza Trucks	14.456	14.007	14.186
Hotel Gaeta	14.770	14.792	14.680
Hotel Neptuno	14.478	14.523	14.680
Hotel Rasil	13.894	13.850	13.917
Mc'Donalds	14.792	14.815	14.882
Hotel Riviera	14.456	14.388	14.501
Ford Fuerza Motors	14.164	14.231	14.007
Gran Hotel Puerto La Cruz	14.815	14.770	14.837
Banco Mercantil	13.894	14.097	13.850
Deli Café Oriente	14.590	14.568	14.590
Salazar Luís El Bacha	14.860	14.837	14.590
Bingo Paladium	13.850	13.603	13.715
Bar Rest Honk Kong	14.747	14.837	14.613
Cada Guaraguao	14.725	14.837	14.747
Banesco	14.456	14.747	14.523
Distrib Miri Mire 560	14.478	14.343	14.366
Clínica Santa Ana	14.029	13.805	13.850
Centro Medico Total	14.815	14.747	14.882

Fuente: propia.

**Tabla 5.6. Voltajes medidos en alta tensión a cada usuario. (Continuación)**

USUARIO	Voltajes Línea-Línea		
	V1	V2	V3
Policlínica PLC (483)	14.478	14.456	14.411
Policlínica PLC (484)	13.805	13.782	14.097
Hotel Trébol	14.074	14.097	13.872
Farmatodo (L.C)	14.523	14.680	14.658
Distrib Miri Mire 561	14.658	14.635	14.792
Iglesia Sta Cruz	15.062	15.084	15.017

Fuente: propia.

**Tabla 5.7. Valores de FP dados por el equipo y promedio de los mismos.**

USUARIO	FP			FP
	Día 1	Día 2	Día 3	Promedio
Pollos Arturos	0,87	0,86	0,87	0,87
Bingo 77 (441)	0,93	0,93	0,94	0,93
Bingo 77 (442)	0,88	0,88	0,87	0,88
Farmatodo (P.C)	0,94	0,94	0,95	0,94
Tasca Rest Paseo Colón	0,79	0,8	0,79	0,79
Paseo Café	0,87	0,88	0,87	0,87
Fuerza Trucks	0,94	0,94	0,95	0,94
Hotel Gaeta	0,84	0,85	0,84	0,84
Hotel Neptuno	0,91	0,91	0,9	0,91
Hotel Rasil	0,78	0,79	0,78	0,78
Mc´Donalds	0,89	0,9	0,9	0,90

Fuente: propia.

**Tabla 5.7. Valores de FP dados por el equipo y promedio de los mismos. (Continuación)**

USUARIO	FP			FP
	Día 1	Día 2	Día 3	Promedio
Hotel Riviera	0,91	0,92	0,91	0,91
Ford Fuerza Motors	0,96	0,97	0,96	0,96
Gran Hotel Puerto La Cruz	0,75	0,76	0,78	0,76
Banco Mercantil	0,78	0,78	0,79	0,78
Deli Café Oriente	0,82	0,85	0,86	0,84
Salazar Luís El Bacha	0,96	0,94	0,97	0,96
Bingo Paladium	0,91	0,92	0,94	0,92
Bar Rest Honk Kong	0,63	0,86	0,89	0,79
Cada Guaraguao	0,86	0,9	0,89	0,88
Banesco	0,88	0,9	0,87	0,88
Distrib Miri Mire (560)	0,85	0,87	0,87	0,86
Clínica Santa Ana	0,95	0,94	0,94	0,94
Centro Medico Total	0,92	0,93	0,92	0,92
Policlínica PLC (483)	0,94	0,95	0,94	0,94
Policlínica PLC (484)	0,94	0,95	0,94	0,94
Hotel Trébol	0,87	0,87	0,89	0,88
Farmatodo (L.C)	0,94	0,95	0,95	0,95
Distrib Miri Mire (561)	0,85	0,87	0,87	0,86
Iglesia Sta Cruz	0,97	0,96	0,97	0,97

**Fuente: propia.**

Es importante señalar que sólo se muestra un renglón de valores de corrientes y voltajes medidos en alta tensión, debido a que es un poco difícil contar con el equipo adecuado para efectuar las mismas, ya que son equipos muy

delicados y costosos, por lo cual se les da un uso restringido bajo supervisión técnica especializada.

## **5.5. Cálculo de las pérdidas de energía.**

Para el cálculo de las pérdidas de energía eléctrica, se procedió a efectuar mediciones puntuales en cada punto de cada usuario en estudio, con los valores de corriente y voltajes medidos se calcularon las potencias asociadas a cada banco de transformadores para obtener los consumos por capacidad de corriente expresados en (Kwh), lo cual representa el consumo de energía promedio consumido por cada punto comercial. Este valor será comparado con el promedio obtenido a través de la facturación correspondiente de manera que se pueda obtener la diferencia de KWh de cada comercio en estudio.

### **5.5.1. Pérdidas técnicas.**

#### **5.5.1.1. Pérdidas en acometida de baja tensión.**

Para el cálculo de las pérdidas en la acometida de baja tensión se tomaron los valores de corrientes de la tabla 5.3, los valores de resistencia del conductor obtenidos de la tabla de resistividad de conductores de cobre con aislante de polietileno (ver el anexo B), el tipo de acometida mostrado en la tabla 5.1, la ecuación 4.3 y la ecuación 4.4. Debido a la cantidad de usuarios en estudio, se utilizará un solo punto como patrón para plasmar el procedimiento analítico a seguir, luego se presenta un resumen con los cálculos correspondientes a todos los puntos en general.

De la tabla 5.1, se escogió el punto correspondiente a Pollos Arturos; el cual posee una acometida de Baja tensión de 2 conductores por fase de 350 MCM, la resistencia de este conductor a 60 Hz y con una temperatura de 75°C es de 0.123  $\Omega$ /Km. Este valor es obtenido de la tabla mostrada en el anexo B.

Para obtener el valor de pérdidas de energía en la acometida de baja tensión, se utilizó la ecuación 4.3 y la ecuación 4.6:

$$Per_{ABT} = R * I^2 \quad \text{Ec. 4.3}$$

$$Per_{TotalABT} = Per_a + Per_b + Per_c \quad \text{Ec. 4.6}$$

Para poder realizar el cálculo, es necesario que esta resistencia este expresada en  $\Omega$ , por lo que es necesario utilizar la longitud de esta acometida para obtener el valor deseado.

La acometida de este usuario tiene una longitud de 20mts aproximadamente, lo cual equivale a 0.020 Km. Sustituyendo este valor en la ecuación 4.4 se obtiene:

$$R = 0.123\Omega / Km * 0.020Km$$

$$R = 0.00246\Omega$$

En el caso de este punto que posee 2 conductores por fase, para hallar la resistencia total se debe dividir el valor obtenido anteriormente entre el número de conductores como se muestra a continuación:

$$R_{total} = R / 2 = 0.00246 / 2\Omega$$

$$R = 0.00123 \Omega$$

Luego utilizando la ecuación 4.3 y los valores de corrientes de la tabla 5.2, se obtienen los valores de pérdidas correspondientes a cada fase.

Para la fase R:

$$Perd = 0.00123 \Omega * (343 amp)^2$$

$$Perd = 144,708W$$

Para la fase S:

$$Perd = 0.00123 \Omega * (364 amp)^2$$

$$Perd = 162,970W$$

Para la fase T:

$$Perd = 0.00123 \Omega * (275 amp)^2$$

$$Perd = 93,018W$$

Para obtener las pérdidas totales en la acometida de baja tensión, se utilizó la EC. 4.6: resultando:

$$Perd_{ABT} = (144,708 + 162,970 + 93,018)W$$

$$Perd_{ABT} = 400,696W$$



A continuación la tabla 5.8 muestra la información de cada punto con su respectiva acometida de baja tensión y el número de conductores por fase asociado y la resistencia correspondiente.

**Tabla 5.8. Acometidas de baja tensión de cada usuario.**

USUARIO	Acometida BT	Distancia (Km)	Resistencia por conductor $\Omega$ /Km	
			Conductor 1	Conductor 2
Pollos Arturos	2x350MCMxfase	0,020	0,123	
Bingo 77 (441)	2x500MCMxfase	0,018	0,093	
Bingo 77 (442)	2xfasex1x500MCMx1x2/0	0,020	0,093	0,335
Farmatodo (P.C)	1x2/0xfase	0,020	0,335	
Tasca Rest Paseo Colón	1x4/0xfase	0,018	0,210	
Paseo Café	1x2/0xfase	0,018	0,335	
Fuerza Trucks	1x350MCM+2x500MCMxfase	0,040	0,123	0,093
Hotel Gaeta	2x500MCMxfase	0,022	0,093	
Hotel Neptuno	1x4/0xfase	0,020	0,210	
Hotel Rasil	14x500MCMxfase	0.040	0.093	
Mc'Donalds	1x250MCMxfase	0,015	0,179	
Hotel Riviera	2x500MCMxfase	0.022	0.093	
Ford Fuerza Motors	1x250MCMxfase	0,025	0,179	

**Fuente: propia.**

Tabla 5.8. Acometidas de baja tensión de cada usuario. (Continuación)

USUARIO	Acometida BT	Distancia (Km)	Resistencia por conductor $\Omega$ /Km	
			Conductor 1	Conductor 2
Gran Hotel Puerto La Cruz	12x750MCMxfase	0.030	0.093	
Banco Mercantil	3x500MCMxfase	0,020	0,093	
Deli Café Oriente	1x2/0xfase	0,018	0,335	
Salazar Luis El Bacha	1x2/0xfase	0,030	0,335	
Bingo Paladium	4x500MCMxfase	0,032	0,093	
Bar Rest Honk Kong	1x500MCMxfase	0,042	0,093	
Cada Guaraguao	2x500MCMxfase	0,020	0,093	
Banesco	4x500MCMxfase	0,020	0,093	
Distrib Miri Mire (560)	2xfasex1x350MCMx1x1/0	0,025	0,123	0,420
Clínica Santa Ana	1x500MCMxfase	0,030	0,093	
Centro Medico Total	6x250MCMxfase	0,018	0,179	
Policlínica PLC (483)	1x4/0xfase	0,016	0,210	
Policlínica PLC (484)	1x4/0xfase	0,022	0,210	

Fuente: propia.

