



**UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA**

**SEDE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

**INGENIERO ELÉCTRICO**

**“PROPUESTA PARA EL ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN DE  
CARGABILIDAD DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN EN LA  
EMPRESA ELÉCTRICA PÚBLICA DE GUAYAQUIL, SECTOR CDLA.  
BOLIVARIANA”**

**AUTORES:**

**LOOR ZAMBRANO MICHAEL BYRON**

**VALLADARES MERA ALEX RICARDO**

**DIRECTOR:**

**ING. GUZMÁN KURE ORLY**

**GUAYAQUIL-ECUADOR**

**2011-2012**

## **DECLARATORIA.**

Nosotros Loor Zambrano Michael ByronyValladares Mera Alex Ricardo, autores del presente trabajo titulado: “PROPUESTA PARA EL ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN DE CARGABILIDAD DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN EN LA EMPRESA ELECTRICA PÚBLICA DE GUAYAQUIL”, declaramos que los conceptos desarrollados, análisis realizados, y conclusiones del presente trabajo, son de nuestra exclusiva responsabilidad y el patrimonio intelectual de la misma a la UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA.

Guayaquil, Agosto del 2012

f) \_\_\_\_\_  
Valladares Mera Alex Ricardo

f) \_\_\_\_\_  
Loor Zambrano Michael Byron

**Ingeniero ORLY GUZMAN KURE**

Director de Tesis

**CERTIFICA:**

Que la tesis titulada: “PROPUESTA PARA EL ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN DE CARGABILIDAD DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN EN LA EMPRESA ELECTRICA PÚBLICA DE GUAYAQUIL, SECTOR CDLA. BOLIVARIANA”, desarrollada por los estudiantes Valladares Mera Alex Ricardo y Loor Zambrano Michael Byron ha sido revisada y asesorada de acuerdo a los lineamientos establecidos en el protocolo inicial y al cronograma definido, por lo que después de reunir todos los requisitos estipulados en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad, autorizo su presentación para fines legales consiguientes.

Guayaquil, Agosto del 2012

---

Ing. Orly Guzmán Kure

## **AGRADECIMIENTO**

Los agradecimientos están dirigidos a todas las personas y entidades que hicieron posible la realización exitosa de esta investigación, principalmente se agradece a la EMPRESA ELECTRICA PÚBLICA DE GUAYAQUIL por facilitarnos recursos para poder realizar esta investigación a su Gerente General Ing. Alberto Tama Franco, al Ing. LonnieLascano Gerente del Departamento de Control de Calidad y Estadística y todo su departamento que han sido de gran ayuda para la realización de nuestra tesis.

Agradecemos a nuestro gran docente y director de tesis Ing. Orly Guzmán Kure de la Universidad Politécnica Salesiana por los conocimientos compartidos y enseñados para nuestro desarrollo profesional.

**Los Autores**

## **DEDICATORIA:**

A mis padres, porque creyeron en mí y porque me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera, y porque el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final. Va por ustedes, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí.

A mis hermanos, tíos, primos, abuelos y amigos.

**MICHAEL**

### **DEDICATORIA:**

La presente tesis se la dedico a mi familia que gracias a sus consejos y palabras de aliento crecí como persona. A mis padres y hermanos por su apoyo, confianza y amor. Gracias por ayudarme a cumplir mis objetivos como persona y estudiante. A mi padre por brindarme los recursos necesarios y estar a mi lado apoyándome y aconsejándome siempre. A mi madre por hacer de mí una mejor persona a través de sus consejos, enseñanzas y amor.

**ALEX**

## **RESUMEN**

El presente estudio, está organizado en seis capítulos, que se detallan a continuación:

### **Capítulo 1:**

Consta de todos los conceptos utilizados en la elaboración de nuestra tesis.

### **Capítulo 2:**

Determina los fenómenos y tendencias que causan las pérdidas de energía en los transformadores de distribución monofásicos.

### **Capítulo 3:**

Explica la metodología que se lleva a cabo en la sustentación del proyecto.

### **Capítulo 4:**

Realiza el estudio de los resultados obtenidos, y los efectos que produce la solución propuesta en comparación con la situación actual.

### **Capítulo 5:**

Presenta la evaluación económica del proyecto, en transformadores y pérdida de energía.

### **Capítulo 6**

Propone los beneficios de la solución propuesta para este proyecto.

## INDICE GENERAL

|                                      |      |
|--------------------------------------|------|
| PORTADA.....                         | I    |
| DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD..... | II   |
| CERTIFICACIÓN.....                   | III  |
| AGRADECIMIENTO.....                  | IV   |
| DEDICATORIA.....                     | V    |
| RESUMEN.....                         | VII  |
| INDICE GENERAL.....                  | VIII |
| INDICE.....                          | IX   |
| INDICE DE CUADROS.....               | XIII |
| INDICE DE GRÁFICOS.....              | XVII |



## INDICE

|                                                                                                                            | PÁG |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>CAPITULO 1</b> .....                                                                                                    | 1   |
| <b>MARCO TEÓRICO</b> .....                                                                                                 | 1   |
| 1.1 TRANSFORMADOR.....                                                                                                     | 1   |
| 1.2 TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN.....                                                                                     | 2   |
| 1.2.1 Transformador de Distribución Monofásico.....                                                                        | 3   |
| 1.3 CURVA DE CARGA.....                                                                                                    | 4   |
| 1.3.1 Curva de Carga Residencial.....                                                                                      | 4   |
| 1.3.2 Curva de Carga Comercial.....                                                                                        | 5   |
| 1.3.3 Curva de Carga Industrial.....                                                                                       | 6   |
| 1.4 PARAMETROS DE LA CARGA.....                                                                                            | 7   |
| 1.4.1 Demanda Máxima.....                                                                                                  | 8   |
| 1.4.2 Carga Conectada.....                                                                                                 | 9   |
| 1.4.3 Capacidad Instalada.....                                                                                             | 9   |
| 1.4.4 Factor de Demanda.....                                                                                               | 9   |
| 1.4.5 Factor de Utilización.....                                                                                           | 9   |
| 1.4.6 Factor de Carga.....                                                                                                 | 10  |
| 1.4.7 Factor de Pérdidas.....                                                                                              | 12  |
| 1.5 TRANSFORMADOR SUBUTILIZADO.....                                                                                        | 21  |
| 1.6 EQUIPO REGISTRADOR DE CALIDAD DE ENERGÍA.....                                                                          | 21  |
| 1.7 PÉRDIDAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....                                                                                     | 21  |
| 1.7.1 Pérdidas Técnicas de Energía.....                                                                                    | 22  |
| 1.8 EMPRESA DISTRIBUIDORA DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....                                                                        | 25  |
| 1.9 TIPOS DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN<br>MONOFÁSICOS EN LA RED DE LA EMPRESA ELÉCTRICA<br>PÚBLICA DE GUAYAQUIL..... | 28  |
| 1.9.1 Transformador de Distribución Monofásico Convencional<br>Tipo Poste.....                                             | 28  |
| 1.9.2 Transformador de Distribución Monofásico Autoprotegido<br>Tipo Poste.....                                            | 30  |
| 1.9.3 Transformador de Distribución Monofásico Tipo Padmounted.....                                                        | 32  |

|                                                                   | PÁG       |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1.10 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE DATOS.....                        | 33        |
| 1.10.1 Estadísticas Descriptivas.....                             | 34        |
| 1.10.1.1 Mediana Estadística.....                                 | 34        |
| 1.10.1.2 Media Aritmética.....                                    | 35        |
| 1.10.1.3 Desviación Estándar.....                                 | 35        |
| 1.10.1.4 Varianza.....                                            | 35        |
| 1.10.1.5 Asimetría.....                                           | 37        |
| 1.10.1.6 Curtosis.....                                            | 38        |
| 1.10.1.7 Cuartiles.....                                           | 38        |
| <br>                                                              |           |
| <b>CAPITULO 2.....</b>                                            | <b>40</b> |
| <b>PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN TRANSFORMADORES DE</b>                  |           |
| <b>DISTRIBUCIÓN MONOFÁSICOS.....</b>                              | <b>40</b> |
| 2.1 PÉRDIDAS EN EL HIERRO.....                                    | 40        |
| 2.1.1 Pérdidas por Histéresis.....                                | 41        |
| 2.1.2 Pérdidas por Corrientes Parásitas o Corrientes de Eddy..... | 42        |
| 2.2 PÉRDIDAS EN EL COBRE.....                                     | 47        |
| 2.3 PÉRDIDAS TOTALES EN UN TRANSFORMADOR DE                       |           |
| DISTRIBUCIÓN ANTE VARIACIONES DE CARGA.....                       | 48        |
| 2.4 PÉRDIDAS TOTALES AUMENTANDO LAS PÉRDIDAS EN EL                |           |
| HIERRO Y REDUCIENDO ALA VEZ LAS DEL COBRE.....                    | 49        |
| 2.5 PÉRDIDAS TOTALES AUMENTANDO LAS PÉRDIDAS EN EL                |           |
| HIERRO MANTENIENDO LAS PÉRDIDAS EN EL COBRE                       |           |
| CONSTANTES ANTE VARIACIÓN DE CARGA.....                           | 50        |
| 2.6 COMPORTAMIENTO DE LAS PÉRDIDAS EN CARGA ANTE                  |           |
| CAMBIOS EN LAS PÉRDIDAS TOTALES Y EN CONDICIONES                  |           |
| NOMINALES.....                                                    | 52        |
| 2.7 COMPORTAMIENTO DE LAS PÉRDIDAS EN FUNCIÓN DE LA               |           |
| DE LA DEMANDA.....                                                | 55        |

|                                                                                                                                                                                                | PÁG            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| <b>CAPITULO 3.....</b>                                                                                                                                                                         | <b>58</b>      |
| <b>MARCO METODOLÓGICO.....</b>                                                                                                                                                                 | <b>58</b>      |
| 3.1 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CARGA CARACTERISTICO<br>DE LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN MONOFÁSICOS<br>DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LA EMPRESA<br>ELÉCTRICA PÚBLICA DE GUAYAQUIL..... | 59             |
| 3.1.1 Análisis Estadístico del Factor de Carga de los Transformadores de<br>Distribución Monofásicos de Guayaquil.....                                                                         | 72             |
| 3.2 ANÁLISIS DE LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN LOS<br>TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN.....                                                                                                         | 84             |
| 3.3 PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN LOS TRANSFORMADORES DE<br>DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA GUAYAQUIL PARA CARGAS<br>RESIDENCIALES-COMERCIALES.....                                                          | 93             |
| 3.4 ANÁLISIS EN CAMPO DE LOS TRANSFORMADORES DE<br>DISTRIBUCIÓN EN EL SECTOR DE LA CDLA. BOLIVARIANA...                                                                                        | 97             |
| 3.4.1 Equipo de Medición Topas 1000.....                                                                                                                                                       | 100            |
| 3.4.2 Determinación del Factor de Uso de los Transformadores de<br>Distribución.....                                                                                                           | 105            |
| 3.5 USO DEL SOFTWARE TOPAS 1000.....                                                                                                                                                           | 107            |
| <br><b>CAPITULO 4.....</b>                                                                                                                                                                     | <br><b>111</b> |
| <b>ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>                                                                                                                                                             | <b>111</b>     |
| 4.1 DEFINICIÓN DE RESULTADOS.....                                                                                                                                                              | 112            |
| 4.2 ANÁLISIS DEL CAMBIO DE CAPACIDADES INSTALADA EN<br>TRANSFORMADORES SUBUTILIZADOS.....                                                                                                      | 115            |
| 4.3 ANÁLISIS DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA CONSIDERANDO LA<br>SITUACIÓN ACTUAL Y LA SOLUCIÓN PROPUESTA.....                                                                                           | 121            |
| <br><b>CAPITULO 5.....</b>                                                                                                                                                                     | <br><b>124</b> |
| <b>EVALUACIÓN ECONÓMICA.....</b>                                                                                                                                                               | <b>124</b>     |
| 5.1 EVALUACIÓN ECONÓMICA EN TRANSFORMADORES.....                                                                                                                                               | 124            |
| 5.2 ENVEJECIMIENTO Y DETERIORO DE LOS<br>TRANSFORMADORES.....                                                                                                                                  | 125            |

|                                                      | PÁG        |
|------------------------------------------------------|------------|
| 5.3 EVALUACIÓN ECONÓMICA EN EQUIPOS.....             | 127        |
| 5.4 EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA..... | 128        |
| <b>CAPITULO 6.....</b>                               | <b>133</b> |
| <b>PROPUESTA.....</b>                                | <b>133</b> |
| <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>           | <b>134</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>                             | <b>136</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>                                   | <b>137</b> |

## INDICE DE CUADROS

| <b>CAPITULO 1</b>                                                                                 |  | <b>PÁG</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------|
| <b>CUADRO 1.1</b>                                                                                 |  |            |
| CAPACIDADES NOMINALES EN LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN.....                                 |  | 3          |
| <b>CUADRO 1.2</b>                                                                                 |  |            |
| CLASIFICACIÓN DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....                                               |  | 22         |
| <b>CUADRO 1.3</b>                                                                                 |  |            |
| PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN DE LAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS.....        |  | 24         |
| <b>CUADRO 1.4</b>                                                                                 |  |            |
| ÁREAS DE CONCESIÓN DE LAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS.....                                            |  | 27         |
| <br>                                                                                              |  |            |
| <b>CAPITULO 3</b>                                                                                 |  |            |
| <b>CUADRO 3.1</b>                                                                                 |  |            |
| MUESTRA DEL FACTOR DE CARGA DE 581 TRANSFORMADORES..                                              |  | 61         |
| <b>CUADRO 3.2</b>                                                                                 |  |            |
| RESUMEN ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL FACTOR DE CARGA.....                                             |  | 81         |
| <b>CUADRO 3.3</b>                                                                                 |  |            |
| DETALLE DEL CALCULO DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL FACTOR DE CARGA CON MINITAB.....                  |  | 82         |
| <b>CUADRO 3.4</b>                                                                                 |  |            |
| PÉRDIDAS TÍPICAS DELOS TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN(KWH/AÑO).....                                |  | 86         |
| <b>CUADRO 3.5</b>                                                                                 |  |            |
| PÉRDIDAS EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN.....                                                  |  | 87         |
| <b>CUADRO 3.6</b>                                                                                 |  |            |
| FACTOR DE MULTIPLICACIÓN DEL CUADRO DE PÉRDIDAS TÍPICAS EN FUNCIÓN DE LA CAPACIDAD INSTALADA..... |  | 88         |

|                                                                                                             | <b>PÁG</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>CUADRO 3.7</b>                                                                                           |            |
| PÉRDIDAS DE ENERGÍA KWH/AÑO PARA TRANSFORMADOR DE<br>DISTRIBUCIÓN DE 5KVA.....                              | 90         |
| <b>CUADRO 3.8</b>                                                                                           |            |
| PÉRDIDAS DE ENERGÍA KWH/AÑO PARA TRANSFORMADOR DE<br>DISTRIBUCIÓN DE 10 KVA.....                            | 90         |
| <b>CUADRO 3.9</b>                                                                                           |            |
| PÉRDIDAS DE ENERGÍA KWH/AÑO PARA TRANSFORMADOR DE<br>DISTRIBUCIÓN DE 15KVA CON FACTOR DE CARGA DE 0.35..... | 91         |
| <b>CUADRO 3.10</b>                                                                                          |            |
| PÉRDIDAS DE ENERGÍA KWH/AÑO PARA TRANSFORMADOR DE<br>DISTRIBUCIÓN DE 25KVA CON FACTOR DE CARGA DE 0.35..... | 91         |
| <b>CUADRO 3.11</b>                                                                                          |            |
| PÉRDIDAS DE ENERGÍA KWH/AÑO PARA TRANSFORMADOR DE<br>DISTRIBUCIÓN DE 37.5KVA.....                           | 92         |
| <b>CUADRO 3.12</b>                                                                                          |            |
| PÉRDIDAS DE ENERGÍA KWH/AÑO PARA TRANSFORMADOR DE<br>DISTRIBUCIÓN DE 50KVA.....                             | 92         |
| <b>CUADRO 3.13</b>                                                                                          |            |
| PÉRDIDAS DE ENERGÍA KWH/AÑO PARA TRANSFORMADOR DE<br>DISTRIBUCIÓN DE 75KVA.....                             | 93         |
| <b>CUADRO 3.14</b>                                                                                          |            |
| PÉRDIDAS ANUALES DE ENERGÍA EN LOS TRANSFORMADORES DE<br>DISTRIBUCIÓN DE GUAYAQUIL.....                     | 95         |
| <b>CUADRO 3.15</b>                                                                                          |            |
| NORMA EN50160.....                                                                                          | 103        |

| <b>CAPITULO 4</b>                                                                               | <b>PÁG</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>CUADRO 4.1</b>                                                                               |            |
| CAMBIO DE CAPACIDAD MEJORANDO FACTOR DE USOY<br>REDUCIENDO PÉRDIDAS DE ENERGÍA.....             | 116        |
| <b>CUADRO 4.2</b>                                                                               |            |
| DETERMINACIÓN DE LOS TRANSFORMADORES SUBUTILIZADOS<br>EN EL SECTOR DE LA CDLA. BOLIVARIANA..... | 117        |
| <b>CUADRO 4.3</b>                                                                               |            |
| PORCENTAJE DE TRANSFORMADORES EN RELACIÓN AL FACTOR<br>DE USO MEDIDO.....                       | 118        |
| <b>CUADRO 4.4</b>                                                                               |            |
| CAMBIO DE CAPACIDAD INSTALADA.....                                                              | 119        |
| <b>CUADRO 4.5</b>                                                                               |            |
| FACTOR DE USO ACTUAL PROMEDIO POR CAPACIDAD.....                                                | 120        |
| <b>CUADRO 4.6</b>                                                                               |            |
| FACTOR DE USO PROMEDIO, SOLUCIÓN PROPUESTA CAMBIO DE<br>CAPACIDADES.....                        | 121        |
| <b>CUADRO 4.7</b>                                                                               |            |
| ANÁLISIS DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA SITUACIÓN ACTUAL VS<br>SOLUCIÓN PROPUESTA.....                  | 122        |
| <br><b>CAPITULO 5</b><br><br>                                                                   |            |
| <b>CUADRO 5.1</b>                                                                               |            |
| COSTO UNITARIO POR TRANSFOMADOR.....                                                            | 124        |
| <b>CUADRO 5.2</b>                                                                               |            |
| VALORES DE DEPRECIACIÓN PARA TRANSFORMADORES.....                                               | 125        |
| <b>CUADRO 5.3</b>                                                                               |            |
| VALORES ACTUALES DE LOS TRANSFORMADORES SECTOR<br>CDLA. BOLIVARIANA.....                        | 126        |
| <b>CUADRO 5.4</b>                                                                               |            |
| EVALUACIÓN ECONÓMICA EN EQUIPOS.....                                                            | 127        |
| <b>CUADRO 5.5</b>                                                                               |            |
| COSTO DE MANO DE OBRA PARA EL CAMBIO DE CAPACIDADES...                                          | 127        |

|                                                        | <b>PÁG</b> |
|--------------------------------------------------------|------------|
| <b>CUADRO 5.6</b>                                      |            |
| COSTO UNITARIO DE COMPRA DE ENERGÍA.....               | 129        |
| <b>CUADRO 5.7</b>                                      |            |
| COSTO DE PÉRDIDAS ACTUALES.....                        | 130        |
| <b>CUADRO 5.8</b>                                      |            |
| COSTO DE PÉRDIDAS OPTIMIZANDO, SOLUCIÓN PROPUESTA..... | 131        |
| <b>CUADRO 5.9</b>                                      |            |
| COSTOS DE PÉRDIDAS VALOR PRESENTE.....                 | 132        |
| <b>CUADRO 5.10</b>                                     |            |
| RESUMEN ANÁLISIS ECONÓMICO.....                        | 132        |



## INDICE DE GRÁFICOS

### CAPITULO 1

|                                                                                                           | <b>PÁG</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>GRÁFICO 1.1</b>                                                                                        |            |
| MODELO BÁSICO DE UN TRANSFORMADOR.....                                                                    | 2          |
| <b>GRÁFICO 1.2</b>                                                                                        |            |
| ESQUEMA ELÉCTRICO DE UN TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN<br>MONOFÁSICO.....                                  | 4          |
| <b>GRÁFICO 1.3</b>                                                                                        |            |
| CURVA DE CARGA TIPO RESIDENCIAL.....                                                                      | 5          |
| <b>GRÁFICO 1.4</b>                                                                                        |            |
| CURVA DE CARGA TIPO COMERCIAL.....                                                                        | 6          |
| <b>GRÁFICO 1.5</b>                                                                                        |            |
| CURVA DE CARGA TIPO INDUSTRIAL.....                                                                       | 7          |
| <b>GRÁFICO 1.6</b>                                                                                        |            |
| REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA ENTRADA DE UNA<br>CARGA SÚBITA.....                                          | 8          |
| <b>GRÁFICO 1.7</b>                                                                                        |            |
| DEMANDA MÁXIMA DE UNA CARGA VARIABLE, DEL VALOR<br>DE LA CARGA CONECTADA Y DE LA CAPACIDAD INSTALADA..... | 10         |
| <b>GRÁFICO 1.8</b>                                                                                        |            |
| REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA POTENCIA PROMEDIO Y<br>POTENCIA MÁXIMA.....                                  | 11         |
| <b>GRÁFICO 1.9</b>                                                                                        |            |
| CICLOS DE CARGA.....                                                                                      | 12         |
| <b>GRÁFICO 1.10</b>                                                                                       |            |
| CICLOS DE PÉRDIDAS DE POTENCIA .....                                                                      | 13         |
| <b>GRÁFICO 1.11</b>                                                                                       |            |
| CURVA DE CARGA FACTOR DE PÉRIDAS .....                                                                    | 14         |

|                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>GRÁFICO 1.12</b>                                                                                      |    |
| CURVA DE FACTOR DE PÉRDIDAS EN FUNCIÓN DEL FACTOR DE CARGA.....                                          | 20 |
| <b>GRÁFICO 1.13</b>                                                                                      |    |
| TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN CONVENCIONAL TIPO POSTE.....                                               | 29 |
| <b>GRÁFICO 1.14</b>                                                                                      |    |
| ARREGLO ESQUEMÁTICO DE UN TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION MONOFÁSICO CONVENCIONAL TIPO POSTE.....          | 30 |
| <b>GRÁFICO 1.15</b>                                                                                      |    |
| TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN AUTOPROTEGIDO TIPO POSTE.....                                              | 31 |
| <b>GRÁFICO 1.16</b>                                                                                      |    |
| DIAGRAMA UNIFILAR ELÉCTRICO DE UN TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN MONOFÁSICO AUTOPROTEGIDO TIPO POSTE..... | 32 |
| <b>GRÁFICO 1.17</b>                                                                                      |    |
| TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN TIPO PADMOUNTED.....                                                       | 33 |

## **CAPITULO 2**

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>GRÁFICO 2.1</b>                                                        |    |
| FENÓMENO DE HISTÉRESIS.....                                               | 42 |
| <b>GRÁFICO 2.2</b>                                                        |    |
| CORRIENTES DE EDDY EN UN MEDIO CÚBICO.....                                | 45 |
| <b>GRÁFICO 2.3</b>                                                        |    |
| COMPORTAMIENTO DE LAS PÉRDIDAS DE EDDY SEGÚN EL ESPESOR DE LA LÁMINA..... | 46 |
| <b>GRÁFICO 2.4</b>                                                        |    |
| PÉRDIDAS REDUCIENDO PÉRDIDAS EN EL COBRE ANTE VARIACIONES DE CARGA.....   | 49 |

|                                                                                                                                   | <b>PÁG</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>GRÁFICO 2.5</b>                                                                                                                |            |
| VARIACIÓN DE LA CARGA MÁXIMA ANTE REDUCCIÓN DE LAS<br>PÉRDIDAS EN EL COBRE.....                                                   | 50         |
| <b>GRÁFICO 2.6</b>                                                                                                                |            |
| PÉRDIDAS AUMENTANDO LAS PÉRDIDAS EN EL HIERRO Y<br>REDUCIENDO A LA VEZ LAS PÉRDIDAS EN EL COBRE ANTE<br>VARIACIONES DE CARGA..... | 51         |
| <b>GRÁFICO 2.7</b>                                                                                                                |            |
| VARIACIONES DE LA CARGA MÁXIMA ANTE REDUCCIÓN DE LAS<br>PÉRDIDAS EN EL COBRE .....                                                | 52         |
| <b>GRÁFICO 2.8</b>                                                                                                                |            |
| PÉRDIDAS AUMENTANDO LAS PÉRDIDAS EN EL HIERRO<br>MANTENIENDO LAS PÉRDIDAS EN EL COBRE CONSTANTE ANTE<br>VARIACIONES DE CARGA..... | 53         |
| <b>GRÁFICO 2.9</b>                                                                                                                |            |
| COMPORTAMIENTO DE LA CARGA PERMISIBLE ANTE EL<br>AUMENTO DE LAS PÉRDIDAS EN EL HIERRO.....                                        | 54         |
| <b>GRÁFICO 2.10</b>                                                                                                               |            |
| COMPORTAMIENTO DE LAS PÉRDIDAS TOTALES ANTE<br>VARIACIONES EN LAS PÉRDIDAS TOTALES Y EN LA CARGA.....                             | 55         |
| <b>GRÁFICO 2.11</b>                                                                                                               |            |
| COMPORTAMIENTO DE LAS PÉRDIDAS EN FUNCIÓN DE LA<br>DEMANDA.....                                                                   | 56         |
| <b>GRÁFICO 2.12</b>                                                                                                               |            |
| COMPORTAMIENTO DE LAS PÉRDIDAS VS DEMANDA EN FUNCIÓN<br>DE LA DEMANDA PROMEDIO.....                                               | 57         |

## CAPITULO 3

PÁG

|                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>GRÁFICO 3.1</b>                                                                                                                |    |
| FACTOR DE CARGA EN LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN<br>DE LA EMPRESA ELÉCTRICA PÚBLICA DE GUAYAQUIL.....                       | 60 |
| <b>GRÁFICO 3.2</b>                                                                                                                |    |
| PANTALLA DE INICO DEL MINITAB.....                                                                                                | 73 |
| <b>GRÁFICO 3.3</b>                                                                                                                |    |
| PANTALLA DE TRABAJO DEL MINITAB.....                                                                                              | 74 |
| <b>GRÁFICO 3.4</b>                                                                                                                |    |
| ACCESO AL MENÚ DE GRÁFICOS.....                                                                                                   | 75 |
| <b>GRÁFICO 3.5</b>                                                                                                                |    |
| ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA MUESTRA DE 581<br>TRANSFORMADORES.....                                                                 | 76 |
| <b>GRÁFICO 3.6</b>                                                                                                                |    |
| ANÁLISIS DE LAS ESTADISTICAS DESCRIPTIVAS.....                                                                                    | 77 |
| <b>GRÁFICO 3.7</b>                                                                                                                |    |
| CONFIABILIDAD DE LA EXPLORACIÓN DE DATOS.....                                                                                     | 78 |
| <b>GRÁFICO 3.8</b>                                                                                                                |    |
| HISTOGRAMA ESTADÍSTICO PARA UN TRANSFORMADOR.....                                                                                 | 79 |
| <b>GRÁFICO 3.9</b>                                                                                                                |    |
| HISTOGRMA ESTADÍSTICO DEL FACTOR CARGA CON LOS<br>DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE 581 TRANSFORMADORES.....                            | 80 |
| <b>GRÁFICO 3.10</b>                                                                                                               |    |
| INCREMENTO DE LA DEMANDA EN FUNCIÓN DEL<br>FACTOR DE CARGA.....                                                                   | 83 |
| <b>GRÁFICO 3.11</b>                                                                                                               |    |
| PÉRDIDAS ANUALES DE ENERGÍA EN LOS TRANSFORMADORES<br>DE DISTRIBUCIÓN DE GUAYAQUIL PARA CARGAS RESIDENCIALES-<br>COMERCIALES..... | 96 |

|                                                      | <b>PÁG</b> |
|------------------------------------------------------|------------|
| <b>GRÁFICO 3.12</b>                                  |            |
| PARTES CONSTITUTIVAS DEL ANALIZADOR DE ENERGÍA       |            |
| TOPAS 1000.....                                      | 98         |
| <b>GRÁFICO 3.13</b>                                  |            |
| MONTAJE DEL EQUIPO TOPAS 1000.....                   | 99         |
| <b>GRÁFICO 3.14</b>                                  |            |
| ALIMENTACIÓN DEL EQUIPO.....                         | 100        |
| <b>GRÁFICO 3.15</b>                                  |            |
| SEÑALES DE VOLTAJE Y CORRIENTE.....                  | 100        |
| <b>GRÁFICO 3.16</b>                                  |            |
| DIAGRAMA DE CONEXIÓN MONOFÁSICA DEL ANALIZADOR       |            |
| TOPAS 1000.....                                      | 101        |
| <b>GRÁFICO 3.17</b>                                  |            |
| PUERTO DE COMUNICACIÓN.....                          | 102        |
| <b>GRÁFICO 3.18</b>                                  |            |
| VIDA ÚTIL DEL TRANSFORMADOR CON RESPECTO A LA        |            |
| CARGA PICO.....                                      | 106        |
| <b>GRÁFICO 3.19</b>                                  |            |
| PROGRAMACIÓN DEL EQUIPO TOPAS 1000.....              | 108        |
| <b>GRÁFICO 3.20</b>                                  |            |
| PAGINA DE INICIO SOFTWARE TOPAS 1000.....            | 108        |
| <b>GRÁFICO 3.21</b>                                  |            |
| CONFIGURACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE COMUNICACIÓN..... | 109        |
| <b>GRÁFICO 3.22</b>                                  |            |
| DESCARGA DE LAS MEDICIONES EFECTUADAS.....           | 110        |

## **CAPITULO 4**

**PÁG**

### **GRÁFICO 4.1**

VISUALIZACIÓN DE LAS REDUCCIONES EFECTUADAS..... 112

### **GRÁFICO 4.2**

DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS A VISUALIZAR..... 113

### **GRÁFICO 4.3**

PERFIL DE CARGA TRANSFORMADOR # 1, CAPACIDAD 50 KVA....119

## INTRODUCCIÓN

Las empresas distribuidoras de energía eléctrica están inmersas a distintas condiciones de fallas en sus redes, por consiguiente, las compañías distribuidoras deben gestionar el buen manejo de los recursos buscando optimizar su desempeño, es así que para la correcta selección de los recursos se deben contemplar no solo aspectos técnicos sino también económicos y financieros a fin de poder garantizar un correcto planeamiento a largo plazo, el uso adecuado de los recursos siempre ha sido importante, sin embargo en la actualidad se torna crítico debido a las implicaciones sociales y ambientales, con las cuales debemos ser responsables.

El presente proyecto de tesis analiza la forma en que los usuarios del servicio eléctrico utilizan la energía en Guayaquil para cargas residenciales-comerciales en el sector de la ciudadela bolivariana. Esta característica de consumo nos ha permitido establecer parámetros para determinar el factor de uso de los transformadores de distribución monofásicos de las redes de media tensión de dicha zona.

Se realizó un análisis de la actual carga en los transformadores de distribución monofásicos comparándola con su capacidad nominal, como resultado se logró identificar los transformadores monofásicos subutilizados en el sector de estudio de la ciudadela bolivariana.

Considerando los transformadores monofásicos subutilizados se realizó una simulación de reemplazar estos transformadores por equipos de menor capacidad, más adecuada a la carga que sirven, obteniendo factores de uso superiores. El análisis económico considera los costos de los nuevos transformadores, costos de mano de obra por el trabajo de cambio de equipos, evaluación de pérdidas de energía y capital recuperado por equipos retirados.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En la ciudad de Guayaquil existen transformadores de distribución monofásicos en que el dimensionamiento de la carga no es el óptimo, en otras palabras existen transformadores “Subutilizados”, esta problemática es causante del mal manejo de los recursos, por tal motivo existe un gasto redundante en la compra de nuevos equipos de transformación.

La ciudad de Guayaquil se encuentra en constante crecimiento poblacional, por ende la Empresa Eléctrica de Guayaquil necesita optimizar sus recursos, uno de los sectores en donde existe este problema se presenta en la ciudadela Bolivariana, sector en donde el tipo de carga que alimentan los transformadores de distribución monofásicos es netamente residencial-comercial.

## **JUSTIFICACIÓN**

La Empresa Eléctrica de Guayaquil no cuenta con un procedimiento técnico para dimensionar un transformador de distribución de acuerdo a normas que establecen el correcto funcionamiento, y por tal motivo en la ciudad de Guayaquil existen transformadores de distribución con capacidades mucho mayor para la carga instalada.

Para nosotros, el presente proyecto de tesis se justifica debido a que presenta la forma de obtener la reducción de nuevos equipos de transformación llevando a cabo un procedimiento mediante la mejora del factor de uso de los transformadores de distribución monofásicos en el sector de la ciudadela bolivariana, logrando la recuperación de transformadores de distribución con el cambio de capacidades, y debido a esto la gerencia de control de calidad de la empresa podrá utilizar esta propuesta para distribuir de mejor manera la capacidad de los transformadores de distribución en otros sectores de la ciudad.



Además se podrá observar los cálculos técnicos el beneficio de mejorar el factor de uso con el cambio de equipos de transformación mediante las pérdidas anuales en transformadores de distribución para distintas capacidades.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Formar una herramienta de apoyo para el departamento de Control de Calidad y Estadística, mediante el cual se facilite los procedimientos y normas para lograr una reducción de inversiones en nuevos equipos de transformación, mediante la mejora del factor de uso de los transformadores en el sector de la ciudadela bolivariana, pertenecientes a la red de distribución de la Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil.

### **Objetivos Específicos**

Realizar un estudio estadístico para determinar el factor característico de cargabilidad de los transformadores de distribución monofásicos de Guayaquil para sectores residenciales-comerciales, esto mediante información detallada de los perfiles de carga de mas de 900 transformadores de distribución monofásicos de la base de datos del modulo computacional para análisis de calidad del producto con el que cuenta la empresa.

Determinar la forma de funcionamiento del transformador de distribución monofásico con respecto al factor de carga característico hallado, mediante procedimientos y normas que proporciona el libro de EBASCO de los Estados Unidos de Norteamérica, normas que son también aplicadas en el sistema eléctrico de nuestro país.

Instalar equipos registradores de calidad de energía TOPAS 1000 en el sector escogido de la ciudadela Bolivariana para determinar de forma experimental las

condiciones en que están siendo sometidos los transformadores de distribución monofásicos de esta zona cuyo perfil de carga es netamente comercial-residencial.

Supervisar los parámetros de medición de los transformadores de distribución monofásicos del sector de la ciudadela bolivariana durante 7 días continuos según la regulación del CONELEC 004/01<sup>1</sup>, mediante los equipos registradores de calidad TOPAS 1000 para determinar las condiciones de uso a las que están siendo sometidos.

Determinar el comportamiento de las curvas de carga de cada uno de los transformadores de distribución monofásicos analizados después de los 7 días de medición continua, y de esta manera clasificar a los transformadores que se encuentra subutilizados, es decir con bajo factor de uso.

Realizar el análisis del cambio de capacidad instalada en aquellos transformadores subutilizados, mediante el efecto que conlleva el cambio del mismo utilizando las normas y procedimientos establecidos en el libro de EBASCO.

Establecer una comparación de la situación actual vs la situación propuesta mediante la simulación del cambio de capacidades en base al análisis de pérdidas de energía del libro de Raytheon-EBASCO para cada situación.

## **HIPÓTESIS**

Reestructurar el sistema de distribución de Guayaquil mediante la mejora del factor de uso de los transformadores de la red de distribución obteniendo pérdidas menores a las actuales en el sistema, orientada a lograr la reducción de inversiones en nuevos equipos de transformación.

---

<sup>1</sup>REGULACION No. CONELEC – 004/01, CALIDAD DEL SERVICIO ELÉCTRICO DE DISTRIBUCIÓN, EL DIRECTORIO DEL CONSEJO NACIONAL DE ELECTRICIDAD CONELEC, [www.conelec.gob.ec](http://www.conelec.gob.ec)

## **CAPITULO 1**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **1.1 TRANSFORMADOR<sup>2</sup>**

Máquina eléctrica estática la cual mediante inducción electromagnética transforma voltajes y corrientes eléctricas alternas o pulsantes entre dos o más devanados a la misma frecuencia y usualmente a valores diferentes de voltaje y corriente.

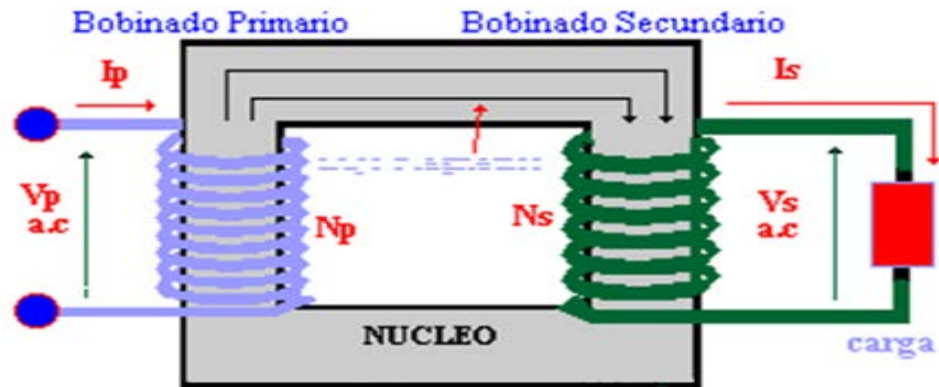
No se la considera una máquina eléctrica por que no tiene partes en movimiento sin embargo dada su importancia se la estudia como tal, el transformador por ser una máquina estática tiene ventajas sobre las máquinas rotativas debido a que no tiene pérdidas mecánicas, las únicas pérdidas del transformador son eléctricas y del hierro, por tal razón su rendimiento es alto.

En el gráfico 1.1 se puede apreciar el modelo de un transformador sencillo, en el cual están montadas las bobinas eslabonadas por un núcleo magnético común, el bobinado que se conecta al primario se denomina primario, mientras que el bobinado que se induce el voltaje y además alimenta la carga se denomina secundario.

---

<sup>2</sup> STHEPHEN J. CHAPMAN; Transformadores, capítulo 2, página 61, tercera edición.

**GRÁFICO 1.1**  
**MODELO BÁSICO DE UN TRANSFORMADOR**



Fuente: Principios Fundamentales del Transformador, M. Lucero Espol.

En donde:

$V_{p.a.c}$  = Voltaje alterno primario del transformador

$V_{s.a.c}$  = Voltaje alterno secundario del transformador

$I_p$  = Corriente primaria del transformador

$I_s$  = Corriente secundaria del transformador

$N_p$  = Bobinado primario del transformador

$N_s$  = Bobinado secundario del transformador

Núcleo = Laminas rectangulares de acero laminado

Carga = Equipo o sistema al cual se le alimenta de energía eléctrica alterna.

## 1.2 TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN

Es un transformador para transferir energía eléctrica desde un circuito primario de distribución a un circuito secundario de distribución o circuito de servicio al consumidor. Normalmente los transformadores de distribución van hasta 500 Kva y hasta 34 500 V.

Los transformadores de distribución pueden ser monofásicos como trifásicos y de clase medio voltaje y bajo voltaje.

De acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE) se establecen las siguientes potencias nominales para los transformadores de distribución, lo cual se indica en el Cuadro 1.1.

**CUADRO 1.1**  
**CAPACIDADES NOMINALES EN LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN**

| <b>TIPO</b>        | <b>CAPACIDADES (KVA)</b>                                |
|--------------------|---------------------------------------------------------|
| <b>MONOFÁSICOS</b> | 3; 5; 10; 15; 25; 37.5; 50; 75; 100; 167; 250; 333      |
| <b>TRIFÁSICOS</b>  | 15; 30; 45; 50; 60; 75; 100; 112.5; 125; 150; 160; 200; |

Fuente: NTE INEN, Norma Técnica Ecuatoriana, 1998

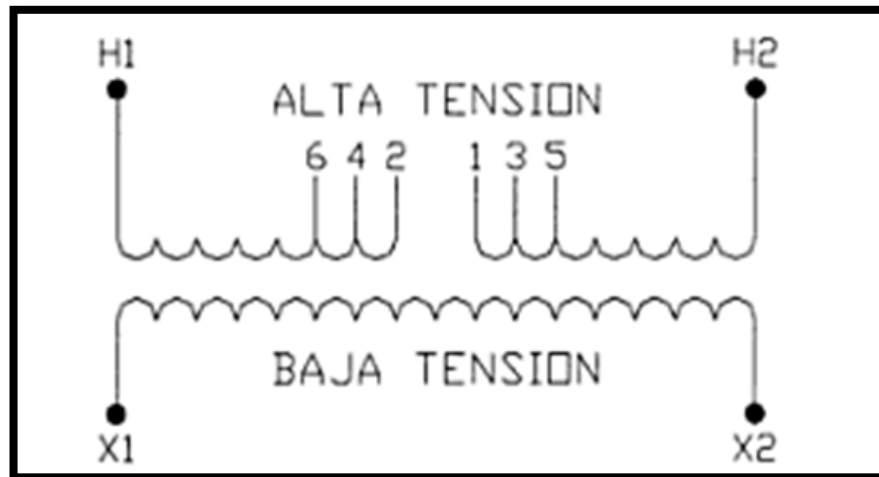
La empresa eléctrica de Guayaquil utiliza transformadores de distribución monofásicos entre 5 KVA y 75 KVA.

Nuestro proyecto de tesis solo se enfoca al estudio de los transformadores de distribución monofásicos existentes en la red de media tensión de la Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil.

### **1.2.1 Transformador de Distribución Monofásico**

Son transformadores de distribución, que son conectados a una línea o fase y un neutro o tierra. Estos transformadores tienen un solo devanado de alta tensión y uno de baja tensión como se puede apreciar en el gráfico 1.2

**GRÁFICO 1.2**  
**ESQUEMA ELÉCTRICO DE UN TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN**  
**MONOFÁSICO**



Fuente: Pedro Avelino Pérez, Transformadores de Distribución, 2001.

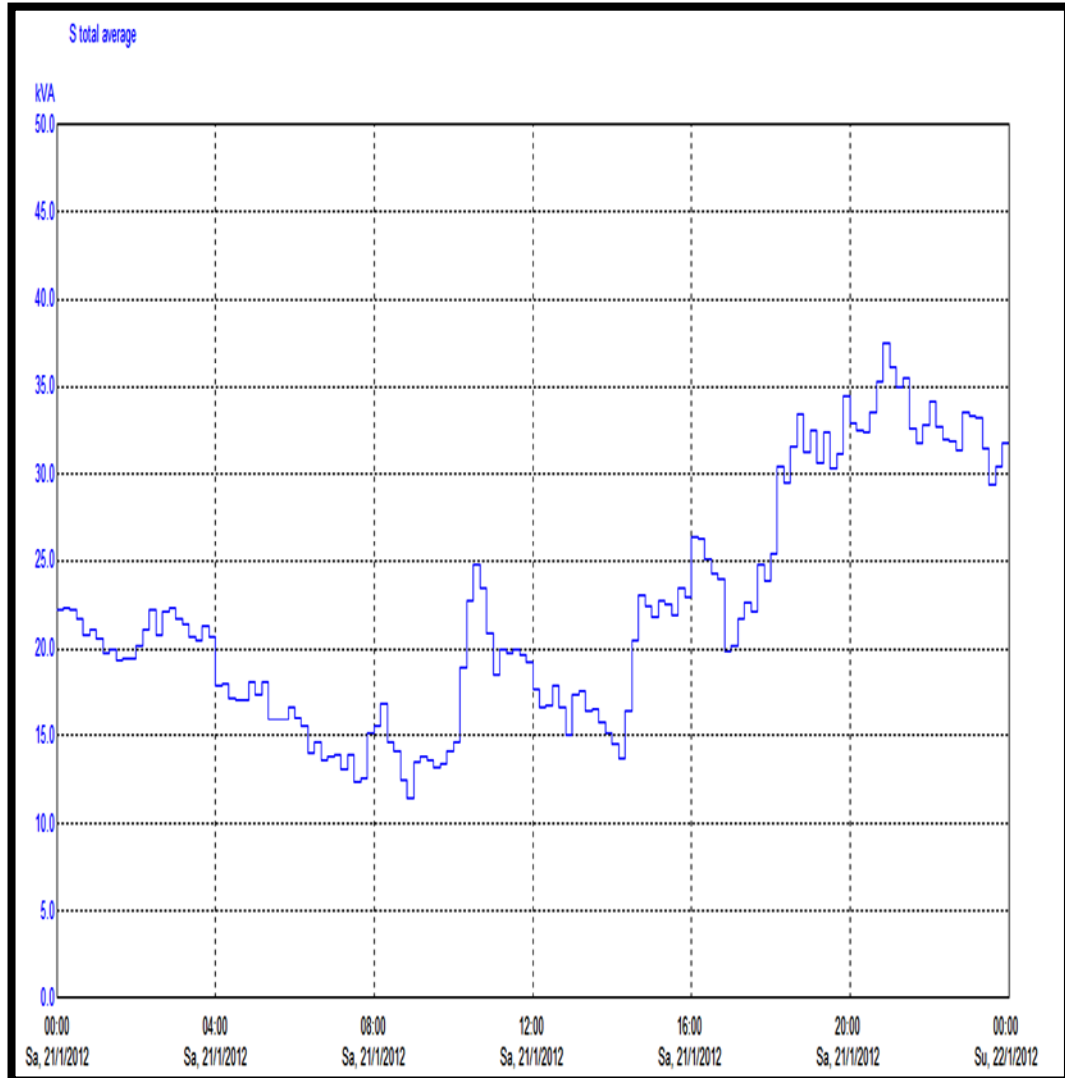
### 1.3 CURVA DE CARGA

Es la gráfica de la variación de la carga en un periodo de carga determinado. Esta curva nos permite obtener la energía consumida, que no es más que el área bajo la curva, existen curvas de carga tipo residencial, comercial e industrial.

#### 1.3.1 Curva de Carga Tipo Residencial

Es un perfil de carga del tipo residencial que tiene la particularidad de que su demanda máxima se presenta alrededor de las 19h00 a 22h30 aproximadamente, ya que como su nombre propio lo dice los usuarios consumen mucho más cuando llegan a sus respectivas residencias en horas de la noche como se puede observar en el gráfico 1.3.

**GRÁFICO 1.3**  
**CURVA DE CARGA TIPO RESIDENCIAL**

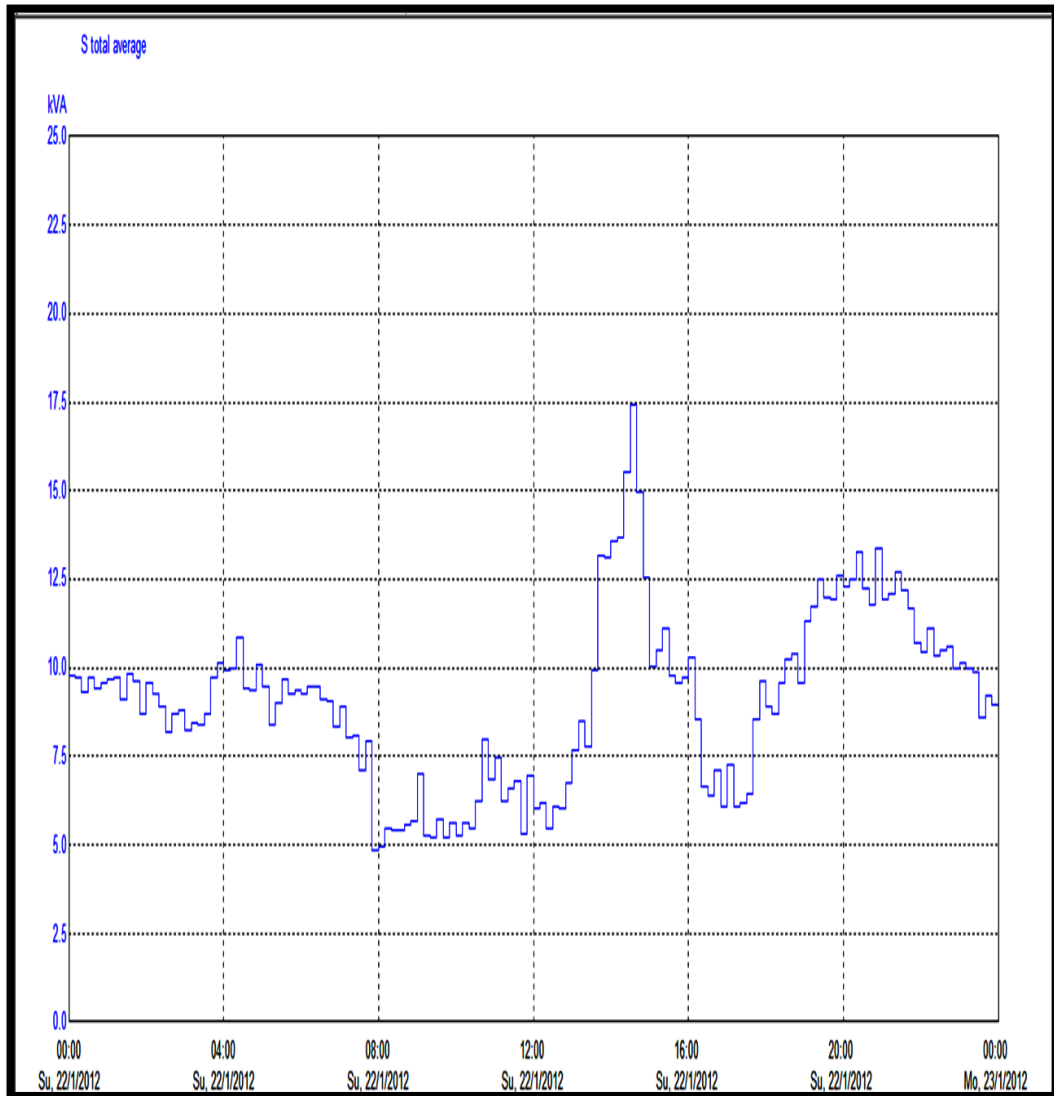


Fuente: Mediciones de curvas de carga en transformadores de distribución monofásicos de la Ciudadela Bolivariana, Topas 1000, 2011-2012

### 1.3.2 CURVA DE CARGA TIPO COMERCIAL

Es un perfil de carga del tipo comercial que tiene la particularidad de que su demanda máxima se presenta alrededor de las 13h30 a 16h00 aproximadamente, horario en que se registra mayor consumo para cargas comerciales, observar en el gráfico 1.4.

**GRÁFICO 1.4**  
**CURVA DE CARGA TIPO COMERCIAL**



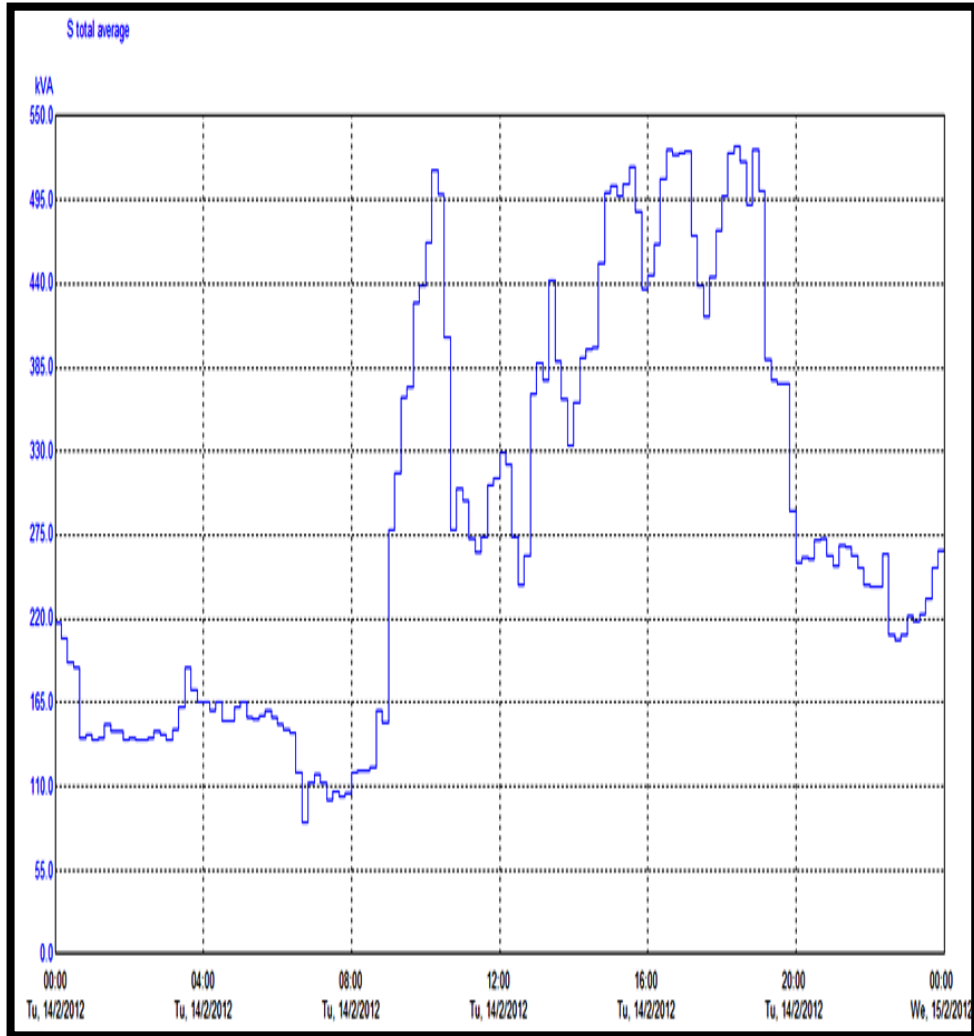
Fuente: Mediciones de curvas de carga en transformadores de distribución monofásicos de la Ciudadela Bolivariana, Topas 1000, 2011-2012

### 1.3.3 CURVA DE CARGA TIPO INDUSTRIAL

Es un perfil de carga del tipo industrial que tiene la particularidad de que su demanda máxima se presenta alrededor de las 10h00 a 20h00 aproximadamente, horario en que se registra mayor consumo para cargas industriales, observar en el gráfico 1.5.



