

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE INGENIERÍA**

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO BRINDADA  
POR EMELNORTE A LOS ALIMENTADORES DE LA SUBESTACIÓN  
“EL RETORNO”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
ELÉCTRICO**

**MARCELA MARGARITA GARRIDO GAVIDIA**

**DIRECTOR: ING. VÍCTOR OREJUELA LUNA**

**Quito, OCTUBRE 2003**

## **DEDICATORIA**

A mi mamita, el regalo divino que recibí, cuya mirada se ilumina con todos y cada uno de mis logros y se enjuga con mis penas. A mis ñaños, quienes comparten con ilusión mi vida. Y a Luis, en cuyo corazón vive lo más hermoso de la creación.

## **AGRADECIMIENTO**

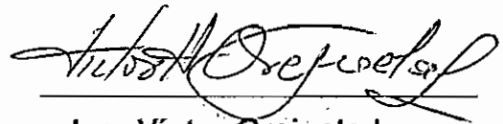
Agradezco a Dios, por darme la vida y regalarme una bella familia. A mi madre, por ser la fuente de amor y apoyo incondicional que siempre ha estado conmigo. A Luis, por su infinito amor fuente de restitución y fe. A mis hermanos, por su cariño que logró hacer más liviano el estudio. Y a mi padre.

Agradezco al distinguido personal de EMELNORTE de manera especial a: Ing. Patricio Granda D., Ing. Mario Burgos, y cada uno de sus departamentos, en los cuales encontré apoyo y consejo oportuno.

Agradezco a mis amigos y compañeros, de manera especial a Mónica Vaca, Silvana Gamboa y Julio Martínez, que con sus ocurrencias, con su ayuda y con su carisma hicieron más grata la tarea universitaria.

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Marcela Margarita Garrido Gavidia, bajo mi supervisión.



Ing. Víctor Orejuela Luna  
DIRECTOR DE PROYECTO

## DECLARACIÓN

Yo, **Marcela Margarita Garrido Gavidia**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

  
\_\_\_\_\_  
**Marcela Margarita Garrido Gavidia**

# CONTENIDO

	Página
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>GENERALIDADES</b>	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES	4
1.2 OBJETIVO GENERAL	6
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
1.4 ALCANCE	7
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>DEFINICIONES</b>	9
2.1 DEFINICIONES GENERALES	9
2.2 EQUIPOS DE MEDICIÓN	10
2.2.1 MEMOBOX 300	11
2.2.2 TOPAS 1000	15
<b>CAPÍTULO 3</b>	
<b>SISTEMA EMELNORTE</b>	20
3.1 GENERACIÓN	21
3.2 SUBTRANSMISIÓN	23
3.3 DISTRIBUCIÓN	24
3.3.1 SUBESTACIONES	24
3.3.2 TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN	25
3.3.3 ACOMETIDAS	26
3.3.4 ALUMBRADO PÚBLICO	26
3.4 AREA DE ESTUDIO	27

3.4.1 SUBESTACIÓN “EL RETORNO”	28
3.4.2 CIRCUITO UNO	30
3.4.3 CIRCUITO DOS	30
3.4.4 CIRCUITO CUATRO	31
3.4.5 CIRCUITO CINCO	31

## CAPÍTULO 4

### FORMA DE CÁLCULO DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO

4.1 NIVEL DE VOLTAJE	32
4.1.1 ALTO VOLTAJE	33
4.1.1.1 Primera Etapa	34
4.1.1.2 Segunda Etapa	34
4.1.2 MEDIO VOLTAJE	35
4.1.2.1 PRIMERA ETAPA	36
4.1.2.2 SEGUNDA ETAPA	36
4.1.3 BAJO VOLTAJE	36
4.1.3.1 Sector Urbano	36
4.1.3.1.1 Primera Etapa	37
4.1.3.1.2 Segunda Etapa	37
4.1.3.2 Sector Rural	37
4.1.3.2.1 Primera Etapa	37
4.1.3.2.2 Segunda Etapa	38
4.2 PERTURBACIONES	39
4.2.1 PARPADEO	41
4.2.2 ARMÓNICOS	45
4.2.2.1 FACTOR DE DISTORSIÓN ARMÓNICA INDIVIDUAL DE VOLTAJE	53
4.2.2.2 FACTOR DE DISTORSIÓN TOTAL POR ARMÓNICOS	55
4.3 FACTOR DE POTENCIA	56

## **CAPÍTULO 5**

### **CÁLCULO Y ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO**

<b>5.1 DEFINICIÓN DE LA MUESTRA</b>	58
5.1.1 SUBESTACIÓN	58
5.1.2 TRANSFORMADORES	59
5.1.3 USUARIOS	59
<b>5.2 CÁLCULO Y ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO</b>	61
5.2.1 SUBESTACIONES	61
5.2.1.1 Circuito Cinco	62
5.2.2 TRANSFORMADORES	67
5.2.2.1 Transformador R1T27	68
5.2.3 USAURIOS	73
5.2.3.1 Usuario ID 129452	74
5.2.3.2 Usuario ID 108831	77
5.2.3.3 Usuario ID 17105	81

## **CAPÍTULO 6**

<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	89
---------------------------------------	----

<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	94
-----------------------------------	----

<b>ANEXOS</b>	96
---------------	----

ANEXO 2.1	97
-----------	----

ANEXO 3.1	98
-----------	----

ANEXO 3.2	99
-----------	----

ANEXO 3.3	100
-----------	-----



<b>ANEXO 3.4</b>	101
<b>ANEXO 3.5</b>	102
<b>ANEXO 3.6</b>	102
<b>ANEXO 5.1</b>	103
<b>ANEXO 5.2</b>	104
<b>ANEXO 5.3</b>	105
<b>ANEXO 5.4</b>	106
<b>ANEXO 5.5</b>	107
<b>ANEXO 5.6</b>	108
<b>ANEXO 5.7</b>	109

# CAPÍTULO 1

## GENERALIDADES

### 1.1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad una forma de medir el progreso de un país es mediante el conocimiento del consumo de energía eléctrica, pues este consumo puede dar una idea del nivel de industrialización. Esto invita a pensar que para que un país avance necesitará de un mayor consumo eléctrico, por lo cual este servicio debe ser un verdadero apoyo al mejoramiento de la sociedad y no un obstáculo para ello. En pos de lo mencionado se le impondrán al servicio eléctrico límites, los cuales garantizan que ese servicio será realmente lo que se requiere para un país de vanguardia.

La energía eléctrica desde hace algún tiempo se ha convertido en la esencia del desarrollo tecnológico, industrial, médico, educativo, artesanal, entre otros; de aquí que su sistema de distribución es de gran importancia. Sin embargo son precisamente los consumidores y en especial los industriales los que se encargan de degradar la calidad del servicio eléctrico mediante el uso de motores, soldadoras de arco, controladores y otros que necesitan potencias elevadas en intervalos de tiempo cortos. A pesar de ello es deber de la empresa distribuidora prestar el servicio; pero como es lógico la empresa distribuidora no va a aceptar que un consumidor industrial afecte la calidad del servicio que se entrega a muchos otros pues esto le representaría continuas quejas por parte de los consumidores aledaños al industrial. Por otra parte la empresa distribuidora tampoco puede negarse a prestar el servicio eléctrico a un industrial, pues esto se podría traducir como una falta de apoyo al progreso del país; entonces la empresa distribuidora se encontraría atada de manos frente a este problema, es por esta razón y porque es necesario establecer los niveles de calidad de la prestación del servicio eléctrico de distribución que el CONELEC, Consejo Nacional de Electricidad, ha creado la regulación 004/01.

Sin embargo unas cuantas décadas atrás bastaba con hacer llegar un nivel de voltaje suficiente para el funcionamiento de los equipos, en su mayoría eléctricos, nivel de voltaje que permitía que se encendieran los equipos pero sin garantizar el desempeño técnico satisfactorio ni que la vida útil de estos pudiera ser alcanzada, pues al ser en ocasiones un voltaje bajo le exigía mucho a la corriente con la reducción de vida útil respectiva, mas en la actualidad con el dominio de los equipos electrónicos en el mundo se ha hecho necesario empezar a controlar otros aspectos de la energía eléctrica, que son objeto de estudio y análisis del presente proyecto de titulación, puesto que estos nuevos aparatos electrónicos, informáticos y de comunicación necesitan de energía eléctrica de buena calidad la misma que garantizará el buen funcionamiento y en consecuencia el cumplimiento de la vida útil de los equipos conectados a la red de alimentación. A la red de alimentación se la considera como un sistema trifásico alimentado por tensiones perfectamente sinusoidales, sin impedancia interna, por ende sin caídas de voltaje, con frecuencia constante y desfasadas 120 grados entre cada una de las fases, condiciones normales de la red de alimentación. Sin embargo en la práctica esto no se cumple puesto que tanto los generadores como los distribuidores tienen impedancia y además porque existen elementos que consumen corrientes transitorias, como los motores en sus arranques, corrientes no sinusoidales y desequilibradas las cuales logran perturbar de forma considerable a la red.

Las perturbaciones son provocadas por cargas denominadas como no lineales las cuales en la actualidad son indispensables para el buen funcionamiento industrial y hasta doméstico, a este tipo de cargas se las estudiará a detalle en los siguientes capítulos, como un ejemplo de este tipo de cargas se tiene a motores de velocidad variable, luminarias de intensidad variable, etc, es decir todos aquellos que utilizan tiristores o transistores de potencia, dispositivos de arco que producen EMI (electromagnetic interference); por lo cual la calidad de servicio debe mejorar para que sea compatible con los equipos electrónicos que se tiene y que además son cada vez más complejos, es decir que exista compatibilidad entre los niveles de generación de perturbación de los unos con los niveles de tolerancia de perturbaciones de los otros.

Como se ha mencionado la, sociedad requiere de una energía eléctrica de calidad para lo cual se hace indispensable contar con parámetros que califiquen de buena o mala la energía distribuida. Como es lógico debe ser una entidad legal y que posea los conocimientos necesarios la que dicte los mencionados parámetros, entidad con la tarea de proteger tanto al consumidor como al distribuidor. En el caso ecuatoriano ésta entidad es el CONELEC, Consejo Nacional de Electricidad, quien ha emitido una regulación que detalla los parámetros de la calidad del servicio eléctrico, ésta regulación es la: CONELEC REG 004/01, en ésta se encuentra el rango de variación de la calidad del servicio eléctrico.

Es precisamente que por la existencia de la regulación mencionada que los distribuidores tienen la obligación de hacer los estudios y las readecuaciones necesarias para cumplir con las disposiciones dictadas por el CONELEC. En virtud de lo dicho es que surge la idea del presente proyecto de titulación que tiene como objetivo dar un diagnóstico de la calidad del producto que EMELNORTE, Empresa Eléctrica Regional Norte, está entregando por medio de la subestación "El Retorno". Este diagnóstico es de gran importancia puesto que si se conoce los índices actuales se los puede analizar y con esto llegar a determinar las medidas que se deben tomar para mejorar la calidad del servicio, en caso de ser necesario, o para mantener la calidad del servicio si los índices lo dictan así.

## 1.2 ANTECEDENTES

Los antecedentes que dieron paso al presente proyecto son; en primer lugar las quejas que ha recibido la empresa; en segundo lugar, lo exigido en el numeral dos de la regulación 004/01 del CONELEC, regulación que está vigente en nuestro país; y en tercer lugar, los requerimientos de la carga que se encuentra instalada en el área de concesión de la Empresa Eléctrica Regional Norte. De ésta forma se detalla a continuación cada uno de estos antecedentes.

Desde la creación de la empresa EMELNORTE, a ésta han llegado diariamente un sin número de quejas de interrupciones de servicio, de bajo voltaje, de parpadeo o de que se han quemado los equipos de las casas, a causa del mal servicio que presta la empresa a los consumidores; quejas que en ocasiones pueden ser tan bochornosas para la empresa eléctrica pues a veces las denuncias de los daños se los hace a través de la prensa. Todas estas quejas se han hecho presentes especialmente desde la aparición de equipos electrónicos en nuestra sociedad; que, si bien por un lado permite tener el control sobre la energía, pero por otro lado es, precisamente este control, el que provoca la distorsión de la electricidad. Por ésta razón y por el afán de brindar un servicio eficiente y de calidad, que satisfaga las necesidades de una carga cada vez más sensible, a EMELNORTE le interesa conocer la situación actual de la calidad de la energía que está distribuyendo.

Con el conocimiento de los índices que se tienen en la actualidad se facilitará la tarea de analizarlos y de ésta forma identificar los problemas que aquejan a la calidad del producto que brinda la mencionada empresa; para que, una vez identificados estos problemas, se puedan dar posibles soluciones, tomando en cuenta el comportamiento del sistema, con la finalidad de ofrecer un servicio adecuado a los requerimientos del consumidor y cumplir la regulación vigente para evitar las sanciones por parte del CONELEC.

Para efectuar mejoras, es necesario conocer los aspectos en los que se está violando la regulación y los puntos en el área de concesión en los cuales estos

parámetros se encuentran fuera de los límites permitidos. El momento en que se tenga ésta información la empresa habrá encontrado el punto del cual partirá una planificación detallada para mejorar la calidad del servicio.

Por último la necesidad de los consumidores, que cada vez hacen uso más intensivo de la energía eléctrica y que disponen de mayor cantidad de elementos de control cerca o en su domicilio o industria, es otra razón por la cual la empresa distribuidora debe poner a disposición un servicio continuo y de calidad, de tal forma que la electricidad que se entrega no atente contra la integridad los mencionados elementos y que más bien, por el contrario, ésta electricidad sea la materia prima que permita el desarrollo de la sociedad.

## **1.2 OBJETIVO GENERAL**

- El presente estudio tiene como objetivo principal dar a conocer los índices de la calidad del producto con los que cuenta la subestación "El Retorno" en la actualidad.

## **1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Crear una base de datos confiable de la calidad del producto actual que la empresa entrega en la subestación "el Retorno", que sirva como fuente de análisis de y como base de futuros estudios.
- Reconocer los puntos en los cuales se tiene una mala calidad del servicio, con el fin de emprender acciones para mejorarlo.
- Conocer los aspectos de la regulación 004/01, numeral dos, que se están incumpliendo para tomar medidas correctivas.

## 1.4 ALCANCE

El presente proyecto de titulación pretende determinar los índices de todos los componentes de la calidad del producto que se estipulan en el numeral dos de la regulación 004/01 del CONELEC. Estos índices serán con los que actualmente cuenta la subestación "El Retorno", una de las subestaciones de la ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura y que forma parte del área de concesión de EMELNORTE.

El estudio se realiza mediante el análisis de cuatro alimentadores o circuitos de la barra de salida de la subestación "El Retorno"; donde el circuito uno posee una demanda predominantemente residencial; el circuito dos, una demanda predominantemente rural; el circuito cuatro, una carga predominantemente residencial; y, el circuito cinco, una demanda predominantemente residencial. El estudio incluye el análisis de cinco transformadores seleccionados como representativos de la red; y, de diez consumidores, escogidos de forma estadística como representativos de todos los consumidores que sirve la mencionada subestación.

En base de las mediciones que se tomarán en los lugares mencionados se realizará el análisis respectivo para determinar la calidad del producto actual correspondiente a la subestación "El Retorno". La forma mediante la cual se tomaron las mediciones correspondientes se explica en el desarrollo de la presente tesis.

De la misma forma la presente tesis pretende entregar un análisis detallado de los índices obtenidos de los componentes de la calidad del producto, tanto de los que se encuentren cumpliendo la regulación vigente como de los que no lo hagan; la localización exacta de los puntos, del área de concesión de la subestación "El Retorno", en los que se ha encontrado que los índices de calidad de los componentes del producto que impone la regulación 004/01 del CONELEC, numeral dos, no se cumplen. Además se indican los aspectos puntuales, de la mencionada regulación, que se están incumpliendo.



Por último se presenta una serie de recomendaciones, de acuerdo a las condiciones del sistema y de la empresa; estas recomendaciones están dirigidas a buscar la mejora de la calidad del producto, en los casos en que se ha determinado que el área estudiada así lo requiere. Mientras que en los casos en que se ha determinado que la calidad del producto, que actualmente brinda EMELNORTE por medio de la subestación "El Retorno", están dentro de los requerimientos de la regulación 004/01 del CONELEC, se identifican las razones por las cuales la empresa ha logrado obtener esa buena calidad en el producto entregado al consumidor final.

## CAPITULO 2

### DEFINICIONES

#### 2.1 DEFINICIONES GENERALES<sup>2.1</sup>

**Armónicas:** Son ondas sinusoidales de frecuencia igual a un múltiplo entero de la frecuencia fundamental de 60 Hz.

**Barras de salida:** Corresponde a las barras de Alto Voltaje en las subestaciones de elevación y a las barras de Bajo Voltaje de subestaciones de reducción.

**Centro de transformación:** Constituye el conjunto de elementos de transformación, protección y seccionamiento utilizados para la distribución de energía eléctrica.

**Factor de potencia:** Es la relación entre la potencia activa y la potencia aparente.

**Fluctuaciones de Voltaje (o Variaciones de):** Son perturbaciones en las cuales el valor eficaz del voltaje de suministro cambia con respecto al valor nominal.

**Frecuencia de las interrupciones:** Es el número de veces, en un periodo determinado, que se interrumpe el suministro a un Consumidor.

**Interrupción:** Es el corte parcial o total del suministro de electricidad a los Consumidores del área de concesión del Distribuidor.

**Niveles de voltaje:** Se refiere a los niveles de alto voltaje (AV), medio voltaje (MV) y bajo voltaje (BV) definidos en el Reglamento de Suministro del Servicio.

---

<sup>2.1</sup> REGULACION No. CONELEC -- 004/01

**Período de medición:** A efectos del control de la Calidad del Producto, se entenderá al lapso en el que se efectuarán las mediciones de Nivel de Voltaje, Perturbaciones y Factor de Potencia, mismo que será de siete (7) días continuos.

**Perturbación rápida de voltaje (flicker):** Es aquel fenómeno en el cual el voltaje cambia en una amplitud moderada, generalmente menos del 10% del voltaje nominal, pero que pueden repetirse varias veces por segundo. Este fenómeno conocido como efecto "Flicker" (parpadeo) causa una fluctuación en la luminosidad de las lámparas a una frecuencia detectable por el ojo humano.

**Voltaje Armónico:** Es un voltaje sinusoidal de frecuencia igual a un múltiplo entero de la frecuencia fundamental de 60 Hz del voltaje de suministro.

**Voltaje nominal ( $V_n$ ):** Es el valor del voltaje utilizado para identificar el voltaje de referencia de una red eléctrica.

**Voltaje de suministro ( $V_s$ ):** Es el valor del voltaje del servicio que el Distribuidor suministra en el punto de entrega al Consumidor en un instante dado.

Todos aquellos términos que no se encuentran definidos en forma expresa en ésta Regulación, tendrán el mismo significado que los establecidos en los demás Reglamentos y Regulaciones vigentes.

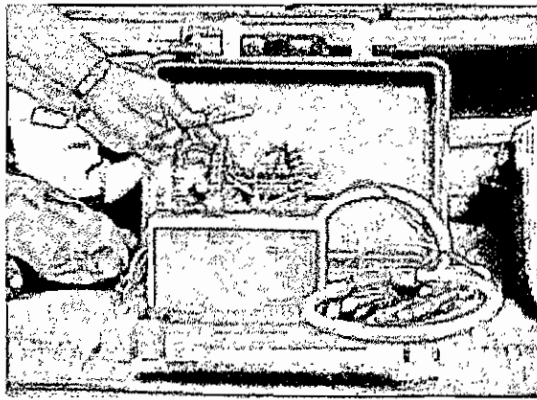
## 2.2 EQUIPOS DE MEDICIÓN

Para la realización de la presente tesis ha sido indispensable tomar mediciones de los parámetros de la calidad el producto, para lo cual, como resulta lógico, ha sido necesario contar con equipo que sea capaz de registrar datos tales como: nivel de voltaje, armónicos, efecto flicker, factor de potencia, entre otros, para que luego y mediante un trabajo de análisis obtener el estado actual de la calidad del producto que entrega EMELNORTE, desde la subestación "El Retorno", para así cumplir con el objetivo del presente proyecto.

Los equipos de medición de calidad de energía con que cuenta la Empresa Eléctrica Regional Norte S.A. son:

- MEMOBOX 300 ( NETWORK PERFORMANCE ANALYSER)
- TOPAS 1000

### 2.2.1 MEMOBOX 300<sup>2.2</sup> (NETWORK PERFORMANCE ANALYSER)



El MEMOBOX 300 es un instrumento de medida de parámetros eléctricos, el objetivo de este equipo es buscar disturbios en bajo y medio voltaje.

La mayor cantidad de fases de las cuales puede extraer información este equipo es de cuatro corrientes y cuatro voltajes (tres fases y neutro), la selección de la cantidad de líneas a medirse depende de la forma de configuración que se le dé al equipo previo a la medición. Las mediciones que han sido tomadas, son guardadas en un probador programable de intervalos cortos de tiempo con el fin de que estos puedan ser evaluados y manipulados posteriormente.

Como se menciona en el párrafo anterior, el equipo tiene varias formas de ser configurado así:

- Voltaje monofásico

<sup>2.2</sup> Manual MEMOBOX 300 Operating Instructions, LEM GmbH.

- Voltaje bifásico
- Voltaje y potencia trifásicos en delta
- Voltaje y potencia trifásicos y del neutro, en estrella.

Las conexiones correspondientes a cada configuración se muestran en los gráficos 2.a, 2.b, 2.c y 2.d.

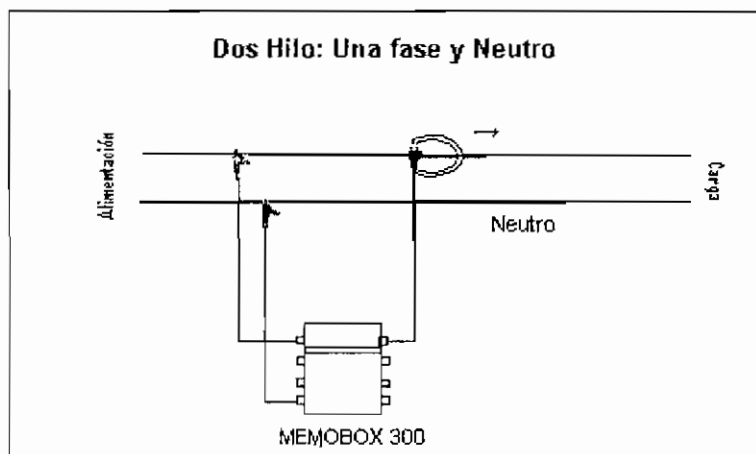


Gráfico 2.a

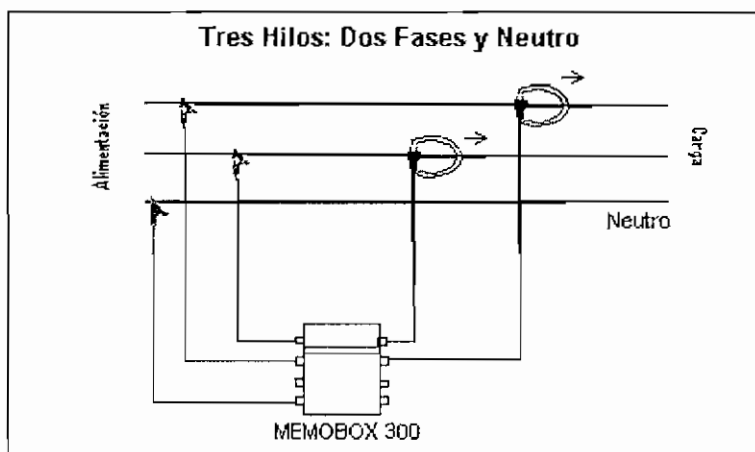


Gráfico 2.b

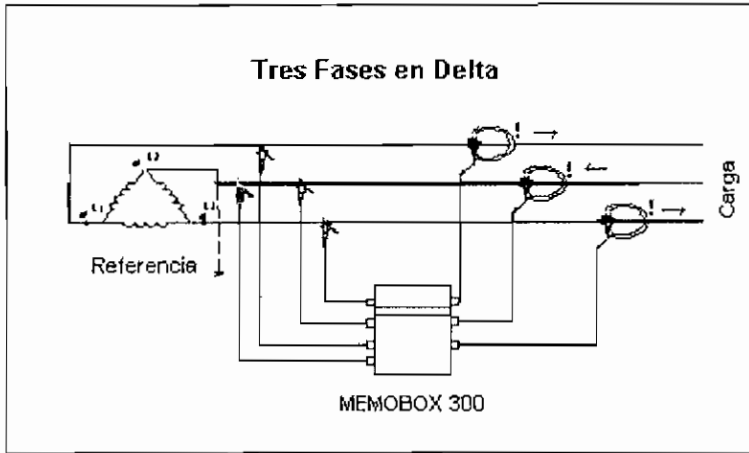


Gráfico 2.c

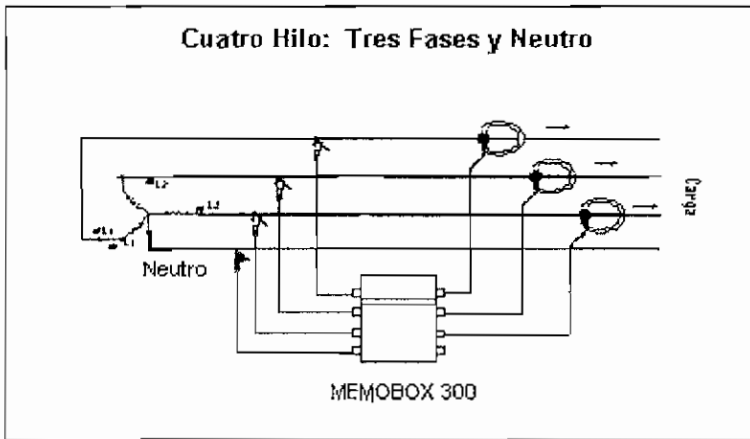


Gráfico 2.d

El equipo almacena la información necesaria para determinar la calidad del producto y muchos otros más, estos otros parámetros son:

- Umean
- Umax
- Umin
- Uh1
- Flicker Pst
- Flicker Plt
- THDUmean
- THDUmax
- Imean
- Imax
- Ih1
- THDImean
- THDImax
- ImeanN
- ImaxN
- Ih1N

- |                          |                           |
|--------------------------|---------------------------|
| ➤ THDI <sub>meanN</sub>  | ➤ Q <sub>min</sub>        |
| ➤ THDI <sub>maxN</sub>   | ➤ Q <sub>max</sub>        |
| ➤ S <sub>mean</sub>      | ➤ Q <sub>totalmean</sub>  |
| ➤ S <sub>min</sub>       | ➤ Q <sub>totalmin</sub>   |
| ➤ S <sub>max</sub>       | ➤ Q <sub>totalmax</sub>   |
| ➤ Stotal <sub>mean</sub> | ➤ PF                      |
| ➤ Stotal <sub>min</sub>  | ➤ P <sub>ftotal</sub>     |
| ➤ Stotal <sub>max</sub>  | ➤ Tan                     |
| ➤ P <sub>mean</sub>      | ➤ T <sub>antotal</sub>    |
| ➤ P <sub>min</sub>       | ➤ Energy                  |
| ➤ P <sub>max</sub>       | ➤ Energy <sub>total</sub> |
| ➤ Q <sub>mean</sub>      |                           |

A pesar de que el equipo tiene una gran cantidad de opciones de mediciones carece de uno de los parámetros que exige el CONELEC que es el valor del voltaje armónico individual (de la armónica 2 a la armónica 40). Sin embargo por la situación económica que actualmente vive la Empresa Eléctrica Regional Norte no se adquirirá otro equipo más completo y más bien por el contrario se sacrificará a la medición de la calidad del producto la cual se entregará incompleta al CONELEC.

Con el fin de que las mediciones que han sido extraídas del sistema por el equipo puedan ser analizadas y manipuladas, el MEMOBOX 300 cuenta con una interfaz serial para su comunicación con el procesador y además posee un software que permite trasladar los datos desde el equipo a una computadora además de permitir programar al equipo. Este software es el CODAM BASIC que puede utilizarse con el sistema operativo de Windows 95/98 y NT

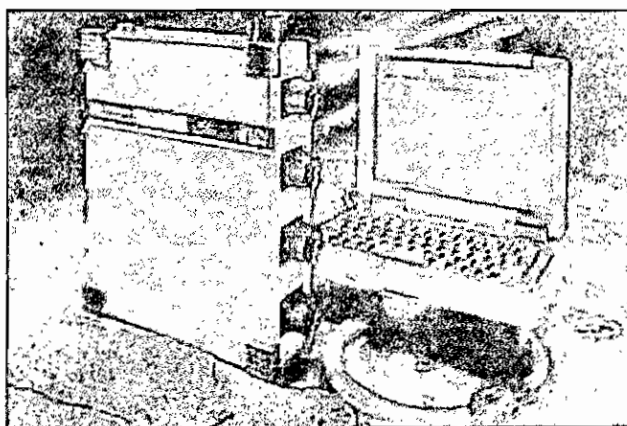
Mediante el uso del programa CODAM BASIC para analizar las mediciones obtenidas se logra contestar preguntas como:

- ¿Cuán grandes son las variaciones de voltaje?

- ¿Cuál fue el valor más alto o más bajo registrado en qué momento se registraron y cuánto tiempo se mantuvo?
- ¿Existe alguna relación entre picos de corriente y caídas de corriente?
- ¿Existe alguna relación entre picos de corriente y valores altos de flicker?
- ¿Cuántas interrupciones fueron medidas y cuánto duraron?
- ¿El nivel de armónicos cumple con los valores delimitados?
- ¿Cuán alta es la corriente del neutro?
- ¿Cómo progresan las potencias; activa, reactiva y aparente?
- ¿Cómo progresa el factor de potencia?
- ¿Es necesaria compensación reactiva?

Finalmente se puede acotar que el MEMOBOX 300 posee seis identificadores luminosos que pertenecen a los tres canales de voltajes y a los tres canales de corriente, estos identificadores luminosos además de pertenecer a estos canales ayudan a señalar, así: si estos parpadean lentamente significa que no tienen señal o que la señal es muy baja, si el parpadeo es rápido significa que está sobrecargado y si la luz es continua significa que todo está en orden.

### 2.2.2 TOPAS 10002.20



Es un equipo de medición y análisis de media y baja tensión capaz de registrar todos los parámetros necesarios para determinar la calidad del producto inclusive



el valor eficaz de voltaje armónico (desde la segunda hasta la quincuagésima armónica) lo que le convierte en un equipo más completo que el MEMOBOX 300, pero como es lógico es más costoso también, razón por la cual la empresa no tiene la posibilidad de adquirir una mayor cantidad de estos equipos.

El TOPAS 1000 tiene la capacidad de registrar una gran cantidad de parámetros eléctricos, los cuales se especifican a continuación

- Factor de distorsión total por armónicos.
- Índice de severidad de flicker de corta duración
- Índice de severidad de flicker de larga duración.
- Valores Eficaces:
  - ❖ Voltaje
  - ❖ Corriente
  - ❖ Voltaje en el neutro
  - ❖ Corriente en el neutro
  - ❖ Potencia activa
  - ❖ Sumatoria de potencias
  - ❖ Potencia aparente
  - ❖ Potencia reactiva
  - ❖ Factor de potencia
  - ❖ Energía
  - ❖ Frecuencia
- Valores máximos y mínimos:
- Los mismos parámetros que se midieron en valor eficaz.

La forma mediante la cual el TOPAS 1000 logra registrar todos los parámetros mencionados es a través de los siguientes esquemas de instalación que se muestran en las gráficas 2.e, 2.f, 2.g y 2.h, así:

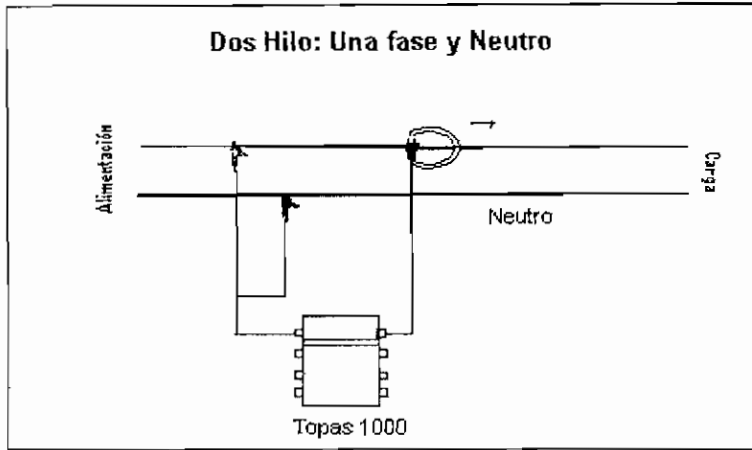


Gráfico 2.e

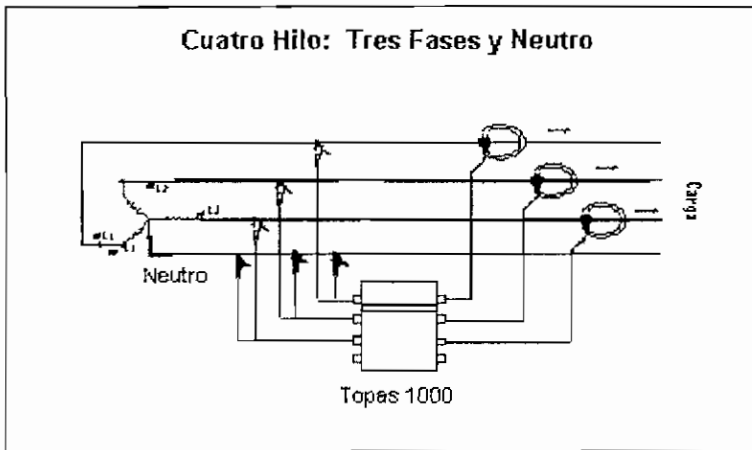


Gráfico 2.f

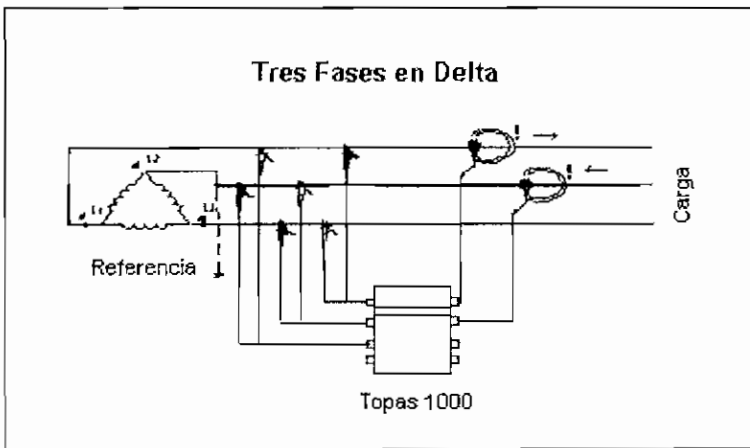


Gráfico 2.g

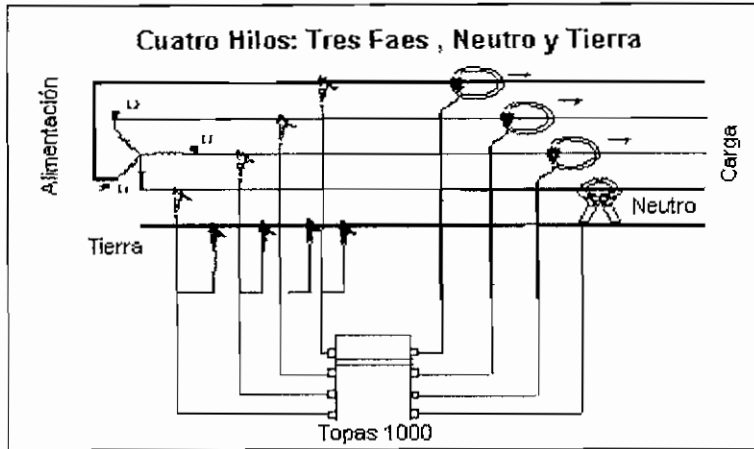


Gráfico 2.h

Además el TOPAS 1000 tiene un registro de eventos los cuales son: sobre tensiones, tensiones reducidas, fallos de tensión, señales de telemando, transitorios y desviaciones respecto a los ajustes de disparo para valores eficaces e instantáneos.

Como complemento a la evaluación de eventos es posible obtener una representación detallada de sobre tensiones, depresiones de tensión, fallos cortos de suministro, fallos largos de suministro y además eventos de telemando, eventos transitorios, armónicos (2 a la 50), desviaciones de valores eficaces (límite superior, inferior y medio) y desviaciones de valores instantáneos.

Con los datos que se ha especificado que puede entregar el TOPAS 1000, es posible contestar las mismas preguntas que lo hace el MEMOBOX 300.

Al igual que el MEMOBOX 300, el TOPAS 1000 también cuenta con un software el cual permite la calibración del equipo, el manipuleo de los datos tomados por el equipo, la selección de la forma de comunicación entre equipo y procesador y la selección de la velocidad de dicha comunicación, cabe resaltar que mientras mayor sea la velocidad de la comunicación menor es el grado de confiabilidad de la misma.

La comunicación entre el TOPAS 100 y el procesador se la puede hacer tanto por ethernet y por medio de interfaz serial, se recomienda que se utilice la comunicación vía interfaz serial solo cuando no sea posible la comunicación vía ethernet.

Además el TOPAS 1000 también tiene identificadores luminosos de tal forma que el instalador conozca el estado de la conexión, así:

***Identificador Luminoso de Red***

Si la luz de los identificadores de red es permanente significa que la alimentación procede de la red, mientras que si la luz de este led es parpadeante significa que la alimentación viene del acumulador.

***Identificador Luminoso de Canales***

Si la luz del identificador es corta significa que no hay señal. Si hay corto apagón significa que la señal es demasiado alta. Si la luz es permanente significa que ese canal está en orden, es decir que todo ha sido bien conectado. Finalmente si la luz en la señalización de canales tiene un parpadeo rápido significa que los sensores están mal conectados

## CAPÍTULO 3

### SISTEMA EMELNORTE S.A.

EMELNORTE S.A. es la abreviación de **EM**presa **EL**éctrica regional **NORTE** Sociedad Anónima.

La Empresa Eléctrica Regional Norte tuvo su origen en el fusionamiento de la Empresa Eléctrica de Ibarra con la Empresa Eléctrica Tulcán, fusionamiento que persigue la finalidad de prestar servicio eléctrico a las provincias del Carchi, Imbabura, Pichincha y Sucumbios.

La zona de concesión de EMELNORTE, de acuerdo al Contrato de Concesión suscrito con el CONELEC el 26 de abril del 2002, tiene una superficie de 11987Km<sup>2</sup>, en esta se encuentra tanto el área de servicio industrial, la de servicio urbano y la de servicio rural, ésta área representa a 12 agencias y 15 cantones. Las Provincias y cantones a los que sirve EMELNORTE se detallan en la tabla 3.1<sup>3.1</sup>:

<b>Provincia:</b> Carchi <b>Cantones:</b> Tulcán Espejo Montúfar Mira Guaca Bolívar	<b>Provincia:</b> Imbabura: <b>Cantones:</b> Ibarra Otavalo Cotacachi Antonio Ante Pimampiro Urququí
<b>Provincia:</b> Pichincha: <b>Cantones:</b> Cayambe	<b>Provincia:</b> Sucumbios: <b>Cantón:</b> Sucumbios

<sup>3.1</sup> Análisis y Diagnóstico de las Protecciones del Sistema de Distribución para las ciudades de Cayambe y Tabacundo, David Angulo, Tesis E.P.N. 2002, página 4

Pedro Moncayo	
------------------	--

Tabla 3.1

En el ANEXO 3.1 se puede apreciar la gráfica de la zona de concesión de la Empresa Eléctrica Regional Norte.

Por el hecho de servir a los quince cantones mencionados, EMELNORTE tienen una demanda anual de 234575 (MWh), pues la demanda de la Empresa Regional Norte no es solo residencial si no también es industrial. La demanda máxima para la empresa en el año 2002 fue el día viernes siete de mayo a las 19h30 aproximadamente y fue de 65,90 (MW)<sup>3.2</sup>.

La empresa eléctrica en estudio, a pesar de que tiene una exigencia de escisión, está compuesta por los siguientes sistemas.

- Generación
- Subtransmisión
- Distribución

A continuación se tiene la descripción de cada uno de estos sistemas.

### 3.1 GENERACIÓN

La Empresa Eléctrica Regional Norte tiene una demanda anual de 234575 MWh<sup>3.3</sup>, de lo cual en su gran mayoría la toma del Sistema Nacional Interconectado por medio de tres nodos que son:

- Subestación Bellavista en Ibarra de 138/34.5 kV.
- Subestación Bellavista en Ibarra de 138/69 kV.

<sup>3.2</sup> Reporte diario de carga correspondiente al mes de mayo del 2002, Departamento de Planificación, EMELNORTE.

<sup>3.3</sup> Reporte de demanda de energía correspondiente al año 2002, Departamento de Planificación, EMELNORTE.

➤ Subestación Tulcán en Tulcán de 138/69 kV.

Sin embargo EMELNORTE también cuenta con generación hidráulica propia, generación que para el mes de junio del 2003 ya deberá separarse de la distribución, a pesar de que ésta generación no supe el total de energía requerida por el sistema EMELNORTE si ayuda en algo a cubrirla. La empresa genera un total de 13,85 MW, las generadoras con las que en la actualidad cuenta la empresa eléctrica son ocho, cuyas características se detallan en la tabla 3.2<sup>3,4</sup>.

Central	Grupos	Potencia (MW)		Provincia
		Instalada	Efectiva	
Ambi	2	8	8	Imbabura
San Miguel del Car	1	2.852	2.9	Carchi
La Playa	3	1.32	1.3	Carchi
Atuntaqui	2	0.4	0.36	Imbabura
Cotacachi	2	0.44	0.38	Imbabura
Otavalo	1	0.421	0.35	Imbabura
Espejo	2	0.272	0.23	Carchi
San Gabriel	1	0.3	0.22	Carchi

TABLA 3.2

Las características del generador y de la turbina de cada una se puede ver en el ANEXO 3.2.

Además de la generación propia que tiene EMELNORTE, ésta cuenta con el aporte de la generadora de Molinos "la Unión" que tiene 1.6 MW<sup>3,5</sup> de los cuales utiliza el 50 % y el resto lo pone a disposición del sistema.

<sup>3.4</sup> Análisis y Diagnóstico de las Protecciones del Sistema de Distribución para las ciudades de Cayambe y Tabacundo, David Angulo, Tesis E.P.N. 2002, página 5

<sup>3.5</sup> Análisis y Diagnóstico de las Protecciones del Sistema de Distribución para las ciudades de Cayambe y Tabacundo, David Angulo, Tesis E.P.N. 2002, página 5

### 3.2 SUBTRANSMISIÓN

EMELNORTE posee un sistema de subtransmisión por medio del cual se interconectan las subestaciones de la empresa, este sistema tiene las siguientes longitudes y voltajes:

A 69 kV una longitud de 152.6Km

A 34.5 kV una longitud de 88.8Km

Cabe resaltar que el sistema de subtransmisión es un sistema radial de los dos niveles de voltaje mencionados.

El detalle de la red de subtransmisión se tiene en las tablas<sup>3.6</sup> 3.3 y 3.4.

A 69kV:

Línea		Longitud (Km.)	Voltaje (kV)	Calibre (kcm)
De	A			
Ibarra	Otavalo	12.4	69	477
Ibarra	El Chota	20.6	69	336.4
Otavalo	Cayambe	26.5	69	266.8
Chota	El Angel	20.5	69	336.4
El Angel	San Gabriel	13.8	69	336.4
San Gabriel	Tulcán	30.7	69	336.4
Tulcán	El Rosal	5.6	69	477
EX INECEL	Tulcán	2	69	336.4
Ibarra	San Agustín	8	69	477/266.8
San Agustín	El Retorno	5.5	69	266.8/477

TABLA 3.3

<sup>3.6</sup> Inventario de líneas de subtransmisión al 2000. Departamento de Inventarios y Avalúos, EMELNORTE



A 34.5 kV:

Línea		Longitud	Voltaje	Calibre
De	A			
Der. Atuntaqui	San Vicente	5.5	34.5	336.4
San Vicente	Tabacundo	68	34.5	3/0
Der. Atuntaqui	Atuntaqui	5	34.5	2/0
Ibarra	Selva Alegre	22	34.5	477
El Rosal	San Miguel del Car	14	34.5	2/0

TABLA 3.4

El gráfico de la red de EMELNORTE se puede apreciar en ANEXO 3.3

### 3.3 DISTRIBUCIÓN

El sistema de distribución es donde se tiene puesta la atención por parte de la regulación 004/01 del CONELEC y en este caso al sistema de distribución se lo ha dividido en:

- Subestaciones
- Transformadores de distribución
- Acometidas
- Alumbrado público

#### 3.3.1 SUBESTACIONES

Las subestaciones de la Empresa Eléctrica Regional Norte son de barra simple en baja y en alta tensión, tienen además un solo transformador, con excepción de las subestaciones Diesel y Atuntaqui. EMELNORTE tiene once subestaciones en total de las cuales ocho son de 69/13.8kV y tres de 34.5/13.8kV. Para una mejor

apreciación de las subestaciones del sistema EMELNORTE en la tabla<sup>3.7</sup> 3.5 se entrega un resumen de las características de cada una de éstas.

Subestación	Cantón	Voltaje	Capacidad	
		(kV)	OA	FA
Cayambe	Cayambe	69/13.8	10	12.5
Tabacundo	Pedro Moncayo	34.5/13.8	3.75	
Otavalo	Otavalo	69/13.8	10	12.5
Atuntaqui	Antonio Ante	34.5/13.8	2	2.5
Atuntaqui	Antonio Ante	34.5/13.8	2.5	
Atuntaquí	Antonio Ante	34.5/13.8	2.5	
Atuntaqui	Antonio Ante	34.5/13.8	2.5	
Diesel	Ibarra	34.5/13.8	4	
Diesel	Ibarra	34.5/13.8	4	
Diesel	Ibarra	13.8/6.3	4	
Diesel	Ibarra	69/13.8	3	3.75
El Retomo	Ibarra	69/13.8	10	12.5
San Agustín	Ibarra	69/13.8	10	12.5
El Chota	Ibarra	69/13.8	5	
El Ángel	Espejo	69/13.8	2.5	
San Gabriel	Montúfar	69/13.8	10	12.5
Tulcán	Tulcán	69/13.8	10	12.5
El Rosal	Tulcán	69/34.5	10	12.5
La Playa	Tulcán	13.8/6.3	1.5	

TABLA 3.5

En el ANEXO 3.4 se puede ver la ubicación de las diferentes subestaciones en el área de concesión.

### 3.3.2 TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN

Los transformadores de distribución de EMELNORTE son tanto monofásicos como trifásicos, la cantidad y las potencias se indican en la tabla<sup>3.8</sup> 3.6.

<sup>3.7</sup> Inventario de subestaciones al 2000. Departamento de Inventarios y Avalúos, EMELNORTE

Transformador	Cantidad	Capacidad Nominal
		Instalada (kVA)
Monofásicos	6769	77910
Trifásicos	1463	54861

Tabla 3.6

Y es precisamente de estos transformadores de los que salen las redes de los circuitos secundarios, los cuales tienen un voltaje de 110 V/240 V, cuya longitud es de 1559.19 Km de red monofásica y 129.85 Km de red trifásica.

### 3.3.3 ACOMETIDAS

EMELNORTE sirve a quince cantones y por lo tanto es de esperar que ésta cuente con una gran cantidad de acometidas tanto comercial, industrial como residencial. El detalle de las acometidas se tiene en la tabla<sup>3.9</sup> 3.7.

Tensión de Servicio	Cantidad de Acometidas
Media	33
Baja	144109
TOTAL	144142

Tabla 3.7

Cabe resaltar que el 97% de las acometidas son de Dúplex # 6 AWG y Triples # 4 AWG.

### 3.3.4 ALUMBRADO PÚBLICO

El alumbrado público de EMELNORTE es muy diverso así tiene luminarias de mercurio de 125W, 175W, 200W y 400W; luminarias de sodio de 70W, 150W,

<sup>3.8</sup> Inventario de transformadores para el 2000. Departamento de Inventarios y Avalúos, EMELNORTE

<sup>3.9</sup> Inventario de acometidas para el 2000. Departamento de Inventarios y Avalúos, EMELNORTE

175W, 250W y 400W; luminarias de luz mixta de 160W y reflectores de mercurio alógeno de 400W<sup>3.10</sup>.

### 3.3.5 CONSUMIDORES

EMELNORTE en consideración de que sirve a cuatro provincias tiene consumidores muy diversos. Sin embargo se puede hacer un breve resumen del tipo de consumidores se que tiene en cada provincia. La provincia de Carchi tiene un consumidor predominantemente tipo residencial y solo pocos consumidores del tipo industrial, estos pocos son de la industria láctea. La provincia de Imbabura también tiene un consumidor predominantemente residencial, pues en lo industrial el más representativo es "Cemento Selva Alegre", además Imbabura tiene consumidores industriales, artesanales y comerciales. La provincia de Pichincha es servida por EMELNORTE tan solo en su área norte, por lo cual el consumidor predominante es el industrial, por el gran asentamiento de florícolas que hay en este lugar. Y por último la provincia de Sucumbios posee un consumidor predominantemente residencial e industrial.

En porcentajes el peso de cada sector con respecto al total de servicios es: 88,83% consumidor tipo residencial, 7,69 % consumidor tipo comercial, 1,81% consumidor tipo industrial, 0,01% alumbrado público y 1,66% otros<sup>3.11</sup>.

## 3.4 AREA DE ESTUDIO

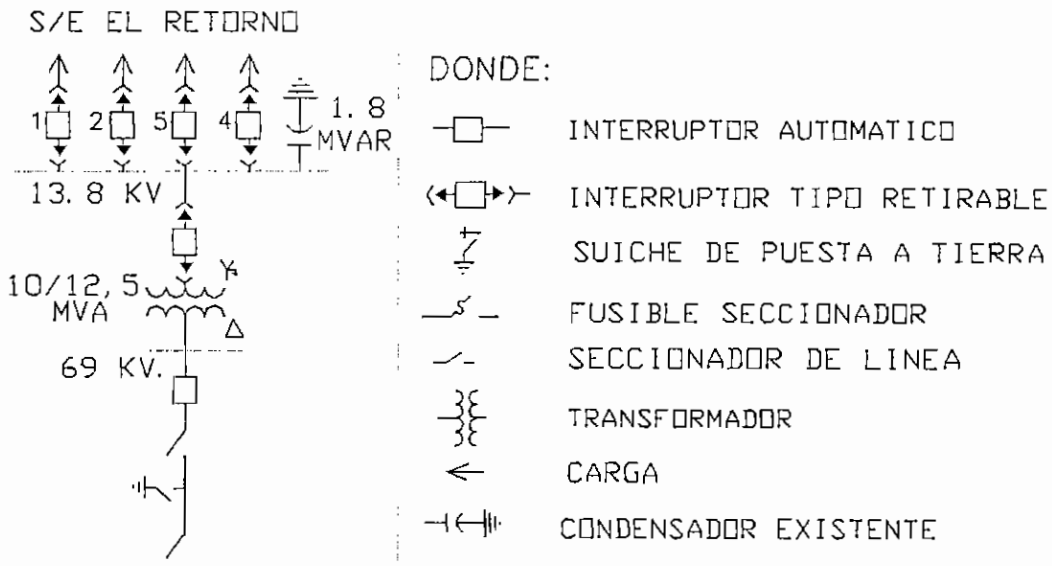
El área que se ha escogido para realizar el análisis de la calidad del producto en el presente proyecto de titulación es la zona de concesión de la subestación "El Retorno".

---

<sup>3.10</sup> Información verbal por parte del Jefe de la Zona Tres (Ibarra), Departamento de Distribución, EMELNORTE

<sup>3.11</sup> Inventario de los consumidores a enero del 2002. Departamento de Comercialización, EMELNORTE

### 3.4.1 SUBESTACIÓN "EL RETORNO"



La subestación "El Retorno" se encuentra ubicada en la ciudad de Ibarra, en la avenida Atahualpa al lado oeste de la cooperativa "La Pradera". Ésta subestación tiene barra simple tanto en baja tensión como en alta tensión, por medio de un transformador de 10 MVA de capacidad, a refrigeración de aire y aceite, y de 12,5 MVA, con refrigeración a aire forzado, convierte el voltaje de subtransmisión de 69kV a 13.8kV, voltaje de distribución, el diagrama unifilar de la subestación se puede apreciar en el ANEXO 3.5. En las tablas<sup>3.12</sup> 3.8, 3.9, 3.10, 3.11 y 3.12 se presenta el detalle del total de los elementos que posee ésta subestación y además las características más importantes de estos.