**Tabla 5.8. Acometidas de baja tensión de cada usuario. (Continuación)**

USUARIO	Acometida BT	Distancia (Km)	Resistencia por conductor $\Omega$ /Km	
			Conductor 1	Conductor 2
Hotel Trébol	3x4/0xfase	0,015	0,210	
Farmatodo (L.C)	2x250MCMxFase	0,025	0,179	
Distrib Miri Mire (561)	1x4/0xfase	0,025	0,210	
Iglesia Sta Cruz	1x350MCMxfase	0,060	0,123	

**Fuente: propia.**

Usando la ecuación 4.3 y 4.6, los valores de las corrientes de la tabla 5.2 y los datos técnicos de la tabla 5.8 se calcularon las pérdidas por cada fase y las pérdidas totales. La tabla 5.9 muestra los valores de pérdidas por fase y las pérdidas totales en la acometida de baja tensión la cual es la suma de las pérdidas de cada fase.

**Tabla 5.9. Pérdidas por fase y total  
en acometida de baja tensión.**

USUARIO	Pérdidas por Fase (W)			Pérdidas Totales en Acometida BT (W)
	F1	F2	F3	
Pollos Arturos	144,427	162,672	93,244	400,343
Bingo 77 (441)	17,517	17,760	25,051	60,328
Bingo 77 (442)	301,473	291,911	370,340	963,724
Farmatodo (P.C)	177,285	234,292	158,897	570,474
Tasca Rest Paseo Colón	160,928	141,288	111,395	413,610
Paseo Café	53,660	47,407	54,040	155,106
Fuerza Trucks	190,959	237,129	261,585	689,673
Hotel Gaeta	66,347	43,131	59,581	169,060
Hotel Neptuno	127,647	74,667	127,647	329,960
Hotel Rasil	887,583	1.039,603	1.046,271	2.973,457
Mc'Donalds	223,220	145,766	174,136	543,122
Hotel Riviera	25,323	24,578	20,725	70,625
Ford Fuerza Motors	114,560	191,132	170,162	475,854
Gran Hotel Puerto La Cruz	884,278	1.169,177	1.032,686	3.086,141
Banco Mercantil	134,637	152,940	126,295	413,872
Deli Café Oriente	98,796	46,696	112,627	258,119
Salazar Luís El Bacha	157,031	194,176	264,839	616,046
Bingo Paladium	333,317	384,619	338,985	1.056,921
Bar Rest Honk Kong	23,561	18,417	20,249	62,227
Cada Guaraguao	525,453	474,553	600,669	1.600,674
Banesco	317,771	292,907	293,645	904,323
Distrib Miri Mire 560	86,880	73,003	52,182	212,066
Clínica Santa Ana	760,230	536,875	499,999	1.797,105

Fuente: propia.

**Tabla 5.9. Pérdidas por fase y total  
en acometida de baja tensión. (Continuación)**

USUARIO	Pérdidas por Fase (W)			Pérdidas Totales en Acometida BT (W)
	F1	F2	F3	
Centro Medico Total	545,266	578,959	570,810	1.695,035
Policlínica PLC (483)	434,650	409,251	208,323	1.052,225
Policlínica PLC (484)	99,381	231,813	73,347	404,542
Hotel Trébol	89,527	86,487	78,638	254,653
Farmatodo (L.C)	187,741	220,140	221,077	628,959
Distrib Miri Mire 561	94,739	117,601	105,861	318,200
Iglesia Sta Cruz	203,363	181,910	155,165	540,437

**Fuente: propia.**

#### **5.5.1.2. Pérdidas en el banco de transformadores.**

Para la obtención de las pérdidas de energía eléctrica en el banco de transformador de distribución particular de cada usuario, se efectuaron mediciones de voltaje línea-línea en alta tensión y las corrientes de cada fase a través del equipo de medición como el kiloamperímetro (bastón) y el kilovoltímetro, con el fin de determinar la potencia de entrada.

La potencia de salida (lado de baja tensión) es calculada con los valores de voltaje, corriente y factor de potencia medidos en el lado de baja tensión con el equipo de medición, el cual es mostrado en el display del contador de energía.

Las pérdidas en el transformador de distribución son obtenidas a través de la Ec. 4.7, conjuntamente usando los valores de las tablas 5.2, 5.3, 5.5, 5.6 y 5.7.

$$P_{er_T} = P_{entrada} - P_{salida}$$

Ec. 4.7

Los valores de potencias de entradas y salidas por fase del banco de transformador de cada usuario en particular son mostrados en la tabla 5.10. En la tabla 5.11 son presentados los valores de potencias de salida y entrada totales, tanto para el lado de alta tensión como para el lado de baja tensión.

**Tabla 5.10. Potencias de entradas y salidas por fase del banco de transformador.**

USUARIO	Potencia de Entrada por fase (W)			Potencia de Salida por fase (W)		
	F1	F2	F3	F1	F2	F3
Pollos Arturos	111.772	117.335	90.088	110.461	115.958	89.031
Bingo 77 (441)	51.877	52.795	62.322	50.844	51.745	61.082
Bingo 77 (442)	63.791	62.962	70.596	62.522	61.709	69.191
Farmatodo (P.C)	56.067	64.973	53.166	54.952	63.680	52.108
Tasca Rest Paseo Colón	63.469	59.290	53.126	62.206	58.110	52.069
Paseo Café	32.138	29.979	32.057	31.498	29.383	31.419
Fuerza Trucks	53.140	57.377	61.036	52.082	56.235	59.821
Hotel Gaeta	82.897	66.940	78.079	81.493	65.807	76.757
Hotel Neptuno	59.985	46.020	60.822	58.791	45.104	59.612
Hotel Rasil	510.664	553.349	557.820	511.045	551.294	555.748
Mc'Donalds	99.194	80.279	89.078	98.251	79.516	87.305
Hotel Riviera	54.449	53.392	49.411	53.366	52.329	48.428
Ford Fuerza Motors	57.051	74.042	68.760	56.086	72.788	67.596
Gran Hotel Puerto La Cruz	668.527	766.384	723.546	667.529	765.240	722.466

Fuente: propia.

**Tabla 5.10. Potencias de entradas y salidas por fase del banco de transformador. (Continuación).**

USUARIO	Potencia de Entrada por fase (W)			Potencia de Salida por fase (W)		
	F1	F2	F3	F1	F2	F3
Banco Mercantil	147.328	159.307	142.230	146.112	157.991	141.056
Deli Café Oriente	41.284	28.339	44.079	40.462	27.775	43.202
Salazar Luis El Bacha	46.578	51.717	59.393	45.651	50.688	58.211
Bingo Paladium	221.042	233.210	220.745	219.893	231.998	219.598
Bar Rest Honk Kong	23.818	21.186	21.879	23.344	20.765	21.443
Cada Guaraguao	252.451	241.741	270.327	251.176	240.520	268.962
BanESCO	272.399	266.805	263.075	271.185	265.615	261.902
Distrib Miri Mire 560	26.211	23.803	20.156	25.689	23.330	19.755
Clínica Santa Ana	178.538	147.635	142.938	177.476	146.757	142.088
Centro Medico Total	355.175	364.321	365.051	354.115	363.233	363.962
Policlínica PLC (483)	127.599	123.623	87.927	126.197	122.265	86.961
Policlínica PLC (484)	50.064	76.337	43.919	49.068	74.818	43.045
Hotel Trébol	93.726	92.268	86.581	92.557	91.117	85.501
Farmatodo (L.C)	103.293	113.248	113.333	102.312	111.987	112.054
Distrib Miri Mire 561	44.558	49.568	47.534	43.672	48.582	46.588
Iglesia Sta Cruz	63.352	60.007	55.173	62.092	58.813	54.075

Fuente: propia.

**Tabla 5.11. Potencias de entradas y salidas totales  
del banco de transformador.**

USUARIO	Potencia Total Entrada (W)	Potencia Total Salida (W)
Pollos Arturos	319.194	315.450
Bingo 77 (441)	166.994	163.671
Bingo 77 (442)	197.349	193.422
Farmatodo (P.C)	174.206	170.740
Tasca Rest Paseo Colón	175.886	172.386
Paseo Café	94.173	92.299
Fuerza Trucks	171.553	168.139
Hotel Gaeta	227.915	224.057
Hotel Neptuno	166.827	163.507
Hotel Rasil	1.621.833	1.618.086
Mc'Donalds	268.551	265.073
Hotel Riviera	157.251	154.122
Ford Fuerza Motors	199.853	196.470
Gran Hotel Puerto La Cruz	2.158.456	2.155.235
Banco Mercantil	448.866	445.158
Deli Café Oriente	113.701	111.438
Salazar Luís El Bacha	157.688	154.550
Bingo Paladium	674.997	671.489
Bar Rest Honk Kong	66.883	65.553
Cada Guaraguao	764.519	760.659
Banesco	802.279	798.702
Distrib Miri Mire 560	70.170	68.774
Clínica Santa Ana	469.110	466.322
Centro Medico Total	1.084.547	1.081.310

**Fuente: propia.**



**Tabla 5.11. Potencias de entradas y salidas totales del banco de transformador. (Continuación).**

USUARIO	Potencia Total Entrada (W)	Potencia Total Salida (W)
Policlínica PLC (483)	339.150	335.423
Policlínica PLC (484)	170.320	166.931
Hotel Trébol	272.575	269.175
Farmatodo (L.C)	329.874	326.352
Distrib Miri Mire 561	141.661	138.842
Iglesia Sta Cruz	178.532	174.979

**Fuente: propia.**

Para determinar las pérdidas de energía eléctrica en el banco de transformador particular de cada punto, se utilizaron los valores de potencias de la tabla 5.11 y la ecuación 4.7 mostrada anteriormente; los valores obtenidos son mostrados en la tabla 5.12.