**GRÁFICO 1.5**  
**CURVA DE CARGA TIPO INDUSTRIAL**



Fuente: Mediciones de curvas de carga en transformadores de distribución monofásicos para carga Industrial, 2011-2012

#### 1.4 PARÁMETROS DE LA CARGA<sup>3</sup>

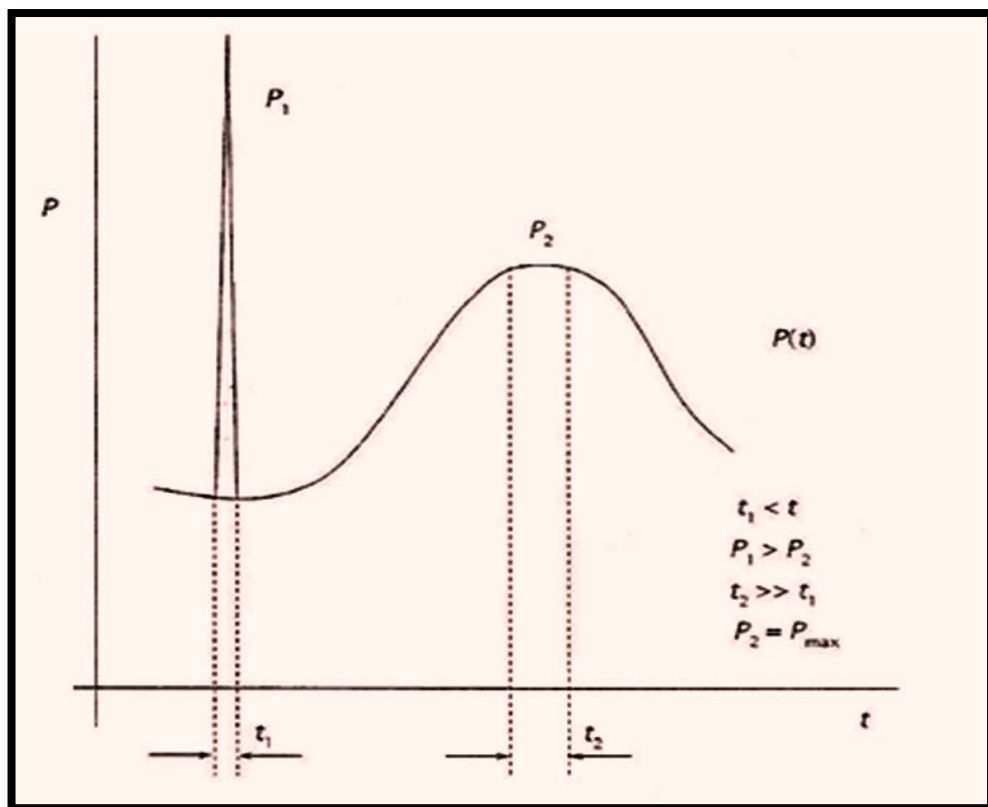
La carga eléctrica es un aparato o conjunto de aparatos conectados a un sistema eléctrico y que demanda una potencia eléctrica, el valor de la potencia demandada es el valor de la carga.

<sup>3</sup> Sistemas de Distribución, Juan Antonio Yebra Morón, 2009

### 1.4.1 DEMANDA MÁXIMA<sup>4</sup>

Para caracterizar la carga se hace referencia a la Demanda Máxima, que es la mayor de todas las potencias demandadas que han ocurrido durante un periodo específico de tiempo. En un sistema eléctrico, se pueden tener variaciones súbitas de la demanda como la de arranque de un motor o puesta en servicio de un transformador pero se debe establecer un periodo mínimo de tiempo que se debe mantener este valor de potencia para que se considere como el máximo, normalmente los aparatos están calibrados para considerar como Demanda Máxima aquella que se mantiene durante un periodo de 15 minutos.

**GRÁFICO 1.6**  
**REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA ENTRADA DE UNA CARGA SÚBITA**



Fuente: Sistemas Eléctricos de Distribución, Juan Antonio Yebra Morón, 2009

<sup>4</sup>Sistemas de Distribución, Juan Antonio Yebra Morón, 2009

#### **1.4.2 CARGA CONECTADA**

Es la suma de las potencias nominales de los equipos que utilizan energía.

#### **1.4.3 CAPACIDAD INSTALADA**

Es la suma de todas las potencias nominales de los equipos que suministran energía, como generadores y transformadores.

#### **1.4.4 FACTOR DE DEMANDA**

Se define como la relación existente entre la demanda máxima y la carga conectada.

$$\textit{Factor de Demanda} = \frac{\textit{Demanda Máxima}}{\textit{Carga Conectada}}$$

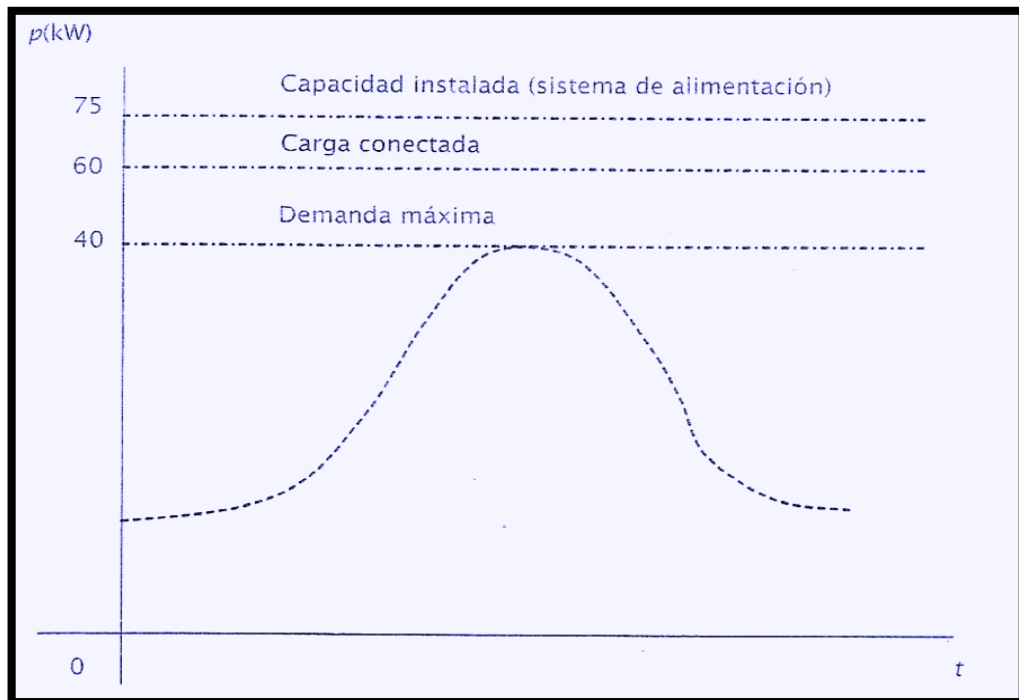
#### **1.4.5 FACTOR DE UTILIZACIÓN**

El factor de utilización se ha definido como la relación entre la demanda máxima y la capacidad instalada, éste factor representa o refleja la permanencia de la carga máxima en un periodo de tiempo comparada con la carga nominal.

$$\textit{Factor de Utilización} = \frac{\textit{Demanda Máxima}}{\textit{Capacidad Instalada}}$$

### GRÁFICO 1.7

#### DEMANDA MÁXIMA DE UNA CARGA VARIABLE, DEL VALOR DE LA CARGA CONECTADA Y DE LA CAPACIDAD INSTALADA



Fuente: Sistemas Eléctricos de Distribución, Juan Antonio Yebra Morón, 2009

#### 1.4.6 FACTOR DE CARGA

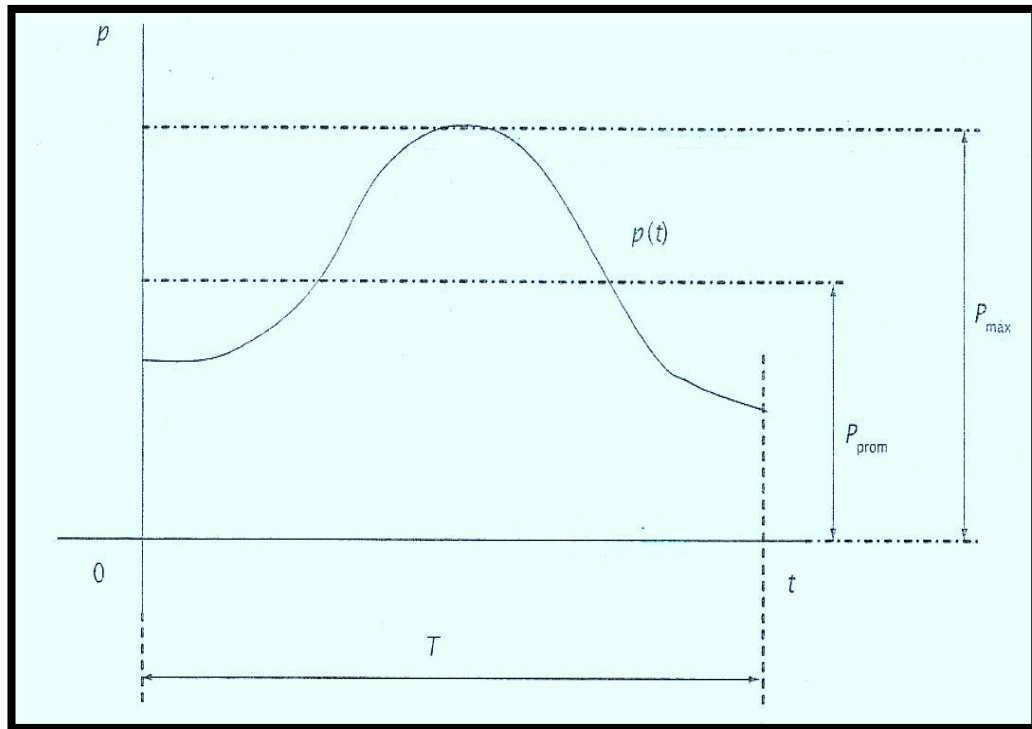
Dada una función  $p(t)$  como se muestra en la gráfica, que representa a la potencia instantánea demandada por una carga cualquier, el factor de carga está definido en un intervalo  $T$ , por la siguiente expresión:

$$F.C. = \frac{1}{P_{max}} \int_0^T \frac{p(t)}{T} dt$$

En donde la expresión de la Integral, indica el valor promedio  $P(t)$  y la expresión fuera de la integral es el recíproco del valor máximo de la potencia  $P_{m\acute{a}x}$ , de acuerdo a lo anterior, el Factor de Carga se puede definir como la relación de la demanda promedio y la demanda máxima.

$$F.C. = \frac{\text{Demanda Promedio}}{\text{Demanda Máxima}}$$

**GRÁFICO 1.8**  
**REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA POTENCIA PROMEDIO Y POTENCIA MÁXIMA**

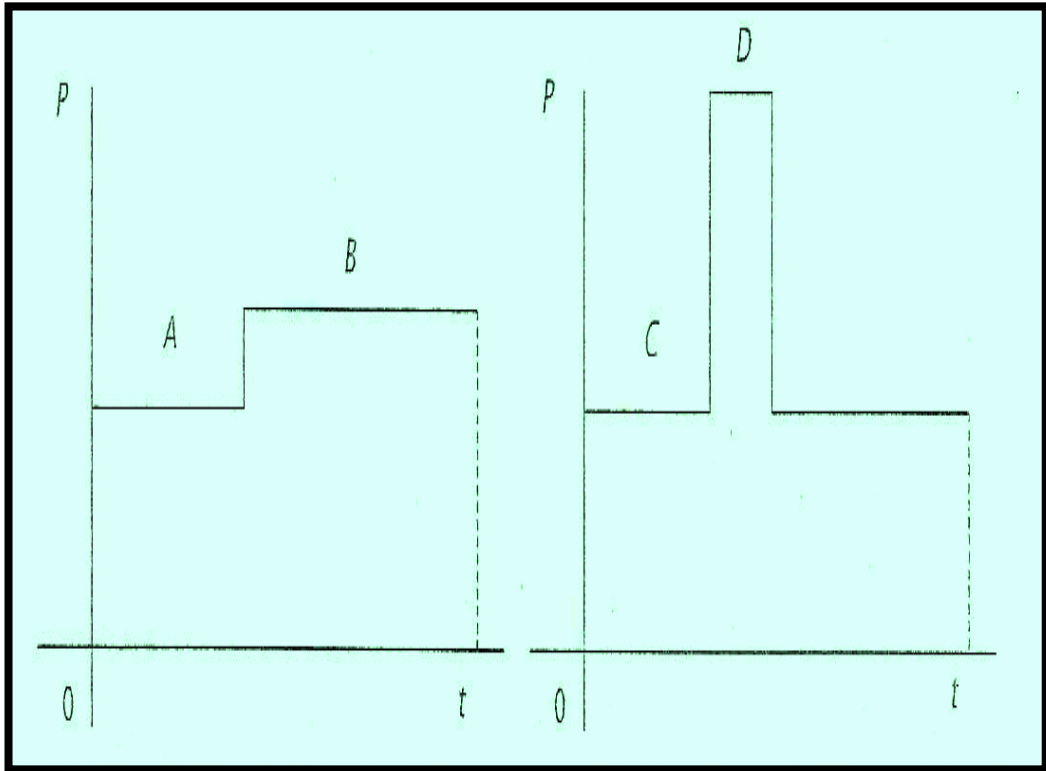


Fuente: Sistemas Eléctricos de Distribución, Juan Antonio Yebra Morón, 2009

El factor de carga es mayor que cero y menor o igual a uno, el factor de carga es igual a uno cuando se trata de una carga constante como el ejemplo de una carga de alumbrado público, que normalmente entra y sale a la vez, como se observa en la gráfica 1.9 que en la primera curva es casi igual a uno al ser las demandas A y B casi iguales, en cambio en la segunda gráfica el factor de carga se aproxima a 0.5.

Básicamente el factor de carga indica el grado con que se mantiene el valor de la potencia máxima.

**GRÁFICO 1.9**  
**CICLOS DE CARGA**



Fuente: Sistemas Eléctricos de Distribución, Juan Antonio Yebra Morón, 2009

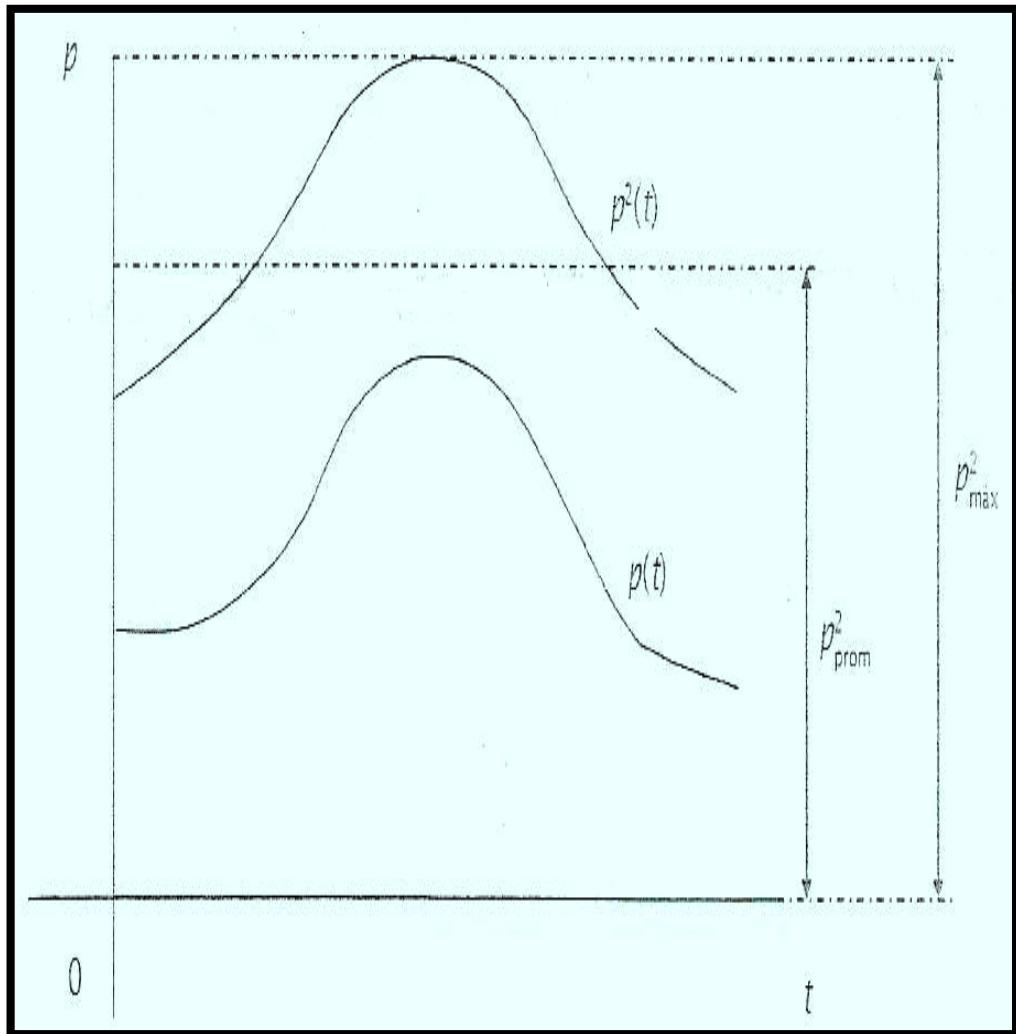
### 1.4.7 FACTOR DE PÉRDIDAS

Es el porcentaje de tiempo requerido por la carga pico para producir las mismas pérdidas que producidas por las cargas reales sobre un período de tiempo especificado, dada la función de la grafica, que representan las pérdidas instantáneas de potencia  $Ri^2$ , el factor de pérdidas se define en un intervalo T, por la siguiente expresión:

$$F_{per} = \frac{1}{RI^2_{m\acute{a}x}} \int_0^T \frac{Ri^2}{T} dt$$

En donde la expresión dentro de la integral expresa el valor promedio de las pérdidas  $Ri^2$  y la expresión dentro de la integral indica el recíproco de las pérdidas durante la demanda máxima.

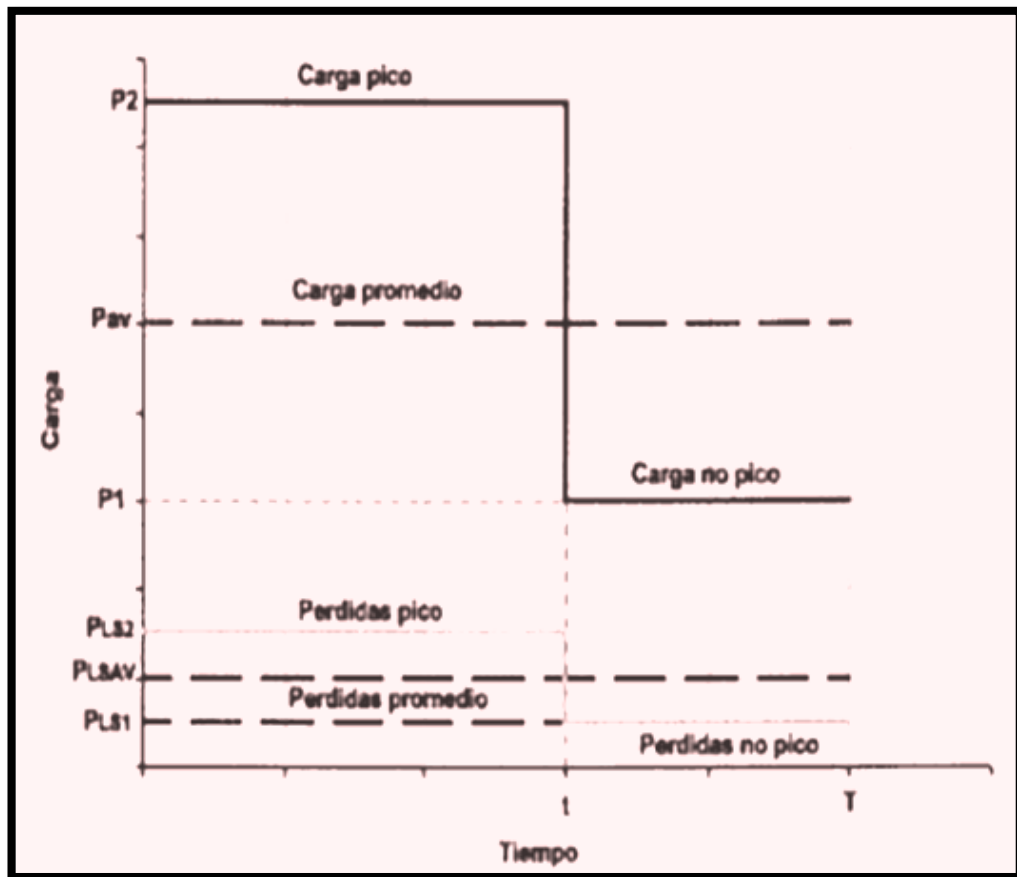
**GRÁFICO 1.10**  
**CICLOS DE PÉRDIDAS DE POTENCIA**



Fuente: Sistemas Eléctricos de Distribución, Juan Antonio Yebra Morón, 2009

El Factor de Pérdidas no se puede determinar directamente del factor de carga, porque el factor de pérdidas se determina a partir de las pérdidas en función del tiempo, que a su vez son proporcionales en función del tiempo al cuadrado de la carga. Sin embargo, los valores límites de la relación si pueden ser encontrados.

**GRÁFICA 1.11**  
**CURVA DE CARGA, FACTOR DE PÉRDIDAS**



Fuente: Transmission and Distribution Electrical Engineering, Third Edition, Colin Bayliss-Brian Hardy, 2007

Asumiendo que se alimenta a una carga variable como se indica en la figura 1.11, en la cual se muestra una carga arbitraria o idealizada, sin embargo, ello no representa una curva de carga diaria, entonces;

$$FC = \frac{[(P2 * t + P1 * (T - t))]}{(P2 * T)}$$

Las pérdidas Joule dependen del cuadrado de la corriente, esta depende de la carga, el factor de pérdidas (aceptando que depende del cuadrado de la carga) es:



$$Fpér = \left[ \frac{(P2^2 * t) + (P1^2 * (T - t))}{(P2^2 * T)} \right]$$

Se puede plantear un caso extremo, que representa una carga que funciona a pleno P2 durante t, y luego la carga es cero P1 = 0

$$Fpér = \frac{t}{T}$$

$$Fpér = \frac{t}{T} = FC$$

El otro caso es una carga que funciona en un tiempo muy pequeño t = 0 con P2, situación que representa por ejemplo la sobrecorriente de arranque (de un motor), y luego funciona por todo el resto del tiempo T con la carga P1.

$$FC = \frac{P1}{P2}$$

$$Fpér = \left( \frac{P1}{P2} \right)^2 = FC^2$$

Para un sistema de distribución Buller y Woodrow<sup>5</sup> propusieron una formula empírica utilizable en aproximaciones estadísticas.

$$Fpér = c(FC) + (1 - c)(FC)^2$$

En donde:

**Fper** = Factor de Pérdidas

**FC** = Factor de Carga

**c** = es un coeficiente variable que depende de aproximaciones estadísticas.

---

<sup>5</sup>Load factor equivalent hour values compared - Electrical Word, 1928, pág. 59-60

Para la gráfica 1.11 el factor de carga conforme se alimenta a una carga variable  
 Asíumase que las pérdidas no pico es  $P_{LS1}$  a alguna carga no pico  $P1$  y que la  
 pérdidas pico es  $P_{LS2}$  a la carga pico  $P2$ , según la grafica 2.11, entonces;

El factor de carga es;

$$FC = \frac{P_{av}}{P_{máx}} = \frac{P_{av}}{P2}$$

De la gráfica 1.11;

$$P_{av} = \frac{(P2 * t) + (P1 * (T - t))}{T}$$

$$FC = \frac{(P2 * t) + (P1 * (T - t))}{P2 * T} = \frac{t}{T} + \frac{P1}{P2} * \frac{T - t}{T}$$

El factor de pérdidas es;

$$Fpér = \frac{P_{LSav}}{P_{LSmáx}} = \frac{P_{LSav}}{P_{LS2}}$$

Donde;

$P_{LSav}$  = Pérdidas de potencia promedio

$P_{LSmáx}$  = Pérdidas de potencia máxima

$P_{LS2}$  = Pérdidas pico a la carga pico

De la figura 2.11;

$$P_{LSav} = \frac{(P_{LS2} * t) + (P_{LS1} * (T - t))}{T}$$

$$P_{LSav} = \frac{(P_{LS2} * t) + (P_{LS1} * (T - t))}{P_{LS2}}$$

Donde;

**P<sub>LS1</sub>** = Pérdidas no pico a la carga no pico

**t** = Duración de la carga pico

**T-t** = Duración de la carga pico

Las pérdidas físicas son función de las cargas asociadas, por tanto, las cargas pico y no pico pueden expresarse respectivamente como:

$$P_{LS1} = k * P_1^2$$

$$P_{LS2} = k * P_2^2$$

Donde k es una constante, así sustituyendo el factor de pérdidas puede expresarse como;

$$Fpér = \frac{(kP_2^2 * t) + (kP_1^2 * T - t)}{(k * P_2^2) * T} = \frac{t}{T} + \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^2 * \left(\frac{T - t}{T}\right)$$

Usando las ecuaciones anteriores, el factor de carga puede relacionarse con el factor de pérdidas para los siguientes casos

**CASO 1:** La carga no pico es cero  $P_1 = 0$ , (ver gráfica 2.11) puesto que  $P_1=0$ , entonces  $P_{LS1}=0$ , por lo tanto, la ecuación ;

$$FC = \frac{P_2 * t + P_1 * (T - t)}{P_2 * T} = \frac{t}{T} + \left( \frac{P_1}{P_2} \right) * \left( \frac{T - t}{T} \right)$$

Se convierte en  $FC = \frac{t}{T}$  ; y la ecuación

$$P_{LS1} = k * P_1^2$$

Se convierte en  $Fper = \frac{t}{T}$ ; lo que da;  $FC = Fper = \frac{t}{T}$

**Esto es, el factor de carga es igual al factor de pérdidas y ambas son iguales a la constante  $\frac{t}{T}$**

**CASO 2:** La duración de carga pico es muy corta  $t$  tiende a cero (ver figura 2.11)

La ecuación;

$$FC = \frac{P_2 * t + P_1 * (T - t)}{P_2 * T} = \frac{t}{T} + \left( \frac{P_1}{P_2} \right) * \left( \frac{T - t}{T} \right)$$

Se convierte en  $Fper = \frac{P_1}{P_2}$  , y la ecuación;

$$P_{LS1} = k * P_1^2$$

Se convierte en;

$$F_{pér} = \left( \frac{P_1}{P_2} \right)^2$$

*Por lo tanto;  $F_{per}$  es igual al  $FC^2$*

**CASO 3:** La carga es estable t tiende a T(ver figura2.11)

Esto es, la diferencia entre la carga pico y la carga no pico es despreciable, por ejemplo, si la carga del consumidor es un planta petroquímica, este sería el caso.

Aquí la carga pico se sostiene en todo T y por lo tanto,

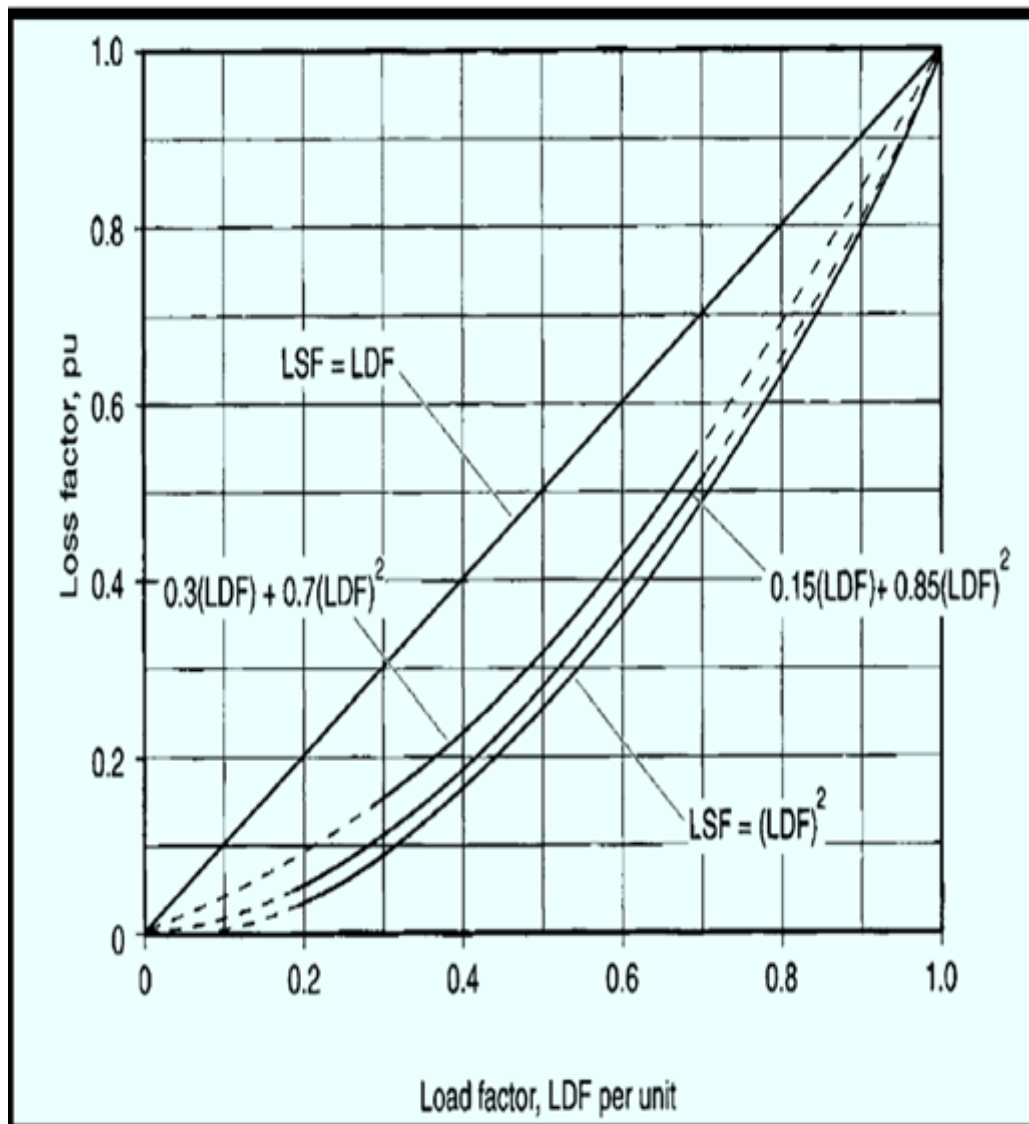
$$F_{pér} \rightarrow FC$$

Esto es el valor del factor de pérdidas que se aproxima al valor del factor de carga, en general, el valor del factor de pérdidas está entre;

$$FC^2 < F_{per} < FC$$

En la siguiente gráfica se demuestra gráficamente las tendencias del Factor de pérdidas con respecto al factor de carga según el tipo de carga.

**GRÁFICA 1.12**  
**CURVAS DE FACTORES DE PÉRDIDAS (LSF) EN FUNCIÓN DEL**  
**FACTOR DE CARGA (LDF)**



Fuente: Transmission and Distribution Electrical Engineering, Third Edition, Colin Bayliss-Brian Hardy, 2007

C= es un coeficiente variable que depende de aproximaciones estadísticas.

Cuando C es aproximadamente igual a 0.3 para sistemas de transmisión

C es aproximadamente igual a 0.15 para sistemas de distribución

Por lo tanto se obtienen las siguientes formulas para el factor de pérdidas con respecto al factor de carga;

$F_{per}=FC$ , para cargas lineales

$F_{per}=FC^2$ , para cargas pico muy corta

$F_{per}= 0.3 FC +0.7FC^2$ , para sistemas de transmisión

$F_{per}= 0.15FC+ 0.85FC^2$ , para sistemas de distribución

## **1.5 TRANSFORMADOR SUBUTILIZADO**

Es un transformador en el cual su factor de uso presenta un porcentaje muy por debajo respecto a la capacidad nominal del transformador, normalmente se considera aun transformador subutilizado cuando su factor de uso es menor o igual al 60 %<sup>6</sup>.

## **1.6 EQUIPO REGISTRADOR DE CALIDAD DE ENERGÍA**

Es un indicador del nivel de adecuación de la instalación para soportar y garantizar el buen funcionamiento de sus cargas. Permite detectar y registrar todos los detalles de las perturbaciones eléctricas, realizar análisis de tendencias y verificar la calidad del suministro eléctrico.

## **1.7 PÉRDIDAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

Las pérdidas de energía eléctrica son comunes e inherentes a las compañías de electricidad, se tornan en un problema muchas veces grave cuando éstas rebasan

---

<sup>6</sup>XXIV SEMINARIO NACIONAL DEL SECTOR ELÉCTRICO, Ecuacier, Comisión de Integración Energética Regional Comité Ecuatoriano, 2009

ciertos límites lógicos, es práctica común clasificar las pérdidas de energía eléctrica en técnicas y no técnicas.

En el cuadro 2.2 se muestra la clasificación en que equipos y sistemas se dan las pérdidas de energía eléctrica técnicas y no técnicas.

**CUADRO 1.2**  
**CLASIFICACIÓN DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

| <b>PÉRDIDAS DE ENERGÍA</b> |                    |
|----------------------------|--------------------|
| <b>TÉCNICAS</b>            | <b>NO TÉCNICAS</b> |
| TRANSFORMADORES            | ADMINISTRATIVAS    |
| LINEAS                     | ACCIDENTALES       |
| FACTOR DE POTENCIA         | FRAUDULENTAS       |
| MOTORES                    |                    |
| GENERADORES                |                    |

Fuente: Los Autores

En este proyecto de tesis solo nos vamos a centrar en las pérdidas técnicas de energía eléctrica que se dan en los transformadores de distribución.

### **1.7.1 Pérdidas Técnicas de Energía**

La diferencia de la energía que ingresa y la energía que se factura es igual a las pérdidas técnicas que se producen en el recorrido que realiza la energía eléctrica, esta hipótesis será verdadera, siempre y cuando se logre facturar toda la energía destinada al usuario final.<sup>7</sup>

Las pérdidas técnicas de energía representan la energía que se pierde durante la transmisión dentro de la red y la distribución como consecuencia de un calentamiento natural de los conductores que transportan la electricidad desde las plantas generadoras a los consumidores.

---

<sup>7</sup>[http://perdidasesnergiaelectricas.blogspot.com/2007\\_11\\_01\\_archive.html](http://perdidasesnergiaelectricas.blogspot.com/2007_11_01_archive.html)



Este tipo de pérdidas es normal en cualquier distribuidora de energía y no pueden ser eliminadas totalmente; sólo pueden reducirse a través del mejoramiento de la red.

Además, se incluyen las pérdidas en los núcleos de los transformadores y en las bobinas de voltaje de los medidores de energía, que no dependen de la magnitud de la corriente.

En el análisis de un sistema de distribución, las pérdidas técnicas se hallan vinculadas a los equipos y subsistemas:

- Sistemas de subtransmisión.
- Redes primarias
- Transformadores de distribución
- Redes secundarias
- Alumbrado público

En el cuadro 2.3 se indican las pérdidas en (GWh) que tienen los transformadores de distribución en cada una de las empresas distribuidoras.

**CUADRO 1.3**  
**PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN**  
**DE LAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS**

| <b>EMPRESA</b>             | <b>Pérdidas en Transformadores (GWh)</b> | <b>Pérdidas en Transformadores (%)</b> |
|----------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1. Ambato                  | 7.80                                     | 19.56                                  |
| 2. Azogues                 | 0.91                                     | 18.80                                  |
| 3. Centro Sur              | 13.39                                    | 30.53                                  |
| 4. CNEL-Bolívar            | 1.59                                     | 15.45                                  |
| 5. CNEL-EI Oro             | 10.11                                    | 7.85                                   |
| 6. CNEL-Esmeraldas         | 9.28                                     | 8.29                                   |
| 7. CNEL-Guayas-Los Ríos    | 27.54                                    | 8.33                                   |
| 8. CNEL-Los Ríos           | 6.97                                     | 8.42                                   |
| 9. CNEL-Manabí             | 31.36                                    | 6.80                                   |
| 10. CNEL-Milagro           | 9.23                                     | 7.65                                   |
| 11. CNEL-Santa Elena       | 8.94                                     | 12.79                                  |
| 12. CNEL-Santo Domingo     | 13.26                                    | 25.81                                  |
| 13. CNEL-Sucumbíos         | 5.32                                     | 11.30                                  |
| 14. Cotopaxi               | 3.99                                     | 13.35                                  |
| 15. Eléctrica de Guayaquil | 120.70                                   | 14.54                                  |
| 16. Galápagos              | 0.40                                     | 16.81                                  |
| 17. Norte                  | 7.04                                     | 14.67                                  |
| 18. Quito                  | 53.74                                    | 21.21                                  |
| 19. Riobamba               | 4.98                                     | 13.22                                  |
| 20. Sur                    | 7.01                                     | 24.44                                  |
| <b>TOTAL</b>               | <b>343.56</b>                            |                                        |

Fuente: CONELEC, Distribución de Energía; Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano, año 2010.

## **1.8 EMPRESA DISTRIBUIDORA DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

Desde el año 2009 se han realizado cambios en la normativa jurídica y operativa del Sector Eléctrico Ecuatoriano, sobre la base del Mandato Constituyente N°15, que introduce reformas a la estructura operativa del sistema de prestación del servicio de energía eléctrica, relacionadas con tarifas, ajustes contables y financiamiento.

A partir de marzo de 2009, la Corporación Nacional de Electricidad (CNEL) asumió los plenos derechos y obligaciones para operar en el sector eléctrico nacional como empresa distribuidora de electricidad, luego de suscribir un contrato de concesión con el CONELEC.

Esta decisión se ajusta a las disposiciones del Mandato Constituyente N° 15, de 23 de julio de 2008, que en su transitoria tercera, faculta la fusión de empresas del Sector y determina que el ente Regulador facilite los mecanismos para su consecución.

Cumpliendo con las disposiciones del Mandato N° 15 y con la Ley Orgánica de Empresas Públicas, la CNEL se integró con diez empresas distribuidoras que en la actualidad funcionan como Gerencias Regionales.<sup>8</sup>

Las empresas cuya denominación dejó de existir son: Empresa Eléctrica Esmeraldas S.A.; Empresa Eléctrica Regional Manabí S.A. (EMELMANABI); Empresa Eléctrica Santo Domingo S.A.; Empresa Eléctrica Regional Guayas-Los Ríos S.A. (EMELGUR); Empresa Eléctrica Los Ríos C.A.; Empresa Eléctrica Milagro C.A.; Empresa Eléctrica Península de Santa Elena S.A.; Empresa Eléctrica El Oro S.A.; Empresa Eléctrica Bolívar S.A.; y, Empresa Eléctrica Regional Sucumbíos S.A.

Se mantienen con la denominación de Empresas Eléctricas las siguientes: Norte, Quito, Ambato, Cotopaxi, Riobamba, Azogues, Centro Sur, Sur y Galápagos.

---

<sup>8</sup> CONELEC; Distribución de Energía; Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano, año 2010, pagina 130.

La Corporación para la Administración Temporal Eléctrica de Guayaquil (CATEG) en sus secciones de generación y distribución, a través del Decreto Ejecutivo N° 1786 de 18 de junio de 2009, se convirtió en la Unidad de Generación, Distribución y Comercialización de Energía Eléctrica de Guayaquil (Eléctrica de Guayaquil), pasando a ser un organismo de la Función Ejecutiva que conforma la administración pública central, a partir del año 2011 por decreto ejecutivo 887 se convirtió en Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil en con funciones descentralizadas y desconcentradas, por lo que su gestión Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano administrativa y financiera es propia, actuando adscrita al Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER).

Por otra parte, alrededor del 97% de la demanda de energía eléctrica de la empresa de distribución CNEL-Sucumbíos fue atendida por el sistema nacional, a través de la línea de transmisión Totoras-Agoyán-Puyo-Tena-Coca, esta empresa posee además varios sistemas aislados en Puerto El Carmen, Nuevo Rocafuerte, Tiputini y otros, cuya demanda es abastecida por generación local; esta situación ha hecho que el CONELEC defina a éste como un sistema no incorporado.

La Empresa Eléctrica Provincial Galápagos S.A., cuya área de concesión comprende la provincia insular de Galápagos, se considera como un sistema no incorporado.

En base al artículo 39 del capítulo VII, de la Ley del Régimen del Sector Eléctrico, el CONELEC ha realizado la concesión de servicios de distribución de energía eléctrica a 11 empresas eléctricas del país, las mismas que están obligadas a prestar estos servicios durante el plazo establecido en los contratos de concesión, cumpliendo con normas que garanticen la eficiente atención a los usuarios y el preferente interés nacional.

El cuadro 2.4 muestra la delimitación geográfica de las áreas de concesión de las empresas prestatarias del servicio público de electricidad, estas son: la Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil, nueve Empresas Eléctricas y las diez Gerencias Regionales que conforman la CNEL.

**CUADRO 1.4**  
**AREAS DE CONCESIÓN DE LAS EMPRESAS ELÉCTRICAS**  
**DISTRIBUIDORAS**

| Empresa                | Provincias a las que sirve de manera total o parcial | Área de Concesión (km <sup>2</sup> ) |
|------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| E.E. Ambato            | Tungurahua, Pastaza, % Morona, % Napo                | 40805                                |
| CNEL-Sucumbíos         | Sucumbíos, Napo, Orellana                            | 37842                                |
| E.E. Centro Sur        | Azuay, % Cañar, Morona                               | 28962                                |
| E.E. Sur               | Loja, Zamora, % Morona                               | 22721                                |
| CNEL-Manabí            | Manabí                                               | 16865                                |
| CNEL-Esmeraldas        | Esmeraldas                                           | 15366                                |
| E.E. Quito             | Pichincha, % Napo                                    | 14971                                |
| E.E. Norte             | Carchi, Imbabura, % Pichincha, % Sucumbíos           | 11979                                |
| CNEL-Guayas Los Ríos   | Guayas, Los Ríos, % Manabí, % Cotopaxi, % Azuay      | 10511                                |
| E.E. Galápagos         | Galápagos                                            | 7942                                 |
| CNEL-Sta. Elena        | % Guayas, Sta. Elena                                 | 6774                                 |
| CNEL El Oro            | El Oro, % Azuay                                      | 6745                                 |
| CNEL-Sto. Domingo      | Sto. Domingo, % Esmeraldas                           | 6574                                 |
| CNEL-Milagro           | % Guayas, % Cañar, % Chimborazo                      | 6175                                 |
| E.E. Riobamba          | Chimborazo                                           | 5940                                 |
| E.E. Cotopaxi          | Cotopaxi                                             | 5556                                 |
| CNEL-Los Ríos          | % Los Ríos, % Guayas, % Bolívar, % Cotopaxi          | 4059                                 |
| CNEL-Bolívar           | Bolívar                                              | 3997                                 |
| Eléctrica de Guayaquil | % Guayas                                             | 1399                                 |
| E.E. Azogues           | % Cañar                                              | 1187                                 |

Fuente: CONELEC, Distribución de Energía; Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano, año 2010.

## **1.9 TIPOS DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN MONOFÁSICOS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE LA EMPRESA ELÉCTRICA PÚBLICA DE GUAYAQUIL**

En la Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil existen tres tipos de transformadores de distribución monofásicos: el transformador tipo poste convencional, tipo poste autoprotegido y tipo padmounted, sin embargo el procedimiento del cálculo y el diseño constructivo del conjunto núcleo- bobina, prácticamente es el mismo para los tres tipos, solo hay cambios en su presentación externa, o sea, en la configuración de su tanque o cuba, de los accesorios y protecciones adicionales.<sup>9</sup>

### **1.9.1 Transformador de Distribución Monofásico Convencional Tipo Poste**

Los transformadores de distribución convencional tipo poste constan de núcleo y bobinas montados, de manera segura, en un tanque lleno con aceite; llevan hacia afuera las terminales necesarias que pasan a través de bujes apropiados.

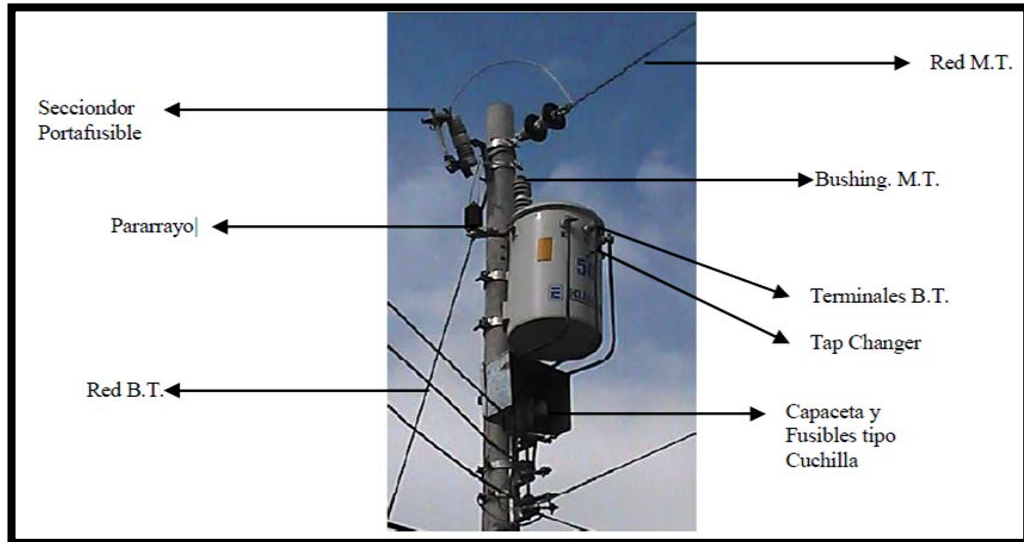
El transformador de poste tipo convencional que se utilizan en la EMPRESA ELÉCTRICA PÚBLICA DE GUAYAQUIL incluye sólo la estructura básica del transformador sin equipo de protección alguno.

La protección deseada por sobrevoltaje, sobrecarga y cortocircuito se obtiene usando pararrayos y seccionadores portafusibles montados separadamente en poste o en la cruceta, muy cerca del transformador.

---

<sup>9</sup>Teoría, cálculo, y pruebas de Transformadores de Distribución, Pedro Avelino Pérez 2da Edición 2001, Capítulo 5, página 160.

**GRÁFICA 1.13**  
**TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN MONOFÁSICO**  
**CONVENCIONAL TIPO POSTE**



Fuente: Pedro Avelino Pérez, Transformadores de Distribución, 2001

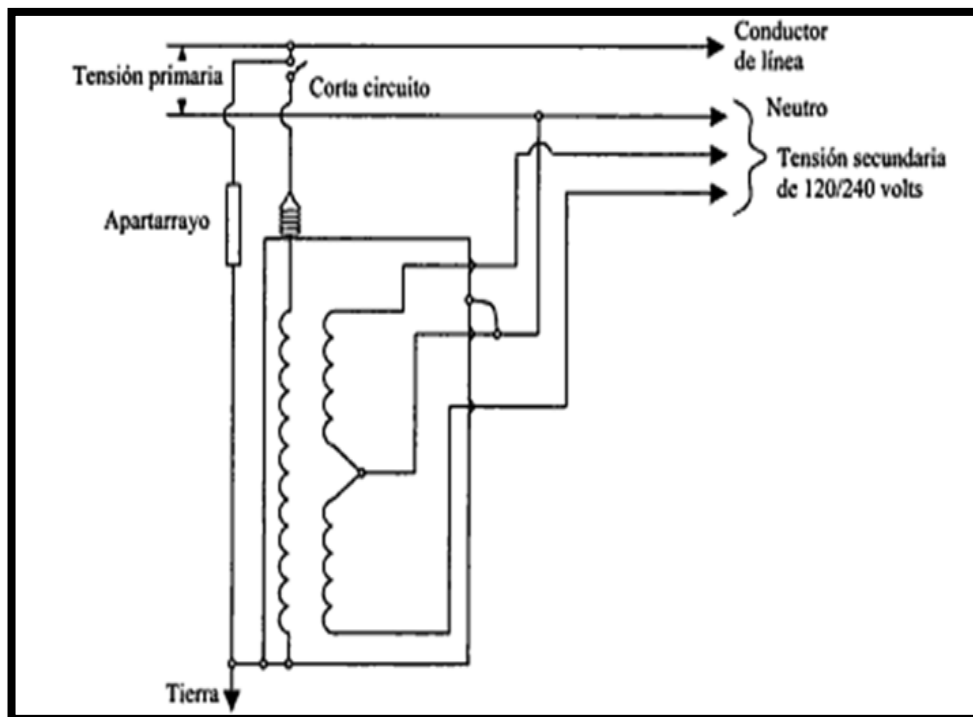
Este tipo de transformador no tiene ningún dispositivo de protección, para que sedesconecte el transformador de la red en caso de un cortocircuito. Los dispositivos de protección se instalan adicionalmente en la parte exterior del transformador en su etapa de montaje.

Este tipo de transformadores por lo general se utiliza en sistemas trifásicos, en forma de bancos de 2 o 3 unidades, que pueden tener uno o dos bushing, dependiendo de la conexión y la línea.

En estos transformadores existen problemas como sobrevoltage, sobrecargas, cortocircuitos en las redes secundarias, fallas internas; para lo cual se ubica elementos protectores que comprenden:

- Fusible de baja tensión
- Portafusibles de media tensión
- Apartarrayos

**GRÁFICA 1.14**  
**ARREGLO ESQUEMÁTICO DE UN TRANSFORMADOR DE**  
**DISTRIBUCIÓN MONOFÁSICO CONVENCIONAL TIPO POSTE**



Fuente: Pedro Avelino Pérez, Transformadores de Distribución, 2001

### 1.9.2 Transformador de Distribución Monofásico Autoprotegido Tipo Poste<sup>10</sup>

El transformador de poste autoprotegido tiene un breaker de protección secundario porsobrecarga y cortocircuito, controlado térmicamente y montado en su interior; un tirafusible protector de montaje interno conectado en serie con el devanado de mediovoltaje para desconectar el transformador de la línea en caso de falla interna de

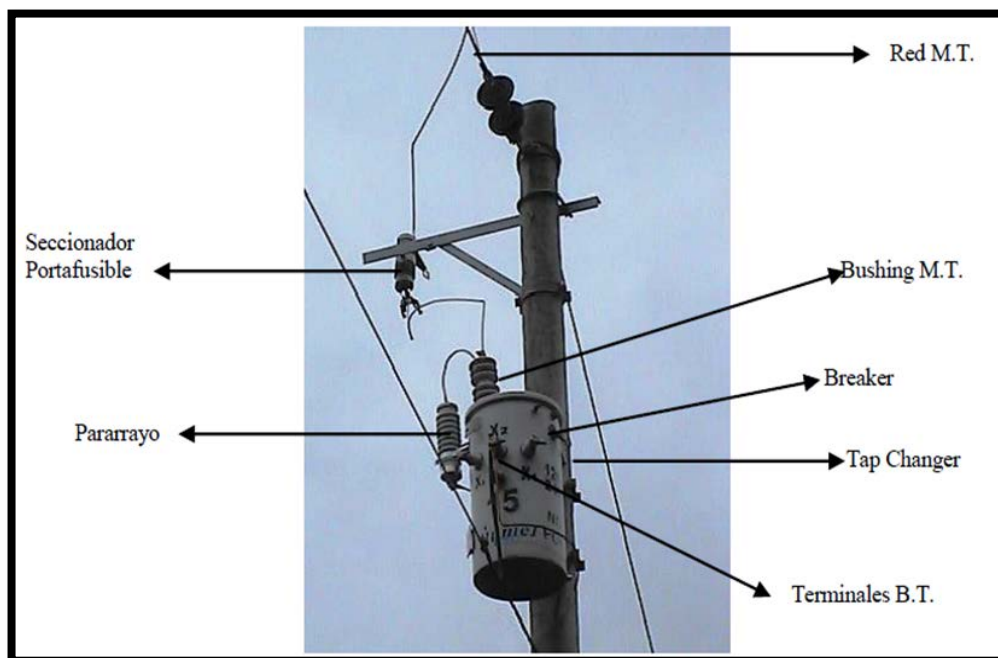
<sup>10</sup>Teoría, calculo, y pruebas de Transformadores de Distribución, Pedro Avelino Pérez 2da Edición 2001



las bobinas, y un Apartarrayos montados en forma integral en el exterior del tanque para protección por sobrevoltage.