**Longitud de Líneas de Alta Tensión**

Fases	Longitud (m)
1	254,236.00
2	3,963.00
3	118,091.00

TABLA 3.8

<sup>3.12</sup> Inventario de elementos pertenecientes a cada subestación al 2000. Departamento de Inventarios y Avalúos, EMELNORTE

### Longitud de Líneas de Baja Tensión

Fases	Longitud (m)
0	7,900.00
1	193,965.00
2	146,337.00
3	2,291.00

TABLA 3.9

### Postes

Tipo	Cantidad
HIERRO HORNAMENTAL 7m	1
HORMIGON 11m 350 Kg.	3499
HORMIGON 11m 500 Kg.	90
HORMIGON 14m 500 Kg.	4
HORMIGON 7m	24
HORMIGON 9m 350 Kg.	3939
HORMIGON 9m 500 Kg.	3
MADERA COMUN 11m	10
MADERA COMUN 9m	142
MADERA TRATADA 11m	44
MADERA TRATADA 9m	129

TABLA 3.10

### Luminarias

Tipo	Cantidad
Mixta 160 W Abierta	84
Vapor de Mercurio 125 W Abierta	474
Vapor de Mercurio 125 W Cerrada	200
Vapor de Mercurio 175 W Abierta	52
Vapor de Mercurio 175 W Cerrada	42
Vapor de Sodio 100 W Cerrada	56
Vapor de Sodio 150 W Cerrada	210
Vapor de Sodio 250 W Cerrada	299

Vapor de Sodio 400 W Cerrada	12
Vapor de Sodio 70 W Cerrada	1371

TABLA 3.1

**Transformadores**

Tipo	Cantidad	Potencia Total
Bifásico	1	25.00
Monofásico	671	12,340.00
Trifásico	59	4,110.00

TABLA 3.12

La subestación "El Retorno" tiene cinco alimentadores para la distribución de la energía eléctrica, pero solo cuatro se encuentran prestando servicio ya que en el circuito tres se encuentra conectado un banco de capacitores. Cada uno de estos circuitos tiene sus características propias las cuales se detallan a continuación.

**3.4.1.1 Circuito Uno**

El circuito número uno de la subestación bajo estudio posee una carga del tipo predominantemente residencial. Además de especificar el tipo de carga del circuito uno también se puede apreciar el resumen de los elementos constitutivos de este circuito en el ANEXO 3.6

**3.4.1.2 Circuito Dos**

El circuito dos se caracteriza por poseer consumidores predominantemente del tipo rural, razón por la cual se puede añadir que es un circuito relativamente largo en comparación con los otros tres circuitos de esta subestación. En el ANEXO 3.6 se puede apreciar el resumen de los elementos constitutivos correspondientes al circuito dos.

### **3.4.1.3 Circuito Cuatro**

El cuarto alimentador se caracteriza por tener un tipo de consumidor predominante residencial urbano. El resumen de los elementos constitutivos del circuito cuatro se puede apreciar en el ANEXO 3.6

### **3.4.1.4 Circuito Cinco**

El circuito cinco es el último de los alimentadores de la subestación "El Retorno" en el cual el tipo de consumidor predominante, al igual que el circuito anterior, es el consumidor de tipo residencial urbano. En el ANEXO 3.6 se tiene el resumen de los elementos que pertenecen al circuito cinco de la subestación que se ha escogido para el presente estudio.

De ésta forma se puede tener una idea más clara de cual es el sistema al cual se le analizará y más que todo se podrá tener un criterio para tratar los datos que se obtenga en las mediciones que más adelante se indicará.



## CAPÍTULO 4

### FORMA DE CÁLCULO DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO

Para determinar la situación actual de la calidad del producto el principal requerimiento y como resulta lógico es una gran cantidad de datos los cuales se puede concretar en los siguientes<sup>4.1</sup>:

- Medición y/o registro.
- Organización y Mantenimiento.
- Cálculo de los índices de la calidad del producto.
- Desvío de los límites establecidos.

El presente capítulo está destinado a determinar la forma de cálculo de los índices de la calidad del producto que brinda EMELNORTE por medio de una de sus subestaciones, "El Retorno", para lo cual la base de datos que se utilizará corresponderá a<sup>4.2</sup>:

- Subestación de distribución AV/MV.
- Circuito de medio voltaje.
- Transformadores de distribución.
- Circuito de bajo voltaje.
- Identificación del cliente.

Los parámetros de los cuales se obtendrá un registro serán los componentes de la calidad del producto, y tal como lo menciona la regulación 004/01 en su numeral 2, estos componentes son<sup>4.3</sup>:

- Nivel de voltaje.

---

<sup>4.1</sup> Supervisión y Control SCADA, MINICEN S.A. y EEMLNORTE, Volumen I, Memoria Técnica, Noviembre de 1998.

<sup>4.2</sup> Regulación CONELEC 004/01, página 3

<sup>4.3</sup> Regulación CONELEC 004/01, página 3

- Perturbaciones de voltaje.
  - Armónicos.
  - Efecto Flicker.
- Factor de Potencia.

A continuación se define a cada uno de estos componentes y además se describe la forma en la que se determinará en la hoja de cálculo de Excel cada uno de los mencionados índices.

#### **4.1. NIVEL DE VOLTAJE**

La importancia de analizar el nivel de voltaje radica en que es este el que puede llegar a determinar la pérdida definitiva de equipos electrónicos o de electrodomésticos.

La variación de voltaje puede ser tanto en incremento como en decremento, sin embargo si la variación está fuera de regulación tanto el decremento como el incremento pueden ser dañinos. Así: si la variación es en decremento y el voltaje es muy bajo deberá ser la corriente la que incremente para mantener la potencia constante de los equipos, entonces si la corriente sube exageradamente puede llegar hasta a quemar el equipo, provocando de ésta forma severos daños o incluso la pérdida del mismo. Mientras que si la variación de voltaje es en incremento y si el voltaje sube mucho, éstas subidas de voltaje provocan decrementos considerables en la vida útil de los equipos. Las dos son razones más que suficientes para poner extremo cuidado en el estudio de las variaciones de voltaje, es por esto que la regulación 004/01 incluye el análisis del nivel de voltaje como componente de la calidad del producto<sup>4.4</sup>.

Los elementos que más sufren con las variaciones de voltaje son las luminarias, equipos electrónicos y motores, que disminuyen su vida útil a causa de las mismas.

---

<sup>4.4</sup> Optimización de las Instalaciones Eléctricas, PROCOBRE, Agosto del 2002, c.calidadelec parte 2 páginas de la 20 a la 30.

En la regulación 004/01 numeral 2.1.3, se determinan los límites del nivel de voltaje, en este numeral se puede apreciar que los límites dependen no solo del nivel de voltaje, si no además de la subetapa en la que se tome las mediciones. Dichas subetapas se han creado con la finalidad de permitir al distribuidor llegar de a poco a los niveles idóneos de servicio eléctrico.

El CONELEC para el cumplimiento de los diferentes límites de cada uno de los componentes de la calidad el producto ha impuesto dos subetapas que se las reconoce de la siguiente forma<sup>4.5</sup>:

*Subetapa uno:* Se la determina con una duración de 24 meses de duración.

*Subetapa dos:* Se la determina con una duración indefinida a partir de la finalización de la subetapa uno.

#### **4.1.1 ALTO VOLTAJE**

Se considerarán como altos voltajes a aquellos que superen a los 34,5 kV y que sean menores a 230 kV, puesto que a los voltajes que superen a estos valores se los considerará como extra alto voltaje<sup>4.6</sup>.

##### **4.1.1.1 Primera Etapa**

En la primera etapa y para alto voltaje la regulación permitirá caídas de voltaje de  $\pm 7\%$ <sup>4.7</sup>.

En la hoja de cálculo se utiliza la misma fórmula que indica el CONELEC en su regulación 004/01, la cual se deduce de la siguiente forma:

<sup>4.5</sup> Regulación CONELEC 004/01, página 4

<sup>4.6</sup> European Standard EN50160, parte 1.1 Definiciones.

<sup>4.7</sup> Regulación CONELEC 004/01, página 6

Los equipos que se utilizan en la medición de los índices de calidad almacenan los valores de voltaje cada diez minutos ( $V_i$ ), y es en base a estos datos que se calcula la variación de voltaje.

Si se considera que en el punto de análisis y en el instante  $i$  se tiene un voltaje  $V_i$  y que el voltaje nominal debe ser  $V_n$ . Por otra parte se conoce que la variación de voltaje en el instante  $i$  es  $V_i - V_n$ , de forma que si se considera al voltaje nominal como el 100%, por medio de una regla de tres simple se obtiene el porcentaje al que corresponde la variación de voltaje, la deducción matemática se puede apreciar a continuación:

Entonces:	$V_n$	100%
	$V_i - V_n$	$\Delta V_i(\%)$

De lo cual se tiene:

$$\Delta V_k(\%) = \frac{V_k - V_n}{V_n} * 100 \quad (4.1)$$

Donde:

$\Delta V_i (\%) = V_i - V_n =$  Variación de voltaje en el intervalo  $i$ , de diez minutos y en porcentaje.

$V_i =$  Voltaje eficaz en el intervalo  $i$  (rms).

$V_n =$  Voltaje nominal.

#### 4.1.1.1 Segunda Etapa

En la segunda etapa y para alto voltaje la regulación permitirá caídas de voltaje de  $\pm 5\%$ , considerando que también se trata de variaciones de voltaje para su cálculo se utilizará la fórmula (4.1)<sup>4,8</sup>.

<sup>4,8</sup> Regulación CONELEC 004/01, página 6

#### **4.1.2 MEDIO VOLTAJE**

Medio voltaje se considerará a aquellos que superen a valores de 1.0kV y que sean menores de 34,5kV<sup>4.9</sup>.

##### **4.1.2.1 Primera Etapa**

En medio voltaje el CONELEC permite para la primera etapa el  $\pm 10\%$  de la caída de voltaje. La forma en la que se determinará el nivel de voltaje en la hoja de cálculo será tal como lo indica la regulación 004/01 mediante la aplicación de la fórmula (4.1)<sup>4.10</sup>.

##### **4.1.2.2 Segunda Etapa**

Para la segunda etapa y para medio voltaje el CONELEC permite una caída de voltaje de  $\pm 8\%$ . La forma en la que se determinará el nivel de voltaje en la hoja de cálculo será de la forma que indica la regulación 004/01 del CONELEC, aplicando al fórmula (4.1)<sup>4.11</sup>.

#### **4.1.3 BAJO VOLTAJE**

Bajo voltaje se considera a aquellos que sean menores o iguales a 1kV. Sin embargo el CONELEC hace una diferencia en los límites permitidos de caída de voltaje en bajo voltaje, pues separa entre servicio en sector urbano y servicio en sector rural.

##### **4.1.3.1 Sector Urbano**

Dentro de la regulación 004/01 del CONELEC este término es utilizado y se lo entenderá como a aquella área que se encuentra en la ciudad, cuya longitud de

---

<sup>4.9</sup> European Standard EN50160, parte 1.1 Definiciones

<sup>4.10</sup> Regulación CONELEC 004/01, página 6

<sup>4.11</sup> Regulación CONELEC 004/01, página 6

líneas de baja tensión son relativamente cortas, comparadas con las del sector rural, y donde sus consumidores se encuentran concentrados<sup>4.12</sup>.

#### *4.1.3.1.1 Primera Etapa*

Para la primera etapa, para bajo voltaje y para el sector urbano el CONELEC plantea un límite del  $\pm 10\%$  de variación de voltaje. La forma de calcular esta variación es mediante la fórmula (4.1)<sup>4.13</sup>.

#### *4.1.3.1.2 Segunda Etapa*

Para este nivel de voltaje, para la segunda etapa y para el sector urbano el CONELEC permite una variación de voltaje de  $\pm 8\%$ . Para determinar ésta variación se utilizará la fórmula (4.1)<sup>4.14</sup>.

### **4.1.3.2 Sector Rural**

Al término "sector rural" dentro de la regulación 004/01 se le entenderá como aquel que pertenece al campo, en el cual las redes de distribución se caracterizan por ser extensas y los consumidores se encuentran distantes entre ellos<sup>4.15</sup>.

#### *4.1.3.2.1 Primera Etapa*

Para bajo voltaje, sector rural en la primera etapa el CONELEC permite una variación de voltaje de  $\pm 13\%$ . La forma en la que se calculará esta variación de voltaje será mediante la aplicación de la fórmula (4.1)<sup>4.16</sup>.

---

<sup>4.12</sup> Departamento de Planificación de EMELNORTE.

<sup>4.13</sup> Regulación CONELEC 004/01, página 6

<sup>4.14</sup> Regulación CONELEC 004/01, página 6

<sup>4.15</sup> Departamento de Planificación de EMELNORTE.

<sup>4.16</sup> Regulación CONELEC 004/01, página 6

4.1.3.2.2 Segunda Etapa

En este nivel de voltaje y para la segunda etapa el CONELEC permite una variación de voltaje del  $\pm 10\%$ . La forma en la que se calculará esta variación será mediante la aplicación de la fórmula (4.1) <sup>4.17</sup>.

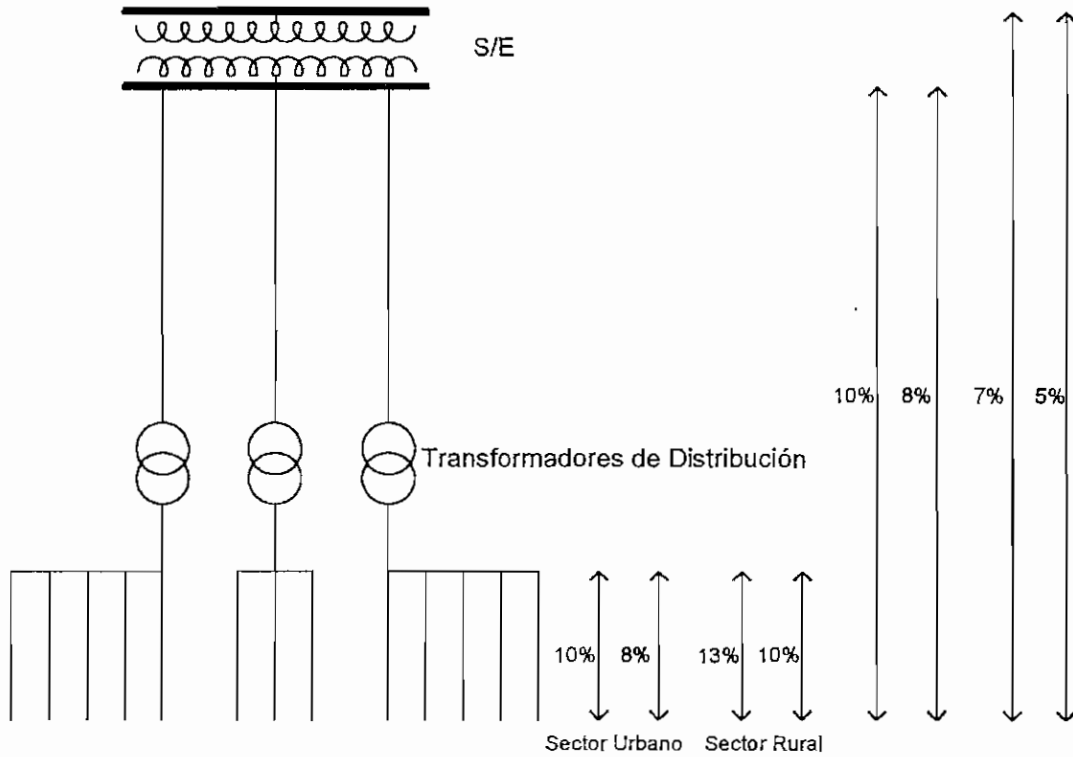


Figura 4.a

En la figura (4.a) <sup>4.18</sup> se presenta un resumen gráfico de los límites del nivel de voltaje que impone el CONELEC para cada uno de los niveles de voltaje así: alto voltaje, medio voltaje y bajo voltaje; para el sector urbano y para el sector rural, los límites señalados con color negro pertenecen a la primera etapa y los índices señalados con color azul pertenecen a los índices impuestos para la segunda etapa.

<sup>4.17</sup> Regulación CONELEC 004/01, página 6

<sup>4.18</sup> Optimización de las Instalaciones Eléctricas, PROCOBRE, Agosto del 2002, c.calidadelec parte 2 página

## 4.2 PERTURBACIONES

La red de distribución se le supone como una red sin impedancia interna, con un voltaje constante en todos sus puntos y que además este voltaje sea totalmente senoidal. Sin embargo en la práctica se tiene que el voltaje que llega al consumidor no cumple con lo expuesto y que por el contrario está distorsionado, la causa de estas distorsiones es en la mayoría de las veces la misma carga a causa de su forma de operar, éstas distorsiones pueden ocasionar que los equipos no funcionen o que en su defecto funcionen de forma errónea también pueden llegar a permitir pérdidas innecesarias provocando que se disminuya el rendimiento de la red. A pesar de que las pérdidas no son muy representativas en cuanto a rendimiento, sí pueden ocasionar un decremento significativo de eficacia del sistema productivo por provocar paradas intempestivas y daños de equipo. Por lo cual es importante reconocer con precisión el tipo de perturbación que está afectando a la red para de esta manera poder corregirla<sup>4.19</sup>.

En muy pocas ocasiones las perturbaciones que afectan a la red de distribución son externas, como por ejemplo perturbaciones atmosféricas.

Las perturbaciones que con mayor frecuencia afectan a la red son<sup>4.20</sup>:

- Perturbación conducida
- Variaciones de frecuencia
- Variaciones de tensión
- Variaciones rápidas de tensión
- Transitorios (picos y depresiones)
- Interrupciones cortas
- Microcorte
- Flicker
- Armónicos

---

<sup>4.19</sup> Calidad y Uso Racional de la Energía Eléctrica, CIRCUTOR y Joseph Bacells,2001, página 73

<sup>4.20</sup> Calidad y Uso Racional de la Energía Eléctrica, CIRCUTOR y Joseph Bacells,2001, páginas de la 74 a la



➤ Desequilibrio de tensión.

Con la finalidad de tener una idea más clara de lo que representan cada una de estas perturbaciones se recomienda consultar su definición en el ANEXO 2.1 del presente proyecto de titulación.

Todas las perturbaciones mencionadas, aunque en diferente grado cada una, ocasionan daños en la red de servicio eléctrico. Los parámetros de red que se ven afectados por las dichas perturbaciones son:

- Frecuencia
- Amplitud
- Simetría del sistema trifásico.

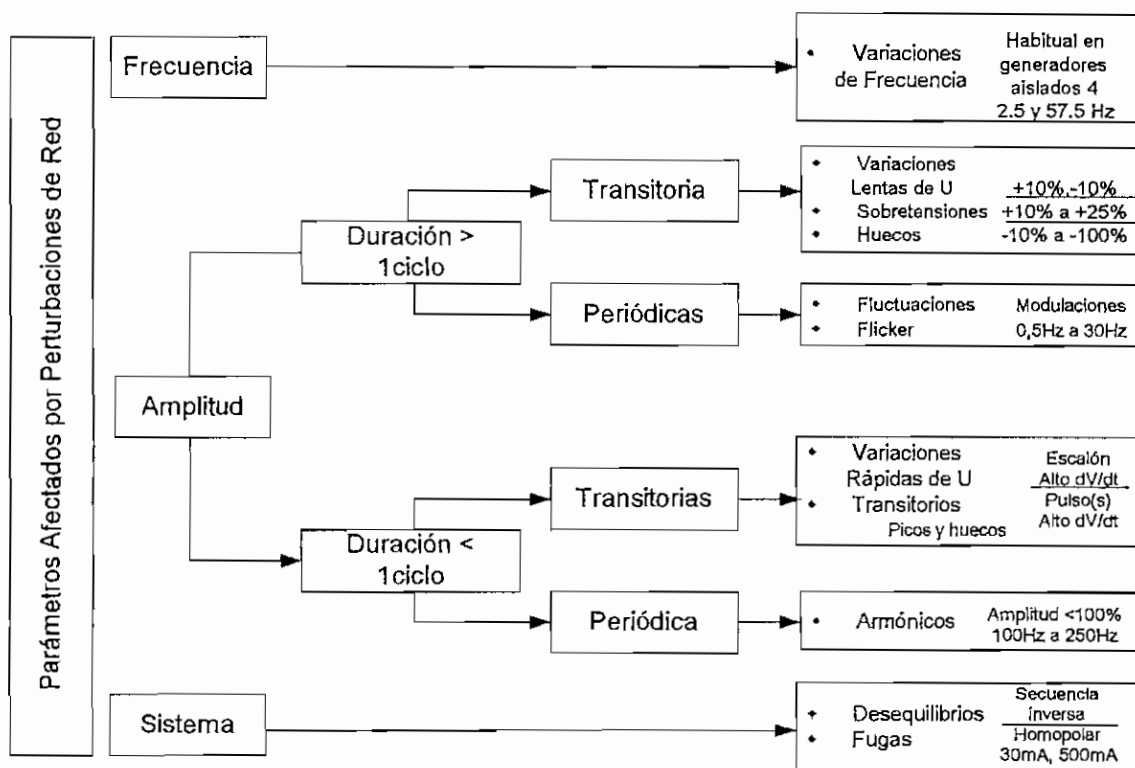


Figura (4.b)<sup>4.21</sup>

<sup>4.21</sup> Calidad y Uso Racional de la Energía Eléctrica, CIRCUTOR y Joseph Bacells,2001, página 74

En la figura (4.b) se puede apreciar un mayor detalle de los parámetros afectados por las perturbaciones.

Si se hace una comparación entre estos parámetros y los que analiza la regulación 004/01 del CONELEC se puede observar que no se encuentran analizadas todas estas perturbaciones, puesto que como la regulación mencionada está dirigida solo al sector de distribución, y considerando que las perturbaciones de frecuencia están a cargo del sector de generación no se las ha incluido en la dicha regulación, ésta regulación tampoco se encarga de estudiar a las perturbaciones de la simetría puesto que la simetría es más bien un artificio del cual se ocupa la teoría de las protecciones eléctricas.

Sin embargo, las perturbaciones que afectan a la amplitud, tanto las de duración superior a un ciclo como las de duración inferior a un ciclo, sí son analizadas por la regulación 004/01 del CONELEC, pero solamente las perturbaciones periódicas, puesto que no es necesarios que la regulación imponga límites para las perturbaciones transitorias.

Las perturbaciones que se analizan y delimitan en la regulación son el efecto flicker y los armónicos de voltaje, cuya forma de determinar se presenta a continuación.

#### **4.2.1 PARPADEO**

El flicker o parpadeo es una de las causas por las cuales la red de distribución se encuentra distorsionada. A este se le considera como la sensación visible molesta o en otras palabras como la variación rápida y periódica de voltaje que es causada cuando las variaciones elevadas de corriente se combinan con una impedancia de red alta<sup>4.22</sup>.

---

<sup>4.22</sup> Optimización de las Instalaciones Eléctricas, PROCOBRE, Agosto del 2002, c.calidadelec parte 2 página 31.

Las variaciones de voltaje producen las fluctuaciones en la iluminación conocidas como parpadeo o como centelleo de la iluminación visible por el ser humano, las cuales pueden llegar a ser muy dañinas al comportamiento y a la salud, es por ésta razón que la norma IEC 868-0 de 1991 ha puesto límites, los cuales están dirigidos a cuidar el buen estado del ojo humano y basados en un modelo biológico de la perceptibilidad del mismo.

En la tabla 4.1 se presentan los límites que impone la mencionada norma del IEC, los límites que se presentan en la tabla se han determinado como función de la frecuencia del parpadeo.

<b>Frecuencia de la Fluctuación (Hz)</b>	<b>Fluctuación Permitida De voltaje (%)</b>
0,5	2,340
2,0	0,882
4,0	0,500
6,0	0,328
8,0	0,255
10,0	0,260
12,0	0,312
14,0	0,388
16,0	0,480
18,0	0,584
20,0	0,700
22,0	0,824

Tabla 4.1<sup>4.23</sup>

En la regulación 004/01 del CONELEC se considera un índice de severidad por flicker de corta duración (Pst), el cual está calculado para que el ojo humano no sufra daños a causa de las variaciones en la intensidad luminosa, tal como se calcularon los límites anteriores.

El índice superior que el ser humano puede, antes de presentar daños, es de uno ( $Pst = 1$ ) <sup>4.24</sup>. La forma de cálculo del índice de severidad por flicker de corta duración obedece al siguiente proceso <sup>4.25</sup> :

1. Se mide el nivel de voltaje de cada medio periodo.
2. Se calcula la variación de voltaje entre semiciclos.
3. Se refiere las variaciones de voltaje al valor eficaz promedio de voltaje.

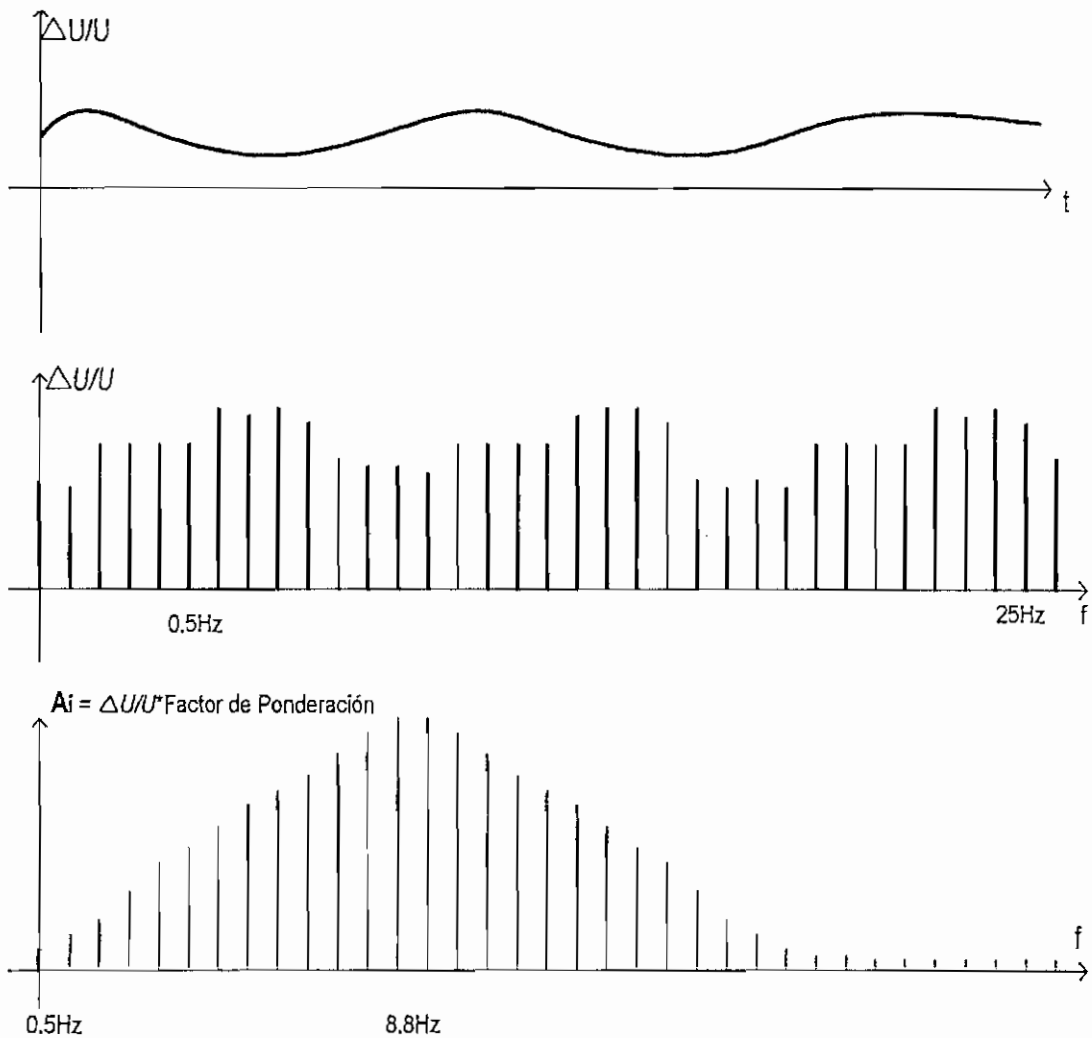


Figura (4.c) <sup>4.26</sup>

<sup>4.23</sup> Optimización de las Instalaciones Eléctricas, PROCOBRE, Agosto del 2002, c.calidadelec parte 2 página 32

<sup>4.24</sup> Regulación CONELEC 004/01, página 7.

<sup>4.25</sup> Calidad y Uso Racional de la Energía Eléctrica, CIRCUTOR y Joseph Bacells,2001, página 97.

<sup>4.26</sup> Optimización de las Instalaciones Eléctricas, PROCOBRE, Agosto del 2002, c.calidadelec parte 2 página 98

Con el proceso anterior se tiene las variaciones relativas de voltaje. Sin embargo las variaciones de voltaje dependen mucho de la frecuencia de la fluctuación, para graficar ésta idea a continuación se muestra la figura (4.c) en la que se tiene la descomposición en un espectro de frecuencias de las variaciones de voltaje relativas.

En ésta gráfica se puede apreciar que las fluctuaciones de mayor peso son las de frecuencia de 8.8 Hz, pues a ésta frecuencia una variación del 0.25% de voltaje generaría un efecto flicker de corta duración igual a la unidad. La ponderación que se da a cada distorsión no es la misma, puesto que no todas son igualmente percibidas por el ojo humano<sup>4.27</sup>.

La fórmula mediante la cual el CONELEC calcula el índice de severidad flickler de corta duración es mediante la ecuación (4.2)<sup>4.28</sup>

$$P_{st} = \sqrt{0.0314 P_{0.1} + 0.0525 P_1 + 0.0657 P_3 + 0.28 P_{10} + 0.08 P_{50}} \quad (4.2)$$

Donde:

$P_{st}$  = Índice de severidad de flicker de corta duración.

$P_{0.1}$ ,  $P_1$ ,  $P_3$ ,  $P_{10}$ ,  $P_{50}$  = Niveles de efecto flicker que se sobrepasan durante el 0.1%, 1%, 3%, 10% del tiempo total del periodo de observación.

Sin embargo cabe resaltar que los equipos que se utilizará para realizar las mediciones entregan directamente los datos del índice de severidad por efecto flicker de corta duración,  $P_{st}$ , lo cual ahorra el trabajo de calcular este índice, es ésta la razón para que en la hoja de cálculo que se ha realizado en el presente proyecto no se considere una fórmula de cálculo y solo se determine el porcentaje de las mediciones que se encuentran incumpliendo con la regulación<sup>4.29</sup>.

<sup>4.27</sup> Optimización de las Instalaciones Eléctricas, PROCOBRE, Agosto del 2002, c.calidadelec parte 2 página 98

<sup>4.28</sup> Regulación CONELEC 004/01, página 6

## 4.2.2 ARMÓNICOS

Los armónicos surgen del uso, cada vez más común, de elementos de origen electrónico, los cuales son relativamente actuales. Es por ésta razón que a los sistemas eléctricos se los debe estudiar como el resultado de la combinación de la fuente de alimentación, que usualmente es senoidal, y el consumo que normalmente es constante. Es precisamente el consumo el que provoca perturbaciones en la red y la razón es porque cuando este consumo no es lineal produce armónicos. En virtud de esto se analiza de forma detallada el comportamiento de las cargas no lineales<sup>4.30</sup>.

### Consumo No Lineal<sup>4.31</sup>

Gracias a los avances de la electrónica de potencia el consumidor puede controlar la forma de onda del voltaje que recibe, es decir el producto final como la iluminación o la velocidad, ambas variables.

Como en la actualidad es necesario tener el control del producto final casi la mitad de la electricidad se ve obligada a pasar por medio de dispositivos electrónicos antes de hacer uso de ésta.

Los dispositivos electrónicos que ayudan a tener control sobre la forma de onda del voltaje de alimentación de la carga hacen uso de diodos, tiristores y transistores para su funcionamiento, elementos que se los denomina como biestables, es decir trabajan en modo de interrupción para que el consumidor pueda escoger los momentos en que desea que conduzcan. La potencia que utilizan estos elementos es pequeña, sin importar el estado en que se encuentren.

En la figura (4.d) se presenta un circuito constituido por una resistencia, una inductancia y un par de semiconductores, circuito no lineal.

<sup>4.29</sup> Manual de los Equipos MEMOBOX 300 y TOPAS 1000, página 15 y página 26 respectivamente

<sup>4.30</sup> Calidad y Uso Racional de la Energía Eléctrica, CIRCUTOR y Joseph Bacells, 2001, página 81.

Como se puede apreciar en la figura (4.e) el voltaje inicial de alimentación es perfectamente senoidal, pero como la electricidad debe pasar por semiconductores o elementos biestables, los cuales permiten alterar la onda de voltaje, este deja de ser senoidal tal como se puede observar en la figura (4.f), además en la figura (4.g) se tiene la corriente que circula por el circuito la cual también se ve distorsionada por la presencia de elementos bi-estables en la carga. Es de ésta manera que los circuitos de cargas no lineales producen armónicas en la red.

Gráfico 4.d<sup>4.32</sup>

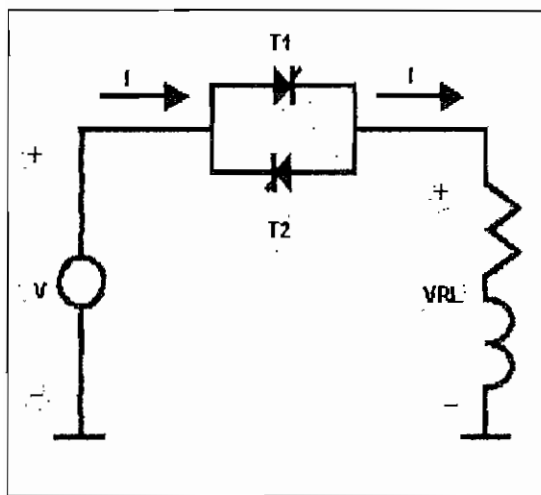


Gráfico 4.e<sup>4.33</sup>

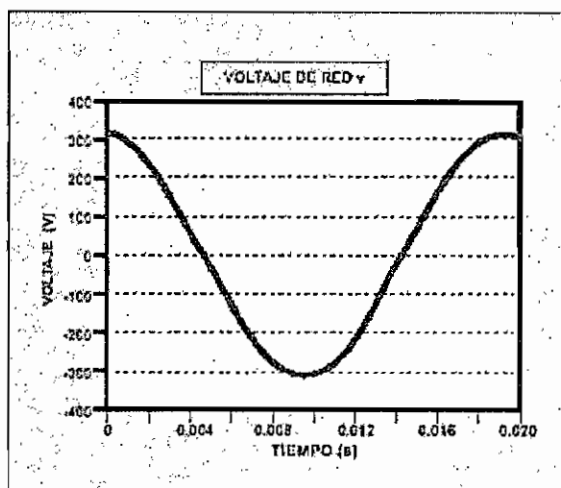


Gráfico 4.f<sup>4.34</sup>

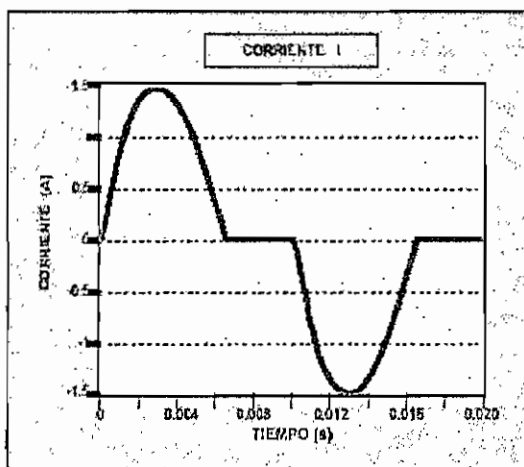
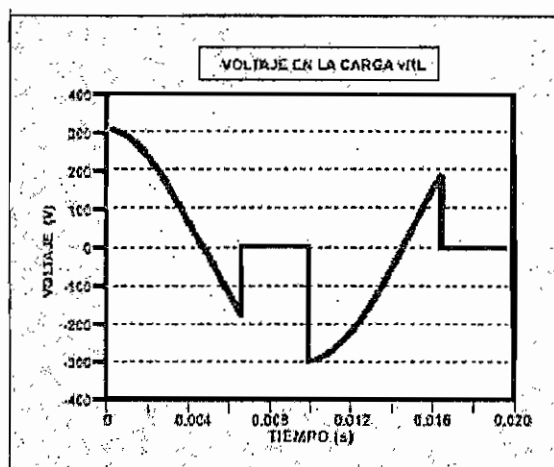


Gráfico 4.g<sup>4.35</sup>



<sup>4.31</sup> Optimización de las Instalaciones Eléctricas, PROCOBRE, Agosto del 2002, c.calidadelec parte 2 páginas de la 1 a la 10. y. Calidad y Uso Racional de la Energía Eléctrica, CIRCUTOR y Joseph Bacells,2001, páginas de la 81 a la 85

<sup>4.32</sup> Optimización de las Instalaciones Eléctricas, PROCOBRE, Agosto del 2002, c.calidadelec parte2 página4

<sup>4.33</sup> Optimización de las Instalaciones Eléctricas, PROCOBRE, Agosto del 2002, c.calidadelec parte2 página4

<sup>4.34</sup> Optimización de las Instalaciones Eléctricas, PROCOBRE, Agosto del 2002, c.calidadelec parte2 página4

<sup>4.35</sup> Optimización de las Instalaciones Eléctricas, PROCOBRE, Agosto del 2002, c.calidadelec parte2 página4

Además de saber de dónde surgen las armónicas es importante conocer que a una onda periódica se la puede descomponer no solo en su onda fundamental sino también en las armónicas que la están afectando. Cada armónica tiene su propia fase, amplitud y orden. Así para un caso general en el que se tenga una onda de alimentación periódica en la cual su frecuencia fundamental será  $f$  y cuya descomposición en armónicas sería la que muestra la ecuación (4.3)<sup>4.36</sup>.

$$f(t) = A_0 + A_1 \cos(\omega t + \varphi_1) + A_2 \cos(2 * \omega t + \varphi_2) + A_3 \cos(3 * \omega t + \varphi_3) + \dots + A_{40} \cos(40 * \omega t + \varphi_{40}) \quad (4.3)$$

Donde se tiene que:

$A_0$  = Es el valor constante de la componente dc de la señal.

$A_1 * \cos(\omega t + \varphi)$  = Es la componente fundamental de la señal, cuyo valor no se considera para el análisis de los armónicos.

$A_2 * \cos(2*\omega t + \varphi) + \dots + A_{40} \cos(40*\omega t + \varphi)$  = Componentes de las armónicas, de la uno a la cuarenta, a las cuales se les analizará y estudiará.

Una armónica queda bien definida por medio de la especificación de su amplitud, su frecuencia y su orden. Sin embargo como la componente  $A_0$ , por el hecho de ser el valor de la componente dc o constante de la función no posee ni fase ni ángulo y la forma mediante la cual se calcula su valor es como muestra la ecuación (4.4)<sup>4.37</sup>.

$$A_0 = \frac{a_0}{2} = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) dt \quad (4.4)$$

<sup>4.36</sup> Calidad y Uso Racional de la Energía Eléctrica, CIRCUTOR y Joseph Bacells, 2001, página 82.

<sup>4.37</sup> Calidad y Uso Racional de la Energía Eléctrica, CIRCUTOR y Joseph Bacells, 2001, página 83.



En la figura 4.h se puede observar la distribución de la componente real y la componente imaginaria del módulo de las armónicas y además el ángulo de las armónicas.

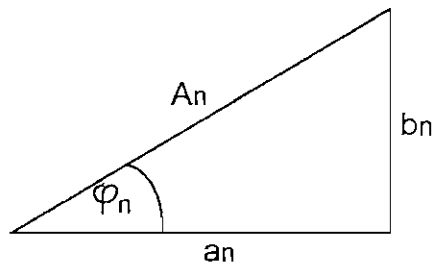


Figura 4.h

De la figura 4.g se puede deducir que el ángulo de las armónicas es como indica la ecuación (4.6)<sup>2.39</sup>.

$$\varphi_n = \arctan \frac{b_n}{a_n} \tag{4.6}$$

Donde:

$a_n$  = Componente real de la armónica de orden  $n$ .

$b_n$  = Componente imaginaria de la armónica de orden  $n$ .

$\varphi_n$  = Ángulo de la armónica de orden  $n$ .

Como se mencionó anteriormente, también se necesita conocer la frecuencia de una armónica para que dicha armónica quede especificada completamente, para esto basta con multiplicar la frecuencia fundamental por el número del orden de la armónica, tal como lo indica la ecuación (4.7)<sup>4.40</sup>.

$$f_n = n * f \tag{4.7}$$

<sup>2.39</sup> Calidad y Uso Racional de la Energía Eléctrica, CIRCUTOR y Joseph Bacells, 2001, página 83.

<sup>4.40</sup> Calidad y Uso Racional de la Energía Eléctrica, CIRCUTOR y Joseph Bacells, 2001, página 82.

Donde:

$f_n$  = Frecuencia de la armónica de orden  $n$ .

$f$  = Frecuencia fundamental

$n$  = Orden de la armónica.

De ésta forma mediante las ecuaciones (4.5), (4.6) y (4.7) se tiene todo lo necesario para dar a conocer el valor, el ángulo y la frecuencia de una armónica, pues como se ha mencionado son estos tres parámetros los que definen a una armónica.

La forma mediante la cual se calcula las armónicas ha quedado muy clara, sin embargo es necesario mencionar que el equipo denominado TOPAS 1000, el cual se utiliza para la medición de la calidad del producto, y cuya definición se puede apreciar en el capítulo 2, entrega directamente los valores de cada una de las armónicas individuales de voltaje a más del factor total por distorsión armónica; evitando de ésta forma que el proceso de la determinación de los índices se convierta en un trabajo tedioso y largo. Sin embargo el equipo denominado MEMOBOX 300, utilizado también en la medición de calidad de producto y que de hecho es más empleado que el TOPAS 1000 debido a su considerable menor valor, no cuenta con una opción que permita conocer las armónicas individuales de voltaje, si no tan solo el factor total por distorsión armónica.

Con los datos obtenidos de los valores de cada una de las armónicas lo óptimo será; que los valores de las armónicas pares sean nulos pues lo contrario indicaría que los controles de los semiconductores están desajustados. En cuanto a las armónicas impares y de orden superior deben ser de valor pequeño, pero cuando esto no se cumple quiere decir que se tiene variaciones bruscas de voltaje y de corriente. Cabe resaltar que las variaciones bruscas de voltaje y de corriente pueden significar daños o deterioro de los equipos bajo control o radio interferencia en equipos de radio y televisión<sup>4.41</sup>.

---

<sup>4.41</sup> Calidad y Uso Racional de la Energía Eléctrica, CIRCUTOR y Joseph Bacells, 2001, página 93.

Donde:

$A_0$  = Módulo de la armónica cero que es la componente de valor dc de la función.

$a_0$  = Componente real del módulo de la armónica.

$f(t)$  = Función periódica a analizarse.

La forma mediante la cual se encuentra el valor de la amplitud de una armónica de orden desde dos hasta cuarenta, para el caso particular de la regulación ecuatoriana, es como se deduce a continuación por medio de la ecuación (4.5) 4.38.

$$a_n = \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{+\frac{T}{2}} f(t) * \cos (n \omega * t) dt$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{+\frac{T}{2}} f(t) * \text{sen} (n \omega * t) dt$$

$$A_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2} \quad (4.5)$$

Donde:

$a_n$  = Componente real de la armónica n.

$b_n$  = Componente imaginaria de la armónica n.

$A_n$  = Módulo de la armónica de orden n.

$f(t)$  = Función periódica a analizarse.

$n$  = Orden de la armónica

$\omega$  = Pulsación de la armónica

$t$  = Tiempo de análisis de la función.

<sup>4.38</sup> Calidad y Uso Racional de la Energía Eléctrica, CIRCUTOR y Joseph Bacells, 2001, página 83.

Para dar una mejor idea del daño que ocasionan las armónicas de voltaje a la onda fundamental de voltaje en las figuras 4.h, 4.i, 4.j, 4.k, 4.l y 4.m se muestra la descomposición de la onda de voltaje en: onda fundamental, quinta armónica, séptima armónica, décima primera armónica, décima tercera armónica y voltaje resultante a consecuencia de las armónicas. Éstas gráficas representan el valor de voltaje de cada una de las armónicas anteriormente mencionadas versus el tiempo.

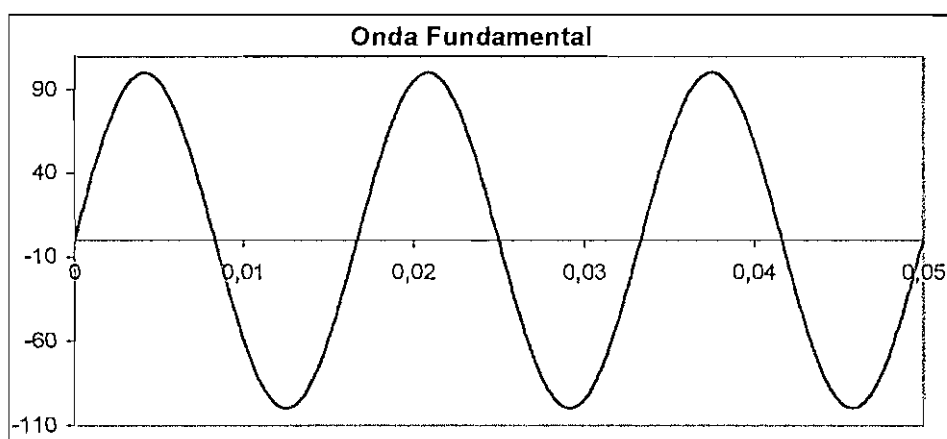


Figura 4.h

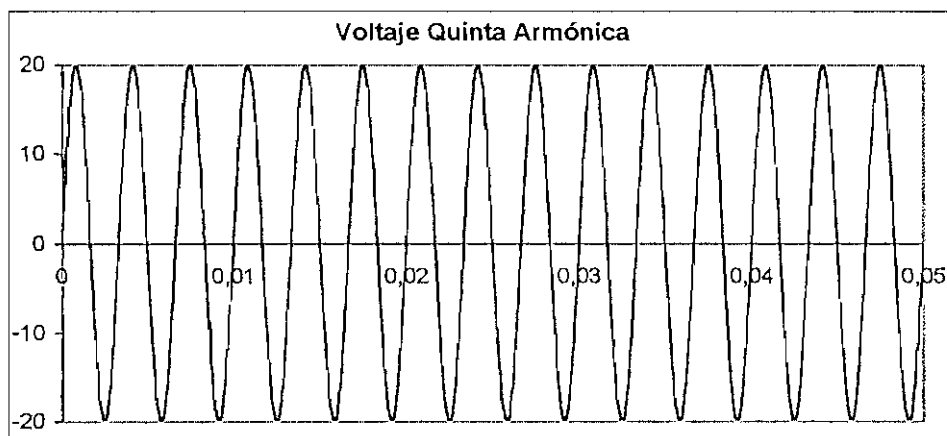


Figura 4.i

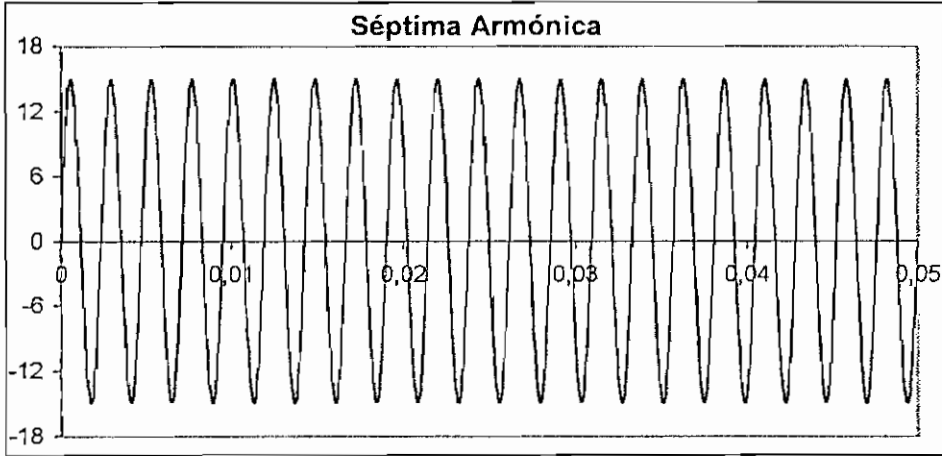


Figura 4.j

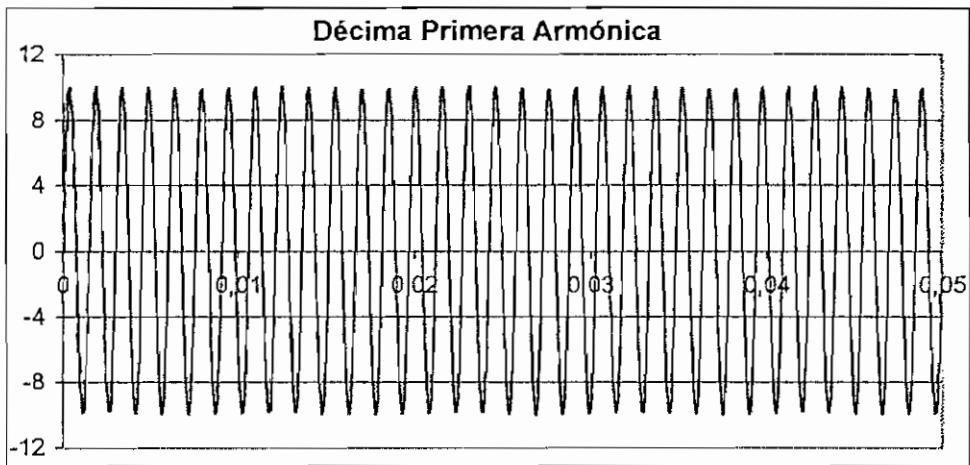


Figura 4.k

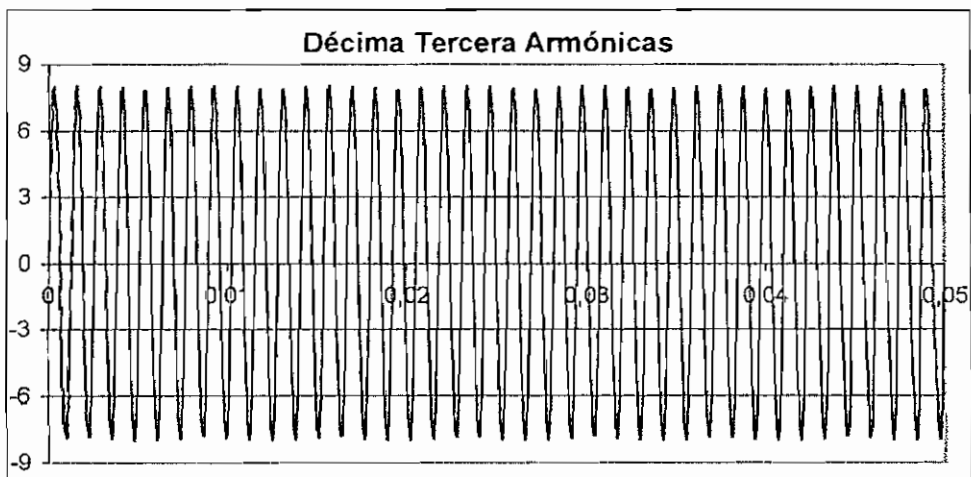


Figura 4.l

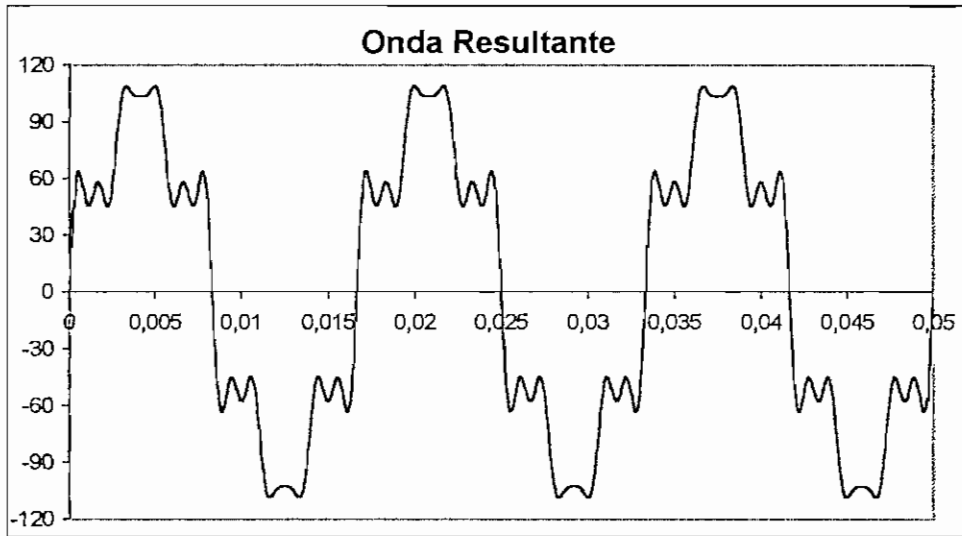


Figura 4.m

En las figuras de la 4.h a la 4.m se puede apreciar que la amplitud de las armónicas no es la misma que la amplitud de la onda fundamental, pues mientras más alta es la armónica su frecuencia aumenta, pero su amplitud disminuye. Además mediante la comparación entre la gráfica 4.h y la gráfica 4.m se puede apreciar la gran diferencia que existe entre una onda pura como la primera y una distorsionada como la última<sup>4.42</sup>.

Por lo expuesto anteriormente el CONELEC en su regulación 004/01 brinda límites para los factores de las perturbaciones por armónicos a los cuales los divide en factor de distorsión armónica individual de voltaje y factor de distorsión total por armónicos, el detalle de los límites se hace a continuación.