**Tabla 5.12. Pérdidas totales en el banco de transformadores de cada usuario.**

USUARIO	Perdidas Totales en Transformador (W)	USUARIO	Perdidas Totales en Transformador (W)
Pollos Arturos	3.745	Hotel Gaeta	3.858
Bingo 77 (441)	3.323	Hotel Neptuno	3.320
Bingo 77 (442)	3.927	Hotel Rasil	3.747
Farmatodo (P.C)	3.467	Mc'Donalds	3.478
Tasca Rest Paseo Colón	3.500	Hotel Riviera	3.129
Paseo Café	1.874	Ford Fuerza Motors	3.383
Fuerza Trucks	3.414	Gran Hotel Puerto La Cruz	3.222

**Fuente: propia.**

**Tabla 5.12. Pérdidas totales  
en el banco de transformadores de cada usuario. (Continuación).**

USUARIO	Perdidas Totales en Transformador (W)	USUARIO	Perdidas Totales en Transformador (W)
Banco Mercantil	3.707	Clínica Santa Ana	2.788
Deli Café Oriente	2.263	Centro Medico Total	3.237
Salazar Luis El Bacha	3.138	Policlínica PLC (483)	3.727
Bingo Paladium	3.508	Policlínica PLC (484)	3.389
Bar Rest Honk Kong	1.331	Hotel Trébol	3.400
Cada Guaraguao	3.860	Farmatodo (L.C)	3.522
Banescó	3.576	Distrib Miri Mire 561	2.819
Distrib Miri Mire 560	1.396	Iglesia Sta Cruz	3.553

**Fuente: propia.**

### **5.5.1.3. Pérdidas en acometida de alta tensión.**

Debido a que la mayoría de los puntos en estudio poseen bancos de transformadores aéreos, los cuales son alimentados por puentes de conductor de cobre desnudo calibre #2, cuya distancia es muy pequeña lo cual trae como consecuencia que las pérdidas en el mismo sean despreciables, solo se efectuarán los cálculos en aquellos usuarios que posean bancos de transformadores de pedestal tipo Pad Mounted, los cuales son alimentados por conductores subterráneos monopulares de polietileno calibre 500 MCM, con distancias considerables para ser incluidos en los cálculos de pérdidas. Utilizando la ecuación 4.8 y los valores de las corrientes medidas en alta tensión de la tabla 5.3 se calculan las pérdidas de energía.

La resistencia de un conductor de calibre 500MCM monopolares de polietileno a 60 Hz es de  $0.093\Omega/\text{Km}$  a  $75^{\circ}\text{C}$ , ver anexos B. Para realizar este cálculo es necesario el valor de la resistencia en  $\Omega$  por lo tanto, se debe utilizar la longitud de la acometida, la cual es mostrada en la tabla 5.13.

Al igual que en cálculo de pérdidas en la acometida de baja tensión se usara la ecuación 4.3, se utilizará un solo punto como patrón para modelar el procedimiento analítico a seguir, luego se presentara un resumen con los cálculos correspondientes a los puntos que posean banco de transformadores de tipo Pad Mounted.. El valor de R se obtendrá mediante la ecuación 4.4.

De la tabla 5.13 se escogió como punto referencial al usuario Pollos Arturos el cual posee una acometida en Alta tensión de 1 conductor por fase de 500 MCM, la resistencia de este conductor a 60 Hz y con una temperatura de  $75^{\circ}\text{C}$  es de  $0.093 \Omega/\text{Km}$ . Este valor es obtenido de la tabla mostrada en el anexo B.

La acometida del usuario posee una longitud de 18mts aproximadamente, lo que equivale a 0.018 Km. Sustituyendo este valor en la ecuación 4.4 se tiene:

$$R = 0.093\Omega / \text{Km} * 0.018\text{Km}$$

$$R = 0.001674\Omega$$

Luego utilizando la ecuación 4.3 y los valores de corrientes de la tabla 5.3, se obtenemos los valores de pérdidas correspondientes a cada fase.

Para la fase R:

$$Perd = 0.001674 \Omega * (4.81\text{amp})^2$$

$$Perd = 0.0387W$$

Para la fase S:

$$Perd = 0.001674\Omega * (5.29amp)^2$$

$$Perd = 0.0468W$$

Para la fase T:

$$Perd = 0.001674\Omega * (4.13amp)^2$$

$$Perd = 0.0286W$$

Para obtener las pérdidas totales en la acometida de alta tensión, se utilizó la Ec. 4.6., se obtiene:

$$PerdAAT = (0.0387 + 0.0468 + 0.0286)W$$

$$PerdAAT = 0.1141W$$

A continuación, la tabla 5.13 muestra las características de la acometida de alta tensión con la longitud y resistencia respectiva, de los usuarios que poseen banco de transformadores de tipo Pad Mounted, ya que aquellos puntos que poseen bancos aéreos no fueron tomados para este cálculo por ser despreciables las pérdidas en los puentes de conexionado de los mismos.

**Tabla 5.13. Acometidas de alta tensión de cada usuario con banco de transformadores de tipo Pad Mounted.**

USUARIO	Acometida AT	Distancia (Km)	Resistividad ( $\Omega/Km$ )
Pollos Arturos	1x500MCMxFase	0,018	0,093
Bingo 77 (441)	1x500MCMxFase	0,015	0,093

**Fuente: propia.**

**Tabla 5.13. Acometidas de alta tensión de cada usuario con banco de transformadores de tipo Pad Mounted. (Continuación).**

USUARIO	Acometida AT	Distancia (Km)	Resistividad ( $\Omega$ /Km)
Farmatodo (P.C)	1x#2CUxfase	0,015	0,093
Fuerza Trucks	1x500MCMxFase	0,025	0,093
Hotel Gaeta	1x500MCMxFase	0,040	0,093
Hotel Rasil	1x500MCMxFase	0,050	0,093
Mc'Donalds	1x500MCMxFase	0,015	0,093
Hotel Riviera	1x500MCMxFase	0,025	0,093
Gran Hotel Puerto La Cruz	1x500MCMxFase	0,070	0,093
Banco Mercantil	1x500MCMxFase	0,045	0,093
Bingo Paladium	1x500MCMxFase	0,018	0,093
Bar Rest Honk Kong	1x500MCMxFase	0,018	0,093
Cada Guaraguao	1x500MCMxFase	0,035	0,093
Banesco	1x500MCMxFase	0,030	0,093
Centro Medico Total	1x500MCMxFase	0,020	0,093
Hotel Trébol	1x500MCMxFase	0,020	0,093
Farmatodo (L.C)	1x500MCMxFase	0,018	0,093

**Fuente: propia.**

Usando la Ec 4.3 y 4.6 los valores de las corrientes de la tabla 5.3 y los datos técnicos de la tabla 5.13, se calculan las pérdidas por cada fase y las pérdidas totales. La tabla 5.14 muestra los valores de pérdidas por fase y las pérdidas totales en la acometida de baja tensión la cual es la suma de las pérdidas de cada fase.

**Tabla 5.14. Pérdidas por fase y total  
en acometida de alta tensión.**

USUARIO	Pérdidas por Fase (W)			Pérdidas Total en Acometida AT (W)
	F1	F2	F3	
Pollos Arturos	0,044	0,050	0,029	0,123
Bingo 77 (441)	0,007	0,007	0,010	0,025
Farmatodo (P.C)	0,009	0,012	0,008	0,029
Fuerza Trucks	0,012	0,015	0,016	0,043
Hotel Gaeta	0,055	0,036	0,050	0,141
Hotel Rasil	3,460	4,053	4,079	11,592
Mc'Donalds	0,027	0,017	0,021	0,065
Hotel Riviera	0,032	0,031	0,026	0,088
Gran Hotel Puerto La Cruz	7,890	10,432	9,214	27,536
Banco Mercantil	0,207	0,235	0,194	0,636
Bingo Paladium	0,169	0,195	0,172	0,536
Bar Rest Honk Kong	0,002	0,002	0,002	0,006
Cada Guaraguao	0,234	0,211	0,268	0,713
Banesco	0,357	0,329	0,330	1,016
Centro Medico Total	0,429	0,456	0,449	1,334
Hotel Trébol	0,036	0,035	0,032	0,104
Farmatodo (L.C)	0,032	0,038	0,038	0,108

**Fuente: propia.**

#### **5.5.1.4. Pérdidas técnicas totales.**

Las pérdidas técnicas totales se obtienen de la sumatoria de pérdidas de cada uno de los elementos que conforman el sistema de distribución particular de cada usuario. Es decir, la sumatoria de pérdidas en la acometida de baja tensión, las

pérdidas internas en el banco de transformadores y las pérdidas en la acometida de alta tensión, las cuales se obtuvieron utilizando la ecuación 4.9.

La tabla 5.15 muestra los valores de pérdidas técnicas totales para cada punto en estudio, tomando en cuenta que para aquellos usuarios que poseen bancos de transformadores aéreos, las pérdidas en la acometida de alta tensión son despreciables debido a que su conexionado referido al primario es poco significativo.

**Tabla 5.15. Pérdidas técnicas totales.**

USUARIO	Pérdidas en Acometida BT (W)	Pérdidas en Acometida AT (W)	Pérdidas Internas del Transformador (W)	Pérdidas Técnicas Totales (W)
Pollos Arturos	400,343	0,123	3.744,632	4.145,099
Bingo 77 (441)	60,328	0,025	3.323,015	3.383,367
Bingo 77 (442)	963,724	0,000	3.927,049	4.890,773
Farmatodo (P.C)	570,474	0,029	3.466,532	4.037,035
Tasca Rest Paseo Colón	413,610	0,000	3.499,954	3.913,564
Paseo Café	155,106	0,000	1.873,956	2.029,062
Fuerza Trucks	689,673	0,043	3.413,731	4.103,446
Hotel Gaeta	169,060	0,140	3.858,385	4.027,585
Hotel Neptuno	329,960	0,000	3.319,685	3.649,645
Hotel Rasil	2.973,457	4,630	3.746,579	6.724,665
Mc'Donalds	543,122	0,064	3.478,276	4.021,463
Hotel Riviera	70,625	0,088	3.129,150	3.199,864
Ford Fuerza Motors	475,854	0,000	3.383,315	3.859,169
Gran Hotel Puerto La Cruz	3.086,141	26,800	3.221,577	6.334,518

**Fuente: propia.**

**Tabla 5.15. Pérdidas técnicas totales. (Continuación).**

USUARIO	Pérdidas en Acometida BT (W)	Pérdidas en Acometida AT (W)	Pérdidas Internas del Transformador (W)	Pérdidas Técnicas Totales (W)
Banco Mercantil	413,872	0,634	3.707,341	4.121,847
Deli Café Oriente	258,119	0,000	2.262,539	2.520,657
Salazar Luís El Bacha	616,046	0,000	3.137,836	3.753,882
Bingo Paladium	1.056,921	0,530	3.508,303	4.565,754
Bar Rest Honk Kong	62,227	0,006	1.330,915	1.393,148
Cada Guaraguao	1.600,674	0,713	3.860,058	5.461,446
Banesco	904,323	1,007	3.576,279	4.481,609
Distrib Miri Mire 560	212,066	0,000	1.396,316	1.608,381
Clínica Santa Ana	1.797,105	0,000	2.788,172	4.585,277
Centro Medico Total	1.695,035	1,316	3.237,454	4.933,805
Policlínica PLC (483)	1.052,225	0,000	3.726,922	4.779,147
Policlínica PLC (484)	404,542	0,000	3.389,197	3.793,739
Hotel Trébol	254,653	0,102	3.400,107	3.654,862
Farmatodo (L.C)	628,959	0,106	3.522,079	4.151,144
Distrib Miri Mire 561	318,200	0,000	2.818,916	3.137,116
Iglesia Sta Cruz	540,437	0,000	3.552,604	4.093,042

Fuente: propia.