En todos estos transformadores, el cortacircuito opera una lámpara de señal cuando se llega a una temperatura de devanado predeterminada, a manera de advertencia antes del disparo. Si no se atiende la señal y el cortacircuito dispara, puede restablecerse éste y restaurarse la carga por medio de un asa externa.

**GRÁFICA 1.15**  
**TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN MONOFÁSICO**  
**AUTOPROTEGIDO TIPO POSTE**



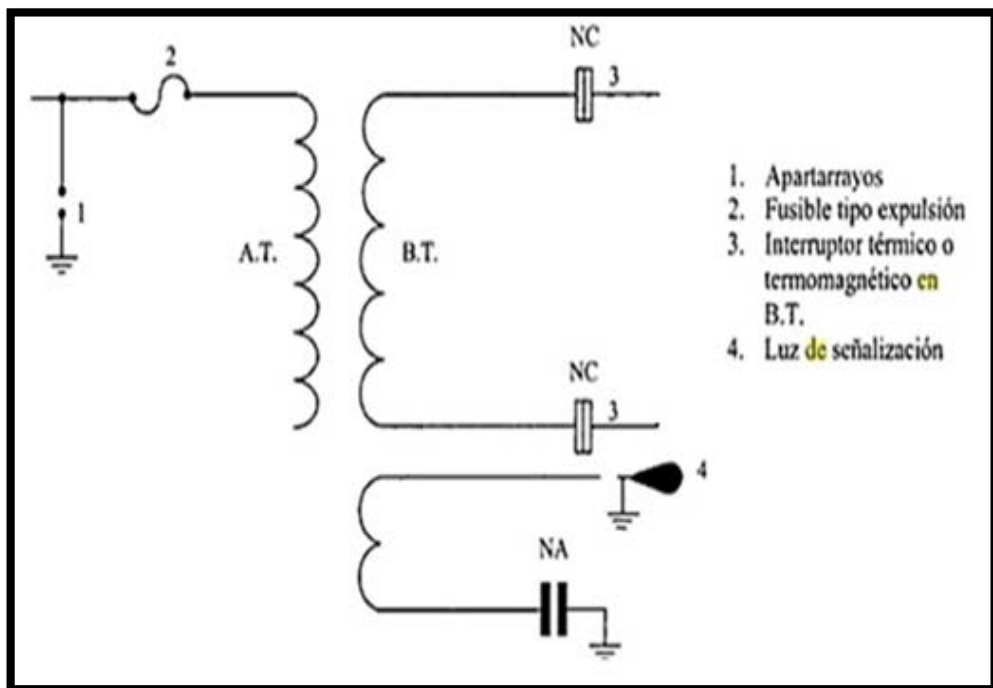
Fuente: Pedro Avelino Pérez, Transformadores de Distribución, 2001

Con la finalidad de mejorar la confiabilidad y continuidad del servicio eléctrico, se ha adoptado el uso de los transformadores de distribución del tipo autoprotegido que cuentan con un sistema de protecciones contra fallas y sobrecargas, que podrían reducir la vida útil del transformador para así aislarlo de la red en caso de falla, y solo afectara a los usuarios que son servidos por este transformador, estos elementos de protección los cuales vienen incorporados en el equipo comprenden:

- Apartarrayos de alta tensión
- Fusible tipo expulsión en media tensión
- Interruptor térmico o termomagnético en baja tensión (secundario)

**GRÁFICA 1.16**

**DIAGRAMA UNIFILAR ELÉCTRICO DE UN TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN MONOFÁSICO AUTOPROTEGIDO TIPO POSTE**



Fuente: Pedro Avelino Pérez, Transformadores de Distribución, 2001

**1.9.3 Transformador de Distribución Monofásico Tipo Padmounted**

Los transformadores de distribución Tipo Padmounted son diseñados para servicio subterráneo y exterior montados sobre una base de concreto, el transformador es armado con los compartimientos de alta y baja tensión separados, y equipados con puertas frontales.

El compartimiento de baja tensión tiene una provisión para que el usuario instale el candado de seguridad. Todas las partes vivas se encuentran en compartimientos totalmente bloqueados adecuadamente por seguridad.

El transformador Padmounted es la alternativa ideal entre seguridad y estética que se está brindando al usuario al momento de no disponer de un espacio físico para la obra civil de centros de transformación o disponga sistemas de alimentación de líneas subterráneas en alta y baja tensión muy común en industrias, edificios, conjuntos residenciales, siempre satisfaciendo las normas internacionales.

**GRÁFICA 1.17**  
**TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN TIPO PADMOUNTED**



Fuente: ECUATRAN S.A

### **1.10 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE DATOS<sup>11</sup>**

Es el tratamiento de mediciones no procesadas, sean estas numéricas (cuantitativas) o categóricas (cualitativas), que llenan nuestro cuaderno de apuntes o reposan en un

---

<sup>11</sup>Probabilidad y Estadística, Fundamentos y Aplicaciones.- Segunda Edición, Gaudencio Zurita Herrera.

instrumento de almacenamientos de datos, sea éste un disco duro, o dispositivo de memoria móvil, finalmente reposarán en una base de datos para su manejo, o en una bodega de datos para su almacenamiento histórico ó posterior tratamiento con minería de datos.

### **1.10.1 Estadísticas Descriptivas**

Las estadísticas descriptivas resumen y describen las características importantes de los datos.

#### **1.10.1.1 Mediana Estadística**

Representa el valor de la variable de posición central en un conjunto de datos ordenados, de acuerdo a esta definición el conjunto de datos menores o iguales que la mediana representarán el 50% de los datos, y los que sean mayores que la mediana representarán el otro 50% del total de la muestra, la Mediana coincide con el segundo cuartil.

Es el valor que ocupa el lugar central de todos los datos cuando éstos están ordenados de menor a mayor. La mediana se representa por **Me**, la mediana se puede hallar sólo para variables cuantitativas. Para cálculo de la mediana, ordenamos los datos de menor a mayor. Si la serie tiene un número impar de medidas la mediana es la puntuación central de la misma; **2, 3, 4, 4, 5, 5, 5, 6, 6Me= 5**

Si la serie tiene un número par de puntuaciones la mediana es la media entre las dos puntuaciones centrales; **7, 8, 9, 10, 11, 12Me= 9.5**

### 1.10.1.2 Media Aritmética

La Media Aritmética de un conjunto finito de números es el valor característico de una serie de datos cuantitativos objeto de estudio que parte del principio de la esperanza matemática o valor esperado, se obtiene a partir de la suma de todos sus valores dividida entre el número de sumandos. Dado la n números [a1, a2, ..., an], la media aritmética se define simplemente como:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n}$$

### 1.10.1.3 Desviación Estándar

En un conjunto de datos es una medida de dispersión, que nos indica cuánto pueden alejarse los valores respecto al promedio (media), la desviación estándar se puede tomar sobre un determinado conjunto de datos que se ajusten a nuestros requerimientos, mediante la siguiente fórmula:

$$\sqrt{s^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

### 1.10.1.4 Varianza

Es el estadístico de dispersión que mide el grado de variabilidad que sintetiza el grado de homogeneidad o heterogeneidad de las diferencias individuales entre los casos de una muestra respecto de una o varias variables numéricas continuas o cuantitativas.

Esta medida nos permite identificar la diferencia promedio que hay entre cada uno de los valores respecto a su punto central (Media  $\bar{X}$ ). Este promedio es calculado, elevando cada una de las diferencias al cuadrado (Con el fin de eliminar los signos negativos), y calculando su promedio o media; es decir, sumado todos los cuadrados de las diferencias de cada valor respecto a la media y dividiendo este resultado por el número de observaciones que se tengan. Si la varianza es calculada a una población (Total de componentes de un conjunto), la ecuación sería:

$$\sigma^2 = \frac{(X_1 - \bar{\mu})^2 + (X_2 - \bar{\mu})^2 + (X_3 - \bar{\mu})^2 + \dots + (X_n - \bar{\mu})^2}{N} = \frac{\sum (X_i - \bar{\mu})^2}{N}$$

Donde ( $\sigma^2$ ) representa la varianza, ( $X_i$ ) representa cada uno de los valores, ( $\bar{\mu}$ ) representa la media poblacional y (N) es el número de observaciones ó tamaño de la población. En el caso que estemos trabajando con una muestra la ecuación que se debe emplear es:

$$s^2 = \frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + (X_3 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{(n-1)} = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}$$

Donde (S<sup>2</sup>) representa la varianza, ( $X_i$ ) representa cada uno de los valores, ( $\bar{X}$ ) representa la media de la muestra y (n) es el número de observaciones ó tamaño de la muestra. Si nos fijamos en la ecuación, notaremos que se le resta uno al tamaño de la muestra; esto se hace con el objetivo de aplicar una pequeña medida de corrección a la varianza, intentando hacerla más representativa para la población. Es necesario resaltar que la varianza nos da como resultado el promedio de la desviación, pero este valor se encuentra elevado al cuadrado.

### 1.10.1.5 Asimetría

Esta medida nos permite identificar si los datos se distribuyen de forma uniforme alrededor del punto central (Media aritmética). La asimetría presenta tres estados diferentes, cada uno de los cuales define de forma concisa como están distribuidos los datos respecto al eje de asimetría. Se dice que la asimetría es positiva cuando la mayoría de los datos se encuentran por encima del valor de la media aritmética, la curva es Simétrica cuando se distribuyen aproximadamente la misma cantidad de valores en ambos lados de la media y se conoce como asimetría negativa cuando la mayor cantidad de datos se aglomeran en los valores menores que la media.

El Coeficiente de asimetría, se representa mediante la ecuación matemática,

$$g_1 = \frac{\frac{1}{n} \sum (X_i - \bar{X})^3 * n_i}{\left( \frac{1}{n} \sum (X_i - \bar{X})^2 * n_i \right)^{\frac{3}{2}}}$$

Donde ( $g_1$ ) representa el coeficiente de asimetría de, ( $X_i$ ) cada uno de los valores, ( $\bar{X}$ ) la media de la muestra y ( $n_i$ ) la frecuencia de cada valor. Los resultados de esta ecuación se interpretan:

- ( $g_1 = 0$ ): Se acepta que la distribución es Simétrica, es decir, existe aproximadamente la misma cantidad de valores a los dos lados de la media. Este valor es difícil de conseguir por lo que se tiende a tomar los valores que son cercanos ya sean positivos o negativos ( $\pm 0.5$ ).
- ( $g_1 > 0$ ): La curva es asimétricamente positiva por lo que los valores se tienden a reunir más en la parte izquierda que en la derecha de la media.
- ( $g_1 < 0$ ): La curva es asimétricamente negativa por lo que los valores se tienden a reunir más en la parte derecha de la media.

Desde luego entre mayor sea el número (Positivo o Negativo), mayor será la distancia que separa la aglomeración de los valores con respecto a la media.

### 1.10.1.6 Curtosis

Esta medida determina el grado de concentración que presentan los valores en la región central de la distribución. Por medio del Coeficiente de Curtosis, podemos identificar si existe una gran concentración de valores, una concentración normal ó una baja concentración. Para calcular el coeficiente de Curtosis se utiliza la ecuación:

$$g_2 = \frac{\frac{1}{n} \sum (X_i - \bar{X})^3 * n_i}{\left( \frac{1}{n} \sum (X_i - \bar{X})^2 * n_i \right)^{\frac{3}{2}}}$$

Donde ( $g_2$ ) representa el coeficiente de Curtosis, ( $X_i$ ) cada uno de los valores, ( $\bar{X}$ ) la media de la muestra y ( $n_i$ ) la frecuencia de cada valor. Los resultados de esta fórmula se interpretan:

- ( $g_2 = 0$ ) la distribución es Grande
- ( $g_2 > 0$ ) la distribución es Normal
- ( $g_2 < 0$ ) la distribución es Pequeña

### 1.10.1.7 Cuartiles<sup>12</sup>

Los cuartiles son los tres valores de la variable que dividen a un conjunto de datos ordenados en cuatro partes iguales.

#### Primer Cuartil

Primero de los tres puntos que dividen un conjunto de datos ordenados numéricamente en cuatro partes iguales. Esto es, el primer cuartil de una lista

---

<sup>12</sup>Probabilidad y Estadística, Fundamentos y Aplicaciones.- Segunda Edición, Gaudencio Zurita Herrera.



ordenada numéricamente es un número tal que un cuarto de los datos de la lista se encuentran debajo de él.

### **Segundo Cuartil**

Número que divide un grupo de datos numéricamente ordenados en una mitad inferior y una superior. El segundo cuartil es lo mismo que la mediana.

### **Tercer Cuartil**

Tercero de los tres puntos que dividen en cuatro partes iguales a un conjunto de datos numéricamente ordenados. Es decir, el tercer cuartil de una lista ordenada numéricamente es un número debajo del cual se encuentran las tres cuartas partes de los datos.

## **CAPITULO 2**

### **PERDIDAS DE ENERGÍA EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN MONOFÁSICOS.**

En este capítulo presenta el comportamiento en pérdidas de energía que tienen los transformadores de distribución monofásicos, para que de esta manera el lector pueda entender el porque los transformadores de distribución asocian pérdidas de energía y de donde provienen.

Todos los transformadores asocian tanto pérdidas en el hierro como en el cobre. Las pérdidas en el hierro se producen permanentemente, mientras el transformador esté energizado y por lo tanto son independientes de la carga del transformador, éstas dependen del voltaje y de la frecuencia de operación.

Los transformadores de mayor capacidad requieren de núcleos más grandes, las pérdidas en el hierro se incrementan a medida que aumenta la capacidad del transformador. Sin embargo el aumento en las pérdidas en el hierro es proporcionalmente inferior al aumento en la capacidad de transformación.

#### **2.1 PÉRDIDAS EN EL HIERRO**

Las pérdidas en vacío o pérdidas en el hierro, conocidas como pérdidas fijas, se producen debido a la magnetización del núcleo, se refiere a aquellas pérdidas por el efecto del campo magnético variable, presente en el núcleo de los transformadores de distribución.

Las más representativas son las pérdidas por histéresis y las pérdidas por corrientes parásitas o corrientes de Eddy. Estas son independientes de la carga que alimenta el transformador, más no así del material con que está conformado el núcleo y su construcción.

Estas pérdidas se producen de manera permanente, mientras el transformador se encuentre energizado, y por lo tanto son independientes de la carga del transformador, dependen del voltaje de operación, pero para el análisis se consideran constantes durante el tiempo que permanezca energizado.

Los transformadores de mayor capacidad necesitan de núcleos más grandes, por lo cual las pérdidas en el núcleo aumentan con relación a la capacidad del transformador.

Otro origen de pérdidas en el hierro son las corrientes de Foucault (pérdidas por corrientes de Eddy), que son inducidas por un flujo magnético variable, que provoquen que circulen corrientes parásitas en el hierro.

### 2.1.1 Pérdidas por histéresis

Están relacionadas directamente con la memoria del material magnético con que está construido el núcleo del transformador, debido a cambios de ciclo en la dirección de flujo magnético en el acero, son la tendencia que tiene el material de conservar su imanación o a oponerse a una variación de esta imanación.

Con este fenómeno la fuerza electromotriz sufre una variación debido al sometimiento del material a campos magnéticos cíclicos.

$$P_{histéresis} = n * B^{1.6} * f * 10^{-6}$$

$\eta$  = coeficiente de Steinmetz del material.

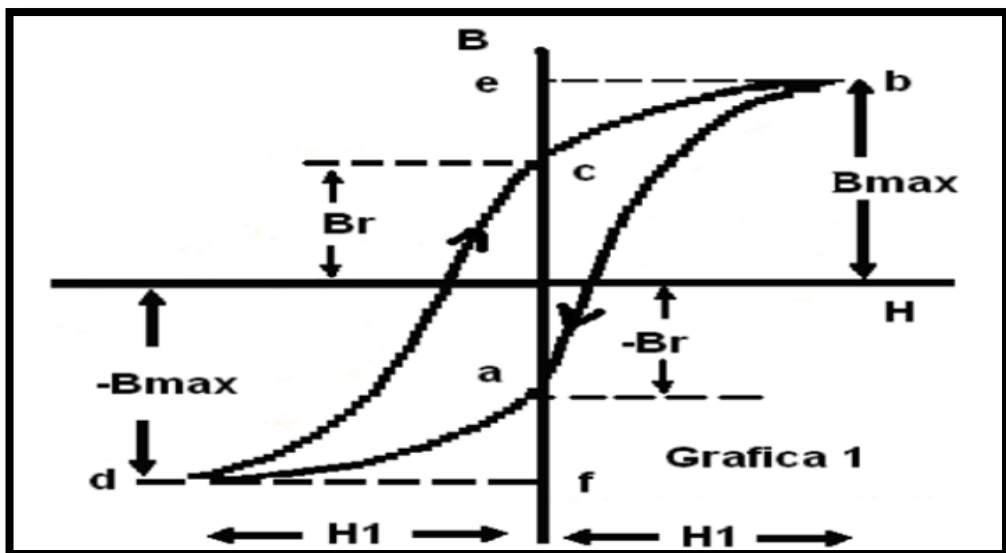
$B$  = densidad de flujo máxima.

$f$  = frecuencia del campo magnético al que está sometido el material ferromagnético.

El modelo conocido del circuito del transformador, no tiene en cuenta la saturación o las pérdidas en el Hierro, sin embargo durante su funcionamiento rutinario del transformador, se empiezan a detectar los efectos de las pérdidas que empiezan a existir en el equipo.

Los materiales magnéticos presentan un seguimiento en el plano (H,B), en el cual la permeabilidad es diferente para una intensidad de campo H que aumenta con respecto a una intensidad de campo que disminuye. El ciclo tiene indicado el siguiente sentido:

**GRÁFICA 2.1**  
**FENÓMENO DE HISTÉRESIS**



Fuente: Serway, Campos electromagnéticos, Magnetismo, 2009

Como se ve en la gráfica, se tienen dos puntos característicos que son ordenadas, ( $H_{max}$ ,  $B_{max}$ ) y ( $-H_{max}$ ,  $-B_{max}$ ). Tanto la fuerza magnetomotriz (H) o ( $F_{mm}$ ) como B (Campo magnético) se mueve en los sentidos indicados.

La conclusión a la que se puede llegar es que la energía que almacena el circuito (H creciente) es mayor a la energía que se entrega (H decreciente), por tanto las pérdidas por histéresis están dadas por el área de ciclo de Histéresis multiplicado por el volumen del Hierro sobre el cual se está trabajando.

Se debe tener en cuenta la frecuencia, porque son la cantidad de ciclos por segundo que existen en el fenómeno, la frecuencia depende del tipo de material con el que se esté trabajando.

### 2.1.2 Pérdidas por Corrientes Parásitas o Corrientes de Eddy

Las pérdidas por corrientes parásitas o pérdidas en el núcleo son producto de las pequeñas corrientes circulantes en el núcleo ferromagnético del transformador.

$$P_{parásitas} = 2.2 * f^2 * B * e^2 * 10^{-11}$$

$e$  = espesor de las láminas del material

$B$  = densidad de flujo máxima.

$f$  = frecuencia del campo magnético al que está sometido el material ferromagnético

El material ferromagnético del núcleo de un transformador es sometido a un flujo magnético alterno que tiene como principio a la ley de Faraday, cuando esto ocurre se tiene necesariamente una f.e.m inducidas en el área de dicho material, esto se da en cuanto a mayor sea el flujo generado a menor la resistividad del material.

Las corrientes de Foucault existen a variar el flujo magnético en un medio, como consecuencia de esta variación, surge en el medio un campo eléctrico el cual esta descrito por una integral curvilínea a lo largo de un camino cerrado cualquiera, que limite la superficie atravesada, como dice la ley de Faraday:

$$\oint_{abcd} E \cdot dl = - \frac{d}{dt} \int B \cdot nds$$

a-b-c-d es el camino cerrado que limita la superficie atravesada por el flujo cuando el medio es conductor, el camino descrito es asiento de una corriente generada por la fuerza electromotriz inducida y resultante de la integral del campo eléctrico.

La llamada pérdida por corriente de Foucault crea el campo que se disipa en forma de calor en el medio.

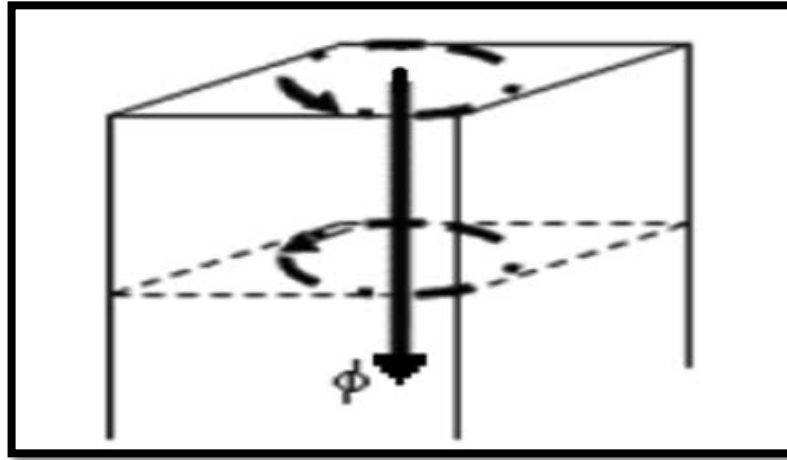
Se debe tener en cuenta que cuando la inducción magnética en los materiales ferromagnéticos suele ser relativamente elevada y la resistividad de los materiales no es demasiado grande, las fuerzas electromotrices inducidas, las corrientes de Foucault y las pérdidas asociadas podrían volverse apreciables si no se proveen medios para reducirlas.

La fuerza electromotriz ( $e$ ), inducida a lo largo de un camino a-b-c-d-a, que limita una superficie a través de la cual varía el flujo está dada por:

$$e = -\frac{d\phi}{dt}$$

La fuerza electromotriz hace que por el circuito a-b-c-d-a circule una corriente de intensidad ( $I$ ), generada por una fuerza magnetomotriz, en el sentido que se oponga a la variación del flujo, dando como resultado una inducción magnética menor a la región central del bloque en su superficie.

**GRÁFICA 2.2**  
**CORRIENTES DE EDDY EN UN MEDIO CÚBICO**



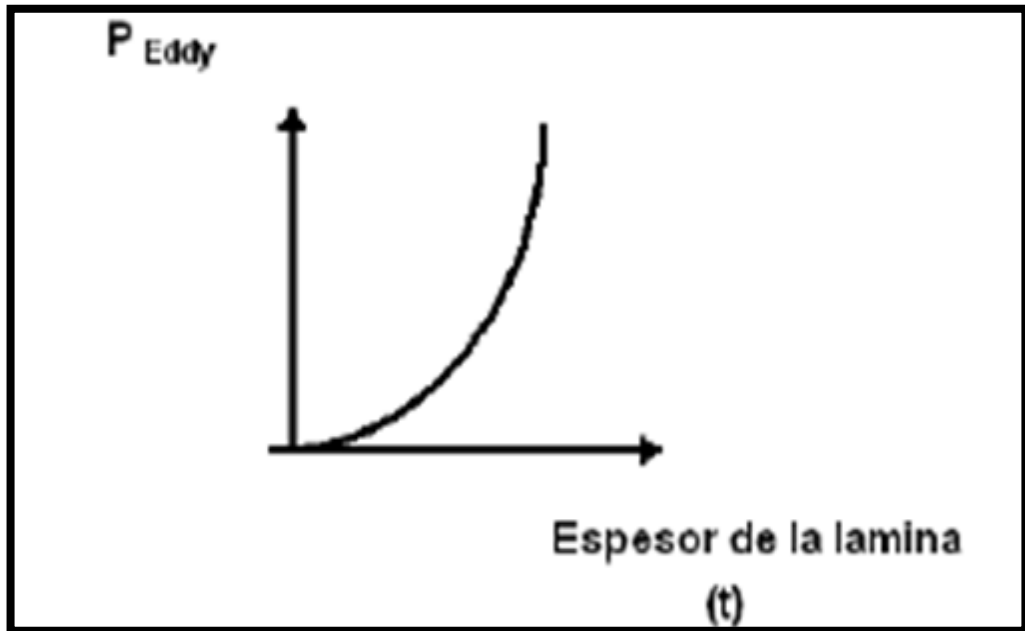
Fuente: Fuente: Serway, Campos electromagnéticos, Magnetismo, 2009

En la gráfica se puede observar como las corrientes circulan de manera normal al flujo que las origina.

Se deben tomar medidas para estas corrientes, ya que hacen parte del gran flujo generado. Las soluciones para este problema son las siguientes:

**Laminación:** En lugar de que el núcleo sea una sola pieza, se crean laminas de material ferromagnético aisladas entre sí, esto aumenta la resistencia por disminución de la sección, cuanto más finas sean las láminas, menor será el efecto, se usa este método cuando los núcleos son sometidos a campos alternos.

**GRÁFICA 2.3**  
**COMPORTAMIENTO DE LAS PÉRDIDAS DE EDDY SEGÚN EL ESPESOR**  
**DE LA LÁMINA**



Fuente: Fuente: Serway, Campos electromagnéticos, Magnetismo, 2009

**Contaminación del hierro con silicio:** A fin de elevar la resistividad sin provocar un desmejoramiento sensible de las propiedades magnéticas del hierro utilizado, de manera simplificada se tiene:

$$P_{parásitas} = k * f^2 * V_{fe} * B_{máx}^2$$

**K** = Factor que depende del material

**F** = Frecuencia (60Hz)

**V<sub>fe</sub>** = Volumen del material usado (hierro)

**B<sub>max</sub>** = magnitud del flujo magnético máximo

Se observa de la dependencia de la frecuencia, ya que al no existir la frecuencia no existiría pérdidas.



La corriente de excitación de un transformador produce necesariamente un flujo en el núcleo, el cual trae consigo a las corrientes de Eddy, las corrientes de Eddy dependen de la laminación del material, esto se debe a la resistencia que tiene la lámina para reducir este tipo de pérdidas.

## 2.2 PÉRDIDAS EN EL COBRE

Las pérdidas en el cobre de un transformador, están dadas por el efecto de Joule, es decir por las pérdidas que inducen las corrientes que atraviesan el cobre de los devanados.

Estas pérdidas necesariamente dependen del nivel de carga que existe en el transformador durante su operación, cuando una corriente atraviesa el material conductor, se produce un calentamiento en el material, la ecuación básica por la que se guía este principio es la siguiente:

$$P_{cu} = (I_1^2 * R_1) + (I_2^2 * R_2)$$

En donde:

$P_{cu}$  = Pérdidas en los bobinados del transformador

$I_1$  = Intensidad en el bobinado primario

$I_2$  = Intensidad en el bobinado secundario

$R_1$  = Resistencia del bobinado primario

$R_2$  = Resistencia del bobinado secundario

Es la suma de las potencias pérdidas en los bobinados de un transformador, funcionando bajo carga nominal.

El valor de esta potencia depende de la intensidad de corriente tanto en el bobinado primario como en el secundario, la cual varía mucho desde el funcionamiento en vacío a plena carga.

Un concepto se debe tener en cuenta es que el efecto del calor cuando se dan las diferentes pérdidas solo puede disminuirse, mas no eliminarse del todo, cabe tener en cuenta que las pérdidas producidas por este efecto, pueden ser reducidas al máximo, utilizando superconductores, pero esto es una solución muy costosa.

Una solución que se le pueda dar a los materiales de cobre en el transformador y reducir el calor generado por las pérdidas, es aumentar la sección transversal de los conductores, hacer un sobredimensionamiento de estos puede reducir en grandes proporciones las pérdidas.

La mayoría de los transformadores están diseñados con corriente alterna a una frecuencia de 60 ciclos por segundo, lo que implica que un transformador trabajando a valores nominales y a una temperatura no mayor a la de referencia debe ser capaz de disipar calor debido a sus pérdidas, sin necesidad de sobrecalentarse ni deteriorar su vida útil.

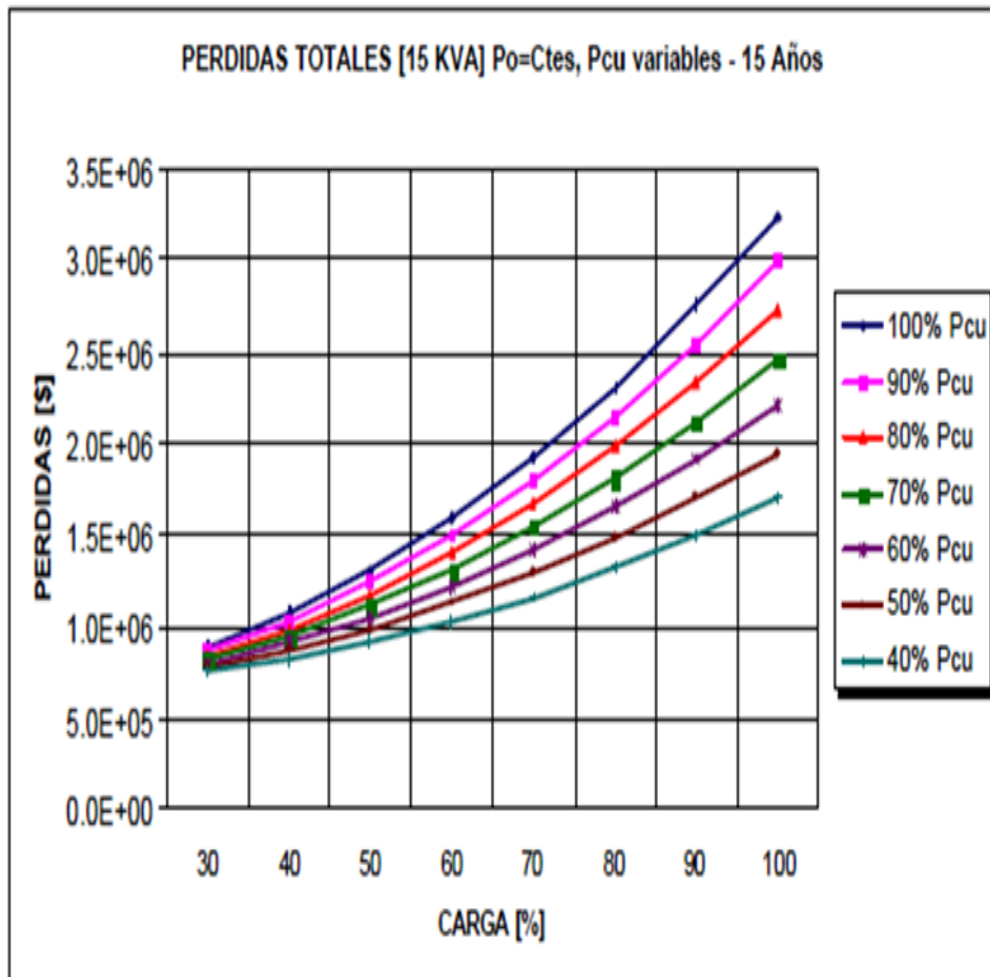
### **2.3 PÉRDIDAS TOTALES EN UN TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN ANTE VARIACIONES DE CARGA<sup>13</sup>**

Las pérdidas totales en un transformador de distribución ante variaciones de carga se presentan variaciones de pérdidas tanto en el hierro como en el cobre. Al mantener las pérdidas del hierro constantes y variar las pérdidas en el cobre y la carga del transformador de distribución se encuentra que a menores pérdidas en el cobre en condiciones nominales de operación las pérdidas totales se reducen, así como se muestra el comportamiento en la siguiente gráfica.

---

<sup>13</sup> Estudio de optimización de la cargabilidad de transformadores de distribución CODENSA división y planificación de la red Bogotá DC 2001

**GRÁFICA 2.4**  
**PÉRDIDAS REDUCIENDO PÉRDIDAS EN EL COBRE ANTE**  
**VARIACIONES DE CARGA.**

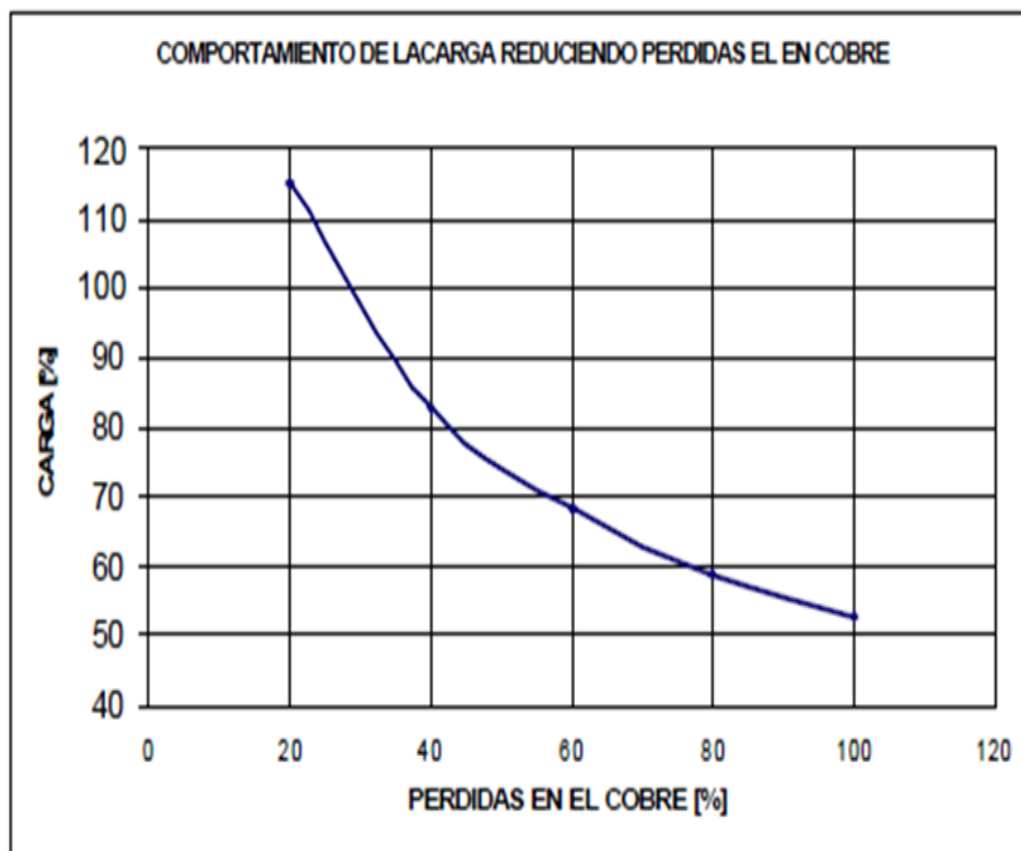


Fuente: CODENSA, división y planificación de la red Bogotá DC 2001

Para el comportamiento de la carga de un transformador de distribución ante una reducción en las pérdidas en el cobre nos muestra los incrementos en la carga que permitan obtener pérdidas mínimas antes de proceder a seleccionar el transformador de la capacidad inmediatamente superior.

En la grafica siguiente nos muestra el comportamiento dicho.

**GRÁFICA 2.5**  
**VARIACIÓN DE LA CARGA MÁXIMA ANTE REDUCCIÓN DE LAS**  
**PÉRDIDAS EN EL COBRE**



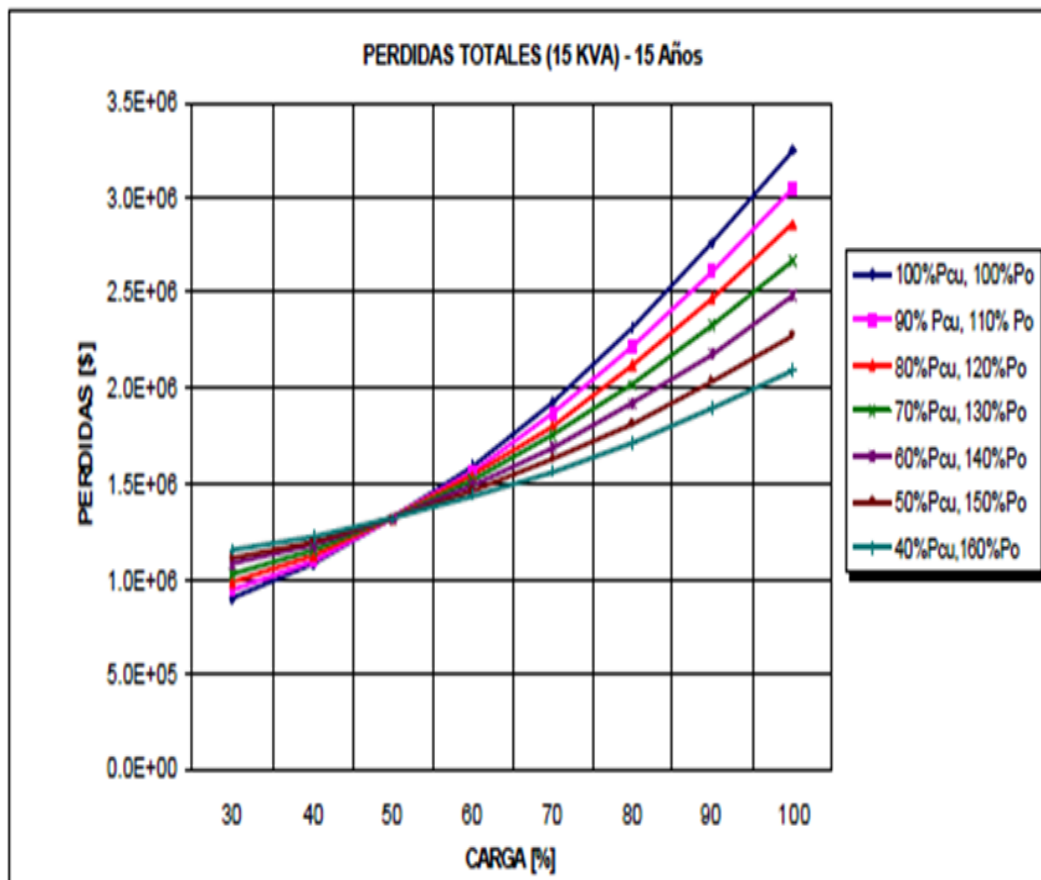
Fuente: CODENSA, división y planificación de la red Bogotá DC 2001

#### **2.4 PÉRDIDAS TOTALES EN UN AUMENTANDO LAS PÉRDIDAS EN EL HIERRO Y REDUCIENDO A LA VEZ LAS DEL COBRE.**

En esta condición se encuentra que en el 50 % de la carga cualquier combinación de pérdidas en el hierro y en el cobre presentan las mismas pérdidas. El efecto de reducir las pérdidas en el cobre es más significativo que el de aumentar las del hierro, pues entre los casos analizados las menores pérdidas se presentan para una combinación de 40 % de pérdidas en el cobre y un 160 % de las pérdidas en el hierro, esto para cargas superiores al 50%.

En la figura se presenta el comportamiento de las pérdidas totales en el transformador para diferentes niveles de carga, se parte de las pérdidas permisibles por la norma tanto para el hierro como para el cobre, posteriormente se incrementan las pérdidas en el hierro y a medida que estas aumentan, se reducen las del cobre.

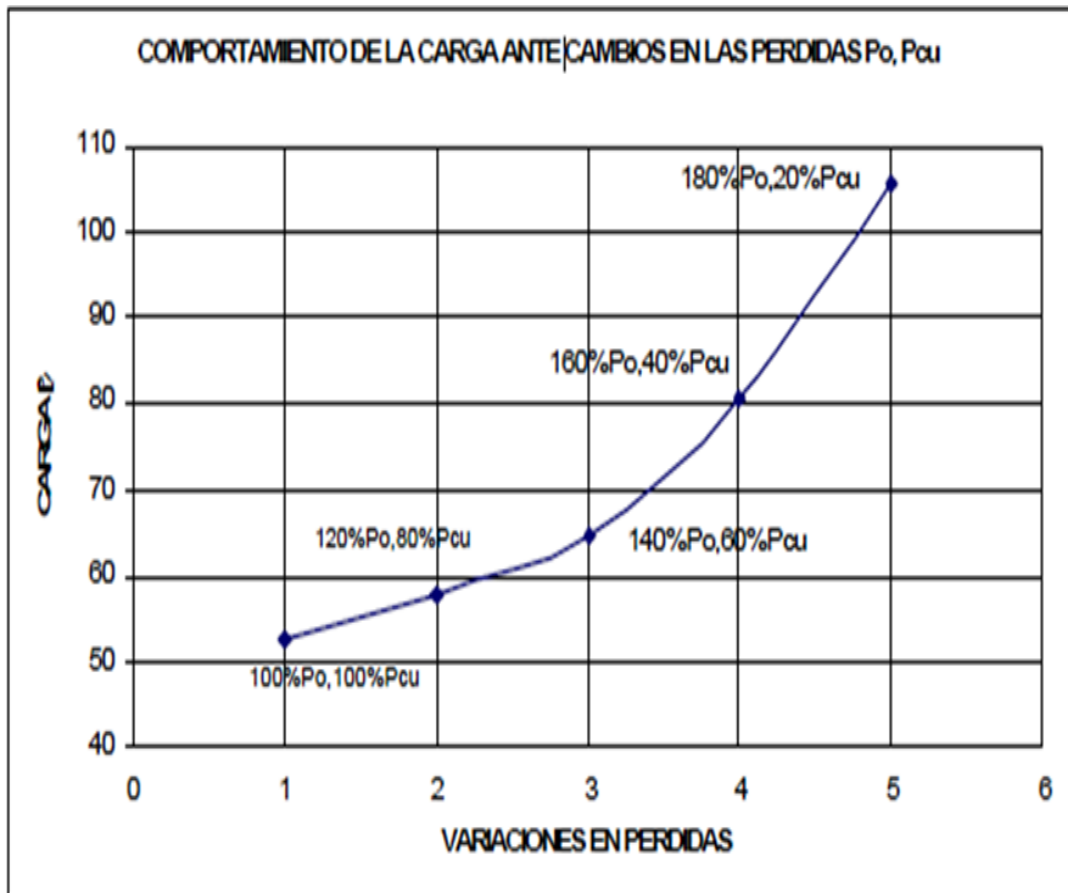
**GRÁFICA 2.6**  
**PÉRDIDAS AUMENTANDO LAS PÉRDIDAS EN EL HIERRO Y**  
**REDUCIENDO A LA VEZ LAS PÉRDIDAS EN EL COBRE ANTE**  
**VARIACIONES DE CARGA**



Fuente: CODENSA, división y planificación de la red Bogotá DC 2001

Las pérdidas base para los casos analizados son las permisibles por la norma a partir de estas se realizan las diferentes variaciones. El comportamiento de la carga media de un transformador de distribución que garantiza pérdidas mínimas ante variaciones simultáneas de las pérdidas tanto en el hierro como en el cobre se evidencian entre las combinaciones mostradas en la figura a continuación.

**GRÁFICA 2.7**  
**VARIACIÓN DE LA CARGA MÁXIMA ANTE REDUCCIÓN DE LAS**  
**PÉRDIDAS EN EL COBRE**

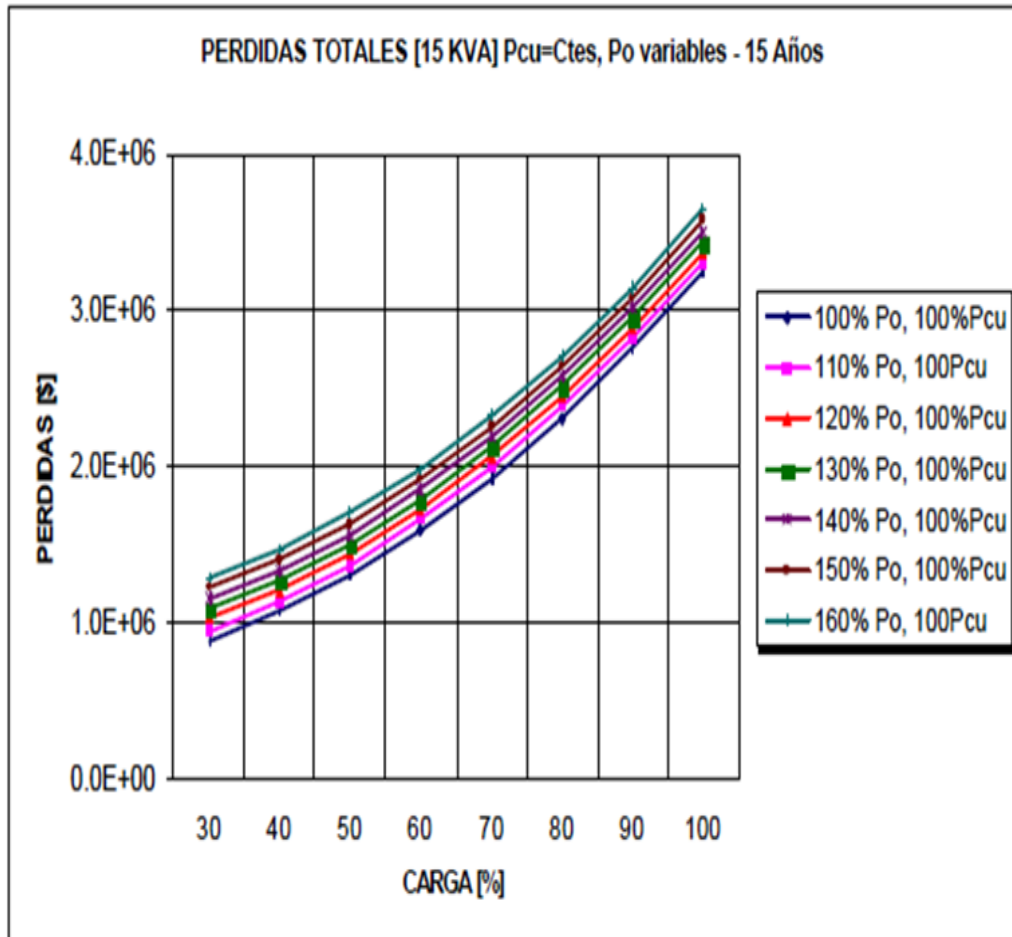


Fuente: CODENSA, división y planificación de la red Bogotá DC 2001

### **2.5 PÉRDIDAS TOTALES AUMENTANDO LAS PÉRDIDAS EN EL HIERRO MANTENIENDO LAS PÉRDIDAS EN EL COBRE CONSTANTES ANTE VARIACION DE CARGA**

Para este caso el comportamiento de las pérdidas totales es a incrementarse, esto ya que las pérdidas en el cobre varían con la carga y las del hierro permanecen constantes, entonces a medida que aumenta la carga las pérdidas totales se aumentan como se muestra en la figura.

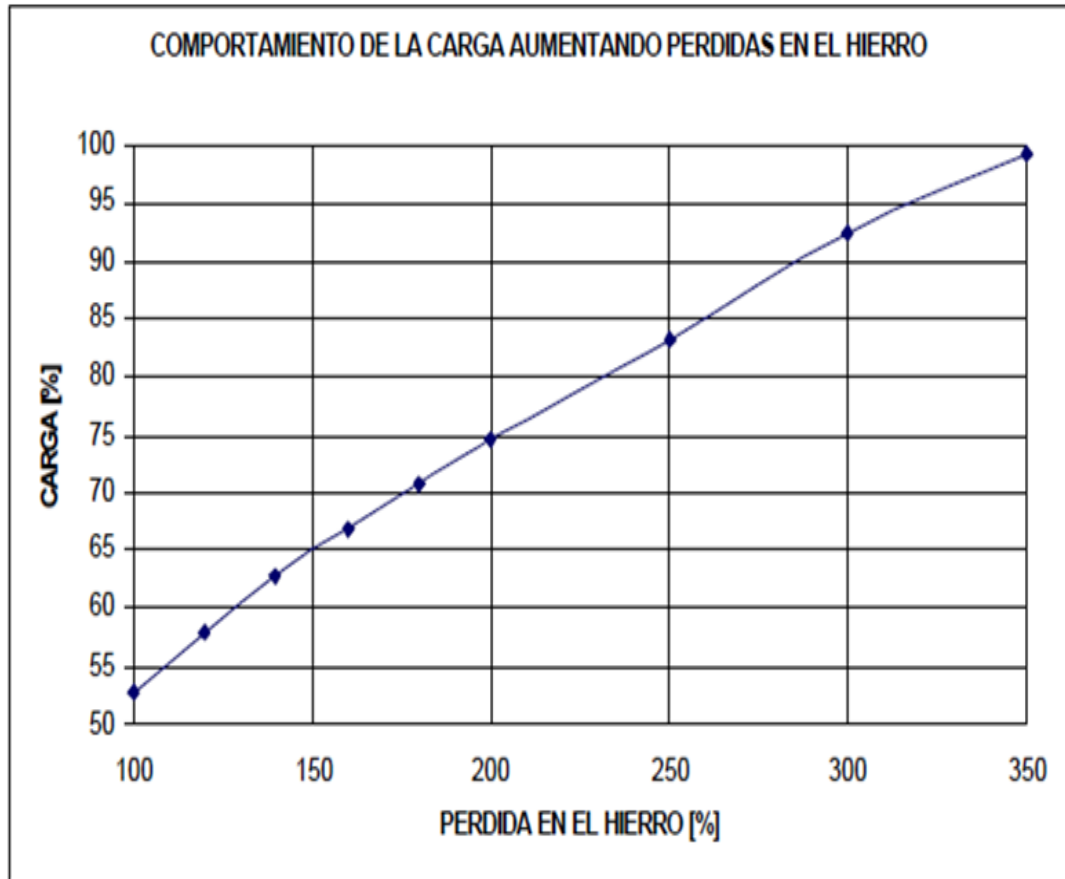
**GRÁFICA 2.8**  
**PÉRDIDAS AUMENTANDO LAS PÉRDIDAS EN EL HIERRO**  
**MANTENIENDO LAS PÉRDIDAS EN EL COBRE CONSTANTE ANTE**  
**VARIACIÓN DE CARGA**



Fuente: CODENSA, división y planificación de la red Bogotá DC 2001

Ante las variaciones que se puedan presentar en la carga de un transformador antes de proceder a la selección de un transformador de la capacidad inmediatamente superior ante las variaciones de las pérdidas de hierro en aumento, se muestra en la grafica el análisis desde el punto de vista de las pérdidas mínimas.

**GRÁFICA 2.9**  
**COMPORTAMIENTO DE LA CARGA PERMISIBLE ANTE EL AUMENTO**  
**DE LAS PÉRDIDAS EN EL HIERRO.**



Fuente: CODENSA, división y planificación de la red Bogotá DC 2001

## **2.6 COMPORTAMIENTO DE LAS PÉRDIDAS EN CARGA ANTE CAMBIOS EN LAS PÉRDIDAS TOTALES EN CONDICIONES NOMINALES.**

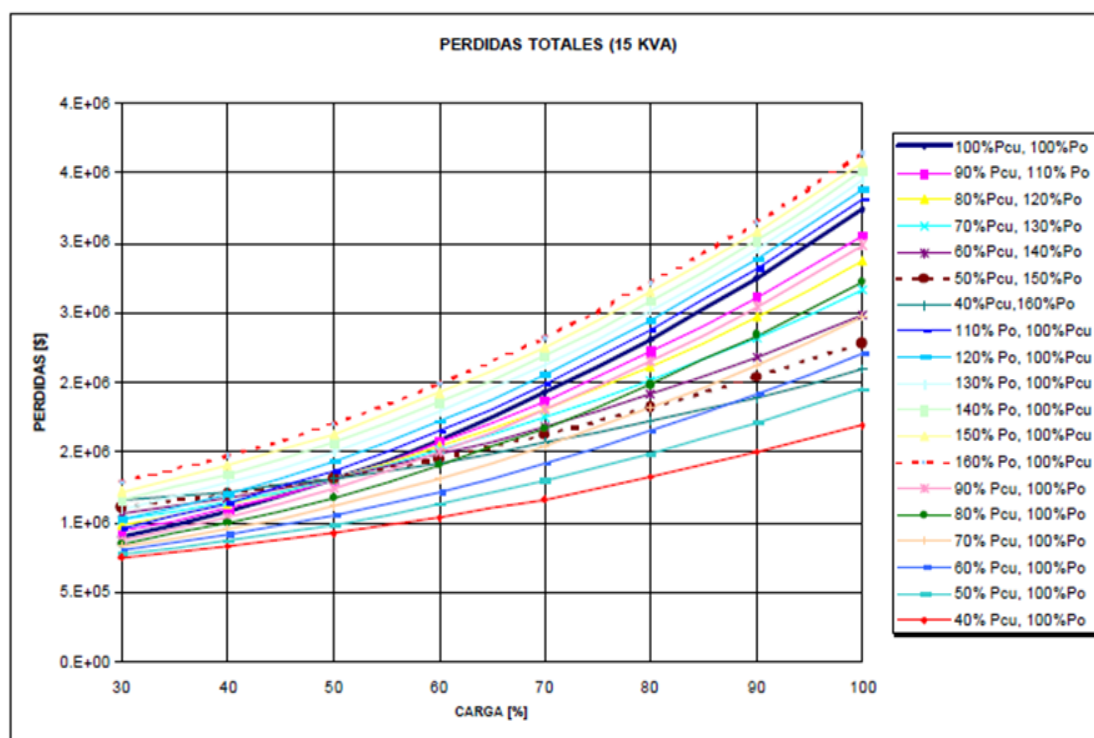
Las pérdidas totales menores se presentan en los equipos en donde las pérdidas en el hierro se mantienen constantes y se reducen las pérdidas en el cobre.