#### 4.2.2.1 Factor de Distorsión Armónicas Individual de Voltaje

Tal como lo pide el CONELEC se debe determinar el factor de distorsión armónica que sufre cada una de las armónicas de voltaje, lo cual se calculará mediante la fórmula número (4.8)<sup>4.43</sup>.

<sup>4.41</sup> Calidad y Uso Racional de la Energía Eléctrica, CIRCUTOR y Joseph Bacells, 2001, página 84.

<sup>4.43</sup> Regulación CONELEC 004/01, página 7

$$V_i' = \left( \frac{V_i}{V_n} \right) * 100 \tag{4.8}$$

Donde:

$V_i'$  = Factor de distorsión armónica individual de voltaje expresado en porcentaje.

$V_i$  = Valor eficaz (rms) del voltaje armónico "i" (para  $i = 2 \dots 40$ ) expresado en voltios.

$V_n$  = Voltaje nominal del punto de medición expresado en voltios.

El CONELEC ha determinado un límite para el factor de distorsión armónica individual de voltaje en porcentaje respecto al voltaje nominal del punto de medición además este límite es diferente para cada una de las treinta y nueve armónicas, desde la dos hasta la cuarenta, estos límites se pueden apreciar en la tabla<sup>4.44</sup> 4.2.

Orden (n) de la Armónica	Límite de $V_i'$ (% respecto del voltaje nominal)	
	V > 40kV otros puntos	V < 40 kV trafos de distribución
<b>Impares no múltiplos de 3</b>		
5	2,0	6,0
7	2,0	5,0
11	1,5	3,5
13	1,5	3,0
17	1,0	2,0
19	1,0	1,5
23	0,7	1,5
25	0,7	1,5
Mayores de 25	$0,1 + 0,6 * 25/n$	$0,2 + 1,3 * 25/n$
<b>Impares múltiplos de 3</b>		
3	1,5	5,0

<sup>4.44</sup> Regulación CONELEC 004/01, página 9

9	1,0	1,5
15	0,3	0,3
21	0,2	0,2
Mayores de 21	0,2	0,2
<b>Pares</b>		
2	1,5	2,0
4	1,0	1,0
6	0,5	0,5
8	0,2	0,5
10	0,2	0,5
12	0,2	0,2
Mayores de 12	0,2	0,5

Tabla 4.2

#### 4.2.2.2 Factor de Distorsión Total por Armónicos

El CONELEC requiere que se le entregue el THD, factor de distorsión total por armónicos que ha sufrido el voltaje. Este índice se calcula por medio de la fórmula número (4.9)<sup>4.45</sup>.

$$THD = \left( \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^{40} (V_i)^2}}{V_n} \right) * 100 \quad (4.9)$$

Donde:

$THD$  = Factor de distorsión total por armónicos, expresado en porcentaje.

$V_i$  = Valor eficaz (rms) del voltaje armónico "i" (para  $i = 2 \dots 40$ ) expresado en voltios.

$V_n$  = Voltaje nominal del punto de medición expresado en voltios.

<sup>4.45</sup> Regulación CONELEC 004/01, página 7.



El límite que impone el CONELEC para el factor de distorsión total por armónicos es el que se muestra en la tabla 4.3<sup>4.46</sup>.

Orden (n) de la Armónica	Límite de IV'il (% respecto del voltaje nominal)	
	V > 40kV otros puntos	V < 40 kV trafos de distribución
THD	3	8

TABLA 4.3

### 4.3 FACTOR DE POTENCIA

El factor de potencia se define como la relación entre la potencia activa y la potencia aparente tal como muestra la ecuación (4.10)<sup>4.47</sup>.

$$fp = \frac{S}{P} \quad (4.10)$$

Donde:

fp = Factor de potencia

S = Potencia aparente

P = Potencia activa.

En ésta ecuación se puede observar que el factor de potencia es el coseno del ángulo del triángulo de potencias cuyo diagrama se lo puede ver en la figura (4.0)<sup>4.48</sup>.

<sup>4.46</sup> Teoría y Problemas de Circuito Eléctricos, Joseph Edminister, McGraw-Hill, México, Segunda Edición, 1988, capítulo 9, páginas de la 137 a la 141.

<sup>4.47</sup> Teoría y Problemas de Circuito Eléctricos, Joseph Edminister, McGraw-Hill, México, Segunda Edición, 1988, capítulo 9, páginas de la 137 a la 141.

<sup>4.48</sup> Teoría y Problemas de Circuito Eléctricos, Joseph Edminister, McGraw-Hill, México, Segunda Edición, 1988, capítulo 9, páginas de la 137 a la 141.

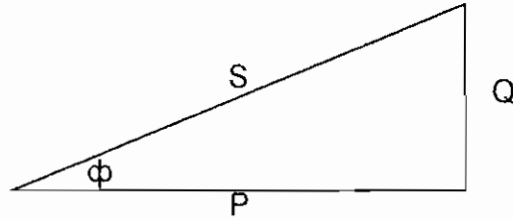


Figura (4.o)

Mediante el cálculo del factor de potencia se puede tener una idea clara del comportamiento de los reactivos del consumidor. Con ésta información la empresa puede conocer si a causa de los reactivos que inyecta o recibe el consumidor en un determinado momento sube o baja el voltaje a partir de ese punto.

Si los reactivos del consumidor en un determinado momento son elevados provocará que el voltaje suba a partir de ese punto, si ésta subida de voltaje es por sobre los límites permitidos por la regulación bajo estudio la empresa deberá obligar al consumidor a tomar medidas correctivas en ese punto de tal forma que el problema del consumidor no dé problemas a la red. Sin embargo si el factor de potencia del consumidor es bajo de tal forma que el nivel de voltaje desde ese punto en adelante es más bajo que los niveles permitidos esto quiere decir que este consumidor necesita la inyección de reactivos para obtener un nivel de voltaje más alto, en este caso se deberá hacer un análisis más detallado para determinar si es necesario la conexión de un banco de capacitores para compensar la caída de voltaje.

En la regulación se estipula un límite para el factor de potencia de 0.96, para determinar este índice se tomará las mediciones de factor de potencia directamente en el punto a analizarse.

## **CAPÍTULO 5**

### **CÁLCULO Y ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO**

Para calcular la calidad del producto se necesita como elementos fundamentales a: la hoja de cálculo de Excel, cuya forma de cálculo se detalló en el capítulo anterior, y los datos de las mediciones realizadas en los diferentes puntos escogidos. La selección de los puntos de medición se lo ha hecho en base al criterio que expone la regulación 004/01 del CONELEC, el cual busca que los puntos donde se hagan las mediciones sean aleatorios y que sean representativos del todo el sistema, en este caso el sistema es toda el área de concesión de la subestación “El Retorno”.

Para escoger los puntos en los cuales se va a tomar las mediciones se debe tener bien definido el tamaño de la muestra la cual se especifica a continuación.

#### **5.1 DEFINICIÓN DE LA MUESTRA**

Para el estudio de la subestación “El Retorno” se han determinado los siguientes puntos de medición:

##### **5.1.1 SUBESTACIÓN**

La subestación que se ha escogido para la determinación de los índices de calidad del producto es la subestación “El Retorno”, pues es ésta subestación de la cual le interesa a la empresa conocer los índices de calidad del producto ya que sus alimentadores sirven al sector residencial, al sector comercial y al sector rural por lo cual EMELNORTE considera que ésta subestación es la idónea para tomarla de ejemplo en el cálculo de los índices mencionados para obtener un modelo que luego será aplicado en toda la empresa. Las mediciones de los

parámetros de la calidad del producto se tomarán en la barra de salida, es decir, en los cuatro circuitos o alimentadores que se encuentran sirviendo al consumidor.

### 5.1.2 TRANSFORMADORES

La subestación "El Retorno" posee un total de 731 transformadores de diferente tipo y diferente potencia, tal como se especificó en el capítulo 3.

En la regulación 004/01 numeral 2.1.2 se estipula que la muestra de transformadores debe ser el 0.15% del total de estos, pero también se menciona que no se puede utilizar una muestra inferior a cinco transformadores, en conocimiento de esto se procede a calcular la muestra de transformadores:

$$\begin{aligned} \text{Tamaño de la muestra} &= \frac{\text{Total de transformadores} * \text{factor de la regulación}}{100} \\ \text{Tamaño de la muestra} &= \frac{731 * 0.15}{100} = 1.097 \text{ (transformadores)} \end{aligned} \quad (5.1)$$

Como se puede apreciar en la fórmula (5.1) el tamaño debería ser de un transformador, pero como se mencionó la regulación del CONELEC no permite una muestra inferior a los cinco transformadores por lo cual la muestra de transformadores será este valor mínimo: cinco transformadores.

### 5.1.3 CONSUMIDORES

La subestación "El Retorno" no tiene asociado el número exacto de consumidores con el que cuenta en la actualidad, si no tan solo el número de los consumidores que tuvo en el año 2000, pero con el conocimiento de este dato y además conociendo que la empresa tiene un factor de 0.05, tasa del 5%<sup>5.1</sup>, de crecimiento anual de los consumidores se puede llegar a conocer el dato aproximado de los consumidores que tenía ésta subestación en al término del año 2002. En la tabla

<sup>5.1</sup> Crecimiento de los consumidores. Departamento de Comercialización, EMELNORTE

5.1 se puede apreciar el resumen de los consumidores de la subestación bajo estudio.

Alimentador	Consumidores al 200	Tasa de crecimiento anual	Consumidores al 2002
Circuito 1	2466	5%	2713
Circuito 2	3378	5%	3716
Circuito 4	539	5%	593
Circuito 5	2951	5%	3246
TOTAL	9334		10267

TABLA 5.1

En la Tabla 5.1 se puede apreciar que la subestación tiene aproximadamente 10267 consumidores y para determinar la muestra que se utilizará se calcula por medio de la fórmula (5.2).

$$\text{Tamaño de la muestra} = \frac{\text{Total de usuarios} * \text{factor de la regulación}}{100}$$

$$\text{Tamaño de la muestra} = \frac{10267 * 0.01}{100} = 1.027 \text{ (usuarios)} \quad (5.2)$$

Como muestra la ecuación (5.2) la muestra de consumidores debe ser de un consumidor, pero en la regulaciones estipula que la muestra de consumidores no puede ser menor a 10 abonados por lo tanto la muestra de consumidores será de diez consumidores.

En la tabla 5.2 se resume la muestra que se utilizará de subestación, barras de salida, transformadores y consumidores.

	Porcentaje del Total	Tamaño de la muestra
Subestación		1
Barras de Salida	20%	4
Transformadores	0,15%	5

Consumidores	0,01%	10
--------------	-------	----

Tabla 5.2

## 5.2 CÁLCULO Y ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO

Tras haber definido la forma de cálculo de la calidad del producto en el capítulo cuatro se debe proceder al cálculo y análisis de los índices, cálculo que se realizará por medio de las hojas de cálculo de Excel que se encuentran en el ANEXO 5.1. Con los resultados que se obtengan de las mencionadas hojas de cálculo se podrá llenar las plantillas que se debe entregar al CONELEC, mismas que se presentan más adelante para su análisis.

El CONELEC requiere que la información sobre la calidad del producto se entregue de forma ordenada y sobre todo estandarizada de tal forma que la documentación obtenida por parte de las empresas distribuidoras sea fiel reflejo de la realidad de dicha empresa y que además sea clara para el análisis correspondiente que hará el Consejo de Electrificación Nacional. Para este fin es que el CONELEC ha creado un modelo en el cual se debe entregar los resultados de los cálculos de los índices de calidad del producto de las subestaciones, de los transformadores y de los consumidores finales. Es ésta la razón por la cual se analizarán los resultados que se obtuvieron de las hojas de cálculo de la calidad el producto haciendo la siguiente subdivisión:

- Subestación
- Transformadores
- Consumidor Final

### 5.2.1 SUBESTACIÓN

En el ANEXO 5.1, en el archivo *Calidad del producto : \ SUBESTACIÓN* se puede apreciar los datos que se obtuvieron del TOPAS 1000, en cuanto a lo que requiere la regulación 004/01 del CONELEC: Voltaje, Parpadeo (flicker),

Armónicos y Factor de Potencia. Además de los datos también se pueden apreciar los índices calculados y las gráficas estadísticas de cada parámetro para cada alimentador de la subestación bajo estudio, sin embargo a continuación se presenta un ejemplo de estos cuatro alimentadores, dicho ejemplo muestra el caso más crítico encontrado en circuitos primarios, es decir el caso en el que se tiene mayor porcentaje de mediciones fuera de regulación.

### 5.2.1.1 Circuito Cinco

#### 5.2.1.1.1 Nivel de Voltaje

El circuito cinco es el último de los alimentadores de la subestación "El Retorno" y para conocer el porcentaje de las mediciones del nivel de voltaje que se encuentran fuera de los límites de la regulación vigente se presenta la tabla 5.3.

Porcentaje de mediciones Fuera de Regulación (A)	<b>0,496%</b>
---	---------------

Porcentaje de mediciones Fuera de Regulación (B)	<b>0,496%</b>
---	---------------

Porcentaje de mediciones Fuera de Regulación (C)	<b>0,496%</b>
---	---------------

Tabla<sup>5.2</sup> 5.3

La tabla 5.3 muestra que el porcentaje de mediciones del nivel de voltaje que se encuentran fuera de regulación tanto para la primera etapa, como para la segunda etapa no llega ni al 1%, pues a pesar de que como muestra el ANEXO 5.2, donde se puede ver los gráficos estadísticos de cada una de las fases, la variación de voltaje está entre 0.0(V) y 8200(V), pero como el porcentaje de mediciones de voltaje con valor 0.0(V) es inferior al 5% este circuito no tiene problemas de nivel de voltaje.

En al gráfica 5.a se puede ver la superposición de los intervalos de variación de voltaje de cada subetapa y del circuito cinco.

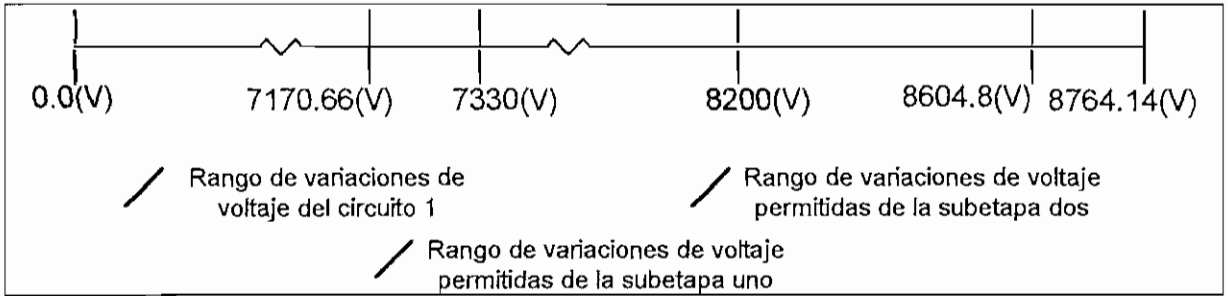


Gráfico 5.a

5.2.1.1.2 Perturbaciones

La regulación 004/01, mediante el numeral 2.2, ha emitido los límites permitidos para las perturbaciones tanto por efecto flicker como por armónicos por lo cual se los analizará cada una de éstas.

5.2.1.1.2.1 Parpadeo

En la tabla<sup>5.3</sup> 5.4 se tiene el porcentaje de mediciones del efecto flicker que se encuentran fuera de regulación.

Porcentaje de mediciones Fuera de Regulación (A)	<b>1,3889%</b>
Porcentaje de mediciones Fuera de Regulación (B)	<b>1,6865%</b>
Porcentaje de mediciones Fuera de Regulación (C)	<b>1,4881%</b>

Tabla 5.4

<sup>5.2</sup> Anexo 5.1, Archivo Calidad del Producto:\ SUBESTACIÓN:\ Circuito R5

<sup>5.3</sup> Anexo 5.1, Archivo Calidad del Producto:\ SUBESTACIÓN:\ Circuito R5



La tabla 5.4 muestra que los porcentajes de las mediciones del índice de perturbaciones por efecto flicker están bajo el 5% permitido lo cual permite cumplir con el numeral 2.2.1 de la regulación vigente. En el ANEXO 5.2 se puede apreciar el gráfico estadístico del efecto flicker de cada fase de este circuito.

#### 5.2.1.1.2.2 Armónicos

##### Factor de Distorsión Armónica Individual del Voltaje

El porcentaje de mediciones del factor de distorsión armónica individual de voltaje que incumplen con los límites impuestos por el CONELEC se presenta en la tabla<sup>5.4</sup> 5.5, si se presenta una sola tabla para las 39 armónicas analizadas es porque el resultado es exactamente el mismo para todas ellas.

Porcentaje de mediciones Fuera de Regulación (A)	<b>0%</b>
Porcentaje de mediciones Fuera de Regulación (B)	<b>0%</b>
Porcentaje de mediciones Fuera de Regulación (C)	<b>0%</b>

Tabla 5.5

La tabla 5.5 muestra que el porcentaje de mediciones del factor de distorsión armónica individual de voltaje para las tres fases del circuito cinco, de las armónicas desde la 2 hasta la 40, es 0%, cabe resaltar que a pesar de que para cada orden de armónica existe un límite particular lo cual se tomó en cuenta en el cálculo de los porcentaje y aún así para las 39 armónicas analizadas el resultado fue el mismo.

### Factor de Distorsión Total por Armónicos

El porcentaje de mediciones de THD que se encuentran fuera de regulación se presenta en la tabla<sup>5.5</sup> 5.6.

Porcentaje de mediciones Fuera de Regulación (A)	<b>0%</b>
---	-----------

Porcentaje de mediciones Fuera de Regulación (B)	<b>0%</b>
---	-----------

Porcentaje de mediciones Fuera de Regulación (C)	<b>0%</b>
---	-----------

Tabla 5.6

Se puede ver en la tabla 5.6 que los porcentajes de mediciones del factor de distorsión total por armónicos de las tres fases es cero lo cual ya se esperaba pues como se vio en la tabla 5.20 no existe distorsión fuera de los límites permitidos provocada por armónicos individuales de voltaje. En el ANEXO 5.2 se puede ver el gráfico estadístico del THD de cada fase.

#### 5.2.1.1.3 Factor de Potencia

El porcentaje de mediciones del factor de potencia que se encuentran fuera de regulación se muestra en la tabla<sup>5.6</sup> 5.7.

Porcentaje de mediciones Fuera de Regulación (A)	<b>99,603%</b>
---	----------------

<sup>5.4</sup> Anexo 5.1, Archivo Calidad del Producto:\ SUBESTACIÓN:\ Circuito R5

<sup>5.5</sup> Anexo 5.1, Archivo Calidad del Producto:\ SUBESTACIÓN:\ Circuito R5

<sup>5.6</sup> Anexo 5.1, Archivo ANEXO 5.1:\ Subestación:\ Circuito R5

Porcentaje de mediciones Fuera de Regulación (B)	<b>100%</b>
---	-------------

Porcentaje de mediciones Fuera de Regulación (C)	<b>97,916%</b>
---	----------------

Tabla 5.7

En la tabla 5.7 se puede apreciar que los porcentajes de mediciones del factor de potencia de cada fase del circuito cinco que se encuentran fuera de los límites que impone el CONELEC son más del 99% lo cual está totalmente lejos del 5% que permite la regulación vigente, pues en el caso de la fase A son solo 4 las mediciones que cumplen con el índice impuesto, en el caso de la fase B ninguna medición cumple con lo exigido por la regulación y en la fase C solo 21 mediciones cumplen con los límites. En las gráficas<sup>5.7</sup> 5.b, 5.c y 5.d. se presenta la distribución estadística del factor de potencia donde se observa el incumplimiento del numeral 2.3 de la regulación 004/01 del CONELEC.

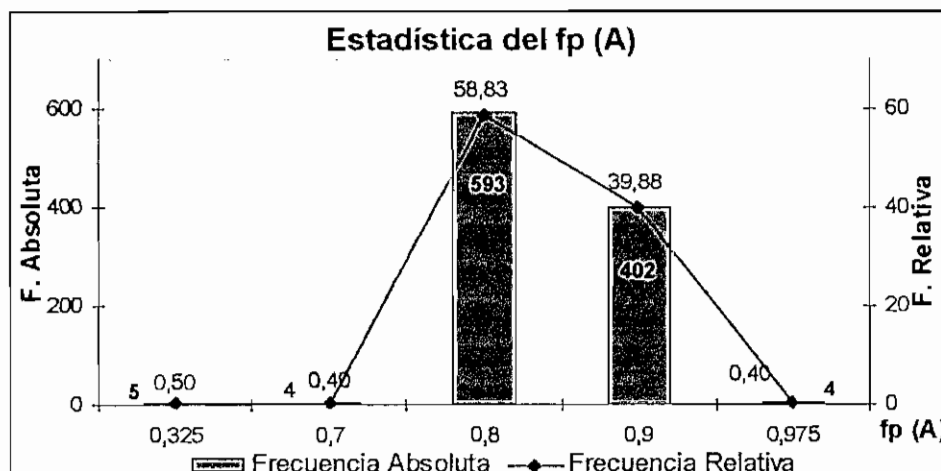


Gráfico 5.b

<sup>5.7</sup> Anexo 5.1, Archivo ANEXO 5.1:\ Subestación:\ gráficoCircuito R5

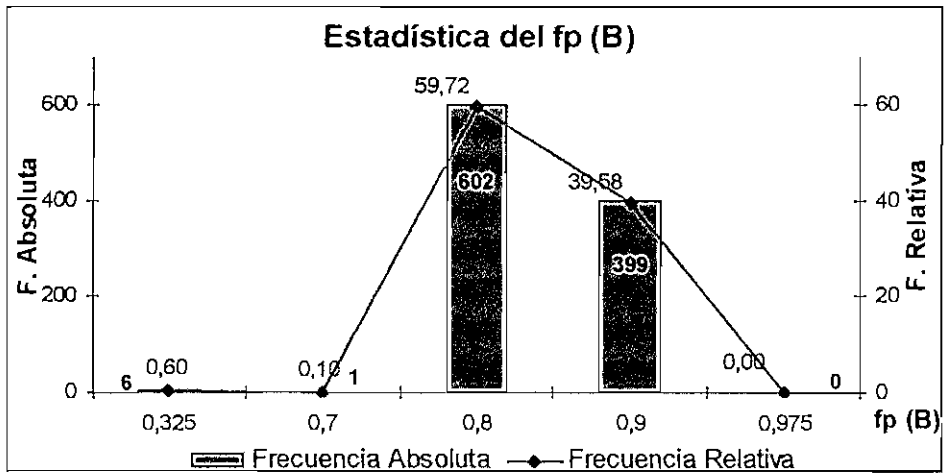


Gráfico 5.c

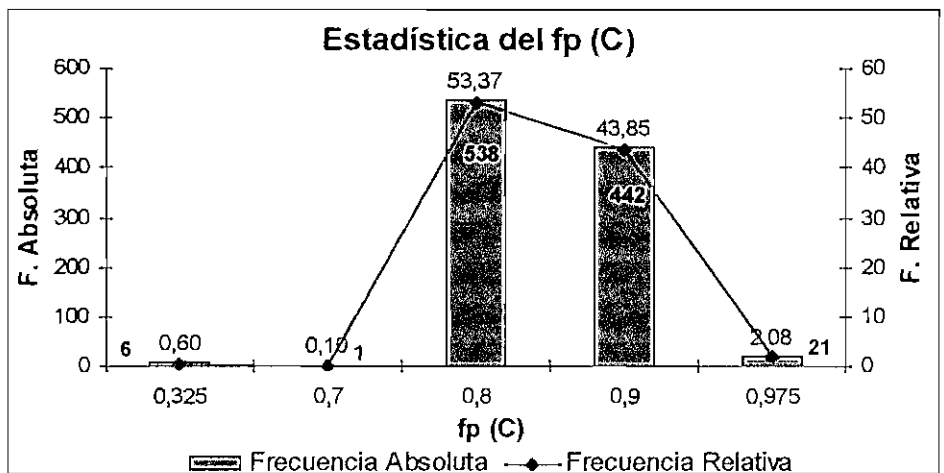


Gráfico 5.d

### 5.2.2 TRANSFORMADORES

Tal como se calculó en el numeral 5.1.2 la cantidad de transformadores que se los debe someter a medición son cinco y de forma aleatoria se ha escogido a los siguientes:

- R1T27
- R2T202
- R2T270
- R2T324
- R4T138

Las mediciones de la calidad del producto han sido tomadas con el equipo denominado MEMOBOX 300 y el análisis de los parámetros de la calidad el producto se realiza como sigue.

Cabe resaltar que el porcentaje de mediciones del factor de distorsión armónica individual de voltaje para los transformadores no se ha calculado pues el equipo utilizado para realizar las mediciones, MEMOBOX 300, no cuenta con ésta opción, por lo tanto no se presenta ningún tipo de análisis directo al respecto, sin embargo sí se hará un análisis indirecto con la ayuda del factor de distorsión total por armónicos gracias a la relación que mantienen ambos factores, tal como lo demuestra la ecuación 4.9.

Como ejemplo de análisis se presenta el caso más crítico en transformadores, es decir, el caso en que el porcentaje de mediciones fuera de regulación es el mayor. Sin embargo el resultado de los otros cuatro transformadores se los puede apreciar en el ANEXO 5.4 y la ubicación geográfica exacta de cada transformador en el ANEXO 5.3.

#### **5.2.2.1 Transformador R1T27**

El transformador R1T27 es monofásico con una capacidad de 37.5 (kVA), pertenece al alimentador número 1 y se encuentra sirviendo a una carga residencial urbana, su ubicación geográfica se puede apreciar en el ANEXO 5.3. Partiendo de esto se utilizará la hoja de cálculo correspondiente a transformadores que se presenta en el ANEXO 5.1 Archivo: Calidad del Producto:\ TRANSFORMADORES:\TrafoR1T27.

##### *5.2.2.1.1 Nivel de Voltaje*

El porcentaje de mediciones del nivel de voltaje que se encuentran fuera de regulación se presenta en las tablas<sup>5.8</sup> 5.8 y 5.9, la tabla 5.8 para la subetapa uno y la tabla 5.10 para la subetapa dos.

---

<sup>5.8</sup> ANEXO 5.1, Archivo: Calidad del Producto:\ TRANSFORMADORES:\TrafoR1T27.

Porcentaje de mediciones Fuera de Regulación (A)	<b>0,2976 %</b>	Porcentaje de mediciones Fuera de Regulación (B)	<b>0,2976 %</b>
---	-----------------	---	-----------------

Tabla 5.8

Porcentaje de mediciones Fuera de Regulación (A)	<b>9,028 %</b>	Porcentaje de mediciones Fuera de Regulación (B)	<b>6,25 %</b>
---	----------------	---	---------------

Tabla 5.9

En la tabla 5.8 se puede ver que para lo límites impuestos en la subetapa uno el porcentaje de mediciones fuera de regulación es menor al 5% que impone el CONENLEC, por lo tanto para ésta subetapa el transformador no incumple con la regulación vigente. Sin embargo en la tabla 5.9 se puede ver que este porcentaje es superior al 5% que permite el CONELEC por lo tanto para la subetapa dos el transformador no cumple con el nivel de voltaje que exige la regulación vigente. En las gráficas<sup>5.9</sup> 5.e y 5.f se muestra la distribución estadística de las mediciones del nivel de voltaje de las fases del transformador R1T27.

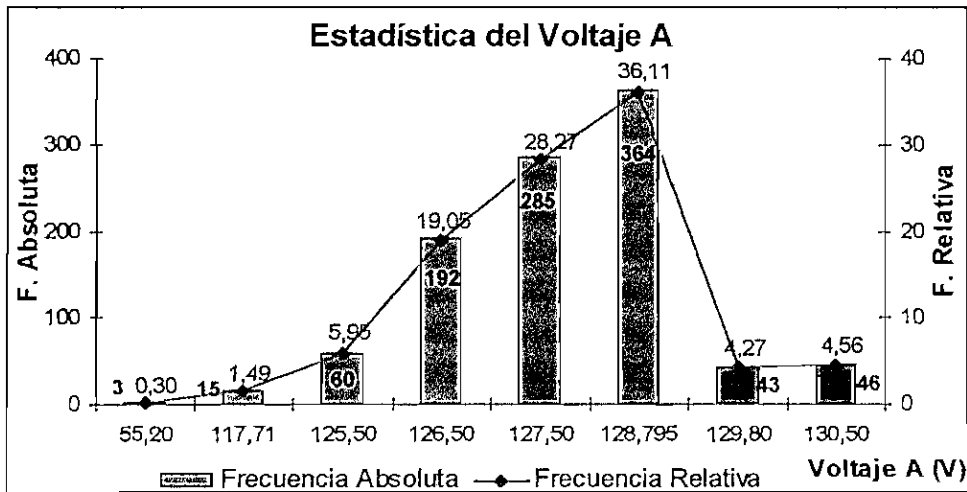


Gráfico 5.e

<sup>5.9</sup> ANEXO 5.1, Archivo: Calidad del Producto:\ TRANSFORMADORES:\ gráficoTrafoR1T27.

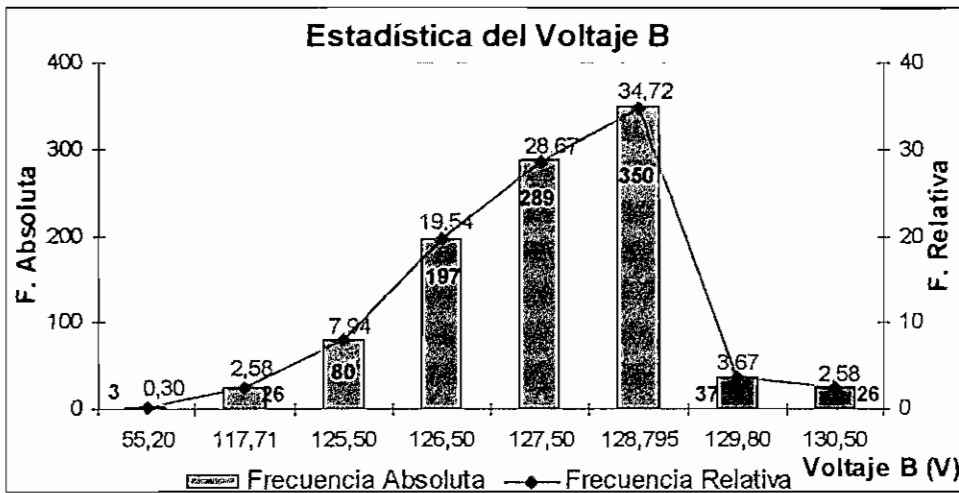


Gráfico 5.f

En los gráficos 5.e y 5.f se puede observar que la variación de voltaje del transformador es desde 0.0 voltios hasta 131.0 voltios lo cual ubica al 0.3% de las mediciones del nivel de voltaje de las dos fases fuera del límite inferior de las subetapas uno y dos, mientras que para los límites superiores solo es el correspondiente a la segunda etapa el que se encuentra sin ser cumplido por ambas fases del transformadores.

El gráfico 5.g muestra la superposición de los rangos de variación de voltaje de las dos subetapas y del transformador.

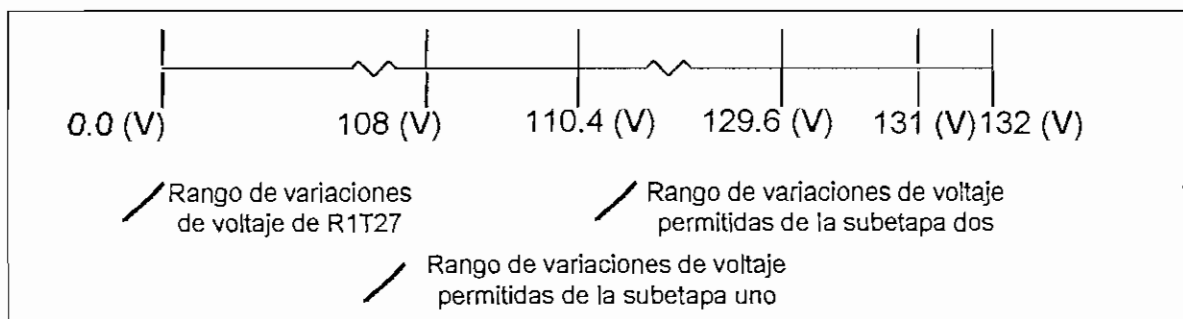


Gráfico 5.g

### 5.2.2.1.2 Perturbaciones

#### 5.2.2.1.2.1 Parpadeo

Los porcentajes de mediciones de efecto flicker fuera de regulación se muestran en la tabla<sup>5.10</sup> 5.10.

Porcentaje de mediciones Fuera de Regulación (A)	<b>0,2976%</b>	Porcentaje de mediciones Fuera de Regulación (B)	<b>0,2976%</b>
---	----------------	---	----------------

Tabla 5.10

En la tabla 5.10 se puede observar que el porcentaje de mediciones del efecto flicker de ninguna de las dos fases sobrepasa el límite impuesto por la regulación vigente que es del 5% lo cual quiere decir que son muy pocas las mediciones las que están sobre el índice impuesto como límite para el parpadeo que es de 1.0. Los gráficos estadísticos del efecto flicker se pueden ver en el ANEXO 5.4.

#### 5.2.2.1.2.2 Armónicos

Factor de Distorsión Armónica Individual de Voltaje y Factor de Distorsión Total por Armónicos.

El porcentaje de mediciones del factor de distorsión total por armónicos que se encuentran fuera de la regulación se muestra en la tabla<sup>5.11</sup> 5.11.

Porcentaje de mediciones Fuera de Regulación (A)	<b>0%</b>	Porcentaje de mediciones Fuera de Regulación (B)	<b>0%</b>
---	-----------	---	-----------

Tabla 5.11

En ésta tabla se puede apreciar que el 0% de las mediciones del factor de distorsión total por armónicos se encuentran fuera de los límites impuestos por la

<sup>5.10</sup> ANEXO 5.1, Archivo: Calidad del Producto:\ TRANSFORMADORES:\TrafoR1T27

<sup>5.11</sup> ANEXO 5.1, Archivo: Calidad del Producto:\ TRANSFORMADORES:\TrafoR1T27.



regulación. Si se revisa la ecuación 4.9 se puede ver que el THD depende del factor de distorsión armónica individual de voltaje, por lo cual se puede afirmar que el factor de distorsión armónica individual de voltaje también se encuentra en pleno cumplimiento de la regulación del CONELEC al igual que como se ha demostrado el THD lo hace. Los gráficos estadísticos del THD se pueden apreciar en el ANEXO 5.4.

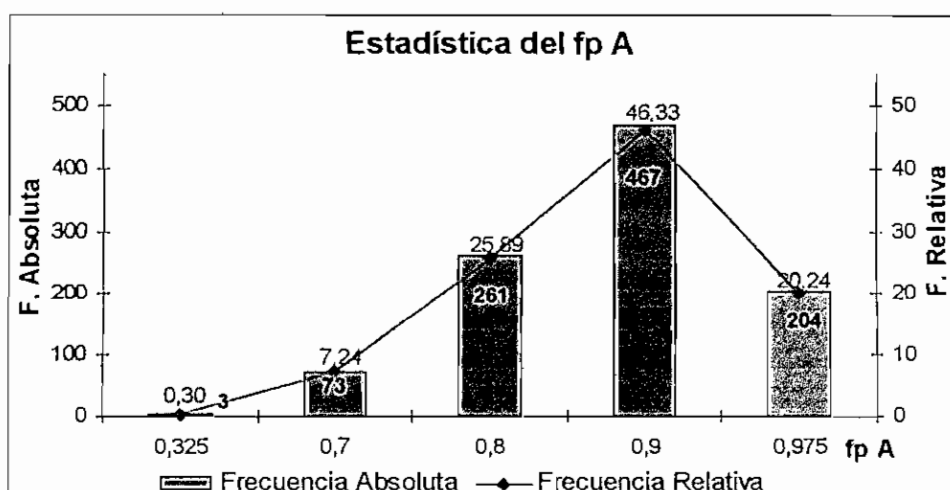
5.2.2.1.3 Factor de Potencia

El porcentaje de mediciones del factor de potencia que se encuentran fuera de regulación se muestra en la tabla<sup>5.12</sup> 5.12.

Porcentaje de Mediciones Fuera de Regulación (A)	<b>79,762%</b>	Porcentaje de Mediciones Fuera de Regulación (B)	<b>95,833%</b>
--	----------------	--	----------------

Tabla 5.12

En la tabla 5.12 se puede apreciar que el porcentaje de mediciones del factor de potencia para ambas fases se encuentra muy por encima del límite permitido por la regulación lo cual se puede ver de forma más detalla en los gráficos estadísticos<sup>5.13</sup> 5.h y 5.i que se han realizado para el factor de potencia.



<sup>5.12</sup> ANEXO 5.1, Archivo: Calidad del Producto:\ TRANSFORMADORES:\TrafoR1T27.

<sup>5.13</sup> ANEXO 5.1, Archivo: Calidad del Producto:\ TRANSFORMADORES:\gráficoTrafoR1T27.

Gráfico 5.h

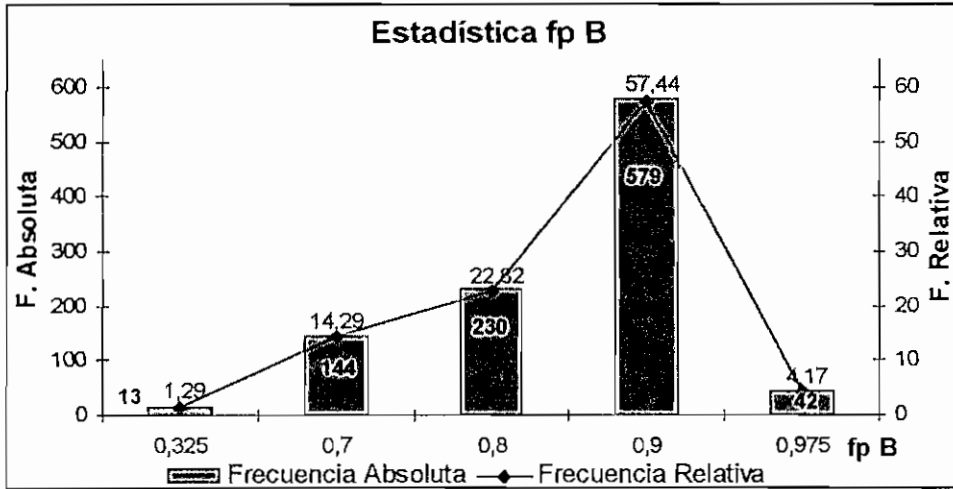


Gráfico 5.i

En el gráfico 5.h se puede observar que solo 204 mediciones del factor de potencia de la fase A entran en regulación y en el gráfico 5.i se ve que peor aún solo 42 mediciones de este factor para la fase B están sobre el límite, 0,96, que exige la regulación vigente.

### 5.2.3 CONSUMIDORES

Mediante el equipo MEMOBOX 300 se ha realizado las mediciones de los parámetros de la calidad del producto para los diez consumidores. Los datos obtenidos han sido tratados en la hoja de cálculo correspondiente a consumidores que se puede apreciar en el ANEXO 5.1. Los consumidores a ser analizados son los siguientes:

- ID 129452
- ID15037
- ID 17105
- ID 135957
- ID 10250
- ID161129
- ID 108831
- ID 10251
- ID 20328
- ID 132570

Al igual que en los transformadores, para los consumidores se ha utilizado el equipo de medición “MEMOBOX 300” por lo cual no se ha podido obtener los valores correspondientes al factor de distorsión armónica individual de voltaje. Sin embargo el análisis de las 39 armónicas diferentes se realizará de forma indirecta con la ayuda de los porcentajes obtenidos para el factor de distorsión total por armónicos.

### 5.2.3.1 Consumidor ID 129452

Este consumidor se encuentra en una zona urbana y su ubicación geográfica exacta se presenta en el ANEXO 5.5, con este conocimiento se procede al cálculo de los índices de la calidad del producto de lo cual se hace el siguiente análisis.

Para tener una idea clara de la forma mediante la cual se hace el análisis de la calidad del producto del consumidor se presentan tres ejemplos, los cuales muestran los casos más críticos en cuanto a porcentaje de mediciones fuera de regulación de: nivel de voltaje, parpadeo y de factor de potencia. El resultado de los siete consumidores restantes se puede observar en el ANEXO 5.6 y la ubicación geográfica exacta de los diez consumidores se puede ver en el ANEXO 5.5.

#### 5.2.3.1.1 Nivel de Voltaje

Los porcentajes de mediciones del nivel de voltaje fuera de regulación se presentan en las tablas<sup>5.14</sup> 5.14 y 5.15.

Porcentaje de mediciones Fuera de Regulación (B)	<b>35,913 %</b>
---	-----------------

Tabla 5.14

Porcentaje de mediciones Fuera de Regulación (B)	<b>84,425 %</b>
---	-----------------

Tabla 5.15

<sup>5.14</sup> ANEXO 5.1, Archivo: Calidad del Producto:\ CONSUMIDORES:\ ID 129452.

En las tablas 5.14 y 5.15 se aprecia que los porcentajes de mediciones fuera de regulación incumplen con lo exigido por la regulación tanto para la primera subetapa como para la segunda. En la gráfica<sup>5.15</sup> 5.ad se puede apreciar la representación estadística de las mediciones del nivel de voltaje, representación que muestra que 362 de las 1008 mediciones incumplen con los límites impuestos para la primera etapa y 851 incumplen con los límites impuestos para la segunda subetapa y tal se aprecia en el ANEXO 5.1 el rango total de variación del nivel de voltaje está entre 124(V) y 136(V), este rango se lo muestra en la gráfica 5.j junto con los rangos impuestos por el CONELEC para cada subetapa.

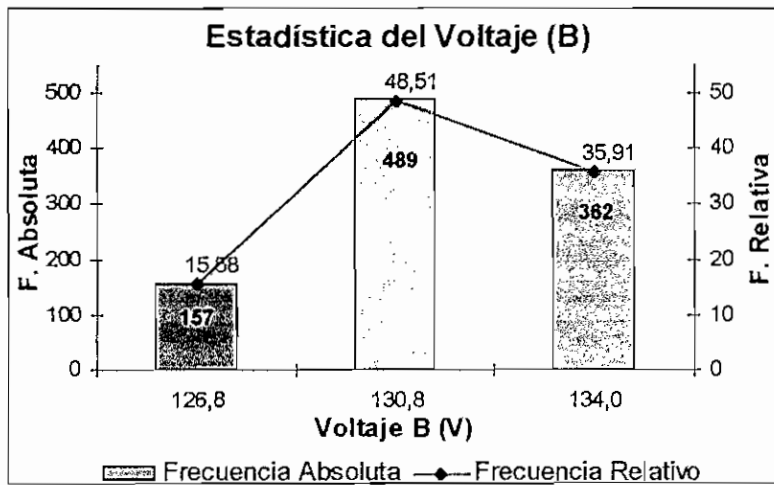


Gráfico 5.j

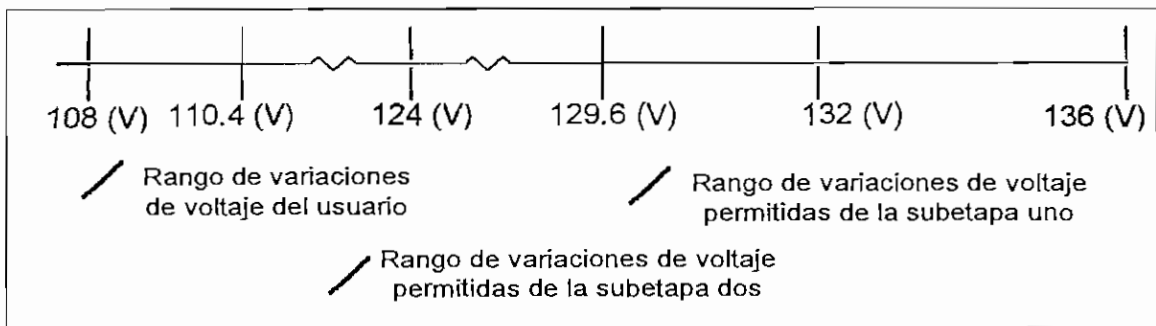


Gráfico 5.k

<sup>5.15</sup> ANEXO 5.1, Archivo: Calidad del Producto:\ CONSUMIDORES:\ gráficoID 129452.

En la gráfica 5.k se puede ver que son los límites superiores de cada subetapa los que se encuentran violentados y como se ha calculado en un porcentaje inaceptable, por lo tanto no se cumple con el numeral 2.1 de la regulación vigente.

#### 5.2.3.1.2 Perturbaciones

##### 5.2.3.1.2.1 Parpadeo

Los porcentajes de mediciones del efecto flicker que se encuentran fuera de los límites de la regulación vigente se muestran en la tabla<sup>5.16</sup> 5.16.

Porcentaje de mediciones Fuera de Regulación (B)	<b>0,0992 %</b>
---	-----------------

Tabla 5.16

En la tabla 5.16 se puede apreciar que el porcentaje de mediciones de flicker fuera de regulación es inferior al 5% permitido por lo cual se afirma que el consumidor ID 129452 se encuentra en pleno cumplimiento del numeral 2.2.1 de la regulación.

##### 5.2.3.1.2.2 Armónicos

Factor de Distorsión Armónica Individual de Voltaje y Factor de Distorsión Total por Armónicos.

El porcentaje de mediciones del THD que se encuentran fuera de regulación se muestra en la tabla<sup>5.17</sup> 5.17.

Porcentaje de mediciones Fuera de Regulación (B)	<b>0 %</b>
---	------------

Tabla 5.17

<sup>5.16</sup> ANEXO 5.1, Archivo: Calidad del Producto:\ CONSUMIDORES\ ID 129452.

<sup>5.17</sup> ANEXO 5.1, Archivo: Calidad del Producto:\ CONSUMIDORES\ ID 129452.

Como se puede apreciar en la tabla 5.17 el porcentaje de THD fuera de regulación es 0% lo cual el THD cumple con la regulación y por ende el factor de distorsión armónica individual de voltaje también.

#### 5.2.3.1.3 Factor de Potencia

El porcentaje de mediciones del factor de potencia que se encuentran fuera de regulación se muestra en la tabla<sup>5.18</sup> 5.18.

Porcentaje de Mediciones Fuera de Regulación (B)	<b>0,7937 %</b>
---	-----------------

Tabla 5.18

La tabla 5.18 indica que el porcentaje de mediciones del factor de potencia fuera de regulación es menor al 5% que permite el CONELEC por lo cual se puede afirmar que el consumidor ID 129452 cumple con el numeral 2.3 de la regulación.

#### 5.2.2.3 Consumidor ID 108831

El consumidor con ID 108831 se encuentra ubicado en una zona rural y su dirección exacta se puede apreciar en el ANEXO 5.6. Conociendo esto se procede a calcular los índices de la calidad del producto por medio de la hoja de cálculo que se encuentra en el ANEXO 5.1 y cuyos resultados se analiza como sigue.

#### 5.2.3.2.1 Nivel de Voltaje

El porcentaje de mediciones del nivel de voltaje fuera de regulación se presenta en las tablas<sup>5.19</sup> 5.19 y 5.20

<sup>5.18</sup> ANEXO 5.1, Archivo: Calidad del Producto:\ CONSUMIDORES\ ID 129452.

<sup>5.19</sup> ANEXO 5.1, Archivo: Calidad del Producto:\ CONSUMIDORES\ ID 108831

Porcentaje de mediciones Fuera de Regulación (A)	<b>1,6865 %</b>
--	-----------------

Tabla 5.19

Porcentaje de mediciones Fuera de Regulación (A)	<b>7,1429 %</b>
--	-----------------

Tabla 5.20

Como se puede apreciar en la tabla 5.19 para la primera etapa el nivel de voltaje no sobrepasa el 5% permitido por la regulación, pero si se observa en la tabla 5.20 se puede notar que el porcentaje de mediciones fuera de regulación en la segunda subetapa se encuentra sobre la base exigida, pues como se puede observar en la gráfica<sup>5.20</sup> 5.l el rango total de variación de voltaje es desde 95 (V) hasta 126(V) que sobrepuesto a los rangos permitidos para cada subetapa se tiene el gráfico 5.m.

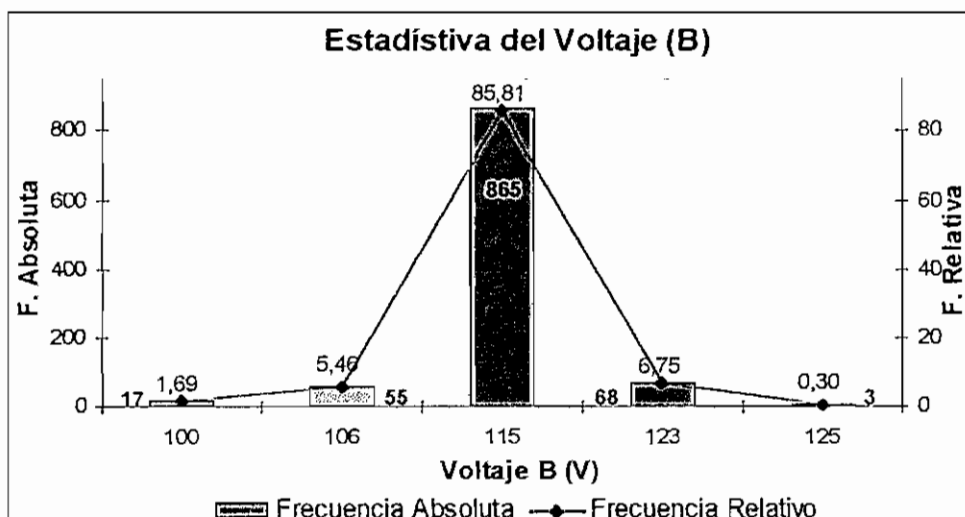


Gráfico 5.l

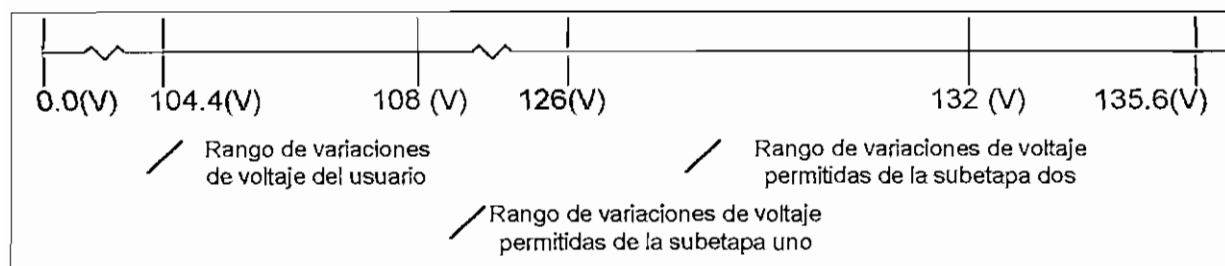


Gráfico 5.m

<sup>5.20</sup> ANEXO 5.1, Archivo: Calidad del Producto:\ CONSUMIDORES:\ gráficoID 108831.

El gráfico 5.m deja ver que son los límites inferiores de cada subetapa los que se encuentran violentados. En la primera subetapa en un porcentaje aceptable, pero en la segunda sobrepasa el límite permisible.

5.2.3.2.2 Perturbaciones

5.2.3.2.2.1 Parpadeo

El porcentaje de mediciones de Pst que se encuentran fuera de regulación se presenta en la tabla<sup>5.21</sup> 5.21.

Porcentaje de mediciones Fuera de Regulación (A)	<b>76,091 %</b>
--	-----------------

Tabla 5.21

La tabla 5.21 permite ver que el porcentaje de mediciones de flicker fuera de regulación es superior al 5% permitido por el CONLEC el gráfico<sup>5.22</sup> 5.n permite observar que apenas 241 mediciones de las 1008 que se deben tomar entran en regulación, situación inaceptable para al seguridad del ojo humano.

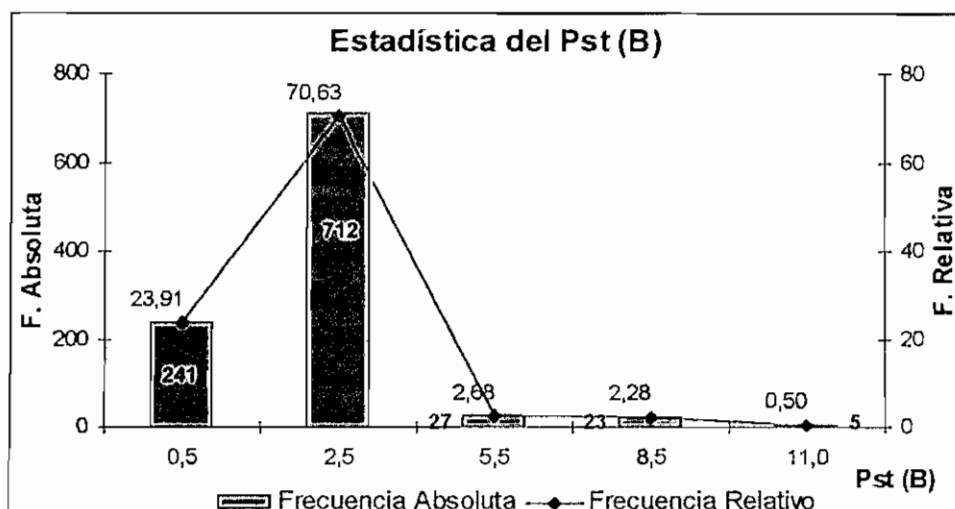


Gráfico 5.n

<sup>5.21</sup> ANEXO 5.1, Archivo: Calidad del Producto:\ CONSUMIDORES:\ ID 129452.