### 5.5.2. Pérdidas no técnicas.

Para hallar las pérdidas no técnicas, se procedió a realizar los cálculos de potencia activa de cada usuario y obtener los consumos por capacidad de corriente medida; para comparar el valor obtenido con los valores de consumos facturados.

Para obtener los consumos promedios por capacidad de corrientes medidas de cada usuario se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{ConsumoKWh} = (I1 + I2 + I3) * 0.108 * HT * DM \quad \text{Ec. 5.1}$$

Donde: I1, I2, I3: son las corrientes medidas en cada fase.

HT: horas de trabajo por día.

DM: cantidad de días al mes facturables.

Nota: el término 0.108 es un factor constante, el cual se obtiene al resolver:

$$(\sqrt{3} * V * Fp) / (3 * 1000)$$

Es importante resaltar que para poder hallar las pérdidas no técnicas es necesario calcular las pérdidas totales en el sistema de cada usuario, a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Perdtotales} = Ppcc - Pfact \quad \text{Ec. 5.2}$$

Donde: Ppcc: Potencia Calculada por Capacidad de Corriente (KWh).

Pfact: Potencia Facturada (KWh)

Las pérdidas totales también se pueden obtener utilizando la siguiente ecuación:

$$Perdtotal = Ptécnicas + Pno\_técnicas \quad \text{Ec. 5.3}$$

Debido a la cantidad de usuarios en estudio, se utilizará un solo punto como patrón para plasmar el procedimiento analítico a seguir, luego se presentara un resumen con los cálculos correspondientes a todos los puntos en general.

Para el cálculo se escogió el usuario Gran Hotel Puerto La Cruz. Los datos técnicos y administrativos de este usuario son presentados en la tabla 5.16.

Las corrientes por fase medidas en este punto son: I1=2.298 Amp, I2=2.642 Amp, I3=2.483 Amp. Las Horas de Trabajo diarias son: 24 Horas y los días laborales al mes son: 30 días. Con esto datos sustituyéndolos en la ecuación 5.1 se tiene:

$$ConsumoKWh = (I1 + I2 + I3) * 0.108 * HT * DM$$

$$ConsumoKWh = (2.298 + 2.642 + 2.483) * 0.108 * 24 * 30$$

$$ConsumoKWh = 7423 * 0.108 * 24 * 30$$

$$ConsumoKWh = 577.187 KWh$$

Lo que da como resultado que este punto tiene un consumo promedio mensual por capacidad de corrientes medidas de aproximadamente 577.187 KWh.

Los valores de consumos por capacidad de corriente medida de cada punto, son presentados en la tabla 5.16, la cual proporciona información referente a las corrientes medidas en amperes por cada fase, la cantidad de horas de trabajo por día y la cantidad de días facturables al mes de cada usuario.

**Tabla 5.16. Consumos calculados  
por capacidad de corrientes medidas.**

USUARIO	Corrientes por Fase			Horas de Trabajo	Días al Mes	Consumo (Kwh.)
	I1	I2	I3			
Pollos Arturos	343	364	275	12	30	49.617
Bingo 77 (441)	145	146	173	24	30	50.440
Bingo 77 (442)	188	185	208	24	30	49.639
Farmatodo (P.C)	163	187	154	24	30	39.165
Tasca Rest Paseo Colón	206	193	172	14	30	34.986
Paseo Café	94	89	95	14	30	18.892
Fuerza Trucks	149	166	174	10	30	24.841
Hotel Gaeta	255	205	241	24	30	54.536
Hotel Neptuno	174	133	174	24	30	37.480
Hotel Rasil	1.828	1.978	1.984	24	30	450.230
Mc'Donalds	288	233	255	14	30	42.239
Hotel Riviera	157	155	142	24	30	42.426
Ford Fuerza Motors	160	207	195	10	30	40.400
Gran Hotel Puerto La Cruz	2.298	2.642	2.483	24	30	577.187
Banco Mercantil	466	497	451	12	30	74.218
Deli Café Oriente	128	88	137	14	30	20.796
Salazar Luís El Bacha	125	139	162	14	30	21.272
Bingo Paladium	669	719	675	24	30	160.445
Bar Rest Honk Kong	78	69	72	14	30	12.677
Cada Guaraguao	752	714	804	14	30	102.952
Banesco	827	794	795	12	30	141.156

**Fuente: propia.**

**Tabla 5.16. Consumos calculados  
por capacidad de corrientes medidas. (Continuación)**

USUARIO	Corrientes por Fase			Horas de Trabajo	Días al Mes	Consumo (Kwh.)
	I1	I2	I3			
Distrib Miri Mire 560	80	73	62	16	30	17.861
Clínica Santa Ana	522	439	423	18	30	80.715
Centro Medico Total	1.008	1.038	1.031	18	30	197.396
Policlínica PLC(483)	360	349	249	24	30	74.468
Policlínica PLC(484)	147	224	126	24	30	38.621
Hotel Trébol	292	287	274	24	30	66.303
Farmatodo (L.C)	290	314	314	24	30	85.629
Distrib Miri Mire561	134	150	142	16	30	35.334
Iglesia Sta Cruz	166	157	145	8	30	12.131

**Fuente: propia.**

Los valores de consumos por capacidad de corrientes medidas presentados en la tabla 5.16, se compararon con los valores de consumos facturados para la fecha de inicio del estudio.

Los valores de consumos facturados fueron obtenidos del Sistema de Gestión Comercial OPEN SGC de la empresa CADAFE, el cual es el sistema en el cual se llevan todos los registros de cada usuario particular. Los valores de consumos facturados son mostrados en la tabla 5.17.

**Tabla 5.17. Consumos facturados en un período de 4 meses.**

USUARIO	Meses Facturados Inicio del Estudio				Consumo Promedio
	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	
Pollos Arturos	39.600	36.960	33.480	39.720	37.440
Bingo 77 (441)	45.360	41.160	45.840	48.000	45.090
Bingo 77 (442)	34.300	31.800	34.300	31.120	32.880
Farmatodo (P.C)	34.448	30.920	30.680	32.880	32.232
Tasca Rest Paseo Colón	24.960	24.960	28.526	27.634	26.520
Paseo Café	16.965	13.159	14.134	12.480	14.185
Fuerza Trucks	12.072	12.072	12.072	12.072	12.072
Hotel Gaeta	40.000	36.400	39.200	45.680	40.320
Hotel Neptuno	32.880	27.600	31.360	37.520	32.340
Hotel Rasil	425.040	300.840	303.600	356.040	346.380
Mc'Donalds	31.080	27.480	32.640	33.480	31.170
Hotel Riviera	55.200	25.760	27.200	27.680	33.960
Ford Fuerza Motors	34.320	29.880	34.920	30.840	32.490
Gran Hotel Puerto La Cruz	218.592	196.512	211.968	218.592	211.416
Banco Mercantil	101.400	59.700	53.700	62.100	69.225
Deli Café Oriente	15.840	14.000	17.680	18.640	16.540
Salazar Luís El Bacha	10.367	12.512	10.367	10.010	10.814
Bingo Paladium	117.120	112.080	116.640	123.360	117.300
Bar Rest Honk Kong	10.480	10.240	10.160	12.320	10.800
Cada Guaraguao	93.000	87.300	99.300	104.100	95.925
Banesco	111.612	111.612	124.013	111.612	114.712
Distrib Miri Mire 560	10.680	9.600	9.480	11.400	10.290
Clínica Santa Ana	52.620	47.820	56.460	62.760	54.915
Centro Medico Total	30.300	25.800	31.500	33.300	30.225

**Fuente: OPEN SGC. CADAFE.**

**Tabla 5.17. Consumos facturados en un período de 4 meses. (Continuación)**

USUARIO	Meses Facturados Inicio del Estudio				Consumo Promedio
	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	
Policlínica PLC (483)	50.240	50.640	61.920	65.440	57.060
Policlínica PLC (484)	28.740	25.620	21.300	14.640	22.575
Hotel Trébol	29.440	26.240	27.680	33.471	29.208
Farmatodo (L.C)	33.000	33.000	33.000	33.000	33.000
Distrib Miri Mire 561	36.480	37.140	30.120	31.500	33.810
Iglesia Sta Cruz	843	843	843	843	843

**Fuente: OPEN SGC. CADAFE.**

La tabla 5.17 está basada en los consumos facturados en un período de cuatro meses que corresponden al ciclo de inicio del estudio de seguimiento realizado a cada usuario en particular. En este ciclo se inspeccionó cada punto para verificar el funcionamiento y las condiciones del equipo de medición (contador de energía eléctrica, cable de control, regleta, transformadores de corriente, y transformadores de tensión para aquellos usuarios que lo poseen).

En este período; después de haber inspeccionado cada punto, se procedió a la normalización de cada usuario realizar reemplazando aquellos elementos del equipo de medición, los cuales se encontraban en mal estado, dañados por fluctuaciones de voltaje, quemados por consecuencia de sobrecorriente, quemado por descargas atmosféricas (esto aplica a aquellos equipos de medición instalados en niveles de Alta Tensión), corrección de conexionado en aquellos elementos pertenecientes al equipo de medición en los cuales se encontraban alteraciones debido a manipulaciones ajenas al personal debidamente asignado por la empresa.

Todo esto de manera de poder obtener una medición lo más exacta posible para realizar una comparación de la facturación hecha antes de la normalización

con la facturación realizada después de haber normalizado el punto y poder determinar las pérdidas existentes en cada punto de estudio.