Las pérdidas totales se incrementan en los equipos donde se mantienen las pérdidas en el cobre constantes iguales a las normalizadas en condiciones de carga nominal y se incrementan las pérdidas en el hierro. Este comportamiento se da ya que las pérdidas en el cobre se incrementan con la carga y en las pérdidas en el hierro



permanecen constantes y son independientes de la carga del transformador de distribución.

**GRÁFICA 2.10**  
**COMPORTAMIENTO DE LAS PÉRDIDAS TOTALES ANTE**  
**VARIACIONES EN LAS PÉRDIDAS TOTALES Y EN LA CARGA**



Fuente: CODENSA, división y planificación de la red Bogotá DC 2001

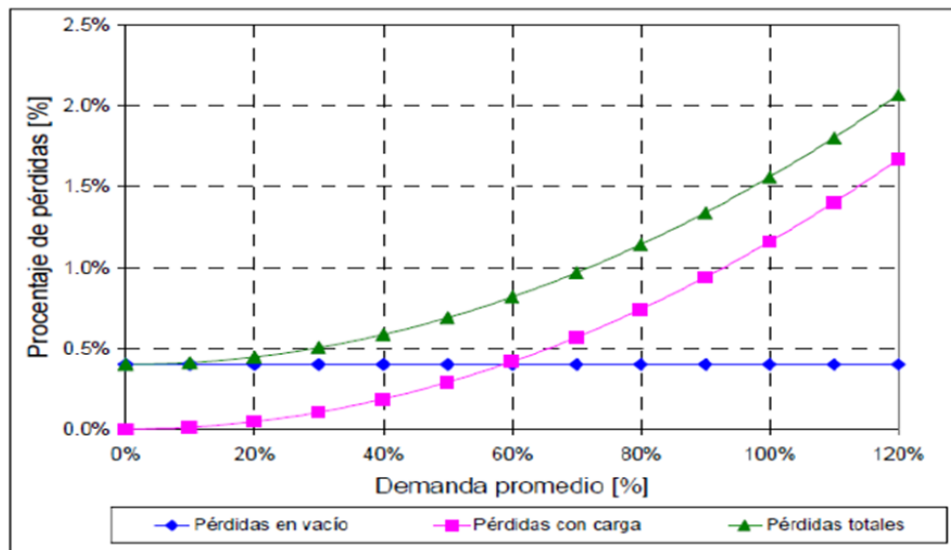
Se evidencia que al reducir las pérdidas en el cobre el comportamiento de las pérdidas totales tiende a ser constante (curva con menor pendiente) que al dejar las pérdidas constantes en el cobre y aumentar las del hierro para alcanzar la igualdad  $P_o = P_u$ .

## 2.7 COMPORTAMIENTO DE LAS PÉRDIDAS EN FUNCIÓN DE LA DEMANDA

Las pérdidas ligadas al transformador se determinan principalmente a las sin carga o pérdidas en el hierro y las pérdidas con carga o pérdidas en el cobre.

En la gráfica se indica el comportamiento en cuanto a las pérdidas que tiene un transformador de 25 KVA en función de su demanda, como se dijo anteriormente las pérdidas en el hierro son constantes es decir no dependen de la demanda solo dependen del voltaje de operación y la frecuencia, mientras las pérdidas con carga aumentan con el cuadrado de la demanda como se estableció en la formula  $P_{cu} = (I_1^2 * R_1) + (I_2^2 * R_2)$ .

**GRÁFICA 2.11**  
**COMPORTAMIENTO DE LAS PÉRDIDAS EN FUNCIÓN DE LA DEMANDA**

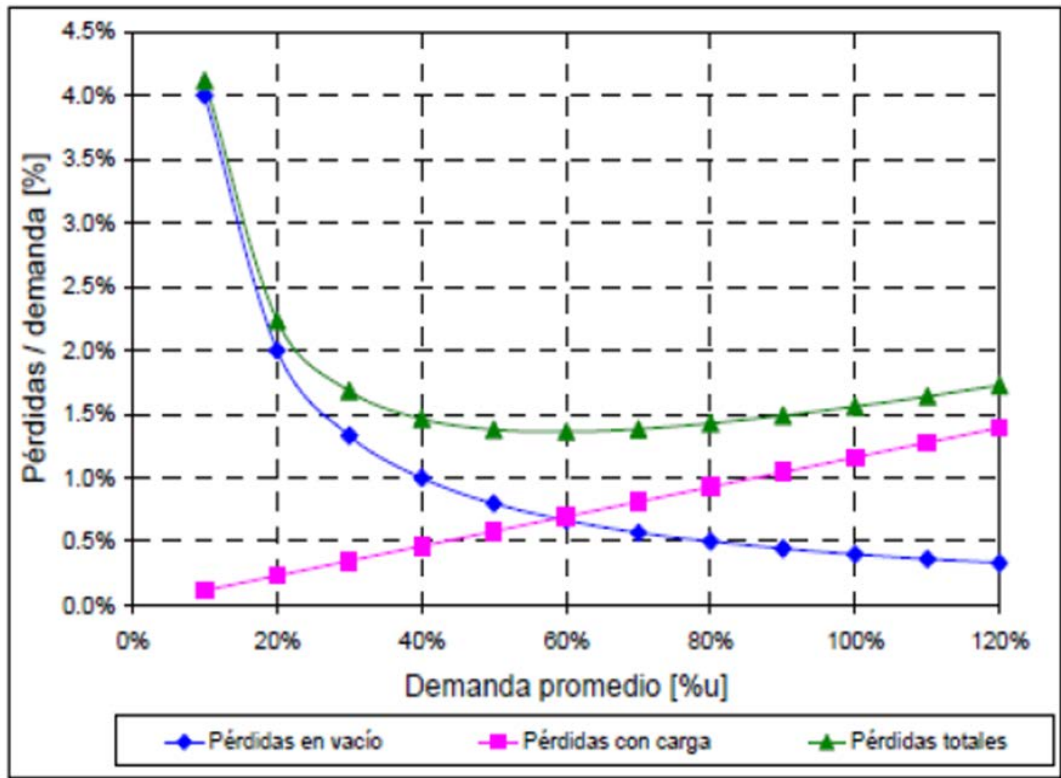


Fuente: CODENSA, división y planificación de la red Bogotá DC 2001

Según el comportamiento que tiene las pérdidas, estas son mínimas cuando no existe demanda, pero se debe tener en cuenta que esta situación no tiene ningún sentido finalidad si se desea utilizar de forma eficiente un transformador.

Por tal motivo es que se obtiene la relación entre las pérdidas y la demanda, para determinar el punto óptimo de explotación desde el punto de vista de pérdidas óptimas, en el siguiente gráfico se indica la forma en cómo un transformador opera de forma más eficiente con una demanda entre el 50% y 70% de su capacidad nominal, también se puede finalizar diciendo que tener una carga por debajo del 30% de la capacidad nominal se considera que el transformador trabaja de forma ineficiente.

**GRÁFICA 2.12**  
**COMPORTAMIENTO DE LAS PÉRDIDAS VS DEMANDA EN FUNCIÓN**  
**DE LA DEMANDA PROMEDIO**



Fuente: CODENSA, división y planificación de la red Bogotá DC 2001

## CAPITULO 3

### MARCO METODOLÓGICO

Para el presente proyecto primeramente se hizo un análisis de los transformadores de distribución ya analizados por parte del departamento de control de calidad y estadísticas de mas 900 mediciones realizadas en los transformadores de distribución monofásicos, estas mediciones que actualmente se están haciendo en la empresa eléctrica son realizadas con el fin de llevar a cabo los reglamentos que en nuestro país obedece y al cual el estado delega las actividades de generación, transmisión y comercialización de energía eléctrica como es el CONELEC (Consejo Nacional de Electricidad), mediante la regulación N° 004/01, la misma que se encuentra vigente desde el año 2001, las empresas de distribución de energía eléctrica deben regirse a esta norma que establece los niveles de calidad de prestación del servicio eléctrico de distribución.

Posteriormente a esto se realizo un estudio estadístico tomando una muestra de 581 transformadores de distribución monofásicos, para encontrar el factor de carga característico del sistema Guayaquil.

Una vez que se determino el factor de carga del sistema, se procedió a realizar un estudio experimental en el sector de la ciudadela bolivariana con el fin de encontrar los transformadores subutilizados en este sector, se realizaron las mediciones mediante el registrador de energía TOPAS 1000 en 40 transformadores de distribución durante 7 días continuos que es lo que determina la regulación 004/01 para obtener un registro de datos de medición óptimo, esta regulación se explicara detalladamente en la sección de mediciones, luego se analizo las curvas de carga de cada transformador obteniendo sus respectivos factores de uso.

Con el factor de uso de cada transformador se determino cual de ellos se encuentra subutilizado mediante reglas de factor de uso que se explicaran en la sección de la determinación del factor de uso, se analizo las normas y procedimientos del libro EBASCO el efecto de la simulación del cambio de capacidades con el fin de obtener factores de uso superiores, además se describe el análisis económico que considera los

costos de los nuevos transformadores, costos de mano de obra por el trabajo de cambio de equipos, evaluación de pérdidas de energía y capital recuperado por equipos retirados.

### **3.1 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CARGA CARACTERÍSTICO DE LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN MONOFÁSICOS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LA EMPRESA ELÉCTRICA PÚBLICA DE GUAYAQUIL.**

Para la ejecución de nuestro estudio primeramente se debe encontrar el factor característico de los transformadores de distribución monofásicos de la Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil, ya que por medio de este factor se determina las condiciones de uso de los transformadores.

A partir del año 2006 la empresa inició con las mediciones de calidad de producto, mediante el uso de equipos registradores de calidad hasta la fecha se han realizado más de 900 mediciones por parte de la empresa en diferentes zonas de la ciudad, con la finalidad de cumplir con la regulación CONELEC 004/01 el cual manifiesta lo siguiente:

Que, es necesario asegurar un nivel satisfactorio de la prestación de los servicios eléctricos a que se refieren las disposiciones legales establecidas en la Ley de Régimen del Sector Eléctrico y sus reformas, el Reglamento Sustitutivo del Reglamento General de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, el Reglamento de Concesiones, Permisos y Licencias para la Prestación del Servicio de Energía Eléctrica, el Reglamento de Suministro del Servicio de Electricidad y el Reglamento de Tarifas.

Que, el Art. 1, inciso segundo del Reglamento de Suministro del Servicio de Electricidad, establece que las disposiciones de dicho instrumento serán complementadas con regulaciones aprobadas por el CONELEC y por instructivos y procedimientos dictados por los distribuidores de conformidad con este Reglamento.

Que, para garantizar a los Consumidores un suministro eléctrico continuo y confiable, es necesario dictar las Regulaciones relacionadas con los estándares mínimos de calidad y procedimientos técnicos de medición y evaluación a los que deben someterse las Empresas Distribuidoras del Servicio Eléctrico, que el regular las materias previstas en el considerando precedente, se convierte en una garantía de la prestación del servicio por parte de los Distribuidores, y en una defensa de los derechos de los Consumidores. En ejercicio de las facultades otorgadas por el literal e) del artículo 13 de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico.

Mediante el módulo computacional para el análisis de calidad de producto que cuenta la Empresa Eléctrica se realizó el análisis de los factores de carga de estos transformadores. Se muestra una gráfica de la pantalla del módulo.

**GRÁFICO 3.1**  
**FACTOR DE CARGA EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN DE LA EMPRESA ELÉCTRICA PÚBLICA DE GUAYAQUIL**

| Mes     | Alimentadora | Transf        | Nombre Archivo | Tipo de Transf | Factor de Pot Prom | Factor de Carga |      |
|---------|--------------|---------------|----------------|----------------|--------------------|-----------------|------|
| 03/2007 | 74           | PLAZA DEL SOL | NODISPON_984   | MOBLJ          | T_Y                | 0.93            | 0.67 |
| 03/2007 | 74           | PLAZA DEL SOL | NODISPON_985   | TERPEL         | T_Y                | 0.95            | 0.56 |
| 03/2007 | 74           | PLAZA DEL SOL | 13-14316       | AWA            | T_D                | 1.00            | 0.36 |
| 03/2007 | 74           | PLAZA DEL SOL | 13-16594       | CORASA         | T_D                | 0.73            | 0.27 |
| 03/2007 | 74           | PLAZA DEL SOL | 13-16594       | FIBRAS         | T_D                | 0.85            | 0.25 |
| 03/2007 | 74           | PLAZA DEL SOL | 13-7436        | INTEL          | T_D                | 0.98            | 0.31 |
| 04/2007 | 1            | CERRO AZUL    | NODISPON_1104  | LAGU69         | M_3                | 0.95            | 0.38 |
| 04/2007 | 1            | CERRO AZUL    | NODISPON_1105  | LAGU70         | M_3                | 0.92            | 0.39 |

Fuente: Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil, Modulo Computacional de la calidad del producto, 2011.

Considerando una muestra del modulo computacional de 581 transformadores monofásicos de distribución, en el cual descarga un archivo de texto para poder ser visualizado en Microsoft Excel, se detallan a continuación los factores de carga de la muestra de transformadores.

**CUADRO 3.1**  
**MUESTRA DEL FACTOR DE CARGA DE 581 TRANSFORMADORES**

| Cargabilidad en Transformadores de Distribucion |        |             |               |               |                   |             |                 |
|-------------------------------------------------|--------|-------------|---------------|---------------|-------------------|-------------|-----------------|
| #                                               | MES    | CODIGO ALIM | NOMBRE ALIM   | TRANSFORMADOR | NOMBRE ARCHIVO    | TIPO TRANSF | FACTOR DE CARGA |
| 1                                               | dic-08 | 25          | PANAMA        | NODISPON_8926 | banguaya_centro   | TY1         | 0.62            |
| 2                                               | dic-08 | 25          | PANAMA        | NODISPON_8937 | ban_gye1          | TY1         | 0.61            |
| 3                                               | dic-08 | 26          | PREVISORA     | NODISPON_8931 | rocatrafo         | TY1         | 0.12            |
| 4                                               | dic-08 | 26          | PREVISORA     | NODISPON_8944 | ROCA4             | M_3         | 0.54            |
| 5                                               | dic-08 | 61          | CUBA          | T-16566       | CCEstrellas       | M_3         | 0.57            |
| 6                                               | dic-08 | 72          | JOSE CASTILLO | NODISPON_8928 | jug_tabkontr2     | TY1         | 0.1             |
| 7                                               | dic-08 | 72          | JOSE CASTILLO | NODISPON_8929 | jug_tabkcontrol   | M_3         | 0.25            |
| 8                                               | dic-08 | 72          | JOSE CASTILLO | NODISPON_8930 | jug_trafsec_2     | TY1         | 0.55            |
| 9                                               | dic-08 | 72          | JOSE CASTILLO | NODISPON_8935 | trafo_seco3       | TY1         | 0.47            |
| 10                                              | dic-08 | 72          | JOSE CASTILLO | NODISPON_8938 | JUGLUCES          | TY1         | 0.27            |
| 11                                              | dic-08 | 72          | JOSE CASTILLO | NODISPON_8939 | JUG_GEN           | TY1         | 0.13            |
| 12                                              | dic-08 | 72          | JOSE CASTILLO | NODISPON_8940 | JUG_MA2           | TY1         | 0.15            |
| 13                                              | dic-08 | 72          | JOSE CASTILLO | NODISPON_8941 | JUG_MA3           | M_3         | 0.31            |
| 14                                              | dic-08 | 72          | JOSE CASTILLO | NODISPON_8942 | JUG_SECO          | TY1         | 22              |
| 15                                              | dic-08 | 72          | JOSE CASTILLO | NODISPON_8943 | JUG_PRI           | TY1         | 0.45            |
| 16                                              | dic-08 | 72          | JOSE CASTILLO | NODISPON_8945 | JUGE_MA1          | TY1         | 0.28            |
| 17                                              | dic-08 | 72          | JOSE CASTILLO | NODISPON_8946 | JUGTRANF          | TY1         | 0.33            |
| 18                                              | dic-08 | 72          | JOSE CASTILLO | NODISPON_8947 | MJU_TR3           | TY1         | 0.29            |
| 19                                              | dic-08 | 72          | JOSE CASTILLO | NODISPON_8948 | MJU_TR4           | TY1         | 0.45            |
| 20                                              | dic-08 | 105         | SAUCES 3      | NODISPON_8927 | coeka2a           | TY1         | 0.55            |
| 21                                              | dic-08 | 124         | GARZOTA 4     | NODISPON_8932 | terzaueg_pd1      | T_Y         | 0.35            |
| 22                                              | may-09 | 124         | GARZOTA 4     | NODISPON_8933 | terueg_pb4noreste | T_Y         | 0.37            |
| 23                                              | may-09 | 124         | GARZOTA 4     | NODISPON_8934 | terueg_pd2        | T_Y         | 0.55            |
| 24                                              | may-09 | 124         | GARZOTA 4     | NODISPON_8936 | terueg_pd2_2p     | T_Y         | 0.26            |
| 25                                              | may-09 | 124         | GARZOTA 4     | NODISPON_8950 | centralairelueg   | T_Y         | 0.41            |
| 26                                              | may-09 | 129         | LOS RANCHOS   | 13-11866      | Montebello3       | M_3         | 0.11            |
| 27                                              | may-09 | 129         | LOS RANCHOS   | 13-18416      | Montebello6       | M_3         | 0.41            |
| 28                                              | may-09 | 10          | PLAZA DAÑIN   | NODISPON_9019 | Mnisterio17       | M_3         | 0.56            |
| 29                                              | may-09 | 10          | PLAZA DAÑIN   | NODISPON_9030 | ECRAU             | M_3         | 0.44            |
| 30                                              | may-09 | 15          | CENTRO PARK   | T-08021       | Mnisterio6        | TY1         | 0.56            |
| 31                                              | may-09 | 39          | ANTEPARA      | 13-2487       | Mnisterio38       | M_3         | 4.1             |
| 32                                              | may-09 | 44          | VENEZUELA     | 13-11378      | Mnisterio20       | M_3         | 0.65            |
| 33                                              | may-09 | 52          | VELEZ         | 13-1985       | Mnisterio23       | M_3         | 0.1             |
| 34                                              | may-09 | 53          | A. FREIRE     | NODISPON_9018 | Mnisterio14       | M_3         | 0.6             |
| 35                                              | may-09 | 55          | COMEGUA       | NODISPON_9031 | IPPAZ             | M_3         | 0.35            |
| 36                                              | may-09 | 68          | GUAYACANES 2  | 13-7293       | Mnisterio15       | M_3         | 0.45            |
| 37                                              | may-09 | 79          | STA. CECILIA  | NODISPON_9014 | CEL_SEGE          | T_Y         | 0.35            |
| 38                                              | may-09 | 79          | STA. CECILIA  | NODISPON_9015 | CEL_TR1           | M_3         | 0.49            |
| 39                                              | may-09 | 79          | STA. CECILIA  | NODISPON_9016 | CEL_TR2           | M_3         | 0.68            |
| 40                                              | may-09 | 79          | STA. CECILIA  | NODISPON_9017 | CEL_TR3           | M_3         | 0.59            |
| 41                                              | may-09 | 79          | STA. CECILIA  | NODISPON_9036 | ceitra3f          | TY1         | 0.69            |
| 42                                              | may-09 | 79          | STA. CECILIA  | NODISPON_9037 | tr_cum            | M_3         | 0.75            |
| 43                                              | may-09 | 82          | MAPASINGUE 3  | 13-25076      | Mnisterio35       | M_3         | 0.39            |
| 44                                              | may-09 | 95          | CHILE         | T-08272       | Mnisterio5        | T_Y         | 0.15            |
| 45                                              | may-09 | 96          | CORONEL       | T-08069       | Mnisterio4        | T_Y         | 0.63            |
| 46                                              | sep-09 | 96          | CORONEL       | 13-21335      | Mnisterio29       | M_3         | 0.1             |
| 47                                              | sep-09 | 97          | E. ALFARO     | NODISPON_9029 | CBORJAL           | M_3         | 0.26            |
| 48                                              | sep-09 | 103         | SAUCES 1      | T-014         | CARACOLI          | M_3         | 0.19            |
| 49                                              | sep-09 | 105         | SAUCES 3      | NODISPON_9012 | coeka2b           | TY1         | 0.35            |
| 50                                              | sep-09 | 105         | SAUCES 3      | NODISPON_9013 | coeka2c           | TY1         | 0.25            |

Fuente: Modulo Computacional de Calidad del Producto, Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil  
Departamento de Control de Calidad y Estadística.

| #   | Cargabilidad en Transformadores de Distribución |             |              |               |                  |             |                 |
|-----|-------------------------------------------------|-------------|--------------|---------------|------------------|-------------|-----------------|
|     | MES                                             | CODIGO ALIM | NOMBREALIM   | TRANSFORMADOR | NOMBRE ARCHIVO   | TIPO TRANSF | FACTOR DE CARGA |
| 51  | sep-09                                          | 124         | GARZOTA 4    | NODISPON_9005 | 21215_ueg_bapril | T_Y         | 0,56            |
| 52  | sep-09                                          | 124         | GARZOTA 4    | NODISPON_9006 | af20152_uegaire3 | T_Y         | 0,44            |
| 53  | sep-09                                          | 124         | GARZOTA 4    | NODISPON_9007 | af20152_uegpb2   | T_Y         | 0,58            |
| 54  | sep-09                                          | 124         | GARZOTA 4    | NODISPON_9008 | af24407_uegaire2 | T_Y         | 0,35            |
| 55  | sep-09                                          | 124         | GARZOTA 4    | NODISPON_9009 | af24407_uegpb1   | T_Y         | 0,48            |
| 56  | sep-09                                          | 124         | GARZOTA 4    | NODISPON_9010 | af24409_uegba2   | T_Y         | 0,36            |
| 57  | sep-09                                          | 124         | GARZOTA 4    | NODISPON_9011 | af24409_uegba3   | T_Y         | 0,46            |
| 58  | sep-09                                          | 124         | GARZOTA 4    | NODISPON_9032 | barrapri4        | T_Y         | 0,34            |
| 59  | sep-09                                          | 124         | GARZOTA 4    | NODISPON_9033 | centralaire5     | T_Y         | 0,14            |
| 60  | sep-09                                          | 124         | GARZOTA 4    | NODISPON_9034 | centralaire6     | T_Y         | 0,23            |
| 61  | sep-09                                          | 124         | GARZOTA 4    | NODISPON_9035 | unidad7          | T_Y         | 0,96            |
| 62  | sep-09                                          | 12          | ATARAZANA 2  | NODISPON_9145 | 25_feb_a         | M_3         | 0,35            |
| 63  | sep-09                                          | 20          | CORDOVA      | NODISPON_9139 | cligye500        | TYI         | 0,58            |
| 64  | sep-09                                          | 20          | CORDOVA      | NODISPON_9140 | clitomog         | TYI         | 0,33            |
| 65  | sep-09                                          | 20          | CORDOVA      | NODISPON_9148 | af20151clbre600  | TYI         | 0,16            |
| 66  | sep-09                                          | 20          | CORDOVA      | NODISPON_9149 | af20151guatra500 | TYI         | 0,29            |
| 67  | sep-09                                          | 20          | CORDOVA      | NODISPON_9150 | af24415clli125   | TYI         | 0,19            |
| 68  | sep-09                                          | 20          | CORDOVA      | NODISPON_9151 | af24415cliguto   | TYI         | 0,35            |
| 69  | sep-09                                          | 20          | CORDOVA      | NODISPON_9173 | gye_125          | TYI         | 0,48            |
| 70  | sep-09                                          | 140         | SAMANES      | NODISPON_9337 | sam21            | M_3         | 0,36            |
| 71  | sep-09                                          | 140         | SAMANES      | NODISPON_9338 | sam74            | M_3         | 0,23            |
| 72  | sep-09                                          | 140         | SAMANES      | NODISPON_9339 | sam7pa           | M_3         | 0,52            |
| 73  | sep-09                                          | 140         | SAMANES      | NODISPON_9342 | sam7pa           | M_3         | 0,33            |
| 74  | sep-09                                          | 140         | SAMANES      | NODISPON_9343 | sam7pa           | M_3         | 0,38            |
| 75  | sep-09                                          | 140         | SAMANES      | NODISPON_9344 | sam6pa           | M_3         | 0,56            |
| 76  | sep-09                                          | 140         | SAMANES      | NODISPON_9345 | sam6pa           | M_3         | 0,31            |
| 77  | sep-09                                          | 140         | SAMANES      | NODISPON_9346 | sam6pa           | M_3         | 0,69            |
| 78  | sep-09                                          | 140         | SAMANES      | NODISPON_9347 | sam6pa           | M_3         | 0,58            |
| 79  | sep-09                                          | 140         | SAMANES      | NODISPON_9348 | sam1pa           | M_3         | 0,18            |
| 80  | sep-09                                          | 140         | SAMANES      | NODISPON_9349 | sam1pa           | M_3         | 0,26            |
| 81  | sep-09                                          | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9141 | rioceib1000      | TYI         | 0,68            |
| 82  | sep-09                                          | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9144 | 2121rioredpetr   | TYI         | 0,28            |
| 83  | sep-09                                          | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9152 | af24409riode     | TYI         | 0,44            |
| 84  | ago-10                                          | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9174 | airerice         | TYI         | 0,41            |
| 85  | ago-10                                          | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9175 | CHILIS           | TYI         | 0,19            |
| 86  | ago-10                                          | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9176 | tr_cei3          | TYI         | 0,28            |
| 87  | ago-10                                          | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9177 | tr_rcei          | TYI         | 0,21            |
| 88  | ago-10                                          | 31          | MIRAFLORES   | NODISPON_9142 | 16_feb           | M_3         | 0,4             |
| 89  | ago-10                                          | 38          | ACACIAS      | NODISPON_9146 | 25_feb_b         | M_3         | 0,43            |
| 90  | ago-10                                          | 43          | TULCAN       | 13-12092      | GRENDON4         | M_3         | 0,33            |
| 91  | ago-10                                          | 43          | TULCAN       | 13-22655      | GRENDON3         | M_3         | 0,27            |
| 92  | ago-10                                          | 43          | TULCAN       | 13-309        | CHjuvenil4       | M_3         | 0,14            |
| 93  | ago-10                                          | 43          | TULCAN       | 13-3465       | CHjuvenil6       | M_3         | 0,57            |
| 94  | ago-10                                          | 50          | HUANCAVILCA  | 13-11916      | GRENDON8         | M_3         | 0,37            |
| 95  | ago-10                                          | 50          | HUANCAVILCA  | 13-14303      | CHjuvenil3       | M_3         | 0,18            |
| 96  | ago-10                                          | 50          | HUANCAVILCA  | 13-7441       | CHjuvenil8       | M_3         | 0,1             |
| 97  | ago-10                                          | 53          | A. FREIRE    | 13-15095      | SAUCES1_3        | M_3         | 0,29            |
| 98  | ago-10                                          | 53          | A. FREIRE    | 13-19975      | SAUCES1_1        | M_3         | 0,43            |
| 99  | ago-10                                          | 67          | GUAYACANES 1 | 13-12522      | GUAYACANES1      | M_3         | 0,39            |
| 100 | ago-10                                          | 67          | GUAYACANES 1 | 13-5485       | SAUCES4_4        | M_3         | 0,46            |

Fuente: Modulo Computacional de Calidad del Producto, Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil  
Departamento de Control de Calidad y Estadística.



| Cargabilidad en Transformadores de Distribucion |        |             |                       |               |                 |             |                 |
|-------------------------------------------------|--------|-------------|-----------------------|---------------|-----------------|-------------|-----------------|
| #                                               | MES    | CODIGO ALIM | NOMBREALIM            | TRANSFORMADOR | NOMBREARCHIVO   | TIPO TRANSF | FACTOR DE CARGA |
| 101                                             | ago-10 | 70          | GUAYACANES 4          | NODISPON_9138 | SAUCES3_4       | M_3         | 0,19            |
| 102                                             | ago-10 | 70          | GUAYACANES 4          | 13-20372      | SAUCES3_3       | M_3         | 0,24            |
| 103                                             | ago-10 | 92          | DEL MAESTRO           | T-15378       | CDEOCTUBRE      | M_3         | 0,36            |
| 104                                             | ago-10 | 92          | DEL MAESTRO           | 13-11390      | Huancavilca1    | M_3         | 0,65            |
| 105                                             | ago-10 | 92          | DEL MAESTRO           | 13-1348       | sopea1          | M_3         | 0,54            |
| 106                                             | ago-10 | 92          | DEL MAESTRO           | 13-18493      | Huancavilca2    | M_3         | 0,35            |
| 107                                             | ago-10 | 100         | RUMICHACA             | NODISPON_9143 | 17_feb          | M_3         | 0,84            |
| 108                                             | ago-10 | 118         | LOS ROSALES           | NODISPON_9147 | 26604mar11      | M_3         | 0,7             |
| 109                                             | ago-10 | 118         | LOS ROSALES           | NODISPON_9155 | af26605sam7     | M_3         | 0,35            |
| 110                                             | ago-10 | 124         | GARZOTA 4             | NODISPON_9156 | granman         | TY1         | 0,6             |
| 111                                             | ago-10 | 13          | ATARAZANA 3           | NODISPON_9157 | ALBATROS        | M_3         | 0,26            |
| 112                                             | ago-10 | 20          | CORDOVA               | NODISPON_9262 | cli_brea250cont | TY1         | 0,18            |
| 113                                             | ago-10 | 20          | CORDOVA               | NODISPON_9263 | cli_cineangio   | TY1         | 0,56            |
| 114                                             | ago-10 | 20          | CORDOVA               | NODISPON_9267 | clia_delibar    | TY1         | 0,33            |
| 115                                             | ago-10 | 20          | CORDOVA               | NODISPON_9268 | cli_cinangio_2  | TY1         | 0,35            |
| 116                                             | ago-10 | 29          | CEIBOS                | NODISPON_9153 | af24417nocima   | M_3         | 0,8             |
| 117                                             | ago-10 | 29          | CEIBOS                | NODISPON_9154 | af26607rio      | TY1         | 0,85            |
| 118                                             | ago-10 | 29          | CEIBOS                | NODISPON_9266 | tr_cei4         | TY1         | 0,38            |
| 119                                             | ago-10 | 29          | CEIBOS                | NODISPON_9269 | traf_5kva       | M_3         | 0,4             |
| 120                                             | ago-10 | 29          | CEIBOS                | NODISPON_9290 | TRRIOST2        | TY1         | 0,35            |
| 121                                             | ago-10 | 29          | CEIBOS                | NODISPON_9291 | TR_RIOST        | TY1         | 0,28            |
| 122                                             | ago-10 | 29          | CEIBOS                | NODISPON_9292 | TR_RIOST1       | TY1         | 0,48            |
| 123                                             | sep-10 | 37          | 4 DE NOVIEMBRE        | 13-14838      | BABAHYO9        | M_3         | 0,31            |
| 124                                             | sep-10 | 39          | ANTEPARA              | NODISPON_9264 | Naranja         | M_3         | 0,35            |
| 125                                             | sep-10 | 39          | ANTEPARA              | NODISPON_9265 | Pareja          | M_3         | 0,14            |
| 126                                             | sep-10 | 43          | TULCAN                | 13-18003      | BOLIVIA4        | M_3         | 0,28            |
| 127                                             | sep-10 | 43          | TULCAN                | 13-21798      | BOLIVIA7        | M_3         | 0,54            |
| 128                                             | sep-10 | 43          | TULCAN                | 13-3210       | BOLIVIA1        | M_3         | 0,23            |
| 129                                             | sep-10 | 50          | HUANCAVILCA           | NODISPON_9158 | LEITON          | M_3         | 0,6             |
| 130                                             | sep-10 | 50          | HUANCAVILCA           | 13-1408       | BABAHYO8        | M_3         | 0,15            |
| 131                                             | sep-10 | 50          | HUANCAVILCA           | 13-5117       | BABAHYO7        | M_3         | 0,39            |
| 132                                             | sep-10 | 53          | A. FREIRE             | NODISPON_9260 | SAUCES1_12      | M_3         | 0,34            |
| 133                                             | sep-10 | 53          | A. FREIRE             | NODISPON_9261 | SAUCES1_5       | M_3         | 0,19            |
| 134                                             | sep-10 | 98          | EL ORO                | 13-23361      | LBECERRA6       | M_3         | 0,65            |
| 135                                             | sep-10 | 98          | EL ORO                | 13-25096      | LBECERRA3       | M_3         | 0,33            |
| 136                                             | sep-10 | 99          | ESMERALDAS            | 13-10938      | SMONICA3        | M_3         | 0,41            |
| 137                                             | sep-10 | 99          | ESMERALDAS            | 13-20343      | ARGENTINA       | M_3         | 0,33            |
| 138                                             | sep-10 | 99          | ESMERALDAS            | 13-20461      | SMONICA4        | M_3         | 0,27            |
| 139                                             | sep-10 | 99          | ESMERALDAS            | 13-23872      | FMARCOS11       | M_3         | 0,11            |
| 140                                             | sep-10 | 99          | ESMERALDAS            | 13-8906       | SMONICA1        | M_3         | 0,54            |
| 141                                             | sep-10 | 100         | RUMICHACA             | 13-17652      | SMONICA9        | M_3         | 0,64            |
| 142                                             | sep-10 | 102         | LA CHALA              | 13-21872      | SMONICA2        | M_3         | 0,56            |
| 143                                             | sep-10 | 112         | TORRE 5               | 13-11485      | SAUCES1_7       | M_3         | 0,67            |
| 144                                             | sep-10 | 116         | UNIVERSO              | 13-9484       | trafo_uni       | M_3         | 0,38            |
| 145                                             | sep-10 | 132         | FLOR DE BASTION OESTE | 13-21163      | SANTIAGO6       | M_3         | 0,58            |
| 146                                             | sep-10 | 140         | SAMANES               | NODISPON_9270 | sam21           | M_3         | 0,36            |
| 147                                             | sep-10 | 140         | SAMANES               | NODISPON_9271 | sam74           | M_3         | 0,23            |
| 148                                             | sep-10 | 140         | SAMANES               | NODISPON_9272 | sam7pa          | M_3         | 0,44            |
| 149                                             | sep-10 | 9           | OLIMPO                | 13-1409       | CMODELO8        | M_3         | 0,1             |
| 150                                             | sep-10 | 10          | PLAZA DANIN           | 13-2089       | CMODELO7        | M_3         | 0,18            |

Fuente: Modulo Computacional de Calidad del Producto, Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil  
Departamento de Control de Calidad y Estadística.

| Cargabilidad en Transformadores de Distribucion |        |             |              |               |                  |             |                 |
|-------------------------------------------------|--------|-------------|--------------|---------------|------------------|-------------|-----------------|
| #                                               | MES    | CODIGO ALIM | NOMBRE ALIM  | TRANSFORMADOR | NOMBRE ARCHIVO   | TIPO TRANSF | FACTOR DE CARGA |
| 151                                             | sep-10 | 11          | ATARAZANA 1  | NODISPON_9367 | INFECTOLOGIA_1   | TY1         | 0,28            |
| 152                                             | sep-10 | 20          | CORDOVA      | NODISPON_9338 | cli_torifo_10kva | TY1         | 0,34            |
| 153                                             | sep-10 | 21          | MALECON      | 13-20502      | CCARMEN5         | M_3         | 0,19            |
| 154                                             | sep-10 | 21          | MALECON      | 13-20509      | CCARMEN2         | M_3         | 0,1             |
| 155                                             | sep-10 | 21          | MALECON      | 13-20510      | CCARMEN9         | M_3         | 0,24            |
| 156                                             | sep-10 | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9331 | rioceib_15kva    | M_3         | 0,38            |
| 157                                             | sep-10 | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9332 | rioceib_5kva     | M_3         | 0,15            |
| 158                                             | sep-10 | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9333 | rioceib_10kva    | M_3         | 0,28            |
| 159                                             | sep-10 | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9334 | riocei_10kva     | M_3         | 0,27            |
| 160                                             | sep-10 | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9335 | riocei_5kva      | M_3         | 0,17            |
| 161                                             | sep-10 | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9336 | rioce_15kva      | M_3         | 0,45            |
| 162                                             | sep-10 | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9337 | rio_10kva        | M_3         | 0,24            |
| 163                                             | sep-10 | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9356 | RCSTORLU         | TY1         | 0,19            |
| 164                                             | sep-10 | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9357 | RCTR_RST         | TY1         | 0,18            |
| 165                                             | sep-10 | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9358 | TR_RC_ST         | TY1         | 0,49            |
| 166                                             | sep-10 | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9359 | TR_RIOS          | TY1         | 0,39            |
| 167                                             | sep-10 | 47          | COLON        | NODISPON_9363 | MATERNID         | TY1         | 0,26            |
| 168                                             | sep-10 | 47          | COLON        | 13-13534      | PMOCAYO9         | M_3         | 0,11            |
| 169                                             | sep-10 | 55          | COMEGUA      | NODISPON_9360 | TRAL2_25         | M_3         | 0,18            |
| 170                                             | sep-10 | 55          | COMEGUA      | NODISPON_9361 | TR_GAR           | M_3         | 0,34            |
| 171                                             | sep-10 | 90          | 25 DE JULIO  | NODISPON_9362 | CTCSUR           | M_3         | 0,44            |
| 172                                             | sep-10 | 90          | 25 DE JULIO  | NODISPON_9371 | SCTG1_1          | M_3         | 0,29            |
| 173                                             | sep-10 | 90          | 25 DE JULIO  | NODISPON_9372 | SCTG2_1          | M_3         | 0,11            |
| 174                                             | sep-10 | 94          | VALDIVIA     | NODISPON_9365 | BVIENDA1_1       | TY1         | 0,25            |
| 175                                             | sep-10 | 94          | VALDIVIA     | NODISPON_9366 | BVIENDA2_1       | TY1         | 0,15            |
| 176                                             | sep-10 | 94          | VALDIVIA     | NODISPON_9368 | MARIA_EGAS_1     | M_3         | 0,48            |
| 177                                             | sep-10 | 97          | E ALFARO     | 13-3221       | CALICUCHIMA1     | M_3         | 0,69            |
| 178                                             | sep-10 | 99          | ESMERALDAS   | 13-2393       | CALICUCHIMA4     | M_3         | 0,16            |
| 179                                             | sep-10 | 99          | ESMERALDAS   | 13-24327      | CALICUCHIMA7     | M_3         | 0,17            |
| 180                                             | sep-10 | 100         | RUMICHACA    | 13-1216       | PMONCAYO8        | M_3         | 0,44            |
| 181                                             | sep-10 | 100         | RUMICHACA    | 13-5216       | PMONCAYO7        | M_3         | 0,1             |
| 182                                             | sep-10 | 140         | SAMANES      | NODISPON_9339 | 26604sam         | M_3         | 0,36            |
| 183                                             | sep-10 | 140         | SAMANES      | NODISPON_9340 | 26605sam         | M_3         | 0,23            |
| 184                                             | sep-10 | 140         | SAMANES      | NODISPON_9341 | 26605sam72       | M_3         | 0,52            |
| 185                                             | sep-10 | 140         | SAMANES      | NODISPON_9342 | af266045         | M_3         | 0,33            |
| 186                                             | sep-10 | 149         | PORTUARIA 4  | NODISPON_9364 | ADUANA_1         | TY1         | 0,38            |
| 187                                             | sep-10 | 152         | FERTISA      | NODISPON_9369 | SADUANA1_1       | M_3         | 0,56            |
| 188                                             | sep-10 | 152         | FERTISA      | NODISPON_9370 | SADUANA2_1       | M_3         | 0,31            |
| 189                                             | nov-10 | 9           | OLIMPO       | NODISPON_9424 | poli_3_6M_1      | T_Y         | 0,69            |
| 190                                             | nov-10 | 28          | CARLOS JULIO | NODISPON_9438 | C28MAYO1         | M_3         | 0,58            |
| 191                                             | nov-10 | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9425 | rc_L40_15kva     | M_3         | 0,18            |
| 192                                             | nov-10 | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9426 | rc_15kva_2       | M_3         | 0,15            |
| 193                                             | nov-10 | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9427 | rc_L28_15kva     | M_3         | 0,44            |
| 194                                             | nov-10 | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9428 | rc_L29_15kva_2   | M_3         | 0,36            |
| 195                                             | nov-10 | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9429 | rc_L37_10kva     | M_3         | 0,25            |
| 196                                             | nov-10 | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9430 | rc_L38_10kva     | M_3         | 0,18            |
| 197                                             | nov-10 | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9431 | rc_L39_15kva_2   | M_3         | 0,55            |
| 198                                             | nov-10 | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9432 | rc_L48_25kva     | M_3         | 0,23            |
| 199                                             | nov-10 | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9433 | rc_r_1           | M_3         | 0,14            |
| 200                                             | nov-10 | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9344 | rc_L36_15kva     | M_3         | 0,65            |

Fuente: Modulo Computacional de Calidad del Producto, Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil  
Departamento de Control de Calidad y Estadística.

| Cargabilidad en Transformadores de Distribución |        |             |                      |               |                |             |                 |
|-------------------------------------------------|--------|-------------|----------------------|---------------|----------------|-------------|-----------------|
| #                                               | MES    | CODIGO ALIM | NOMBRE ALIM          | TRANSFORMADOR | NOMBRE ARCHIVO | TIPO TRANSF | FACTOR DE CARGA |
| 201                                             | nov-10 | 29          | CEIBOS               | NODISPON_9345 | rc_L37_15kva_2 | M_3         | 0,33            |
| 202                                             | nov-10 | 29          | CEIBOS               | NODISPON_9346 | rc_L38_10kva   | M_3         | 0,41            |
| 203                                             | nov-10 | 29          | CEIBOS               | NODISPON_9347 | rc_L39_10kva   | M_3         | 0,33            |
| 204                                             | nov-10 | 29          | CEIBOS               | NODISPON_9348 | rc_L40_15kva_2 | M_3         | 0,27            |
| 205                                             | nov-10 | 29          | CEIBOS               | NODISPON_9412 | rc_L48_25kva   | M_3         | 0,11            |
| 206                                             | nov-10 | 29          | CEIBOS               | NODISPON_9413 | rc_r_1         | M_3         | 0,54            |
| 207                                             | nov-10 | 29          | CEIBOS               | NODISPON_9415 | rc_L41_10kva   | M_3         | 0,64            |
| 208                                             | nov-10 | 29          | CEIBOS               | NODISPON_9416 | rc_L42_15kva_2 | M_3         | 0,56            |
| 209                                             | nov-10 | 29          | CEIBOS               | NODISPON_9417 | rc_r_1         | M_3         | 0,67            |
| 210                                             | nov-10 | 107         | SAUCES 6             | NODISPON_9428 |                | M_3         | 0,38            |
| 211                                             | nov-10 | 107         | SAUCES 6             | NODISPON_9429 |                | M_3         | 0,58            |
| 212                                             | nov-10 | 107         | SAUCES 6             | NODISPON_9430 |                | M_3         | 0,36            |
| 213                                             | nov-10 | 107         | SAUCES 6             | NODISPON_9431 |                | M_3         | 0,23            |
| 214                                             | nov-10 | 107         | SAUCES 6             | NODISPON_9432 |                | M_3         | 0,44            |
| 215                                             | nov-10 | 107         | SAUCES 6             | NODISPON_9433 |                | T_Y         | 0,1             |
| 216                                             | nov-10 | 107         | SAUCES 6             | 13-8966       |                | T_Y         | 0,18            |
| 217                                             | nov-10 | 107         | SAUCES 6             | 13-11522      |                | T_Y         | 0,28            |
| 218                                             | nov-10 | 107         | SAUCES 6             | 13-52431      |                | T_Y         | 0,34            |
| 219                                             | nov-10 | 107         | SAUCES 6             | 13-18485      |                | M_3         | 0,24            |
| 220                                             | nov-10 | 107         | SAUCES 6             | 13-6684       |                | M_3         | 0,22            |
| 221                                             | nov-10 | 107         | SAUCES 6             | 13-23363      |                | M_3         | 0,33            |
| 222                                             | nov-10 | 29          | CEIBOS               | NODISPON_9434 | rc_r_12        | M_3         | 0,37            |
| 223                                             | nov-10 | 29          | CEIBOS               | NODISPON_9435 | tr_15kva       | M_3         | 0,17            |
| 224                                             | nov-10 | 29          | CEIBOS               | NODISPON_9436 | t_15kva2       | M_3         | 0,56            |
| 225                                             | nov-10 | 29          | CEIBOS               | NODISPON_9437 | RC_RS_L8       | TY1         | 0,68            |
| 226                                             | nov-10 | 103         | SAUCES 1             | NODISPON_9413 | MOBEL1         | M_3         | 0,33            |
| 227                                             | nov-10 | 103         | SAUCES 1             | NODISPON_9414 | MOBEL2         | M_3         | 0,41            |
| 228                                             | nov-10 | 103         | SAUCES 1             | NODISPON_9415 | MOBEL4         | M_3         | 0,54            |
| 229                                             | nov-10 | 103         | SAUCES 1             | NODISPON_9416 | MOBEL5         | M_3         | 0,23            |
| 230                                             | nov-10 | 103         | SAUCES 1             | NODISPON_9417 | FHUANC1        | M_3         | 0,6             |
| 231                                             | nov-10 | 103         | SAUCES 1             | NODISPON_9418 | FHUANC2        | M_3         | 0,15            |
| 232                                             | nov-10 | 103         | SAUCES 1             | NODISPON_9422 | FHUANCA3       | M_3         | 0,48            |
| 233                                             | nov-10 | 103         | SAUCES 1             | NODISPON_9423 | SUNVE7         | M_3         | 0,18            |
| 234                                             | nov-10 | 106         | SAUCES 4             | NODISPON_9404 | AVIA5          | T_Y         | 0,15            |
| 235                                             | nov-10 | 106         | SAUCES 4             | NODISPON_9405 | AVIA6          | T_Y         | 0,27            |
| 236                                             | nov-10 | 106         | SAUCES 4             | NODISPON_9407 | HOSUNI1        | T_Y         | 0,15            |
| 237                                             | nov-10 | 106         | SAUCES 4             | NODISPON_9408 | HOSUNI2        | T_Y         | 0,37            |
| 238                                             | nov-10 | 106         | SAUCES 4             | NODISPON_9409 | SHUNI1         | M_3         | 0,19            |
| 239                                             | nov-10 | 120         | MAPASINGUE 7         | NODISPON_9439 | C28MAYO2       | M_3         | 0,27            |
| 240                                             | nov-10 | 120         | MAPASINGUE 7         | NODISPON_9440 | C28MAYO3       | M_3         | 0,18            |
| 241                                             | nov-10 | 120         | MAPASINGUE 7         | NODISPON_9441 | C28MAYO5       | M_3         | 0,28            |
| 242                                             | nov-10 | 130         | TENIENTE HUGO ORTIZ  | NODISPON_9420 | ORQ1           | M_3         | 0,39            |
| 243                                             | nov-10 | 130         | TENIENTE HUGO ORTIZ  | NODISPON_9421 | ORQ2           | M_3         | 0,28            |
| 244                                             | nov-10 | 131         | FLOR DE BASTION ESTE | NODISPON_9410 | SHUNI2         | M_3         | 0,29            |
| 245                                             | nov-10 | 131         | FLOR DE BASTION ESTE | NODISPON_9411 | SHUNI5         | M_3         | 0,37            |
| 246                                             | nov-10 | 131         | FLOR DE BASTION ESTE | NODISPON_9412 | SHUNI6         | M_3         | 0,49            |
| 247                                             | nov-10 | 135         | CALIFORNIA 1         | NODISPON_9406 | AVIA7          | T_Y         | 0,17            |
| 248                                             | nov-10 | 135         | CALIFORNIA 1         | NODISPON_9419 | FUERHUNCA      | TY1         | 0,37            |
| 249                                             | nov-10 | 4           | BENJAMIN CARRION     | NODISPON_9586 | PSOLANO3       | M_3         | 0,47            |
| 250                                             | nov-10 | 4           | BENJAMIN CARRION     | NODISPON_9587 | PSOLANO5       | M_3         | 0,19            |

Fuente: Modulo Computacional de Calidad del Producto, Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil  
Departamento de Control de Calidad y Estadística.

| Cargabilidad en Transformadores de Distribucion |        |             |                  |               |               |             |                 |
|-------------------------------------------------|--------|-------------|------------------|---------------|---------------|-------------|-----------------|
| #                                               | MES    | CODIGO ALIM | NOMBREALIM       | TRANSFORMADOR | NOMBREARCHIVO | TIPO TRANSF | FACTOR DE CARGA |
| 251                                             | nov-10 | 4           | BENJAMIN CARRION | NODISPON_9608 | PSOLANO4      | M_3         | 0.26            |
| 252                                             | nov-10 | 9           | OLIMPO           | NODISPON_9621 | polcenA       | T_Y         | 0.1             |
| 253                                             | nov-10 | 10          | PLAZA DANIN      | NODISPON_9592 | COE           | M_3         | 0.25            |
| 254                                             | nov-10 | 10          | PLAZA DANIN      | NODISPON_9593 | RESTAD        | TYI         | 0.37            |
| 255                                             | nov-10 | 10          | PLAZA DANIN      | NODISPON_9594 | SESTAD1       | M_3         | 0.55            |
| 256                                             | nov-10 | 10          | PLAZA DANIN      | NODISPON_9595 | SESTAD3       | M_3         | 0.46            |
| 257                                             | nov-10 | 10          | PLAZA DANIN      | NODISPON_9596 | SESTAD4       | M_3         | 0.45            |
| 258                                             | nov-10 | 10          | PLAZA DANIN      | NODISPON_9597 | TRAESTA       | T_Y         | 0.36            |
| 259                                             | nov-10 | 10          | PLAZA DANIN      | NODISPON_9598 | POLINAC       | M_3         | 0.14            |
| 260                                             | nov-10 | 16          | LUQUE            | NODISPON_9620 | cin9o1mon     | M_2         | 0.14            |
| 261                                             | nov-10 | 21          | MALECON          | NODISPON_9588 | PENAS1        | M_3         | 0.26            |
| 262                                             | nov-10 | 21          | MALECON          | NODISPON_9589 | PENAS3        | M_3         | 0.16            |
| 263                                             | nov-10 | 21          | MALECON          | NODISPON_9590 | PENAS5        | M_3         | 0.35            |
| 264                                             | nov-10 | 21          | MALECON          | NODISPON_9591 | PENAS7        | M_3         | 0.49            |
| 265                                             | nov-10 | 28          | CARLOS JULIO     | NODISPON_9584 | C28MAYO6_I    | M_3         | 0.26            |
| 266                                             | nov-10 | 28          | CARLOS JULIO     | NODISPON_9585 | COL28MAYO     | TYI         | 0.35            |
| 267                                             | nov-10 | 29          | CEIBOS           | NODISPON_9611 | rt11_tm2      | TYI         | 0.32            |
| 268                                             | nov-10 | 29          | CEIBOS           | NODISPON_9612 | LPC315kva     | M_3         | 0.11            |
| 269                                             | nov-10 | 29          | CEIBOS           | NODISPON_9613 | rcC215kva     | M_3         | 0.39            |
| 270                                             | ene-11 | 29          | CEIBOS           | NODISPON_9614 | rcL2415kv     | M_3         | 0.27            |
| 271                                             | ene-11 | 29          | CEIBOS           | NODISPON_9615 | rcL7115k      | M_3         | 0.35            |
| 272                                             | ene-11 | 29          | CEIBOS           | NODISPON_9616 | rcL715kva     | M_3         | 0.22            |
| 273                                             | ene-11 | 29          | CEIBOS           | NODISPON_9617 | rcL7615kv     | M_3         | 0.37            |
| 274                                             | ene-11 | 29          | CEIBOS           | NODISPON_9618 | rcLA15kva     | M_3         | 0.36            |
| 275                                             | ene-11 | 29          | CEIBOS           | NODISPON_9619 | yogurt15kva   | M_3         | 0.27            |
| 276                                             | ene-11 | 44          | VENEZUELA        | NODISPON_9602 | ESTADIO       | M_3         | 0.35            |
| 277                                             | ene-11 | 44          | VENEZUELA        | NODISPON_9603 | RUNAM9        | M_3         | 0.28            |
| 278                                             | ene-11 | 46          | AGUIRRE          | NODISPON_9604 | Pilah         | M_3         | 0.18            |
| 279                                             | ene-11 | 46          | AGUIRRE          | NODISPON_9607 | 2PIYA         | M_3         | 0.25            |
| 280                                             | ene-11 | 75          | URDENOR          | NODISPON_9599 | URBANOR1      | M_3         | 0.46            |
| 281                                             | ene-11 | 75          | URDENOR          | NODISPON_9600 | URBANOR3      | M_3         | 0.16            |
| 282                                             | ene-11 | 75          | URDENOR          | NODISPON_9601 | URBAN5        | M_3         | 0.55            |
| 283                                             | ene-11 | 75          | URDENOR          | NODISPON_9605 | PA16          | M_3         | 0.38            |
| 284                                             | ene-11 | 83          | MAPASINGUE 4     | NODISPON_9606 | DOLSUCR       | T_Y         | 0.25            |
| 285                                             | ene-11 | 90          | 25 DE JULIO      | NODISPON_9609 | TRANSF        | M_3         | 0.56            |
| 286                                             | ene-11 | 156         | GRAN MANZANA     | NODISPON_9610 | tr25kva       | M_3         | 0.32            |
| 287                                             | ene-11 | 16          | LUQUE            | NODISPON_9687 | 750kvacoma    | T_Y         | 0.33            |
| 288                                             | ene-11 | 16          | LUQUE            | NODISPON_9687 | 750kvaconterr | T_Y         | 0.36            |
| 289                                             | ene-11 | 16          | LUQUE            | NODISPON_9687 | coma3piso     | T_Y         | 0.23            |
| 290                                             | ene-11 | 16          | LUQUE            | NODISPON_9687 | comanterr     | T_Y         | 0.52            |
| 291                                             | ene-11 | 16          | LUQUE            | NODISPON_9687 | tcin9oc2mo    | M_2         | 0.33            |
| 292                                             | ene-11 | 16          | LUQUE            | NODISPON_9687 | comanterr     | T_Y         | 0.31            |
| 293                                             | ene-11 | 16          | LUQUE            | NODISPON_9687 | comanterr     | T_Y         | 0.69            |
| 294                                             | ene-11 | 16          | LUQUE            | NODISPON_9687 | comanterr     | T_Y         | 0.58            |
| 295                                             | ene-11 | 16          | LUQUE            | NODISPON_9687 | comanterr     | T_Y         | 0.18            |
| 296                                             | ene-11 | 16          | LUQUE            | NODISPON_9687 | comanterr     | T_Y         | 0.15            |
| 297                                             | ene-11 | 16          | LUQUE            | NODISPON_9687 | comanterr     | T_Y         | 0.44            |
| 298                                             | ene-11 | 16          | LUQUE            | NODISPON_9687 | comanterr     | T_Y         | 0.36            |
| 299                                             | ene-11 | 16          | LUQUE            | NODISPON_9687 | comanterr     | T_Y         | 0.25            |
| 300                                             | ene-11 | 16          | LUQUE            | NODISPON_9687 | comanterr     | T_Y         | 0.18            |