<sup>5.22</sup> ANEXO 5.1, Archivo: Calidad del Producto:\ CONSUMIDORES:\ gráficoID 108831.



#### 5.2.3.2.2.2 Armónicos

Factor de Distorsión Armónica Individual de Voltaje y Factor de Distorsión Total por Armónicos.

El porcentaje de mediciones de THD que se encuentran fuera de la regulación se muestra en la tabla<sup>5.23</sup> 5.21.

Porcentaje de mediciones Fuera de Regulación (A)	<b>0.0%</b>
---	-------------

Tabla 5.21

Como se aprecia en la tabla 5.21 el porcentaje de mediciones de THD fuera de regulación es cero, por lo tanto y en base a la ecuación 4.9 se puede afirmar que el factor de distorsión armónica individual de voltaje tampoco incumple con lo impuesto por el CONELEC para cada una de las 39 armónicas.

#### 5.2.3.2.3 Factor de Potencia

El porcentaje de mediciones del factor de potencia que se encuentran fuera de regulación se muestra en la tabla<sup>5.24</sup> 5.22.

Porcentaje de Mediciones Fuera de Regulación (A)	<b>21,131 %</b>
---	-----------------

Tabla 5.22

<sup>5.23</sup> ANEXO 5.1, Archivo: Calidad del Producto:\ CONSUMIDORES\ ID 108831.

<sup>5.24</sup> ANEXO 5.1, Archivo: Calidad del Producto:\ CONSUMIDORES\ ID 108831.

El porcentaje de mediciones del factor de potencia es superior al 5% que impone la regulación, como se puede ver en la tabla 5.22, por lo tanto el factor de potencia se encuentra incumpliendo con el numeral 2.3 de la regulación vigente, esto también se puede apreciar en el gráfico<sup>5.25</sup> 5.0 en el cual además se ve que son 795 mediciones la que cumplen con el factor de potencia exigido.

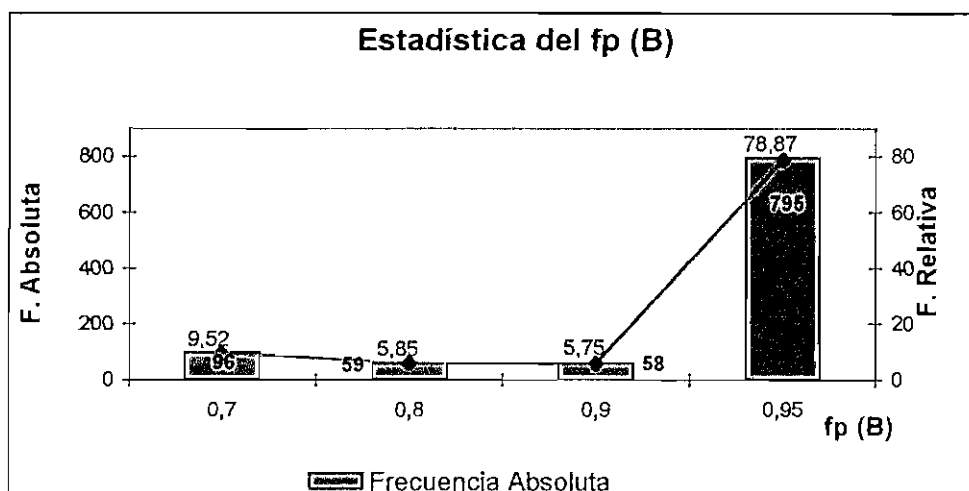


Gráfico 5.0

### 5.2.3.3 Consumidor ID 17105

El consumidor con ID 17105 se encuentra en una zona rural y su ubicación geográfica exacta se puede observar en el ANEXO 5.5. Con el conocimiento del área a la que pertenece se procede a analizar los resultados que se calculan mediante la hoja de cálculo que se presenta en el ANEXO 5.1

#### 5.2.3.3.1 Nivel de Voltaje

En las tablas<sup>5.26</sup> 5.23 y 5.24 se presentan los porcentajes de mediciones del nivel de voltaje que se encuentran fuera de regulación para la primera y segunda subetapas, respectivamente.

<sup>5.25</sup> ANEXO 5.1, Archivo: Calidad del Producto:\ CONSUMIDORES:\ gráficoID 108831.

<sup>5.26</sup> ANEXO 5.1, Archivo: Calidad del Producto:\ CONSUMIDORES:\ ID 17105

Porcentaje de Mediciones Fuera de Regulación (B)	<b>0%</b>
--	-----------

Tabla 5.23

Porcentaje de mediciones Fuera de Regulación (A)	<b>0,5952%</b>
--	----------------

Tabla 5.24

En las tablas 5.23 y 5.24 se observa que no se tiene problema de nivel de voltaje en el punto que recibe la energía el consumidor bajo estudio puesto como se puede ver en el gráfico estadístico del ANEXO 5.6 la variación de voltaje total de este consumidor está entre 104.46(V) hasta 125(V), este rango superpuesto a los rangos de variación permitidos para cada subetapa se muestra en el gráfico 5.p en el que se puede ver que solo se incumple el límite inferior de la segunda subetapa y como lo muestra la tabla 5.78 en un porcentaje aceptable.

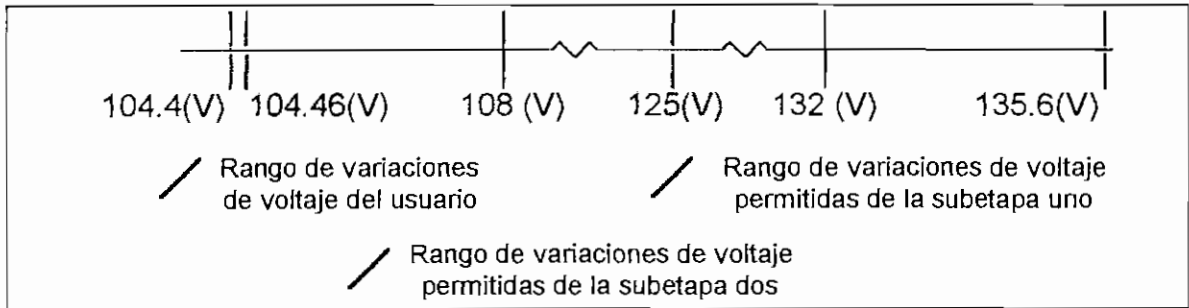


Gráfico 5.p

### 5.2.3.3.2 Perturbaciones

#### 5.2.3.3.2.1 Parpadeo

El porcentaje de las mediciones de efecto flicker fuera de regulación se muestra en la tabla<sup>5.27</sup> 5.25.

Porcentaje de mediciones Fuera de Regulación (A)	<b>20,139%</b>
--	----------------

<sup>5.27</sup> ANEXO 5.1, Archivo: Calidad del Producto:\ CONSUMIDORES\ ID 17105

Tabla 5.25

La tabla 5.25 muestra que el porcentaje de mediciones fuera de regulación es superior al 5% que permite la regulación, pues como muestra el gráfico<sup>5.28</sup> 5.q son 203 las mediciones que incumplen con el límite de 1.0 para el efecto flicker que se exige.

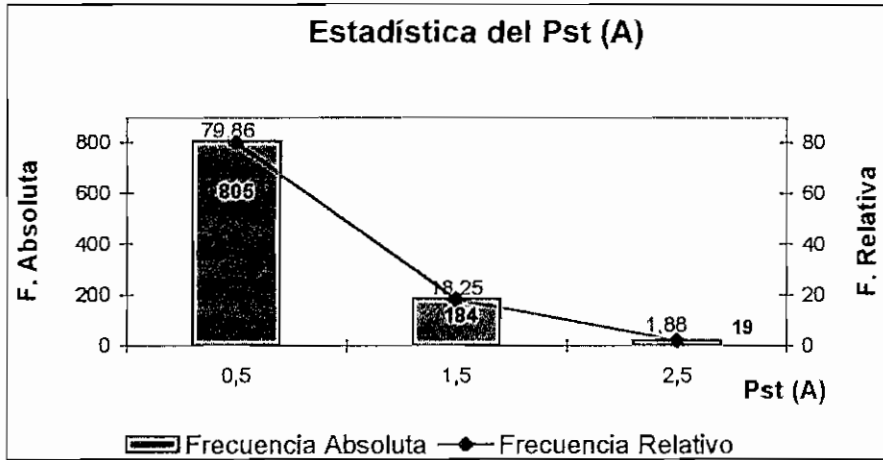


Gráfico 5.q

### 5.2.3.3.2.2 Armónicos

Factor de Distorsión Armónica Individual de Voltaje y Factor de Distorsión Total por Armónicos.

El porcentaje de mediciones del factor de distorsión total por armónicos que se encuentran fuera de la regulación se muestran en la tabla<sup>5.29</sup> 5.26.

Porcentaje de mediciones	
--------------------------	--

<sup>5.28</sup> ANEXO 5.1, Archivo: Calidad del Producto:\ CONSUMIDORES\ gráficoID 17105

<sup>5.29</sup> ANEXO 5.1, Archivo: Calidad del Producto:\ CONSUMIDORES\ ID 17105

Fuera de Regulación (A)	0.0 %
-------------------------	-------

Tabla 5.26

El porcentaje de mediciones de THD fuera de regulación es 0%, y en base a lo que indica la ecuación 4.9, cada una de los 39 componentes del factor de distorsión armónica individual de voltaje también deben cumplir con sus respectivos límites.

#### 5.2.3.3.3 Factor de Potencia

El porcentaje de mediciones del factor de potencia que se encuentran fuera de regulación se muestra en la tabla<sup>5.30</sup> 5.27.

Porcentaje de Mediciones Fuera de Regulación (A)	100 %
---	-------

Tabla 5.27

La tabla 5.27 muestra que el total de mediciones de factor de potencia del consumidores bajo análisis se encuentran por debajo del límite impuesto por el CONELEC, esto se detalla en el gráfico<sup>5.31</sup> 5.r, pues en este se evidencia que en el intervalo que va desde 0.96 hasta 1.0 no existe ninguna medición lo que provoca que el numeral 2.3 de la regulación 004/01 del CONELEC se encuentre incumplido.

<sup>5.30</sup> ANEXO 5.1, Archivo: Calidad del Producto:\ CONSUMIDORES:\ ID 17105

<sup>5.31</sup> ANEXO 5.1, Archivo: Calidad del Producto:\ CONSUMIDORES:\ gráficoID 17105

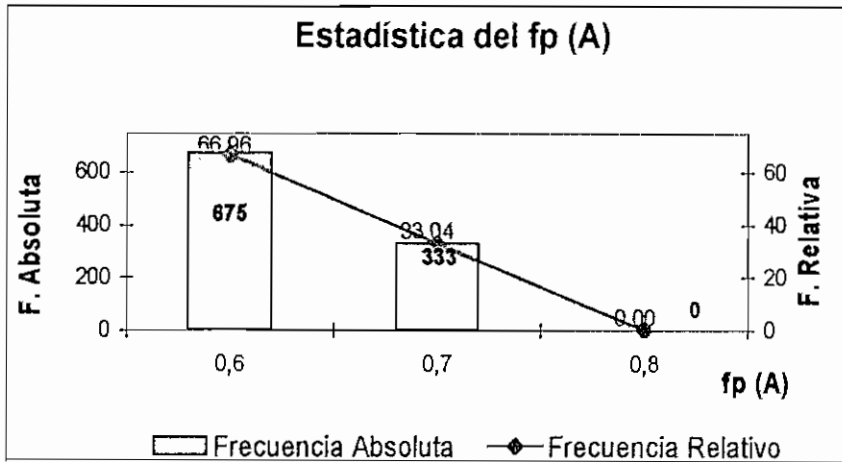


Gráfico 5.r

Se han analizado uno por uno cada componente de la calidad del producto para cada alimentador, para cada transformador y para cada consumidor con lo cual se ha determinado el numeral exacto de la regulación 004/01 del CONELEC que incumple cada uno de los puntos sometidos a medición y cuyo resumen se presenta en la tabla 5.28.

Punto de Medición	Numeral 2.1 (Nivel de Voltaje)		Numeral 2.2 (Perturbaciones)		Numeral 2.3 (fp)
	I etapa	II etapa	Numeral 2.2.1 (Pst)	Numeral 2.2.2 (THD)	
R1	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
R2	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple
R4	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple
R5	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple
R1T27	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple
R4T138	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple
R2T324	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple
R2T202	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple
R2T270	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple
ID 129452	No Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
ID 135957	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple
ID 108831	Cumple	No Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple
ID 20328	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple
ID 15037	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple
ID 10250	No Cumple	No Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple

ID 10251	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple
ID 132570	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
ID 17105	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple
ID 161129	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple

Tabla 5.28

Como muestra la tabla 5.28 solo dos puntos de medición cumplen con todos los numerales de la regulación del CONELEC, mientras que los otros 17 puntos tienen por lo menos un numeral fuera de regulación.

En las gráficas: 5.s, para alimentadores; 5.t, para transformadores; 5.u, para el primer grupo de consumidores y 5.v, para el último grupo de consumidores, se puede apreciar los porcentajes de las mediciones de cada parámetro de la calidad del producto que se encuentran fuera de regulación, para cada punto de medición.

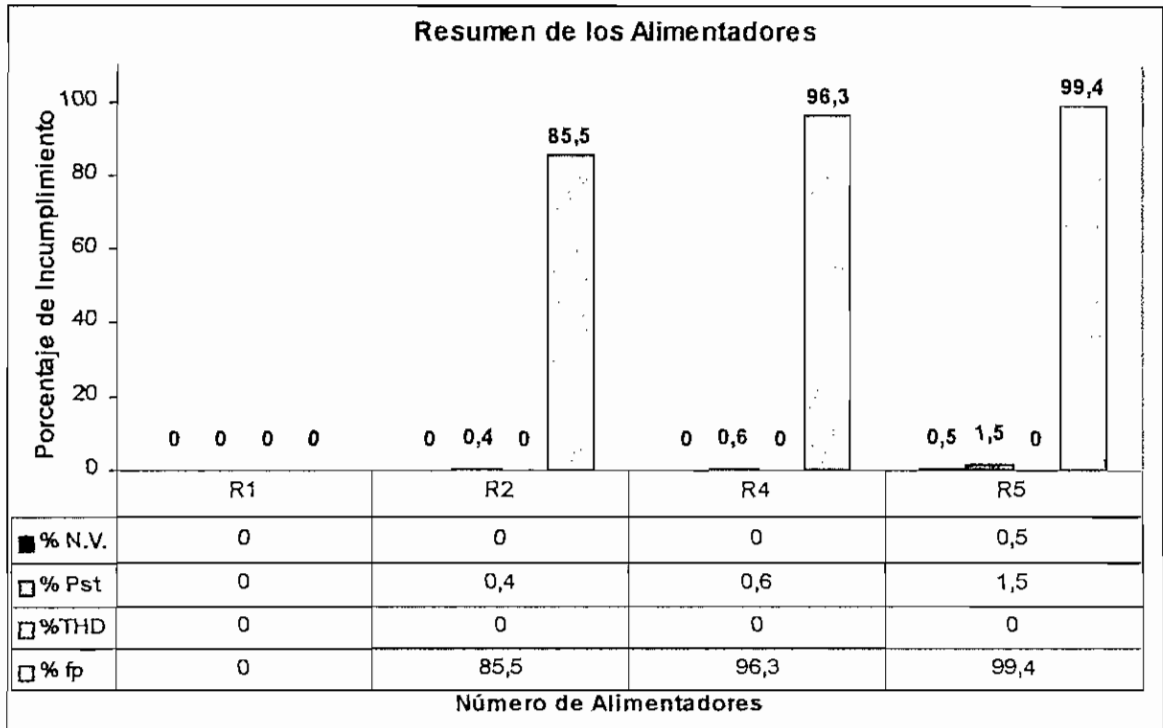


Gráfico 5.s

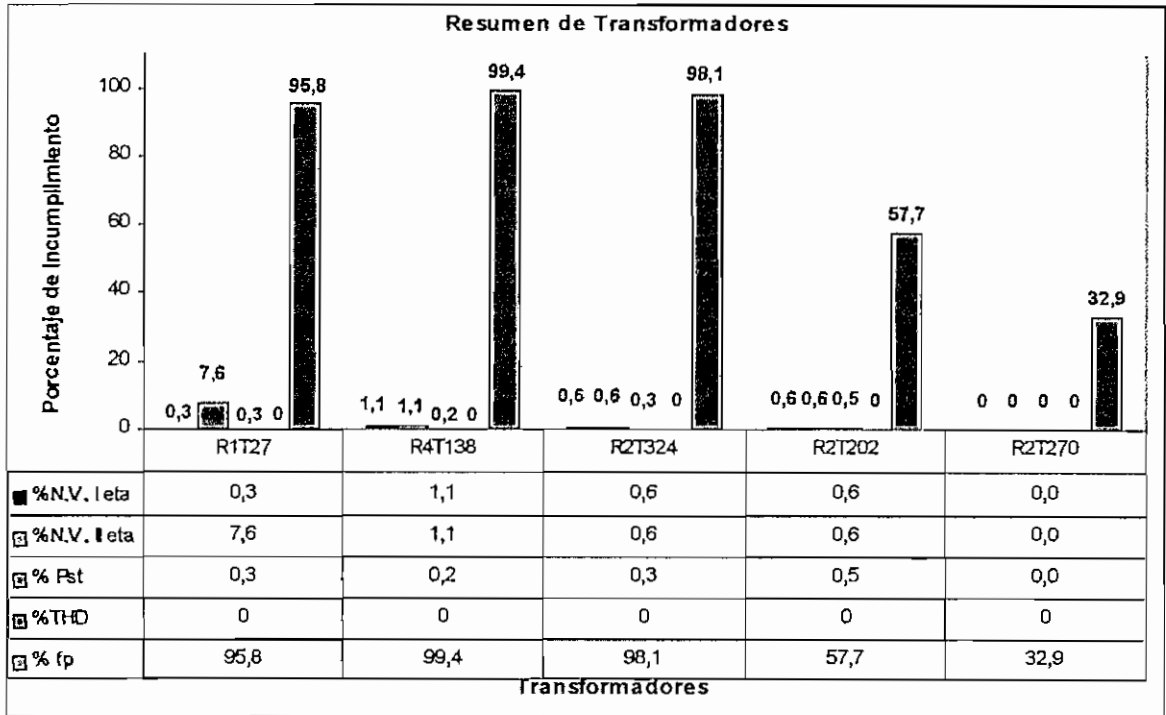


Gráfico 5.t

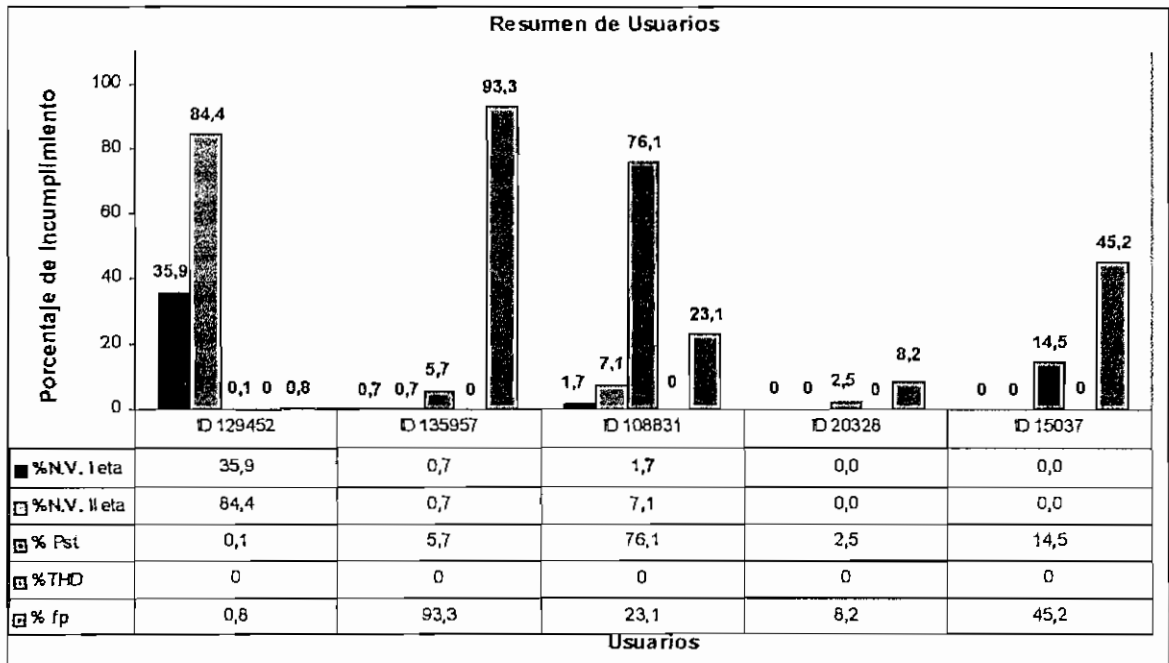


Gráfico 5.u



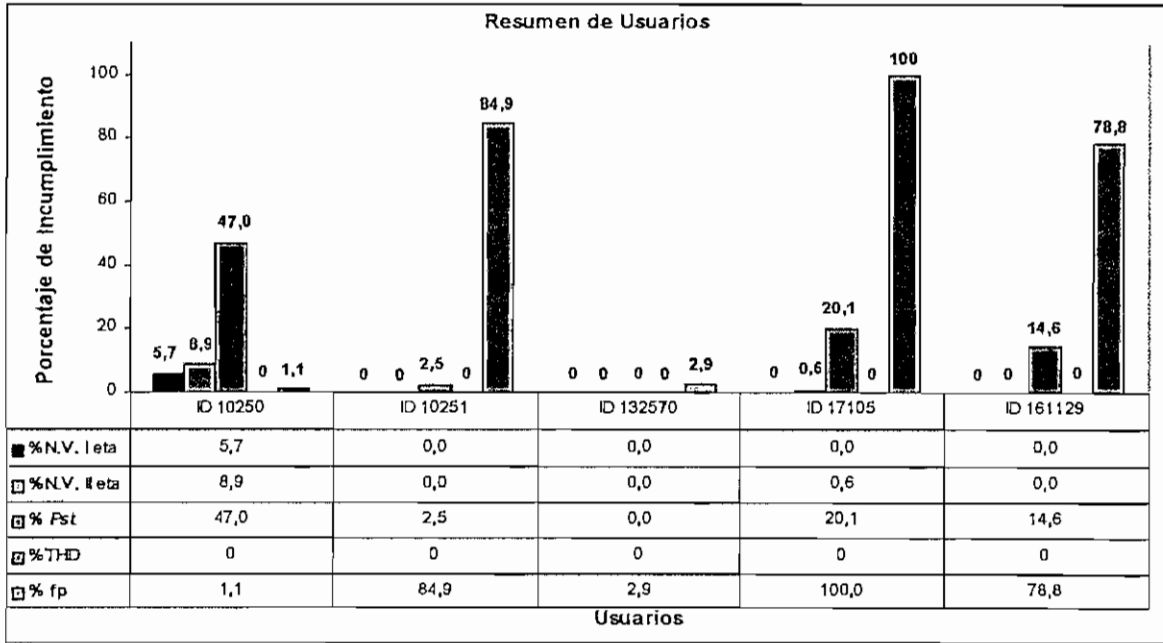


Gráfico 5.v

En los gráficos 5.s, 5.t, 5.u y 5.v se puede apreciar como la calidad del producto va degradándose mientras las mediciones más se acercan al consumidor.

De ésta forma se ha realizado todo el análisis necesario de los parámetros de calidad del producto para llenar las hojas que exige el CONELEC las cuales se pueden apreciar en el ANEXO 5.7.

## CAPÍTULO 6

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 CONCLUSIONES

##### 6.1.1 CONCLUSIONES GENERALES

1. Se ha determinado que no todos los componentes de la calidad del producto técnico, como son: nivel de voltaje, efecto flicker, factor de distorsión armónica individual de voltaje, factor de distorsión total por armónicos y factor de potencia, se encuentran dentro de los límites permitidos.
2. Para conocer de forma verdadera el estado de la calidad del producto de una subestación no basta con obtener únicamente las mediciones correspondientes a las salidas de dicha subestación, es decir de los alimentadores, si no que fue indispensable obtener mediciones de diferentes puntos del área a la que sirve la subestación, dichos puntos deben ser representativos.
3. El banco de condensadores, de 1.8 MVar, que actualmente está instalado en la subestación "El Retorno" es insuficiente para compensar la carga inductiva que ésta posee, provocando que el factor de potencia de la subestación se encuentre por debajo del límite inferior impuesto por la regulación vigente.

##### 6.1.2 CONCLUSIONES ESPECÍFICAS

1. A nivel de alimentadores el nivel de voltaje se encuentra en perfecto cumplimiento de la regulación del CONELEC, pues las variaciones de

voltaje no sobrepasan los límites impuestos en porcentajes superiores a los permitidos en cada subetapa.

2. La violación al nivel de voltaje en la subetapa uno se produce por parte de dos consumidores, sin embargo solo uno lo hace en un porcentaje que amerita una sanción monetaria por parte del CONELEC, tal como lo indica la página dos del ANEXO 5 del PROCEDIMIENTO PARA LA APLICACIÓN DE PENALIZACIONES POR INCUMPLIMIENTO DE LA CALIDAD EL SERVICIO DE DISTRIBUCIÓN.
3. Existen cuatro puntos de medición que incumplen con la variación del nivel de voltaje permitida en la segunda etapa: un transformador, un consumidor urbano y dos consumidores rurales. De estos cuatro puntos solo es el consumidor urbano el que viola la regulación en un porcentaje que amerita sanción monetaria por parte del CONELEC.
4. Las perturbaciones por efecto flicker de corta duración son un claro ejemplo de que se debe medir hasta el lugar más lejano, eléctricamente hablando, para conocer el verdadero estado de la calidad del producto técnico de una subestación, puesto que como lo muestran las mediciones y el análisis realizado, estas perturbaciones no sobrepasan los niveles permitidos a nivel de alimentadores y de transformadores, pero a nivel de consumidor sí.
5. Las perturbaciones por efecto flicker de corta duración afectan al 60% de los consumidores medidos, en porcentajes superiores a los permitidos por el CONELEC.
6. El factor de distorsión armónica individual de voltaje, y el factor de distorsión total por armónicos, son los únicos índices de la calidad del producto que se encuentran totalmente dentro de regulación, en el 100% de los puntos sujetos a medición, y a análisis en el presente proyecto. Lo

cual permite concluir que toda la subestación "El Retorno" se encuentra libre éstas peligrosas perturbaciones.

7. El factor de potencia es el menos favorecido dentro de todos los parámetros que constituyen la calidad del producto técnico, pues es incumplido en el 80% de los alimentadores, en el 100% de transformadores y en el 70% de los consumidores. Por tanto, el incumplimiento de la calidad del factor de potencia es en porcentajes bastante elevados.
8. Al factor de potencia se lo puede llegar a considerar como un problema no solo de cada punto bajo medición, si no más bien como un problema de toda la subestación, pues como se analizó en el desarrollo del presente proyecto, es desde las salidas de la subestación que el factor de potencia está fuera de lo exigido por el CONELEC; y, considerando que la carga de la subestación "El Retorno" es básicamente residencial tipo C, D y E, tanto urbana como rural, la empresa distribuidora no puede obligar al consumidor que ponga compensación reactiva para su hogar.

## **OTRAS CONCLUSIONES**

1. Uno de los grandes obstáculos que se presentó en el desarrollo del presente proyecto de titulación fue la falta de conocimiento del tema "calidad del producto", tanto por parte de los miembros de EMELNORTE, cuanto por parte de los consumidores.
2. Se ha observado que el personal encargado del montaje de los equipo, linieros, requieren de la información necesaria para el manejo, cuidado e instalación de los equipos de medición de la calidad de servicio, MEMOBOX 300 Y TOPAS 1000.
3. EMELNORTE carece de la cantidad necesaria de equipos de medición de calidad de servicio, impidiendo de ésta forma lograr simultaneidad y rapidez en estudios como el realizado.

4. En el ámbito técnico y administrativo de EMELNORTE, se ha evidenciado un marcado apego al seguimiento de demorados procesos burocráticos, que restan agilidad a la realización de estudios como los realizados en el presente trabajo de tesis
5. En el desarrollo de las mediciones, necesarias para el avance del presente estudio, se presentaron un par de casos en los cuales se debió "desperdiciar" mediciones, porque no habían sido tomadas de forma adecuada.

## **6.2 RECOMENDACIONES**

1. Para determinar la calidad del producto se debe seguir un procedimiento similar al realizado en el presente proyecto de titulación.
2. Para reducir el incumplimiento del nivel de voltaje en el consumidor ID 129452, que es por sobrevoltaje, se debe revisar el tap del transformador de distribución al que pertenece dicho consumidor.
3. Se recomienda que se realice un estudio completo sobre compensación reactiva para la subestación "El Retorno", y sus alimentadores primarios, de tal forma de llegar a dimensionar el tamaño y la ubicación óptimos, desde el punto de vista técnico-económico, de la compensación reactiva capacitiva, mediante condensadores que deberá compensar la carga inductiva que tiene la mencionada subestación.
4. Se recomienda redimensionar los elementos de la subestación bajo análisis además de sus redes, tanto de alta tensión como de baja tensión, para de ésta forma garantizar el cumplimiento de la calidad del producto técnico.
5. Se recomienda se realice un proyecto específico para determinar los costos que provocarían los incumplimientos señalados a lo largo del

desarrollo del presente proyecto de titulación, enfatizando en lo que respecta a factor de potencia. Proyecto que deberá basarse en los indicativos del ANEXO 5 del PROCEDIMIENTO PARA LA APLICACIÓN DE PENALIZACIONES POR INCUMPLIMIENTO DE LA CALIDAD EL SERVICIO DE DISTRIBUCIÓN.

6. Las empresas distribuidoras en conjunto con la Escuela Politécnica Nacional deberían promover la realización de charlas, seminarios y otros eventos técnicos, con la finalidad de informar a todo su personal, en particular al técnico y profesional sobre el tema "calidad del Servicio".
7. Las empresas distribuidoras debe preparar a su personal técnico, para la utilización y cuidado de equipos de medición de calidad de servicio, antes de permitir su uso.
8. Las empresas distribuidoras debería disminuir el trámite burocrático a seguirse en el desarrollo de los estudios que se realizan en ellas, para lograr rapidez y eficiencia de su personal.
9. EMELNORTE debe adquirir más equipos de medición de calidad de servicio, con lo que se permitirá la simultaneidad de mediciones, pero sobretodo permitirá que se realicen la cantidad de mediciones exigidas por el CONELEC en el tiempo que este impone.
10. Se recomienda que antes de iniciar las mediciones de la calidad del producto se realice un simulacro de instalación, con la finalidad de evitar que en lo posterior se echen a perder mediciones.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. Análisis y Diagnóstico de las Protecciones del Sistema de Distribución para las Ciudades de Cayambe y Tabacundo. David Santiago Angulo Almeida. Tesis de la Escuela Politécnica Nacional, 25 de noviembre del 2002.
2. Anexo 5 Del Procedimiento Para La Aplicación De Penalizaciones Por Incumplimiento De La Calidad El Servicio De Distribución. CONELEC. Versión C.
3. Calidad y Uso Racional de la Energía Eléctrica. Joseph Balcells Sendra. Circutor S.A. Segunda edición junio 2001. Barcelona, España.
4. Decreto ejecutivo N° 592 al Reglamento de Suministro del Servicio de Electricidad. Reg. Oficial N° 134 del 23 de febrero del 1999. CONELEC – PRES.
5. Diseño del Sistema de Supervisión y Control (SCADA). República del Ecuador. Empresa Eléctrica Regional Norte S.A.
6. Estudio y Análisis del Sistema de Protecciones Eléctricas para la determinación del anillo a 69kV entre la subestación Ibarra - Otavalo - Cayambe - La Esperanza - Cotacachi. José Caisa y Edison Cujilema. Tesis Escuela Politécnica Nacional julio 2002.
7. European Standard EN50160.
8. Inventario y Avalúo de Redes de Distribución Eléctrica, Empresa Regional Norte S.A., Imbabura septiembre 2001.
9. Dirección de Planificación, Empresa Eléctrica Regional Norte, Ibarra 2001.

10. Ley de Régimen del Sector Eléctrico promulgada en el Registro Oficial N° 43 (suplemento) del 10 de Agosto de 1996.
11. Oficio N° DE\_\_03\_0090. CONELEC. 22 de enero del 2003.
12. Regulación N° CONELEC - 004/01.
13. Seminario Ecuatoriano de Distribución y Comercialización de Energía Eléctrica. Marzo 13 del 2000. Instructivo de Servicio al Cliente. Empresa Provincial Cotopaxi S.A.
14. Seminario Ecuatoriano de Distribución y Comercialización de Energía Eléctrica. Latacunga. Marzo del 2000. "Diagnóstico de la Calidad de Servicio Técnico en ELEPCO S.A.". Julio Esparza y William Olalla. Empresa Eléctrica Cotopaxi S.A.
15. Unidad de Control de Pérdidas, Empresa Eléctrica Regional Norte, Ibarra 2002.



# ANEXOS

# ANEXO 2.1

## ANEXO 2.1

### DEFINICIONES

**Acometida**<sup>2.1</sup>.- Es la instalación comprendida entre el punto de entrega de la electricidad al consumidor y la red pública del distribuidor.

**Alimentador**<sup>2.1</sup>.- Derivación de la barra de salida a medio voltaje de una subestación.

**Amplitud (A)**<sup>2.2</sup>.- Máximo valor instantáneo de tensión o corriente ( $U_0$ ,  $I_0$ ).

**Armónicas**<sup>2.3</sup>.- Son ondas senoidales de frecuencia igual a un múltiplo entero de la frecuencia fundamental de 60 Hz.

**Barras de Salida**<sup>2.3</sup> .- Corresponde a las barras de Alto voltaje en las subestaciones de elevación y a la barras de Bajo voltaje en las subestaciones de reducción.

**Bifásico**.- Aquel sistema que cuenta con dos fases de un sistema trifásico.

**Carga Instalada**<sup>2.4</sup>.- Es la suma de las potencias nominales en KW entregadas a un mismo sistema.

**Carga Lineal**<sup>2.5</sup>.- Carga en la cual la relación entre corriente y voltaje es una constante. Lo cual se puede ver en la figura 2.1.

**Carga No Lineal**<sup>2.5</sup>.- Carga en la cual la relación entre corriente y voltaje no es una constante. Lo cual se puede ver en la figura 2.2.

<sup>2.1</sup> Reglamento del Suministro del Servicio Eléctrico artículo 43

<sup>2.2</sup> Calidad y Uso Racional de la Energía Eléctrica, Circutor, Joseph Balcells , Barcelona, 2001, página 18

<sup>2.3</sup> Regulación CONELEC 004/01, página 2

<sup>2.4</sup> Calidad y Uso Racional de la Energía Eléctrica, Circutor, Joseph Balcells , Barcelona, 2001, página 83

<sup>2.5</sup> Optimización de las Instalaciones Eléctricas, PROCOBRE, Agosto 2002, página 1

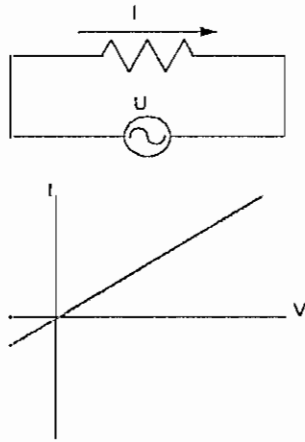


Figura 2.1

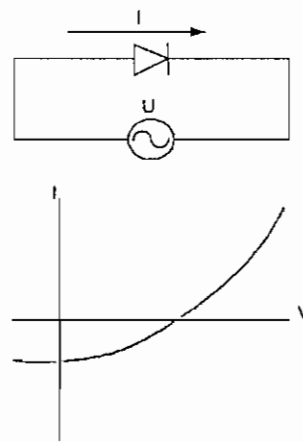


Figura 2.2

**Cliente<sup>2.1</sup>**.- Persona natural o jurídica, que dispone de un contacto de servicio con la empresa distribuidora de energía, dentro del área de concesión.

**Componente Fundamental<sup>2.6</sup>**.- Componente senoidal del desarrollo en serie de Fourier de frecuencia igual a la onda periódica original ( $n = 1$ ).

**Componente Continua de la Tensión o de la Corriente<sup>2.6</sup>**.- Componente de orden cero de la serie de armónicos. Aparece solo si las áreas de los semiciclos positivos y negativos.

**Consumidor<sup>2.1</sup>**.- Persona natural o jurídica que acredite dominio sobre una instalación que recibe el servicio eléctrico debidamente autorizado por el distribuidor, dentro del área de concesión.

**Demanda<sup>2.1</sup>**.- Es la potencia requerida por un sistema o parte de él, promediada en un intervalo previamente establecido.

**Desequilibrio de Tensiones<sup>2.7</sup>**.- En un sistema trifásico, condición en la que los valores eficaces de tensión de las tres fases no son iguales o los ángulos entre fases consecutivas no son iguales.

<sup>2.6</sup> Calidad y Uso Racional de la Energía Eléctrica, Circutor, Joseph Balcells, Barcelona, 2001, página 85

<sup>2.7</sup> Calidad y Uso Racional de la Energía Eléctrica, Circutor, Joseph Balcells, Barcelona, 2001, página 77

**Desfase**<sup>2.2</sup>.- El desfase entre dos magnitudes senoidales es el retraso de una respecto a la otra medida en unidades de ángulo. En la figura 2.3 se muestra el desfase entre el voltaje y la corriente.

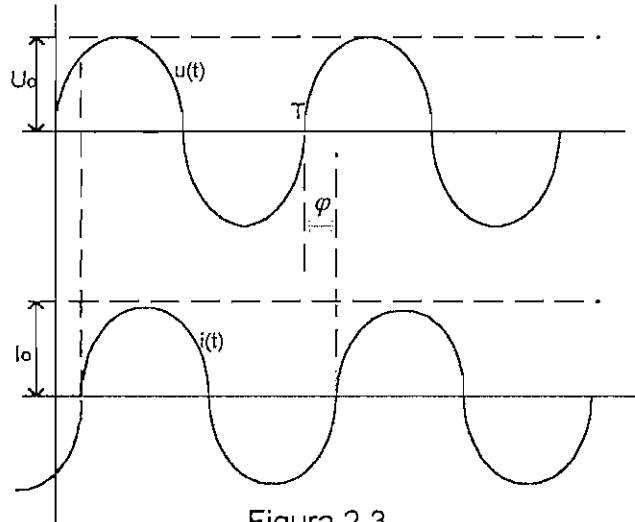


Figura 2.3

**Distribuidor**<sup>2.1</sup>. Empresa Eléctrica titular de una concesión que asume dentro de su área de concesión la obligación de prestar el servicio público de suministro de electricidad a los consumidores. (Reglamento del Suministro del Servicio Eléctrico artículo 43)

**Equipos de Medición**<sup>2.1</sup>.- Es el conjunto de elementos necesarios para conocer si la empresa distribuidora entrega el servicio eléctrico a los clientes en forma continua y segura.

**Energy**<sup>2.8</sup>.- Energía entregada.

**Energytotat**<sup>2.8</sup>.- Energía trifásica entregada.

**FA**<sup>2.9</sup>.- (Forced Air) Refrigeración a aire forzado.

<sup>2.8</sup> Ayuda del Software CODAM Plus

<sup>2.9</sup> Departamento de Generación, EMELNORTE.

**Factor de Potencia**<sup>2.10</sup>.- Es la relación de la potencia aparente para la potencia activa.

**Flicker**<sup>2.7</sup>.- Sensación de parpadeo del alumbrado debido a las fluctuaciones de la tensión entre 0.5 Hz y 25 Hz.

**Flicker Pst**<sup>2.7</sup>.- Índice de severidad de flicker de corta duración.

**Flicker Plt**<sup>2.7</sup>.- Índice de severidad de flicker de larga duración.

**Fluctuaciones de Tensión**<sup>2.12</sup>.- Cambio de valor eficaz que se repite de forma periódica.

**Frecuencia (f)**<sup>2.1</sup>.- Número de ciclos por segundo ( $f = 1/T$ ).

**Gran Consumidor**<sup>2.1</sup>.- Consumidor cuyas características de consumo, de conformidad con la ley, le facultan para acordar libremente con un generador o distribuidor el suministro y precio de la energía eléctrica para el consumo propio.

**Interarmónicos**<sup>2.7</sup>.- Variaciones de amplitud periódicas con frecuencias no múltiplos de la fundamental.

**Interrupción**<sup>2.1</sup>.- Ausencia parcial o total de energía eléctrica, en los puntos de entrega a los consumidores.

**Interrupción Corta**<sup>2.7</sup>.- Son bajas de tensión hasta un valor inferior al 1% de la tensión nominal y con duración entre medio y un ciclo.

**Ih1**<sup>2.8</sup>.- Valor de la corriente eficaz de la onda fundamental.

<sup>2.10</sup> Teoría y Problemas de Circuitos Eléctricos, Joseph Edminister, McGraw-Hill, Segunda edición, México, 1988, página 137.

<sup>2.12</sup> Calidad y Uso Racional de la Energía Eléctrica, Circutor, Joseph Balcells, Barcelona, 2001, página 76

**$I_{h1N}^{2.8}$**  .- Corriente eficaz de la onda fundamental por el neutro.

**$I_{mean}^{2.8}$**  .- Valor eficaz de corriente media.

**$I_{max}^{2.8}$**  .- Valor eficaz de corriente máxima.

**$I_{maxN}^{2.8}$**  .- Corriente eficaz máxima en el neutro.

**$I_{meanN}^{2.8}$**  .- Corriente eficaz media en el neutro.

***Microcorte*<sup>2.7</sup>** .- Interrupción corta con duración de algunos milisegundos. Este tipo de perturbaciones aparece especialmente en los disparos de protecciones con reenganche automático.

**$OA^{2.13}$**  .- (Oil and Air) Refrigeración a aire y aceite.

***Orden de un Armónico (n)*<sup>2.4</sup>** .- Relación entre la frecuencia del armónico,  $f_n$ , y la frecuencia fundamental  $f_f$ .

***Periodo (T)*<sup>2.2</sup>** .- Duración de un ciclo completo.

**$PF^{2.14}$**  .- Relación entre la potencia activa y la potencia aparente.

***Perturbación Conducida*<sup>2.15</sup>** .- Fenómeno electromagnético propagado a través de las líneas.

**$P_{max}^{2.8}$**  .- Potencia activa máxima.

**$P_{mean}^{2.8}$**  .- Potencia activa media.

<sup>2.8</sup> Ayuda del Software CODAM Plus

<sup>2.7</sup> Calidad y Uso Racional de la Energía Eléctrica, Circutor, Joseph Balcells , Barcelona, 2001, página 77

<sup>2.13</sup> Departamento de generación, EMELNORTE.

<sup>2.14</sup> Calidad y Uso Racional de la Energía Eléctrica, Circutor, Joseph Balcells , Barcelona, 2001, página 89

<sup>2.15</sup> Calidad y Uso Racional de la Energía Eléctrica, Circutor, Joseph Balcells , Barcelona, 2001, página 75

**$P_{min}^{2.8}$**  .- Potencia activa mínima.

**$P_{total}^{2.8}$**  .- Factor de potencia trifásico.

**Pulsación ( $w$ )** <sup>2.2</sup>.- Se define como  $W = 2 \pi f$ .

**Punto de Conexión**<sup>2.1</sup> .- Se entenderá como tal al punto en el cual las instalaciones del usuario se conectan con la red pública.

**$Q_{max}^{2.8}$**  .- Potencia reactiva máxima.

**$Q_{mean}^{2.8}$**  .- Potencia reactiva media.

**$Q_{min}^{2.8}$**  .- Potencia reactiva mínima.

**$Q_{totalmax}^{2.8}$**  .- Potencia reactiva trifásica máxima.

**$Q_{totalmean}^{2.8}$**  .- Potencia reactiva trifásica media.

**$Q_{totalmin}^{2.8}$**  .- Potencia reactiva trifásica mínima.

**Regulaciones**<sup>2.1</sup> .- Son las normativas que emita el CONELEC con el objeto de hacer aplicables las disposiciones que se señalan en algunos de los artículos de cada reglamento.

**Servicio**<sup>2.1</sup> .- La utilización de la electricidad por parte del consumidor.

**$S_{mean}^{2.8}$**  .- Potencia aparente media.

**$S_{min}^{2.8}$**  .- Potencia aparente mínima.

**$S_{max}^{2.8}$**  .- Potencia aparente máxima.



**$Stotalmean^{2.8}$**  .- Potencia aparente trifásica media.

**$Stotalmin^{2.8}$**  .- Potencia aparente trifásica mínima.

**$Stotalmax^{2.8}$**  .- Potencia aparente trifásica máxima.

**$Sobre Tensión^{2.15}$**  .- Es un voltaje superior al voltaje en condiciones normales de operación (perturbación en el sistema de distribución).

**$Subestación de Distribución^{2.1}$** . Es un conjunto de equipos de conexión y protección, conductores y barras, transformadores y otros equipos auxiliares que están conectados a una o más líneas de alto voltaje.

**$tan^{2.8}$**  .- Tangente del ángulo del triángulo de potencias.

**$tantotal^{2.8}$**  .- Tangente del ángulo del triángulo de potencias.

**$THDI_{max}^{2.8}$**  .- Factor de distorsión total por armónicos individual de voltaje medio.

**$THDI_{mean}^{2.8}$**  .- Factor de distorsión total por armónicos individual de voltaje medio.

**$THDI_{maxN}^{2.8}$**  .- Factor de distorsión total por armónicos de la corriente media por el neutro.

**$THDI_{meanN}^{2.8}$**  .- Factor de distorsión total por armónicos de la corriente media en el neutro.

**$THDU_{max}^{2.8}$**  .- Factor de distorsión total por armónicos de voltaje máximo.

**$THDU_{mean}^{2.8}$**  .- Factor de distorsión total por armónicos del voltaje medio.

---

<sup>2.15</sup> Calidad y Uso Racional de la Energía Eléctrica, Circutor, Joseph Balcells , Barcelona, 2001, página 75

**Transformador**<sup>2.16</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 diferentes valores de voltaje y corriente. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 2 110:98)

**Transitorios (Picos y Huecos)**<sup>2.12</sup>.- Perturbaciones generalmente picos con oscilación, causada por conexión o desconexión de cargas inductivas, capacitivas o descargas atmosféricas.

**Umean**<sup>2.8</sup>.- Voltaje eficaz medio.

**Umax**<sup>2.8</sup>.- Voltaje eficaz máximo.

**Umin**<sup>2.8</sup>.- Voltaje eficaz mínimo.

**Uh1**<sup>2.8</sup>.- Voltaje eficaz de voltaje de la onda fundamental.

**Voltaje**<sup>2.2</sup>.- Es el valor eficaz que registra un equipo de medición analógico o digital y que corresponde a la raíz cuadrada de la media de los cuadrados de los valores instantáneos.

**Valor Eficaz**<sup>2.17</sup>.- Es la media cuadrática de la función a lo largo de un periodo. Raíz cuadrada del promedio de los cuadrados de los valores instantáneos.

**Valor Instantáneo**<sup>2.2</sup>.- Valor en un instante determinado de tiempo,  $u(t)$  para la tensión e  $i(t)$  para la corriente.

**Valor Medio**<sup>2.18</sup>.- Es la media aritmética de los valores instantáneos a lo largo de un periodo.

<sup>2.16</sup> Instituto Ecuatoriano de Normalización NTE INEN 2 110:98

<sup>2.17</sup> Calidad y Uso Racional de la Energía Eléctrica, Circutor, Joseph Balcells , Barcelona, 2001, página 19

<sup>2.18</sup> Calidad y Uso Racional de la Energía Eléctrica, Circutor, Joseph Balcells , Barcelona, 2001, página 20

**Variaciones de Frecuencia**<sup>2.15</sup> .- Alteración de la frecuencia de la red.

**Variaciones de Tensión (lentas)**<sup>2.15</sup> .- Aumento o disminución del valor eficaz debido a las fluctuaciones de carga.

**Variaciones Rápidas de Tensión**<sup>2.15</sup> .- Cambio de valor eficaz, mantenido durante un tiempo indefinido y sin ninguna cadencia conocida de repetición.

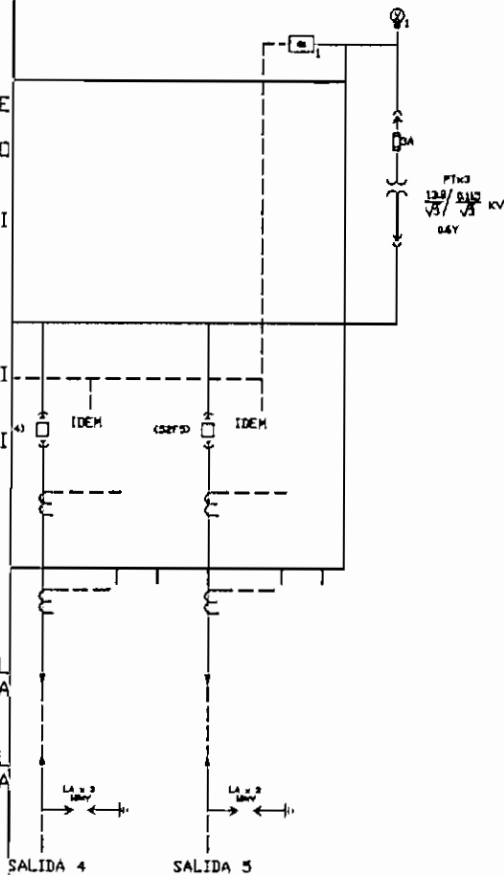
---

<sup>2.15</sup> Calidad y Uso Racional de la Energía Eléctrica, Circutor, Joseph Balcells , Barcelona, 2001, página 75

# ANEXO 3.1

## SIMBOLOGIA:

	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE TIPO BUSB
	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE
	TRANSFORMADOR DE POTENCIAL CON FUS
	INTERRUPTOR TIPO FIJO
	INTERRUPTOR TIPO DRAW OUT
	FUSIBLE DE CONTROL O POTENCIA
	PARARRAYOS CON CORTADOR DE DESCARG
	PARARRAYOS SIN CORTADOR DE DESCARG
	TRANSFORMADOR
	AMPERIMETRO CA
	VOLTIMETRO CA
	MEDIDOR DE POTENCIA ACTIVA (VATIME
	CONTADOR DE ENERGIA CON REGISTRADO DEMANDA MAXIMA
	MEDIDOR DE POTENCIA REACTIVA (VARI
	CONMUTADOR DE AMPERIMETRO
	CONMUTADOR DE VOLTIMETRO
	RELE DE SOBRECORRIENTE CON UNIDAD Y UNIDAD INSTANTANEA PARA PROTECCI
	RELE DE SOBRECORRIENTE CON UNIDAD Y UNIDAD INSTANTANEA PARA PROTECCI
	RELE DE RECIERRE AC
	RELE DE PROTECCION DIFERENCIAL
	RELE DE BAJA FRECUENCIA
	RELE DE SOBRECORRIENTE DIRECCIONAL UNIDAD DE TIEMPO Y UNIDAD INSTANTA PARA PROTECCION DE FASES
	RELE DE SOBRECORRIENTE DIRECCIONAL UNIDAD DE TIEMPO Y UNIDAD INSTANTA PARA PROTECCION DE TIERRA
	RELE DE TEMPERATURA DE ACEITE
	RELE DE PRESION SUBITA
	SECCIONADOR
	SECCIONADOR CON PUESTA A TIERRA
	PUNTA DE CABLE O BUSHING
	TERMINAL DE LINEA
	FUSIBLE UNIPOLAR DE POTENCIA



SA ELECTRICA REGIONAL NORTE S.A.  
"EMELNORTE"  
IBARRA-ECUADOR

EXO 3.5: DIAGRAMA UNIFILAR  
A SUBSTACION EL RETORNO

SHI ELECTRIC	IDIOMA: Español	TAM. A4	REV. 1
	SIN	NOVIE. - 2001	
PROYECTO:	ESCALA:	FECHA:	
Montedeoca	1 de 1	000001	
DIBUJO:	HOJA:	PROY. No.	