Para el cálculo de las pérdidas totales se tomaron los valores de consumos facturados de la tabla 5.17 y los valores de consumos por capacidad de corrientes medidas mostrados en la tabla 5.16 y utilizando la EC 5.2 se obtuvieron los valores de pérdidas totales mostrados en la tabla 5.18. Utilizando la ecuación 5.3 y tomando los valores de pérdidas técnicas de la tabla 5.15 y los valores de pérdidas totales mostrados en la tabla 5.18 obtenemos los valores de pérdidas no técnicas de cada usuario, dichos valores son mostrados en la tabla 5.19.

**Tabla 5.18. Pérdidas totales de cada usuario.**

USUARIO	Ppcc (KW)	Pfact (KW)	Pérd-total (KW)
Pollos Arturos	49.617	37.440	12.177
Bingo 77 (441)	50.440	45.504	4.936
Bingo 77 (442)	49.639	34.600	15.039
Farmatodo (P.C)	39.165	31.920	7.245
Tasca Rest Paseo Colón	34.986	27.456	7.530
Paseo Café	18.892	15.000	3.892
Fuerza Trucks	24.841	12.072	12.769
Hotel Gaeta	54.536	40.896	13.640
Hotel Neptuno	37.480	33.360	4.120
Hotel Rasil	450.230	320.160	130.070
Mc'Donalds	42.239	32.328	9.911
Hotel Riviera	42.426	34.190	8.236

**Fuente: propia.**

Tabla 5.18. Pérdidas totales de cada usuario. (Continuación)

USUARIO	Ppcc (KW)	Pfact (KW)	Pérd-total (KW)
Ford Fuerza Motors	40.400	32.352	8.048
Gran Hotel Puerto La Cruz	577.187	220.613	356.573
Ford Fuerza Motors	40.400	32.352	8.048
Gran Hotel Puerto La Cruz	577.187	220.613	356.573
Banco Mercantil	74.218	64.533	9.685
Deli Café Oriente	20.796	16.340	4.456
Salazar Luís El Bacha	21.272	12.678	8.595
Bingo Paladium	160.445	124.640	35.805
Bar Rest Honk Kong	12.677	10.800	1.877
Cada Guaraguo	102.952	94.725	8.227
Banesco	141.156	117.813	23.343
Distrib Miri Mire 560	17.861	10.995	6.866
Clínica Santa Ana	80.715	55.654	25.061
Centro Medico Total	197.396	31.463	165.933
Policlínica PLC (483)	74.468	55.008	19.460
Policlínica PLC (484)	38.621	19.344	19.277
Hotel Trébol	66.303	26.055	40.248
Farmatodo (L.C)	85.629	33.000	52.629
Distrib Miri Mire 561	35.334	27.936	7.398
Iglesia Sta Cruz	12.131	843	11.288
<b>TOTAL:</b>	<b>2.654.052</b>	<b>1.619.717</b>	<b>1.034.335</b>

Fuente: propia.



**Tabla 5.19. Valores de pérdidas no técnicas de cada punto.**

USUARIO	PERDtotal (KW)	PerdTec (KW)	Perdno-Tec (KW)
Pollos Arturos	12.177	4.145	8.032
Bingo 77 (441)	4.936	3.383	1.553
Bingo 77 (442)	15.039	4.891	10.149
Farmatodo (P.C)	7.245	4.037	3.208
Tasca Rest Paseo Colón	7.530	3.914	3.617
Paseo Café	3.892	2.029	1.863
Fuerza Trucks	12.769	4.103	8.665
Hotel Gaeta	13.640	4.028	9.612
Hotel Neptuno	4.120	3.650	471
Hotel Rasil	130.070	6.725	123.346
Mc'Donalds	9.911	4.021	5.890
Hotel Riviera	8.236	3.200	5.036
Ford Fuerza Motors	8.048	3.859	4.188
Gran Hotel Puerto La Cruz	356.573	6.335	350.239
Banco Mercantil	9.685	4.122	5.563
Deli Café Oriente	4.456	2.521	1.935
Salazar Luís El Bacha	8.595	3.754	4.841
Bingo Paladium	35.805	4.566	31.239
Bar Rest Honk Kong	1.877	1.393	483
Cada Guaraguo	8.227	5.461	2.766
Banesco	23.343	4.482	18.862
Distrib Miri Mire 560	6.866	1.608	5.257
Clínica Santa Ana	25.061	4.585	20.475
Centro Medico Total	165.933	4.934	160.999

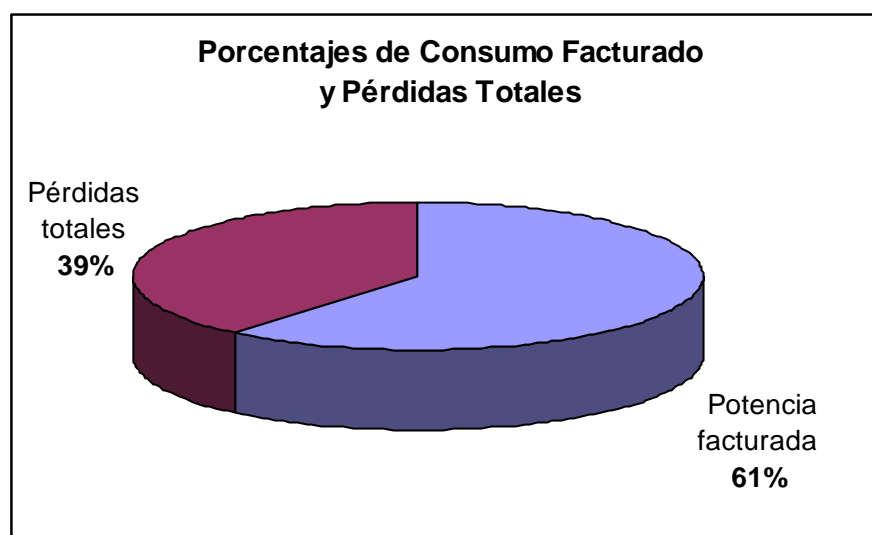
Fuente: propia.

**Tabla 5.19. Valores de pérdidas no técnicas de cada punto. (Continuación).**

USUARIO	PERDtotal (KW)	PerdTec (KW)	Perdno-Tec (KW)
Policlínica PLC (483)	19.460	4.779	14.681
Policlínica PLC (484)	19.277	3.794	15.483
Hotel Trébol	40.248	3.655	36.593
Farmatodo (L.C)	52.629	4.151	48.478
Distrib Miri Mire 561	7.398	3.137	4.261
Iglesia Sta Cruz	11.288	4.093	7.195
<b>TOTAL:</b>	<b>1.034.335</b>	<b>119.354</b>	<b>914.981</b>

Fuente: propia.

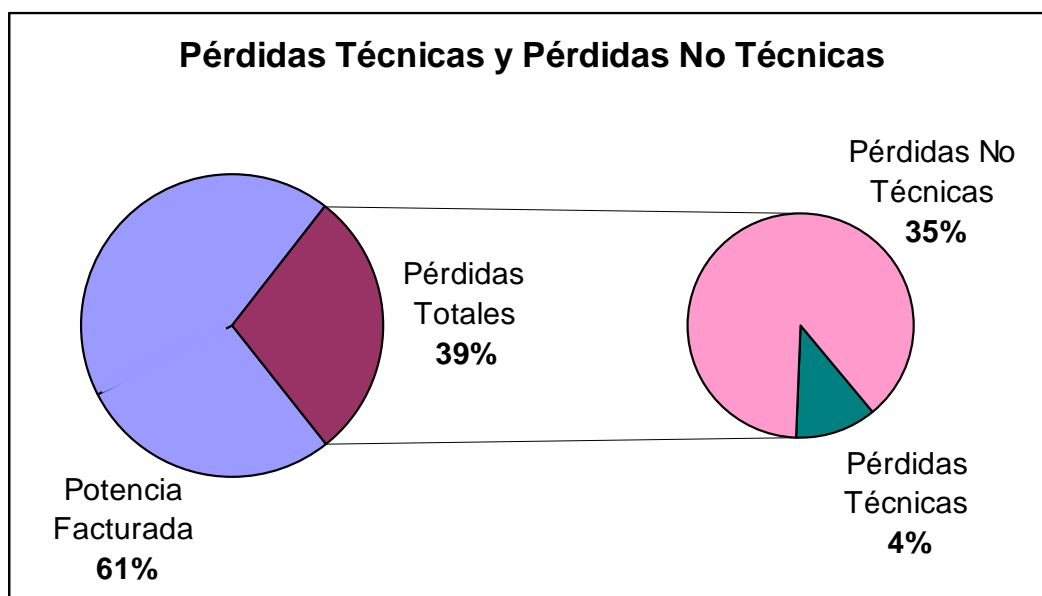
La figura 5.1 muestra los porcentajes de consumo facturado y pérdidas totales; la cual esta expresada como la sumatoria de los porcentajes de cada punto en estudio.



**Figura 5.1. Porcentajes de consumo facturado  
y pérdidas totales.**

Fuente: propia.

La figura 5.2 muestra los porcentajes que; dentro de las pérdidas totales, corresponden a las pérdidas técnicas y a pérdidas no técnicas.