Fuente: Modulo Computacional de Calidad del Producto, Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil  
Departamento de Control de Calidad y Estadística.

| Cargabilidad en Transformadores de Distribucion |        |             |              |               |                |             |                 |
|-------------------------------------------------|--------|-------------|--------------|---------------|----------------|-------------|-----------------|
|                                                 | MES    | CODIGO ALIM | NOMBRE ALIM  | TRANSFORMADOR | NOMBRE ARCHIVO | TIPO TRANSF | FACTOR DE CARGA |
| 301                                             | ene-11 | 16          | LUQUE        | NODISPON_9687 | comanterr      | T_Y         | 0.55            |
| 302                                             | ene-11 | 16          | LUQUE        | NODISPON_9687 | coma5piso      | T_Y         | 0.23            |
| 303                                             | ene-11 | 16          | LUQUE        | NODISPON_9687 | coma5piso      | T_Y         | 0.14            |
| 304                                             | ene-11 | 16          | LUQUE        | NODISPON_9687 | coma5piso      | T_Y         | 0.37            |
| 305                                             | ene-11 | 16          | LUQUE        | NODISPON_9687 | coma5piso      | T_Y         | 0.19            |
| 306                                             | ene-11 | 16          | LUQUE        | NODISPON_9687 | coma5iso       | T_Y         | 0.26            |
| 307                                             | ene-11 | 16          | LUQUE        | NODISPON_9687 | tcin8oc1mo     | T_Y         | 0.31            |
| 308                                             | ene-11 | 16          | LUQUE        | NODISPON_9687 | TDEI45Acoma    | T_Y         | 0.25            |
| 309                                             | ene-11 | 16          | LUQUE        | NODISPON_9687 | trcine9oc3     | T_Y         | 0.37            |
| 310                                             | ene-11 | 16          | LUQUE        | NODISPON_9688 | 750kvaconterr  | T_Y         | 0.26            |
| 311                                             | ene-11 | 16          | LUQUE        | NODISPON_9689 | coma4piso      | T_Y         | 0.36            |
| 312                                             | ene-11 | 16          | LUQUE        | NODISPON_9690 | comanterr      | T_Y         | 0.1             |
| 313                                             | ene-11 | 16          | LUQUE        | NODISPON_9691 | tcin9oc2mo     | M_2         | 0.15            |
| 314                                             | ene-11 | 16          | LUQUE        | NODISPON_9692 | TDEI50Acoma    | T_Y         | 0.35            |
| 315                                             | ene-11 | 16          | LUQUE        | NODISPON_9693 | trcine9oc3     | T_Y         | 0.16            |
| 316                                             | ene-11 | 16          | LUQUE        | NODISPON_9694 | TTA800Acoma    | T_Y         | 0.15            |
| 317                                             | ene-11 | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9671 | L2410kva       | M_3         | 0.38            |
| 318                                             | ene-11 | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9672 | L2425kva       | M_3         | 0.48            |
| 319                                             | ene-11 | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9673 | L7110kva       | M_3         | 0.45            |
| 320                                             | ene-11 | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9674 | L7125kva       | M_3         | 0.35            |
| 321                                             | ene-11 | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9675 | L7610kva       | M_3         | 0.26            |
| 322                                             | abr-11 | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9676 | L7625kva       | M_3         | 0.36            |
| 323                                             | abr-11 | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9677 | L7710kva       | M_3         | 0.21            |
| 324                                             | abr-11 | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9678 | L7725kva       | M_3         | 0.22            |
| 325                                             | abr-11 | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9679 | LA810kva       | M_3         | 0.35            |
| 326                                             | abr-11 | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9680 | LA825kva       | M_3         | 0.26            |
| 327                                             | abr-11 | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9681 | LPC210kva      | M_3         | 0.28            |
| 328                                             | abr-11 | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9682 | LPC225kva      | M_3         | 0.1             |
| 329                                             | abr-11 | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9683 | LPC310kva      | M_3         | 0.11            |
| 330                                             | abr-11 | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9684 | LPC325kva      | M_3         | 0.11            |
| 331                                             | abr-11 | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9685 | natvo10kva     | M_3         | 0.36            |
| 332                                             | abr-11 | 29          | CEIBOS       | NODISPON_9686 | natvo25kva     | M_3         | 0.37            |
| 333                                             | abr-11 | 45          | 10 DE AGOSTO | NODISPON_9695 | bosh_tr        | TYI         | 0.36            |
| 334                                             | abr-11 | 46          | AGUIRRE      | T-52          | MCENTRAL3      | M_3         | 0.28            |
| 335                                             | abr-11 | 47          | COLON        | T-53          | MCENTRAL1      | M_3         | 0.37            |
| 336                                             | abr-11 | 47          | COLON        | 13-11293      | GGUAYAS3       | M_3         | 0.27            |
| 337                                             | abr-11 | 47          | COLON        | 13-12223      | FUNCRIS7       | M_3         | 0.36            |
| 338                                             | abr-11 | 47          | COLON        | 13-20599      | FMGUARE6       | M_3         | 0.26            |
| 339                                             | abr-11 | 50          | HUANCAVILCA  | 13-1762       | FMGUARE8       | M_3         | 0.38            |
| 340                                             | abr-11 | 50          | HUANCAVILCA  | 13-4995       | FMGUARE2       | M_3         | 0.49            |
| 341                                             | abr-11 | 50          | HUANCAVILCA  | 13-9893       | FUNCRISA8      | M_3         | 0.37            |
| 342                                             | abr-11 | 82          | MAPASINGUE 3 | T-06144       | Schoenstatt5   | M_3         | 0.22            |
| 343                                             | abr-11 | 82          | MAPASINGUE 3 | T-28          | Schoenstatt3   | M_3         | 0.47            |
| 344                                             | abr-11 | 82          | MAPASINGUE 3 | 13-17327      | Schoenstatt6   | M_3         | 0.29            |
| 345                                             | abr-11 | 82          | MAPASINGUE 3 | 13-1925       | Schoenstatt4   | M_3         | 0.16            |
| 346                                             | abr-11 | 95          | CHILE        | 13-23850      | GGUAYAS2       | M_3         | 0.26            |
| 347                                             | abr-11 | 11          | ATARAZANA 1  | 13-19353      | CEMENTERIO5    | M_3         | 0.44            |
| 348                                             | abr-11 | 11          | ATARAZANA 1  | 13-23822      | CEMENTERIO8    | M_3         | 0.61            |
| 349                                             | abr-11 | 11          | ATARAZANA 1  | 13-2594       | CEMENTERIO6    | M_3         | 0.38            |
| 350                                             | abr-11 | 11          | ATARAZANA 1  | 13-5896       | CEMENTERIO1    | M_3         | 0.4             |

Fuente: Modulo Computacional de Calidad del Producto, Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil  
Departamento de Control de Calidad y Estadística.

| Cargabilidad en Transformadores de Distribucion |        |             |                |               |                |             |                 |
|-------------------------------------------------|--------|-------------|----------------|---------------|----------------|-------------|-----------------|
| #                                               | MES    | CODIGO ALIM | NOMBRE ALIM    | TRANSFORMADOR | NOMBRE ARCHIVO | TIPO TRANSF | FACTOR DE CARGA |
| 351                                             | abr-11 | 21          | MALECON        | NODISPON_9750 | HVERNAZA4      | M_3         | 0.35            |
| 352                                             | abr-11 | 21          | MALECON        | 13-34219      | HVERNAZA2      | M_3         | 0.28            |
| 353                                             | abr-11 | 34          | CHONGON        | 13-16659      | SPHONDO6       | M_3         | 0.48            |
| 354                                             | abr-11 | 34          | CHONGON        | 13-5674       | SPHONDO1       | M_3         | 0.11            |
| 355                                             | abr-11 | 34          | CHONGON        | 13-7822       | SPHONDO8       | M_3         | 0.35            |
| 356                                             | abr-11 | 34          | CHONGON        | 13-8953       | SPHONDO5       | M_3         | 0.14            |
| 357                                             | abr-11 | 36          | PUERTO HONDO   | T2            | TERRANOSTRA2   | M_3         | 0.28            |
| 358                                             | abr-11 | 36          | PUERTO HONDO   | T3            | TERRANOSTRA3   | M_3         | 0.54            |
| 359                                             | abr-11 | 36          | PUERTO HONDO   | T4            | TERRANOSTRA4   | M_3         | 0.23            |
| 360                                             | abr-11 | 36          | PUERTO HONDO   | T5            | TERRANOSTRA5   | M_3         | 0.6             |
| 361                                             | abr-11 | 36          | PUERTO HONDO   | T6            | TERRANOSTRA6   | M_3         | 0.15            |
| 362                                             | abr-11 | 41          | FCO. SEGURA    | 13-17247      | ASTINA VE1     | M_3         | 0.39            |
| 363                                             | abr-11 | 41          | FCO. SEGURA    | NODISPON_97   | CROJAS7        | M_3         | 0.34            |
| 364                                             | abr-11 | 41          | FCO. SEGURA    | NODISPON_9642 | CROJAS7        | T_Y         | 0.35            |
| 365                                             | abr-11 | 41          | FCO. SEGURA    | NODISPON_9645 | CROJAS7        | M_3         | 0.24            |
| 366                                             | abr-11 | 41          | FCO. SEGURA    | NODISPON_9675 | CROJAS7        | TY1         | 0.44            |
| 367                                             | abr-11 | 41          | FCO. SEGURA    | NODISPON_9676 | CROJAS7        | M_3         | 0.56            |
| 368                                             | abr-11 | 41          | FCO. SEGURA    | NODISPON_9677 | CROJAS7        | M_3         | 0.2             |
| 369                                             | abr-11 | 41          | FCO. SEGURA    | NODISPON_9678 | CROJAS7        | M_3         | 0.33            |
| 370                                             | abr-11 | 52          | VELEZ          | NODISPON_9679 | CROJAS7        | T_Y         | 0.21            |
| 371                                             | abr-11 | 52          | VELEZ          | NODISPON_9680 | CROJAS7        | M_3         | 0.23            |
| 372                                             | abr-11 | 52          | VELEZ          | NODISPON_9681 | CROJAS7        | M_2         | 0.37            |
| 373                                             | abr-11 | 52          | VELEZ          | 13-34529      | ASTINA VE1     | M_3         | 0.16            |
| 374                                             | abr-11 | 52          | VELEZ          | 13-14563      | ASTINA VE1     | M_3         | 0.18            |
| 375                                             | abr-11 | 52          | VELEZ          | 13-5655       | ASTINA VE1     | M_3         | 0.45            |
| 376                                             | abr-11 | 52          | VELEZ          | 13-78733      | ASTINA VE1     | M_3         | 0.4             |
| 377                                             | abr-11 | 52          | VELEZ          | 13-6744       | ASTINA VE1     | M_3         | 0.23            |
| 378                                             | abr-11 | 52          | VELEZ          | NODISPON_9682 | ASTINA VE1     | TY1         | 0.22            |
| 379                                             | abr-11 | 52          | VELEZ          | NODISPON_9683 | ASTINA VE1     | TY1         | 0.32            |
| 380                                             | abr-11 | 52          | VELEZ          | 13-1453       | CROJAS5        | M_3         | 0.19            |
| 381                                             | abr-11 | 55          | COMEGUA        | 13-12310      | CCONVENCIONES1 | M_3         | 0.39            |
| 382                                             | abr-11 | 55          | COMEGUA        | 13-14727      | CCONVENCIONES3 | M_3         | 0.15            |
| 383                                             | abr-11 | 96          | CORONEL        | 13-12925      | CTGCENTRO4     | M_3         | 0.63            |
| 384                                             | abr-11 | 96          | CORONEL        | 13-1984       | CTGCENTRO3     | M_3         | 0.1             |
| 385                                             | abr-11 | 100         | RUMICHACA      | 13-10142      | CTGCENTRO5     | M_3         | 0.26            |
| 386                                             | jul-11 | 100         | RUMICHACA      | 13-17482      | CJEE5          | M_3         | 0.19            |
| 387                                             | jul-11 | 100         | RUMICHACA      | 13-4267       | CJEE7          | M_3         | 0.35            |
| 388                                             | jul-11 | 118         | LOS ROSALES    | NODISPON_9749 | CTGNORTE4      | M_3         | 0.25            |
| 389                                             | jul-11 | 118         | LOS ROSALES    | 13-17647      | CTGNORTE6      | M_3         | 0.16            |
| 390                                             | jul-11 | 124         | GARZOTA 4      | T/20          | FAE6           | M_3         | 0.44            |
| 391                                             | jul-11 | 124         | GARZOTA 4      | 13-20775      | FAE4           | M_3         | 0.58            |
| 392                                             | jul-11 | 137         | MUCHO LOTE     | 13-1199       | SECTOR3        | M_3         | 0.35            |
| 393                                             | jul-11 | 137         | MUCHO LOTE     | 13-12564      | SECTOR1        | M_3         | 0.48            |
| 394                                             | jul-11 | 137         | MUCHO LOTE     | 13-18734      | SECTOR5        | M_3         | 0.36            |
| 395                                             | jul-11 | 137         | MUCHO LOTE     | 13-3887       | SECTOR7        | M_3         | 0.46            |
| 396                                             | jul-11 | 144         | CERRO BLANCO 4 | NODISPON_9752 | SGIR1          | M_3         | 0.34            |
| 397                                             | jul-11 | 144         | CERRO BLANCO 4 | NODISPON_9753 | SGIR5          | M_3         | 0.22            |
| 398                                             | jul-11 | 144         | CERRO BLANCO 4 | NODISPON_9754 | SGIR8          | M_3         | 0.35            |
| 399                                             | jul-11 | 144         | CERRO BLANCO 4 | 13-9892       | SGIR6          | M_3         | 0.26            |
| 400                                             | jul-11 | 152         | FERTISA        | 13-12748      | HCIESUS8       | M_3         | 0.28            |

Fuente: Modulo Computacional de Calidad del Producto, Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil  
Departamento de Control de Calidad y Estadística.

| Cargabilidad en Transformadores de Distribución |        |             |                  |               |               |             |                 |
|-------------------------------------------------|--------|-------------|------------------|---------------|---------------|-------------|-----------------|
| #                                               | MES    | CODIGO ALIM | NOMBREALIM       | TRANSFORMADOR | NOMBREARCHIVO | TIPO TRANSF | FACTOR DE CARGA |
| 401                                             | jul-11 | 152         | FERTISA          | 13-45321      | HCIJESU6      | M_3         | 0.1             |
| 402                                             | jul-11 | 4           | BENJAMIN CARRION | NODISPON_9855 | PENI1         | M_3         | 0.11            |
| 403                                             | jul-11 | 4           | BENJAMIN CARRION | NODISPON_9856 | PENI3         | M_3         | 0.11            |
| 404                                             | jul-11 | 4           | BENJAMIN CARRION | NODISPON_9857 | PENI7         | M_3         | 0.36            |
| 405                                             | jul-11 | 4           | BENJAMIN CARRION | NODISPON_9858 | PENI8         | M_3         | 0.57            |
| 406                                             | jul-11 | 9           | OLIMPO           | NODISPON_9851 | Pacif150kva   | TY1         | 0.36            |
| 407                                             | jul-11 | 16          | LUQUE            | NODISPON_9847 | 250kvaCom1    | M_2         | 0.28            |
| 408                                             | jul-11 | 16          | LUQUE            | NODISPON_9848 | 250kvacom2    | M_2         | 0.37            |
| 409                                             | jul-11 | 16          | LUQUE            | NODISPON_9854 | treine9oc4    | M_2         | 0.16            |
| 410                                             | jul-11 | 29          | CEIBOS           | NODISPON_9831 | L2450kva      | M_3         | 0.55            |
| 411                                             | jul-11 | 29          | CEIBOS           | NODISPON_9832 | L245kva       | M_3         | 0.26            |
| 412                                             | jul-11 | 29          | CEIBOS           | NODISPON_9833 | L7150kva      | M_3         | 0.41            |
| 413                                             | jul-11 | 29          | CEIBOS           | NODISPON_9834 | L715kva       | M_3         | 0.11            |
| 414                                             | jul-11 | 29          | CEIBOS           | NODISPON_9835 | L7650kva      | M_3         | 0.1             |
| 415                                             | jul-11 | 29          | CEIBOS           | NODISPON_9836 | L765kva       | M_3         | 0.56            |
| 416                                             | jul-11 | 29          | CEIBOS           | NODISPON_9837 | L7150kva      | M_3         | 0.44            |
| 417                                             | jul-11 | 29          | CEIBOS           | NODISPON_9838 | L775kva       | M_3         | 0.56            |
| 418                                             | jul-11 | 29          | CEIBOS           | NODISPON_9839 | LA850kva      | M_3         | 4.1             |
| 419                                             | jul-11 | 29          | CEIBOS           | NODISPON_9840 | LA85kva       | M_3         | 0.65            |
| 420                                             | jul-11 | 29          | CEIBOS           | NODISPON_9841 | LPC250kva     | M_2         | 0.1             |
| 421                                             | jul-11 | 29          | CEIBOS           | NODISPON_9842 | LPC25kva      | M_3         | 0.6             |
| 422                                             | jul-11 | 29          | CEIBOS           | NODISPON_9843 | LPC350kva     | M_3         | 0.35            |
| 423                                             | jul-11 | 29          | CEIBOS           | NODISPON_9844 | LPC35kva      | M_3         | 0.45            |
| 424                                             | jul-11 | 29          | CEIBOS           | NODISPON_9845 | natyo50kva    | M_3         | 0.35            |
| 425                                             | jul-11 | 29          | CEIBOS           | NODISPON_9846 | natyo5kva     | M_3         | 0.49            |
| 426                                             | jul-11 | 30          | LOMAS            | 13-18826      | IETEL6        | M_3         | 0.29            |
| 427                                             | jul-11 | 36          | PUERTO HONDO     | NODISPON_9830 | TERRANOSTRA1  | M_3         | 0.35            |
| 428                                             | jul-11 | 52          | VELEZ            | NODISPON_9829 | CROIAS6       | M_3         | 0.39            |
| 429                                             | jul-11 | 53          | A. FREIRE        | 13/1536       | SAUCES1_3     | M_3         | 0.48            |
| 430                                             | jul-11 | 53          | A. FREIRE        | 13/4955       | SAUCES1_1     | M_3         | 0.59            |
| 431                                             | jul-11 | 55          | COMEGUA          | 13/12310      | SAUCES2_1     | M_3         | 0.28            |
| 432                                             | jul-11 | 55          | COMEGUA          | 13/44551      | SAUCES2_2     | M_3         | 0.38            |
| 433                                             | jul-11 | 57          | LA TOMA          | NODISPON_9852 | tiaDau164kva  | TY1         | 0.46            |
| 434                                             | jul-11 | 57          | LA TOMA          | NODISPON_9853 | tiaDau500kva  | TY1         | 0.35            |
| 435                                             | jul-11 | 98          | EL ORO           | NODISPON_9849 | alciv400kva2  | T_Y         | 0.13            |
| 436                                             | jul-11 | 98          | EL ORO           | NODISPON_9850 | alciv400KVA   | T_Y         | 0.29            |
| 437                                             | jul-11 | 100         | RUMICHA CA       | 13/10676      | CIEEE6        | M_3         | 0.19            |
| 438                                             | jul-11 | 119         | ORQUIDEAS        | T-10138       | ORQUIDEAS7    | M_3         | 0.1             |
| 439                                             | jul-11 | 119         | ORQUIDEAS        | 13-9639       | ORQUIDEAS1    | M_3         | 0.59            |
| 440                                             | jul-11 | 124         | GARZOTA 4        | 13/13818      | FAE7          | M_3         | 0.15            |
| 441                                             | jul-11 | 5           | SATRION          | NODISPON_9929 | MIRADOR1      | M_3         | 0.39            |
| 442                                             | jul-11 | 5           | SATRION          | NODISPON_9930 | MIRADOR5      | M_3         | 0.34            |
| 443                                             | jul-11 | 5           | SATRION          | NODISPON_9931 | MIRADOR7      | M_3         | 0.19            |
| 444                                             | jul-11 | 5           | SATRION          | 13/13119      | MIRADOR6      | M_3         | 0.39            |
| 445                                             | jul-11 | 9           | OLIMPO           | 13-15803      | UESTATAL7     | M_3         | 0.15            |
| 446                                             | jul-11 | 9           | OLIMPO           | 13-21840      | UESTATAL5     | M_3         | 0.63            |
| 447                                             | jul-11 | 9           | OLIMPO           | 13-25965      | UESTATAL3     | M_3         | 0.1             |
| 448                                             | jul-11 | 30          | LOMAS            | NODISPON_9906 | SEGSU1        | M_3         | 0.26            |
| 449                                             | jul-11 | 30          | LOMAS            | NODISPON_9907 | SEGSU3        | M_3         | 0.19            |
| 450                                             | jul-11 | 30          | LOMAS            | T-11666       | SEGSU5        | M_3         | 0.35            |

Fuente: Modulo Computacional de Calidad del Producto, Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil  
Departamento de Control de Calidad y Estadística.

| Cargabilidad en Transformadores de Distribucion |        |             |              |                |                |             |                 |
|-------------------------------------------------|--------|-------------|--------------|----------------|----------------|-------------|-----------------|
| #                                               | MES    | CODIGO ALIM | NOMBRE ALIM  | TRANSFORMADOR  | NOMBRE ARCHIVO | TIPO TRANSF | FACTOR DE CARGA |
| 451                                             | jul-11 | 31          | MIRAFLORES   | NODISPON_9921  | ALTAGRACIA1    | M_3         | 0.25            |
| 452                                             | jul-11 | 31          | MIRAFLORES   | NODISPON_9922  | ALTAGRACIA3    | M_3         | 0.16            |
| 453                                             | jul-11 | 31          | MIRAFLORES   | NODISPON_9923  | ALTAGRACIA5    | M_3         | 0.44            |
| 454                                             | jul-11 | 31          | MIRAFLORES   | NODISPON_9933  | ALTA           | M_3         | 0.58            |
| 455                                             | jul-11 | 49          | EL SALADO    | NODISPON_9924  | ALTAGRACIA7    | M_3         | 0.35            |
| 456                                             | jul-11 | 55          | COMEGUA      | NODISPON_9910  | SMIGRA3        | M_3         | 0.48            |
| 457                                             | jul-11 | 55          | COMEGUA      | NODISPON_9911  | SMIGRA5        | M_3         | 0.36            |
| 458                                             | jul-11 | 55          | COMEGUA      | T56            | SMIGRA7        | M_3         | 0.37            |
| 459                                             | jul-11 | 60          | ACERIAS      | NODISPON_9919  | GCENT7         | M_3         | 0.29            |
| 460                                             | jul-11 | 62          | LAS TEJAS    | NODISPON_9920  | SUBNO4         | M_3         | 0.37            |
| 461                                             | jul-11 | 62          | LAS TEJAS    | 13-24295       | SLAE3          | M_3         | 0.49            |
| 462                                             | jul-11 | 62          | LAS TEJAS    | 13-6221        | SLAEI          | M_3         | 0.31            |
| 463                                             | jul-11 | 88          | SUBURBIO 3   | NODISPON_9912  | SUBCEMENT3     | M_3         | 0.48            |
| 464                                             | jul-11 | 88          | SUBURBIO 3   | NODISPON_9913  | SUBCEMENT4     | M_3         | 0.37            |
| 465                                             | jul-11 | 88          | SUBURBIO 3   | NODISPON_9914  | SUBCEMENT7     | M_3         | 0.1             |
| 466                                             | jul-11 | 90          | 25 DE JULIO  | NODISPON_9908  | SHNAVI         | M_3         | 0.19            |
| 467                                             | jul-11 | 90          | 25 DE JULIO  | NODISPON_9909  | SHNAV7         | M_3         | 0.69            |
| 468                                             | jul-11 | 94          | VALDIVIA     | NODISPON_9915  | VALDIVIA3      | M_3         | 0.28            |
| 469                                             | jul-11 | 94          | VALDIVIA     | NODISPON_9916  | VALDIVIA5      | M_3         | 0.17            |
| 470                                             | jul-11 | 94          | VALDIVIA     | NODISPON_9917  | VALDIVIA7      | M_3         | 0.35            |
| 471                                             | jul-11 | 118         | LOS ROSALES  | NODISPON_9909  | TRANSF         | M_3         | 0.16            |
| 472                                             | jul-11 | 118         | LOS ROSALES  | NODISPON_9918  | CHDOLIE7       | M_3         | 0.15            |
| 473                                             | jul-11 | 118         | LOS ROSALES  | T-13334        | CHDOLIENTE5    | M_3         | 0.38            |
| 474                                             | jul-11 | 118         | LOS ROSALES  | T-13348        | CHDOLIENTE1    | M_3         | 0.48            |
| 475                                             | jul-11 | 118         | LOS ROSALES  | T-17016        | CHDOLIENTE3    | M_3         | 0.45            |
| 476                                             | jul-11 | 120         | MAPASINGUE 7 | NODISPON_9932  | PJACOME6       | M_3         | 0.35            |
| 477                                             | jul-11 | 120         | MAPASINGUE 7 | 13-14866       | PJACOME4       | M_3         | 0.26            |
| 478                                             | sep-11 | 120         | MAPASINGUE 7 | 13-24720       | PJACOME8       | M_3         | 0.36            |
| 479                                             | sep-11 | 124         | GARZOTA 4    | NODISPON_9925  | ALTAMIRA1      | M_3         | 0.21            |
| 480                                             | sep-11 | 124         | GARZOTA 4    | NODISPON_9926  | ALTAMIRA3      | M_3         | 0.22            |
| 481                                             | sep-11 | 124         | GARZOTA 4    | NODISPON_9927  | ALTAMIRA5      | M_3         | 0.35            |
| 482                                             | sep-11 | 124         | GARZOTA 4    | NODISPON_9928  | ALTAMIRA7      | M_3         | 0.26            |
| 483                                             | sep-11 | 17          | PICHINCHA    | NODISPON_10024 | tr_25kva       | M_3         | 0.28            |
| 484                                             | sep-11 | 45          | 10 DE AGOSTO | NODISPON_10023 | tekerot3       | TY1         | 0.1             |
| 485                                             | sep-11 | 73          | LAS CAMARAS  | NODISPON_9986  | ABANICO1       | M_3         | 0.11            |
| 486                                             | sep-11 | 73          | LAS CAMARAS  | NODISPON_9987  | ABANICO10      | M_3         | 0.11            |
| 487                                             | sep-11 | 73          | LAS CAMARAS  | NODISPON_9988  | ABANICO11      | M_3         | 0.36            |
| 488                                             | sep-11 | 73          | LAS CAMARAS  | NODISPON_9989  | ABANICO12      | M_3         | 0.37            |
| 489                                             | sep-11 | 73          | LAS CAMARAS  | NODISPON_9990  | ABANICO5       | M_3         | 0.36            |
| 490                                             | sep-11 | 73          | LAS CAMARAS  | NODISPON_9991  | ABANICO6       | M_3         | 0.28            |
| 491                                             | sep-11 | 73          | LAS CAMARAS  | NODISPON_9992  | ABANICO9       | M_3         | 0.37            |
| 492                                             | sep-11 | 95          | CHILE        | NODISPON_10021 | tab1           | M_3         | 0.27            |
| 493                                             | sep-11 | 95          | CHILE        | NODISPON_10022 | tab2           | M_3         | 0.36            |
| 494                                             | sep-11 | 102         | LA CHALA     | NODISPON_10011 | CHALA10        | M_3         | 0.26            |
| 495                                             | sep-11 | 102         | LA CHALA     | NODISPON_10012 | CHALA11        | M_3         | 0.38            |
| 496                                             | sep-11 | 102         | LA CHALA     | NODISPON_10013 | CHALA12        | M_3         | 0.49            |
| 497                                             | sep-11 | 102         | LA CHALA     | NODISPON_10014 | CHALA13        | M_3         | 0.37            |
| 498                                             | sep-11 | 102         | LA CHALA     | NODISPON_10015 | CHALA14        | M_3         | 0.21            |
| 499                                             | sep-11 | 102         | LA CHALA     | NODISPON_10016 | CHALA4         | M_3         | 0.15            |
| 500                                             | sep-11 | 102         | LA CHALA     | NODISPON_10017 | CHALA6         | M_3         | 0.19            |

Fuente: Modulo Computacional de Calidad del Producto, Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil  
Departamento de Control de Calidad y Estadística.



| Cargabilidad en Transformadores de Distribucion |        |            |              |                |                |             |                 |
|-------------------------------------------------|--------|------------|--------------|----------------|----------------|-------------|-----------------|
| #                                               | MES    | CODIGO ALM | NOMBRE ALM   | TRANSFORMADOR  | NOMBRE ARCHIVO | TIPO TRANSF | FACTOR DE CARGA |
| 501                                             | sep-11 | 102        | LA CHALA     | NODISPON_10018 | CHALA7         | M_3         | 0.31            |
| 502                                             | sep-11 | 102        | LA CHALA     | NODISPON_10019 | CHALA8         | M_3         | 0.21            |
| 503                                             | sep-11 | 102        | LA CHALA     | NODISPON_10020 | CHALA9         | M_3         | 0.56            |
| 504                                             | sep-11 | 134        | EL FORTIN    | NODISPON_10000 | BESTACIO9      | M_3         | 0.39            |
| 505                                             | sep-11 | 134        | EL FORTIN    | NODISPON_10001 | FFLOR1         | M_3         | 0.34            |
| 506                                             | sep-11 | 134        | EL FORTIN    | NODISPON_10002 | FFLOR10        | M_3         | 0.26            |
| 507                                             | sep-11 | 134        | EL FORTIN    | NODISPON_10003 | FFLOR11        | M_3         | 0.36            |
| 508                                             | sep-11 | 134        | EL FORTIN    | NODISPON_10004 | FFLOR12        | M_3         | 0.34            |
| 509                                             | sep-11 | 134        | EL FORTIN    | NODISPON_10005 | FFLOR13        | M_3         | 0.44            |
| 510                                             | sep-11 | 134        | EL FORTIN    | NODISPON_10006 | FFLOR5         | M_3         | 0.46            |
| 511                                             | sep-11 | 134        | EL FORTIN    | NODISPON_10007 | FFLOR6         | M_3         | 0.58            |
| 512                                             | sep-11 | 134        | EL FORTIN    | NODISPON_10008 | FFLOR7         | M_3         | 0.58            |
| 513                                             | sep-11 | 134        | EL FORTIN    | NODISPON_10009 | FFLOR8         | M_3         | 0.26            |
| 514                                             | sep-11 | 134        | EL FORTIN    | NODISPON_10010 | FFLOR9         | M_3         | 0.56            |
| 515                                             | sep-11 | 134        | EL FORTIN    | NODISPON_9993  | BESTACIO10     | M_3         | 0.19            |
| 516                                             | sep-11 | 134        | EL FORTIN    | NODISPON_9994  | BESTACIO11     | M_3         | 0.29            |
| 517                                             | sep-11 | 134        | EL FORTIN    | NODISPON_9995  | BESTACIO12     | M_3         | 0.54            |
| 518                                             | sep-11 | 134        | EL FORTIN    | NODISPON_9996  | BESTACIO13     | M_3         | 0.29            |
| 519                                             | sep-11 | 134        | EL FORTIN    | NODISPON_9997  | BESTACIO14     | M_3         | 0.38            |
| 520                                             | sep-11 | 134        | EL FORTIN    | NODISPON_9998  | BESTACIO6      | M_3         | 0.33            |
| 521                                             | sep-11 | 134        | EL FORTIN    | NODISPON_9999  | BESTACIO8      | M_3         | 0.45            |
| 522                                             | nov-11 | 10         | PLAZA DAÑIN  | 13/5730        | FERRO1         | M_3         | 0.35            |
| 523                                             | nov-11 | 16         | LUQUE        | NODISPON_10078 | TiaCtoTr       | TYI         | 0.42            |
| 524                                             | nov-11 | 16         | LUQUE        | NODISPON_10079 | TiaLuqueDelt   | TYI         | 0.4             |
| 525                                             | nov-11 | 16         | LUQUE        | NODISPON_10080 | TiaVelezSeco   | T_Y         | 0.36            |
| 526                                             | nov-11 | 31         | MIRAFLORES   | 13/14245       | MIRA10         | M_3         | 0.22            |
| 527                                             | nov-11 | 31         | MIRAFLORES   | 13/28856       | MIRA1          | M_3         | 0.33            |
| 528                                             | nov-11 | 33         | URDESA       | NODISPON_10067 | URDESA6        | M_3         | 0.36            |
| 529                                             | nov-11 | 33         | URDESA       | 13/14134       | URDESA4        | M_3         | 0.47            |
| 530                                             | nov-11 | 33         | URDESA       | 13/18204       | URDESA9        | M_3         | 0.19            |
| 531                                             | nov-11 | 33         | URDESA       | 13/19305       | URDESA14       | M_3         | 0.48            |
| 532                                             | nov-11 | 33         | URDESA       | 13/21332       | URDESA1        | M_3         | 0.45            |
| 533                                             | nov-11 | 33         | URDESA       | 13/21464       | MIRA5          | M_3         | 0.35            |
| 534                                             | nov-11 | 33         | URDESA       | 13/26023       | URDESA12       | M_3         | 0.26            |
| 535                                             | nov-11 | 45         | 10 DE AGOSTO | NODISPON_10064 | BELLA VISTA13  | M_3         | 0.36            |
| 536                                             | nov-11 | 45         | 10 DE AGOSTO | NODISPON_10065 | BELLA VISTA4   | M_3         | 0.21            |
| 537                                             | nov-11 | 45         | 10 DE AGOSTO | NODISPON_10066 | BELLA VISTA9   | M_3         | 0.22            |
| 538                                             | oct-11 | 45         | 10 DE AGOSTO | 13/15647       | BELLA VISTA1   | M_3         | 0.35            |
| 539                                             | oct-11 | 45         | 10 DE AGOSTO | 13/20348       | BELLA VISTA11  | M_3         | 0.26            |
| 540                                             | oct-11 | 45         | 10 DE AGOSTO | 13/20478       | BELLA VISTA3   | M_3         | 0.28            |
| 541                                             | oct-11 | 49         | EL SALADO    | 13/11362       | FERRO6         | M_3         | 0.1             |
| 542                                             | oct-11 | 49         | EL SALADO    | 13/11882       | FERRO4         | M_3         | 0.51            |
| 543                                             | oct-11 | 49         | EL SALADO    | 13/16929       | FERRO11        | M_3         | 0.33            |
| 544                                             | oct-11 | 49         | EL SALADO    | 13/26063       | FERRO9         | M_3         | 0.36            |
| 545                                             | oct-11 | 49         | EL SALADO    | 13/7888        | FERRO13        | M_3         | 0.37            |
| 546                                             | oct-11 | 51         | HURTADO      | 13/14286       | MIRA7          | M_3         | 0.36            |
| 547                                             | oct-11 | 82         | MAPASINGUE 3 | NODISPON_10059 | tra300k_1      | TYI         | 0.28            |
| 548                                             | oct-11 | 82         | MAPASINGUE 3 | NODISPON_10060 | tra300k_2      | TYI         | 0.37            |
| 549                                             | oct-11 | 82         | MAPASINGUE 3 | NODISPON_10061 | tra300k_3      | TYI         | 0.27            |
| 550                                             | oct-11 | 82         | MAPASINGUE 3 | NODISPON_10072 | CSCG1          | TYI         | 0.36            |

Fuente: Modulo Computacional de Calidad del Producto, Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil  
Departamento de Control de Calidad y Estadística.

| Cargabilidad en Transformadores de Distribucion |        |             |              |                |               |             |                 |
|-------------------------------------------------|--------|-------------|--------------|----------------|---------------|-------------|-----------------|
| #                                               | MES    | CODIGO ALIM | NOMBREALIM   | TRANSFORMADOR  | NOMBREARCHIVO | TIPO TRANSF | FACTOR DE CARGA |
| 551                                             | oct-11 | 82          | MAPASINGUE 3 | NODISPON_10073 | CSCG2         | TY1         | 0,26            |
| 552                                             | oct-11 | 90          | 25 DE JULIO  | NODISPON_10068 | adua300k1     | TY1         | 0,38            |
| 553                                             | oct-11 | 90          | 25 DE JULIO  | NODISPON_10069 | adua300k2     | TY1         | 0,49            |
| 554                                             | oct-11 | 90          | 25 DE JULIO  | NODISPON_10070 | adua300k3     | TY1         | 0,37            |
| 555                                             | oct-11 | 90          | 25 DE JULIO  | NODISPON_10071 | adua300k4     | TY1         | 0,22            |
| 556                                             | oct-11 | 95          | CHILE        | NODISPON_10021 | tab1          | M_3         | 0,47            |
| 557                                             | oct-11 | 95          | CHILE        | NODISPON_10055 | megafa2       | M_3         | 0,29            |
| 558                                             | oct-11 | 95          | CHILE        | NODISPON_10056 | megafapa1     | M_3         | 0,16            |
| 559                                             | oct-11 | 95          | CHILE        | NODISPON_10057 | tab2mega      | M_3         | 0,26            |
| 560                                             | oct-11 | 95          | CHILE        | NODISPON_10074 | megacomedo1   | M_3         | 0,32            |
| 561                                             | oct-11 | 95          | CHILE        | NODISPON_10075 | megacomedo2   | M_3         | 0,25            |
| 562                                             | oct-11 | 95          | CHILE        | NODISPON_10076 | megacomedo3   | M_3         | 0,33            |
| 563                                             | oct-11 | 95          | CHILE        | NODISPON_10077 | megacomedor   | M_3         | 0,22            |
| 564                                             | oct-11 | 98          | EL ORO       | 13/7789        | MIRA12        | M_3         | 0,47            |
| 565                                             | oct-11 | 152         | FERTISA      | 13/21465       | MIRA12        | M_3         | 0,48            |
| 566                                             | oct-11 | 152         | FERTISA      | 13/7913        | MIRA12        | M_3         | 0,5             |
| 567                                             | nov-11 | 152         | FERTISA      | 13/3674        | MIRA12        | TY1         | 0,69            |
| 568                                             | nov-11 | 152         | FERTISA      | 13/2451        | MIRA12        | TY1         | 0,28            |
| 569                                             | nov-11 | 152         | FERTISA      | 13/33255       | MIRA12        | TY1         | 0,27            |
| 570                                             | nov-11 | 152         | FERTISA      | NODISPON_10078 | MIRA14        | TY1         | 0,35            |
| 571                                             | nov-11 | 152         | FERTISA      | NODISPON_10079 | MIRA14        | TY1         | 0,16            |
| 572                                             | nov-11 | 152         | FERTISA      | NODISPON_10044 | MIRA14        | TY1         | 0,15            |
| 573                                             | nov-11 | 152         | FERTISA      | NODISPON_10045 | MIRA14        | TY1         | 0,38            |
| 574                                             | nov-11 | 152         | FERTISA      | NODISPON_10046 | MIRA14        | TY1         | 0,48            |
| 575                                             | nov-11 | 152         | FERTISA      | NODISPON_10047 | MIRA14        | TY1         | 0,45            |
| 576                                             | nov-11 | 152         | FERTISA      | NODISPON_10050 | MIRA14        | M_3         | 0,35            |
| 577                                             | nov-11 | 152         | FERTISA      | NODISPON_10051 | MIRA14        | M_3         | 0,69            |
| 578                                             | nov-11 | 152         | FERTISA      | NODISPON_10052 | MIRA16        | M_3         | 0,16            |
| 579                                             | nov-11 | 152         | FERTISA      | NODISPON_10053 | MIRA16        | M_3         | 0,17            |
| 580                                             | nov-11 | 152         | FERTISA      | NODISPON_10055 | MIRA16        | M_3         | 0,44            |
| 581                                             | nov-11 | 152         | FERTISA      | NODISPON_10056 | MIRA16        | M_3         | 0,41            |

Fuente: Modulo Computacional de Calidad del Producto, Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil  
Departamento de Control de Calidad y Estadística.

### 3.1.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL FACTOR DE CARGA DE LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN MONOFÁSICOS DE GUAYAQUIL.

Mediante la muestra de los 581 transformadores se realiza un análisis estadístico con el programa MINITAB, para hallar el factor de carga promedio de los transformadores de distribución monofásicos de la Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil, este factor nos indicara la tendencia de cargabilidad que tienen los transformadores de distribución monofásicos de la ciudad de Guayaquil para cargas residenciales-comerciales, y por ende el comportamiento que establece el factor de pérdidas para este factor de carga determinado los niveles apropiados de uso de los transformadores que se indican en el libro de RAYTHEON-EBASCO constituido por normas norteamericanas.

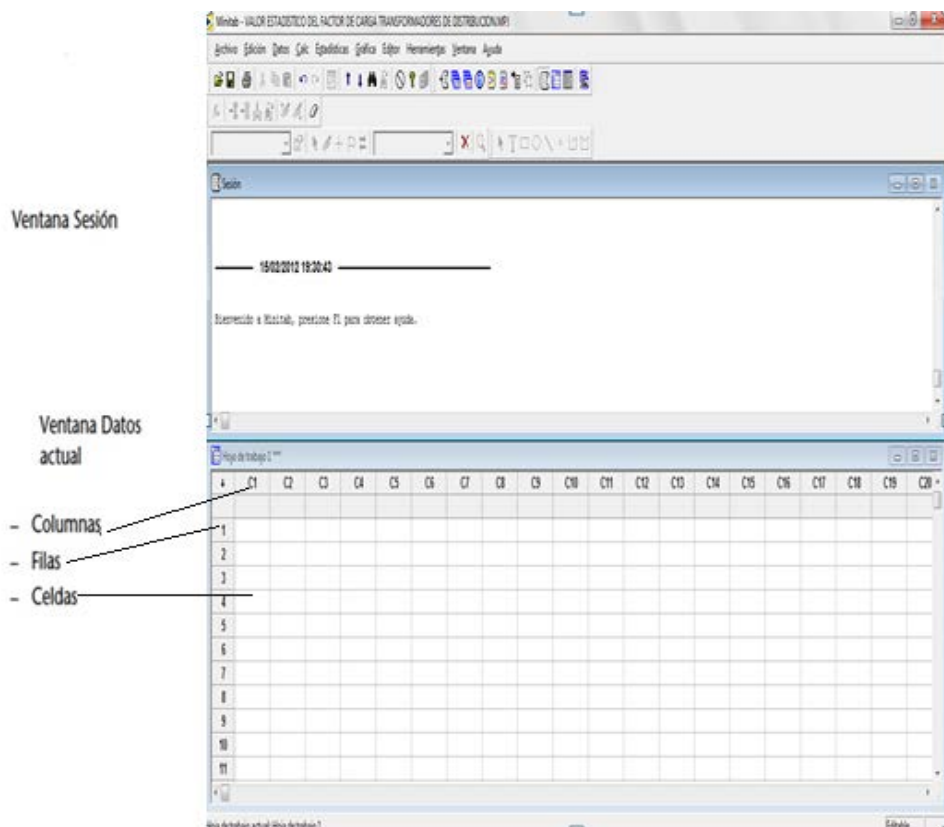
El programa Minitab es una herramienta estadística que nos permite obtener información a partir de los datos, usando para ello métodos y técnicas de obtención de datos, análisis e interpretación.

Antes de comenzar el análisis en MINITAB, vamos a comenzar paso a paso la utilización del programa para el estudio estadístico de los transformadores de distribución.

La ventana de inicio de minitab se abre con dos ventanas principales visibles:

- La ventana de sesión en donde muestra los resultados del análisis que vamos a realizar.
- La ventana de Datos el cual contiene una hoja de trabajo abierta, que es similar en aspecto a una hoja de cálculo.

**GRÁFICA 3.2**  
**PANTALLA DE INICIO DEL MINITAB**

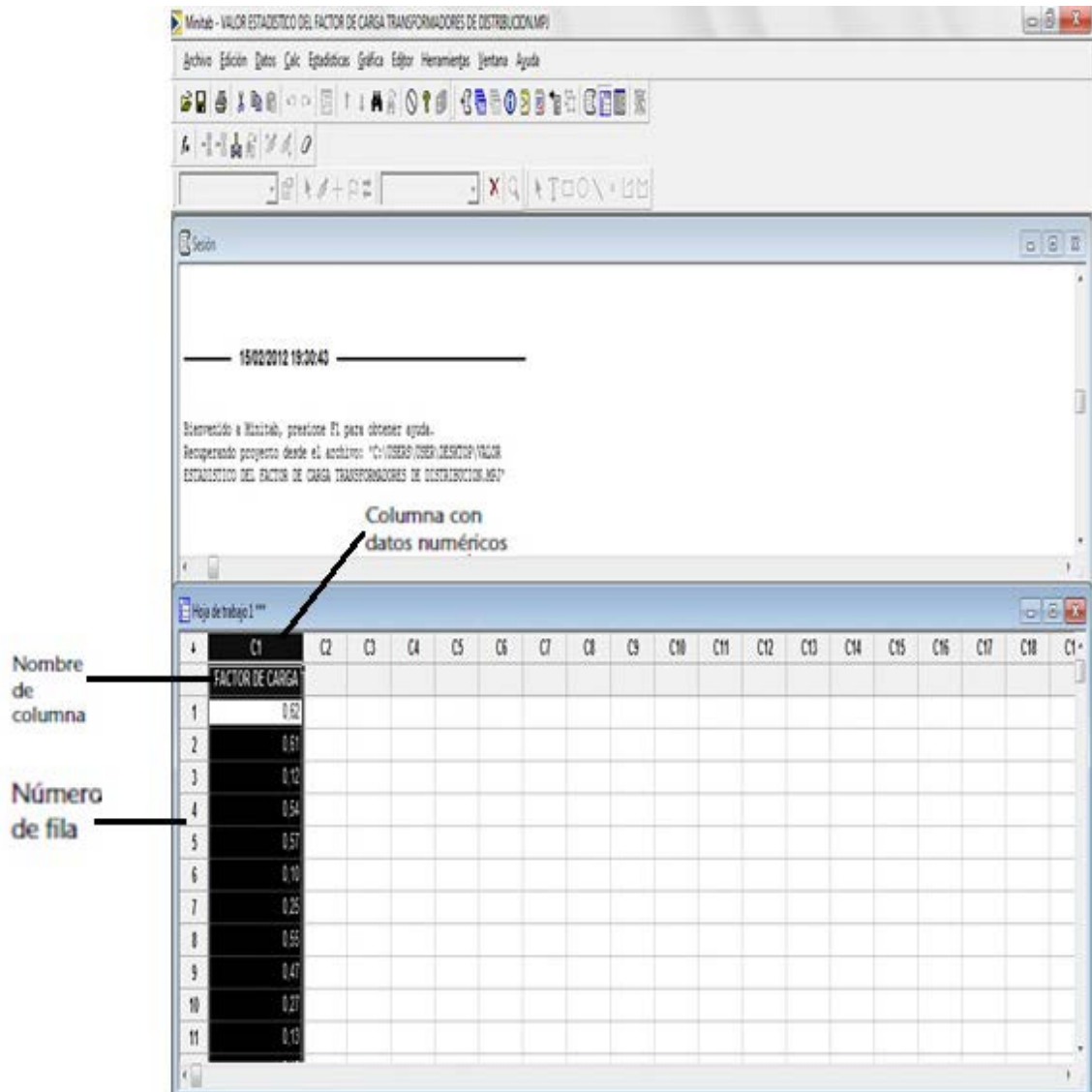


Fuente: Minitab, Estudio estadístico del factor de carga, 2012

Los datos a analizar se introduce en la hoja de calculo del MINITAB en columnas, el número y el nombre de las columnas aparecen en la parte superior de cada columna.

### GRÁFICA 3.3

#### PANTALLA DE TRABAJO DEL MINITAB

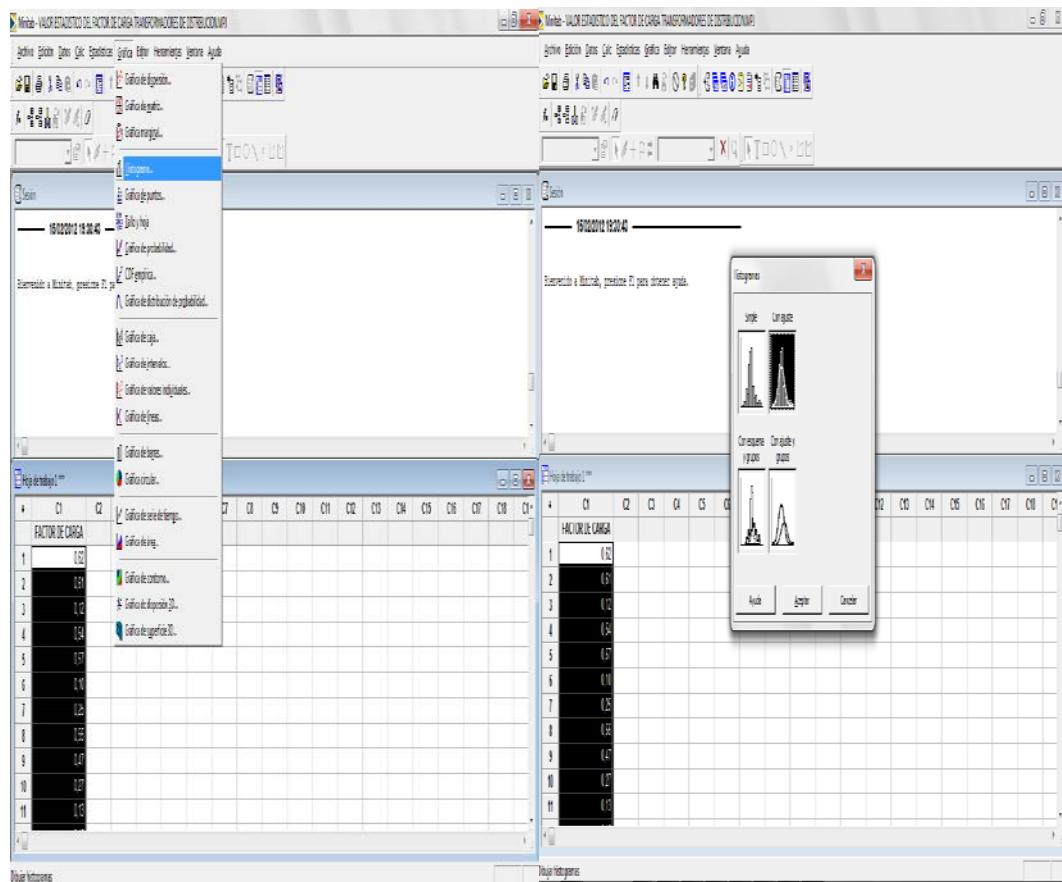


Fuente: Minitab, Estudio estadístico del factor de carga, 2012.

Ahora que ya tenemos una hoja de trabajo abierta, estamos listos para comenzar usar el análisis con la presentación de estadísticas descriptivas las cuales resumen y describen las características importantes de los datos, antes de realizar un análisis estadístico, se deben utilizar gráficos para explorar datos y evaluar relaciones de las variables, además son útiles para resumir conclusiones y facilitar la interpretación de resultados estadísticos.

Se puede acceder a las gráficas desde los menús Gráficas y Estadísticas, también hay gráficas incorporadas, que ayudan a interpretar los resultados y a evaluar la validez de los supuestos estadísticos, disponibles en muchos comandos estadísticos, para nuestra exploración de datos crearemos un histograma, elegimos en el menú la opción Gráfica>Histograma> Histograma>Histograma con ajuste.