# ANEXO 3.2

## CARACTERISTICAS OPERATIVAS DE LAS CENTRALES DE EMELNORTE

DEPARTAMENTO DE GENERACION Y SUBTRANSMISION

CARACTERISTICAS OPERATIVAS	Ambi		San Miguel de Car	La Playa		
	Grupo 1	Grupo 2		Grupo No.1	Grupo No.2	Grupo No.3
<b>TURBINA</b>						
Marca	Gilkes	Gilkes	Bell	Escher Wyss	Escher Wyss	Escher Wyss
Cajida m	167,50	167,5	125	65	65	65
Caudal m <sup>3</sup> /s	2,89	2,89	2,81	0,9	0,9	0,9
Pot. Bruta KW	4.000,00	4000	3010	420	420	420
<b>GENERADOR</b>						
Marca	Mather & Platt	Mather & Platt	Brown Boveri	Brown Boveri	Brown Boveri	Brown Boveri
Pot.Bruta KW	4.000,00	4000	2950	420	420	420
Voltaje V.	4.160,00	4160	4160	6300	6300	6300
Intensidad A.	693,00	693	503	50	50	50
Factor de potencia	0,80	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Subestación de elevación KV	4.16/34.5	4.16/34.5	4.16/34.5	6.3/13.8	6.3/13.8	6.3/13.8
Tiempo de arranque (minutos)	20,00	20	15	10	10	10
Tiempo de parada (minutos)	5,00	5	5	5	5	5
Inflexibilidad	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna

(\*) LA CENTRAL COTACACHI SE ENCUENTRA INDISPONIBLE POR DAÑO EN EL CANAL

**POTENCIA BRUTA TOTAL 13.85 MW**

**POTENCIA BRUTA ACTUAL 13.4 MW**

## CARACTERISTICAS OPERATIVAS DE LAS CENTRALES DE EMELNORTE

### DEPARTAMENTO DE GENERACION Y SUBTRANSMISION

CARACTERISTICAS OPERATIVAS	Atuntaqui		Otavalo 2	San Gabriel	Espejo	Cotacachi (*)	
	Grupo No.1	Grupo No.2				Grupo No.1	Grupo No.2
<b>TURBINA</b>							
Marca	J.M.VOIT	J.M.VOIT	J.M.VOIT	Teodoro Bell	B. Maier	J.M.VOIT	J.M.VOIT
Caida m	42	42	32	83,5	255	33,5	33,5
Caudal m <sup>3</sup> /s	0,572	0,572	1,76	0,465	0,107	0,572	0,572
Pot. Bruta KW	180	180	380	230	230	200	240
<b>GENERADOR</b>							
Marca	AEG	AEG	AEG	Brown Boveri	Siemens	AEG	AEG
Pot. Bruta KW	200	200	422	300	270	200	240
Voltaje V.	400/231	400/231	400	400/231	400	400/231	400/231
Intensidad A.	362	362	760	540	361	361/625	433
Factor de potencia	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Subestación de elevación KV	0.4/13.8	0.4/13.8	0.4/13.8	0.4/13.8	0.4/13.8	0.4/13.8	0.4/13.8
Tiempo de arranque (minutos)	10	10	10	10	10	10	10
Tiempo de parada (minutos)	5	5	5	5	5	5	5
Inflexibilidad	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna

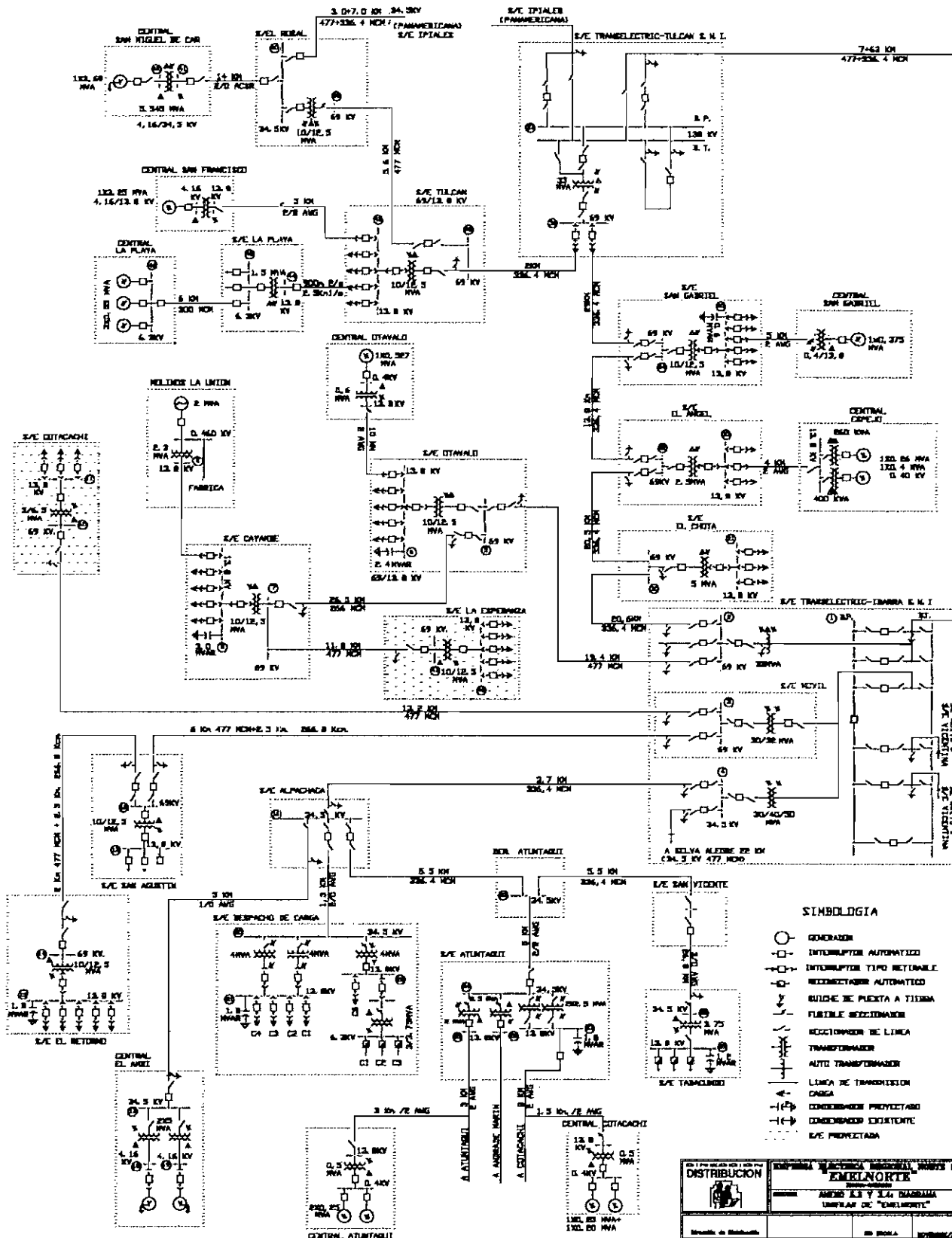
(\*) LA CENTRAL COTACACHI SE ENCUENTRA INDISPONIBLE POR DAÑO EN EL CANAL

**POTENCIA BRUTA TOTAL 13.85 MW**

**POTENCIA BRUTA ACTUAL 13.4 MW**



# **ANEXO 3.3**



**SIMBOLIA**

- GENERADOR
- INTERRUPTOR AUTOMATIZADO
- INTERRUPTOR TIPO RETORNABLE
- RECIERRE AUTOMATIZADO
- BARRILE DE PUERTA A TIERRA
- FUSIBLE RECIERREADOR
- RECIERREADOR DE LINEA
- TRANSFORMADOR
- AUTO TRANSFORMADOR
- LINEA DE TRANSMISION
- CONEXION PROYECTADA
- CONEXION EXISTENTE
- S/E PROYECTADA

DISTRIBUCION		EMPRESA NACIONAL DE ENERGIA ELÉCTRICA	
EMPRESA NACIONAL DE ENERGIA ELÉCTRICA		EMPRESA NACIONAL DE ENERGIA ELÉCTRICA	
AMBIENTE A Y LA DISTRIBUCION		UNIDAD DE "EMERGENCIA"	
Elaborado en:	FECHA:	REVISADO POR:	FECHA:
Ing. Carlos...	10/01/70	Ing....	10/01/70

# ANEXO 3.4

# ANEXO 3.5

# ANEXO 3.6

## ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE CADA CIRCUITO DE LA SUBESTACIÓN “EL RETORNO”

### CIRCUITO UNO

#### Transformadores

	Tipo	Pot. (kVA)	Cantidad
<b>Monofásico</b>			
	Monofásico Auto protegido 5KVA 13.8KV	5.00	5
	Monofásico Convencional 7.5KVA 13.8KV	7.50	1
	Monofásico Auto protegido 10KVA 13.8KV	10.00	19
	Monofásico Convencional 10KVA 13.8KV	10.00	10
	Monofásico Convencional 15KVA 13.8KV	15.00	10
	Monofásico Auto protegido 15KVA 13.8KV	15.00	29
	Monofásico Convencional 25KVA 13.8KV	25.00	4
	Monofásico Auto protegido 25KVA 13.8KV	25.00	8
	Monofásico Auto protegido 37.5KVA 13.8KV	37.50	10
	Monofásico Convencional 37.5KVA 13.8KV	37.50	2
	Monofásico Convencional 50KVA 13.8KV	50.00	5
<b>Trifásico</b>			
	Trifásico 30KVA 13.8KV	30.00	1
	Trifásico 45KVA 13.8KV	45.00	1
	Trifásico 50KVA 13.8KV	50.00	3
	Trifásico 100KVA 13.8KV	100.00	1
	Trifásico 112.5KVA 13.8KV	112.50	2
	Trifásico 150KVA 13.8KV	150.00	2
	Trifásico 200KVA 13.8KV	200.00	1
	Trifásico 225KVA 13.8KV	225.00	1
	Trifásico 250KVA 13.8KV	250.00	1
	Trifásico 300KVA 13.8KV	300.00	1

**Postes**

<b>Tipo</b>	<b>Cantidad</b>
HORMIGON 11m 350 Kg.	519
HORMIGON 11m 500 Kg.	43
HORMIGON 7m	5
HORMIGON 9m 350 Kg.	518
HORMIGON 9m 500 Kg.	3
MADERA COMUN 9m	57
MADERA TRATADA 11m	3
MADERA TRATADA 9m	33

**Líneas de Alta Tensión**

<b>Fases</b>	<b>Longitud (metros)</b>
1	24260
3	10847

**Líneas de Baja Tensión**

<b>Fases</b>	<b>Longitud (metros)</b>
0	1,856.00
1	17,509.00
2	24,611.00
3	314.00

**Luminarias**

<b>Tipo</b>	<b>Cantidad</b>
Mixta 160 W Abierta	33
Vapor de Mercurio 125 W Abierta	54
Vapor de Mercurio 125 W Cerrada	34

Vapor de Mercurio 175 W Abierta	3
Vapor de Mercurio 175 W Cerrada	4
Vapor de Sodio 100 W Cerrada	24
Vapor de Sodio 150 W Cerrada	51
Vapor de Sodio 250 W Cerrada	13
Vapor de Sodio 400 W Cerrada	8
Vapor de Sodio 70 W Cerrada	344

## CIRCUITO DOS

### Transformadores

	Tipo	Pot. (kVA)	Cantidad
<b>Bifásico</b>			
	Bifásico Convencional 25KVA 13.8KV	25.00	1
<b>Monofásico</b>			
	Monofásico Convencional 5KVA 13.8KV	5.00	4
	Monofásico Autoprotegido 5KVA 13.8KV	5.00	6
	Monofásico Autoprotegido 7.5KVA 13.8KV	7.50	1
	Monofásico Convencional 7.5KVA 13.8KV	7.50	3
	Monofásico Autoprotegido 10KVA 13.8KV	10.00	167
	Monofásico Convencional 10KVA 13.8KV	10.00	20
	Monofásico Convencional 15KVA 13.8KV	15.00	15
	Monofásico Autoprotegido 15KVA 13.8KV	15.00	64
	Monofásico Autoprotegido 25KVA 13.8KV	25.00	11
	Monofásico Convencional 25KVA 13.8KV	25.00	7
	Monofásico Autoprotegido 37.5KVA 13.8KV	37.50	17
	Monofásico Convencional 37.5KVA 13.8KV	37.50	2
	Monofásico Autoprotegido 50KVA 13.8KV	50.00	1
<b>Trifásico</b>			
	Trifásico 30KVA 13.8KV	30.00	3



	Trifásico 45KVA 13.8KV	45.00	6
	Trifásico 50KVA 13.8KV	50.00	2
	Trifásico 75KVA 13.8KV	75.00	4
	Trifásico 100KVA 13.8KV	100.00	1

### Líneas de Alta Tensión

Fases	Longitud (metros)
1	195680
2	622
3	81131

### Líneas de Baja Tensión

Fases	Longitud (metros)
0	1,508.00
1	165,300.00
2	69,250.00

### Postes

Tipo	Cantidad
HORMIGON 11m 350 Kg.	1829
HORMIGON 11m 500 Kg.	29
HORMIGON 7m	12
HORMIGON 9m 350 Kg.	2540
MADERA COMUN 11m	9
MADERA COMUN 9m	71
MADERA TRATADA 11m	29
MADERA TRATADA 9m	41

## Luminarias

Tipo	Cantidad
Mixta 160 W Abierta	27
Vapor de Mercurio 125 W Abierta	171
Vapor de Mercurio 125 W Cerrada	24
Vapor de Mercurio 175 W Abierta	7
Vapor de Sodio 150 W Cerrada	14
Vapor de Sodio 250 W Cerrada	12
Vapor de Sodio 70 W Cerrada	471

## CIRCUITO CUATRO

### Transformadores

	Tipo	Pot. (kVA)	Cantidad
<b>Monofásico</b>			
	Monofásico Convencional 5 KVA 13.8 kV	5.00	2
	Monofásico Convencional 10 KVA 13.8 kV	10.00	31
	Monofásico Autoprotegido 10 KVA 13.8 kV	10.00	10
	Monofásico Convencional 15 KVA 13.8 kV	15.00	27
	Monofásico Autoprotegido 15 KVA 13.8 kV	15.00	11
	Monofásico Autoprotegido 25 KVA 13.8 kV	25.00	12
	Monofásico Convencional 25 KVA 13.8 kV	25.00	34
	Monofásico Autoprotegido 37.5 KVA 13.8 kV	37.50	9
	Monofásico Convencional 37.5 KVA 13.8 kV	37.50	47
	Monofásico Convencional 50 KVA 13.8 kV	50.00	1
	Monofásico Autoprotegido 50 KVA 13.8 kV	50.00	1
<b>Trifásico</b>			
	Trifásico 30 KVA 13.8 kV	30.00	6
	Trifásico 45 KVA 13.8 kV	45.00	6

	Trifásico 50 KVA 13.8 kV	50.00	1
	Trifásico 75 KVA 13.8 kV	75.00	4

### Líneas de Alta Tensión

Fases	Longitud (metros)
1	31291
2	3311
3	14701

### Líneas de Baja Tensión

Fases	Longitud (metros)
0	3,285.00
1	10,211.00
2	36,177.00
3	871.00

### Postes

Tipo	Cantidad
HORMIGON 11m 350 Kg.	814
HORMIGON 11m 500 Kg.	8
HORMIGON 14m 500 Kg.	4
HORMIGON 7m	7
HORMIGON 9m 350 Kg.	695
MADERA COMUN 11m	1
MADERA COMUN 9m	11
MADERA TRATADA 11m	12
MADERA TRATADA 9m	46

## Luminarias

Tipo	Cantidad
Mixta 160 W Abierta	24
Vapor de Mercurio 125 W Abierta	152
Vapor de Mercurio 125 W Cerrada	125
Vapor de Mercurio 175 W Abierta	39
Vapor de Mercurio 175 W Cerrada	28
Vapor de Sodio 100 W Cerrada	7
Vapor de Sodio 150 W Cerrada	114
Vapor de Sodio 250 W Cerrada	137
Vapor de Sodio 70 W Cerrada	386

TABLA 3.27

## CIRCUITO CINCO

### *Transformadores*

	Tipo	Pot. (kVA)	Cantidad
<b>Monofásico</b>			
	Monofásico Auto protegido 10 KVA 13.8 kV	10.00	3
	Monofásico Auto protegido 15 KVA 13.8 kV	15.00	17
	Monofásico Convencional 15 KVA 13.8 kV	15.00	4
	Monofásico Convencional 25 KVA 13.8 kV	25.00	13
	Monofásico Convencional 37.5 KVA 13.8 kV	37.50	10
	Monofásico Auto protegido 37.5 KVA 13.8 kV	37.50	16
	Monofásico Auto protegido 50 KVA 13.8 kV	50.00	2
<b>Trifásico</b>			
	Trifásico 30 KVA 13.8 kV	30.00	1
	Trifásico 45 KVA 13.8 kV	45.00	6

	Trifásico 50 KVA 13.8 kV	50.00	2
	Trifásico 75 KVA 13.8 kV	75.00	3

### Líneas de Alta Tensión

Fases	Longitud (metros)
1	3005
2	30
3	11412

### Líneas de Baja Tensión

Fases	Longitud (metros)
0	1,251.00
1	945.00
2	16,299.00
3	1,106.00

### Postes

Tipo	Cantidad
HIERRO ORNAMENTAL 7m	1
HORMIGON 11m 350 Kg.	347
HORMIGON 11m 500 Kg.	10
HORMIGON 9m 350 Kg.	186
MADERA COMUN 9m	3
MADERA TRATADA 9m	9

**Luminarias**

<b>Tipo</b>	<b>Cantidad</b>
Vapor de Mercurio 125 W Abierta	97
Vapor de Mercurio 125 W Cerrada	17
Vapor de Mercurio 175 W Abierta	3
Vapor de Mercurio 175 W Cerrada	10
Vapor de Sodio 100 W Cerrada	25
Vapor de Sodio 150 W Cerrada	31
Vapor de Sodio 250 W Cerrada	137
Vapor de Sodio 400 W Cerrada	4
Vapor de Sodio 70 W Cerrada	170

# ANEXO 5.1

# ANEXO 5.2

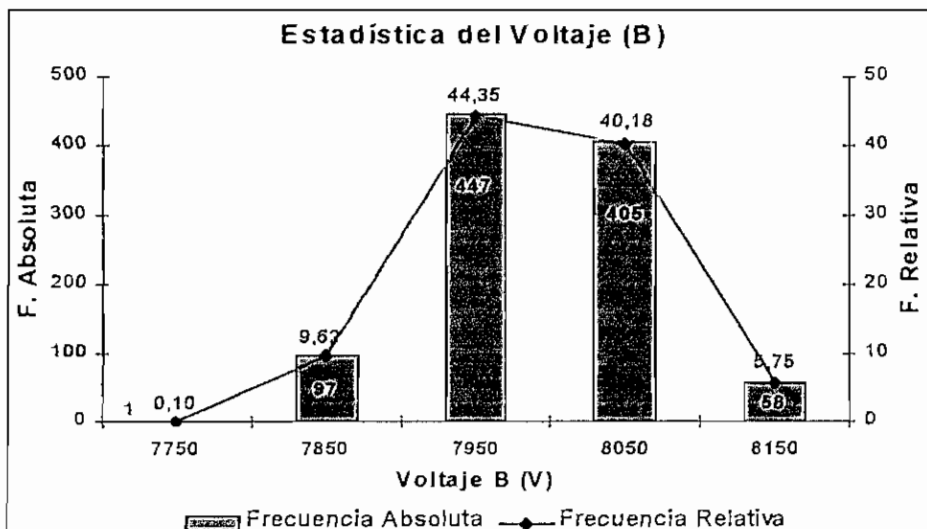
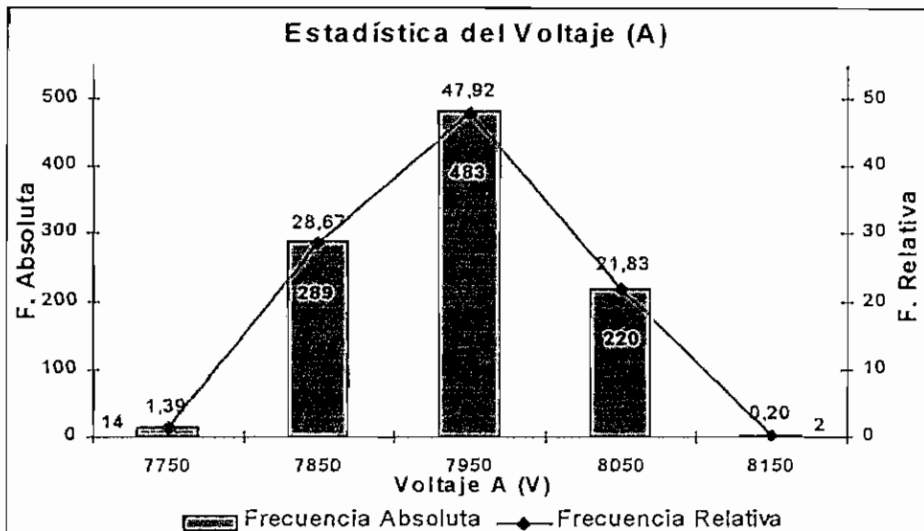


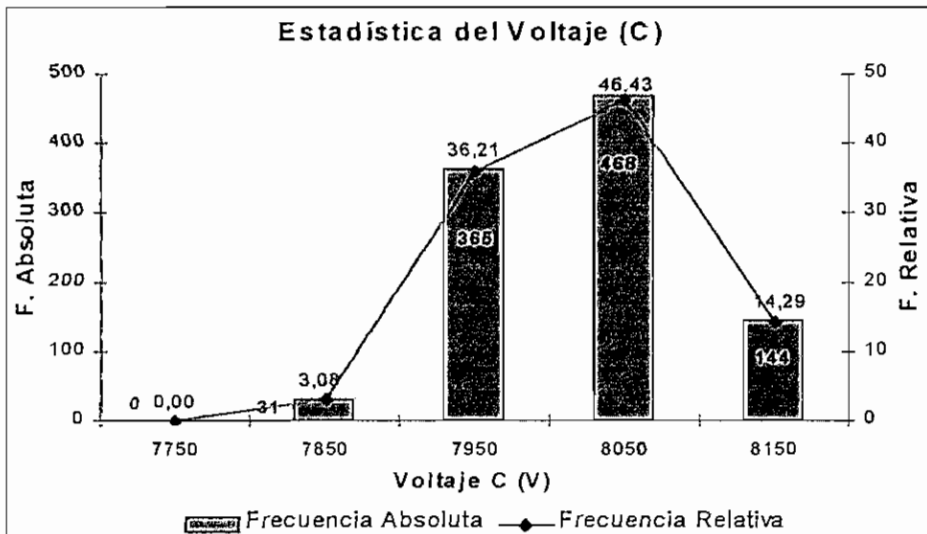
## ANEXO 5.2

## GRÁFICOS ESTADÍSTICOS DE LOS ALIMENTADORES

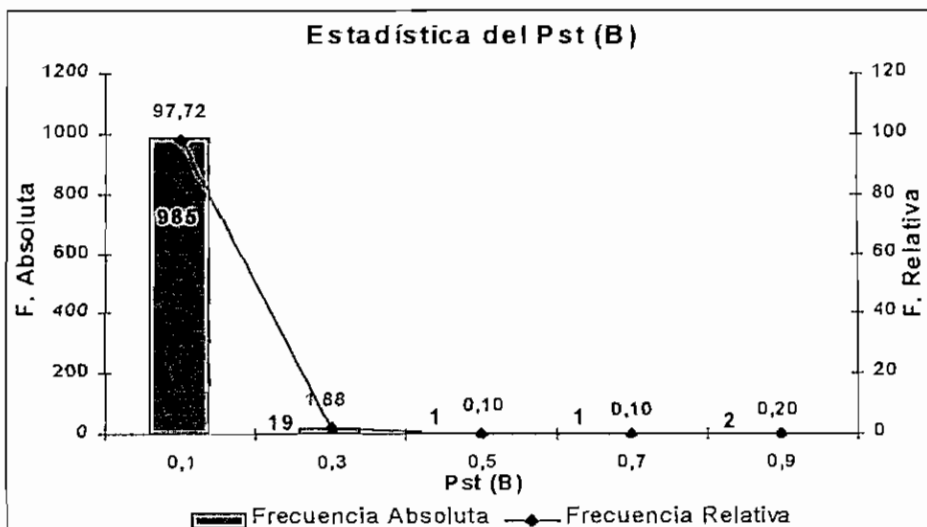
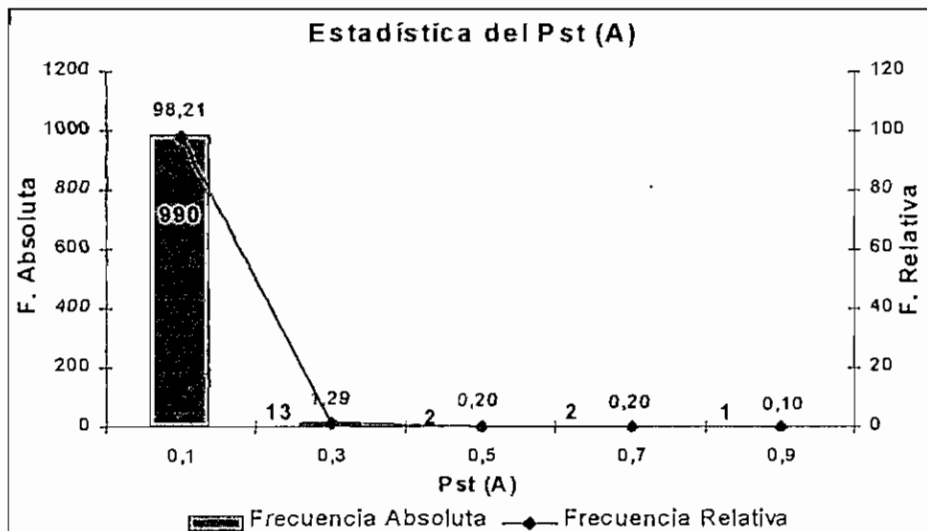
## CIRCUITO UNO

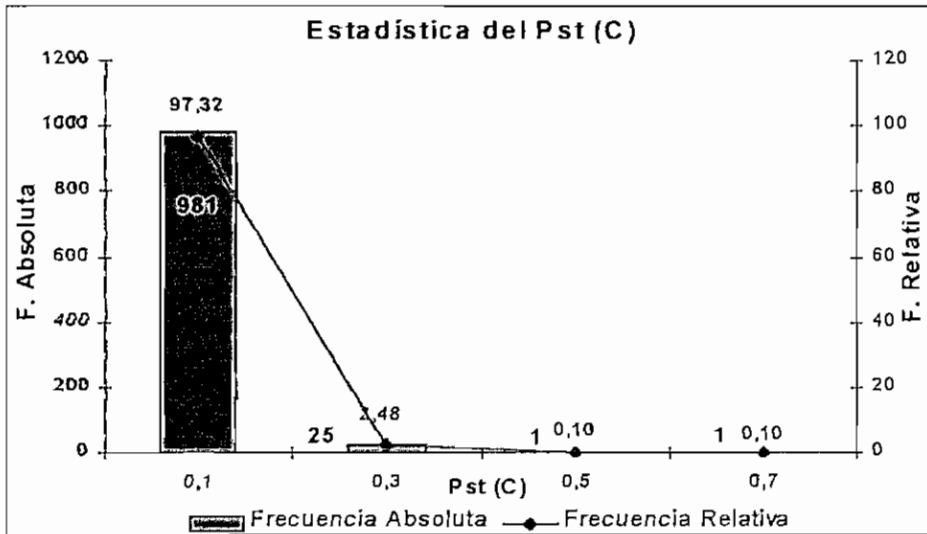
## NIVEL DE VOLTAJE





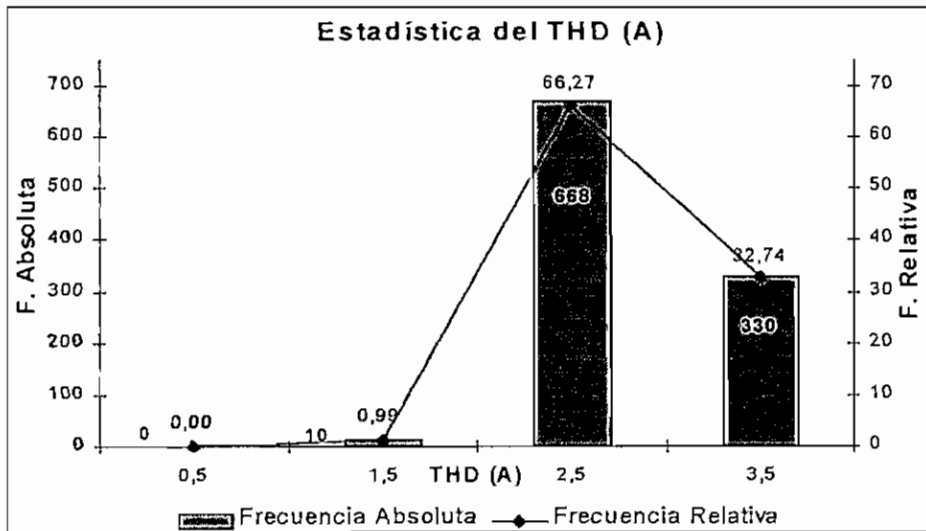
## PERTURBACIONES

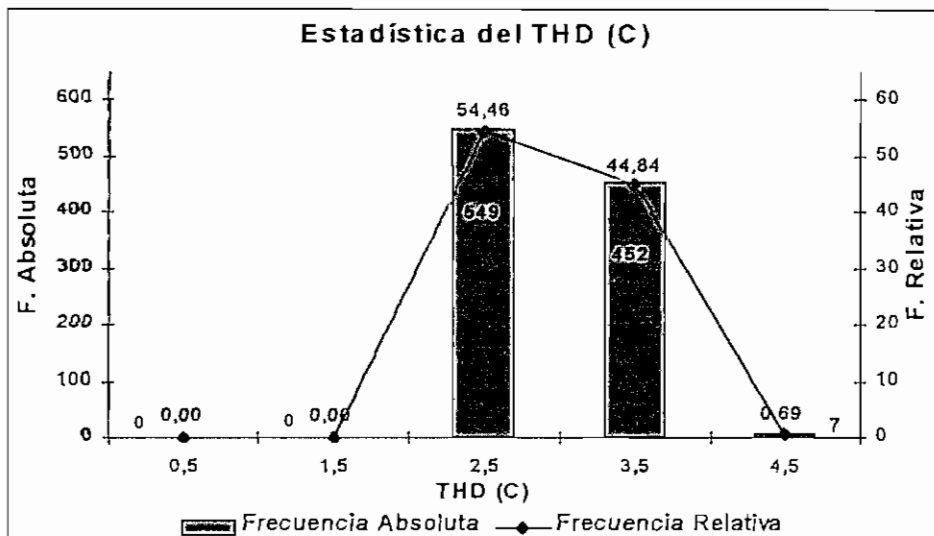
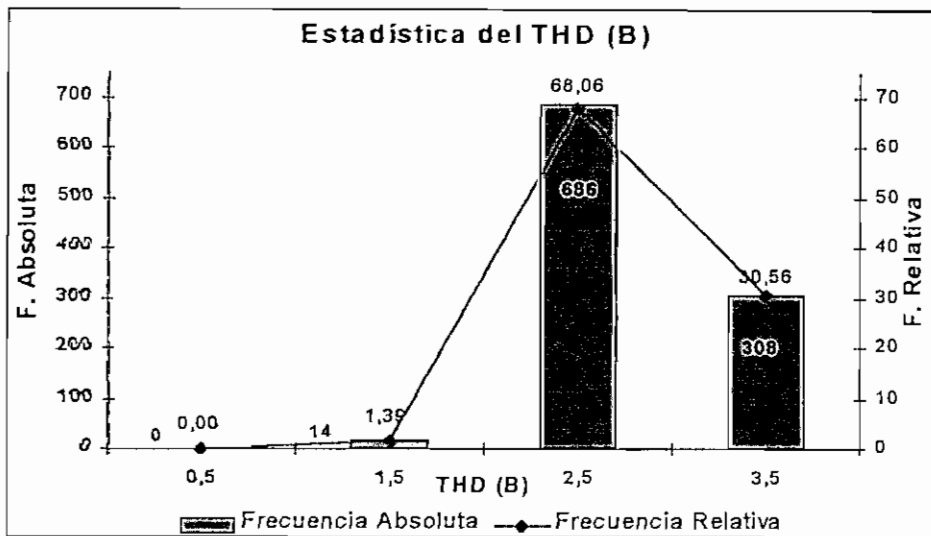




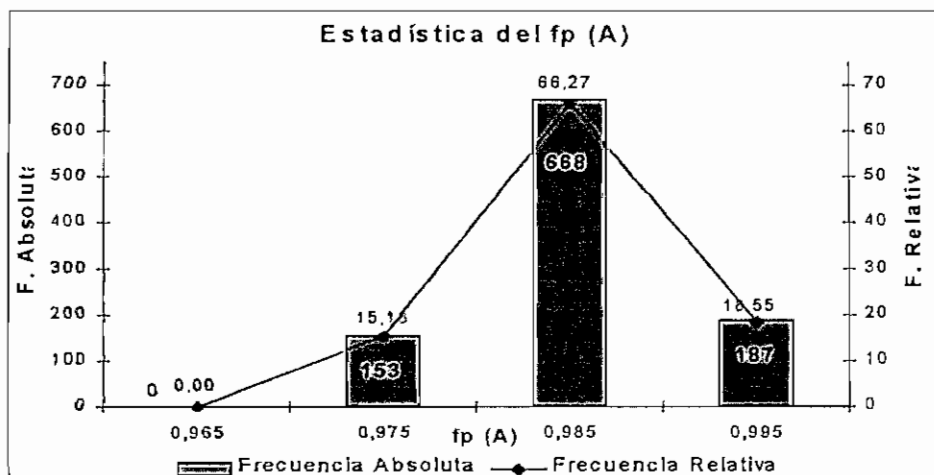
## ARMÓNICOS

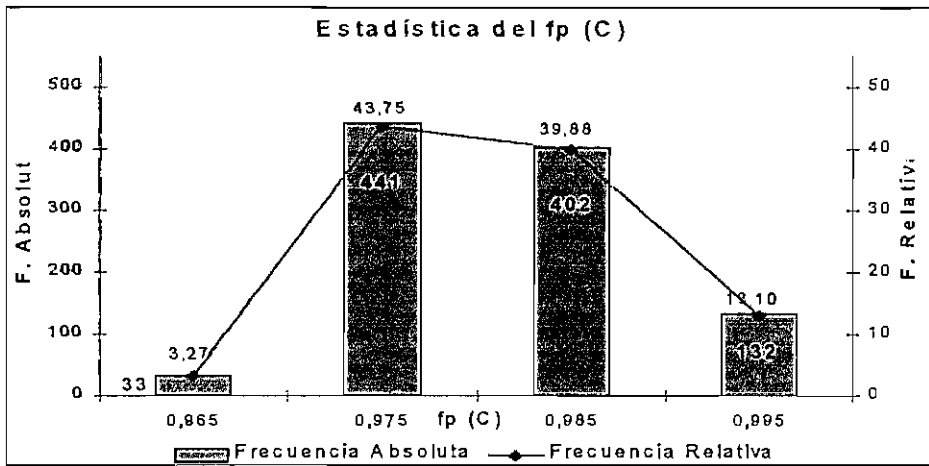
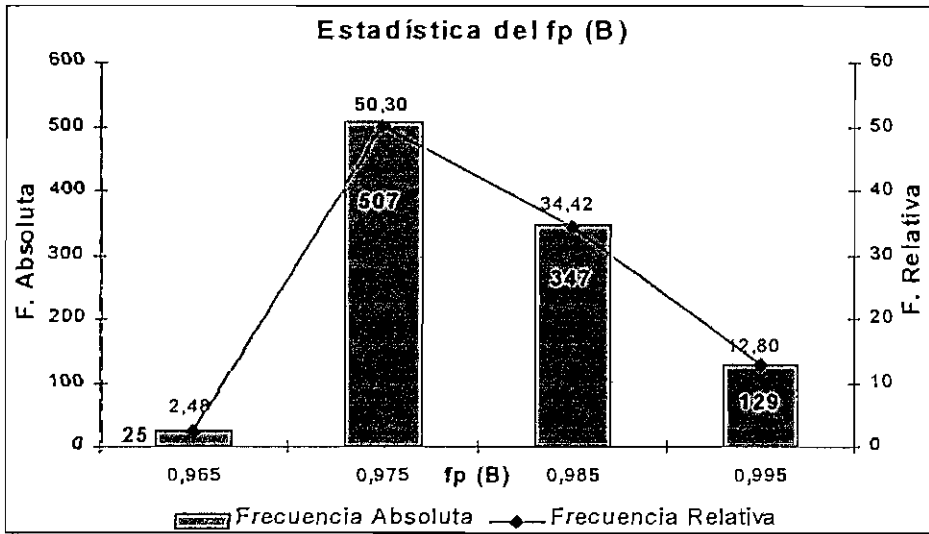
**Factor de Distorsión Armónica Individual y Factor de Distorsión Total por Armónicas**





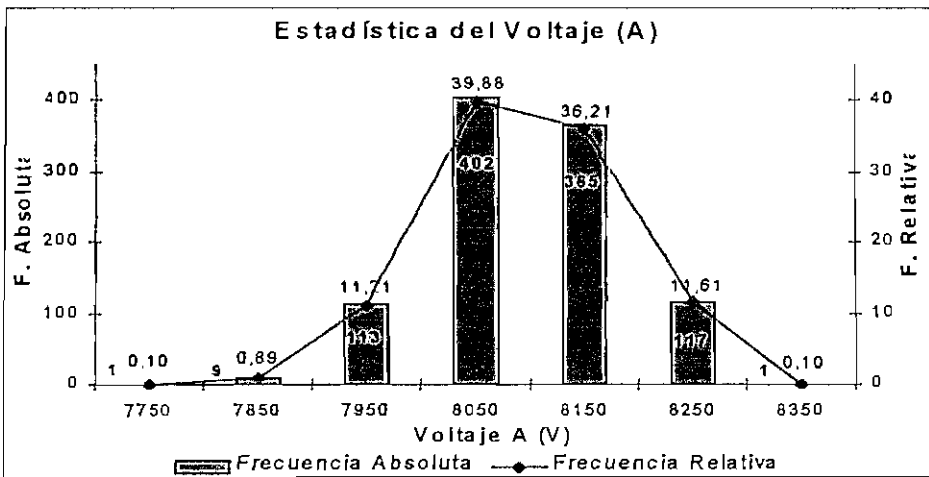
## FACTOR DE POTENCIA

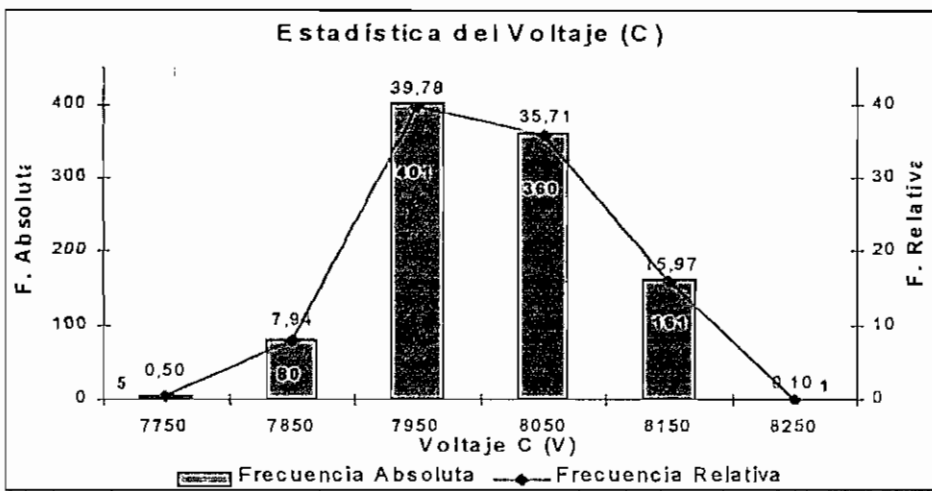
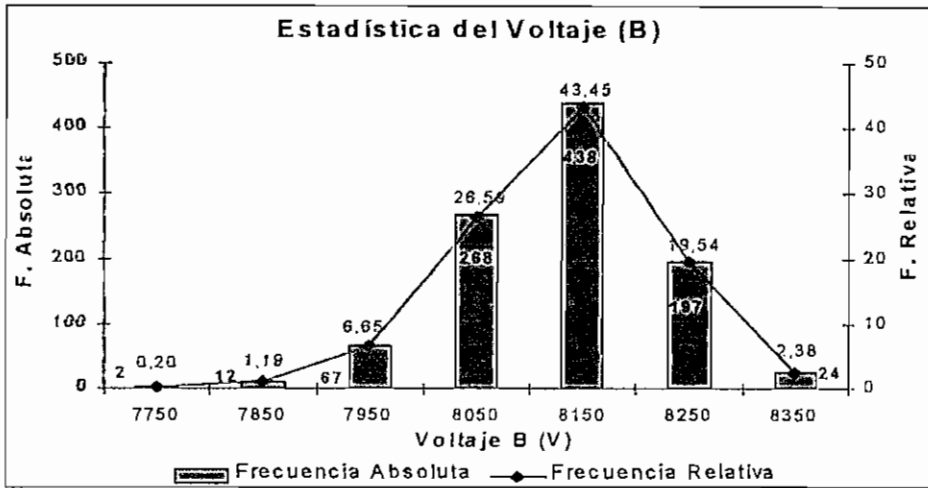




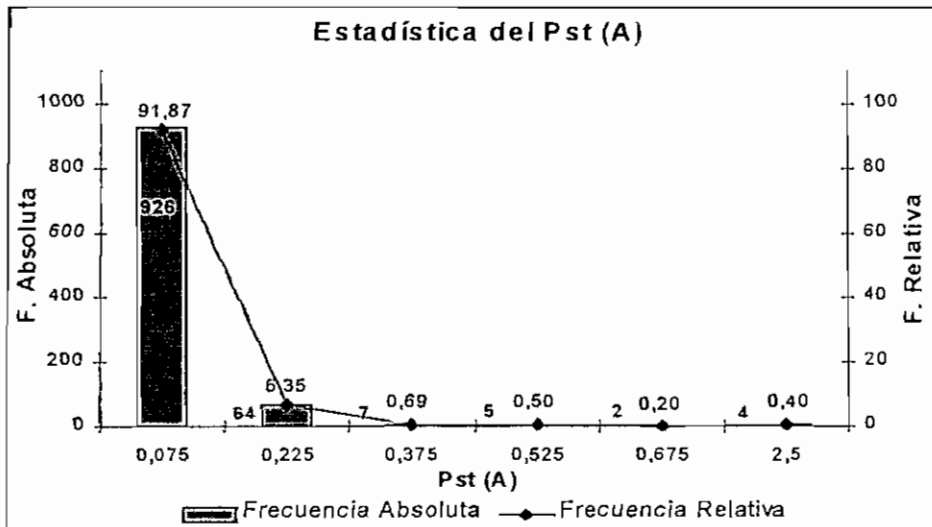
## CIRCUITO DOS

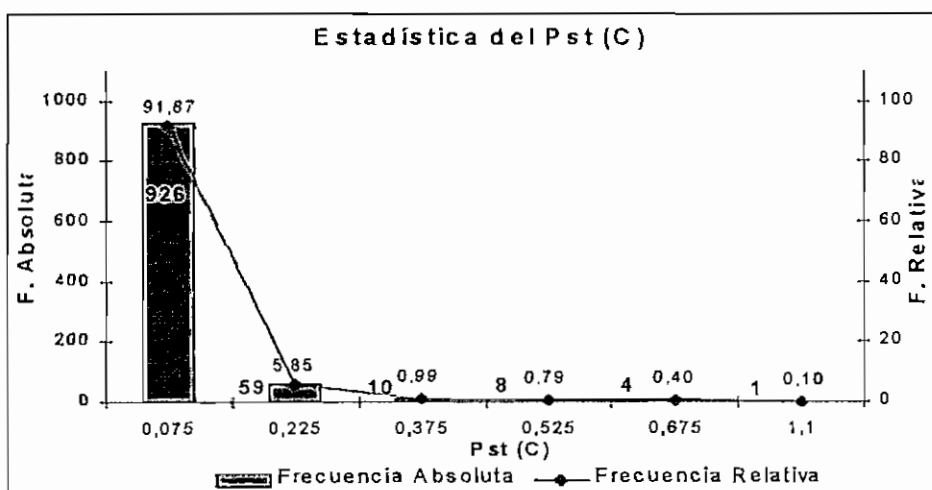
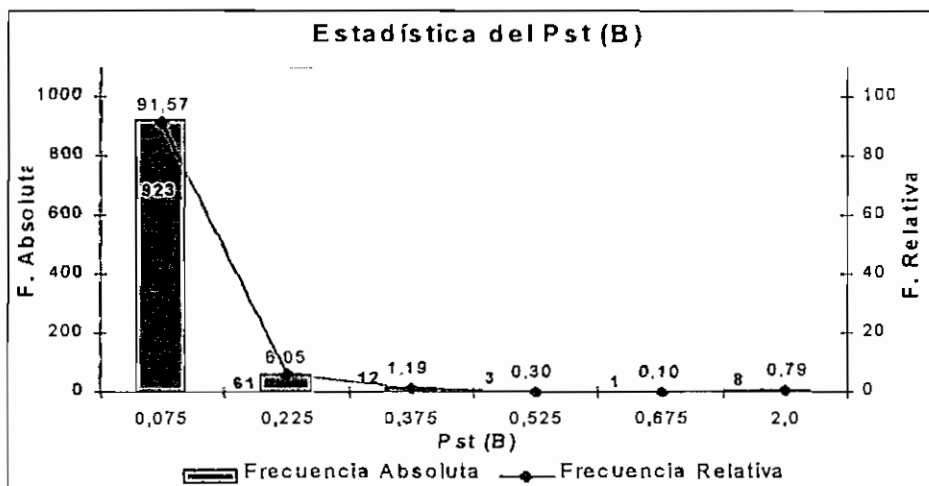
### NIVEL DE VOLTAJE





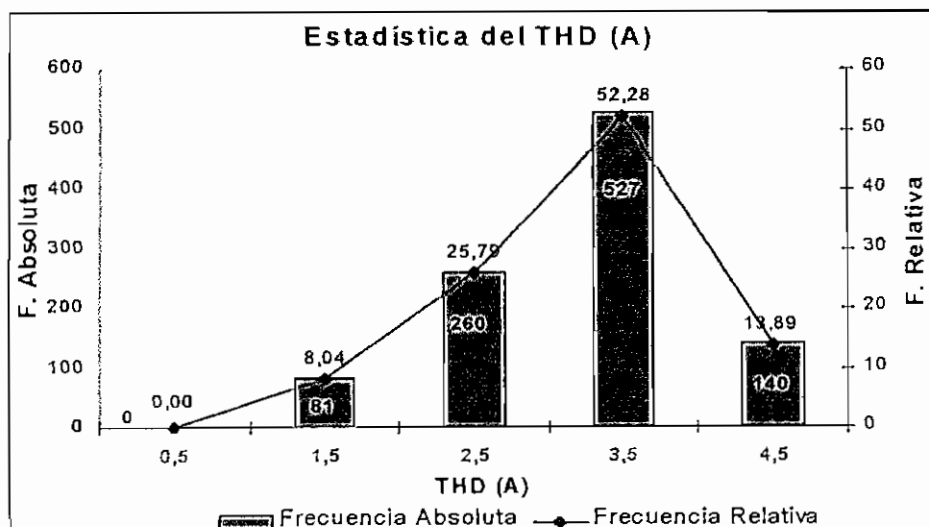
**PERTURBACIONES  
PARPADEO**

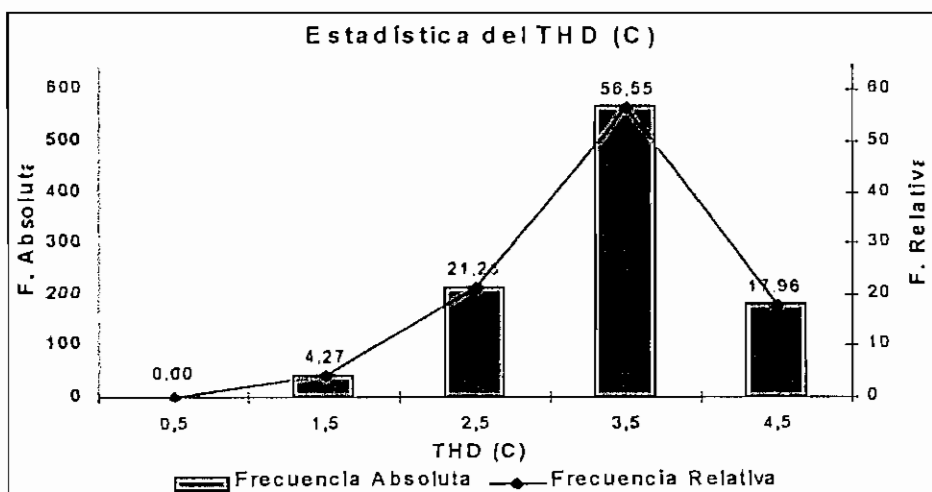
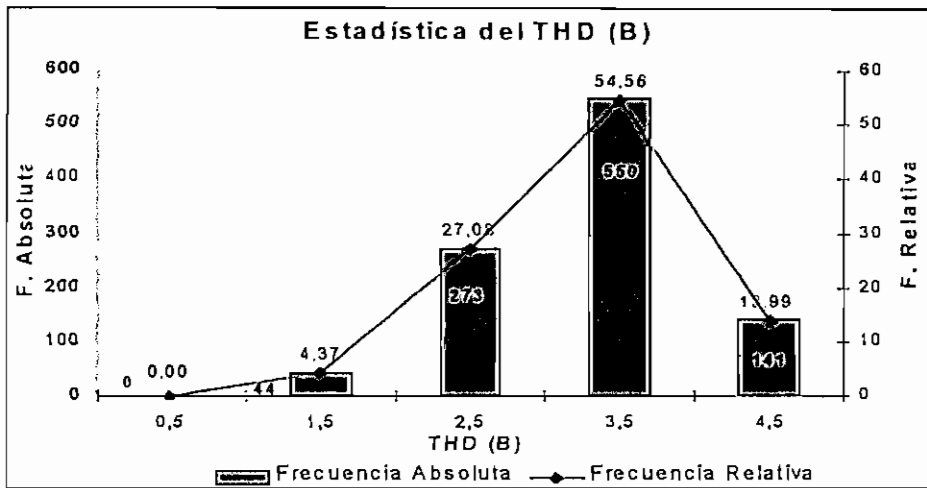




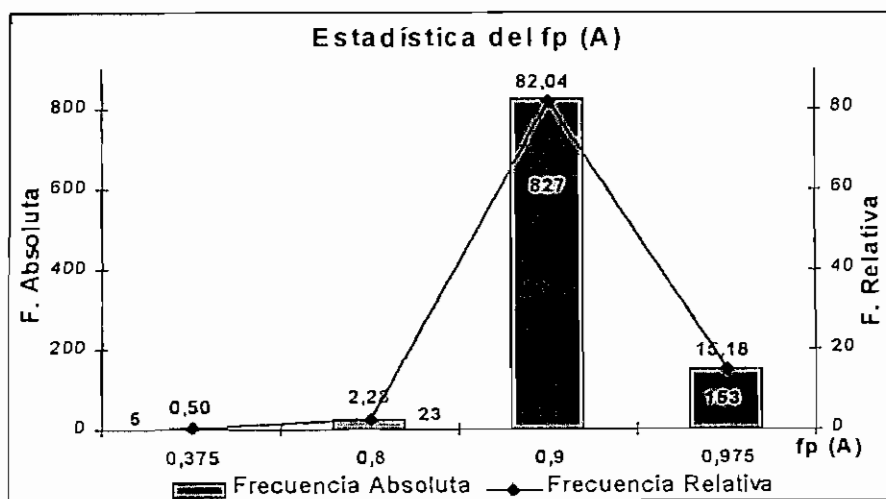
## ARMÓNICOS

Factor de distorsión armónica individual del voltaje y Factor de distorsión total por armónicos

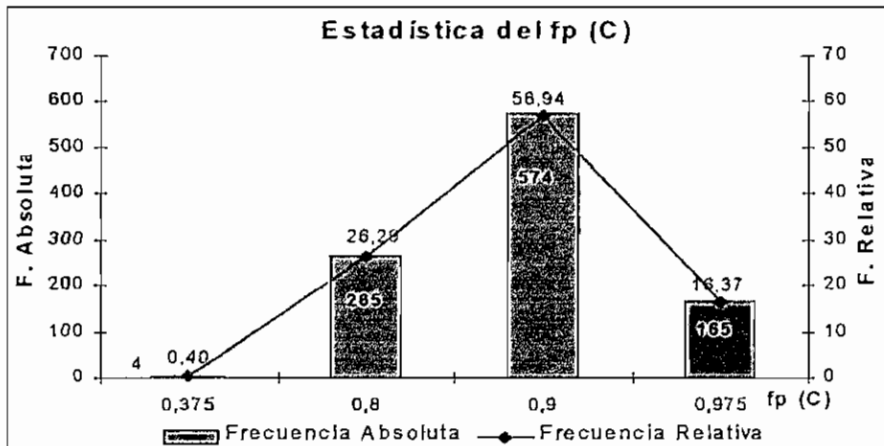
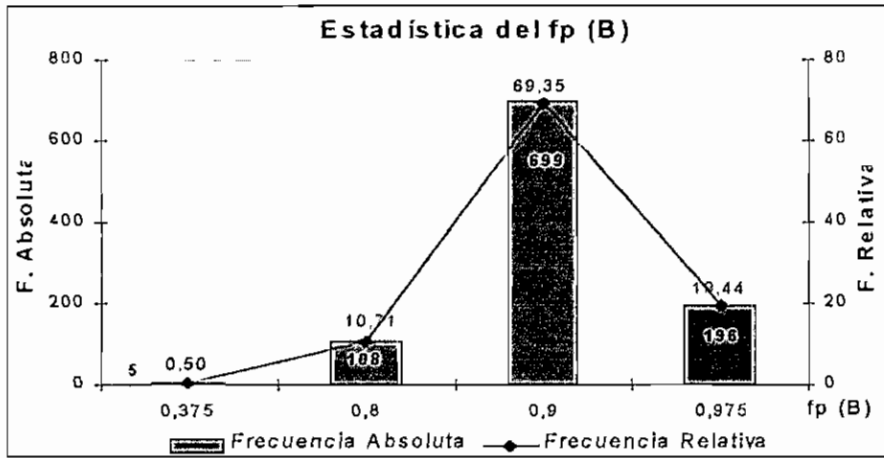