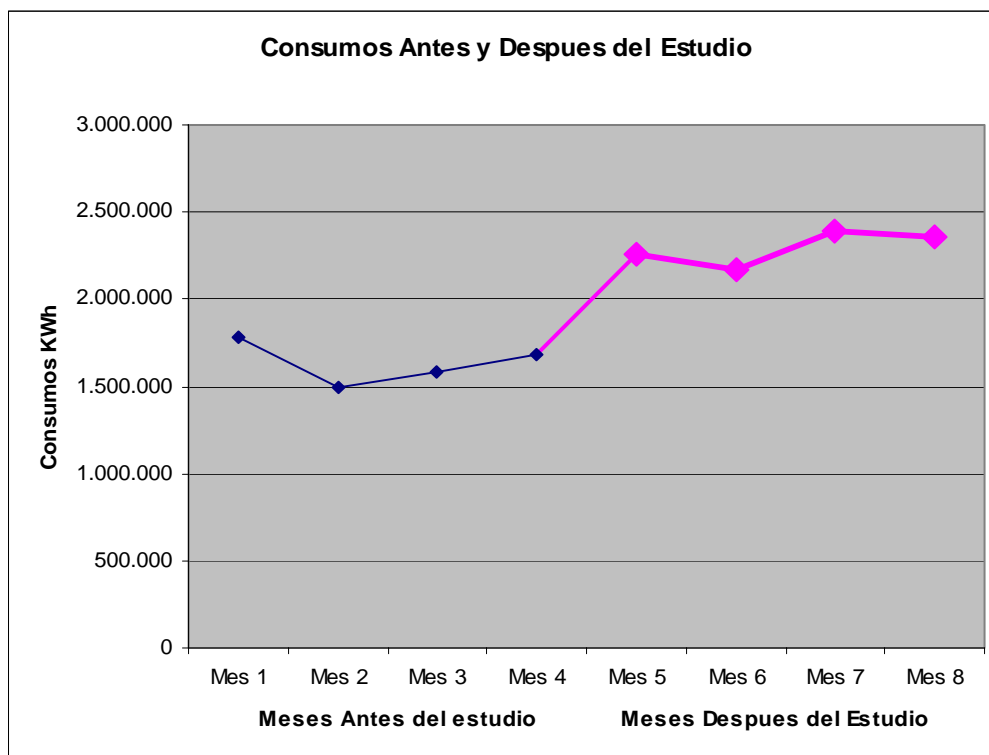


**Figura 5.2. Pérdidas técnicas y pérdidas no técnicas.**

**Fuente: propia.**

A continuación se muestra la figura 5.3, el cual aporta la información referente al consumo correspondiente a cada mes en estudio, los cuales están desglosados de la siguiente forma:

Los primeros 4 meses se refieren a los consumos facturados antes de la normalización técnica de cada usuario; es decir, son los consumos correspondientes a los meses antes de haberse implantado el proceso de cambio y normalización de los equipos de medición correspondientes a cada usuario en estudio. Los siguientes 4 meses corresponden a los consumos obtenidos con el seguimiento establecido después de haber sido adecuado técnicamente cada punto y haberse reemplazado los componentes del equipo de medición que requerían ser sustituidos por efecto de daños o mal funcionamiento.



**Figura 5.3. Consumos antes y después del estudio.**

**Fuente: propia.**

Debido a la cantidad de usuarios en estudio, se realizó la suma de todos los consumos de cada punto referidos a cada mes en particular; para poder obtener la gráfica lo más clara y precisa posible, de manera tal que se pudiesen observar la diferencia entre; los consumos facturados antes del estudio y los consumos facturados después del estudio. La tabla 5.20, muestra un resumen de la sumatoria de consumos de los 30 puntos, en los cuales se puede observar detalladamente por mes el cambio en la facturación en los meses después de haber sido adecuado técnicamente cada punto.

Es importante resaltar que a través de la adecuación técnica realizada a cada usuario, también se procedió a incorporar en el sistema OPEN SGC de la Empresa

CADAFE, cada cambio y seguimiento realizado para que de este modo pudiesen concordar las características de los equipos instalados en el punto con los datos técnicos reflejados en el sistema y de esta manera no generar ningún problema ni irregularidad al momento de la facturación. Los valores de consumos están expresados en (Kwh.).

**Tabla 5.20. Consumos facturados por mes antes y después del estudio.**

Meses Facturados Antes del estudio			
Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4
1.776.979	1.499.650	1.584.083	1.682.234
Meses Facturados Después del Estudio			
Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8
2.253.011	2.170.037	2.396.404	2.352.560

**Fuente: propia.**

Debido al seguimiento establecido en cada punto de estudio, se pudo obtener el consumo promedio de cada usuario y a su vez se comparó con los consumos registrados antes de la normalización en cada equipo de medición particular, logrando de esta manera calcular la cantidad de Kw ganados en el periodo de 4 meses después de la adecuación. Estos datos son mostrados en la tabla 5.21, donde se hace referencia a los consumos promedios registrados en el período que engloba los 4 meses antes de la normalización, los consumos promedios obtenidos del seguimiento establecido después de la adecuación y la energía expresada en Kwh ganada después del estudio. Para obtener los Kwh ganados se utilizó la siguiente ecuación:

$$KWhganados = CpromPost - CpromAnt$$

Ec. 5.4

Donde:

*C<sub>promPost</sub>*: Consumo Promedio Posterior al Estudio.

*C<sub>promAnt</sub>*: Consumo Promedio Antes del Estudio.

**Tabla 5.21. Cantidad de Kw ganados después del estudio.**

USUARIO	Consumo Promedio (KWh) Registrado antes del Estudio	Consumo Promedio (KWh) Registrado con el Estudio	KWh Promedio Mensual Ganados
Pollos Arturos	37.440	47.640	10.200
Bingo 77 (441)	45.090	53.220	8.130
Bingo 77 (442)	32.880	43.050	10.170
Farmatodo (P.C)	32.232	33.425	1.193
Tasca Rest Paseo Colón	26.520	27.412	892
Paseo Café	14.185	15.239	1.055
Fuerza Trucks	12.072	24.678	12.606
Hotel Gaeta	40.320	47.800	7.480
Hotel Neptuno	32.340	43.640	11.300
Hotel Rasil	346.380	365.010	18.630
Mc'Donalds	31.170	37.380	6.210
Hotel Riviera	33.960	37.789	3.829
Ford Fuerza Motors	32.490	34.800	2.310
Gran Hotel Puerto La Cruz	211.416	492.116	280.700
Banco Mercantil	69.225	70.125	900
Deli Café Oriente	16.540	17.980	1.440
Salazar Luís El Bacha	10.814	18.172	7.358
Bingo Paladium	117.300	137.659	20.359
Bar Rest Honk Kong	10.800	11.230	430
Cada Guaraguao	95.925	96.989	1.064

**Fuente: propia.**

**Tabla: 5.21. Cantidad de Kw ganados después del estudio. (Continuación).**

USUARIO	Consumo Promedio (KWh) Registrado antes del Estudio	Consumo Promedio (KWh) Registrado con el Estudio	KWh Promedio Mensual Ganados
Banesco	114.712	129.189	14.477
Distrib Miri Mire 560	10.290	15.690	5.400
Clínica Santa Ana	54.915	74.070	19.155
Centro Medico Total	30.225	156.500	126.275
Policlínica PLC (483)	57.060	66.480	9.420
Policlínica PLC (484)	22.575	26.460	3.885
Hotel Trébol	29.208	42.460	13.252
Farmatodo (L.C)	33.000	72.896	39.896
Distrib Miri Mire 561	33.810	35.565	1.755
Iglesia Sta Cruz	843	18.340	17.497
<b>TOTAL</b>	<b>1.635.737</b>	<b>2.293.003</b>	<b>657.267</b>

Fuente: propia.

#### 5.5.2.1. Cuantificación de los Kwh ganados.

Para poder transformar en valores de tipo monetario (Bs.F) los KWh ganados expresados anteriormente en la tabla 5.21, es necesario hacer referencia al tipo de tarifa aplicada a cada usuario en particular. La tarifa no es más que una estructura de precios que se le asigna a cada usuario y que sirve como base para el cobro del servicio de electricidad. En lo que respecta a usuarios Altos Consumidores, la tarifa aplicada va a depender de la capacidad en KVA contratada o de los KVA promedio consumido por el mismo. Las tarifas se calculan sobre la base de 30 días; aún cuando el período facturado sea mayor o menor el cálculo igualmente se hace sobre esa cantidad de días. La tabla 5.22



muestra un resumen referente al tipo de tarifa aplicada a los usuarios alto consumo dependiendo de la demanda en KVA contratada.

**Tabla 5.22. Tarifas aplicadas a los usuarios alto consumo.**

Demanda Contratada	Tarifa
1 < Demanda < 10 KVA	SG1
10 < Demanda < 30 KVA	SG2
30 < Demanda < 100 KVA	SG3
100 < Demanda < 1000 KVA	SG4

**Fuente: propia.**

Cada tarifa presentada en la tabla 5.22 tiene estipulado un cargo por energía establecido en BsF/KWh; es decir, el valor en BsF por cada KWh consumido por el usuario. Este valor se muestra en la tabla 5.23.

**Tabla 5.23. Cargos en BsF/KWh para tarifas alto consumo.**

Tarifa	Cargo en BsF/Kwh
SG1	0,092305
SG2	0,070688
SG3	0,052599
SG4	0,049071

**Fuente: propia.**

A continuación se muestra la tabla 5.24, la cual proporciona información referente al tipo de tarifa correspondiente a cada usuario en estudio dependiendo de la demanda en KVA contratada.

**Tabla 5.24. Tarifas aplicadas a cada usuario.**

USUARIO	Demanda Contratada KVA	Tarifa Aplicada
Pollos Arturos	153	SG4
Bingo 77 (441)	156	SG4
Bingo 77 (442)	50	SG3
Farmatodo (P.C)	60	SG3
Tasca Rest Paseo Colón	18	SG2
Paseo Café	60	SG3
Fuerza Trucks	40	SG3
Hotel Gaeta	112	SG4
Hotel Neptuno	101	SG4
Hotel Rasil	800	SG4
Mc'Donalds	91	SG3
Hotel Riviera	96	SG3
Ford Fuerza Motors	61	SG3
Gran Hotel Puerto La Cruz	925	SG4
Banco Mercantil	175	SG4
Deli Café Oriente	65	SG3
Salazar Luís El Bacha	50	SG3
Bingo Paladium	260	SG4
Bar Rest Honk Kong	36	SG3
Cada Guaraguao	101	SG4
Banesco	355	SG4
Distrib Miri Mire 560	40	SG3
Clínica Santa Ana	120	SG4
Centro Medico Total	165	SG4
Policlínica PLC (483)	127	SG4

**Fuente: OPEN SGC CADA FE.**

**Tabla 5.24. Tarifas aplicadas a cada usuario. (Continuación).**

USUARIO	Demanda Contratada KVA	Tarifa Aplicada
Policlínica PLC (484)	50	SG3
Hotel Trébol	45	SG3
Farmatodo (L.C)	110	SG4
Distrib Miri Mire 561	90	SG3
Iglesia Santa Cruz	60	SG3

**Fuente: OPEN SGC CADAFE.**

Utilizando los valores de consumo ganados de la tabla 5.21 y los datos correspondientes al tipo de tarifa de cada usuario de la tabla 5.24 se pudo transformar los consumos en Kwh ganados y expresarlos en BsF para cuantificar dicha ganancia. Para obtener estos valores se utilizó la siguiente ecuación:

$$CARGO..ENERGIA = KWhganado * C arg oBsf / KWh \quad Ec. 5.5$$

Donde:

KWhganado: Cantidad de KWh Ganados.