### GRÁFICA 3.4 ACCESO AL MENÚ DE GRÁFICOS MINITAB

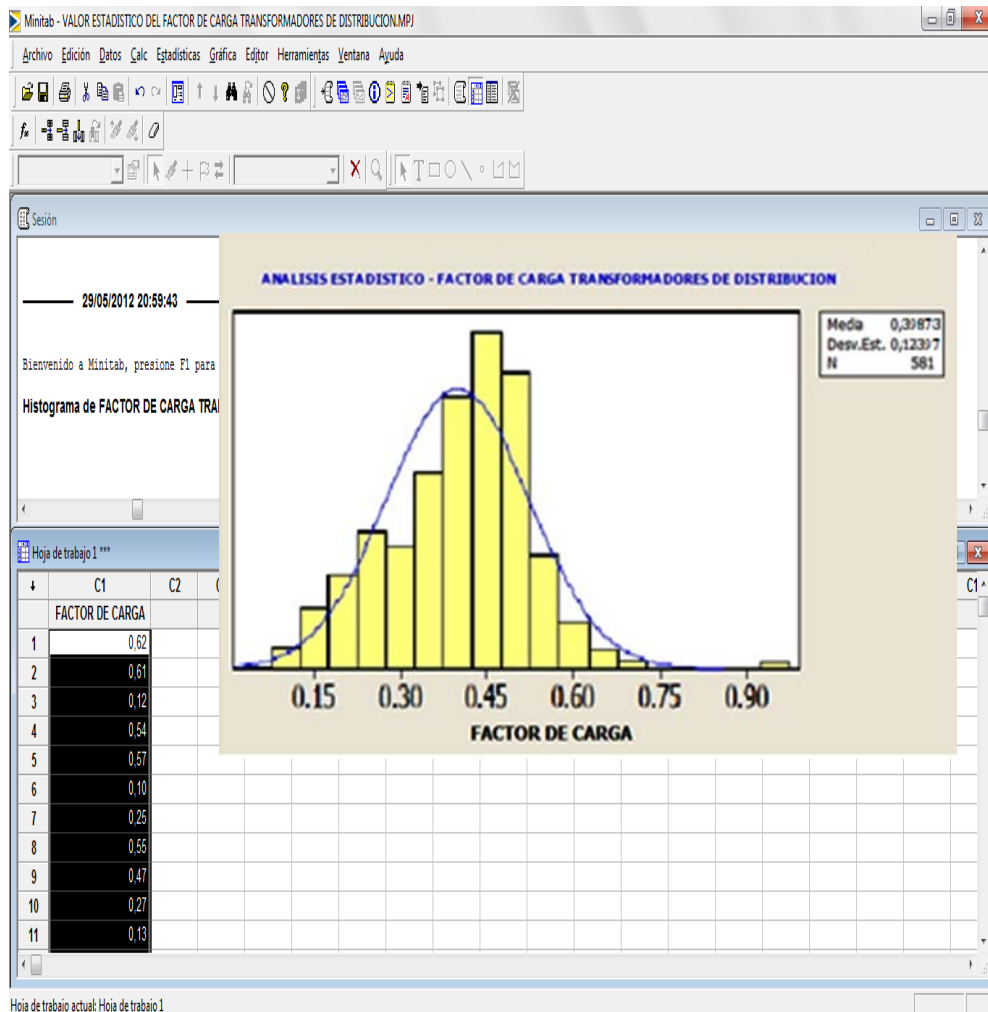


Fuente: Minitab, Estudio estadístico del factor de carga, 2012.

En el cuadro de diálogo ingresamos la variable C1 de la columna que posee los datos de la muestra, y posteriormente obtenemos nuestra gráfica correspondiente al análisis.

### GRÁFICA 3.5

## GRÁFICO DE DATOS-MUESTRA 581 TRANSFORMADORES

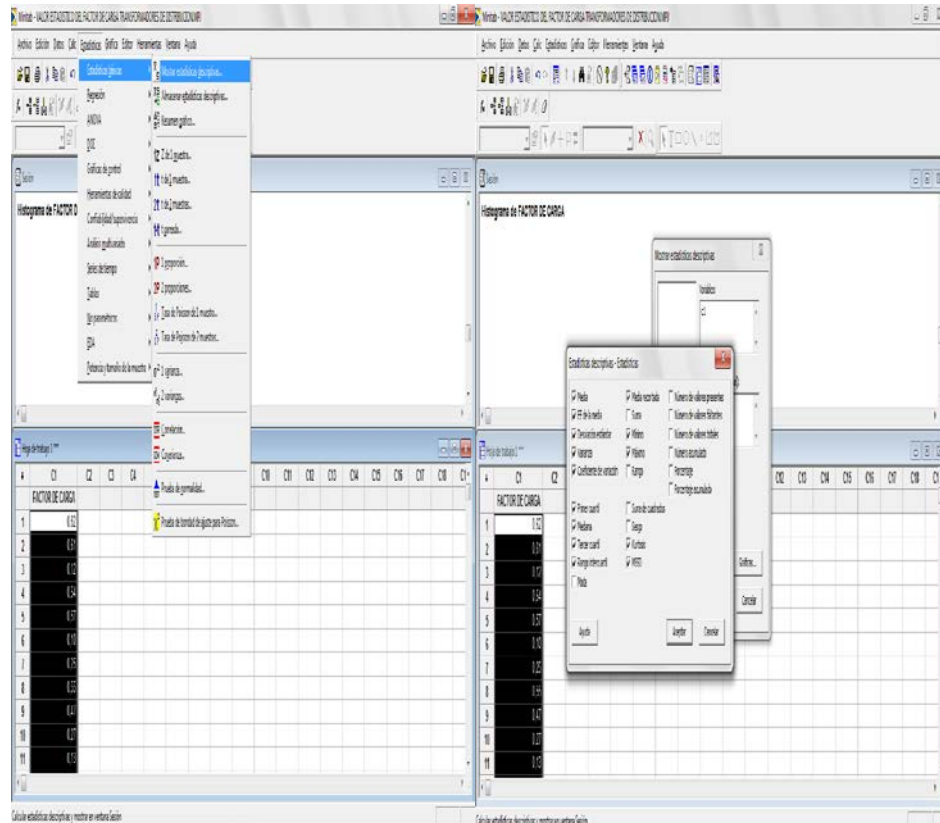


Fuente: Minitab, Estudio estadístico del factor de carga, 2012.

Como podemos observar la gráfica nos determina la Media y desviación estándar de la exploración de los datos. MINITAB proporciona métodos estadísticos organizados por categoría, tal como la Varianza, Curtosis, para la determinación del factor de carga de los transformadores de distribución mediante el análisis estadístico, se necesitan considerar estos valores estadístico que establecerán el punto de intervalo de confianza para determinar el factor de carga característico del sistema.

Entonces para el análisis estadístico completo de los transformadores, se procede a seleccionar en el menú Estadísticas>Estadísticas básicas>Mostrar estadísticas descriptivas.

**GRÁFICA 3.6**  
**ANÁLISIS DE LAS ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS MINTAB**

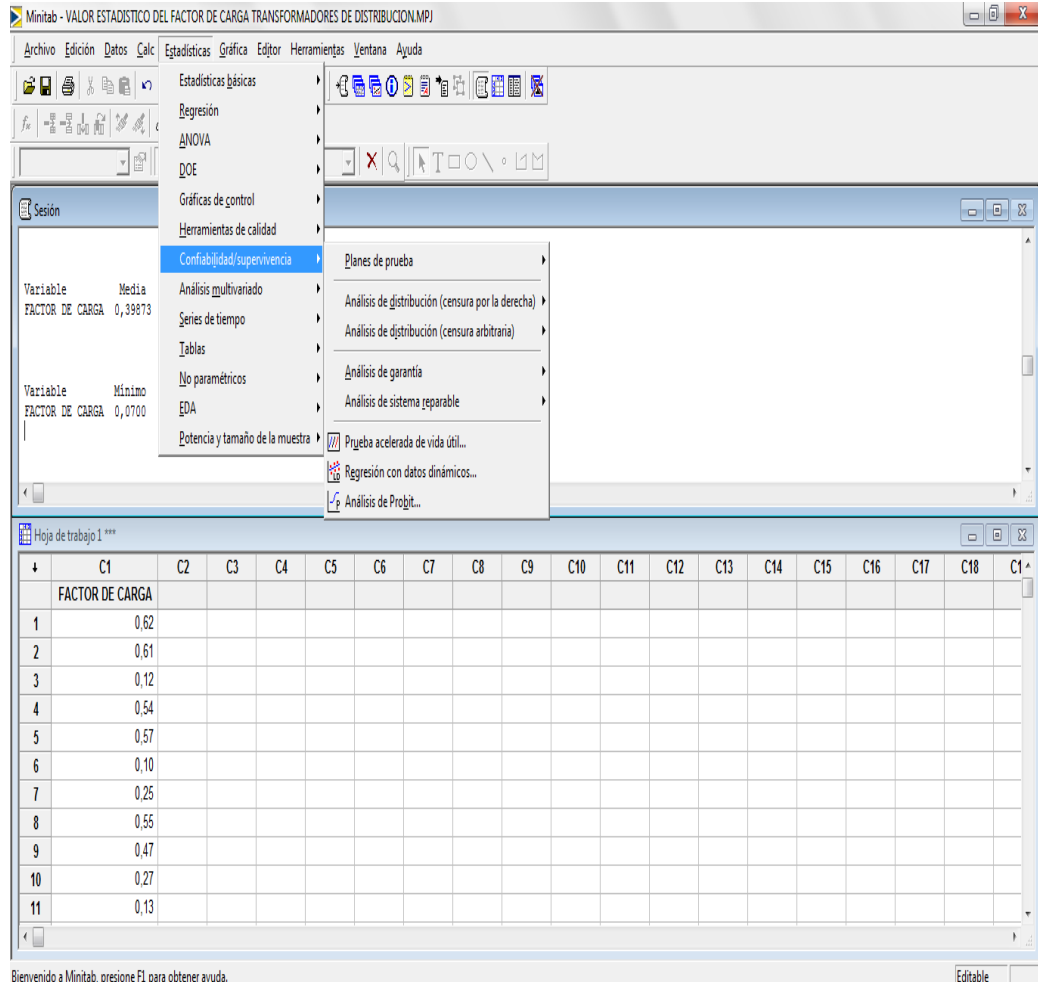


Fuente:Minitab, Estudio estadístico del factor de carga, 2012.

Además de analizar las estadísticas descriptivas se necesita hacer una evaluación de confiabilidad de la exploración de los datos, accedemos al menú Estadísticas>Confiabilidad, y obtendremos el siguiente gráfico grado de confiabilidad con los parámetros de las estadísticas descriptivas.

### GRÁFICA 3.7

## CONFIABILIDAD DE LA EXPLORACIÓN DE DATOS

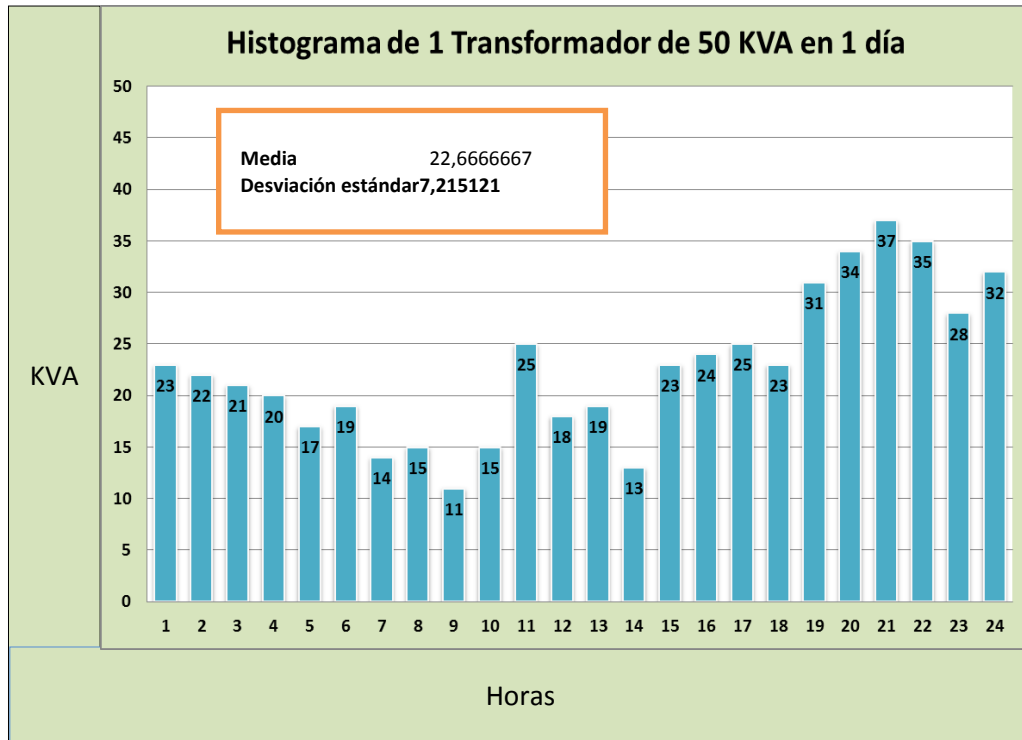


Fuente: Minitab, Estudio estadístico del factor de carga, 2012.

Una vez que determinamos el análisis estadístico, determinamos el grado de confiabilidad de la variación del procesamiento de datos, y el programa Minitab automáticamente realiza los cálculos estadísticos.



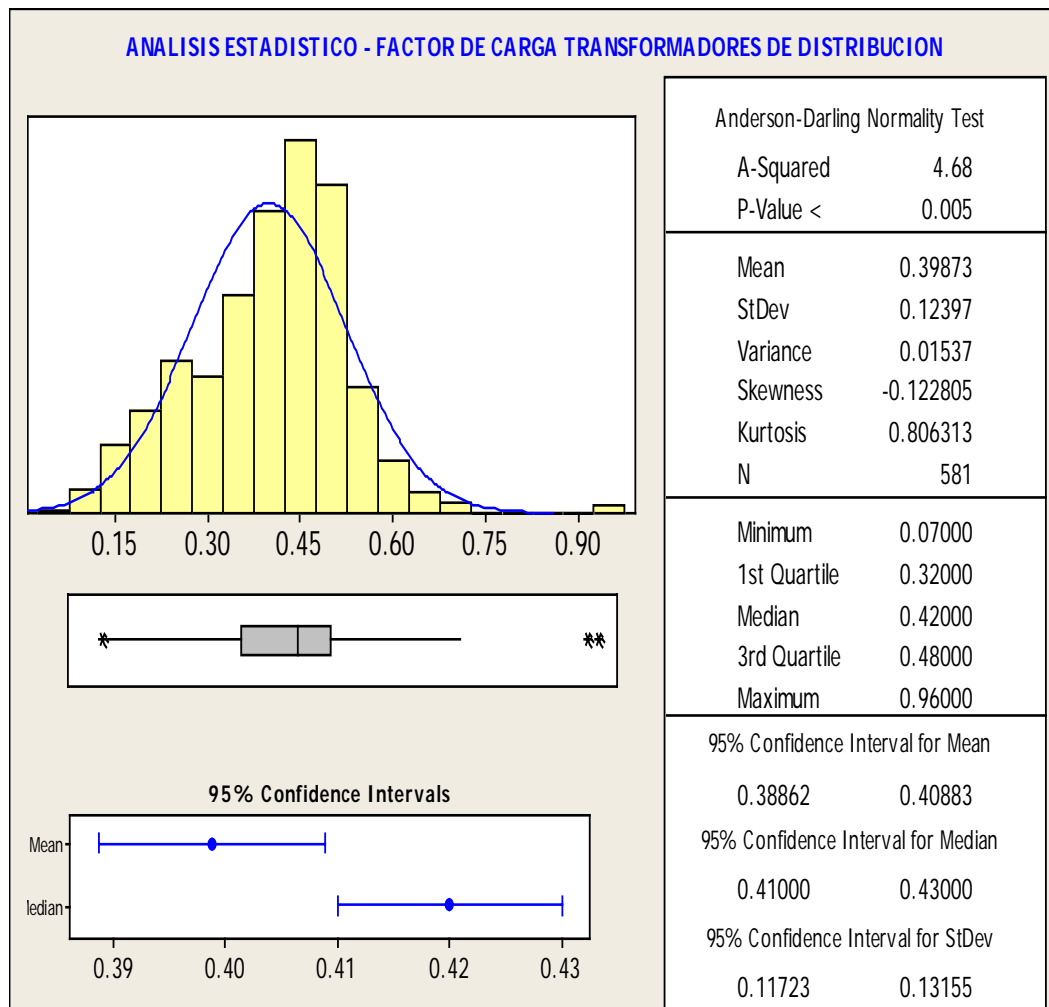
**GRÁFICA 3.8**  
**HISTOGRAMA ESTADÍSTICO PARA UN TRANSFORMADOR**



Fuente: Los Autores

Para esta gráfica podemos determinar la potencia media de un transformador de los 581 y su demanda máxima, obteniendo el respectivo factor de carga, en este caso el factor de carga es de 0,61. Y así sucesivamente podremos determinar los Factores de Carga de los 581 transformadores (gráfica 3.9).

**GRÁFICA 3.9**  
**HISTOGRAMA ESTADÍSTICO DEL FACTOR DE CARGA CON LOS**  
**DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE 581 TRANSFORMADORES**



Fuente: Minitab, Estudio estadístico del factor de carga, 2012.

La gráfica 3.9 se genera mediante el estudio estadístico de datos que realiza el programa MINITAB, de los resultados obtenidos de la muestra de 581 transformadores (véase cuadro 3.1) podemos observar las estadísticas descriptivas que genera el programa realizando los cálculos automáticamente tanto de los cuartiles de la media, mediana, varianza derivación estándar y la tendencia de los datos mediante la gráfica tipo campana, cuyo vértice determina el valor característico de la muestra con un intervalo de confianza del 95% para determinar que el

FACTOR DE CARGA de los transformadores de distribución monofásicos del sistema es de 0.40.

En el cuadro 3.2 se resume los resultados del análisis estadístico con MINITAB.

**CUADRO 3.2**  
**RESUMEN ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL FACTOR DE**  
**CARGA CON MINITAB**

| Número de Transformadores | FACTOR DE CARGA |                |         |                |
|---------------------------|-----------------|----------------|---------|----------------|
|                           | Promedio        | Primer Cuartil | Mediana | Tercer Cuartil |
| 581                       | 0.3987          | 0.3200         | 0.4200  | 0.4800         |

Fuente: Minitab, Estudio estadístico del factor de carga, 2012

Mediante cálculos podemos demostrar como se obtuvo los cuartiles de la muestra de los Factores de Carga de 581 (cuadro 3.3) Transformadores, así como la Mediana y el Promedio de la muestra.

Para comprender los conceptos de Cuartiles, Mediana y Promedio véase el capítulo 1 Marco Teórico.

**CUADRO 3.3**  
**DETALLE DE CALCULO DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO**  
**DEL FACTOR DE CARGA**

| Muestra de 581 Transformadores del Sistema de Distribución Monofásico de Guayaquil para determinar el Factor de Carga característico |             |                      |                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------------|-----------------------|
| Factores de carga Mínimo                                                                                                             | 0,07        |                      |                       |
| Factor de Carga Máximo                                                                                                               | 0,96        |                      |                       |
| Mediana=Segundo Cuartil                                                                                                              | 0,42        |                      |                       |
| Promedio                                                                                                                             | 0,3987      |                      |                       |
| Primer Cuartil                                                                                                                       | 0,32        |                      |                       |
| Tercer Cuartil                                                                                                                       | 0,48        |                      |                       |
| Número de Transformadores                                                                                                            | FC          | Frecuencia Acumulada | % Frecuencia Absoluta |
| 1                                                                                                                                    | 0,07        | 1                    | 0,00172117            |
| 14                                                                                                                                   | 0,11        | 15                   | 0,025817556           |
| 1                                                                                                                                    | 0,12        | 16                   | 0,027538726           |
| 2                                                                                                                                    | 0,13        | 18                   | 0,030981067           |
| 8                                                                                                                                    | 0,14        | 26                   | 0,04475043            |
| 18                                                                                                                                   | 0,15        | 44                   | 0,075731497           |
| 14                                                                                                                                   | 0,16        | 58                   | 0,099827883           |
| 6                                                                                                                                    | 0,17        | 64                   | 0,110154905           |
| 15                                                                                                                                   | 0,18        | 79                   | 0,135972461           |
| 19                                                                                                                                   | 0,19        | 98                   | 0,168674699           |
| 7                                                                                                                                    | 0,21        | 105                  | 0,180722892           |
| 11                                                                                                                                   | 0,22        | 116                  | 0,199655766           |
| 13                                                                                                                                   | 0,26        | 129                  | 0,222030981           |
| 9                                                                                                                                    | 0,29        | 138                  | 0,237521515           |
| <b>10</b>                                                                                                                            | <b>0,32</b> | <b>148</b>           | <b>0,254733219</b>    |
| 28                                                                                                                                   | 0,35        | 176                  | 0,30292599            |
| 13                                                                                                                                   | 0,36        | 189                  | 0,325301205           |
| 24                                                                                                                                   | 0,37        | 213                  | 0,366609294           |
| 22                                                                                                                                   | 0,38        | 235                  | 0,404475043           |
| 19                                                                                                                                   | 0,39        | 254                  | 0,437177281           |
| 24                                                                                                                                   | 0,4         | 278                  | 0,47848537            |
| <b>24</b>                                                                                                                            | <b>0,42</b> | <b>302</b>           | <b>0,51979346</b>     |
| 39                                                                                                                                   | 0,43        | 341                  | 0,586919105           |
| 31                                                                                                                                   | 0,44        | 372                  | 0,640275387           |
| 25                                                                                                                                   | 0,45        | 397                  | 0,683304647           |
| 16                                                                                                                                   | 0,46        | 413                  | 0,710843373           |
| 12                                                                                                                                   | 0,47        | 425                  | 0,731497418           |
| <b>26</b>                                                                                                                            | <b>0,48</b> | <b>451</b>           | <b>0,776247849</b>    |
| 12                                                                                                                                   | 0,53        | 463                  | 0,796901893           |
| 7                                                                                                                                    | 0,54        | 470                  | 0,808950086           |
| 6                                                                                                                                    | 0,55        | 476                  | 0,819277108           |
| 15                                                                                                                                   | 0,56        | 491                  | 0,845094664           |
| 9                                                                                                                                    | 0,57        | 500                  | 0,860585198           |
| 1                                                                                                                                    | 0,58        | 501                  | 0,862306368           |
| 3                                                                                                                                    | 0,69        | 504                  | 0,86746988            |
| 8                                                                                                                                    | 0,6         | 512                  | 0,881239243           |
| 8                                                                                                                                    | 0,61        | 520                  | 0,895008606           |
| 15                                                                                                                                   | 0,62        | 535                  | 0,920826162           |
| 2                                                                                                                                    | 0,63        | 537                  | 0,924268503           |
| 11                                                                                                                                   | 0,64        | 548                  | 0,943201377           |
| 3                                                                                                                                    | 0,65        | 551                  | 0,948364888           |
| 2                                                                                                                                    | 0,66        | 553                  | 0,951807229           |
| 1                                                                                                                                    | 0,67        | 554                  | 0,953528399           |
| 3                                                                                                                                    | 0,68        | 557                  | 0,95869191            |
| 2                                                                                                                                    | 0,69        | 559                  | 0,962134251           |
| 5                                                                                                                                    | 0,7         | 564                  | 0,970740103           |
| 2                                                                                                                                    | 0,71        | 566                  | 0,974182444           |
| 3                                                                                                                                    | 0,72        | 569                  | 0,979345955           |
| 8                                                                                                                                    | 0,73        | 577                  | 0,993115318           |
| 1                                                                                                                                    | 0,75        | 578                  | 0,994836489           |
| 1                                                                                                                                    | 0,84        | 579                  | 0,996557659           |
| 1                                                                                                                                    | 0,85        | 580                  | 0,99827883            |
| 1                                                                                                                                    | 0,96        | 581                  | 1                     |

Fuente: Los Autores

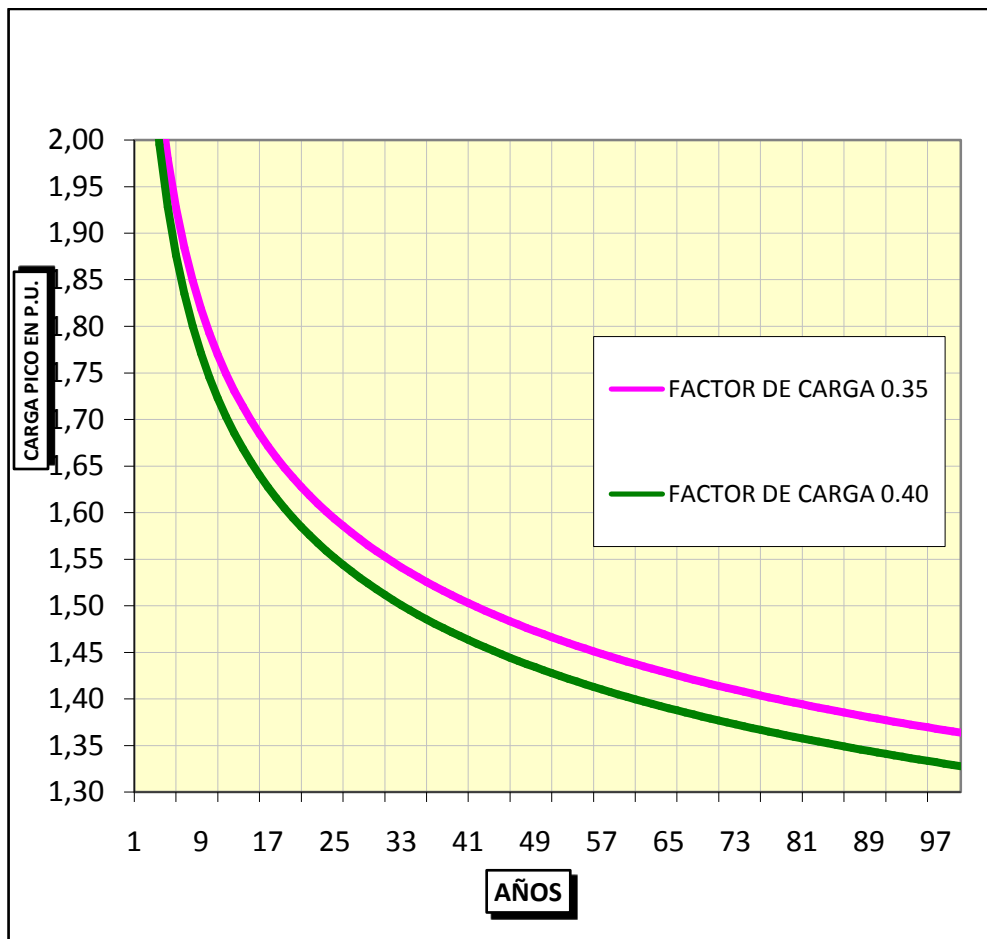
Observando la formula mediante la cual se determina el FACTOR DE CARGA:

$$F_c = \frac{D_{prom}}{D_{m\acute{a}x}}$$

Podemos notar en la fórmula y en siguiente gráfica que;

si el  $F_c \downarrow$ ; la  $D_{m\acute{a}x} \uparrow$

**GRÁFICA 3.10**  
**INCREMENTO DE LA DEMANDA EN FUNCIÓN**  
**DEL FACTOR DE CARGA**



Fuente: EBASCO, Transformer Life-Years, 1992.

Debido al análisis realizado y con la **finalidad de ser conservadores**, hemos considerado trabajar con valores de Factor de Carga que se encuentran entre el **Primer Cuartil y la Mediana**(cuadro 3.2), considerando un **valor promedio de 0.35**.

Por ende determinamos al valor de:

**“FACTOR DE CARGA 0.35”** **Característico Sistema de Distribución**  
**Monofásico para cargas Residenciales-**  
**Comerciales**

### **3.2 ANÁLISIS DE LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN**

De acuerdo al Factor de Carga de los Transformadores de Distribución, podemos evaluar de manera general la cargabilidad de los transformadores.

Mediante el factor de pérdidas que genera con respecto a las condiciones en que se encuentran operando en la actualidad los transformadores.

En el capítulo 1 ya identificamos la fórmula de factor de pérdidas que influye en los Transformadores de distribución:

$$***Factor de Pérdidas para TD = 0.15(LDF) + (0.85)(LDF)^2***$$

Con esta fórmula podemos analizar a los Transformadores de Distribución para saber cuantas pérdidas de energía generan actualmente, como sabemos toda máquina eléctrica genera pérdidas de energía, pero las máquinas eléctricas generan más pérdidas de las normales si no es utilizado de manera correcta.

El manual de Raytheon, Transformer Distribución Losses-Ebasco Division, proporciona las pérdidas típicas de los transformadores de distribución por año según la Norma ANSI 57.22.00, mediante la siguiente fórmula:

$$TL = 8760 \text{ horas/año } [(Pfe) + (p^2)(Fper) (Pcu)] \text{ Kwh/año}$$

En donde:

**TL** = Pérdidas de Transformador en Kwh/año

**Pfe**= Pérdidas en el Hierro en Kw

**p** = Carga pico en p.u

**Fper**= Factor de Pérdidas (adimensional)

**Pcu**= Pérdidas en el Cobre (Kw)

**CUADRO 3.4**  
**CUADRO DE PÉRDIDAS TÍPICAS DE LOS TRANSFORMADORES DE**  
**DISTRIBUCIÓN (KWH/AÑO)**

| F.U | Pérdidas de Energía por año (Kwh/año)                    |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----|----------------------------------------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|     | Factor de Pérdidas $(0.15 \cdot F_c + 0.85 \cdot F_c^2)$ |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|     | 0                                                        | 0,1 | 0,15 | 0,2  | 0,3  | 0,4  | 0,5  | 0,6  | 0,7  | 0,8  | 0,9  | 1    |
| 0,0 | 350                                                      | 350 | 350  | 350  | 350  | 350  | 350  | 350  | 350  | 350  | 350  | 350  |
| 0,5 | 350                                                      | 375 | 388  | 400  | 425  | 450  | 475  | 500  | 525  | 550  | 575  | 600  |
| 0,6 | 350                                                      | 386 | 404  | 422  | 458  | 494  | 530  | 566  | 602  | 638  | 674  | 710  |
| 0,7 | 350                                                      | 399 | 424  | 448  | 497  | 546  | 595  | 644  | 693  | 742  | 791  | 840  |
| 0,8 | 350                                                      | 414 | 444  | 474  | 542  | 606  | 670  | 734  | 798  | 862  | 926  | 990  |
| 0,9 | 350                                                      | 431 | 472  | 512  | 593  | 674  | 755  | 836  | 917  | 998  | 1079 | 1160 |
| 1,0 | 350                                                      | 450 | 500  | 550  | 650  | 750  | 850  | 950  | 1050 | 1150 | 1250 | 1350 |
| 1,1 | 350                                                      | 471 | 532  | 592  | 713  | 834  | 955  | 1076 | 1197 | 1318 | 1439 | 1560 |
| 1,2 | 350                                                      | 494 | 566  | 638  | 782  | 926  | 1070 | 1214 | 1358 | 1502 | 1646 | 1790 |
| 1,3 | 350                                                      | 519 | 604  | 688  | 857  | 1026 | 1195 | 1364 | 1533 | 1702 | 1871 | 2040 |
| 1,4 | 350                                                      | 546 | 644  | 742  | 938  | 1134 | 1330 | 1526 | 1722 | 1918 | 2114 | 2310 |
| 1,5 | 350                                                      | 575 | 688  | 800  | 1025 | 1250 | 1475 | 1700 | 1925 | 2150 | 2375 | 2600 |
| 1,6 | 350                                                      | 606 | 734  | 862  | 1118 | 1374 | 1630 | 1886 | 2142 | 2398 | 2654 | 2910 |
| 1,7 | 350                                                      | 639 | 784  | 928  | 1217 | 1506 | 1795 | 2084 | 2373 | 2662 | 2951 | 3240 |
| 1,8 | 350                                                      | 674 | 836  | 998  | 1322 | 1646 | 1970 | 2294 | 2618 | 2942 | 3266 | 3590 |
| 1,9 | 350                                                      | 711 | 892  | 1072 | 1433 | 1794 | 2155 | 2516 | 2877 | 3238 | 3599 | 3960 |
| 2,0 | 350                                                      | 750 | 950  | 1150 | 1550 | 1950 | 2350 | 2750 | 3150 | 3550 | 3950 | 4350 |

Fuente: RAYTHEON-EBASCO DIVISION, Typical Transformer Losses-kwh per year.

En el lado de las columnas tenemos el factor de utilización o carga pico por unidad con respecto a la carga nominal del transformador, y en el lado de las filas tenemos el factor de pérdidas del transformador con respecto al factor de carga.

La intersección de estos dos parámetros dentro del cuadro obtenemos las pérdidas de energía en Kwh/año, como por ejemplo si un transformador trabaja con un factor de pérdidas de 0.3 y con factor de uso de 1.0 intersectando estos valores, da un valor de 650 kwh/año, esto quiere decir que el transformador está generando pérdidas de 650 kwh/año.



Para poder analizar a los transformadores de distribución debemos determinar las pérdidas según la capacidad instalada, como se indica en el siguiente cuadro según la norma ANSI C57.27.00, la cual nos da los valores permisibles de pérdidas que tienen los transformadores.

**CUADRO 3.5**

**PÉRDIDAS EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN**

| CAPACIDAD<br>KVA | PÉRDIDAS EN WATTS-TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN<br>7620/13200 - 120/240 VOLTS |                          |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
|                  | NORMA ANSI C57.12.00                                                            |                          |
|                  | PÉRDIDAS EN EL HIERRO (W)                                                       | PÉRDIDAS EN EL COBRE (W) |
| 5                | 56                                                                              | 92                       |
| 10               | 74                                                                              | 172                      |
| 15               | 90                                                                              | 255                      |
| 25               | 128                                                                             | 380                      |
| 37,5             | 172                                                                             | 518                      |
| 50               | 213                                                                             | 675                      |
| 75               | 290                                                                             | 935                      |

Fuente: RAYTHEON- EBASCO, Transformer Distribution Losses ANSI Standard C57.20.00

Esto quiere decir que a medida que el transformador de distribución es de mayor capacidad, posee mayor pérdidas tanto en el hierro como en el cobre, generando pérdidas totales mayores.

Por lo tanto según la fórmula de pérdidas de energía  **$TL = 8760 \text{ horas/año} [(P_{fe}) + (p^2)(F_{per}) (P_{cu})]$  Kwh/año**, con respecto a los valores de pérdidas de energía del cuadro 4.4, evaluando la fórmula para cada capacidad existe un factor de multiplicación con respecto al cuadro de pérdidas típicas de los transformadores de distribución (cuadro 4.3) de una constante de 0,438 por cada 5KVA.

Por ende se construye el siguiente cuadro el cuál nos permite evaluar a los transformadores de distribución según la capacidad instalada.

**CUADRO 3.6**  
**FACTOR DE MULTIPLICACIÓN DEL CUADRO DE PÉRDIDAS TÍPICAS**  
**DEL TRANSFORMADOR, EN FUNCIÓN DE LA**  
**CAPACIDAD INSTALADA.**

| CAPACIDAD DEL<br>TRANSFORMADOR<br>KVA | FACTOR DE<br>MULTIPLICACION DE<br>CUADRO 4.3 |
|---------------------------------------|----------------------------------------------|
| 5                                     | 0,438                                        |
| 10                                    | 0,876                                        |
| 15                                    | 1,314                                        |
| 25                                    | 2,19                                         |
| 37,5                                  | 3,285                                        |
| 50                                    | 4,38                                         |
| 75                                    | 6,57                                         |
| 100                                   | 8,76                                         |
| 150                                   | 13,14                                        |
| 167                                   | 14,629                                       |

Fuente: RAYTHEON-EBASCO, Typical Transformer Losses-kwh per year.

Entonces para calcular las pérdidas de energía para cada capacidad nos regimos a la siguiente formula:

$$\text{Pérdidas energía por año}_{nKVA} (\text{Kwh/año}) = (F_{pér vs F.U \text{ cuadro 4.3}}) * (FM_{nKVA})$$

En donde:

nkva= Capacidad instalada del transformador

Fpér= Factor de pérdidas

F.U= Factor de Uso

FM= Factor de multiplicación

Por consiguiente podemos ya formar nuestros cuadros de pérdidas de energía según la capacidad instalada del transformador mediante la formula ya descrita con respecto a las pérdidas típicas de energía (cuadro 3.4).

Realizando un ejemplo con el transformador de 5 kva, utilizando la formula sería:

Si el transformador estuviera operando según los siguientes datos:

$$F_{pér} = 0.3$$

$$F.U = 1.0$$

Entonces nos dirigimos a las pérdidas típicas de energía (cuadro 3.4), y buscamos la intersección de los dos datos, dando como resultado:

650 Kwh/año de pérdidas de energía

Pero por ser un transformador de 5KVA las pérdidas de energía aumentan según la capacidad instalada, entonces el factor de multiplicación deberá multiplicarse por las pérdidas de energía típicas;

$$(650 \text{ Kwh/año})(FM_{Nkva})$$

$$(650 \text{ Kwh/año})(0,438) = 285 \text{ kwh/año}$$

Y si lo hacemos con todos los valores del cuadro 3.4, se obtiene el siguiente cuadro de pérdidas de energía para transformadores de 5 KVA, y así sucesivamente determinamos las pérdidas de energía para las demás capacidades

**CUADRO 3.7**  
**PÉRDIDAS DE ENERGÍA KWH/AÑO PARA**  
**TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN 5KVA**

| F.U | TRANSFORMADOR DE 5 KVA - FACTOR DE CARGA 0.35 |     |      |     |     |     |      |      |      |      |      |      |
|-----|-----------------------------------------------|-----|------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|
|     | Energía de Pérdidas por año (Kwh/año)         |     |      |     |     |     |      |      |      |      |      |      |
|     | Factor de Pérdidas $(0.15^*Fc+0.85^*Fc^2)$    |     |      |     |     |     |      |      |      |      |      |      |
|     | 0                                             | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5  | 0,6  | 0,7  | 0,8  | 0,9  | 1    |
| 0,0 | 153                                           | 153 | 153  | 153 | 153 | 153 | 153  | 153  | 153  | 153  | 153  | 153  |
| 0,5 | 153                                           | 164 | 170  | 175 | 186 | 197 | 208  | 219  | 230  | 241  | 252  | 267  |
| 0,6 | 153                                           | 169 | 175  | 185 | 201 | 216 | 232  | 248  | 264  | 279  | 295  | 311  |
| 0,7 | 153                                           | 175 | 186  | 196 | 218 | 239 | 261  | 282  | 304  | 325  | 346  | 368  |
| 0,8 | 153                                           | 181 | 194  | 208 | 237 | 265 | 293  | 321  | 350  | 378  | 406  | 434  |
| 0,9 | 153                                           | 189 | 207  | 224 | 260 | 295 | 331  | 366  | 402  | 437  | 473  | 508  |
| 1,0 | 153                                           | 197 | 219  | 241 | 285 | 329 | 372  | 416  | 460  | 504  | 548  | 591  |
| 1,1 | 153                                           | 206 | 233  | 259 | 312 | 365 | 418  | 471  | 524  | 577  | 630  | 683  |
| 1,2 | 153                                           | 216 | 248  | 279 | 343 | 406 | 469  | 532  | 595  | 658  | 721  | 784  |
| 1,3 | 153                                           | 227 | 265  | 301 | 375 | 449 | 523  | 597  | 671  | 745  | 819  | 894  |
| 1,4 | 153                                           | 239 | 282  | 325 | 411 | 497 | 583  | 668  | 754  | 840  | 926  | 1012 |
| 1,5 | 153                                           | 252 | 301  | 350 | 449 | 548 | 646  | 745  | 843  | 942  | 1040 | 1139 |
| 1,6 | 153                                           | 265 | 321  | 378 | 490 | 602 | 714  | 826  | 938  | 1050 | 1162 | 1275 |
| 1,7 | 153                                           | 280 | 343  | 406 | 533 | 660 | 786  | 913  | 1039 | 1166 | 1293 | 1419 |
| 1,8 | 153                                           | 295 | 366  | 437 | 579 | 721 | 863  | 1005 | 1147 | 1289 | 1431 | 1572 |
| 1,9 | 153                                           | 311 | 391  | 470 | 627 | 786 | 944  | 1102 | 1260 | 1418 | 1576 | 1734 |
| 2,0 | 153                                           | 329 | 416  | 504 | 679 | 854 | 1029 | 1205 | 1380 | 1555 | 1730 | 1905 |

Fuente: RAYTHEON- EBASCO, Typical Transformer Losses-kwh per year, 1992.

**CUADRO 3.8**  
**PÉRDIDAS DE ENERGÍA KWH/AÑO PARA**  
**TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN DE 10KVA**

| F.U | TRANSFORMADOR DE 10 KVA - FACTOR DE CARGA 0.35 |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----|------------------------------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|     | Energía de Pérdidas por año (Kwh/año)          |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|     | Factor de Pérdidas $(0.15^*Fc+0.85^*Fc^2)$     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|     | 0                                              | 0,1 | 0,15 | 0,2  | 0,3  | 0,4  | 0,5  | 0,6  | 0,7  | 0,8  | 0,9  | 1    |
| 0,0 | 307                                            | 307 | 307  | 307  | 307  | 307  | 307  | 307  | 307  | 307  | 307  | 307  |
| 0,5 | 307                                            | 329 | 339  | 350  | 372  | 394  | 416  | 438  | 460  | 482  | 504  | 526  |
| 0,6 | 307                                            | 338 | 354  | 370  | 401  | 433  | 464  | 496  | 527  | 559  | 590  | 622  |
| 0,7 | 307                                            | 350 | 371  | 392  | 435  | 478  | 521  | 564  | 607  | 650  | 693  | 736  |
| 0,8 | 307                                            | 363 | 389  | 415  | 475  | 531  | 587  | 643  | 699  | 755  | 811  | 867  |
| 0,9 | 307                                            | 378 | 413  | 449  | 519  | 590  | 661  | 732  | 803  | 874  | 945  | 1016 |
| 1,0 | 307                                            | 394 | 438  | 482  | 569  | 657  | 745  | 832  | 920  | 1007 | 1095 | 1183 |
| 1,1 | 307                                            | 413 | 466  | 519  | 625  | 731  | 837  | 943  | 1049 | 1155 | 1261 | 1367 |
| 1,2 | 307                                            | 433 | 496  | 559  | 685  | 811  | 937  | 1063 | 1190 | 1316 | 1442 | 1568 |
| 1,3 | 307                                            | 455 | 529  | 603  | 751  | 899  | 1047 | 1195 | 1343 | 1491 | 1639 | 1787 |
| 1,4 | 307                                            | 478 | 564  | 650  | 822  | 993  | 1165 | 1337 | 1508 | 1680 | 1852 | 2024 |
| 1,5 | 307                                            | 504 | 602  | 701  | 898  | 1095 | 1292 | 1489 | 1686 | 1883 | 2081 | 2278 |
| 1,6 | 307                                            | 531 | 643  | 755  | 979  | 1204 | 1428 | 1652 | 1876 | 2101 | 2325 | 2549 |
| 1,7 | 307                                            | 560 | 686  | 813  | 1066 | 1319 | 1572 | 1826 | 2079 | 2332 | 2585 | 2838 |
| 1,8 | 307                                            | 590 | 732  | 874  | 1158 | 1442 | 1726 | 2010 | 2293 | 2577 | 2861 | 3145 |
| 1,9 | 307                                            | 623 | 781  | 939  | 1255 | 1572 | 1888 | 2204 | 2520 | 2836 | 3153 | 3469 |
| 2,0 | 307                                            | 657 | 832  | 1007 | 1358 | 1708 | 2059 | 2409 | 2759 | 3110 | 3460 | 3811 |

Fuente: RAYTHEON- EBASCO, Typical Transformer Losses-kwh per year, 1992.

**CUADRO 3.9**  
**PÉRDIDAS DE ENERGÍA KWH/AÑO PARA**  
**TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN DE 15KVA**

| F.U | TRANSFORMADOR DE 15 KVA - FACTOR DE CARGA 0.35                   |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----|------------------------------------------------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|     | Energía de Pérdidas por año (Kwh/año)                            |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|     | Factor de Pérdidas (0.15 <sup>2</sup> Fc+0.85 <sup>2</sup> Fc*2) |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|     | 0                                                                | 0,1 | 0,15 | 0,2  | 0,3  | 0,4  | 0,5  | 0,6  | 0,7  | 0,8  | 0,9  | 1    |
| 0,0 | 460                                                              | 460 | 460  | 460  | 460  | 460  | 460  | 460  | 460  | 460  | 460  | 460  |
| 0,5 | 460                                                              | 493 | 509  | 526  | 558  | 591  | 624  | 657  | 690  | 723  | 756  | 788  |
| 0,6 | 460                                                              | 507 | 531  | 555  | 602  | 649  | 696  | 744  | 791  | 838  | 886  | 933  |
| 0,7 | 460                                                              | 524 | 556  | 589  | 653  | 717  | 782  | 846  | 911  | 975  | 1039 | 1104 |
| 0,8 | 460                                                              | 544 | 583  | 623  | 712  | 796  | 880  | 964  | 1049 | 1133 | 1217 | 1301 |
| 0,9 | 460                                                              | 566 | 620  | 673  | 779  | 886  | 992  | 1099 | 1205 | 1311 | 1418 | 1524 |
| 1,0 | 460                                                              | 591 | 657  | 723  | 854  | 986  | 1117 | 1248 | 1380 | 1511 | 1643 | 1774 |
| 1,1 | 460                                                              | 619 | 698  | 778  | 937  | 1096 | 1255 | 1414 | 1573 | 1732 | 1891 | 2050 |
| 1,2 | 460                                                              | 649 | 744  | 838  | 1028 | 1217 | 1406 | 1595 | 1784 | 1974 | 2163 | 2352 |
| 1,3 | 460                                                              | 682 | 793  | 904  | 1126 | 1348 | 1570 | 1792 | 2014 | 2236 | 2458 | 2681 |
| 1,4 | 460                                                              | 717 | 846  | 975  | 1233 | 1490 | 1748 | 2005 | 2263 | 2520 | 2778 | 3035 |
| 1,5 | 460                                                              | 756 | 903  | 1051 | 1347 | 1643 | 1938 | 2234 | 2529 | 2825 | 3121 | 3416 |
| 1,6 | 460                                                              | 796 | 964  | 1133 | 1469 | 1805 | 2142 | 2478 | 2815 | 3151 | 3487 | 3824 |
| 1,7 | 460                                                              | 840 | 1030 | 1219 | 1599 | 1979 | 2359 | 2738 | 3118 | 3498 | 3878 | 4257 |
| 1,8 | 460                                                              | 886 | 1099 | 1311 | 1737 | 2163 | 2589 | 3014 | 3440 | 3866 | 4292 | 4717 |
| 1,9 | 460                                                              | 934 | 1171 | 1409 | 1883 | 2357 | 2832 | 3306 | 3780 | 4255 | 4729 | 5203 |
| 2,0 | 460                                                              | 986 | 1248 | 1511 | 2037 | 2562 | 3088 | 3614 | 4139 | 4665 | 5190 | 5716 |

Fuente: RAYTHEON-EBASCO, Typical Transformer Losses-kwh per year, 1992

**CUADRO 3.10**  
**PÉRDIDAS DE ENERGÍA KWH/AÑO PARA**  
**TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN DE 25KVA**

| F.U | TRANSFORMADOR DE 25 KVA - FACTOR DE CARGA 0.35                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----|------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|     | Energía de Pérdidas por año (Kwh/año)                            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|     | Factor de Pérdidas (0.15 <sup>2</sup> Fc+0.85 <sup>2</sup> Fc*2) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|     | 0,0                                                              | 0,1  | 0,2  | 0,2  | 0,3  | 0,4  | 0,5  | 0,6  | 0,7  | 0,8  | 0,9  | 1,0  |
| 0,0 | 767                                                              | 767  | 767  | 767  | 767  | 767  | 767  | 767  | 767  | 767  | 767  | 767  |
| 0,5 | 767                                                              | 821  | 849  | 876  | 931  | 986  | 1040 | 1095 | 1150 | 1205 | 1259 | 1314 |
| 0,6 | 767                                                              | 845  | 885  | 924  | 1003 | 1082 | 1161 | 1240 | 1318 | 1397 | 1476 | 1555 |
| 0,7 | 767                                                              | 874  | 927  | 981  | 1088 | 1196 | 1303 | 1410 | 1518 | 1625 | 1732 | 1840 |
| 0,8 | 767                                                              | 907  | 972  | 1038 | 1187 | 1327 | 1467 | 1607 | 1748 | 1888 | 2028 | 2168 |
| 0,9 | 767                                                              | 944  | 1033 | 1121 | 1299 | 1476 | 1653 | 1831 | 2008 | 2186 | 2363 | 2540 |
| 1,0 | 767                                                              | 986  | 1095 | 1205 | 1424 | 1643 | 1862 | 2081 | 2300 | 2519 | 2738 | 2957 |
| 1,1 | 767                                                              | 1031 | 1164 | 1296 | 1561 | 1826 | 2091 | 2356 | 2621 | 2886 | 3151 | 3416 |
| 1,2 | 767                                                              | 1082 | 1240 | 1397 | 1713 | 2028 | 2343 | 2659 | 2974 | 3289 | 3605 | 3920 |
| 1,3 | 767                                                              | 1137 | 1322 | 1507 | 1877 | 2247 | 2617 | 2987 | 3357 | 3727 | 4097 | 4468 |
| 1,4 | 767                                                              | 1196 | 1410 | 1625 | 2054 | 2483 | 2913 | 3342 | 3771 | 4200 | 4630 | 5059 |
| 1,5 | 767                                                              | 1259 | 1506 | 1752 | 2245 | 2738 | 3230 | 3723 | 4216 | 4709 | 5201 | 5694 |
| 1,6 | 767                                                              | 1327 | 1607 | 1888 | 2448 | 3009 | 3570 | 4130 | 4691 | 5252 | 5812 | 6373 |
| 1,7 | 767                                                              | 1399 | 1716 | 2032 | 2665 | 3298 | 3931 | 4564 | 5197 | 5830 | 6463 | 7096 |
| 1,8 | 767                                                              | 1476 | 1831 | 2186 | 2895 | 3605 | 4314 | 5024 | 5733 | 6443 | 7153 | 7862 |
| 1,9 | 767                                                              | 1557 | 1952 | 2348 | 3138 | 3929 | 4719 | 5510 | 6301 | 7091 | 7882 | 8672 |
| 2,0 | 767                                                              | 1643 | 2081 | 2519 | 3395 | 4271 | 5147 | 6023 | 6899 | 7775 | 8651 | 9527 |

Fuente: RAYTHEON- EBASCO, Typical Transformer Losses-kwh per year, 1992

**CUADRO 3.11**  
**PÉRDIDAS DE ENERGÍA KWH/AÑO PARA**  
**TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN DE 37.5KVA**

| F.U | TRANSFORMADOR DE 37.5 KVA - FACTOR DE CARGA 0.35 |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |
|-----|--------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
|     | Energía de Pérdidas por año (Kwh/año)            |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |
|     | Factor de Pérdidas (0.15*Fc+0.85*Fc^2)           |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |
|     | 0                                                | 0,1  | 0,15 | 0,2  | 0,3  | 0,4  | 0,5  | 0,6  | 0,7   | 0,8   | 0,9   | 1     |
| 0,0 | 1150                                             | 1150 | 1150 | 1150 | 1150 | 1150 | 1150 | 1150 | 1150  | 1150  | 1150  | 1150  |
| 0,5 | 1150                                             | 1232 | 1273 | 1314 | 1396 | 1478 | 1560 | 1643 | 1725  | 1807  | 1889  | 1971  |
| 0,6 | 1150                                             | 1268 | 1327 | 1386 | 1505 | 1623 | 1741 | 1859 | 1978  | 2096  | 2214  | 2332  |
| 0,7 | 1150                                             | 1311 | 1391 | 1472 | 1633 | 1794 | 1955 | 2116 | 2277  | 2437  | 2598  | 2759  |
| 0,8 | 1150                                             | 1360 | 1459 | 1557 | 1780 | 1991 | 2201 | 2411 | 2621  | 2832  | 3042  | 3252  |
| 0,9 | 1150                                             | 1416 | 1549 | 1682 | 1948 | 2214 | 2480 | 2746 | 3012  | 3278  | 3545  | 3811  |
| 1,0 | 1150                                             | 1478 | 1643 | 1807 | 2135 | 2464 | 2792 | 3121 | 3449  | 3778  | 4106  | 4435  |
| 1,1 | 1150                                             | 1547 | 1746 | 1945 | 2342 | 2740 | 3137 | 3535 | 3932  | 4330  | 4727  | 5125  |
| 1,2 | 1150                                             | 1623 | 1859 | 2096 | 2569 | 3042 | 3515 | 3988 | 4461  | 4934  | 5407  | 5880  |
| 1,3 | 1150                                             | 1705 | 1982 | 2280 | 2815 | 3370 | 3926 | 4481 | 5036  | 5591  | 6146  | 6701  |
| 1,4 | 1150                                             | 1794 | 2116 | 2437 | 3081 | 3725 | 4369 | 5013 | 5657  | 6301  | 6944  | 7588  |
| 1,5 | 1150                                             | 1889 | 2258 | 2628 | 3367 | 4106 | 4845 | 5585 | 6324  | 7063  | 7802  | 8541  |
| 1,6 | 1150                                             | 1991 | 2411 | 2832 | 3673 | 4514 | 5355 | 6196 | 7036  | 7877  | 8718  | 9559  |
| 1,7 | 1150                                             | 2099 | 2574 | 3048 | 3998 | 4947 | 5897 | 6846 | 7795  | 8745  | 9694  | 10643 |
| 1,8 | 1150                                             | 2214 | 2746 | 3278 | 4343 | 5407 | 6471 | 7536 | 8600  | 9664  | 10729 | 11793 |
| 1,9 | 1150                                             | 2336 | 2929 | 3522 | 4707 | 5893 | 7079 | 8265 | 9451  | 10637 | 11823 | 13009 |
| 2,0 | 1150                                             | 2464 | 3121 | 3778 | 5092 | 6406 | 7720 | 9034 | 10348 | 11662 | 12976 | 14290 |

Fuente: RAYTHEON-EBASCO, Typical Transformer Losses-kwh per year, 1992

**CUADRO 3.12**  
**PÉRDIDAS DE ENERGÍA KWH/AÑO PARA**  
**TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN DE 50 KVA**

| F.U | TRANSFORMADOR DE 50 KVA - FACTOR DE CARGA 0.35 |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |
|-----|------------------------------------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|     | Energía de Pérdidas por año (Kwh/año)          |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |
|     | Factor de Pérdidas (0.15*Fc+0.85*Fc^2)         |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |
|     | 0                                              | 0,1  | 0,15 | 0,2  | 0,3  | 0,4  | 0,5   | 0,6   | 0,7   | 0,8   | 0,9   | 1     |
| 0,0 | 1533                                           | 1533 | 1533 | 1533 | 1533 | 1533 | 1533  | 1533  | 1533  | 1533  | 1533  | 1533  |
| 0,5 | 1533                                           | 1643 | 1697 | 1752 | 1862 | 1971 | 2081  | 2190  | 2300  | 2409  | 2519  | 2628  |
| 0,6 | 1533                                           | 1691 | 1770 | 1848 | 2006 | 2164 | 2321  | 2479  | 2637  | 2794  | 2952  | 3110  |
| 0,7 | 1533                                           | 1748 | 1855 | 1962 | 2177 | 2391 | 2606  | 2821  | 3035  | 3250  | 3465  | 3679  |
| 0,8 | 1533                                           | 1813 | 1945 | 2076 | 2374 | 2654 | 2935  | 3215  | 3495  | 3776  | 4056  | 4336  |
| 0,9 | 1533                                           | 1888 | 2065 | 2243 | 2597 | 2952 | 3307  | 3662  | 4016  | 4371  | 4726  | 5081  |
| 1,0 | 1533                                           | 1971 | 2190 | 2409 | 2847 | 3285 | 3723  | 4161  | 4599  | 5037  | 5475  | 5913  |
| 1,1 | 1533                                           | 2063 | 2328 | 2593 | 3123 | 3653 | 4183  | 4713  | 5243  | 5773  | 6303  | 6833  |
| 1,2 | 1533                                           | 2164 | 2479 | 2794 | 3425 | 4056 | 4687  | 5317  | 5948  | 6579  | 7209  | 7840  |
| 1,3 | 1533                                           | 2273 | 2643 | 3013 | 3754 | 4494 | 5234  | 5974  | 6715  | 7455  | 8195  | 8935  |
| 1,4 | 1533                                           | 2391 | 2821 | 3250 | 4108 | 4967 | 5825  | 6684  | 7542  | 8401  | 9259  | 10118 |
| 1,5 | 1533                                           | 2519 | 3011 | 3504 | 4490 | 5475 | 6461  | 7446  | 8432  | 9417  | 10403 | 11388 |
| 1,6 | 1533                                           | 2654 | 3215 | 3776 | 4897 | 6018 | 7139  | 8261  | 9382  | 10503 | 11625 | 12746 |
| 1,7 | 1533                                           | 2799 | 3432 | 4065 | 5330 | 6596 | 7862  | 9128  | 10394 | 11660 | 12925 | 14191 |
| 1,8 | 1533                                           | 2952 | 3662 | 4371 | 5790 | 7209 | 8629  | 10048 | 11467 | 12886 | 14305 | 15724 |
| 1,9 | 1533                                           | 3114 | 3905 | 4695 | 6277 | 7858 | 9439  | 11020 | 12601 | 14182 | 15764 | 17345 |
| 2,0 | 1533                                           | 3285 | 4161 | 5037 | 6789 | 8541 | 10293 | 12045 | 13797 | 15549 | 17301 | 19053 |

Fuente: RAYTHEON- EBASCO, Typical Transformer Losses-kwh per year, 1992.