## FACTOR DE POTENCIA

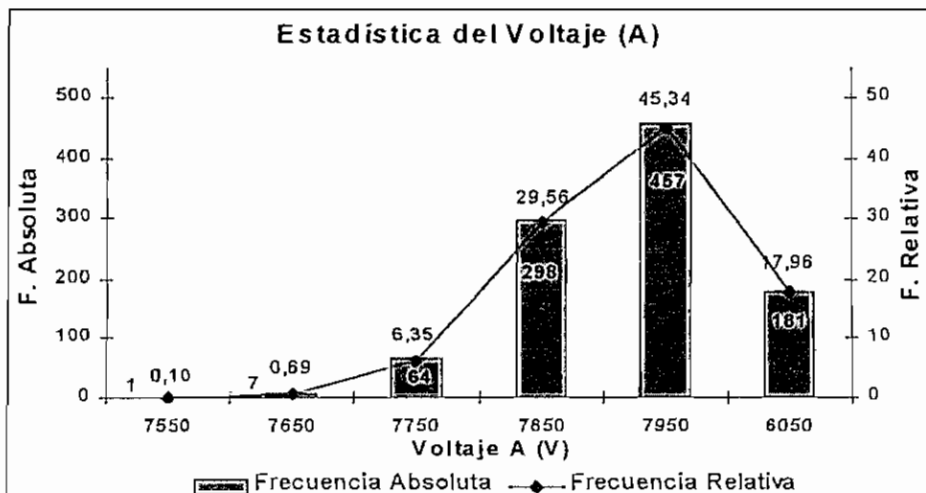


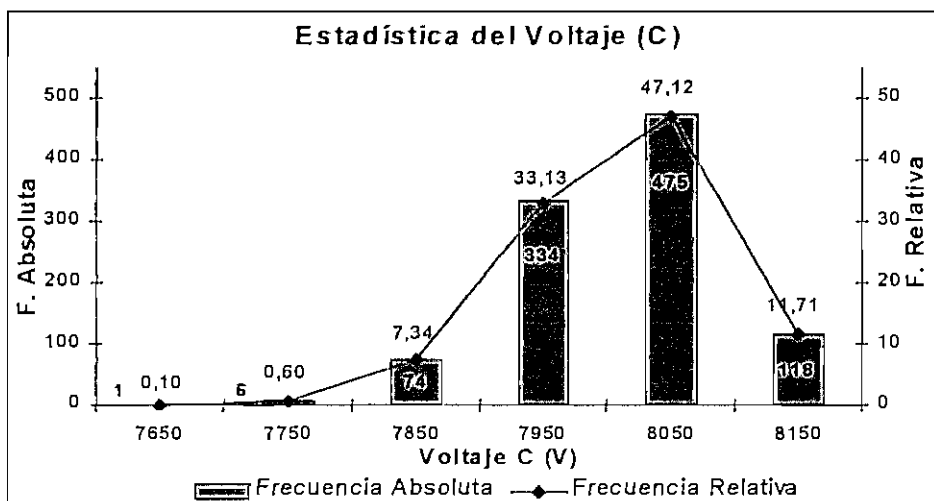
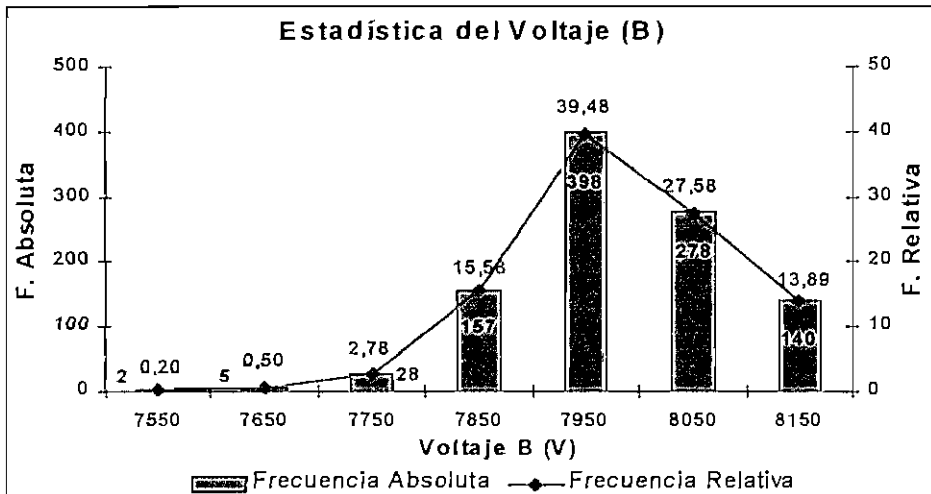




## CIRCUITO CUATRO

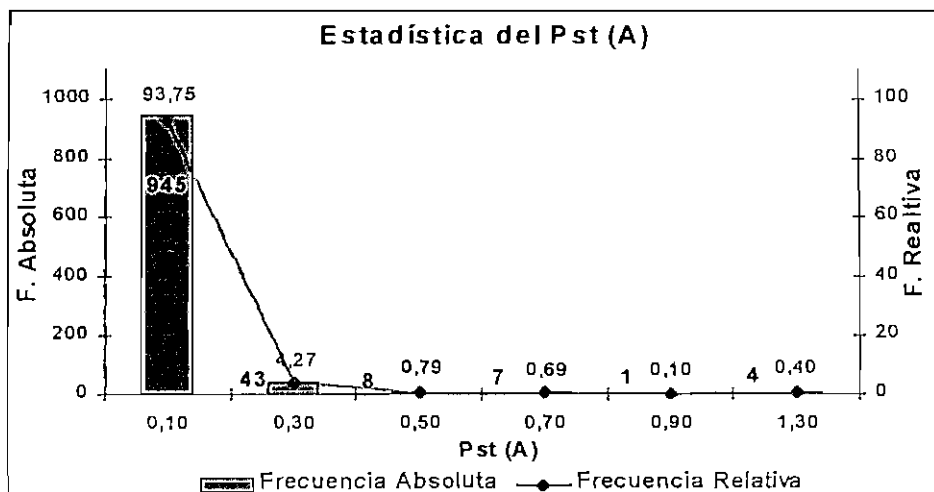
### NIVEL DE VOLTAJE

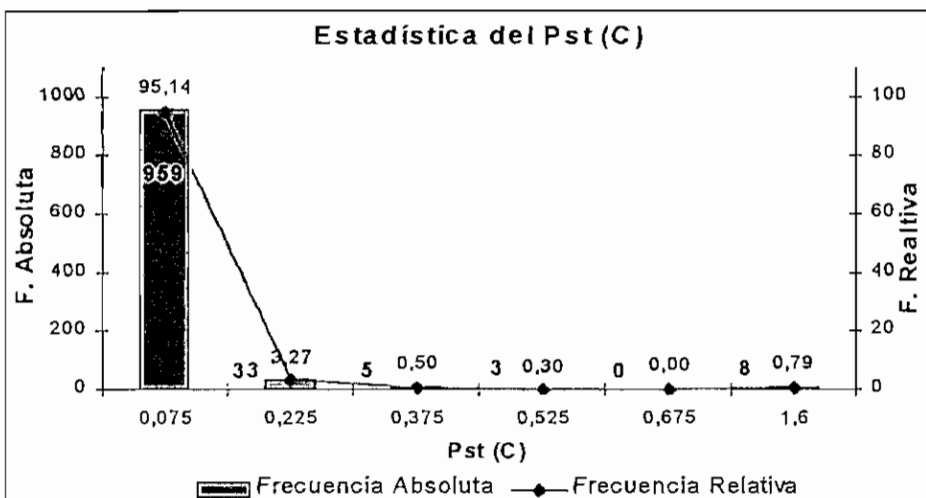
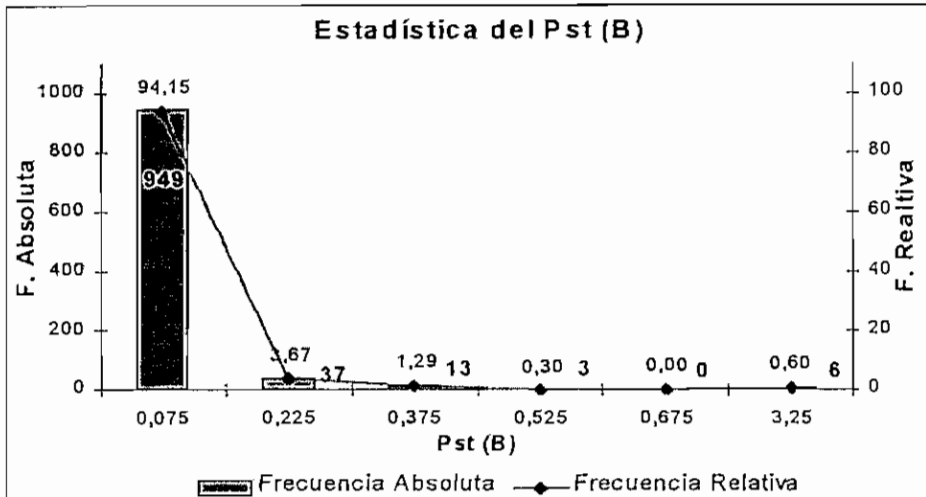




## PERTURBACIONES

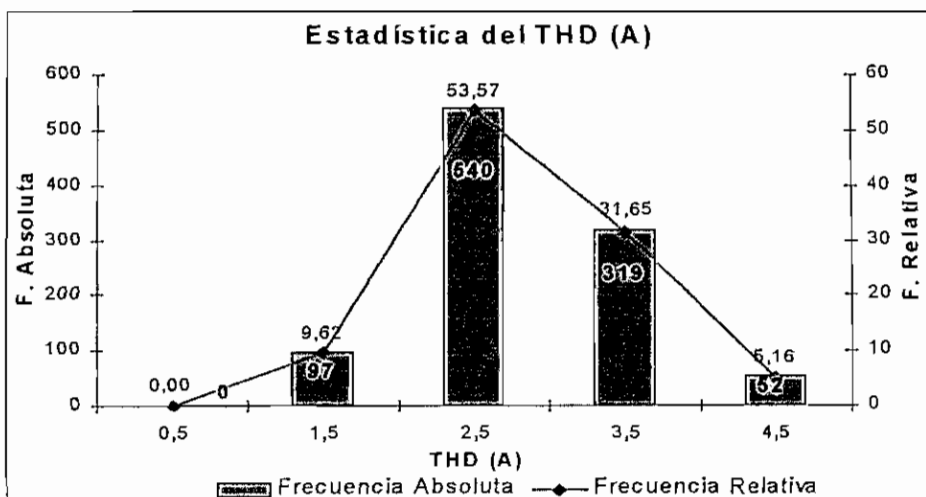
### PARPADEO

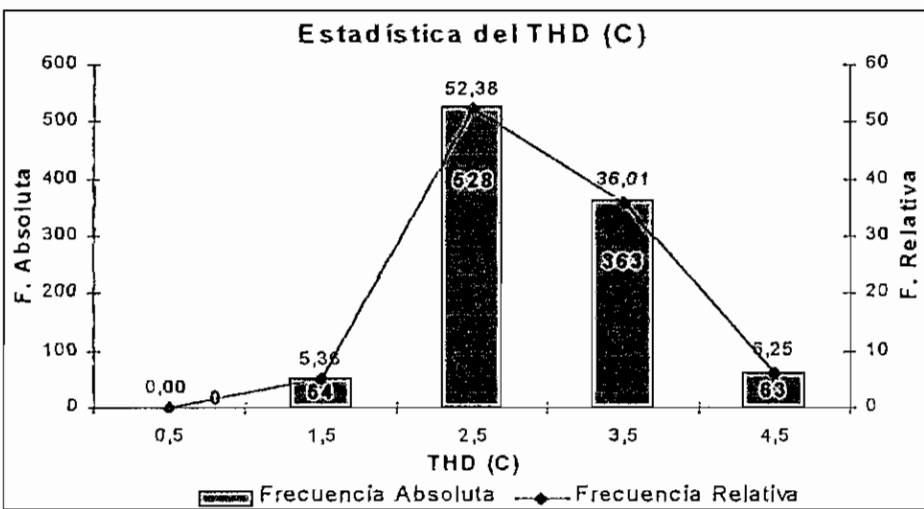
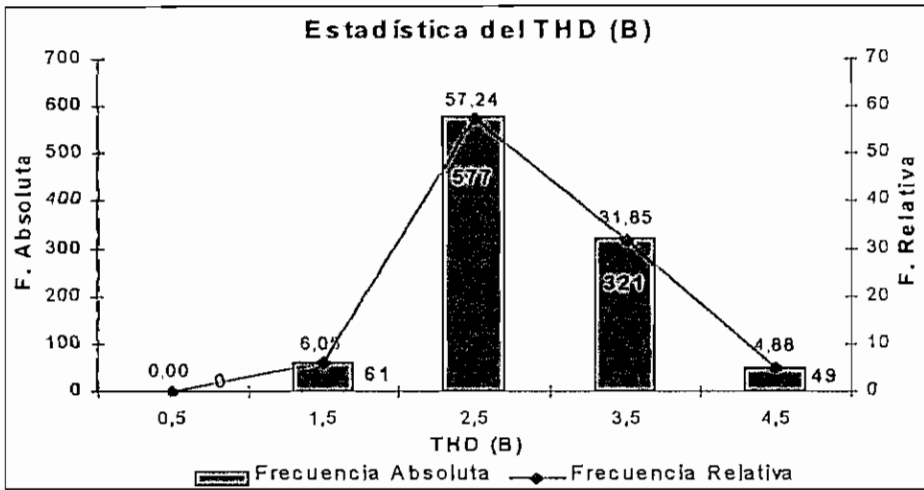




## ARMÓNICOS

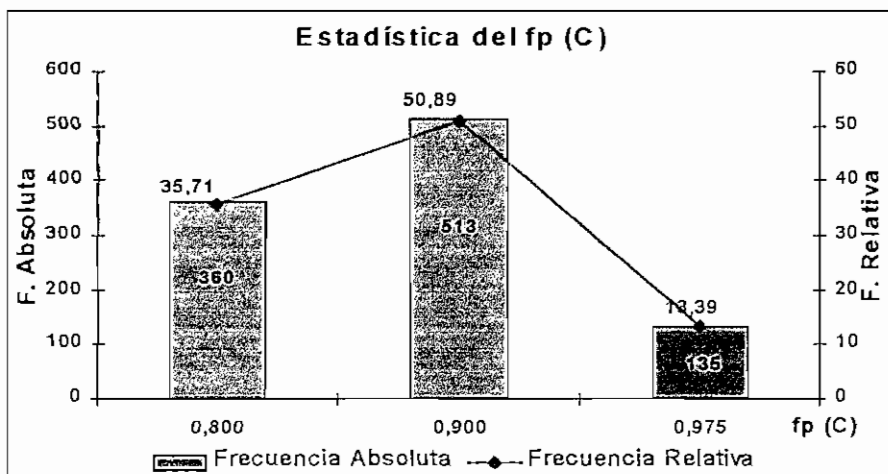
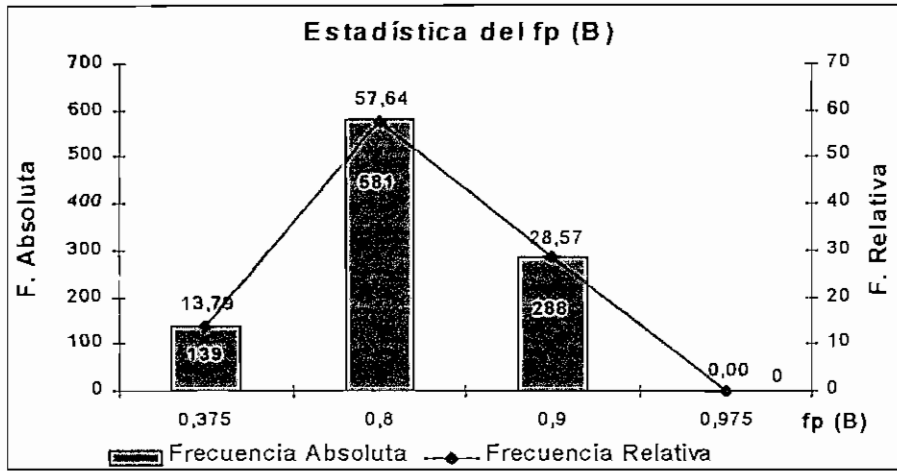
Factor de distorsión armónica individual del voltaje y Factor de distorsión total por armónicos





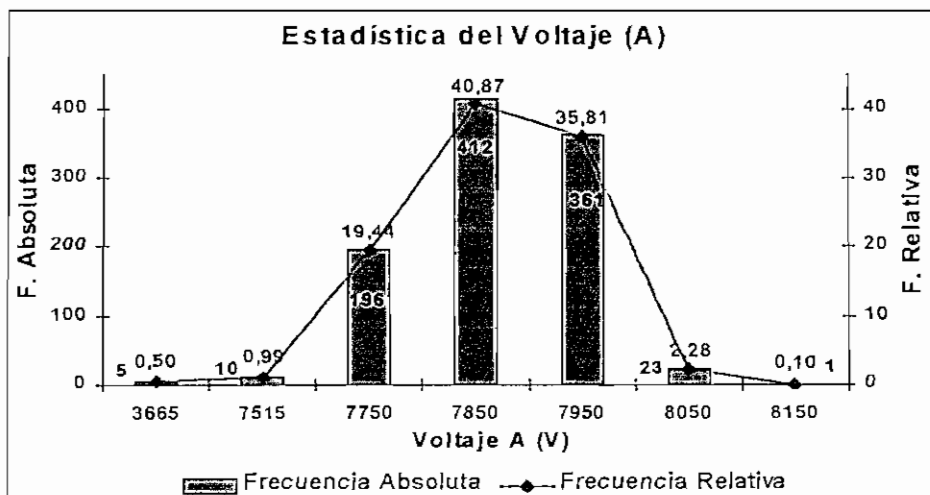
## FACTOR DE POTENCIA

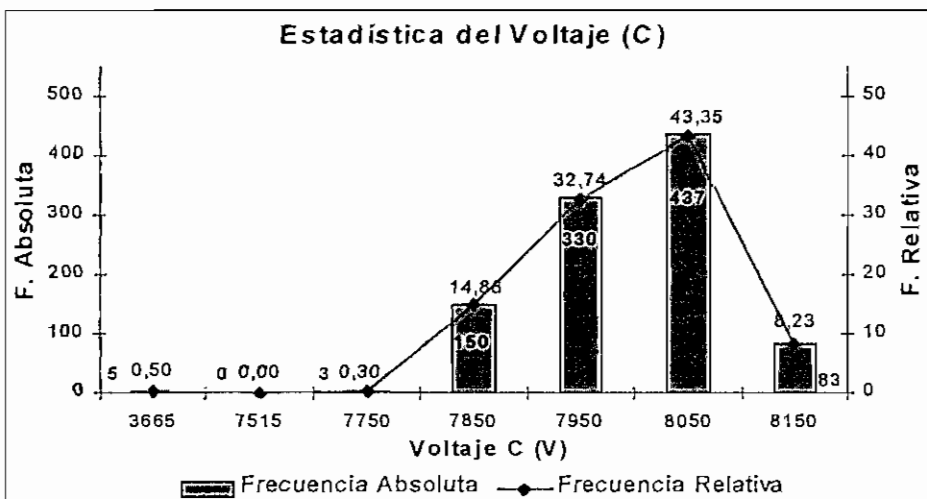
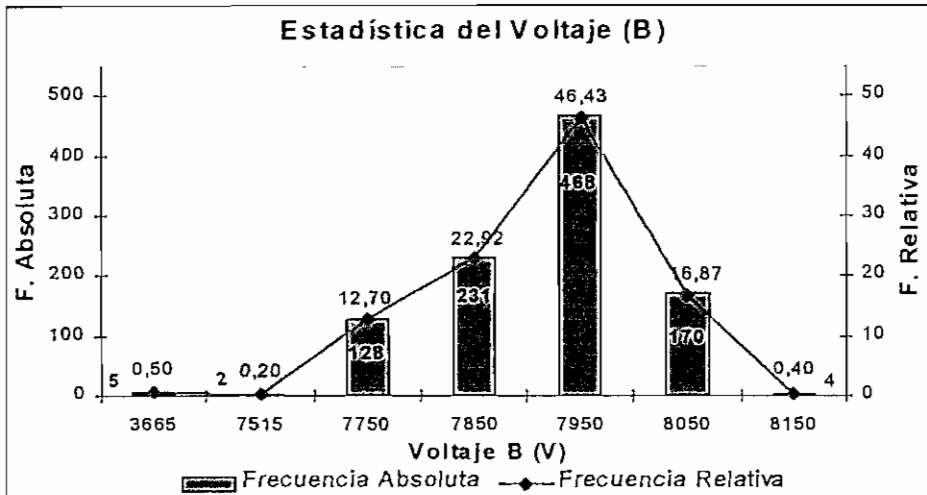




## CIRCUITO CINCO

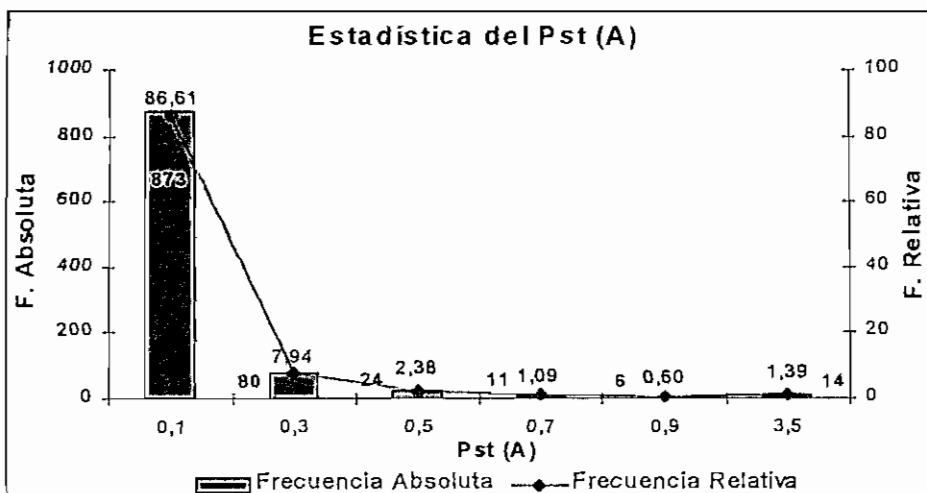
### NIVEL DE VOLTAJE

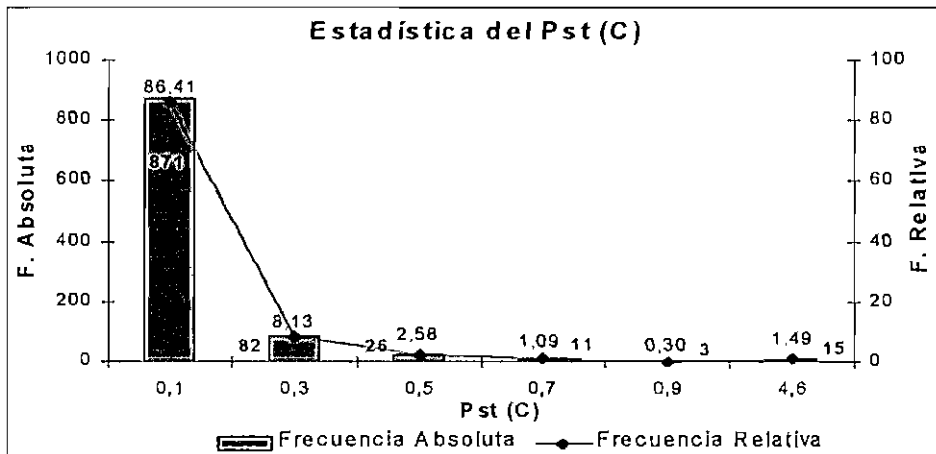
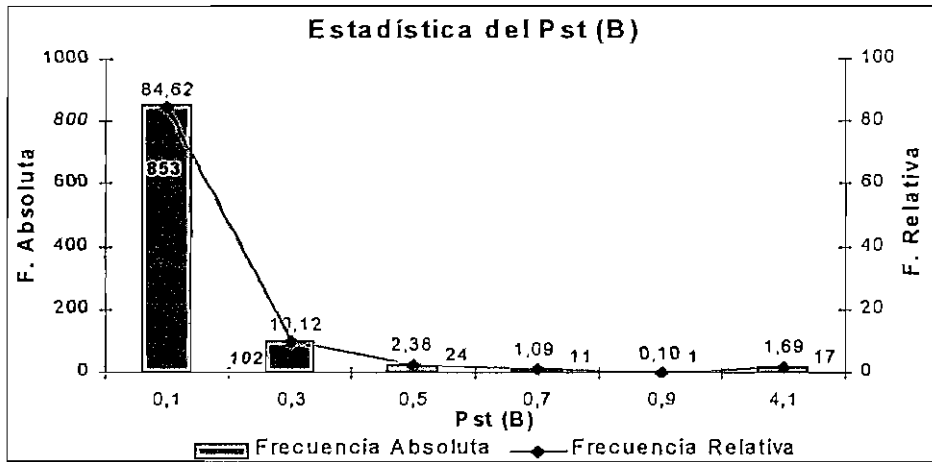




## PERTURBACIONES

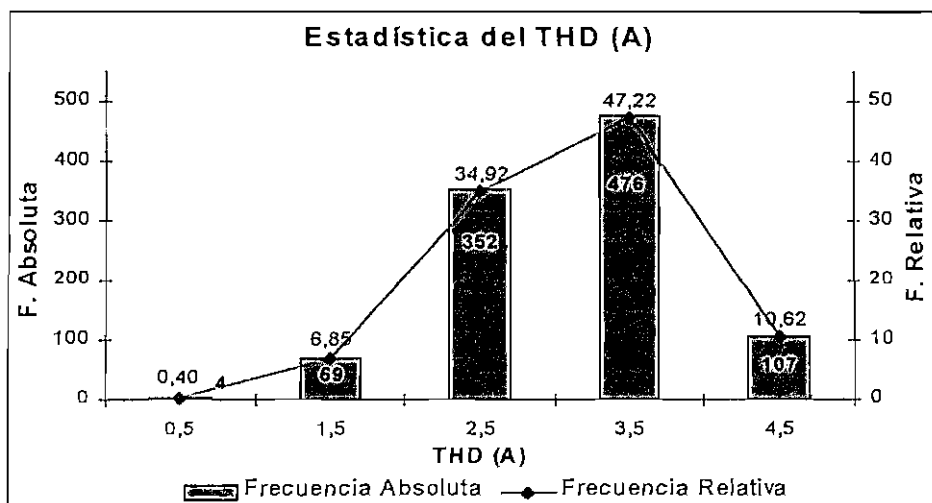
### PARPADEO

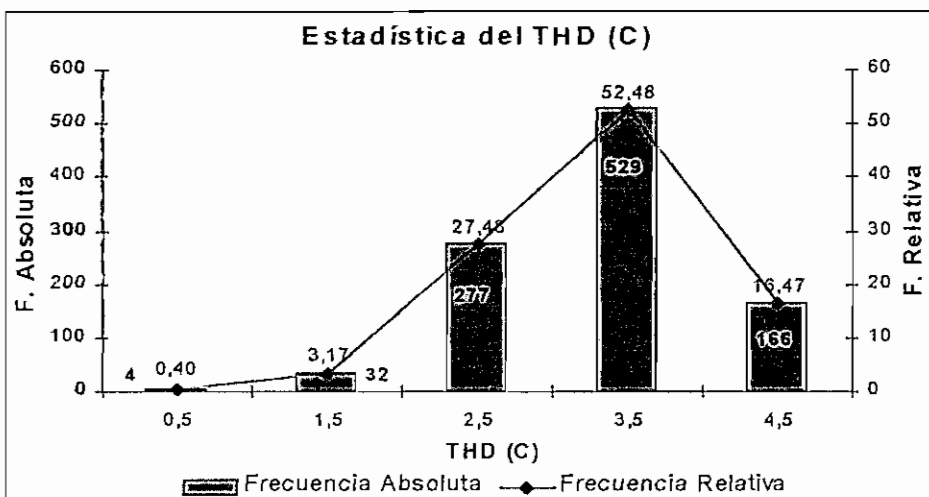
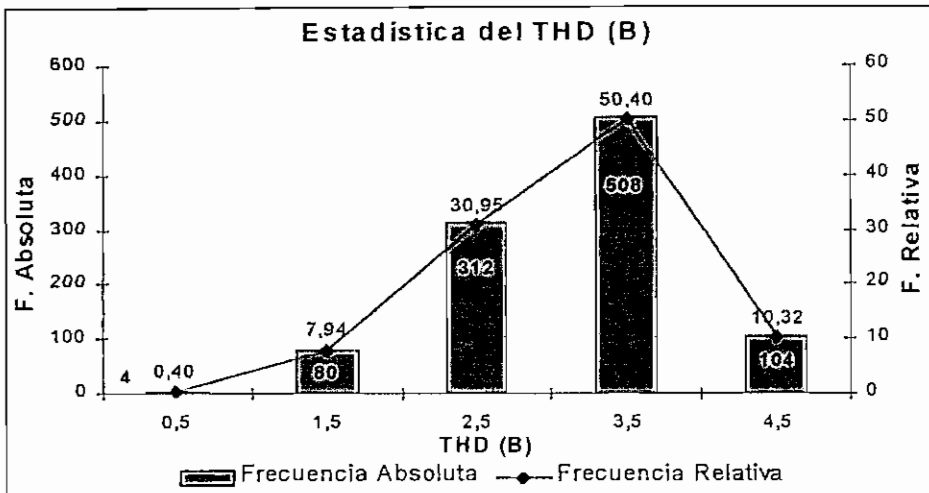




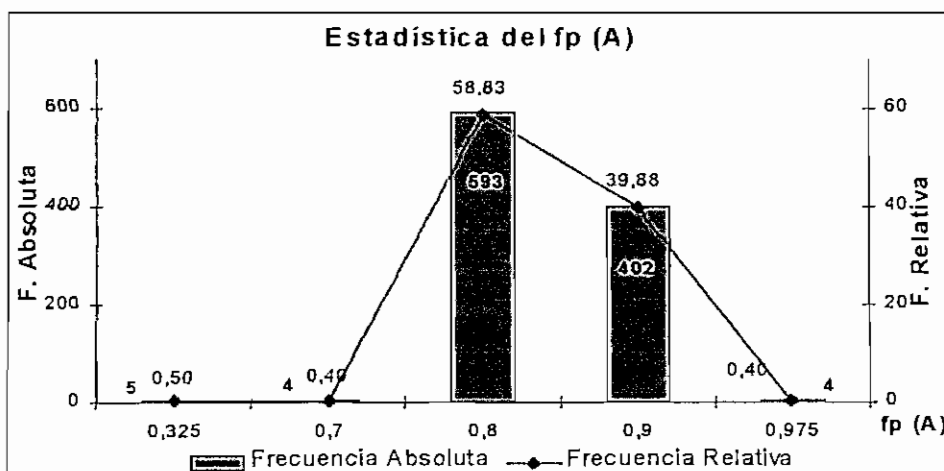
## ARMÓNICOS

Factor de distorsión armónica individual del voltaje y Factor de distorsión total por armónicos

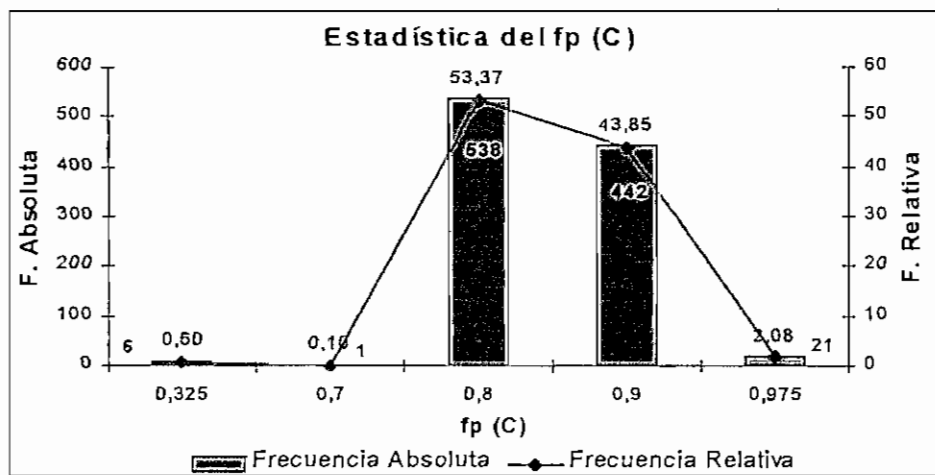
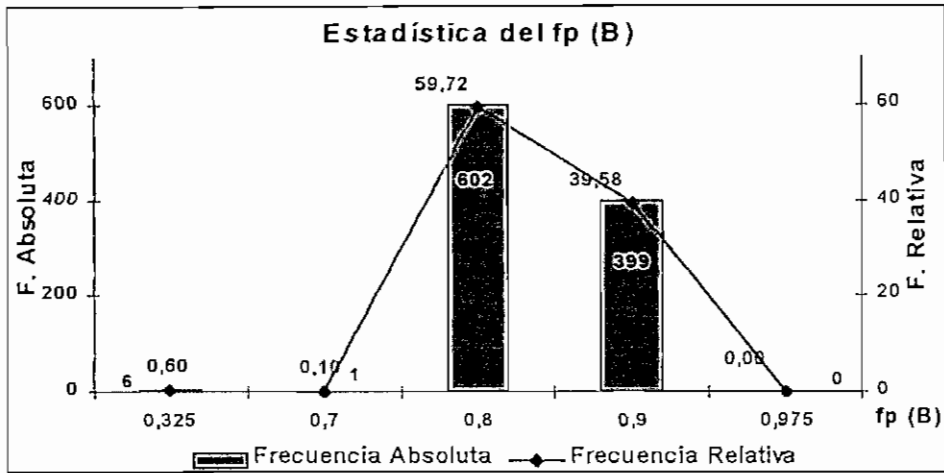




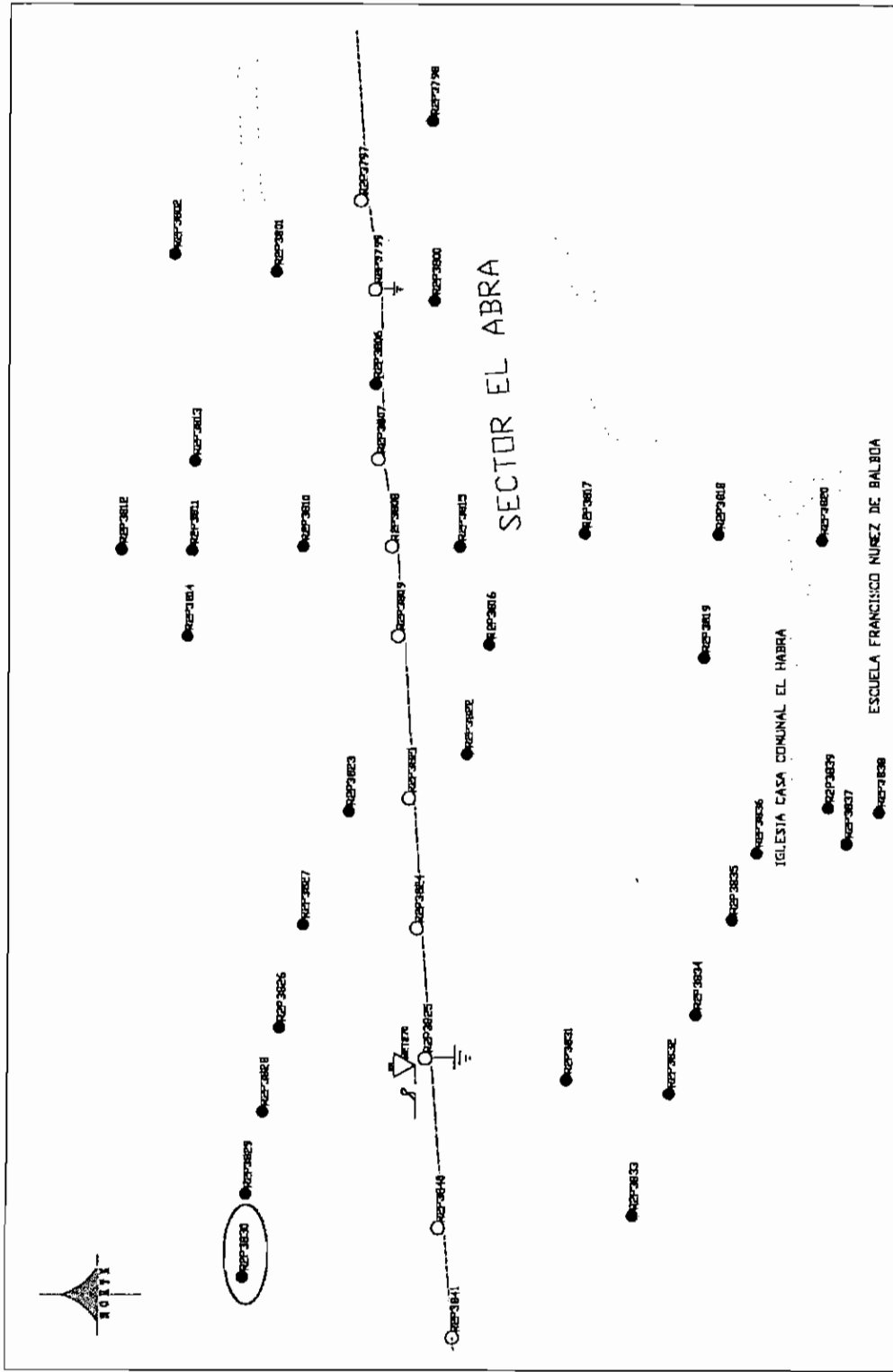
## FACTOR DE POTENCIA





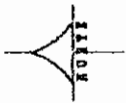


# ANEXO 5.3

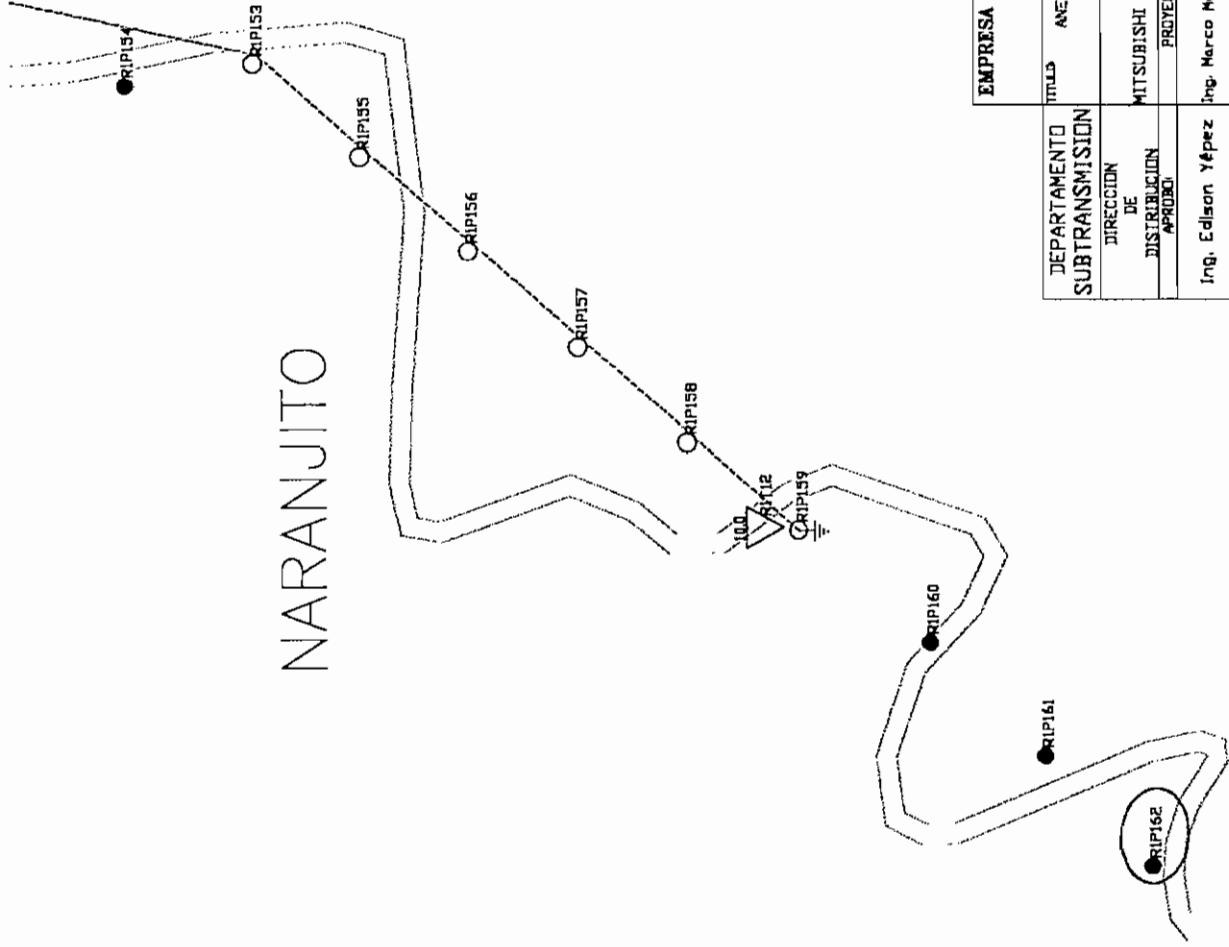


EMPRESA ELECTRICA REGIONAL NORTE S.A.  
**"EMELNORTE"**  
 MALDONADO - BOLIVIA

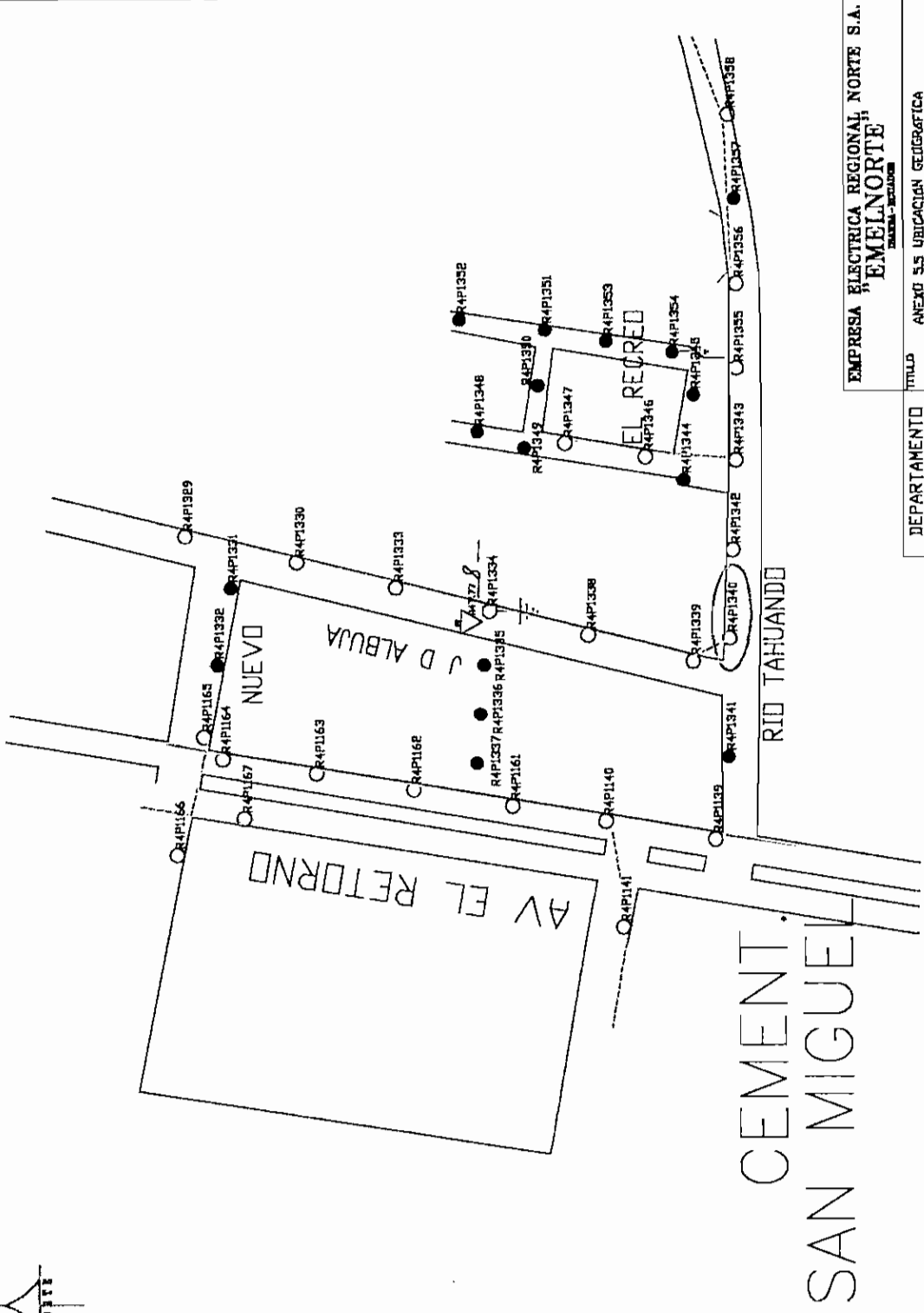
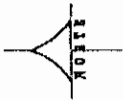
DEPARTAMENTO SUBTRANSMISION	TITULO ANEXO 33 UBICACION GEOGRAFICA DEL USUARIO ID 10250	PROYECTO	ING. MARCO MONTELEONE
DIRECCION DE DISTRIBUCION APROBADO:	ESPECIAL SIN ESCALA	PROYECTO	ING. MARCO MONTELEONE
	FECHA	1 de 1	000001



# NARANJITO

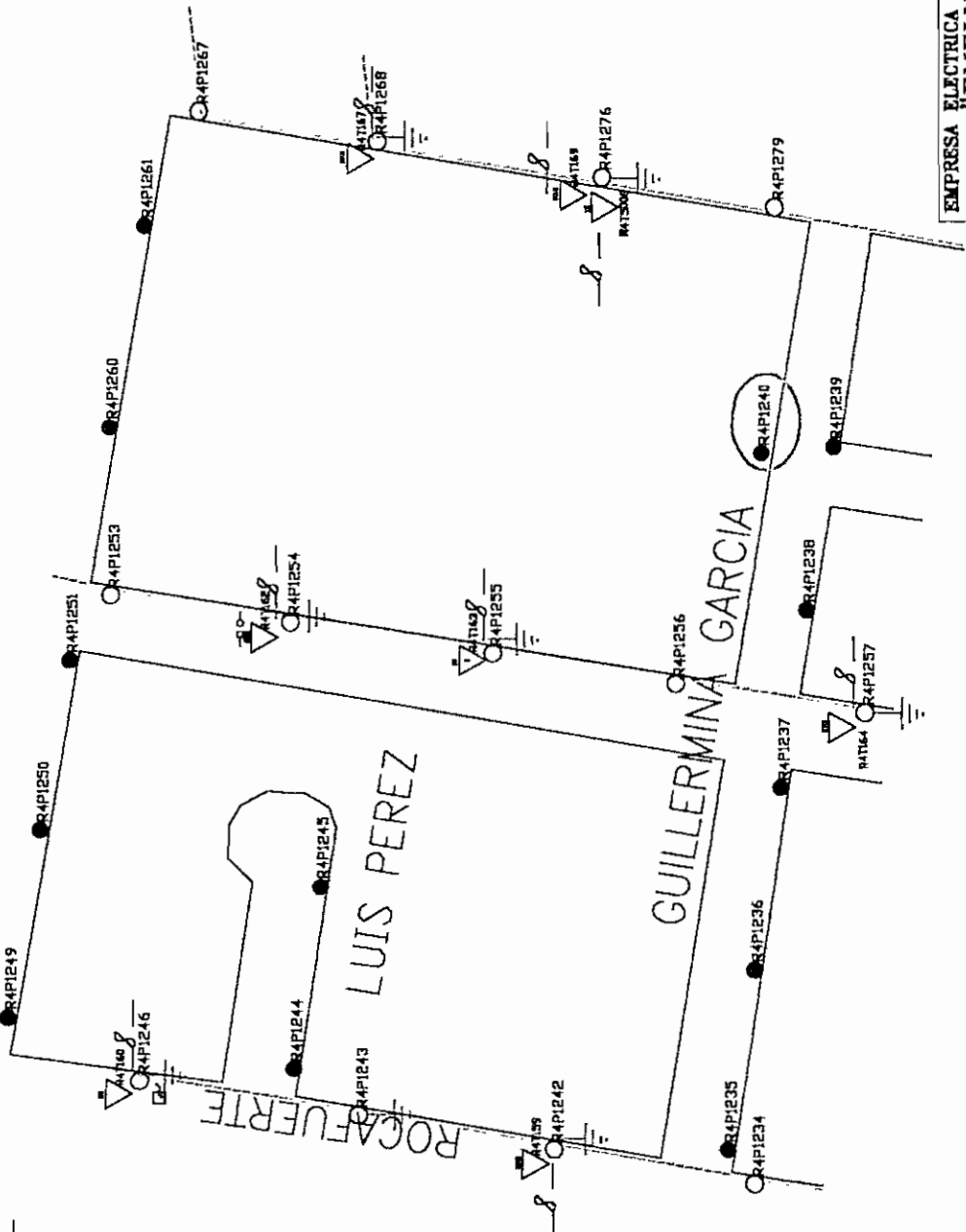
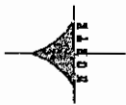


DEPARTAMENTO SUBTRANSMISION	EMPRESA ELECTRICA REGIONAL NORTE S.A. "EMELNORTE" <small>COMUNICACIONES</small>		
DIRECCION DE DISTRIBUCION APROBADA	TITULO ANEXO S.S UBICACION GEOGRAFICA DEL USUARIO ID 17105	EDICION Español	TAK A4
Ing. Edison Yápez	PROYECTO Ing. Marco Montenegro	SIN ESCALA	NOVIE. - 2001 FECHA
BEVASTI	UTILIDAD	1 de 1	000001
		HTA IAL	BOTV No.



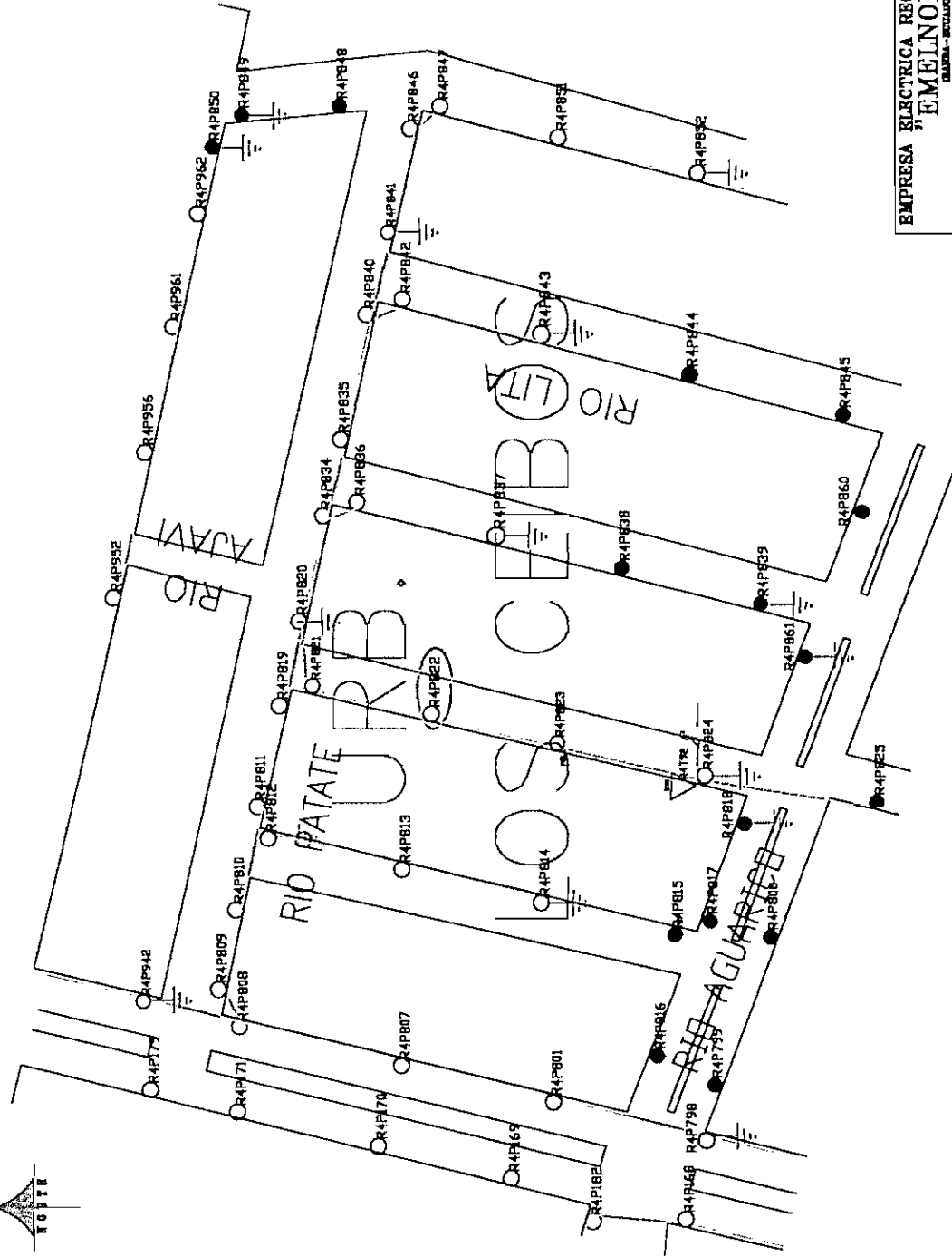
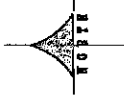
EMPRESA ELECTRICA REGIONAL NORTE S.A.  
**EMELNORTE**  
TRANSFORMADORES

DEPARTAMENTO SUBTRANSMISION	TITULO ANEXO 5.5 UBICACION GEOGRAFICA DEL USUARIO ID 129452	IDIOMA Español	T.M. AA
DIRECCION DE DISTRIBUCION APROBADO	MITSUBISHI ELECTRIC PROYECTO	SIN ESCALA	NOVIE. - 2001 FECHA
Ing. Edison Yépez	Ing. Marco Montenegro	1 de 1	000001



EMPRESA ELECTRICA REGIONAL NORTE S.A.  
"EMELNORTE"  
S.A. - S.A. - S.A. - S.A. - S.A.