Cargo BsF/KWh: Corresponde al Cargo por Tarifa Aplicada.

Debido a la cantidad de usuarios en estudio, se utilizará un solo punto como patrón para plasmar el procedimiento analítico a seguir, luego se presentara un resumen con los cálculos correspondientes a todos los puntos en general. Para el cálculo se escogió el usuario Centro Medico Total, el cual posee una tarifa aplicada correspondiente a SG4 y el valor de KWh ganados en ese punto es de 126.275 KWh. Usando la Ec. 5.5, los datos de cargos en BsF/KWh de la tabla 5.23 y los datos anteriormente expuestos se tiene:

$$CARGO.ENERGIA = 126.275 KWh * 0.049071 BsF / KWh$$

$$CARGO.ENERGIA = 6.196 BsF$$

Este resultado indica que en sólo este punto se pudo recuperar un promedio mensual de Bs.F 6.196, que para el período correspondiente a los 4 meses después de la normalización sería un total de 24.784 Bs.F. Los valores obtenidos de todos los puntos en general son mostrados en la tabla 5.25.

**Tabla 5.25. Cargos mensuales y totales expresados en Bs.F.**

USUARIO	KWh Promedio Mensual Ganados	Cargo en BsF Mensual:	Cargo Total 4 Meses (BsF):
Pollos Arturos	10.200	501	2.002
Bingo 77 (441)	8.130	399	1.596
Bingo 77 (442)	10.170	535	2.140
Farmatodo (P.C)	1.193	63	251
Tasca Rest Paseo Colón	892	63	252
Paseo Café	1.055	55	222
Fuerza Trucks	12.606	663	2.652
Hotel Gaeta	7.480	367	1.468
Hotel Neptuno	11.300	555	2.218
Hotel Rasil	18.630	914	3.657
Mc'Donalds	6.210	327	1.307
Hotel Riviera	3.829	201	806
Ford Fuerza Motors	2.310	122	486

**Fuente: propia.**

**Tabla 5.25. Cargos mensuales y totales expresados en BsF. (Continuación).**

<b>USUARIO</b>	<b>KWh Promedio Mensual Ganados</b>	<b>Cargo en BsF Mensual:</b>	<b>Cargo Total 4 Meses (BsF):</b>
Gran Hotel Puerto La Cruz	280.700	13.774	55.097
Banco Mercantil	900	44	177
Deli Café Oriente	1.440	76	303
Salazar Luís El Bacha	7.358	387	1.548
Bingo Paladium	20.359	999	3.996
Bar Rest Honk Kong	430	23	90
Cada Guaraguao	1.064	52	209
Banescó	14.477	710	2.842
Distrib Miri Mire 560	5.400	284	1.136
Clínica Santa Ana	19.155	940	3.760
Centro Medico Total	126.275	6.196	24.786
Policlínica PLC (483)	9.420	462	1.849
Policlínica PLC (484)	3.885	204	817
Hotel Trébol	13.252	697	2.788
Farmatodo (L.C)	39.896	1.958	7.831
Distrib Miri Mire 561	1.755	92	369
Iglesia Sta Cruz	17.497	920	3.681
<b>TOTAL</b>	<b>657.267</b>	<b>32.584</b>	<b>130.335</b>

**Fuente: propia.**

A continuación la tabla 5.26 muestra un resumen del consumo promedio que la empresa venía facturando antes de realizarse el estudio de pérdidas, así como también los consumos obtenidos por medio del seguimiento establecido después de la normalización de cada equipo de medición correspondiente a cada usuario.

Dicha tabla muestra los KWh ganados, la cuantificación expresada en BsF en lo que a KWh ganados se refiere y por ultimo el total en lo que respecta a los 4 meses de seguimiento aplicado a cada equipo de medición particular de cada punto comercial en estudio.

**Tabla 5.26. Tabla resumen cuantificación de energía ganada.**

Resumen Cuantificación de Energía Ganada	
Consumo Promedio Antes del Estudio	1.635.737
Consumo Promedio Después del Estudio	2.293.003
KWh Ganados	657.267
Cargo en BsF mensual	32.584
Cargo en BsF Periodo Total	130.335

**Fuente: propia.**

## **CAPITULO VI**

### **METODOLOGÍA PARA REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS.**

#### **6.1. Generalidades.**

Para efecto de poder reducir las pérdidas de energía eléctrica en los sistemas de distribución de usuarios alto consumo, es imprescindible tomar en cuenta aspectos importantes al momento de realizar una inspección técnica a los equipos de medición de cada usuario en particular. Para ello es necesario revisar el conexionado de cada elemento que conforma el equipo de medición y a su vez ejecutar mediciones y pruebas, para verificar su condición técnica y funcionamiento.

A continuación se presentan algunos pasos a seguir, los cuales permitirán realizar inspecciones técnicas efectivas a los equipos de medición, las cuales proporcionarán información precisa de las condiciones y funcionamiento del mismo y poder determinar si se encuentra dentro o fuera de los rangos permisibles para la medición.

##### **6.1.1. Revisión de conexionado.**

1. Verificar los indicadores de orden de señales de tensión en el display del contador de energía, de manera tal que se confirme el orden de voltajes correcto; el cual es el mismo para los equipos CEWE y ACTARIS (1 2 3).
2. Evidenciar que los indicadores de señales de corrientes presenciados en el display del contador, correspondan al orden correcto:

3. Para el contador CEWE el orden correcto se representa mostrando en display un signo positivo del lado derecho de la señal de tensión correspondiente (1+ 2+ 3+).
4. Para el contador ACTARIS se representa en el display por el símbolo ( $\uparrow\rightarrow$ ), de las cuales: la flecha ( $\uparrow$ ) se denota con la letra “P”, y la flecha ( $\rightarrow$ ) se denota con la letra “Q”.
5. Verificar el conexionado en los terminales de la bornera del contador de energía, asegurándose que las entradas de señales; tanto para las tensiones como para las corrientes, correspondan con la numeración establecida por la configuración del contador. Esto es:
  - Las señales de tensión deben coincidir con las entradas de la bornera correspondientes a la numeración (2 5 8).
  - Las señales de corriente deben coincidir con las entradas en la bornera correspondientes a la numeración (3 6 9).
6. La señal del neutro debe coincidir con la entrada en la bornera correspondiente al número (11). Al momento de identificar la conexión del neutro, se debe comprobar que el puente correspondiente al cierre de cada bobina de corriente en la bornera del contador, corresponda a la numeración establecida para el mismo (1 4 7 11).
7. Ante la presencia de regletas en el equipo de medición, se deben verificar las conexiones de las señales de entrada provenientes de los transformadores de medida. Las señales de tensión, corrientes y neutro, deben estar conectadas a los terminales correspondientes.



8. Para los equipos instalados en BT, verificar el conexionado en los transformadores de corrientes correspondientes, comprobando que las señales de corriente estén conectadas en los terminales identificados con la letra “L”, la cual corresponde a la señal de corriente y el neutro este conectado al Terminal identificado con la letra “K”.

### **6.1.2. Prueba de factor multiplicador en transformadores de medida.**

Se llama factor multiplicador un número por el cual hay que multiplicar la indicación del contador de energía (de KWh o KVARh), para obtener la verdadera cantidad de energía Activa o Reactiva consumida por el cliente.

El factor multiplicador depende de las características de los transformadores de medición empleados. En el caso de baja tensión, de las características de los transformadores de corriente que son los únicos empleados y en el caso de la alta tensión, de los transformadores de corriente y transformadores de tensión.

En el caso de la baja tensión, el factor multiplicador se obtiene de dividir la corriente nominal primaria entre el valor de la corriente nominal secundaria del transformador de corriente. Algunas veces los transformadores de corriente, por alguna causa pierden las placas características, por esto es conveniente hacer dichas pruebas para verificar la relación de transformación del mismo y calcular el factor multiplicador.

Para el caso de la alta tensión, no sólo se encuentran transformadores de corriente, también existe otro elemento que es el transformador de tensión.

Para realizar las pruebas del factor multiplicador en los transformadores de corriente, se siguen los mismos pasos que para la baja tensión, teniendo mucho cuidado de utilizar los equipos de seguridad necesarios al momento de medir la

corriente en el primario (debe utilizar pértigas de medición y guantes de seguridad para alta tensión).

En el caso de los transformadores de tensión, estos se encuentran normalizados por CADAFE para una relación de transformación 13800 V en el primario y 100 V en el secundario. Su relación de transformación será el resultado de dividir la tensión del primario entre la tensión del secundario. Una vez determinados los bornes correspondientes a las bobinas de tensión, se mide la tensión en estos y el resultado debe ser igual o aproximado a 100 V.

### **6.1.3. Prueba de continuidad en el cable de control.**

Al efectuar las pruebas anteriores y para aumentar la seguridad y crear un archivo de características de la medición para contar con facilidades en futuras inspecciones, conviene hacer una prueba de continuidad e identificación de los conductores. Para esto se debe disponer de un medidor de continuidad y es conveniente hacer previamente los diagramas de terminales de los transformadores de corriente y bornes del contador de energía. Se deben desenergizar los conductores, en la medida que se pruebe la continuidad de los conductores, se completarán los diagramas de cableado, el diagrama resultante se debe comparar con el diagrama correcto frente a un técnico supervisor. Si los conductores no corresponden con la normativa para cable de control, se deben identificar con precintos las señales de tensiones y corrientes para evitar anomalías y errores en el conexionado del equipo de medición.

### **6.1.4. Prueba de tiempo.**

Esta prueba es una de las más importantes, debido a que es la que permite verificar el nivel de confiabilidad del contador de energía. Para esta prueba es preciso tomar mediciones de corriente, voltaje, número de impulsos por un tiempo determinado en segundos (esto aplica a contadores de energía digitales) o número

de vueltas en un tiempo determinado (para contadores de energía electromecánicos). El valor de porcentaje de funcionamiento del equipo debe permanecer dentro del  $\pm 10\%$  para que el contador pueda seguir en funcionamiento. De resultar lo contrario, el contador de energía deberá ser reemplazado y enviado al centro de aferición correspondiente para su verificación.