**CUADRO 3.13**  
**PÉRDIDAS DE ENERGÍA KWH/AÑO PARA**  
**TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN DE 75 KVA**

| F.U | TRANSFORMADOR DE 75 KVA - FACTOR DE CARGA 0.35 |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----|------------------------------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|     | Energía de Pérdidas por año (Kwh/año)          |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |
|     | Factor de Pérdidas (0.15*Fc+0.85*Fc^2)         |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |
|     | 0                                              | 0,1  | 0,15 | 0,2  | 0,3   | 0,4   | 0,5   | 0,6   | 0,7   | 0,8   | 0,9   | 1     |
| 0,0 | 2300                                           | 2300 | 2300 | 2300 | 2300  | 2300  | 2300  | 2300  | 2300  | 2300  | 2300  | 2300  |
| 0,5 | 2300                                           | 2464 | 2546 | 2628 | 2792  | 2957  | 3121  | 3285  | 3449  | 3614  | 3778  | 3942  |
| 0,6 | 2300                                           | 2536 | 2654 | 2773 | 3009  | 3246  | 3482  | 3719  | 3955  | 4192  | 4428  | 4665  |
| 0,7 | 2300                                           | 2621 | 2782 | 2943 | 3265  | 3587  | 3909  | 4231  | 4553  | 4875  | 5197  | 5519  |
| 0,8 | 2300                                           | 2720 | 2917 | 3114 | 3561  | 3981  | 4402  | 4822  | 5243  | 5663  | 6084  | 6504  |
| 0,9 | 2300                                           | 2832 | 3098 | 3364 | 3896  | 4428  | 4960  | 5493  | 6025  | 6557  | 7089  | 7621  |
| 1,0 | 2300                                           | 2957 | 3285 | 3614 | 4271  | 4928  | 5585  | 6242  | 6899  | 7556  | 8213  | 8870  |
| 1,1 | 2300                                           | 3094 | 3492 | 3889 | 4684  | 5479  | 6274  | 7069  | 7864  | 8659  | 9454  | 10249 |
| 1,2 | 2300                                           | 3246 | 3719 | 4192 | 5138  | 6084  | 7030  | 7976  | 8922  | 9868  | 10814 | 11760 |
| 1,3 | 2300                                           | 3410 | 3965 | 4520 | 5630  | 6741  | 7851  | 8961  | 10072 | 11182 | 12292 | 13403 |
| 1,4 | 2300                                           | 3587 | 4231 | 4875 | 6163  | 7450  | 8738  | 10026 | 11314 | 12601 | 13889 | 15177 |
| 1,5 | 2300                                           | 3778 | 4517 | 5256 | 6734  | 8213  | 9691  | 11169 | 12647 | 14126 | 15604 | 17082 |
| 1,6 | 2300                                           | 3981 | 4822 | 5663 | 7345  | 9027  | 10709 | 12391 | 14073 | 15755 | 17437 | 19119 |
| 1,7 | 2300                                           | 4198 | 5148 | 6097 | 7996  | 9894  | 11793 | 13692 | 15591 | 17489 | 19388 | 21287 |
| 1,8 | 2300                                           | 4428 | 5493 | 6557 | 8686  | 10814 | 12943 | 15072 | 17200 | 19329 | 21458 | 23586 |
| 1,9 | 2300                                           | 4671 | 5857 | 7043 | 9415  | 11787 | 14158 | 16530 | 18902 | 21274 | 23645 | 26017 |
| 2,0 | 2300                                           | 4928 | 6242 | 7556 | 10184 | 12812 | 15440 | 18068 | 20696 | 23324 | 25952 | 28580 |

Fuente: RAYTHEON-EBASCO, Typical Transformer Losses-kwh per year, 1992

### 4.3 PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN GUAYAQUIL PARA CARGAS RESIDENCIALES-COMERCIALES

De acuerdo al Factor de Carga característico del sistema de distribución monofásico para cargas residenciales (gráfica 3.9), podemos evaluar de manera general a los transformadores de distribución del sistema Guayaquil.

En el capítulo 1 ya identificamos la fórmula de factor de pérdidas que influye en los Transformadores de distribución:

$$\text{Factor de Pérdidas para TD} = 0.15(LDF) + (0.85)(LDF)^2$$

Con esta fórmula podemos analizar a los Transformadores de Distribución para saber cuántas pérdidas de energía generan actualmente, como sabemos toda máquina

eléctrica genera pérdidas de energía, pero las máquinas eléctricas generan más pérdidas de las normales si no es utilizado de manera correcta.

Entonces;

FACTOR DE CARGA 0.35, evaluando en la fórmula de Factor de Pérdidas;

$$F_{pér} = 0.15 (0.35) + (0.85) (0.35)^2$$

$$F_{pér} = 0.175 \approx 0.20$$

Con esto podemos elaborar nuestro perfil de pérdidas de energía para nuestro estudio con los valores obtenidos de la muestra de transformadores.

**Podemos decir que los transformadores de distribución monofásicos del sistema Guayaquil para cargas netamente Residenciales-Comerciales, trabajan con:**

**FACTOR DE CARGA 0.35 generando un FACTOR DE PÉRDIDAS de 0.20**

Entonces mediante la formula ya descrita anteriormente (pág 88);

$$\text{Pérdidas energía por año}_{nKVA} (\text{Kwh/año}) = (F_{pér} \text{ vs } F.U \text{ cuadro 4.3}) * (FM_{nKVA})$$

Procedemos a elaborar nuestro perfil de pérdidas bajo las condiciones ya descritas, obteniendo los siguientes valores con respecto a las pérdidas típicas de los transformadores (cuadro 3.4).



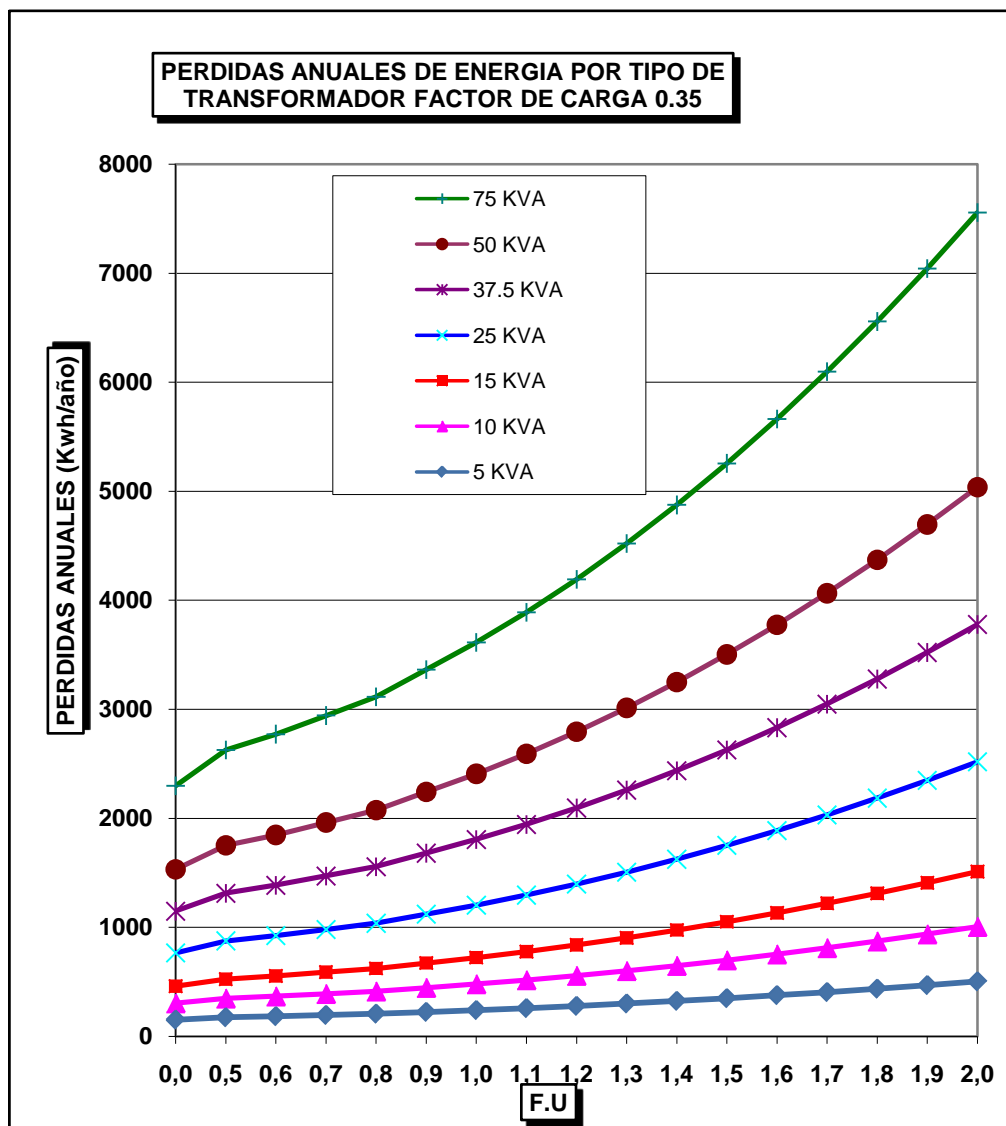
**CUADRO 3.14**  
**PÉRDIDAS ANUALES DE ENERGÍA EN LOS**  
**TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN MONOFÁSICOS DE**  
**GUAYQUIL PARA CARGAS RESIDENCIALES-COMERCIALES**

| <b>PERDIDAS ANUALES EN TRANSFORMADORES<br/>CON FACTOR DE CARGA 0.35 = FACTOR DE PÉRDIDAS 0.20</b> |                                              |               |               |               |                 |               |               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|---------------|
| <b>Factor De Uso</b>                                                                              | <b>Pérdidas de Energía por año (Kwh/año)</b> |               |               |               |                 |               |               |
|                                                                                                   | <b>5 KVA</b>                                 | <b>10 KVA</b> | <b>15 KVA</b> | <b>25 KVA</b> | <b>37.5 KVA</b> | <b>50 KVA</b> | <b>75 KVA</b> |
| 0,0                                                                                               | 153                                          | 307           | 460           | 767           | 1150            | 1533          | 2300          |
| 0,5                                                                                               | 175                                          | 350           | 526           | 876           | 1314            | 1752          | 2628          |
| 0,6                                                                                               | 185                                          | 370           | 555           | 924           | 1386            | 1848          | 2773          |
| 0,7                                                                                               | 196                                          | 392           | 589           | 981           | 1472            | 1962          | 2943          |
| 0,8                                                                                               | 208                                          | 415           | 623           | 1038          | 1557            | 2076          | 3114          |
| 0,9                                                                                               | 224                                          | 449           | 673           | 1121          | 1682            | 2243          | 3364          |
| 1,0                                                                                               | 241                                          | 482           | 723           | 1205          | 1807            | 2409          | 3614          |
| 1,1                                                                                               | 259                                          | 519           | 778           | 1296          | 1945            | 2593          | 3889          |
| 1,2                                                                                               | 279                                          | 559           | 838           | 1397          | 2096            | 2794          | 4192          |
| 1,3                                                                                               | 301                                          | 603           | 904           | 1507          | 2260            | 3013          | 4520          |
| 1,4                                                                                               | 325                                          | 650           | 975           | 1625          | 2437            | 3250          | 4875          |
| 1,5                                                                                               | 350                                          | 701           | 1051          | 1752          | 2628            | 3504          | 5256          |
| 1,6                                                                                               | 378                                          | 755           | 1133          | 1888          | 2832            | 3776          | 5663          |
| 1,7                                                                                               | 406                                          | 813           | 1219          | 2032          | 3048            | 4065          | 6097          |
| 1,8                                                                                               | 437                                          | 874           | 1311          | 2186          | 3278            | 4371          | 6557          |
| 1,9                                                                                               | 470                                          | 939           | 1409          | 2348          | 3522            | 4695          | 7043          |
| 2,0                                                                                               | 504                                          | 1007          | 1511          | 2519          | 3778            | 5037          | 7556          |

Fuente: Los Autores

De manera gráfica podemos observar la tendencia de los valores representados en el cuadro 3.14.

**GRÁFICA 3.11**  
**PÉRDIDAS ANUALES DE ENERGÍA EN LOS**  
**TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN MONOFÁSICOS DE**  
**GUAYAQUIL PARA CARGAS RESIDENCIALES-COMERCIALES**



Fuente: Los Autores

### **3.4 ANÁLISIS EN CAMPO DE LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN EN EL SECTOR CDLA. BOLIVARIANA.**

De los resultados obtenidos en el anterior índice, podemos determinar de manera real la situación actual de los transformadores del sistema de distribución de Guayaquil, tomando como muestra 40 transformadores en el sector de la Ciudadela Bolivariana, de esta forma podemos entender de mejor manera las condiciones reales que están siendo utilizados los transformadores.

Para determinar la situación actual de la muestra de los transformadores de distribución, se necesita diagnosticar a los transformadores durante su ciclo de carga, para esto se necesita un analizador de energía que nos permita visualizar el comportamiento continuo del transformador.

Cabe indicar que la ubicación de los puntos de medición para cumplir con lo sugerido por el Departamento de Control de Calidad y Estadística de la Empresa Eléctrica de Guayaquil referente al estudio, fueron realizados en cada uno de los transformadores del sistema por analizar.

Según el Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC)<sup>14</sup>, el Distribuidor deberá realizar lo siguiente;“El registro en cada punto de medición se efectuará durante un período no inferior a 7 días continuos, en intervalos de medición de 10 minutos”.

Para esta etapa de medición se consideró como analizador de energía mediante equipos TOPAS 1000.

---

<sup>14</sup>**REGULACION No. CONELEC – 004/01, CALIDAD DEL SERVICIO ELÉCTRICO DE DISTRIBUCIÓN, EL DIRECTORIO DEL CONSEJO NACIONAL DE ELECTRICIDAD CONELEC, [www.conelec.gob.ec](http://www.conelec.gob.ec)**

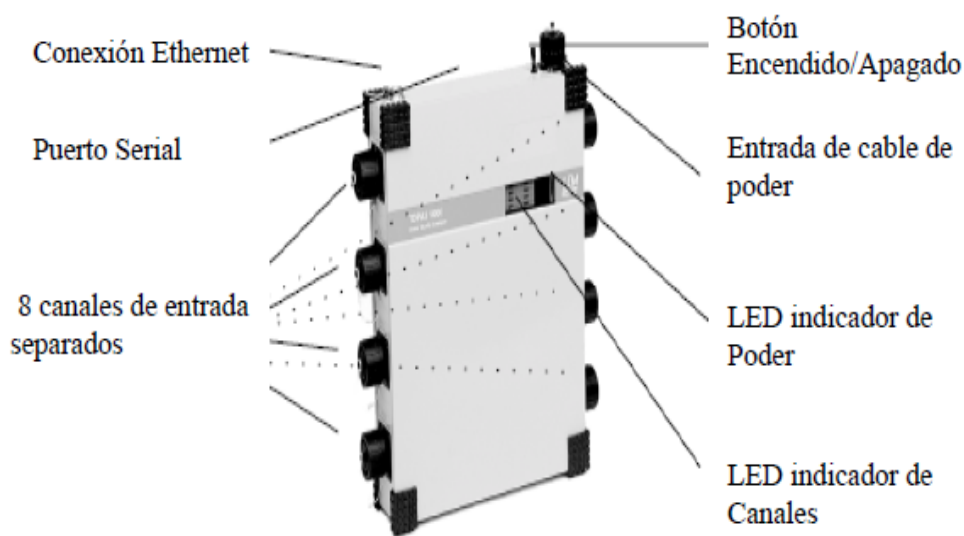
### 3.4.1 EQUIPO DE MEDICIÓN TOPAS 1000

El equipo TOPAS 1000 es el analizador de energía que se utilizó para las respectivas mediciones, está constituido con una capa rugosa extremadamente impermeable ideal para trabajar bajo condiciones ásperas y húmedas. El analizador mide y registra variables relacionadas de manera simultánea en bajo voltaje (hasta 1000 voltios).

Las entradas del equipo TOPAS 1000 son de 8 canales, los cuales están divididos en cuatro canales de corriente y 4 canales de voltaje, aunque se pueden utilizar todos los canales para medir voltajes.

Cada uno de estos canales posee una velocidad de hasta de 10 Mhz. El análisis de datos se los hace a través de un programa que puede ser manejado desde una portátil, la conexión a la portátil puede ser Vía Ethernet, Puerto Serial, MODEM.

**GRÁFICA 3.12**  
**PARTES CONSTITUTIVAS DEL ANALIZADOR DE**  
**ENERGÍA TOPAS 1000**



Fuente: Fluke, Analizador de calidad eléctrica Topas 1000, 2012

Para colocar el equipo TOPAS 1000 en el punto de medición, se los instaló junto al transformador distribución, sujetado en el poste con una caja de protección metálica como se muestra en la siguiente gráfica.

**GRÁFICA 3.13**  
**MONTAJE DEL EQUIPO TOPAS 1000**

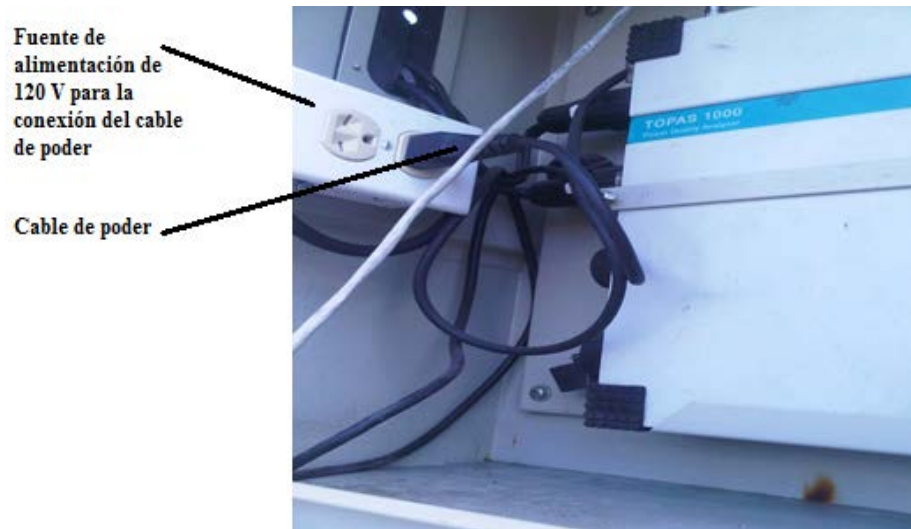


Fuente: Los Autores

Para registrar las mediciones se debe configurar el equipo, primero se conecta el cable de poder hacia la respectiva entrada localizada en lo alto del analizador de energía, luego se conecta el cable de poder hacia la fuente, el equipo tiene capacidad de memoria de 2 GB, lo que le posibilita registros de larga duración.

En caso de que exista una falla en la alimentación, una batería incorporada de níquel metal-hidruro proporciona energía hasta de 5 minutos que permitirá a la memoria del equipo guardar la información, luego de los 5 minutos el equipo permanecerá sin registrar eventos hasta que se reanude la alimentación del equipo, el equipo registrará el tiempo que estuvo fuera de servicio, registrándolo como un evento.

**GRÁFICA 3.14**  
**ALIMENTACIÓN DEL EQUIPO**



Fuente: Los Autores

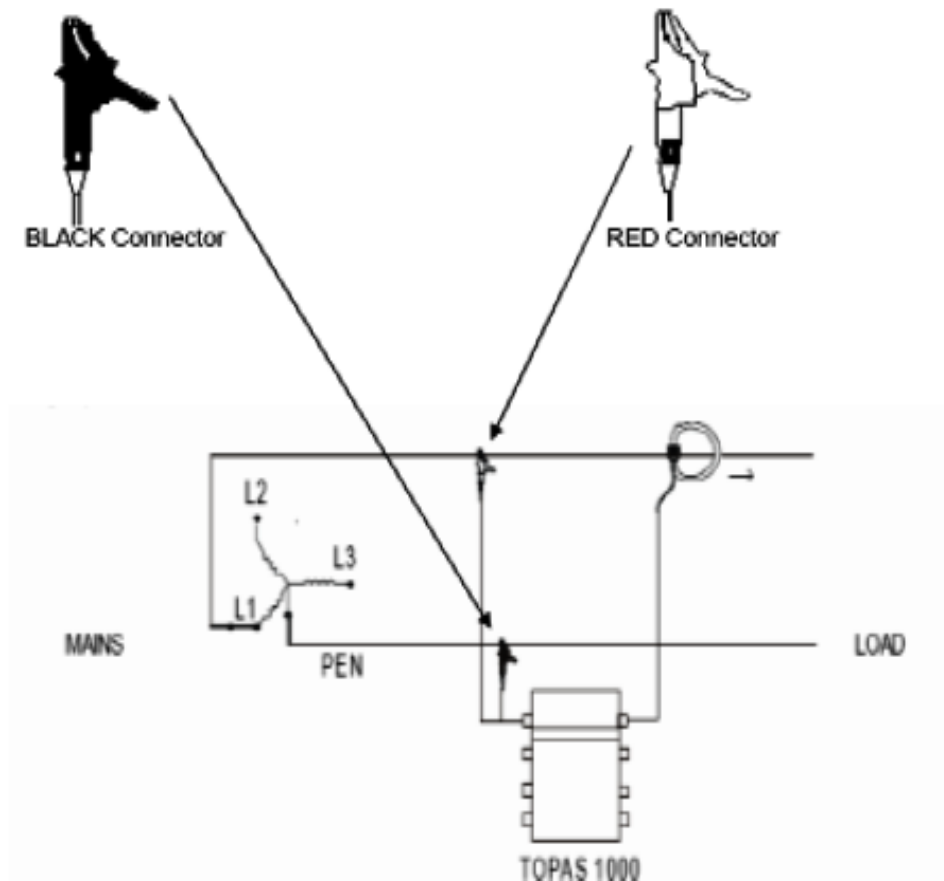
A continuación se procede a conectar las puntas de prueba hacia los respectivos canales que se encuentran a los lados del equipo, un máximo de 8 sensores pueden ser conectados.

**GRÁFICA 3.15**  
**SEÑALES DE VOLTAJE Y CORRIENTE**



Fuente: Los Autores

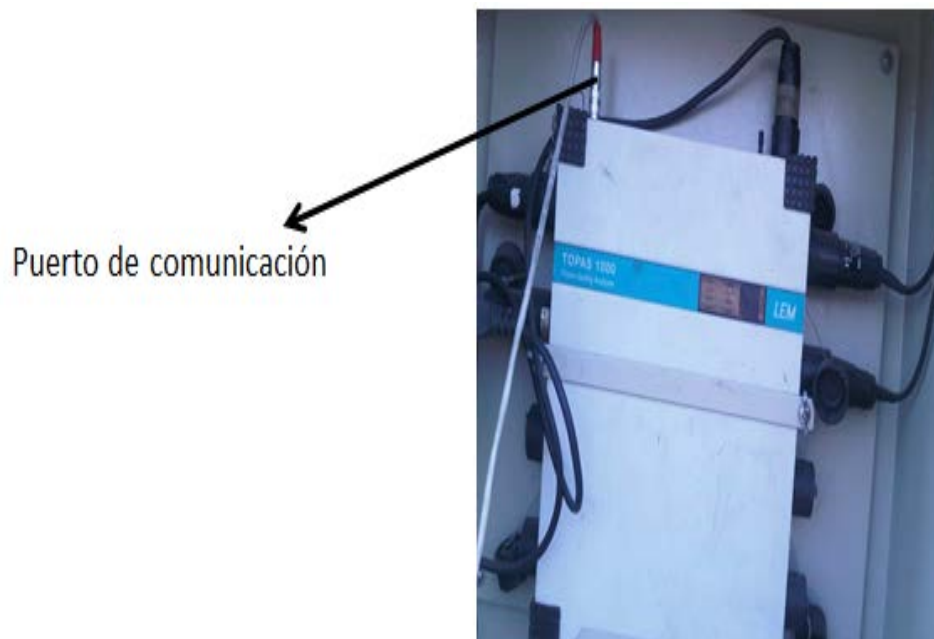
**GRÁFICA 3.16**  
**DIAGRAMA DE CONEXIÓN MONOFÁSICA DEL ANALIZADOR**  
**TOPAS 1000**



Fuente: TOPAS 1000-Fluke, [www.fluke.com](http://www.fluke.com)

Un puerto Ethernet así como un puerto serial está disponible para la comunicación con un ordenador portátil. El puerto de Ethernet se lo utiliza generalmente para la comunicación con el TOPAS 1000. Después de conectar el cable al cable correcto, la comunicación entre la portátil y el TOPAS puede ser establecida.

**GRÁFICA 3.17**  
**PUERTO DE COMUNICACIÓN**



Fuente: Los Autores

El equipo TOPAS 1000 puede hacer mediciones efectivas en redes de baja tensión de una manera sencilla con la adquisición de datos cada 10 minutos, 7 días continuos de los siguientes parámetros:

- Voltaje y Corrientes de fase y de línea a neutro.
- Armónicos
- Factor de Potencia
- Desbalance y Frecuencia
- Potencia Activa Reactiva y Aparente
- Energía
- Disturbios de voltaje y corriente
- Determina reserva de capacidad en los transformadores o sus salidas
- Monitorea calidad de voltaje de acuerdo con la norma Europea EN50160.



**CUADRO 3.15**  
**NORMA EN50160**

| N° | Parámetro                                           | Características de la tensión de entrada según la Norma EN 50160                                                                                                         |
|----|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Frecuencia                                          | BT,MT: valor medio de la fundamental medida a lo largo de 10 seg.<br>± 1%(49,5-50,5 Hz) durante el 99,5% de la semana.<br>-6%/+4%(47-52 Hz) durante el 100% de la semana |
| 2  | Variaciones de la tensión suministrada              | BT,MT±10% durante el 95% de la semana, media de los valores eficaces medidos en periodos de 10 minutos.                                                                  |
| 3  | Cambios bruscos de tensión                          | BT:5% normal, 10% infrecuente, $P_{lt} \leq 1$ para el 95% de la semana<br>MT: 4% normal, 6% infrecuente, $P_{lt} \leq 1$ para el 95% de la semana                       |
| 4  | Huecos en la tensión suministrada                   | La mayoría: duración < 1 seg. , caída < 60%<br>Caídas locales limitadas causadas por una carga al conectarse<br>BT: 10-50%, MT: 10-50%                                   |
| 5  | Interrupción breve de la tensión de suministro      | BT,MT: (HASTA 3 MINUTOS)<br>Pocas decenas-pocas centenas/año<br>Duración del 70% de las interrupciones <1 seg.                                                           |
| 6  | Interrupción prolongada de la tensión de suministro | BT,MT: (mayor de minutos)<br><10-50/año                                                                                                                                  |
| 7  | Sobretensión temporal a la frecuencia de la red     | BT:<1,5KV rms<br>MT: 1,7 Uc (directamente a tierra o a través de una impedancia)<br>2,0 Uc (sin toma de tierra o tierra compensada)                                      |
| 8  | Sobretensiones transitorias                         | BT: generalmente < 6KV, ocasionalmente mayor,<br>tiempo de subida: ms-us<br>MT: No definido                                                                              |
| 9  | Desequilibrio de tensión de suministro              | BT, MT hasta 2% durante el 95% de la semana, media de valores eficaces medidos en periodos de 10 minutos, hasta el 3% en algunos lugares                                 |

Fuente: Guía de Calidad de Energía Eléctrica, Norma EN 50160

- Obtiene valores de límites diarios y crea informes fácilmente

El registrador de calidad obedece a las condiciones de la NORMA EUROPEA DE CALIDAD DE ENERGIA EN50160, la cual establece la forma en que se debe llevar a cabo la medición de la calidad de energía.

Cada uno de los parámetros mencionados permite al analizador de redes TOPAS 1000 como el equipo que cumple con los requerimientos básicos emitidos por el CONELEC para el estudio de Calidad de Energía en el campo de calidad del producto.

La medición con el equipo se la realizó en el lado de baja tensión del transformador de distribución, a continuación se muestra el diagrama de conexión monofásica en el cual se utilizan dos entradas una de corriente y una de voltaje.

Las mediciones y el funcionamiento del equipo en la adquisición de datos y monitoreo se describe de la siguiente forma:

- Los valores RMS están disponibles en un tiempo ajustable entre 10 ms medio ciclo, 20 ms un ciclo, 200 ms 10/12 ciclos, 3 segundos 150/180 ciclos.
- Para el calculo de valores RMS, armónicos e interarmónicos están sincronizados con la frecuencia de la fuente de alimentación, el básico intervalo para los armónicos e interarmónicos es de 200 ms.
- Posee un osciloscopio sincronizado de fabrica en 10.24 Khz para todos los 8 canales, y para los transitorios rápidos la escala es graduable de 100 Khz a 10 Mhz para los canales 1-4.
- Las señales principales son tomadas de fase a fase o de fase al conductor neutro, para los parámetros de corriente y voltaje.

- Posee una función online, que mediante esta característica permite la verificación de las configuraciones del instrumento deseado y entrega una rápida vista del osciloscopio, transitorios y eventos.
- En la función online, el software permite la activación remota de aplicaciones y menús del instrumento, proceso de trabajo, la verificación en tiempo real de los valores medidos y obtenidos del actual chequeo, y permite además bajar la información en la función online.
- Estos datos pueden ser vistos y analizados en diagramas fasoriales o de visualizaciones de las formas de onda, o a su vez permite visualizar un sumario o recopilación estadística en varios tipos de formato
- Además se puede generar reportes profesionales que, les puede ser útil a las empresas que se vean en la necesidad de presentarlos, con la ayuda de la función del Escritor de Reportes.

### **3.4.2 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE USO EN LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN**

Con la finalidad de realizar una clasificación del Factor de Uso de los transformadores de distribución, y realizando un análisis exhaustivo con el Departamento de Control de Calidad y Estadística considerando la vida útil del transformador con respecto a la carga, se utilizó el criterio de considerar que un transformador de distribución con Factor de Carga de 0.35 puede ser cargado sin sufrir daños ni afectación de su vida útil hasta un 140%<sup>15</sup> (gráfica 3.10).

De forma paralela se consideró para esta clasificación, que un transformador con factor de uso menor o igual al 60% está subutilizado. Para valores superiores a 140% de carga se consideró que el transformador está sobrecargado, aunque con valores de

---

<sup>15</sup> TRANSFORMER LOADING E903B -TRANSFORME LIVE-YEARS, RAYTHEON-EBASCO DIVISION

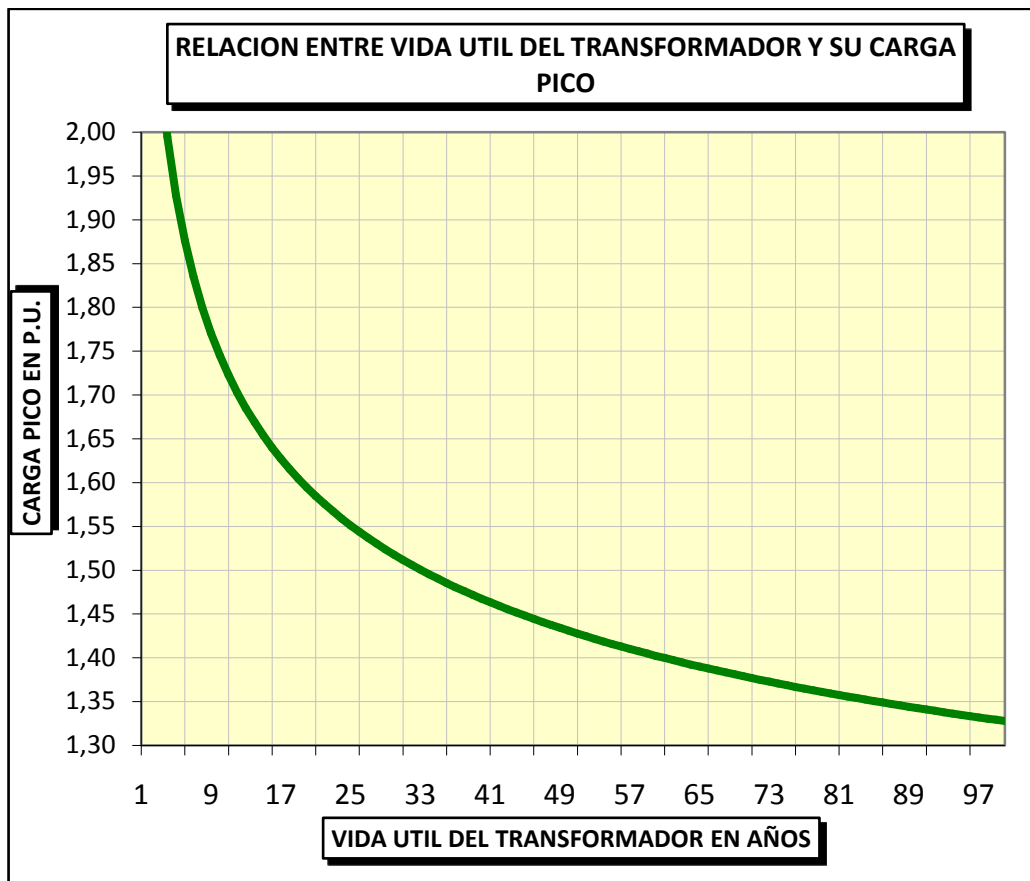
factor de carga como los medidos en el sistema de distribución, estarían dentro de parámetros de uso confiables.

Mediante la fórmula definiremos el valor del Factor de Uso.

$$\text{Factor de Utilizacion} = \frac{\text{Demanda Maxima del Transformador}}{\text{Potencia Nominal del Transformador}}$$

En el gráfico 3.18 se observa el comportamiento típico de la vida útil de los transformadores de distribución respecto a su carga pico.

**GRÁFICA 3.18**  
**VIDA ÚTIL DEL TRANSFORMADOR CON RESPECTO**  
**A LA CARGA PICO**



Fuente: RAYTHEON-EBASCO, Transformer Life- Years, 1992

En el análisis de las zonas de Guayaquil donde sería factible realizar la sustitución de transformadores subutilizados por transformadores de menor capacidad, se encontró que estas zonas tienen su ocupación de tierra prácticamente al cien por ciento.

Por otro lado, pese a que en las zonas consideradas, el consumo de los usuarios ha llegado a un nivel alto de saturación, es necesario considerar un crecimiento en el consumo a futuro.

El nivel de crecimiento en la demanda de energía global de Guayaquil según el Departamento de Control de Calidad y Estadística de la Empresa Eléctrica de Guayaquil es del 5% anual, por lo que considerar un crecimiento del consumo de energía anual del 1.5% en los transformadores a reemplazar, cuyo crecimiento energético de los abonados conectados a ellos está cerca de la saturación, sería adecuado.

Con estas consideraciones se asegura que utilizando el criterio de realizar el cambio de los transformadores subutilizados por otros más pequeños, cargándolos inicialmente al 120% de su carga nominal, siempre teniendo en cuenta que el factor de carga sea 0.35, en aproximadamente 10 años llegarían a un factor de uso de 140%.

### **3.5 USO DEL SOFTWARE TOPAS 1000**

Mediante el uso de un software que trae el equipo Topas 1000, se puede extraer los datos de medición del equipo, mediante una laptop o pc se realiza la comunicación con el equipo como ya habíamos indicado en la sección de la configuración del equipo Topas 1000.

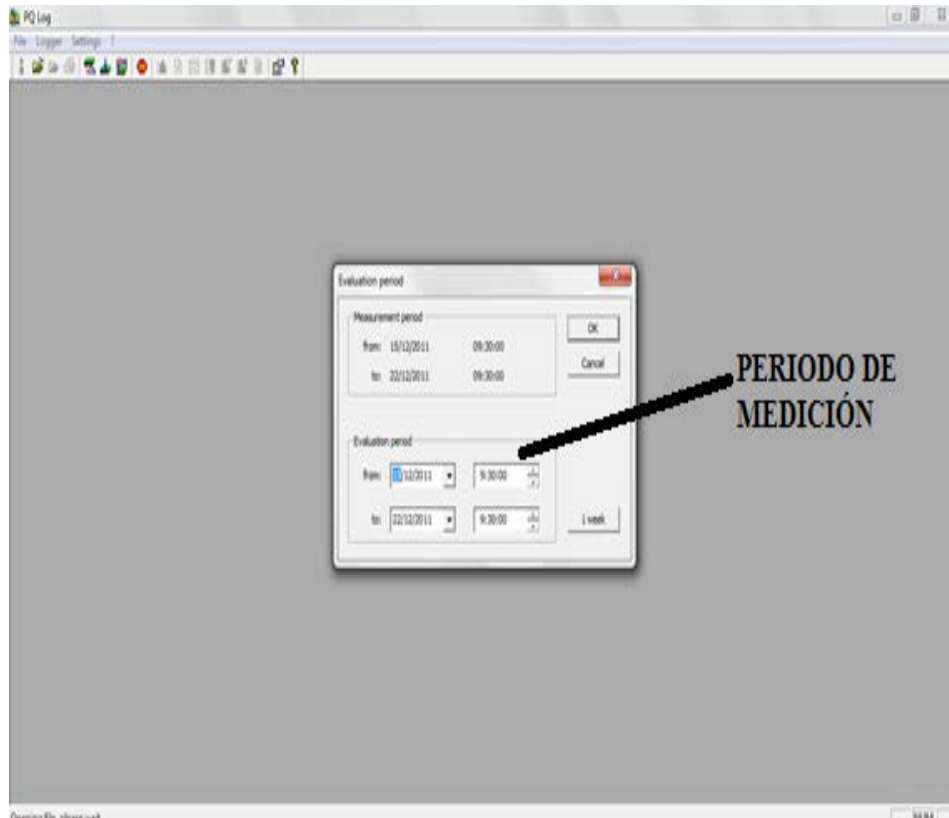
Para dar inicio a la comunicación del equipo con la máquina se deben primeramente setear los parámetros establecidos de medición y los dispositivos de medición como son las pinzas que reciben la señal de voltaje y los toroides para la señal de corriente.

**GRÁFICA 3.19**  
**PROGRAMACIÓN DEL EQUIPO TOPAS 1000**



Fuente: Los Autores

**GRÁFICA 3.20**  
**PAGINA DE INICIO SOFTWARE TOPAS 1000**



Fuente: Topas 1000 Pqlog, Comunicación del equipo, 2011

**GRÁFICA 3.21**

**CONFIGURACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE COMUNICACIÓN**

**Información de la Empresa**

Company: Unidad Eléctrica de Guayaquil  
Department: Control y Calidad Estadística de Energía  
Responsible: EQ5  
Transformer: 13-14286  
Reference: CONELEC  
Measurement code: NO INSTALADO

**Periodo e Intervalos de medición**

Measurement function: A  
Measurement period: Th, 15/12/2011 09:30:00 - Th, 22/12/2011 09:30:00  
Intervals: 10 minutes, linear  
Measurement segments: not programmed

**Configuración de las Mediciones del Voltaje**

Voltage  
Power Type: Wye  
Nominal voltage: 120 V  
Input Range: 115 V, P-N, 60 Hz  
Voltage transformer: -  
Min-Max-value: 0.5 periods  
Interharmonics: not programmed  
Events: -10.00/+10.00% of 120 V, linear  
Hysteresis: 0.00 %

**Configuración de las Mediciones de Corriente**

| Current             | Phase       | Neutral     |
|---------------------|-------------|-------------|
| Input Range:        | 1500 A      | 1500 A      |
| Max. clamp current: | 3000 A      | 3000 A      |
| Number of CTs:      | 3           | 1           |
| Additional CT:      | -           | -           |
| Max-value:          | 0.5 periods | 0.5 periods |

Power  
Min-Max-value: 1 minute

Buttons: Close, Text..., Logger, Measurement, Print

Fuente: Topas 1000 Pqlog, Comunicación del equipo, 2011

Definida la comunicación con el equipo, se puede dar inicio a las mediciones de los transformadores de distribución durante los 7 días de medición.

Finalmente se descarga la información obtenida mediante un puerto Ethernet o un puerto serial hacia el ordenador portátil, pero lo más factible es trabajar con Ethernet debido a la velocidad de descarga que posee.

**GRÁFICA 3.22**  
**DESCARGA DE LAS MEDICIONES EFECTUADAS**



Fuente: Los Autores

El software Topas 1000 permite ilustrar por medio de gráficos y tendencias todos los parámetros que se indicaron el capítulo 4 en la sección del Equipo de Medición Topas 1000, en nuestro caso solo nos centramos en la onda de la curva de carga de la Potencia Aparente Total que entrega el transformador de distribución hacia la carga.

El Software permite descargas archivos en formato de texto pudiéndose visualizar en una hoja de calculo, o dentro de su formato establecido para poder ser analizado directamente en el software.



## **CAPITULO 4**

### **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Como se indico en el anterior capitulo, se realizo las mediciones a 40 transformadores de la cdla. Bolivariana durante 7 días en intervalos de medición cada 10 minutos, como resultado obtuvimos las mediciones para cada uno de los transformadores analizados.

Considerando la metodología propuesta se analiza la situación actual de los transformadores estableciendo su Factor de Uso actual seleccionando a los transformadores que se encuentran subutilizados.

En aquellos transformadores subutilizados se analiza su funcionamiento mediante las pérdidas de energía por año que se establecen en el capitulo anterior.

Se realiza una simulación mediante el cambio de capacidades en los transformadores para mejorar el factor de uso de los transformadores subutilizados con el cambio de capacidad instalada, comparando los efectos que se obtienen con factores de uso superiores, esto se lo realiza mediante una comparación de la situación actual y la propuesta.

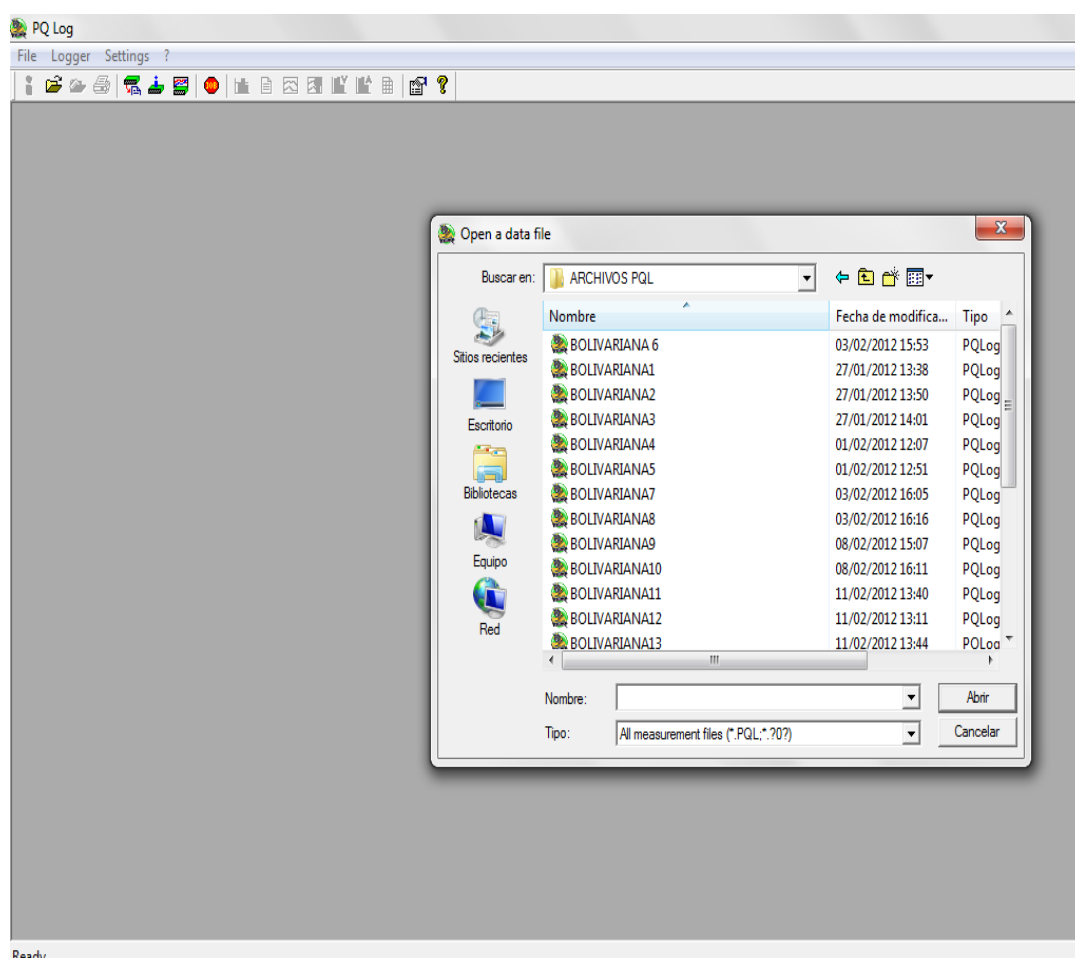
Mediante la simulación del cambio de transformadores se analiza las pérdidas de energía considerando la situación actual y la solución propuesta, que evidentemente traerá consigo variaciones en los niveles de pérdidas técnicas en los equipos.

Considerando los resultados obtenidos se realiza una evaluación económica, comparando la situación actual con la solución propuesta por nosotros.

## 4.1 DEFINICIÓN DE RESULTADOS

Para poder visualizar las mediciones abrimos un archivo en el programa como se ve a continuación en la siguiente gráfica.

**GRÁFICA 4.1**  
**VISUALIZACIÓN DE LAS MEDICIONES EFECTUADAS**

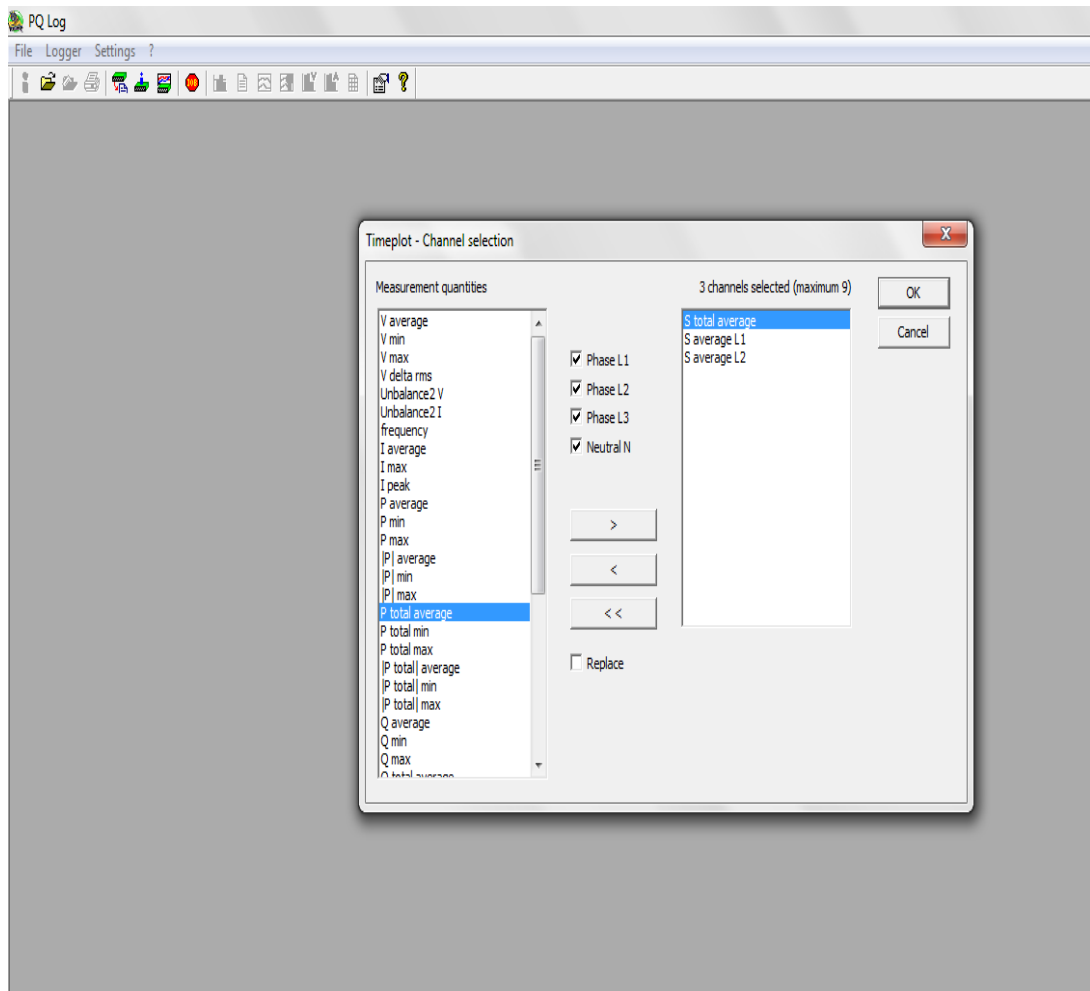


Fuente: Fuente: Topas 1000 Pqlog, Comunicación del equipo, 2011-2012

Por consiguiente se selecciona los parámetros que se desean visualizar en nuestro caso determinamos la Potencia Promedio de la Línea 1, Potencia Promedio de la Línea 2, y la Potencia Promedio Total Aparente que es la Suma de las Potencia de la Línea 1 y la Línea 2.