DEPARTAMENTO DE SUBTRANSMISION	TITULO ANEXO S.S UBICACION GEOGRAFICA DEL USUARIO ID 161129	
DIRECCION DE DISTRIBUCION APROBADO	IDIOMA Español	TAN. A4
Ing. Edison Yépez	MITSUBISHI ELECTRIC SIN PROYECTO	NOVIE. - 2001
REVISOR	ING. Marco Montedoca	FECHA
	1 de 1	000001
	HOJA	PROY. No.

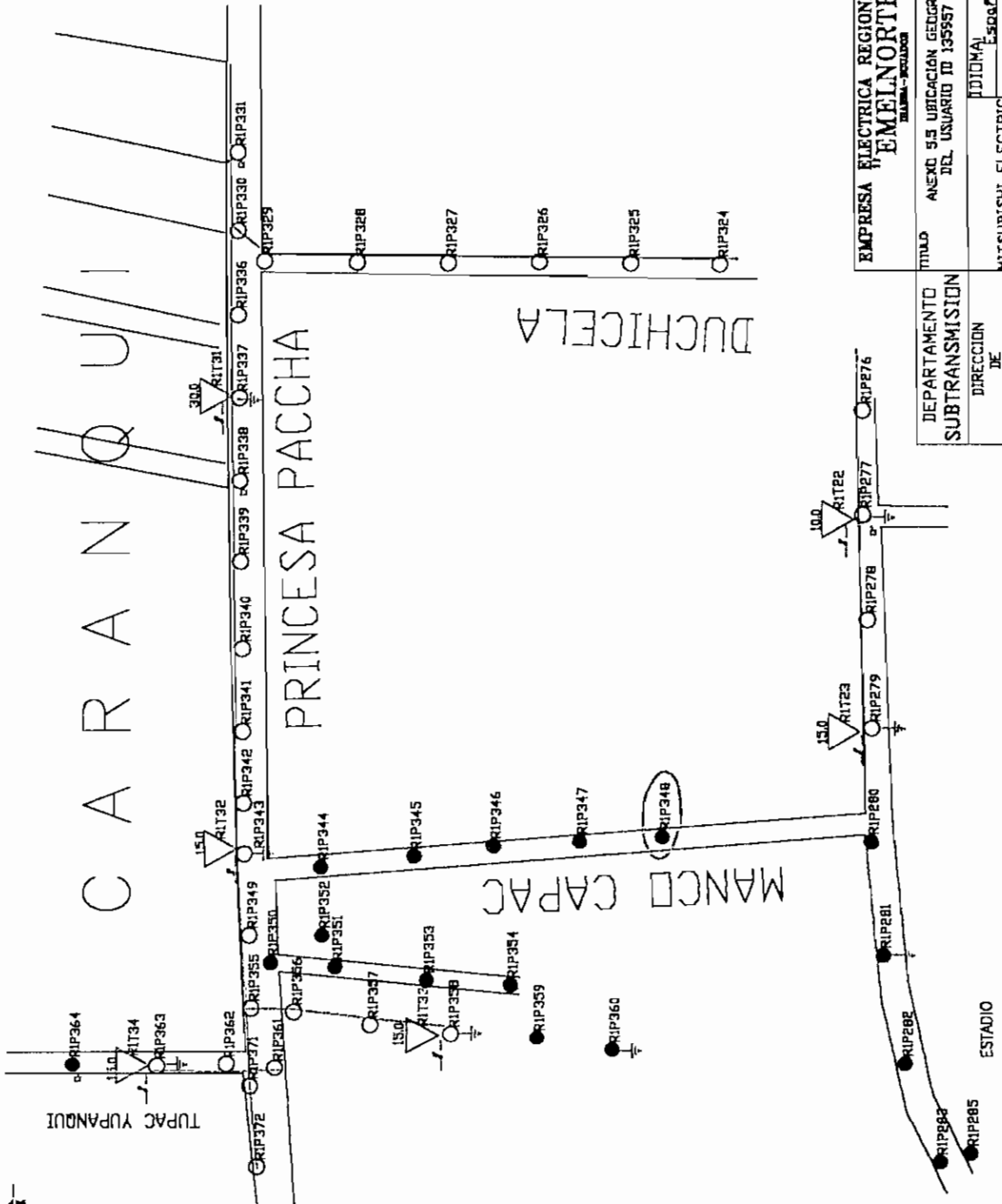


EMPRESA ELECTRICA REGIONAL NORTE S.A.  
**EMELNORTE**  
VALLE-BOGOTÁ

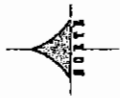
DEPARTAMENTO DE SUBTRANSMISION  
 TITULO ANEXO 55 UBICACION GEOGRAFICA DEL USUARIO ID 15037

DIRECCION DE DISTRIBUCION APROBADA  
 MITSUBISHI ELECTRIC PROYECTO  
 MODULO: Especial A4  
 SIN ESSALA  
 NOVIE. - 2001  
 FECHA

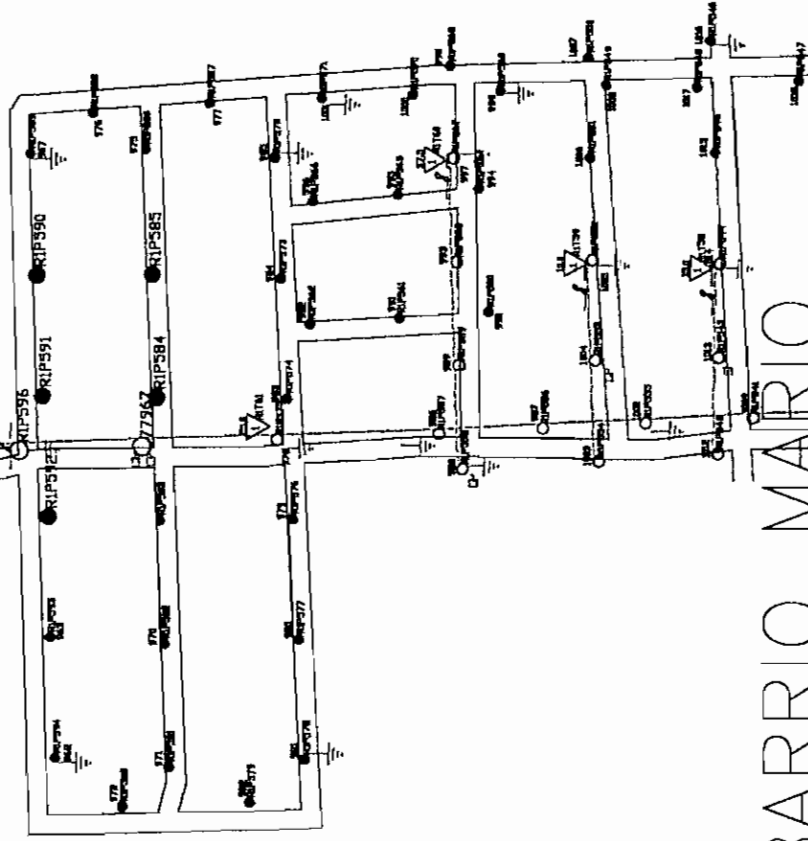
Ing. Edison Yépez Ing. Marco Montenegro 1 de 1 000001







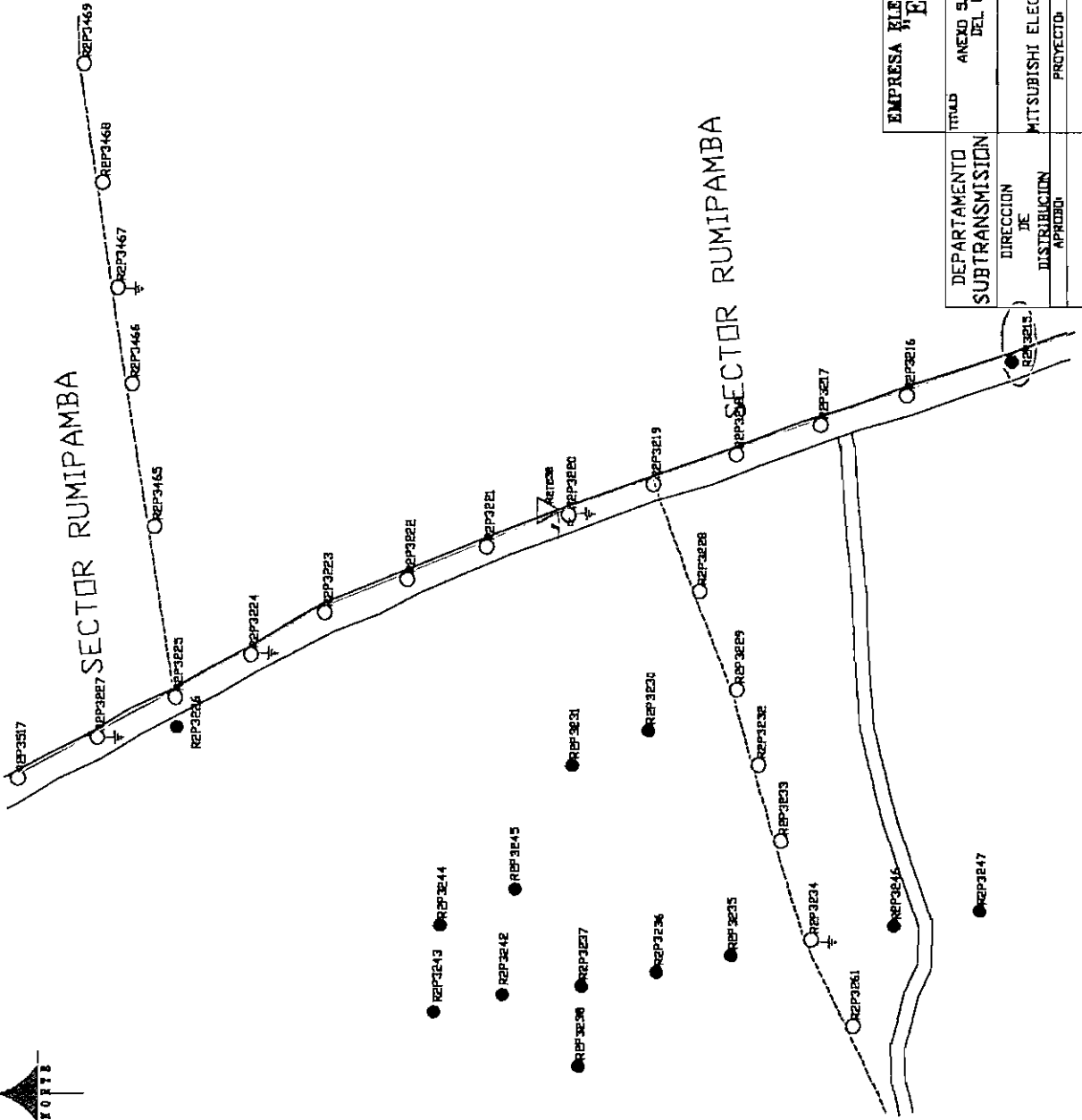
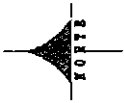
# COOP. 19 DE ENERO



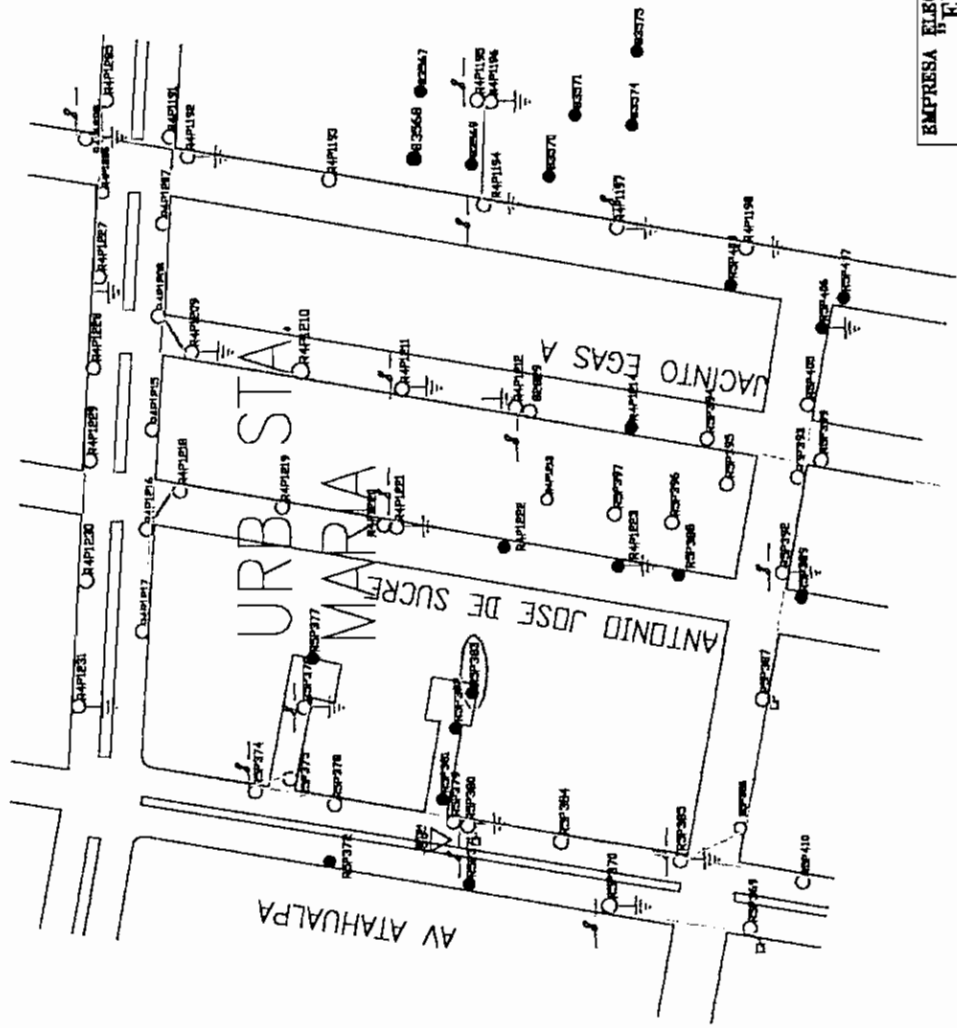
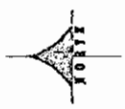
CA 539

EMPRESA ELECTRICA REGIONAL NORTE S.A.  
EMELNORTE

DEPARTAMENTO SUBTRANSMISION	TITULO ANEXO 33 UBICACION GEOGRAFICA DEL USUARIO ID 1537	TIPO Escala	YAK A4
DIRECCION DE DISTRIBUCION RIPUBO	MITSUBISHI ELECTRIC	SIN ESCALA	NOVIE - 2000 FECHA
Ing. Edison Yépez	PROYECTO	1 de 1	000001



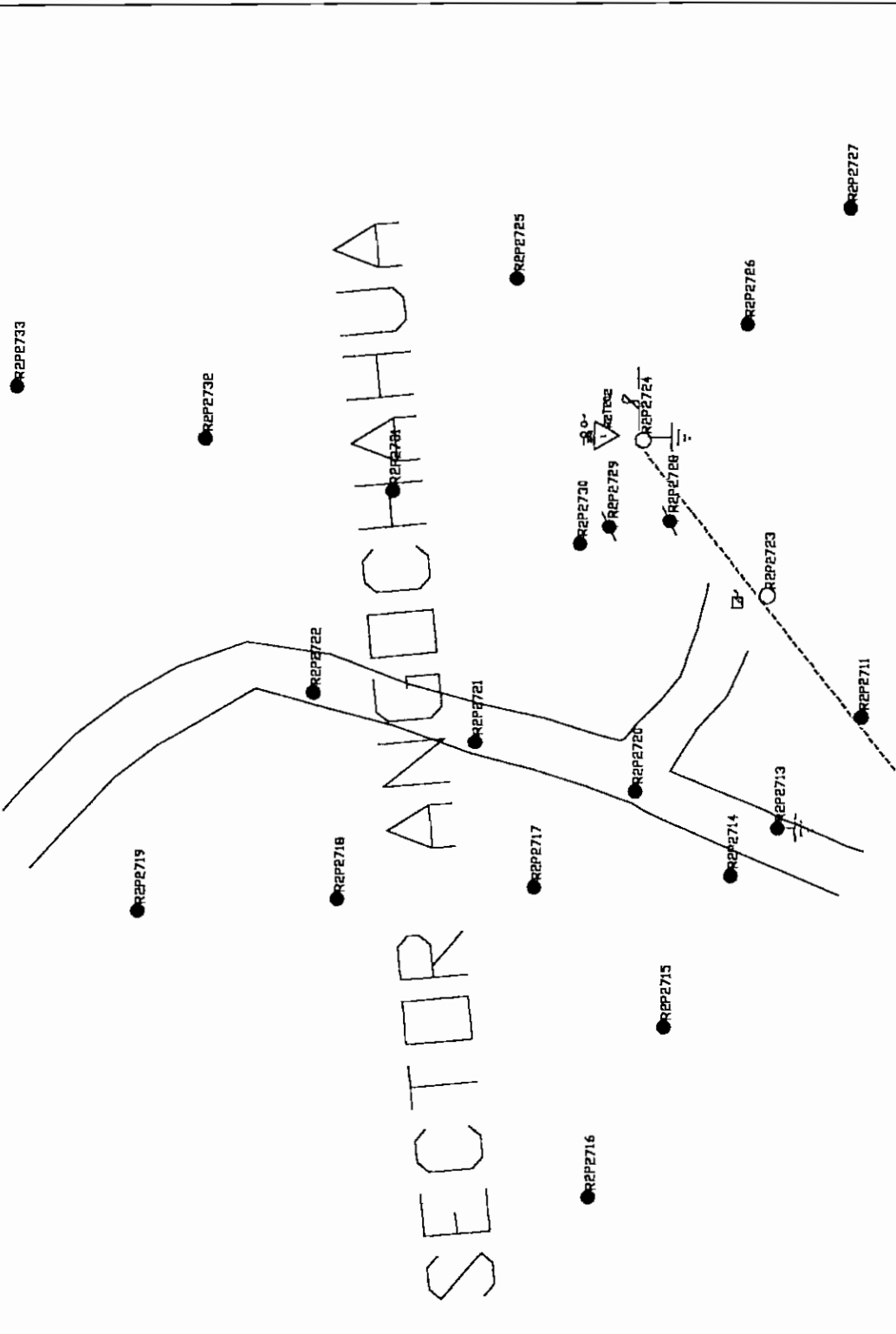
DEPARTAMENTO SUBTRANSMISION	TITULO	EMPRESA ELECTRICA REGIONAL NORTE S.A. "EMELNORTE" <small>TUAMA - BOLIVIA</small>
DIRECCION DE DISTRIBUCION APROBADA	ANEJO 55 UBICACION GEOGRAFICA DEL USUARIO ID 129452	
	IDIOMA	TAM.
	SIN	ESCALA
	SIN	MOVIE. - 2001
	PROYECTO	FECHA
Ing. Edison Yépez	Ing. Marco Montedoca	1 de 1
		000001



EMPRESA ELECTRICA REGIONAL NORTE S.A. <b>EMELNORTE</b> <small>SA. DE C.V. - 10000000</small>	
DEPARTAMENTO SUBTRANSMISION	TITULO: ANEXO 55 UBICACION GEOGRAFICA DEL USUARIO ID 10251
DIRECCION DE DISTRIBUCION APROBADO	DISEÑADO: TAN
Ing. Edison Yépez	ESPANOL AA
Ing. Marco Montenegro	SIN REVIS. - 2001
REVISO	FECHA:
1 de 1	ESCALA:
HOJA:	PROY. No. 000001



# SECTOR ANGOCHAHUA



EMPRESA ELECTRICA REGIONAL NORTE S.A.  
**EMELNORTE**  
INFORMACION

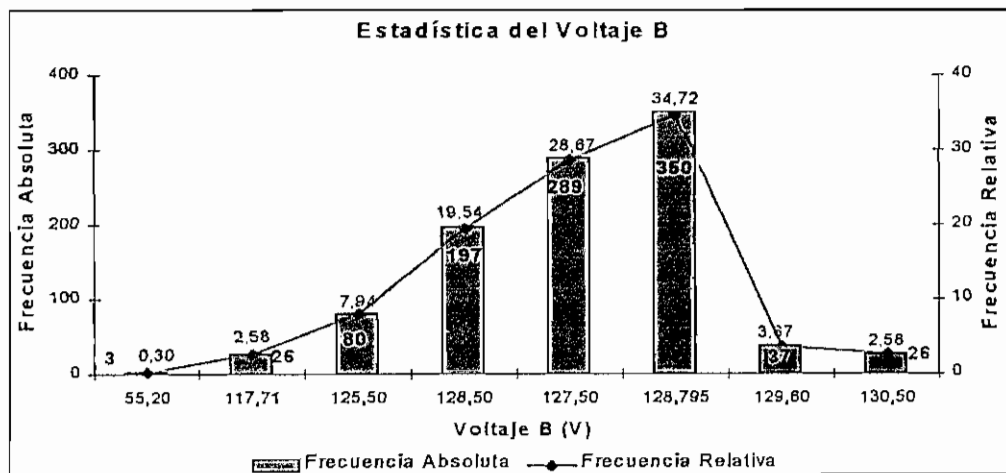
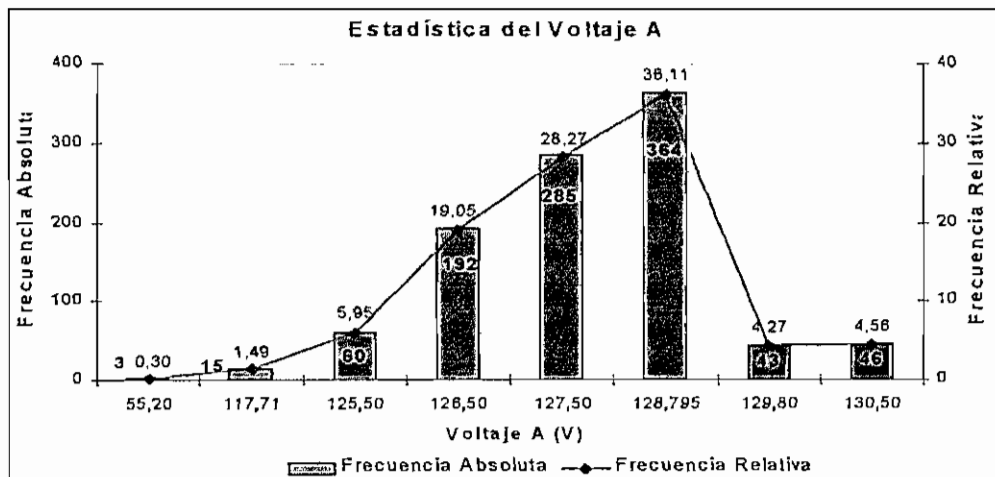
DEPARTAMENTO DE SUBTRANSMISION	TITULO ANEXO 55 UBICACION GEOGRAFICA DEL USUARIO ID 20328	IDIOMA ESPAÑOL	TAM. A4
DIRECCION DE DISTRIBUCION APROBADA	MITSUBISHI ELECTRIC	SIN	NOVIE. - 2001
Ing. Edison Yépez	PROYECTO:	ESCALA:	FECHA
Inc. Marco Montedosa			

# ANEXO 5.4

# GRÁFICOS ESTADÍSTICOS DE LOS TRANSFORMADORES

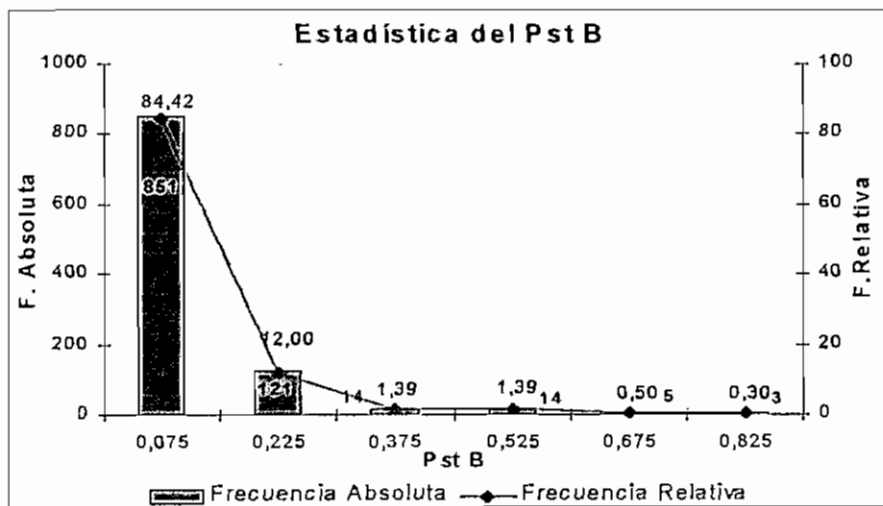
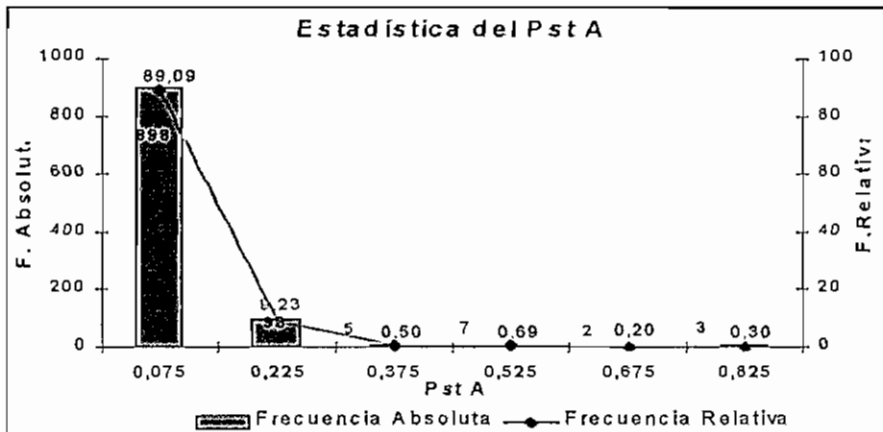
## TRANSFORMADOR R1T27

### NIVEL DE VOLTAJE



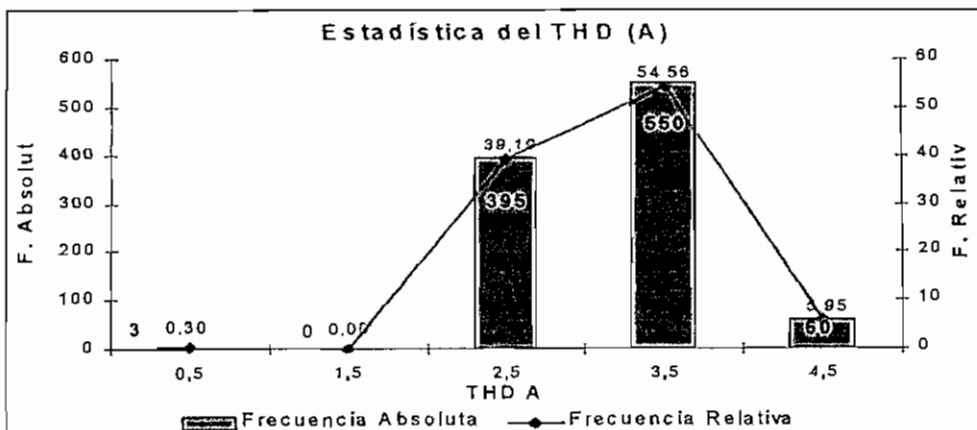
## PERTURBACIONES

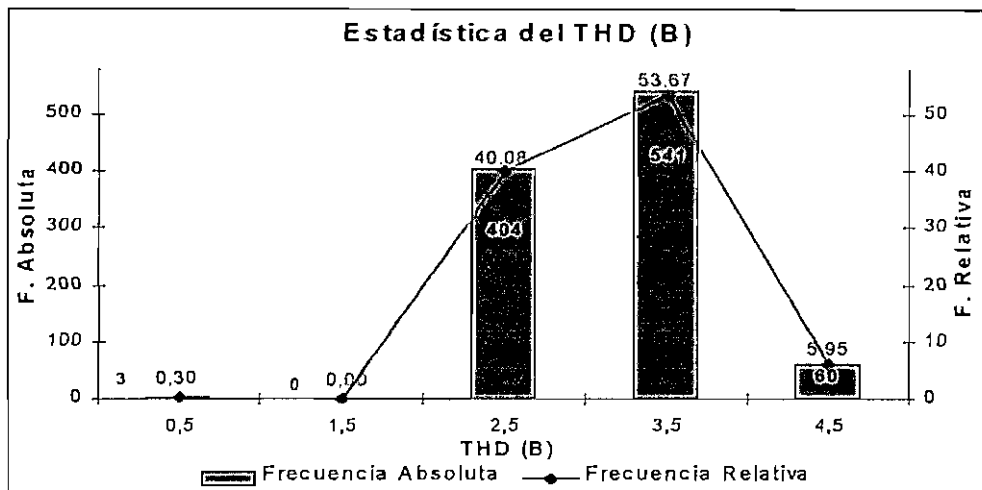
## PARPADEO



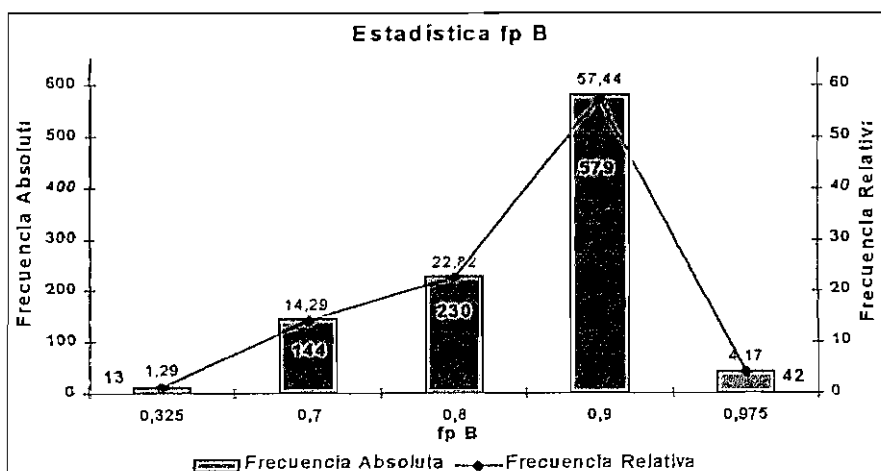
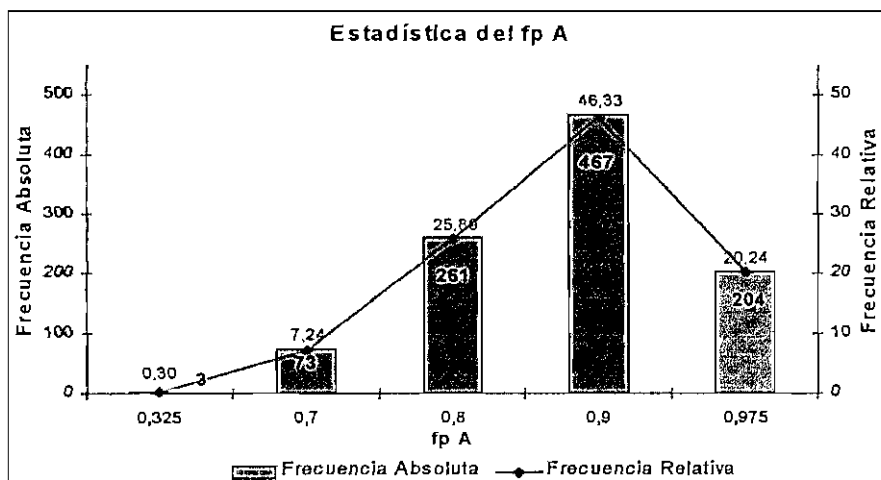
## ARMÓNICOS

**Factor de Distorsión Armónica Individual de Voltaje y Factor de Distorsión Total por Armónicos.**





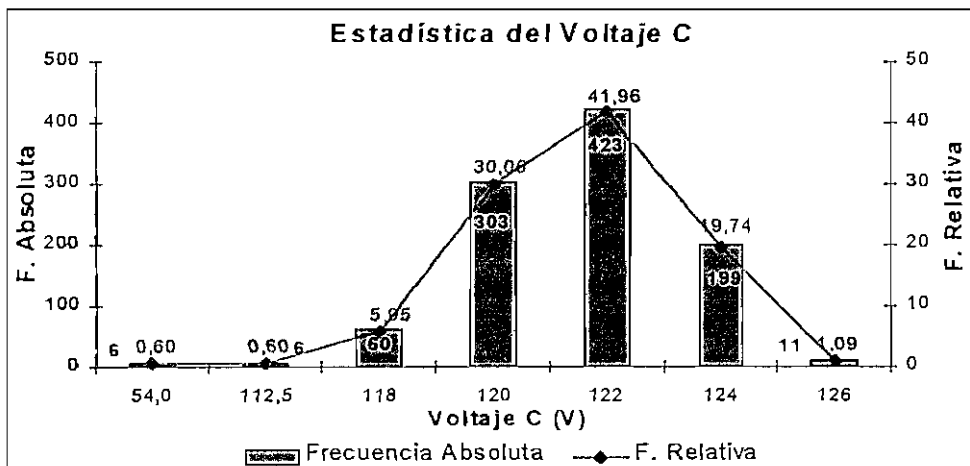
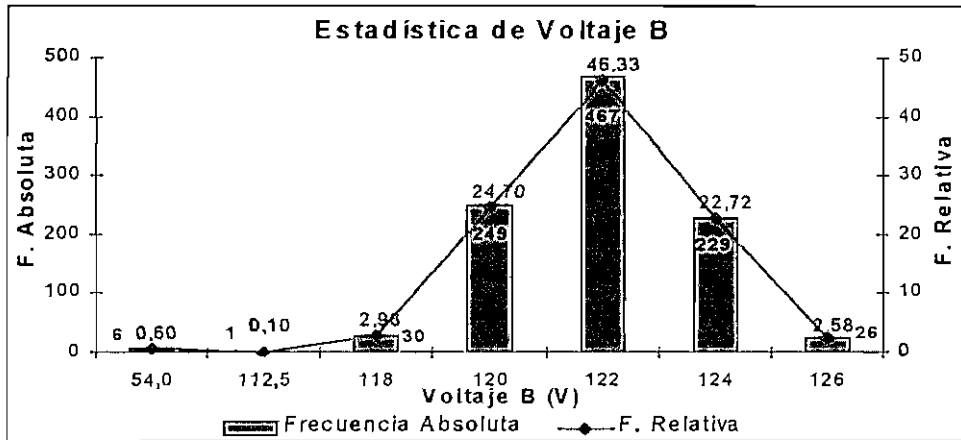
## FACTOR DE POTENCIA





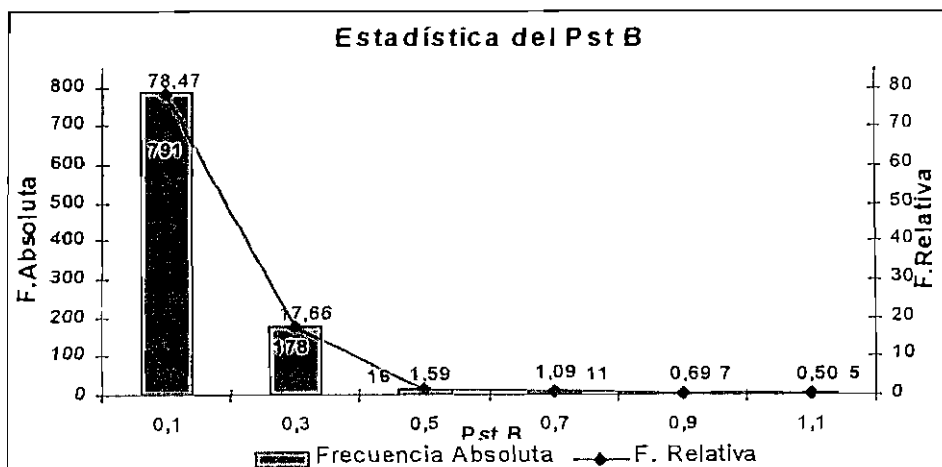
# TRANSFORMADOR R2T202

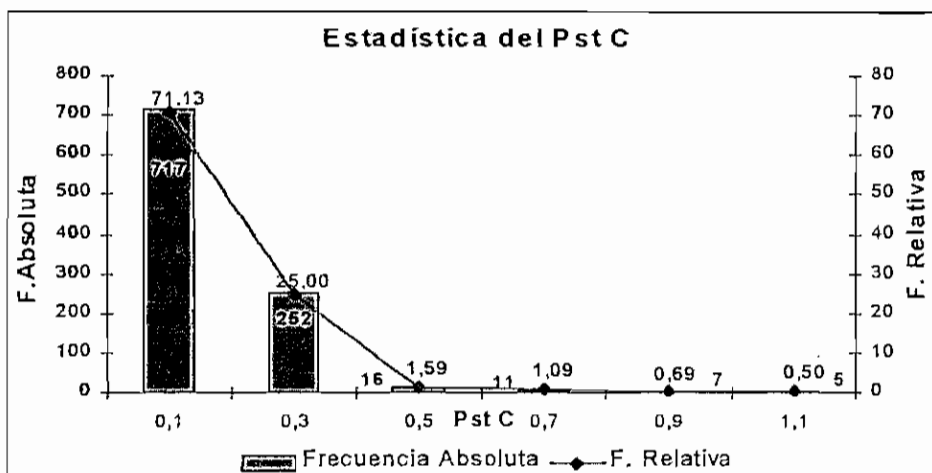
## NIVEL DE VOLTAJE



## PERTURBACIONES

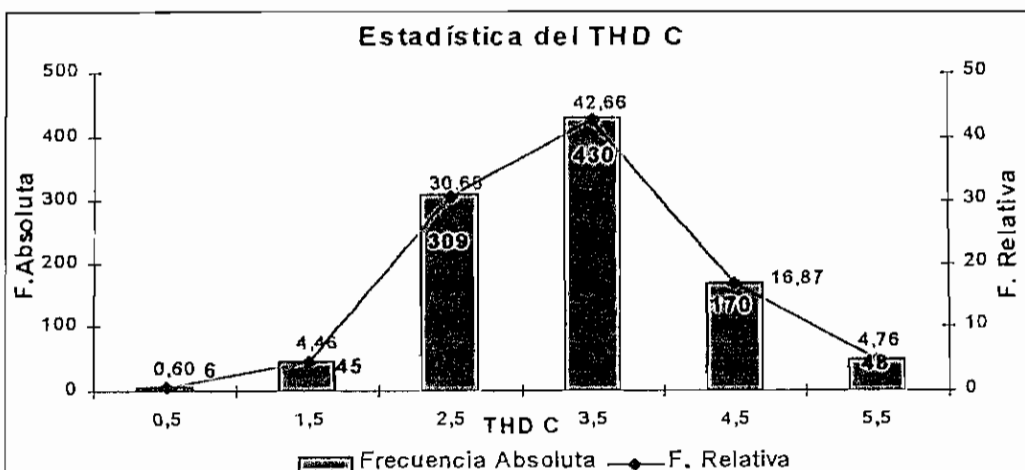
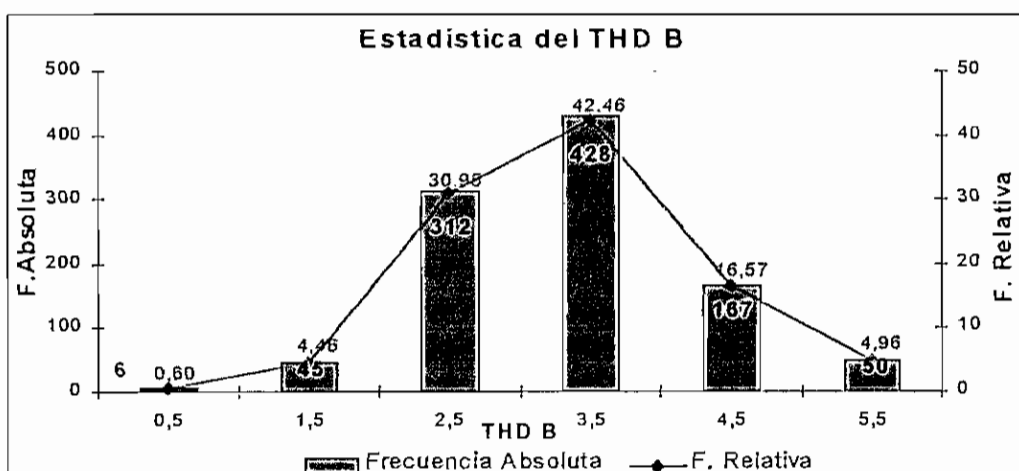
### PARPADEO



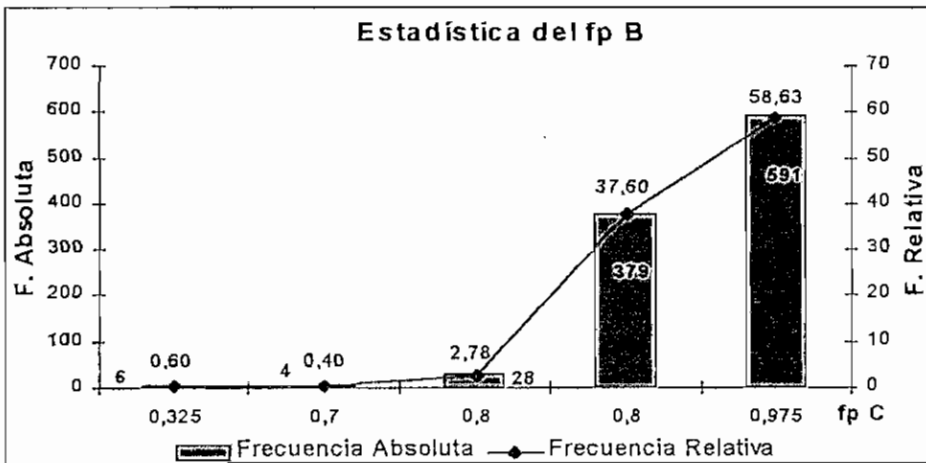
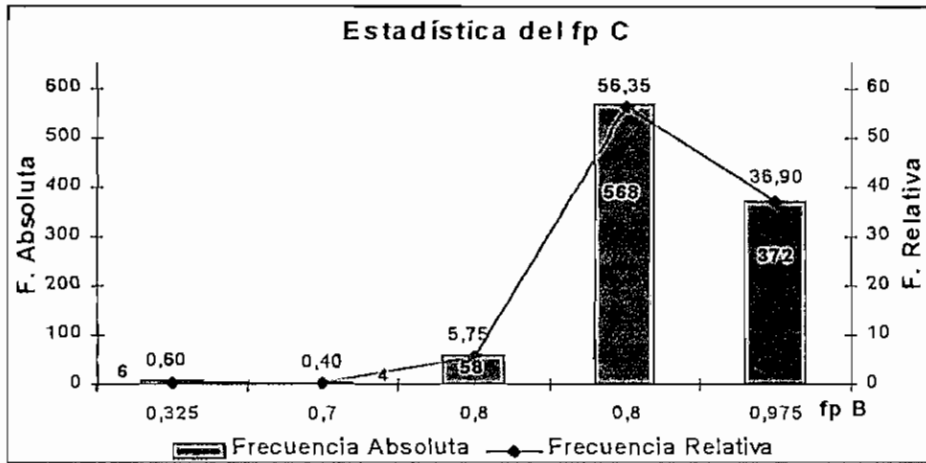


### ARMÓNICOS

Factor de Distorsión Armónica Individual de Voltaje y Factor de Distorsión Total por Armónicos.

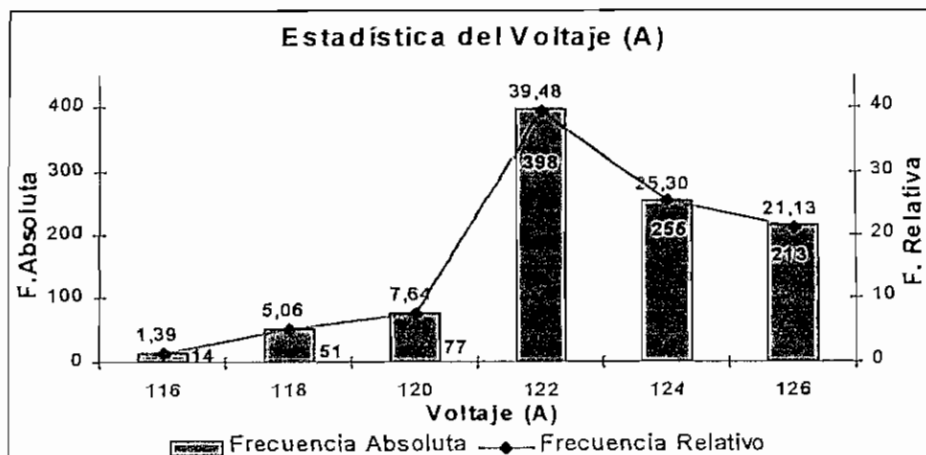


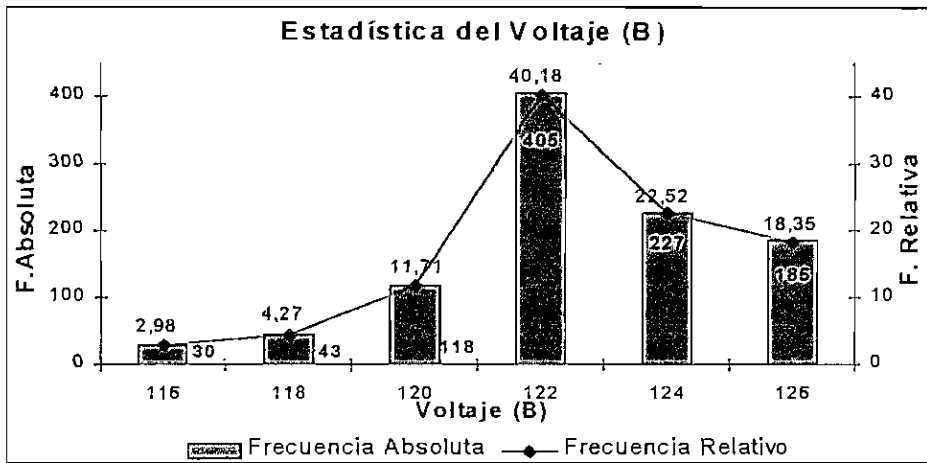
## FACTOR DE POTENCIA



## TRANSFORMADOR R2T270

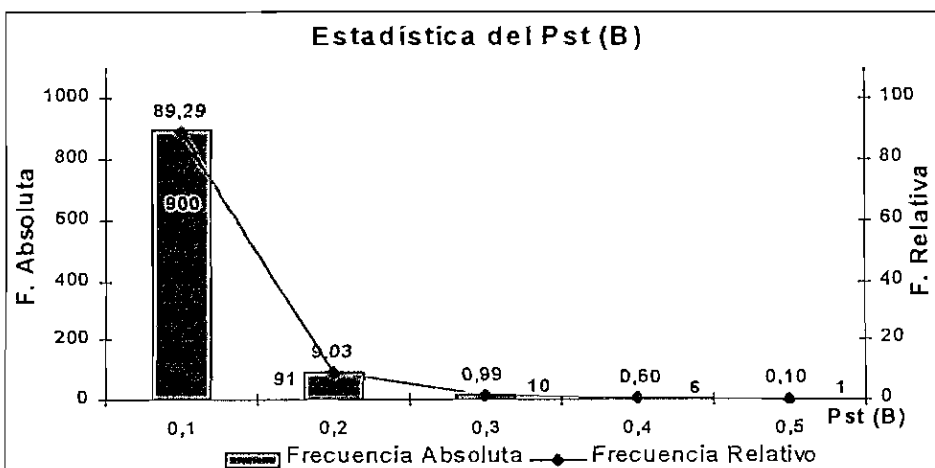
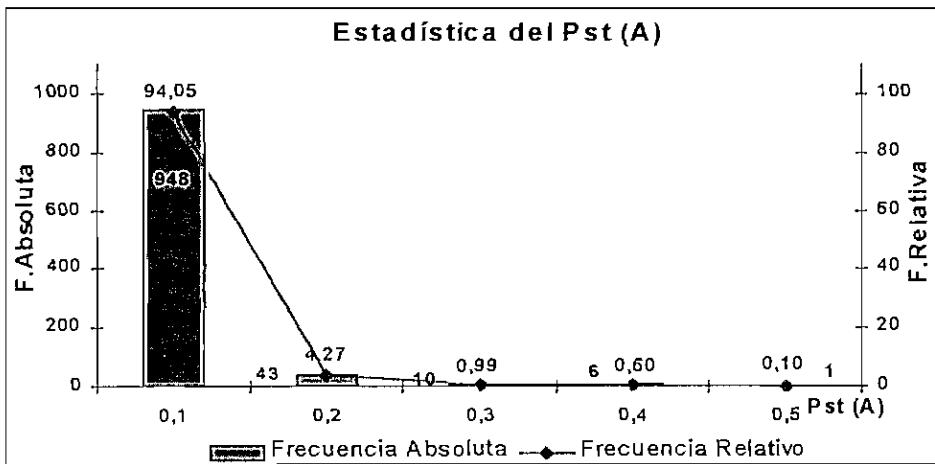
### NIVEL DE VOLTAJE





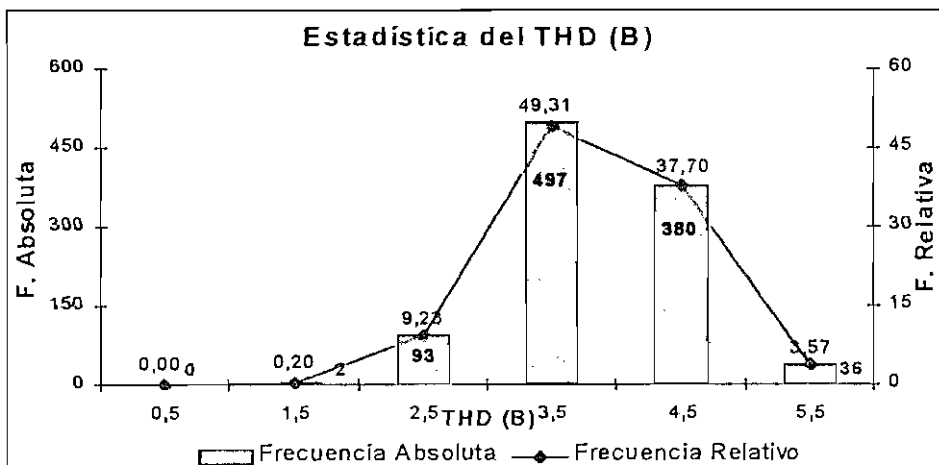
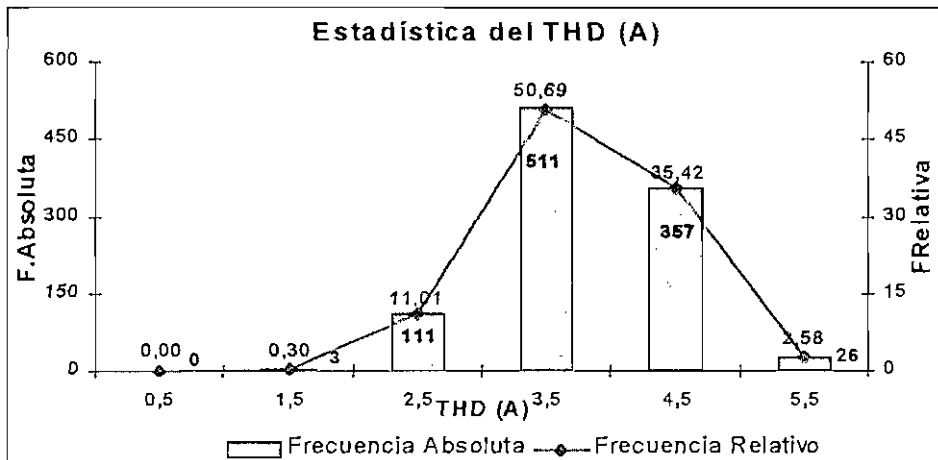
## PERTURBACIONES

### PARPADEO

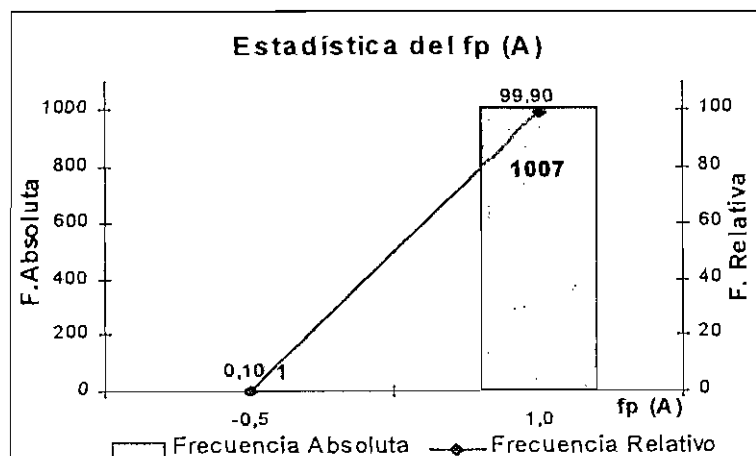


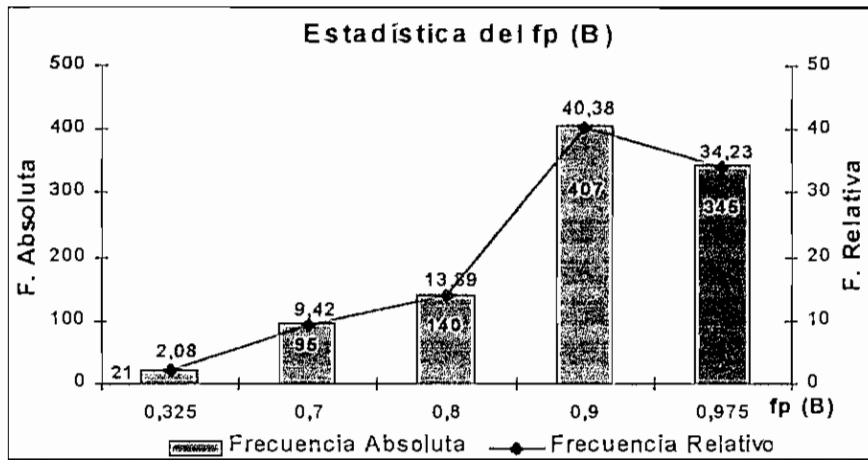
## ARMÓNICOS

Factor de Distorsión Armónica Individual de Voltaje y Factor de Distorsión Total por Armónicos.