El procedimiento inicialmente expuesto permitirá realizar inspecciones técnicas más efectivas, las cuales proporcionarán información precisa que contribuyan a disminuir las pérdidas no técnicas existentes. Como complemento a esto se recomienda:

- Establecer operativos de seguimiento constante a los equipos de medición instalados a cada usuario alto consumo, de manera tal que se puedan verificar las condiciones técnicas de conexión y funcionamiento del mismo.
- Establecer procedimientos y planes operativos que ayuden a mejorar y elevar el rendimiento técnico y administrativo de la coordinación, de manera que se pueda garantizar un criterio de operatividad más efectivo y eficiente.
- La empresa debe efectuar inversiones en lo que respecta al área comercial y al personal administrativo de la coordinación de procesos de medición, mejorando el nivel técnico y administrativo ampliando el número de actualizadores, para que de esta forma se puedan agilizar los procesos de cambios y ajustes administrativos correspondientes a cada usuario que haya sido normalizado técnicamente.
- Crear una mayor conciencia entre el personal técnico lector y las oficinas comerciales, de manera que las lecturas correspondientes a cada usuario alto consumo sean reportadas y esta a su vez sean actualizadas en sistema dentro del período establecido, para de esta forma evitar irregularidades en los

ciclos de lecturas y de consumos generados en el sistema OPEN; garantizando así una base de datos confiable y un proceso de facturación mas efectivo y eficiente.

- Coordinar conjuntamente con el Departamento de Mercadeo Especial, información totalmente actualizada donde sean incorporados nuevos usuarios conectados al sistema, que posean cargas significativas los cuales no posean equipo de medición instalado, ya que estos pueden contribuir y aumentar las pérdidas no técnicas existentes hoy en día.

## CONCLUSIONES

Una vez determinadas las pérdidas de energía eléctrica propias de los sistemas de distribución a usuarios alto consumo y analizando los resultados obtenidos, se establecieron las siguientes conclusiones:

- Los equipos de medición instalados a los distintos usuarios alto consumo en estudio, cumplen con los requerimientos establecidos en el manual de montaje de equipos de medición para alta y baja tensión de la empresa.
- El sistema de distribución usuario Alto Consumo trabaja con un factor de potencia promedio igual a 0.89 inductivo, los cual se encuentra dentro de los parámetros establecidos en el artículo 57 del Reglamento de Servicio Eléctrico.
- Utilizando el método de comprobación puntual a cada punto en estudio, se obtuvo un porcentaje de 4% de pérdidas técnicas, esto en su mayoría se le atribuyen a las pérdidas internas en el transformador de distribución que corresponden al 97% de las pérdidas totales, quedando un 3% atribuido a las pérdidas en los alimentadores lo cual esta dentro de los parámetros aceptables para la empresa.
- De acuerdo a los resultados obtenidos en el estudio de sistema de distribución usuarios Alto Consumo, se pudo determinar que las pérdidas técnicas en energía constituyen el 4% de la energía total de entrada, lo cual indica que este valor permanece dentro del rango de operación permisible por la empresa.
- Las pérdidas no técnicas se deben a: contadores de energía quemados, bien sea por problemas de sobrecorriente o sobretensión,

transformadores de corrientes quemados por sobrecorriente, transformadores de tensión desconectados producto de descargas atmosféricas, presencia de conexión invertido en la bornera del contador, señales de corrientes invertidas en el secundario del transformador de corriente y en la entrada de la regleta, transformadores de corriente relacionando fuera de los parámetros normales, contadores fuera de aferición presentando registros de consumo por debajo del consumo real, facturación promediada del usuario debido a daños anteriormente mencionados, etc.

## RECOMENDACIONES

- Analizar y digitalizar los diferentes planos de las redes de distribución presentes en la ciudad, para así contar con una base de datos confiable y poder manejar el sistema de distribución con un criterio de operatividad más efectivo.
- Realizar una evaluación económica y financiera de proyectos de reducción de pérdidas de energía, para cumplir con la relación costo-beneficio que se derivan de la reducción de pérdidas.
- Ajustar los TAP de los transformadores, de manera que trabajen en condiciones normales de operación, esto con la finalidad de no sobrecargar al equipo de medición y mantener el voltaje nominal del sistema.
- Realizar un estudio del consumo de potencia reactiva en cada punto de entrega y los sistemas de distribución asociados, de manera que se pueda constatar su correcto funcionamiento y en caso contrario colocar bancos de condensadores en las líneas de distribución para regular los niveles de tensión disminuyendo la caída de voltaje que se pueda generar.

## BIBLIOGRAFIA

- Acosta, C. (1989). *Sistemas Trifásicos Avanzados*. (Primera Edición). Venezuela: Vadell Hermanos Editores.
- Comunidad Virtual de Enfermería Infantil (2000). *Metodología de la investigación*. Consultado el 14 de febrero del 2010 en: <http://www.aibarra.org/investig/default.html>
- Gross, C. (1981). *Análisis de Sistemas de Potencia*. (Primera edición). México: Editorial Interamericana S.A.
- Guzmán, E., Carreras, M. (2009). *Estudio Técnico-Económico para una Instalación de Conversión de Motores Diesel al uso de Gas Natural utilizando la Tecnología Dual Fuel<sup>TM</sup>*. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Industrial, Universidad de Oriente Núcleo Anzoátegui, Barcelona.
- Hernández, E. (2004). *Estudio del Balance de Energía Eléctrica del Sistema de Transmisión en 115KV y 60KV de las Subestaciones de PDVSA Anaco*. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electricista, Universidad de Oriente Núcleo Anzoátegui, Barcelona.
- Hernández, R., Hernández, C. y Baptista, I. (2003). *Metodología de la investigación*. (Tercera edición). México: Editorial McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Lezama, J. (2007). *Análisis de Consumo de Potencia Reactiva en los Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica. Zona industrial los montones Barcelona ELEORIENTE Anzoátegui*. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electricista, Universidad de Oriente Núcleo Anzoátegui, Barcelona.



Malavé, E. (2000). *Evaluación de Las Pérdidas de Energía en los Alimentadores de la Subestación Universidad a Nivel 13.8KV (Maturín-Edo. Monagas)*. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electricista, Universidad de Oriente Núcleo Anzoátegui, Barcelona.

Schmelkes, C. (1988). Manual para la presentación de anteproyectos e informes de investigación (tesis). Primera edición. México: Editorial Harla, S.A.

Stevenson, W. (1994). *Análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia*. (Segunda Edición). México: Editorial McGraw Hill.

Universidad Metropolitana, Departamento de Didáctica. *Tipos de investigaciones*. Consultado el 21 de enero del 2010 en: <http://medusa.unimet.edu.ve/didactica>.

Universidad de Nueva Esparta, Postgrado. (2000). *Cuerpo de un proyecto*. Consultado el 10 de enero del 2010 en: [http://www.Une.edu.ve/postgrado/intranet/investigación\\_virtual/estructura\\_proyecto.htm#NIVEL](http://www.Une.edu.ve/postgrado/intranet/investigación_virtual/estructura_proyecto.htm#NIVEL).

Vásquez, J. (2005). *Determinación de las Pérdidas por Bajo Factor de Potencia en los Altos Consumidores de Energía Eleoriente Anzoátegui*. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electricista, Universidad de Oriente Núcleo Anzoátegui, Barcelona.

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y  
ASCENSO:**

TÍTULO	Estudio de pérdidas de energía eléctrica en sistemas de distribución usuarios alto consumo ubicados en el casco central de Puerto La Cruz
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CULAC / E MAIL
González S. Edraz U.	CVLAC: 14.315.847 E MAIL: <a href="mailto:edrazgonzalez@gmail.com">edrazgonzalez@gmail.com</a>
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:

PALABRAS O FRASES CLAVES:

Pérdidas de energía  
Distribución  
Equipo de medición  
Contador  
Consumo  
Punto de entrega

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y  
ASCENSO:**

AREA	SUBAREA
Ingeniería y Ciencias Aplicadas	Ingeniería Eléctrica

RESUMEN (ABSTRACT):

Este trabajo tuvo como finalidad realizar un estudio de pérdidas de energía eléctrica en clientes considerados altos consumidores por la empresa CADAPE, ubicados en el casco central de Puerto La Cruz, Estado Anzoátegui. El objetivo principal de este estudio fue reducir estas pérdidas y para lograr el cumplimiento del mismo se consideraron usuarios comerciales con cargas que varían entre los 30 KVA hasta 10000 KVA, en los cuales se implementaron operativos de correcciones de conexionado en contadores de energía eléctrica y reemplazo de dispositivos eléctricos pertenecientes al equipo de medición, los cuales se encontraban fuera de los rangos de operación establecidos, para poder obtener los consumos promedios reales correspondientes de cada punto de entrega y poder determinar las pérdidas de energía eléctrica existentes en los sistemas de distribución usuarios alto consumo.

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y  
ASCENSO:**

CONTRIBUIDORES

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
Bermúdez, Melquiades	ROL	CA	AS	TU X	JU
	CVLAC:	3.486.726			
	E_MAIL	<a href="mailto:melquiades_bermudez@cantv.net">melquiades_bermudez@cantv.net</a>			
	E_MAIL				
Prato, Eduward	ROL	CA	AS X	TU	JU
	CVLAC:	8.337.023			
	E_MAIL	<a href="mailto:ejprato@gmail.com">ejprato@gmail.com</a>			
	E_MAIL				
Mercado, Verena	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:	82.235.587			
	E_MAIL	<a href="mailto:verenamercado@yahoo.com">verenamercado@yahoo.com</a>			
	E_MAIL				
Velásquez, Daniel	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:	16.522.343			
	E_MAIL	<a href="mailto:Daniel.velazquez.m@cantv.net">Daniel.velazquez.m@cantv.net</a>			
	E_MAIL				

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2010	07	01
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE: SPA

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y  
ASCENSO:**

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
TESIS. Pérdidas Alto Consumo.doc	Application/msword

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F G H I  
J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x  
y z. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9.

ESPACIAL: Dpto. de Medición / CORPOELEC (Anzoátegui) (OPCIONAL)

TEMPORAL: 2 meses (OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Ingeniero Electricista

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Pre-Grado

ÁREA DE ESTUDIO:

Departamento de Ingeniería Eléctrica.

INSTITUCIÓN:

Universidad de Oriente Núcleo de Anzoátegui

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y  
ASCENSO:**

DERECHOS:

De acuerdo al artículo 41 del reglamento de trabajos de grado

---

“Los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quién deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su Autorización”

González S. Edraz U.

AUTOR

Bermúdez Melquíades

TUTOR

JURADO

Velásquez Daniel

JURADO

Mercado Verena

POR LA SUBCOMISIÓN DE TESIS

JURADO