## GRÁFICA 4.2

### DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS A VISUALIZAR

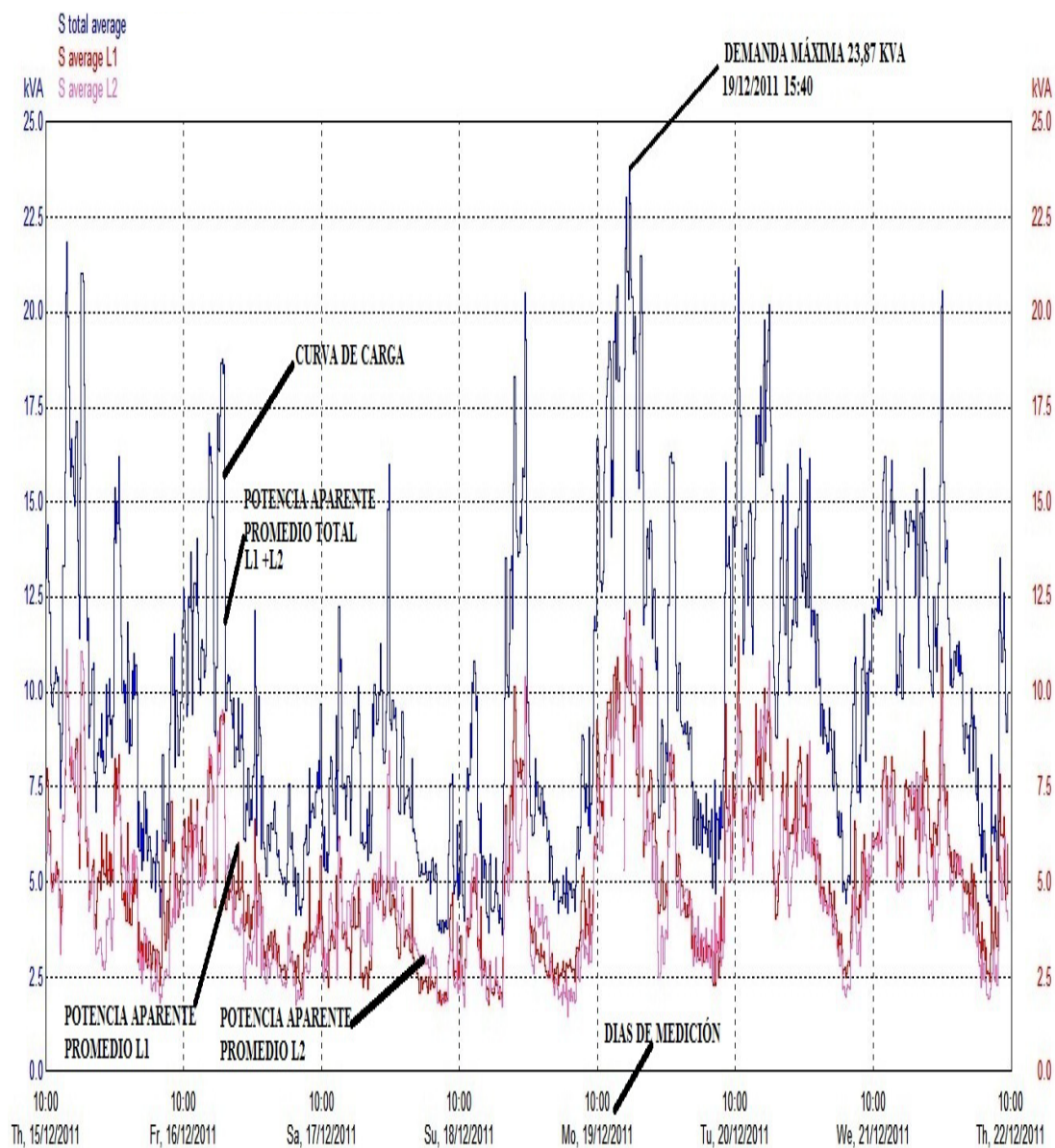


Fuente: Fuente: Topas 1000 Pqlog, Comunicación del equipo, 2011-2012

Damos en OK y tendremos las curvas de Potencia Aparente del Transformador de Distribución como se detalla a continuación en la gráfica 4.3.

### GRÁFICA 4.3

#### PERFIL DE CARGA TRANSFORMADOR # 1, CAPACIDAD 50 KVA



Fuente: Topas 1000, Mediciones Transformadores Cda. Bolivariana, 2011-2012

## 4.2 ANÁLISIS DEL CAMBIO DE CAPACIDAD INSTALADA EN TRANSFORMADORES SUBUTILIZADOS

Como podemos observar en la gráfica 4.3, tenemos las curvas de carga medido durante 7 días consecutivos con mediciones en intervalos de 10 minutos, para cada fase y la curva de carga total que es la suma de ambas, por lo tanto la curva total aparente promedio es la demanda total que entrega el transformador de distribución, en este caso la demanda máxima del transformador es de 23,87 KVA, y la potencia nominal del Transformador de Distribución es de 50 KVA, con esto podemos determinar el Factor de Uso del transformador mediante la formula:

$$\text{Factor de Utilizacion} = \frac{\text{Demanda Maxima del Transformador}}{\text{Potencia Nominal del Transformador}}$$

Evaluando la formula tenemos:

$$\text{Factor de Uso} = (23.87\text{KVA} / 50 \text{ KVA}) \times 100\% = 47.74\%.$$

Considerando la clasificación de los transformadores para la determinación del factor de uso para el ejemplo de la gráfica 4.3, el factor de uso es menor al 60% por lo que se considera al transformador como subutilizado (véase sección 3.4.2),

De acuerdo a lo manifestado en el capítulo cuatro, la situación actual del transformador con factor de uso del 47.74% y con capacidad nominal de 50 KVA, trabajando con Factor de Carga de 0.35, según la gráfica 3.11, está generando pérdidas de 1700 Kwh/año.

Por ende este transformador de distribución es objeto de nuestra propuesta de cambio de capacidad para el mejoramiento del Factor de Uso y la reducción de las pérdidas de energía.

Considerando un cambio de capacidad por un transformador de distribución de 25 KVA, ya que si ponemos uno de 15 KVA sobrepasamos del rango de uso

considerado y sobrecargaríamos al transformador, por lo cual lo más recomendable sería el cambio con uno de 25 KVA y de esta manera establecemos el factor de uso dentro del rango de uso confiable del 60% al 120% con un crecimiento anual del 5% como se indico en el capítulo cuatro en la sección del análisis de cambio de capacidades, se logra tener un factor de uso mayor, según la formula:

Factor de Uso =  $(23.87\text{KVA} / 25 \text{ KVA}) \times 100\% = 95.48\%$ , como podemos ver obtenemos un Factor de uso superior al actual, y por ende según el gráfico 3.11 con un Factor de Carga de 0.35, tenemos una generación de pérdidas de energía de 1130 Kwh/año.

**CUADRO 4.1**  
**CAMBIO DE CAPACIDAD MEJORANDO FACTOR DE USO**  
**Y REDUCIENDO PÉRDIDAS DE ENERGÍA**

| <b>POTENCIA NOMINAL SITUACIÓN ACTUAL DEL TRANSFORMADOR</b> | <b>FACTOR DE USO SITUACIÓN ACTUAL</b> | <b>PÉRDIDAS DE ENERGÍA SITUACIÓN ACTUAL</b> | <b>CAMBIO DE CAPACIDAD PROPUESTO</b> | <b>FACTOR DE USO SOLUCIÓN PROPUESTA</b> | <b>PÉRDIDAS DE ENERGÍA SOLUCIÓN PROPUESTA</b> |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 50 KVA                                                     | 47.74%                                | 1700 KWH/AÑO                                | 25 KVA                               | 95.48%                                  | 1130 KWH/AÑO                                  |

Fuente: Autores, Determinación de las pérdidas de energía, Sector Cdla. Bolivariana, 2011-2012

Como podemos observar existe una disminución de pérdidas de energía mejorando el Factor de Uso mediante el cambio de capacidad del transformador de distribución, realizando la comparación entre la situación actual vs la solución propuesta, existe una disminución de pérdidas de energía 570 Kwh/año mediante la solución propuesta.

Mediante este esquema determinaremos de manera general los cambios de capacidades para aquellos transformadores subutilizados que exista dentro de los 40 transformadores de distribución analizados, de esta manera definiremos el mejoramiento del Factor de Uso obteniendo pérdidas de energía inferiores con respecto a la situación actual.

Con las mediciones realizadas en campo en el sector de la Ciudadela Bolivariana, se pudo determinar el Factor de Uso de cada uno de los 40 transformadores medidos, identificando a los transformadores que se encuentran subutilizados.

**CUADRO 4.2**  
**DETERMINACIÓN DE LOS TRANSFORMADORES SUBUTILIZADOS EN**  
**EL SECTOR DE LA CDLA. BOLIVARIANA**

| #  | SITUACION ACTUAL                                |                   |                                                  | TRANSFORMADOR<br>SUBUTILIZADO < 60% del<br>FACTOR DE USO |
|----|-------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
|    | CAPACIDAD NOMINAL ACTUAL<br>TRANSFORMADOR (KVA) | DEMANDA MAX (KVA) | FACTOR DE USO %<br>(DEM. MAX / CAP. NOM. TRANSF) |                                                          |
| 1  | 50                                              | 23,87             | 47,74                                            | SI                                                       |
| 2  | 50                                              | 20,96             | 41,92                                            | SI                                                       |
| 3  | 50                                              | 27,21             | 54,42                                            | SI                                                       |
| 4  | 50                                              | 20,06             | 40,12                                            | SI                                                       |
| 5  | 50                                              | 42,61             | 85,22                                            | NO                                                       |
| 6  | 50                                              | 17,43             | 34,86                                            | SI                                                       |
| 7  | 50                                              | 41,11             | 82,22                                            | NO                                                       |
| 8  | 25                                              | 10,11             | 40,44                                            | SI                                                       |
| 9  | 25                                              | 13,31             | 53,24                                            | SI                                                       |
| 10 | 50                                              | 42,23             | 84,46                                            | NO                                                       |
| 11 | 50                                              | 16,21             | 32,42                                            | SI                                                       |
| 12 | 50                                              | 31,04             | 62,08                                            | NO                                                       |
| 13 | 25                                              | 9,98              | 39,92                                            | SI                                                       |
| 14 | 50                                              | 15,55             | 31,10                                            | SI                                                       |
| 15 | 50                                              | 45,32             | 90,64                                            | NO                                                       |
| 16 | 50                                              | 17,25             | 34,50                                            | SI                                                       |
| 17 | 50                                              | 33,22             | 66,44                                            | NO                                                       |
| 18 | 50                                              | 11,07             | 22,14                                            | SI                                                       |
| 19 | 25                                              | 14,84             | 59,36                                            | SI                                                       |
| 20 | 50                                              | 22,82             | 45,64                                            | SI                                                       |
| 21 | 25                                              | 8,81              | 35,24                                            | SI                                                       |
| 22 | 50                                              | 13,75             | 27,50                                            | SI                                                       |
| 23 | 50                                              | 35,76             | 71,52                                            | NO                                                       |
| 24 | 50                                              | 8,72              | 17,44                                            | SI                                                       |
| 25 | 50                                              | 63,83             | 127,66                                           | NO                                                       |
| 26 | 50                                              | 25,25             | 50,50                                            | SI                                                       |
| 27 | 50                                              | 9,64              | 19,28                                            | SI                                                       |
| 28 | 50                                              | 44,07             | 88,14                                            | NO                                                       |
| 29 | 50                                              | 18,63             | 37,26                                            | SI                                                       |
| 30 | 50                                              | 54,64             | 109,28                                           | NO                                                       |
| 31 | 50                                              | 9,53              | 19,06                                            | SI                                                       |
| 32 | 50                                              | 7,1               | 14,20                                            | SI                                                       |
| 33 | 50                                              | 14,5              | 29,00                                            | SI                                                       |
| 34 | 25                                              | 5,82              | 23,28                                            | SI                                                       |
| 35 | 50                                              | 60,72             | 121,44                                           | NO                                                       |
| 36 | 50                                              | 34,18             | 68,36                                            | NO                                                       |
| 37 | 50                                              | 29,04             | 58,08                                            | SI                                                       |
| 38 | 50                                              | 33,41             | 66,82                                            | NO                                                       |
| 39 | 25                                              | 26,46             | 105,84                                           | NO                                                       |
| 40 | 50                                              | 29,45             | 58,90                                            | SI                                                       |

Fuente: Mediciones Transformadores Cdma. Bolivariana, 2011-2012

En resumen se clasifico a los 40 transformadores medidos de la siguiente manera

**CUADRO 4.3**  
**PORCENTAJE DE TRANSFORMADORES EN RELACIÓN**  
**AL FACTOR DE USO MEDIDO**

| <b>FACTOR DE USO</b> | <b>TRANSFORMADORES</b> | <b>%</b> |
|----------------------|------------------------|----------|
| MENOR O IGUAL AL 60% | 26                     | 65%      |
| ENTRE 60% Y 140%     | 14                     | 35%      |
| MAYOR A 140%         | 0                      | 100%     |

Fuente: Mediciones Transformadores Cdl. Bolivariana, 2011-2012

De acuerdo al cuadro 4.3 podemos observar que existe un total de 26 transformadores subutilizados, los cuales serán objeto de nuestra propuesta de cambio de capacidad analizando los beneficios que trae consigo este método. A continuación determinaremos el cambio de capacidad que se ajusta a los criterios ya analizados para cada uno de los 26 transformadores subutilizados.



## CUADRO 4.4 CAMBIO DE CAPACIDAD INSTALADA

| #      | SITUACION ACTUAL                             |             |        |                                  |                                       | SOLUCIÓN PROPUESTA CAMBIO DE EQUIPOS            |             |                                          |                                                          |
|--------|----------------------------------------------|-------------|--------|----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
|        | CAPACIDAD NOMINAL ACTUAL TRANSFORMADOR (KVA) | D MAX (KVA) | D PROM | F.U % (D MAX / CAP. NOM. ACTUAL) | FACTOR DE CARGA ACTUAL (D PROM/D MÁX) | CAPACIDAD NOMINAL DEL NUEVO TRANSFORMADOR (KVA) | D MAX (KVA) | FACTOR DE CARGA PROPUESTA (D PROM/D MÁX) | FACTOR DE USO % (D MAX ACTUAL / CAP. NOM. NUEVO TRANSF.) |
| 1-T1   | 50                                           | 23,87       | 9,87   | 47,74                            | 0,41                                  | 25                                              | 26,18       | 0,38                                     | 95,48                                                    |
| 2-T2   | 50                                           | 20,96       | 9,38   | 41,92                            | 0,45                                  | 25                                              | 29,82       | 0,31                                     | 83,84                                                    |
| 3-T3   | 50                                           | 27,21       | 13,82  | 54,42                            | 0,51                                  | 25                                              | 22,97       | 0,60                                     | 108,84                                                   |
| 4-T4   | 50                                           | 20,06       | 9,36   | 40,12                            | 0,47                                  | 25                                              | 31,16       | 0,30                                     | 80,24                                                    |
| 5-T6   | 50                                           | 17,43       | 7,86   | 34,86                            | 0,45                                  | 15                                              | 12,91       | 0,61                                     | 116,20                                                   |
| 6-T8   | 25                                           | 10,11       | 5,44   | 40,44                            | 0,54                                  | 10                                              | 9,89        | 0,55                                     | 101,10                                                   |
| 7-T9   | 25                                           | 13,31       | 6,91   | 53,24                            | 0,52                                  | 15                                              | 16,90       | 0,41                                     | 88,73                                                    |
| 8-T11  | 50                                           | 16,21       | 7,76   | 32,42                            | 0,48                                  | 15                                              | 13,88       | 0,56                                     | 108,07                                                   |
| 9-T13  | 25                                           | 9,98        | 5,25   | 39,92                            | 0,53                                  | 10                                              | 10,02       | 0,52                                     | 99,80                                                    |
| 10-T14 | 50                                           | 15,55       | 5,22   | 31,10                            | 0,34                                  | 15                                              | 14,47       | 0,36                                     | 103,67                                                   |
| 11-T16 | 50                                           | 17,25       | 7,69   | 34,50                            | 0,45                                  | 15                                              | 13,04       | 0,59                                     | 115,00                                                   |
| 12-T18 | 50                                           | 11,07       | 2,73   | 22,14                            | 0,25                                  | 10                                              | 9,03        | 0,30                                     | 110,70                                                   |
| 13-T19 | 25                                           | 14,84       | 7,33   | 59,36                            | 0,49                                  | 15                                              | 15,16       | 0,48                                     | 98,93                                                    |
| 14-T20 | 50                                           | 22,82       | 10,97  | 45,64                            | 0,48                                  | 25                                              | 27,39       | 0,40                                     | 91,28                                                    |
| 15-T21 | 25                                           | 8,81        | 5,62   | 35,24                            | 0,64                                  | 10                                              | 11,35       | 0,50                                     | 88,10                                                    |
| 16-T22 | 50                                           | 13,75       | 7,17   | 27,50                            | 0,52                                  | 15                                              | 16,36       | 0,44                                     | 91,67                                                    |
| 17-T24 | 50                                           | 8,72        | 3,58   | 17,44                            | 0,41                                  | 10                                              | 11,47       | 0,31                                     | 87,20                                                    |
| 18-T26 | 50                                           | 25,25       | 9,79   | 50,50                            | 0,39                                  | 25                                              | 24,75       | 0,40                                     | 101,00                                                   |
| 19-T27 | 50                                           | 9,64        | 4,28   | 19,28                            | 0,44                                  | 10                                              | 10,37       | 0,41                                     | 96,40                                                    |
| 20-T29 | 50                                           | 18,63       | 9,13   | 37,26                            | 0,49                                  | 25                                              | 33,55       | 0,27                                     | 74,52                                                    |
| 21-T31 | 50                                           | 9,53        | 3,44   | 19,06                            | 0,36                                  | 10                                              | 10,49       | 0,33                                     | 95,30                                                    |
| 22-T32 | 50                                           | 7,1         | 3,04   | 14,20                            | 0,43                                  | 10                                              | 14,08       | 0,22                                     | 71,00                                                    |
| 23-T33 | 50                                           | 14,5        | 8,66   | 29,00                            | 0,60                                  | 15                                              | 15,52       | 0,56                                     | 96,67                                                    |
| 24-T34 | 25                                           | 5,82        | 2,95   | 23,28                            | 0,51                                  | 5                                               | 4,30        | 0,69                                     | 116,40                                                   |
| 25-T37 | 50                                           | 29,04       | 11,02  | 58,08                            | 0,38                                  | 25                                              | 21,52       | 0,51                                     | 116,16                                                   |
| 26-T40 | 50                                           | 29,45       | 17,69  | 58,90                            | 0,60                                  | 25                                              | 21,22       | 0,83                                     | 117,80                                                   |

Fuente: Autor, Mediciones Transformadores Cda. Bolivariana, 2011-2012

Mediante el cambio propuesto se lograría alcanzar valores de factor de uso superiores a lo actual, y por ende se lograría una reducción de pérdidas considerable según la gráfica 3.11 del capítulo 3, de manera general actualmente existen 6 transformadores de 25 Kva y 20 transformadores de 50 Kva subutilizados.

Del cuadro 4.4 clasificamos a los transformadores de Factor de Uso Actual según la capacidad entre 25 KVA y 50 KVA que son los hallados en la situación actual, se realiza un promedio total de los Factores de Uso de cada capacidad, como se demuestra en el siguiente cuadro.

**CUADRO 4.5**  
**FACTOR DE USO ACTUAL PROMEDIO POR CAPACIDAD**

| <b>SITUACIÓN ACTUAL</b>             |                                                      |                                                     |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| <b>#</b>                            | <b>FACTOR DE USO %<br/>TRANSFORMADORES DE 25 KVA</b> | <b>FACTOR DE USO%<br/>TRANSFORMADORES DE 50 KVA</b> |
| 1                                   | 40,44                                                | 47,74                                               |
| 2                                   | 53,24                                                | 41,92                                               |
| 3                                   | 39,92                                                | 54,42                                               |
| 4                                   | 59,36                                                | 40,12                                               |
| 5                                   | 35,24                                                | 34,86                                               |
| 6                                   | 23,28                                                | 32,42                                               |
| 7                                   |                                                      | 31,10                                               |
| 8                                   |                                                      | 34,50                                               |
| 9                                   |                                                      | 22,14                                               |
| 10                                  |                                                      | 45,64                                               |
| 11                                  |                                                      | 27,50                                               |
| 12                                  |                                                      | 17,44                                               |
| 13                                  |                                                      | 50,50                                               |
| 14                                  |                                                      | 19,28                                               |
| 15                                  |                                                      | 37,26                                               |
| 16                                  |                                                      | 19,06                                               |
| 17                                  |                                                      | 14,20                                               |
| 18                                  |                                                      | 37,26                                               |
| 19                                  |                                                      | 58,08                                               |
| 20                                  |                                                      | 58,90                                               |
| <b>FACTOR DE USO %<br/>PROMEDIO</b> | <b>41,91</b>                                         | <b>36,22</b>                                        |

Fuente: Autor, Mediciones Transformadores Cdma. Bolivariana, 2011-2012

Mediante nuestra solución propuesta según el cuadro 4.4, con el cambio de capacidades obtenemos, el remplazo de un transformador de 25 KVA por uno de 5KVA, 3 transformadores de 25 KVA remplazados por 3 de 10 KVA, 5 transformadores de 50 KVA por 10 de 50 KVA, 2 transformadores de 25 KVA por 2 de 15 KVA, 6 transformadores de 50 KVA por 6 de 15 KVA, y 9 transformadores de 50 KVA por 9 de 25 KV, realizando un promedio del Factor de Uso por capacidad, obteniendo lo siguiente:

**CUADRO 4.6**  
**FACTOR DE USO PROMEDIO, SOLUCIÓN PROPUESTA CAMBIO DE**  
**CAPACIDADES**

| SOLUCIÓN PROPUESTA CAMBIO DE CAPACIDADES |                          |                           |                           |                           |
|------------------------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                                          | FACTOR DE USO %          | FACTOR DE USO%            | FACTOR DE USO%            | FACTOR DE USO%            |
| #                                        | TRANSFORMADORES DE 5 KVA | TRANSFORMADORES DE 10 KVA | TRANSFORMADORES DE 15 KVA | TRANSFORMADORES DE 25 KVA |
| 1                                        | 116,40                   | 101,10                    | 116,20                    | 95,48                     |
| 2                                        |                          | 99,80                     | 88,73                     | 83,84                     |
| 3                                        |                          | 110,70                    | 108,07                    | 108,84                    |
| 4                                        |                          | 88,10                     | 103,67                    | 80,24                     |
| 5                                        |                          | 87,20                     | 115,00                    | 91,28                     |
| 6                                        |                          | 96,40                     | 98,93                     | 101,00                    |
| 7                                        |                          | 95,30                     | 91,67                     | 74,52                     |
| 8                                        |                          | 71,00                     | 96,67                     | 116,16                    |
| 9                                        |                          |                           |                           | 117,80                    |
| FACTOR DE USO % PROMEDIO                 | 116,40                   | 93,70                     | 102,37                    | 96,57                     |

Fuente: Autor, Mediciones Transformadores Cdl. Bolivariana, 2011-2012.

Podemos notar las diferencias que existen en los cuadros 4.5 y 4.6, nos damos cuenta que con nuestra solución propuesta alcanzamos factores de uso superiores a lo actual.

### **4.3 ANÁLISIS DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA CONSIDERANDO LA SITUACIÓN ACTUAL Y LA SOLUCIÓN PROPUESTA**

Evidentemente el cambio de transformadores traerá consigo una variación en los niveles de pérdidas técnicas en los equipos. Las pérdidas de potencia en los transformadores más pequeños se incrementan, respecto a las pérdidas de potencia en transformadores más grandes, para el mismo valor de carga, según el gráfico 3.11 del capítulo 3.

En base a la información del gráfico 3.11, se realiza la comparación de las pérdidas de energía para la situación actual con los transformadores subutilizados y para la

solución propuesta con el cambio de transformadores más adecuados a la carga, incrementando su factor de uso.

De acuerdo al análisis realizado en los cuadros 4.5 y 4.6 con los valores del factor de uso se incluyen las pérdidas estimadas anuales actuales y las resultantes de la solución propuesta, en el cuadro siguiente con respecto a la gráfica 3.11 de las pérdidas que se generan en los transformadores de distribución en el sistema Guayaquil.

**CUADRO 4.7**  
**ANÁLISIS DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA**  
**SITUACIÓN ACTUAL VS SOLUCIÓN PROPUESTA**

| TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN CDLA. BOLIVARIANA |                        |                              |                                                                              |                        |                                |                                                                                 |
|---------------------------------------------------|------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| SITUACION ACTUAL                                  |                        |                              | SOLUCIÓN PROPUESTA                                                           |                        |                                |                                                                                 |
| CAPACIDAD<br>KVA                                  | CANTIDAD<br>DE TRANSF. | FACTOR DE<br>USO %<br>ACTUAL | PÉRDIDAS ANUALES ACTUAL KWH<br>(PÉRD. DE ENERG. CUADRO 4.13 X CANT. TRANSF.) | CANTIDAD<br>DE TRANSF. | FACTOR DE<br>USO%<br>PROPUESTO | PÉRDIDAS ANUALES PROPUESTO KWH<br>(PÉRD. DE ENERG. CUADRO 4.13 X CANT. TRANSF.) |
| 5                                                 | 0                      |                              | 0                                                                            | 1                      | 116,4                          | 271,00                                                                          |
| 10                                                | 0                      |                              | 0                                                                            | 8                      | 93,7                           | 3697,60                                                                         |
| 15                                                | 0                      |                              | 0                                                                            | 8                      | 102,37                         | 5872,00                                                                         |
| 25                                                | 6                      | 41,91                        | 5203,68                                                                      | 9                      | 96,57                          | 10542,60                                                                        |
| 50                                                | 20                     | 36,22                        | 33813,60                                                                     | 0                      |                                | 0,00                                                                            |
| <b>TOTAL</b>                                      | <b>26</b>              |                              | <b>39017,28</b>                                                              | <b>26</b>              |                                | <b>20383,20</b>                                                                 |

Fuente: Autor, Mediciones Transformadores Cdl. Bolivariana, 2011-2012

Explicando detalladamente la generación del cuadro 4.7, se obtiene para la situación actual que para los 6 transformadores subutilizados con factor de uso 41,91% nos dirigimos a la gráfica de pérdidas de energía (gráfica 3.11) obtenemos en la intersección de la curva para transformadores de 25 KVA pérdidas de energía alrededor de 867,28 multiplicado por los 6 transformadores subutilizados de 25 KVA nos da un total de pérdidas de 5203,68 Kwh/año de igual manera se determinan las pérdidas de energía para la solución propuesta.

En el cuadro 4.7 observamos que existe una disminución de pérdidas de energía en la solución propuesta con una diferencia de 18634,08 kwh/año con respecto a la situación actual, esto quiere decir que con nuestra propuesta de cambio de

capacidades obtendríamos un valor de 47,76 % de reducción de pérdidas, esto según la formula de variación de pérdidas.

$$VAR_{per} = \frac{Pérdidas\text{Ac tuales} - Pérdidas\text{Nu eas}}{Pérdidas\text{Ac tuales}} \times 100$$

Donde:

VARper: Variación de pérdidas en porcentaje

Pérdidas Actuales: Valor de energía de pérdidas anuales, en la situación actual de los transformadores

Pérdidas Nuevas: Valor de energía de pérdidas anuales con los cambios propuestos.

$$VAR_{per} = \frac{(39017.28 - 20383.20) \text{ Kwh/año}}{39017.28 \text{ Kwh/año}} \times 100 = 47,76\%$$

## CAPITULO 5

### EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

Es necesario realizar un análisis económico, pues se requiere adquirir transformadores de diferente capacidad a la actual, considerar la mano de obra para desinstalar los actuales e instalar los nuevos. También es necesario considerar la recuperación de capital de los actuales equipos instalados y la evaluación de la reducción de pérdidas de energía.

#### 5.1 EVALUACIÓN ECONÓMICA EN TRANSFORMADORES

El costo por KVA de un transformador se estima entre US \$ 10 y \$15, actualmente las reparaciones de los transformadores en algunas empresas son llevadas a cabo evaluando solamente alternativas que proponen los diferentes reparadores de transformadores.

En el siguiente cuadro se indica el costo unitario de cada transformador, el número de transformadores a comprar y el número de transformadores recuperados.

**CUADRO 5.1**  
**COSTO UNITARIO POR TRANSFORMADOR**

| CAPACIDAD<br>KVA | TRANSFORMADORES                 |        |           |             |
|------------------|---------------------------------|--------|-----------|-------------|
|                  | COSTO UNITARIO<br>TRANSF. NUEVO | A USAR | A COMPRAR | RECUPERADOS |
| 5                | \$ 1.050                        | 1      | 1         |             |
| 10               | \$ 1.352                        | 8      | 8         | 0           |
| 15               | \$ 1.524                        | 8      | 8         | 0           |
| 25               | \$ 1.808                        | 9      | 3         | 6           |
| 50               | \$ 2.763                        | 0      | 0         | 20          |

Fuente: Ecuatran, Costo Unitario Transformadores Distribución Tipo Poste, 2012

## 5.2 ENVEJECIMIENTO Y DETERIORO DE LOS TRANSFORMADORES

La edad de los transformadores esta dada por la resistencia de sus componentes al deterioro cronológico en el tiempo, tiempo de servicio y carga, debido a los eventos anormales y severos tales como fallas internas, y perturbaciones de desconexión.

En el siguiente cuadro se determina el resultado de considerar los equipos que deben ser adquiridos, y en los casos en que se han recuperado equipos, que pueden ser reutilizados en otros sitios para mejorar el factor de utilización de estos transformadores, no se incluye su costo en el valor de recuperación.

La pérdida de valor que sufren los bienes e instalaciones por efecto del uso, desgaste, tiempo y otros factores que directa e indirectamente ocasionan una reducción de la vida útil del transformador, mediante los sistemas de estandarización de cuentas contables promovido por el fondo de solidaridad con normas internacionales de información para aplicaciones en todas las empresas eléctricas, se propone la siguiente tabla de depreciación de transformadores.

**CUADRO 5.2**  
**VALORES DE DEPRECIACIÓN PARA TRANSFORMADORES**

| NOMBRE          | LIMITE INFERIOR |           |      | LIMITE SUPERIOR |           |      |
|-----------------|-----------------|-----------|------|-----------------|-----------|------|
|                 | % ANUAL         | % MENSUAL | AÑOS | % ANUAL         | % MENSUAL | AÑOS |
| TRANSFORMADORES | 2,5             | 0,2083    | 40   | 4               | 0,333     | 25   |

Fuente: CNEL ECUASIER, SUCOSE, Sistemas de Estandarización de cuentas contables.

Para los 26 Transformadores de Distribución analizados se muestra el inventario y avalúo de los transformadores del sector de la Ciudadela Bolivariana.

**CUADRO 5.3**  
**VALORES ACTUALES DE LOS TRANSFORMADORES SECTOR CDLA.**  
**BOLIVARIANA**

| TRANSFORMADOR | CAPACIDAD TRANSFORMADOR | FACTOR DE ESTADO | VALOR UNITARIO | VALOR DEPRECIACIÓN (USD) 2.5% anual | VALOR DEPRECIACIÓN 10 años | VALOR ACTUAL |
|---------------|-------------------------|------------------|----------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------|
| T1            | 50                      | 1,5              | \$ 2.763,00    | \$ 69,08                            | \$ 690,80                  | \$ 2.072,20  |
| T2            | 50                      | 1                | \$ 2.763,00    | \$ 69,08                            | \$ 690,80                  | \$ 2.072,20  |
| T3            | 50                      | 2                | \$ 2.763,00    | \$ 69,08                            | \$ 690,80                  | \$ 2.072,20  |
| T4            | 50                      | 1                | \$ 2.763,00    | \$ 69,08                            | \$ 690,80                  | \$ 2.072,20  |
| T6            | 50                      | 2                | \$ 2.763,00    | \$ 69,08                            | \$ 690,80                  | \$ 2.072,20  |
| T8            | 25                      | 1                | \$ 1.808,00    | \$ 45,20                            | \$ 452,00                  | \$ 1.356,00  |
| T9            | 25                      | 1,5              | \$ 1.808,00    | \$ 45,20                            | \$ 452,00                  | \$ 1.356,00  |
| T11           | 50                      | 2                | \$ 2.763,00    | \$ 69,08                            | \$ 690,80                  | \$ 2.072,20  |
| T13           | 25                      | 1                | \$ 1.808,00    | \$ 45,20                            | \$ 452,00                  | \$ 1.356,00  |
| T14           | 50                      | 1,5              | \$ 2.763,00    | \$ 69,08                            | \$ 690,80                  | \$ 2.072,20  |
| T16           | 50                      | 2                | \$ 2.763,00    | \$ 69,08                            | \$ 690,80                  | \$ 2.072,20  |
| T18           | 50                      | 1                | \$ 2.763,00    | \$ 69,08                            | \$ 690,80                  | \$ 2.072,20  |
| T19           | 25                      | 1                | \$ 1.808,00    | \$ 45,20                            | \$ 452,00                  | \$ 1.356,00  |
| T20           | 50                      | 1                | \$ 2.763,00    | \$ 69,08                            | \$ 690,80                  | \$ 2.072,20  |
| T21           | 25                      | 1                | \$ 1.808,00    | \$ 45,20                            | \$ 452,00                  | \$ 1.356,00  |
| T22           | 50                      | 1                | \$ 2.763,00    | \$ 69,08                            | \$ 690,80                  | \$ 2.072,20  |
| T24           | 50                      | 2                | \$ 2.763,00    | \$ 69,08                            | \$ 690,80                  | \$ 2.072,20  |
| T26           | 50                      | 1                | \$ 2.763,00    | \$ 69,08                            | \$ 690,80                  | \$ 2.072,20  |
| T27           | 50                      | 1                | \$ 2.763,00    | \$ 69,08                            | \$ 690,80                  | \$ 2.072,20  |
| T29           | 50                      | 1                | \$ 2.763,00    | \$ 69,08                            | \$ 690,80                  | \$ 2.072,20  |
| T31           | 50                      | 1,5              | \$ 2.763,00    | \$ 69,08                            | \$ 690,80                  | \$ 2.072,20  |
| T32           | 50                      | 1,5              | \$ 2.763,00    | \$ 69,08                            | \$ 690,80                  | \$ 2.072,20  |
| T33           | 50                      | 1                | \$ 2.763,00    | \$ 69,08                            | \$ 690,80                  | \$ 2.072,20  |
| T34           | 25                      | 1                | \$ 1.808,00    | \$ 45,20                            | \$ 452,00                  | \$ 1.356,00  |
| T37           | 50                      | 1                | \$ 2.763,00    | \$ 69,08                            | \$ 690,80                  | \$ 2.072,20  |
| T40           | 50                      | 1                | \$ 2.763,00    | \$ 69,08                            | \$ 690,80                  | \$ 2.072,20  |

Fuente: Departamento Estadístico Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil



### 5.3 EVALUACIÓN ECONÓMICA EN EQUIPOS

**CUADRO 5.4**  
**EVALUACIÓN ECONÓMICA EN EQUIPOS**

| EVALUACIÓN EN DOLARES |                   |           |                     |                 |                              |
|-----------------------|-------------------|-----------|---------------------|-----------------|------------------------------|
| CAPACIDAD<br>KVA      | COSTO<br>UNITARIO | A COMPRAR | COSTO               | RECUPERAD<br>OS | BENEFICIO DE<br>RECUPERACIÓN |
| 5                     | \$ 1.050,00       | 1         | \$ 1.050,00         | 0               | \$ 0,00                      |
| 10                    | \$ 1.352,00       | 8         | \$ 10.816,00        | 0               | \$ 0,00                      |
| 15                    | \$ 1.524,00       | 8         | \$ 12.192,00        | 0               | \$ 0,00                      |
| 25                    | \$ 1.808,00       | 3         | \$ 16.272,00        | 6               | \$ 8.136,00                  |
| 50                    | \$ 2.763,00       | 0         | \$ 0,00             | 20              | \$ 41.444,00                 |
| <b>TOTAL</b>          |                   |           | <b>\$ 40.330,00</b> |                 | <b>\$ 49.580,00</b>          |

Fuente: Los Autores

Como resultado se obtiene un beneficio de \$ 9.250,00 dólares en equipos.

Debemos considerar también los costos de mano de obra necesaria para realizar el cambio de equipos, en este caso la desinstalación de los 26 transformadores subutilizados, y la instalación de los nuevos transformadores para el cambio de capacidad.

En el cuadro 5.5, se detallan los costos de mano de obra necesaria para realizar los cambios de equipos.

**CUADRO 5.5**  
**COSTOS DE MANO DE OBRA PARA EL CAMBIO DE CAPACIDADES**

| TRANSFORMADORES | CANTIDAD | COSTO<br>UNITARIO/<br>TRABAJO | TOTAL           |
|-----------------|----------|-------------------------------|-----------------|
| DESINSTALACIÓN  | 26       | \$ 180                        | \$ 4.680        |
| INSTALACION     | 26       | \$ 180                        | \$ 4.680        |
| <b>TOTAL</b>    |          |                               | <b>\$ 9.360</b> |

Fuente: Los Autores

#### **5.4 EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA<sup>16</sup>**

Con los resultados obtenidos se realiza la evaluación económica de las pérdidas actuales y de las pérdidas económicas con la solución propuesta, la evaluación económica de las pérdidas en el tiempo se la realiza mediante el método del Valor Actual Neto.

Si se considera un periodo de evaluación de 20 años y una tasa de descuento del 12%, para evaluar las pérdidas técnicas se considera los costos de compra de energía.

Los costos de energía se asumen similares a los actuales según el CONELEC hasta el año 2014, se asume que en el año 2015 entran nuevos proyectos hidroeléctricos por lo que el costo baja.

A partir del año 2019, se considera constante en 0,038 US\$/Kwh, tomando en cuenta estas consideraciones podemos establecer el beneficio total para la muestra analizada de los 26 transformadores subutilizados.

---

<sup>16</sup>Departamento de Control de Calidad y Estadística de la Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil, 2012

**CUADRO 5.6**  
**COSTOS UNITARIOS DE COMPRA DE ENERGÍA**

| <b>AÑO</b> | <b>US\$/Kwh</b> |
|------------|-----------------|
| 2011       | 0,0519          |
| 2012       | 0,0523          |
| 2013       | 0,0512          |
| 2014       | 0,0503          |
| 2015       | 0,0263          |
| 2016       | 0,0277          |
| 2017       | 0,0322          |
| 2018       | 0,0344          |
| 2019       | 0,0360          |
| 2020       | 0,0380          |
| 2021       | 0,0380          |
| 2022       | 0,0380          |
| 2023       | 0,0380          |
| 2024       | 0,0380          |
| 2025       | 0,0380          |
| 2026       | 0,0380          |
| 2027       | 0,0380          |
| 2028       | 0,0380          |
| 2029       | 0,0380          |
| 2030       | 0,0380          |
| 2031       | 0,0380          |

Fuente: CONELEC, Costos de compra de energía, 2011

Utilizando los datos descritos se obtienen los siguientes resultados, mediante el método del Valor Actual Neto, según la fórmula:

$$VAN = \sum_{i=0}^n \frac{Fi}{(1+r)^i}$$

Donde:

Fi, capital e inversión inicial

i, flujo de caja

r, tasa anual de descuento

Tomando como datos los valores de las pérdidas de energía situación actual de 39017,28 Kwh/año y las pérdidas generadas por la solución propuesta de 20383,20 Kwh/año (cuadro 4.7), para un periodo de evaluación de 20 años como se indica en el cuadro 4.13, y una tasa de descuento del 12%, obtenemos, mediante la formula;

$$VAN = -A + \frac{Fi}{(1+r)^1} + \frac{Fi}{(1+r)^2} + \frac{Fi}{(1+r)^3} + \frac{Fn}{(1+r)^n}$$

**CUADRO 5.7**  
**COSTOS DE PÉRDIDAS ACTUALES**

| <b>AÑO</b>           | <b>US\$/Kwh</b> | <b>SITUACIÓN ACTUAL<br/>VAN US\$/Kwh</b> |
|----------------------|-----------------|------------------------------------------|
| 2011                 | 0,0519          | -\$ 2.025,00                             |
| 2012                 | 0,0523          | \$ 2.040,60                              |
| 2013                 | 0,0512          | \$ 1.997,68                              |
| 2014                 | 0,0503          | \$ 1.962,57                              |
| 2015                 | 0,0263          | \$ 1.026,57                              |
| 2016                 | 0,0277          | \$ 1.080,78                              |
| 2017                 | 0,0322          | \$ 1.256,36                              |
| 2018                 | 0,0344          | \$ 1.342,19                              |
| 2019                 | 0,036           | \$ 1.404,62                              |
| 2020                 | 0,038           | \$ 1.482,66                              |
| 2021                 | 0,038           | \$ 1.482,66                              |
| 2022                 | 0,038           | \$ 1.482,66                              |
| 2023                 | 0,038           | \$ 1.482,66                              |
| 2024                 | 0,038           | \$ 1.482,66                              |
| 2025                 | 0,038           | \$ 1.482,66                              |
| 2026                 | 0,038           | \$ 1.482,66                              |
| 2027                 | 0,038           | \$ 1.482,66                              |
| 2028                 | 0,038           | \$ 1.482,66                              |
| 2029                 | 0,038           | \$ 1.482,66                              |
| 2030                 | 0,038           | \$ 1.482,66                              |
| 2031                 | 0,038           | \$ 1.482,66                              |
| <b>VAN A 20 AÑOS</b> |                 | <b>\$ 9.572,10</b>                       |

Fuente: Los Autores

$$VAN = -A + \frac{Fi}{(1+r)^1} + \frac{Fi}{(1+r)^2} + \frac{Fi}{(1+r)^3} + \frac{Fn}{(1+r)^n}$$

**CUADRO 5.8**  
**COSTOS DE PÉRDIDAS OPTIMIZANDO**  
**SOLUCIÓN PROPUESTA**

| AÑO                  | US\$/kwh | SOLUCIÓN PROPUESTA<br>VAN US\$/kwh |
|----------------------|----------|------------------------------------|
| 2011                 | 0,0519   | -\$ 1.057,89                       |
| 2012                 | 0,0523   | \$ 1.066,04                        |
| 2013                 | 0,0512   | \$ 1.043,62                        |
| 2014                 | 0,0503   | \$ 1.025,27                        |
| 2015                 | 0,0263   | \$ 563,08                          |
| 2016                 | 0,0277   | \$ 564,61                          |
| 2017                 | 0,0322   | \$ 656,34                          |
| 2018                 | 0,0344   | \$ 701,18                          |
| 2019                 | 0,036    | \$ 733,80                          |
| 2020                 | 0,038    | \$ 774,56                          |
| 2021                 | 0,038    | \$ 775,56                          |
| 2022                 | 0,038    | \$ 776,56                          |
| 2023                 | 0,038    | \$ 777,56                          |
| 2024                 | 0,038    | \$ 778,56                          |
| 2025                 | 0,038    | \$ 779,56                          |
| 2026                 | 0,038    | \$ 780,56                          |
| 2027                 | 0,038    | \$ 781,56                          |
| 2028                 | 0,038    | \$ 782,56                          |
| 2029                 | 0,038    | \$ 783,56                          |
| 2030                 | 0,038    | \$ 784,56                          |
| 2031                 | 0,038    | \$ 785,56                          |
| <b>VAN A 20 AÑOS</b> |          | <b>\$ 5.000,61</b>                 |

Fuente: Los Autores

En resumen;

**CUADRO 5.9**  
**COSTOS DE PÉRDIDAS VALOR PRESENTE**

| <b>COSTOS DE PÉRDIDAS A VALOR PRESENTE (20 AÑOS)</b> |                          |
|------------------------------------------------------|--------------------------|
|                                                      | <b>VAN PERDIDAS US\$</b> |
| <b>COSTO PÉRDIDAS OPTIMIZANDO</b>                    | \$ 5.000,61              |
| <b>COSTO PÉRDIDAS ACTUALES</b>                       | \$ 9.572,10              |

Fuente: Los Autores

De los resultados del análisis de las pérdidas de energía se tiene un beneficio de \$ 4.571,50 dólares para la muestra analizada de los 26 transformadores subutilizados

Realizando un resumen de los valores analizados, se obtienen los resultados siguientes:

**CUADRO 5.10**  
**RESUMEN ANÁLISIS ECONÓMICO**

| <b>ITEM</b>                            | <b>VALOR</b>   |
|----------------------------------------|----------------|
| <b>CAPITAL RECUPERADO</b>              | \$ 49.580,00   |
| <b>COSTO DE NUEVOS TRANSFORMADORES</b> | (\$ 40.330,00) |
| <b>MANO DE OBRA</b>                    | (\$ 9.360,00)  |
| <b>REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS</b>           | \$ 4.571,50    |
| <b>TOTAL</b>                           | \$ 4.461,50    |

Fuente: Los Autores

Para una muestra de 40 transformadores de los cuales 26 se encontraban subutilizados, se obtiene un beneficio neto de \$ 4.461,50 dólares mediante la optimización del factor de uso en los equipos.

## **CAPITULO 6**

### **PROPUESTA**

Mediante el estudio realizado podemos observar las ventajas de esta propuesta, la Empresa Eléctrica cuenta con aproximadamente 15.000 transformadores propios, en el sistema y cerca 10.000 transformadores particulares.

Se estima que el 70% de los 15.000 transformadores se ajustan a las características de carga descritas en este proyecto, es decir factor de carga cercano a 0,35 y crecimiento anual de 1.5%.

El 70% resulta en 10.500, se considera que el 38% de los 10500 transformadores están subutilizados según una exploración de datos que se realizó con las demás mediciones que se vienen dando en el sistema de distribución, y se tiene una base de 3.990 transformadores a ser optimizados, realizando una extrapolación del método analizado con respecto a nuestras ganancias obtenida de \$ 4.461 en relación con los 26 TRANSFORMADORES SUBUTILIZADOS da un promedio de \$171, 57 para cada transformador, por lo que se espera un beneficio neto cercano a \$ 684.591,92 dólares en todo el sistema.

Se propone continuar con el estudio del Factor de Uso de los transformadores de Distribución Monofásicos a cargo de la Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil, tomando como base el libro de Raytheon- Ebasco Division , el cual nos muestra las diversas funcionabilidades que tiene un transformador de distribución monofásico con diferentes Factores de Carga, debido a que se requiere que en cada uno de los actores del sistema eléctrico cuente con niveles de calidad eficientes y por ende dar un seguimiento a la solución de problemas.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Una vez realizado el análisis de las mediciones con los resultados obtenidos se presentan a continuación las conclusiones y recomendaciones del estudio: “PROPUESTA PARA EL ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN DE CARGABILIDAD DE LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN DE LA EMPRESA ELÉCTRICA PÚBLICA DE GUAYAQUIL”.

### **CONCLUSIONES**

Considerando la necesidad de realizar mediciones de calidad de energía se ha aprovechado esta información para obtener la curva de carga de los transformadores de distribución analizados

El método descrito muestra la forma de considerar las tendencias que tiene un transformador de distribución según su factor de carga, mediante el análisis de su funcionamiento en base al libro de Ebasco el cual considera las normas norteamericanas que se aplican en nuestro sistema.

Bajo este método y que con los medios que cuenta la Empresa Eléctrica y sin necesidad de inversión adicional, se puedan detectar los transformadores de distribución en los cuales se requiera optimizar su factor de uso, mediante el estudio realizado.

El uso adecuado de la capacidad instalada de los transformadores de distribución permite una reducción de inversiones en equipos nuevos.

Optimizando el uso de la capacidad instalada de los transformadores de distribución se logra una reducción de pérdidas técnicas.



## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda a las Empresas Distribuidoras de Energía Eléctrica del Ecuador realizar estudios similares, que permitan obtener resultados de factores de carga para diferentes zonas del país.

Llevar a cabo una mejor distribución en la instalación de los transformadores realizando un pre estudio del factor de uso de los transformadores de distribución a ser instalados.

Se recomienda continuar con el estudio del Calidad del Producto, debido a que se requiere que en cada uno de los actores del sistema eléctrico cuente con niveles de calidad eficientes y por ende dar un seguimiento a la solución de problemas.

Previo a la instalación de equipos analizadores de calidad en los transformadores de distribución, se recomienda instalarlo dentro de alguna caja metálica aislado de cualquier fenómeno externo que pueda ocasionar daños en el equipo y fuera del alcance y vista de las personas que puedan sustraérselo.

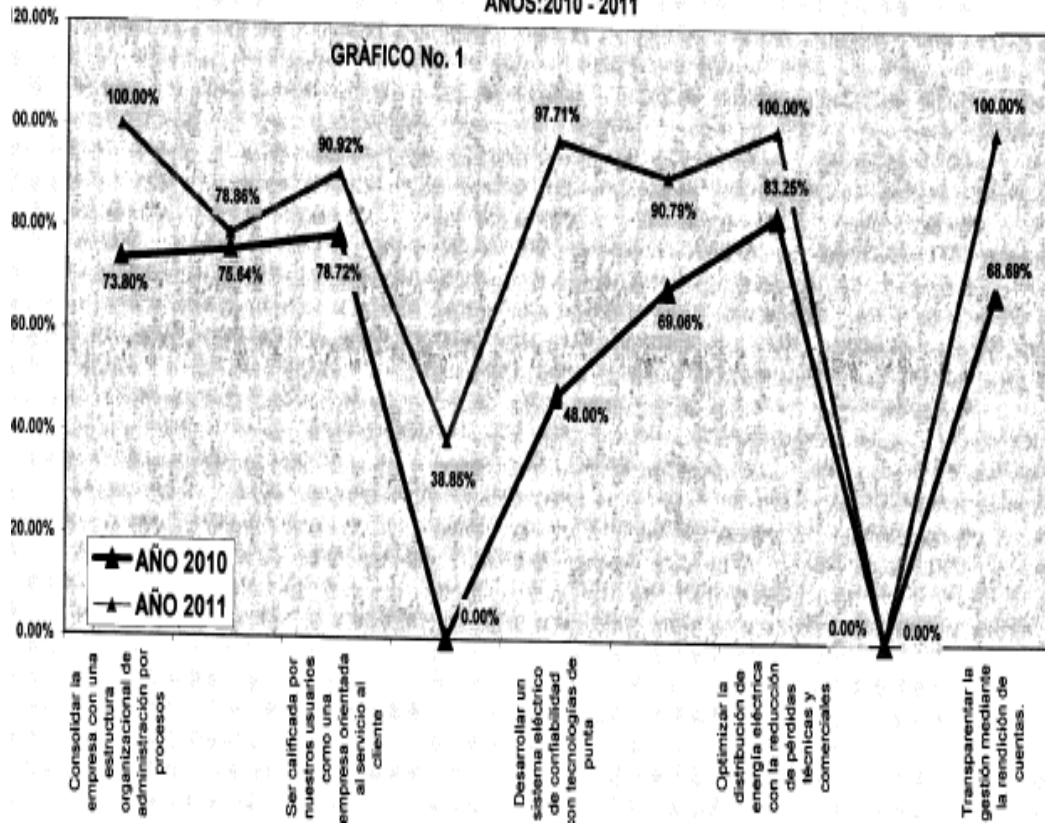
Antes de maniobrar el equipo analizador de energía, se recomienda identificar las borneras donde se van a conectar las señales de voltaje, corriente y protección a tierra, también se deberá identificar los parámetros y regulaciones para la comunicación adecuada entre el software y el equipo, para evitar errores de colocación lo cual provocaría problemas de funcionamiento y registros erróneos de parámetros de calidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Raytheon, EBASCO division, electric powers system, 1992.
- [2] Probabilidad y Estadística, Fundamentos y Aplicaciones.- Segunda Edición, Gaudencio Zurita Herrera.
- [3] Sistemas Eléctricos de Distribución, Juan Antonio Yebra Morón
- [4] Estudio de optimización de la cargabilidad de transformadores de distribución CODENSA división y planificación de la red Bogotá DC 2001.
- [5] Estudio de pérdidas técnicas de transformadores de distribución en un rango de potencias comprendidos entre 5KVA y los 3MVA, instalados en compañías de distribución de Argentina.
- [6] STEPHEN J. CHAPMAN; Máquinas Eléctricas, Transformadores, Capítulo 2, Página 61, Tercera Edición.
- [7] LEM NORMA GMBH, Power Quality Analyser TOPAS 1000, Operating Instructions, Version > 3.3.0.0, 2003.
- [8] Regulación CONELEC No. 004/01 Calidad de Servicio eléctrico de distribución. Resolución No. 0116/01, 23 mayo 2001.

## ANEXOS

**CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS ESTRATÉGICOS EN RELACIÓN A LAS METAS PROPUESTAS DE LA  
EEGP, EP.  
AÑOS:2010 - 2011**



ELECTRICA DE GUAYAQUIL  
 PERDIDAS DE ENERGIA PONDERADAS A 12 MESES  
 METODO CONELEC

**GRÁFICO # 3**