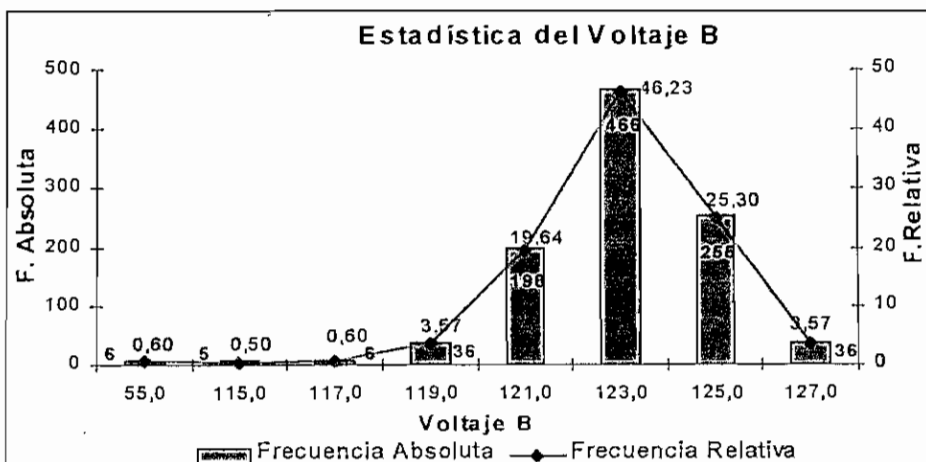
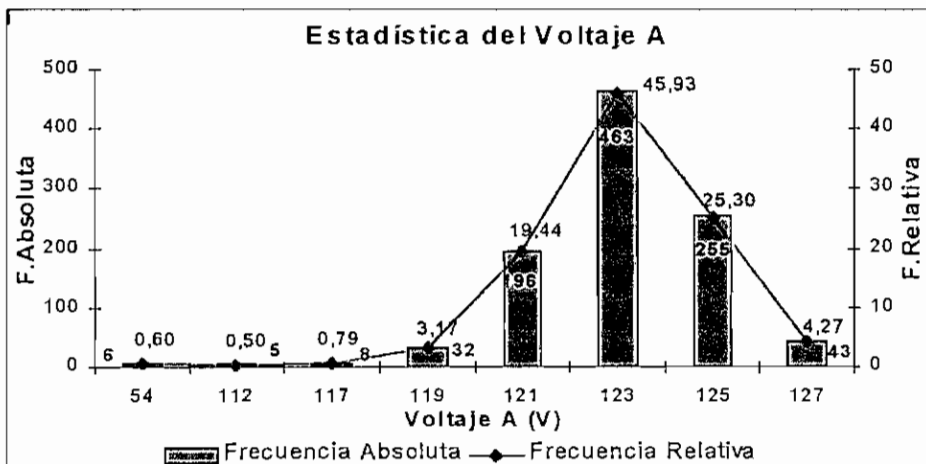
## FACTOR DE POTENCIA



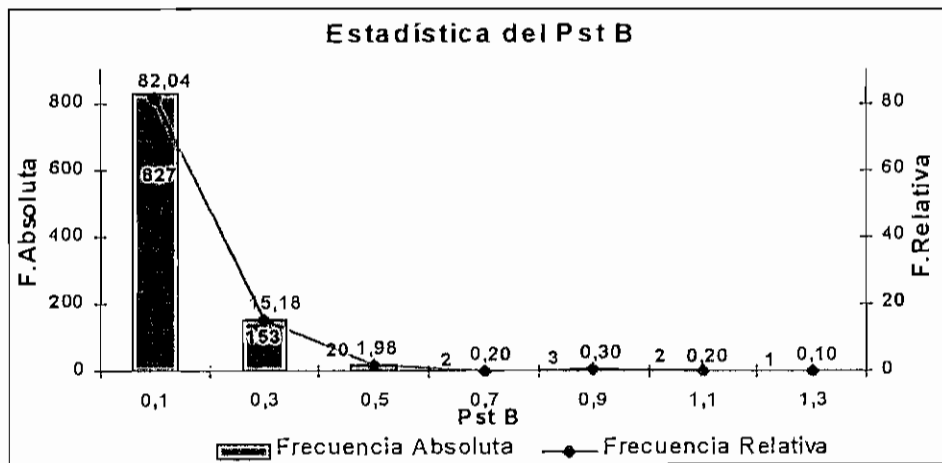
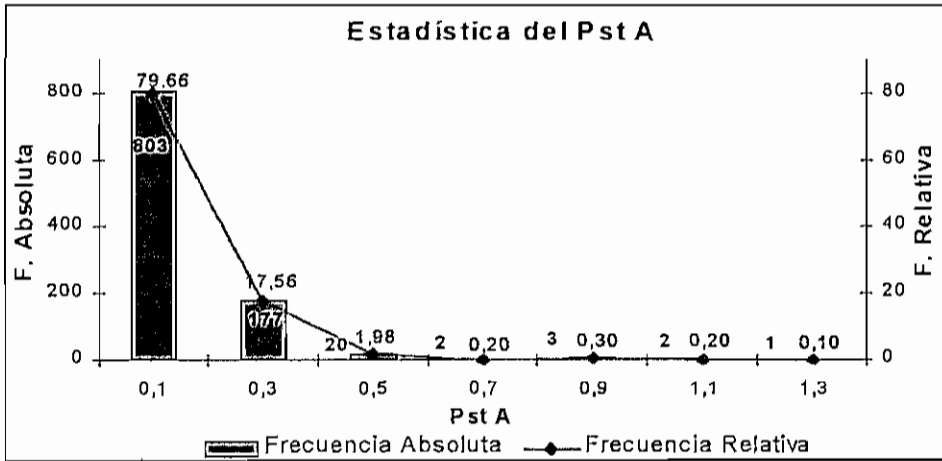


## TRANSFORMADOR R2T324

### NIVEL DE VOLTAJE

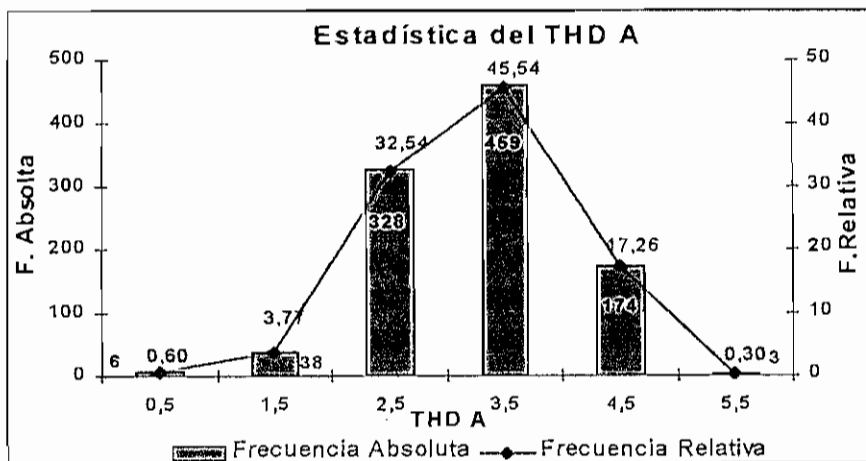


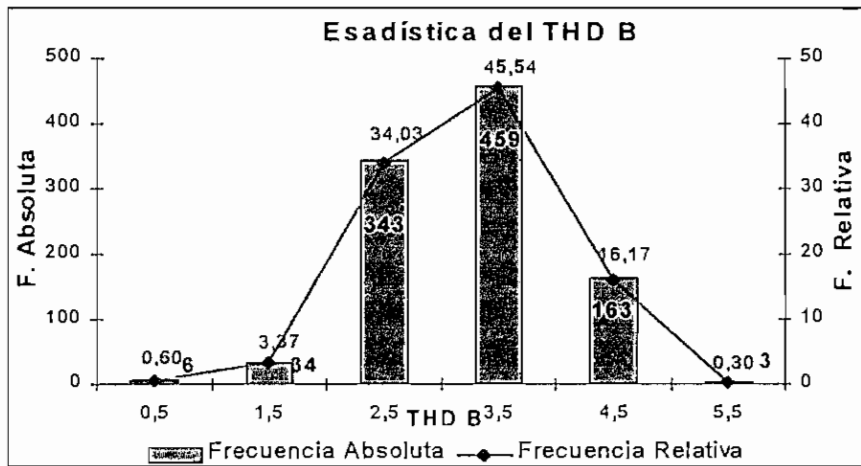
**PERTURBACIONES**  
**PARPADEO**



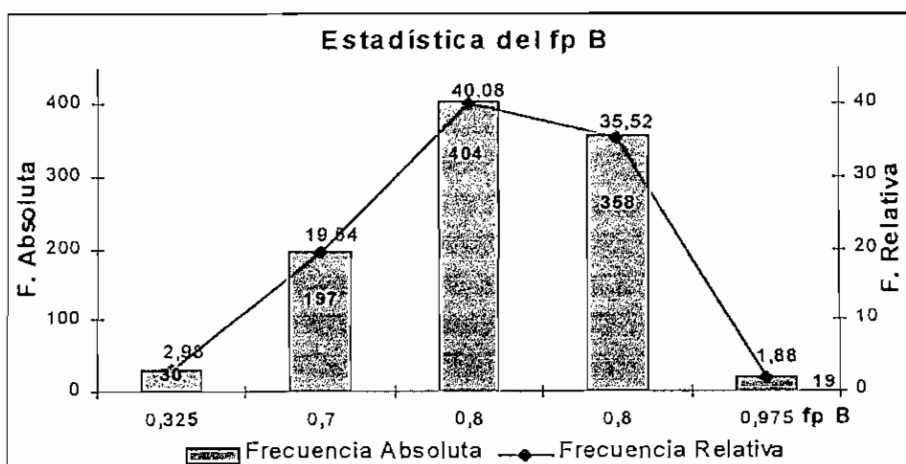
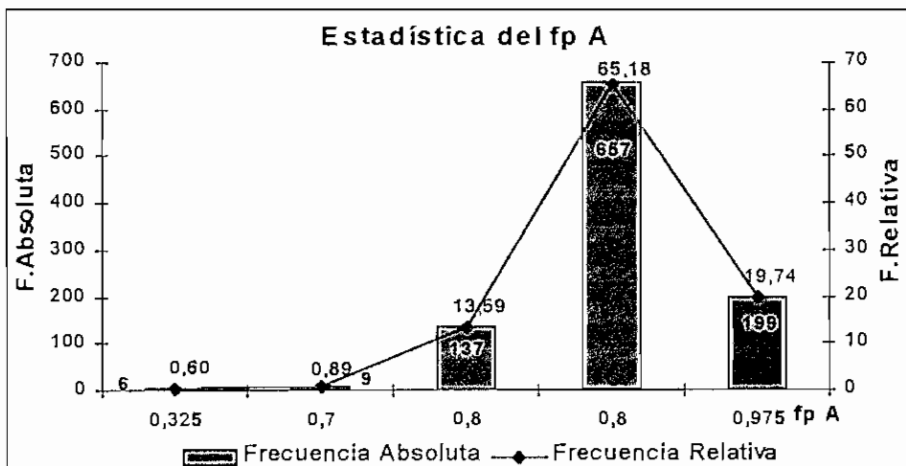
**ARMÓNICOS**

**Factor de Distorsión Armónica Individual de Voltaje y Factor de Distorsión Total por Armónicos.**





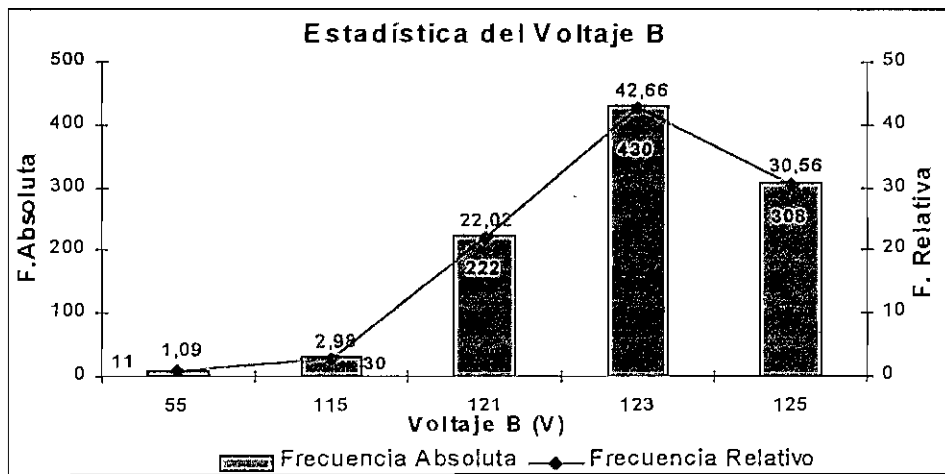
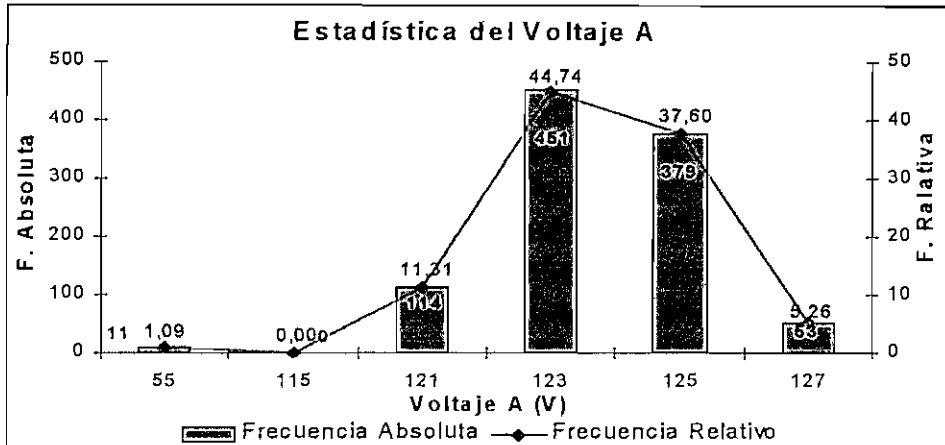
## FACTOR DE POTENCIA





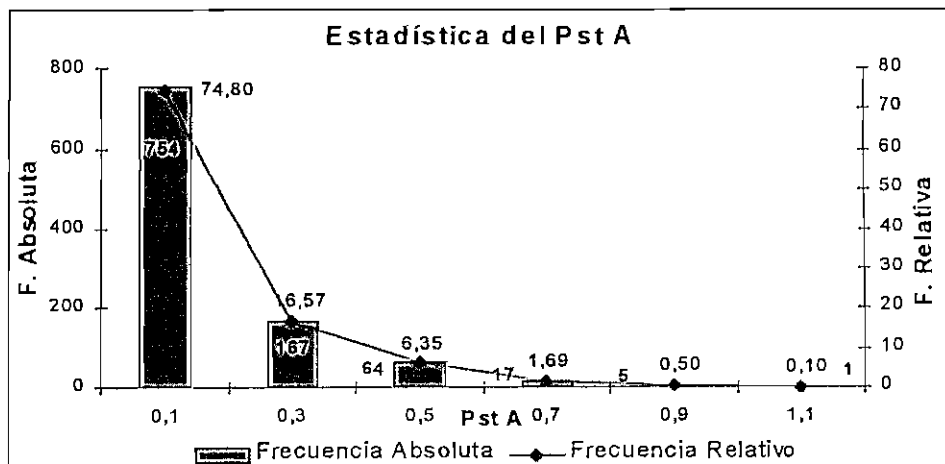
# TRANSFORMADOR R4T138

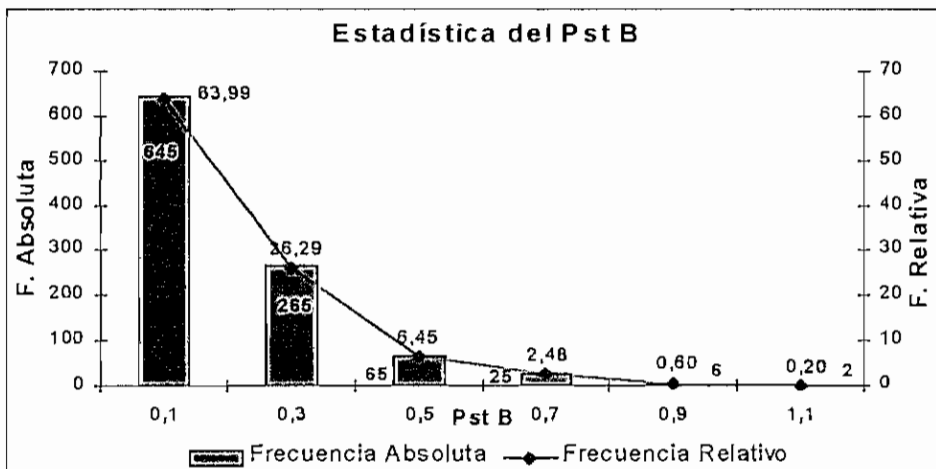
## NIVEL DE VOLTAJE



## PERTURBACIONES

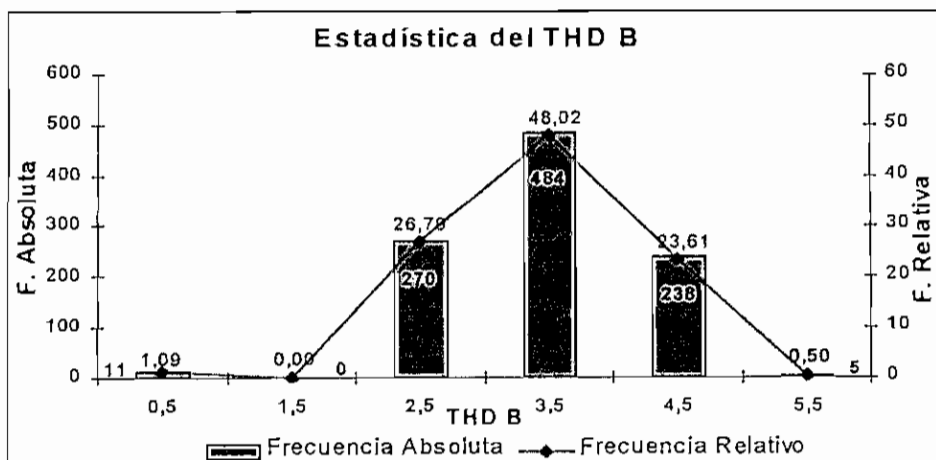
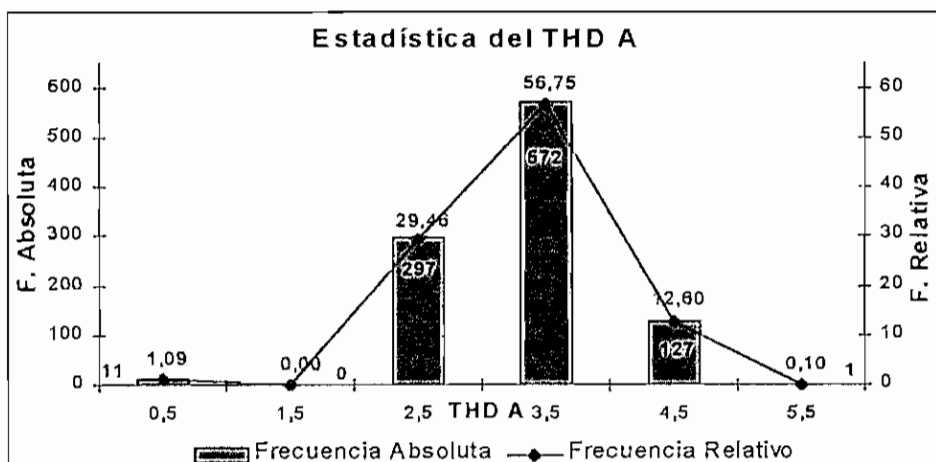
### PARPADEO



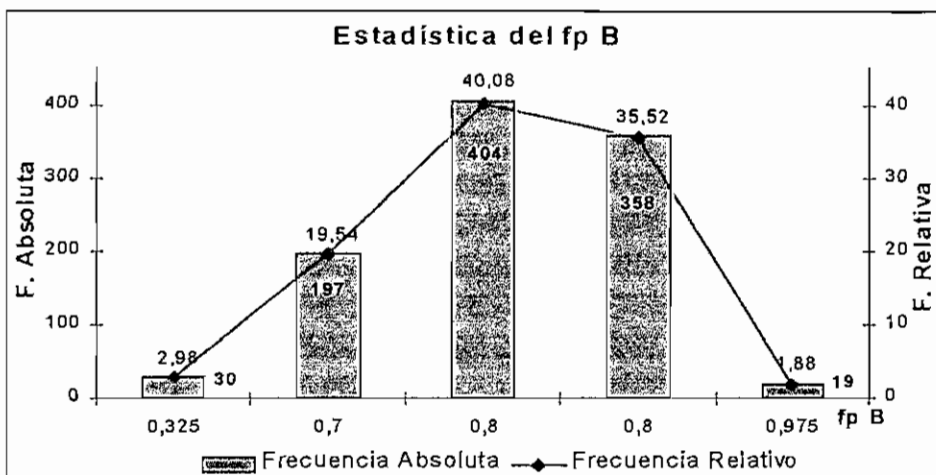
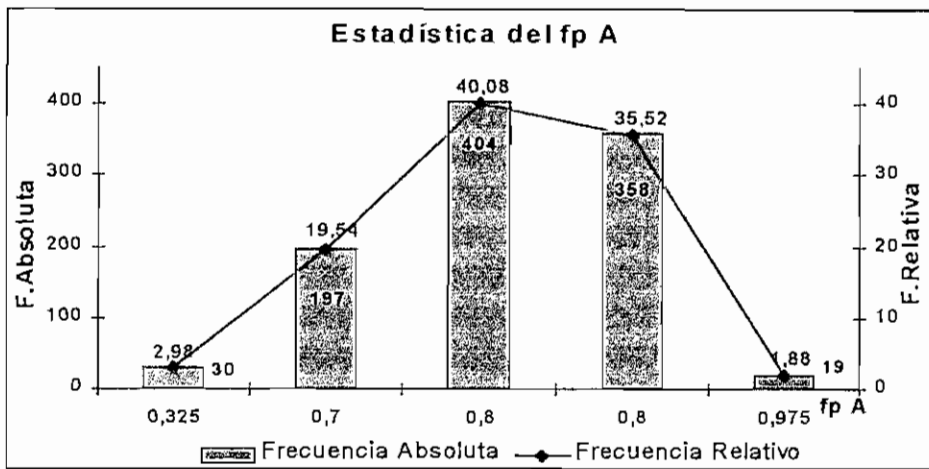


## ARMÓNICOS

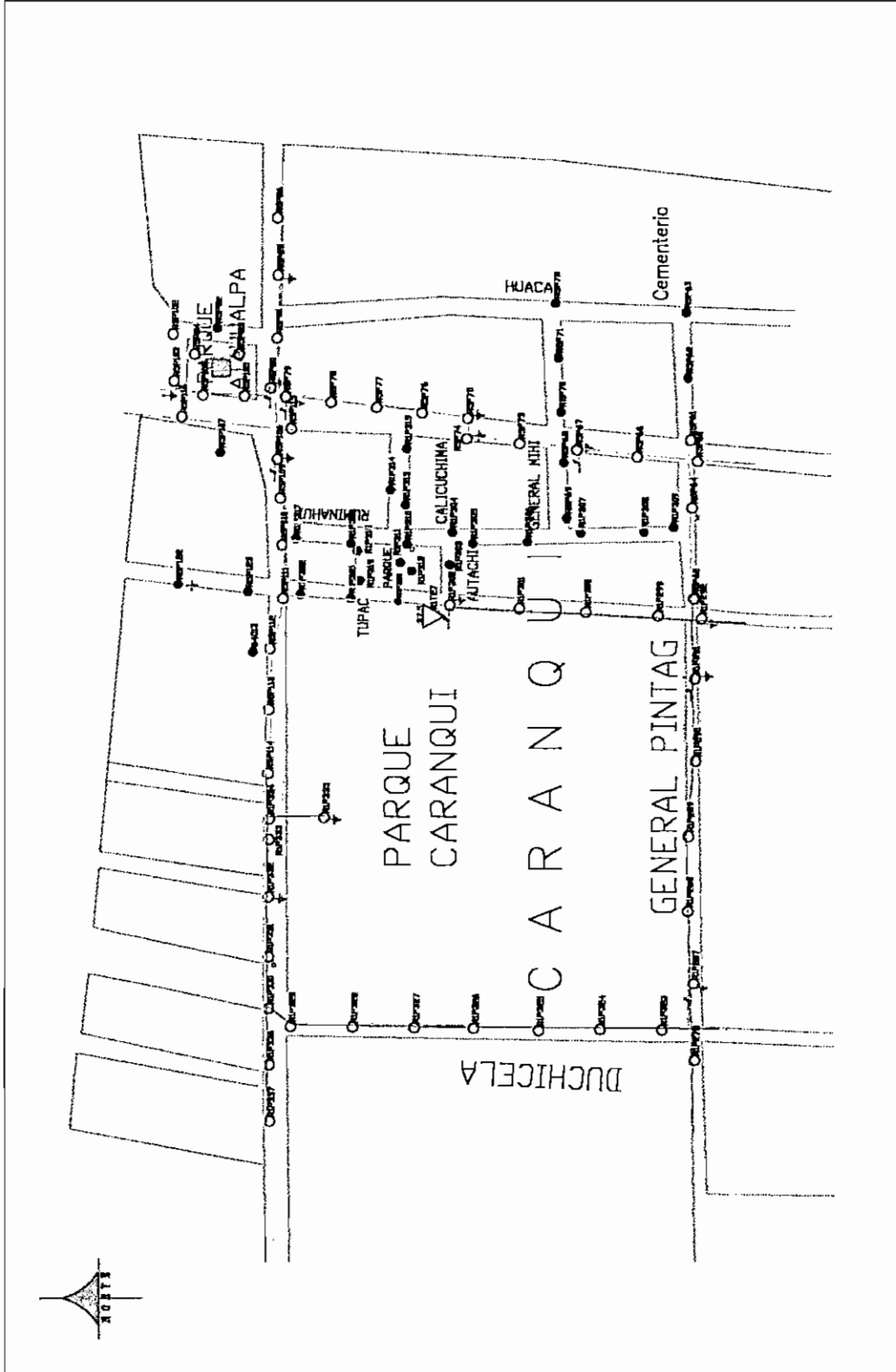
Factor de Distorsión Armónica Individual de Voltaje y Factor de Distorsión Total por Armónicos.



## FACTOR DE POTENCIA

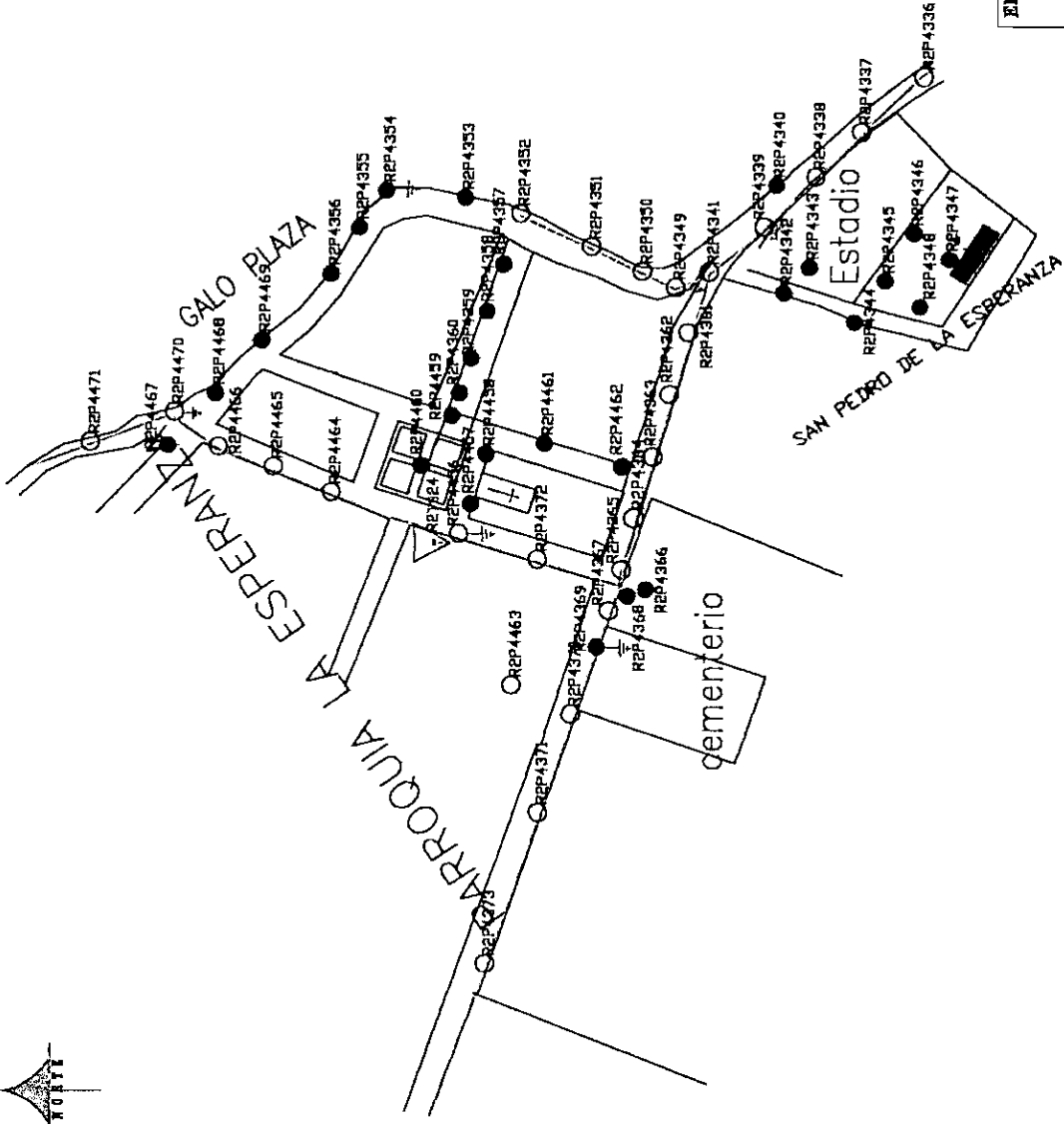
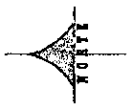


# ANEXO 5.5

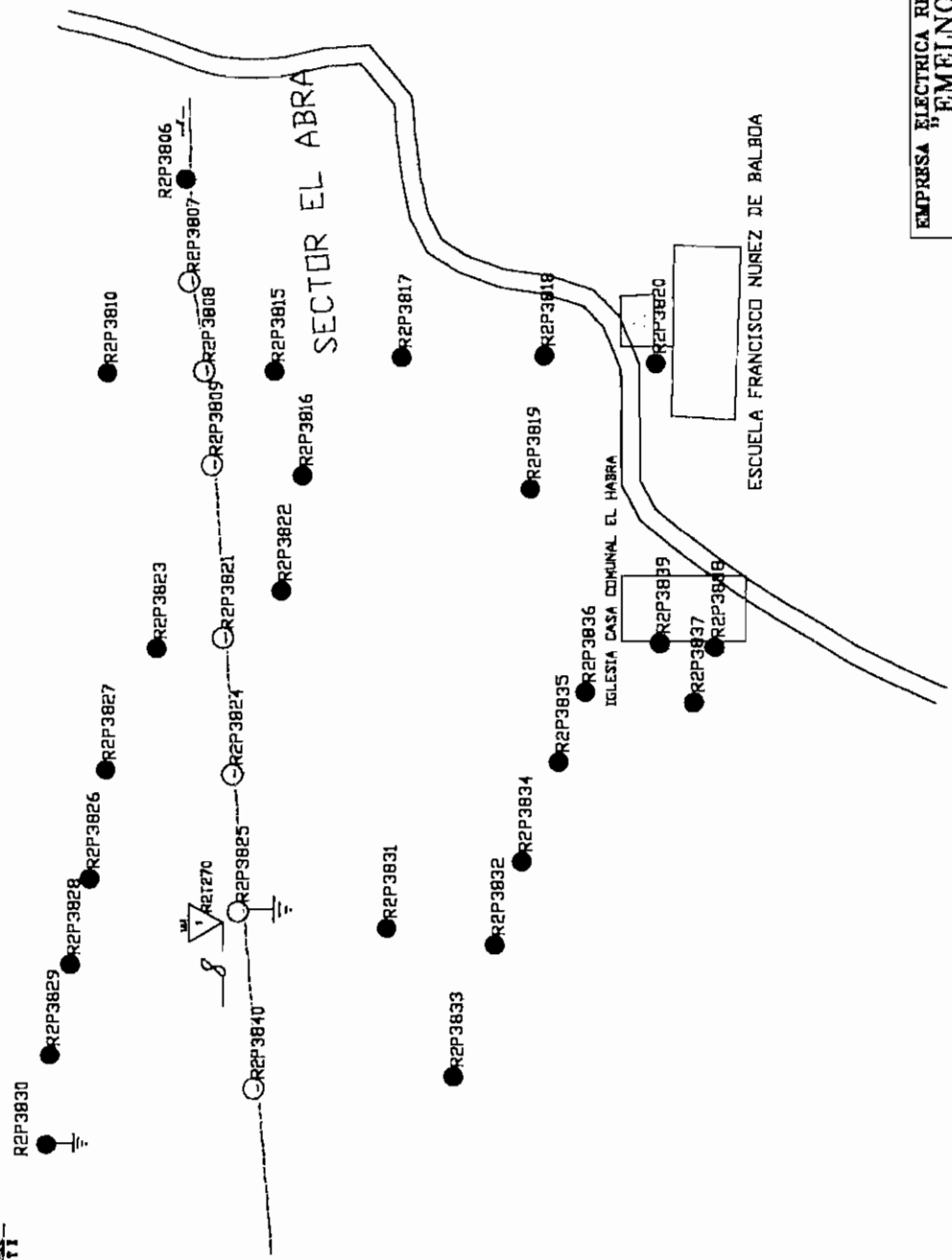
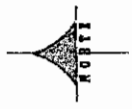


EMPRESA ELECTRICA REGIONAL NORTE S.A.  
**EMELNORTE**  
TELAMA - INCAUR

DEPARTAMENTO SUBTRANSMISION	TITULO ANEXO 9.3 UBICACION GEOGRAFICA DEL TRANSFORMADOR RIT27	
DIRECCION DE DISTRIBUCION APROBADA	INDICIA: Espaldon A4	TAN A4
Ing. Edison Yápez	MITSUBISHI ELECTRIC PROYECTO	SIN NOVIE - BOO1 ESCALA: FECHA:
	Ing. Marco Montecosa	1 de 1 000001

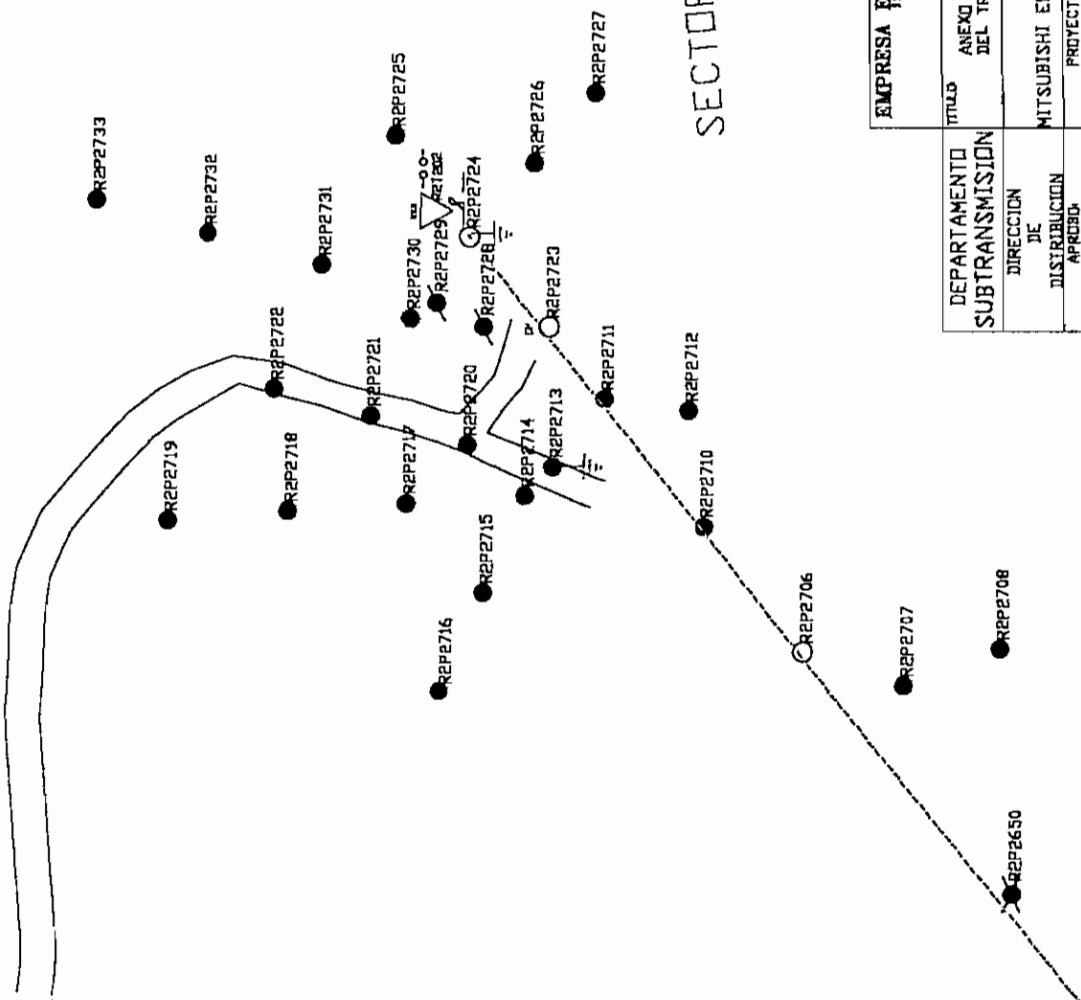
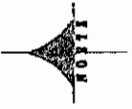


EMPRESA ELECTRICA REGIONAL NORTE S.A.	
<b>EMELNORTE</b> <small>INTEGRACION</small>	
DEPARTAMENTO	TITULO
SUBTRANSMISION	ANEXO 53 UBICACION GEOGRAFICA DEL TRANSFORMADOR REP324
DIRECCION DE DISTRIBUCION APROBADO	EDICIONAL
Ing. Edison Yépez	MITSUBISHI ELECTRIC
	PROYECTO
	ESCALA
	YAH. Escala/Ed. NOVI. - 2001 FECHA
	Ing. Marco Montedoca 1 de 1 000001



EMPRESA ELECTRICA REGIONAL NORTE S.A.  
**EMELNORTE**  
TRANSMISION - DISTRIBUCION

DEPARTAMENTO SUBTRANSMISION	TITULO ANEXO 5.3 UBICACION GEOGRAFICA DEL TRANSFORMADOR RET270	IDIOMA: Español	TAH: A4
DIRECCION DE DISTRIBUCION APROBADO	MITSUBISHI ELECTRIC	SIN	NOVIE - 2001
Ing. Edison Yáñez	PROYECTO:	ESCALA:	FECHA:
	Ing. Marco Montedeco	1 de 1	000001

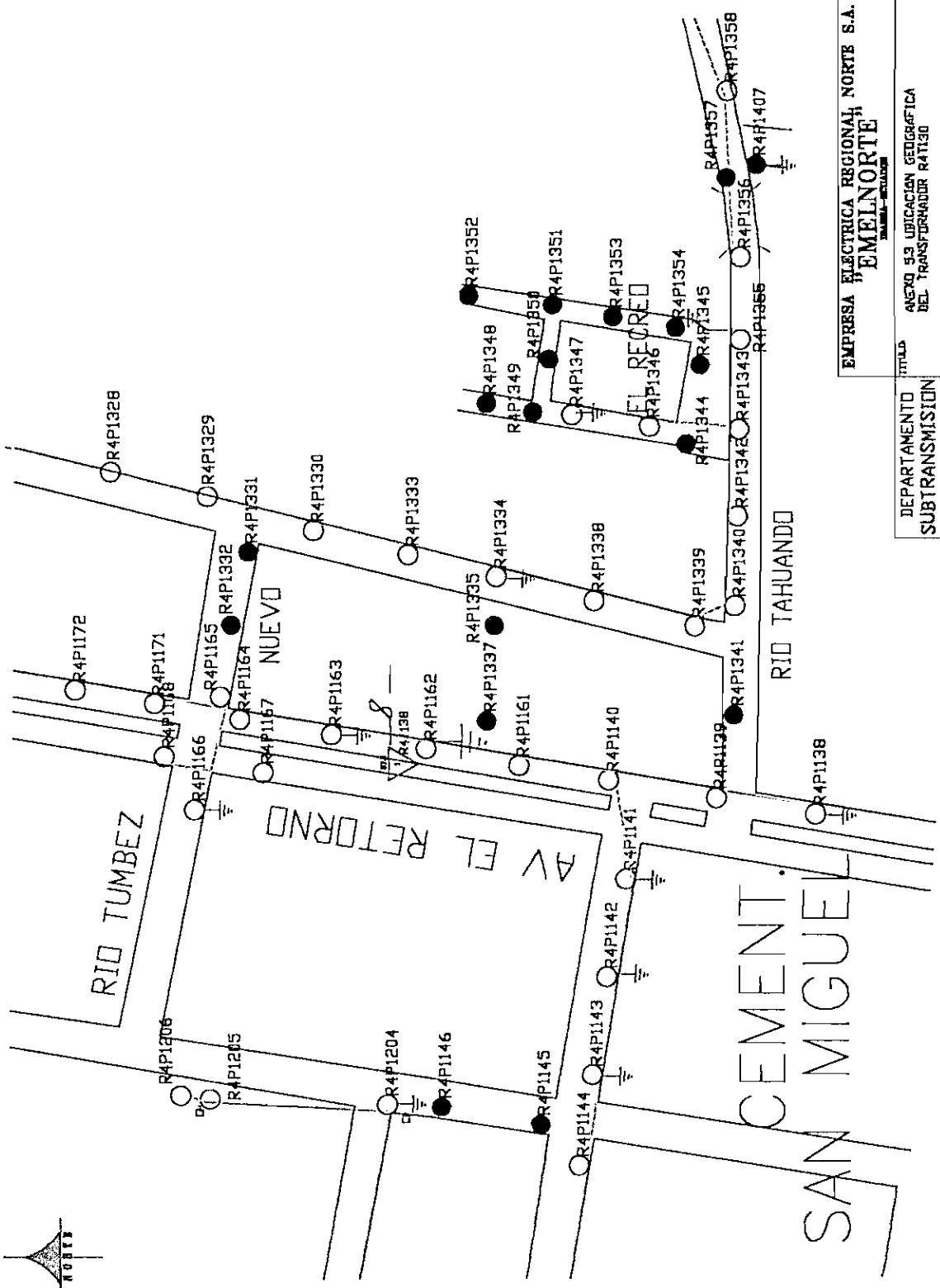
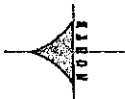


# SECTOR ANGOCHAHUA

EMPRESA ELECTRICA REGIONAL NORTE S.A.  
**EMELNORTE**  
INTEGRA-ESTADOS

DEPARTAMENTO SUBTRANSMISION	TITULO ANEXO SA UBICACION GEOGRAFICA DEL TRANSFORMADOR RETEDE		YAM, ESCALA: 1:50,000
DIRECCION DE DISTRIBUCION APROBADA	MITSUBISHI ELECTRIC SIN PROYECTO		NOVIE. - 2001 FECHA:
Ing. Edison Yépez	1 de 1	000001	





EMPRESA ELECTRICA REGIONAL NORTE S.A.  
**EMELNORTE**  
SAIA - SUCRE

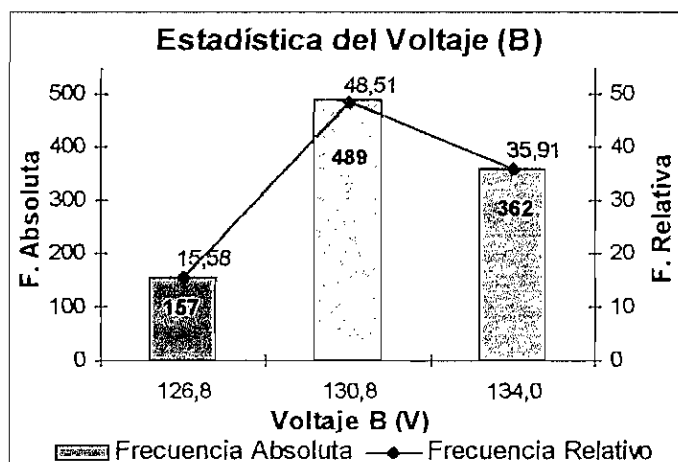
DEPARTAMENTO SUBTRANSMISION	TITULO ANEJO 53 UBICACION GEOGRAFICA DEL TRANSFORMADOR R4P130	EDICION Especial AA	YAN NOVIE. - 8981
DIRECCION DE DISTRIBUCION APROBADO	MITSUBISHI ELECTRIC	SIN ESCALA	NOVIE. - 8981 FECHA
Ing. Edison Yépez	Ing. Marco Montedracá	1 de 1	000001

# ANEXO 5.6

## GRÁFICOS ESTADÍSTICOS DE LOS USUARIOS

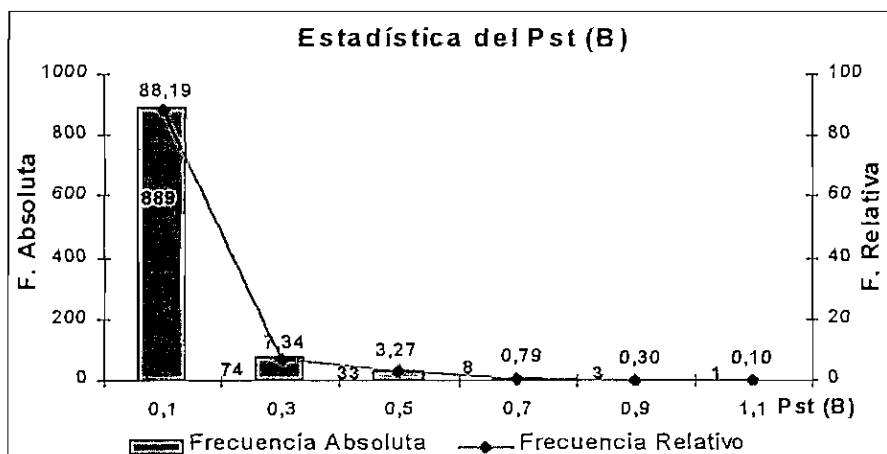
USUARIO ID 129452

NIVEL DE VOLTAJE



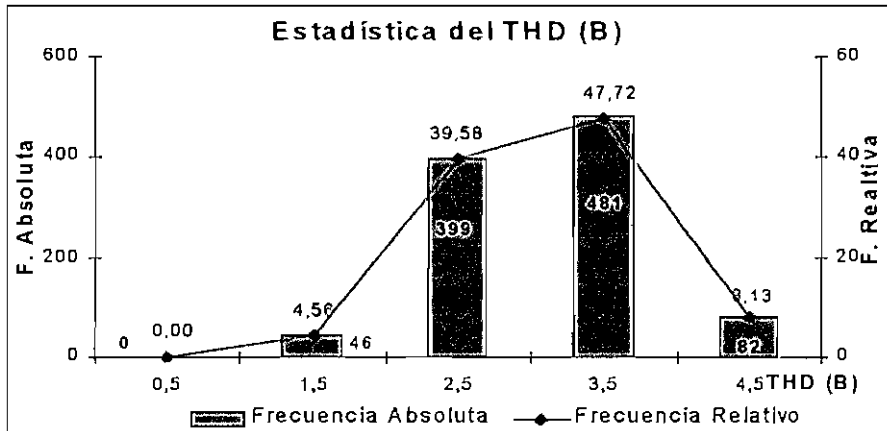
PERTURBACIONES

PARPADEO

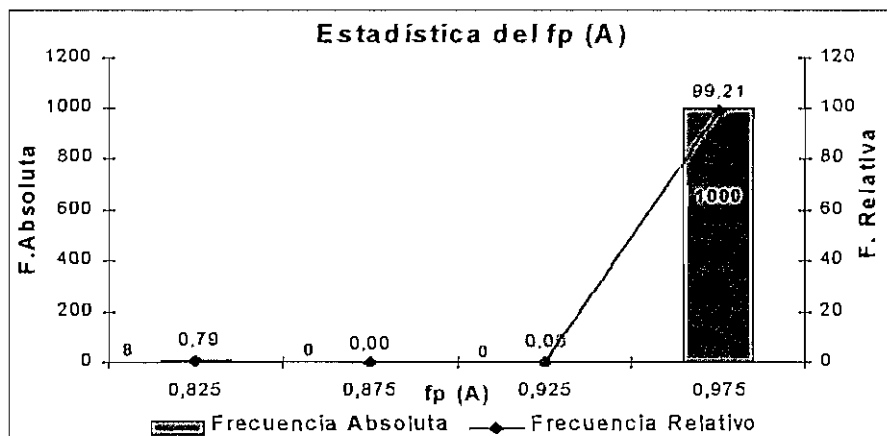


## ARMÓNICOS

Factor de Distorsión Armónica Individual de Voltaje y Factor de Distorsión Total por Armónicos.

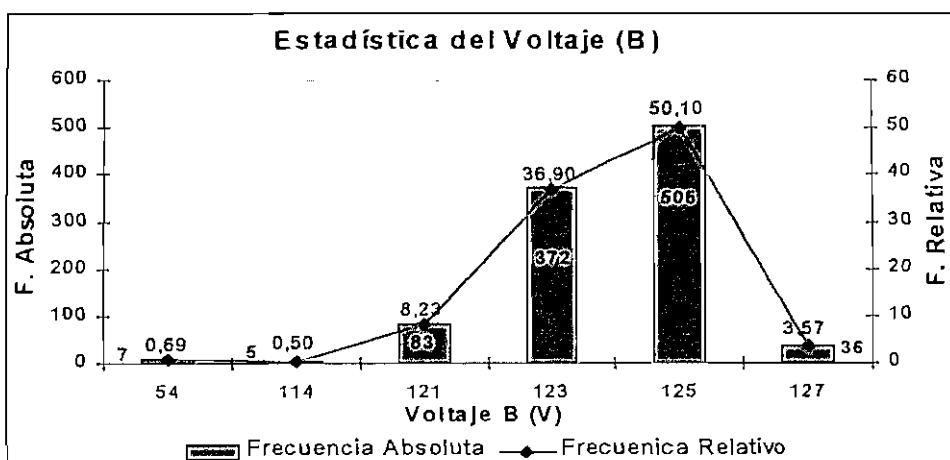


## FACTOR DE POTENCIA



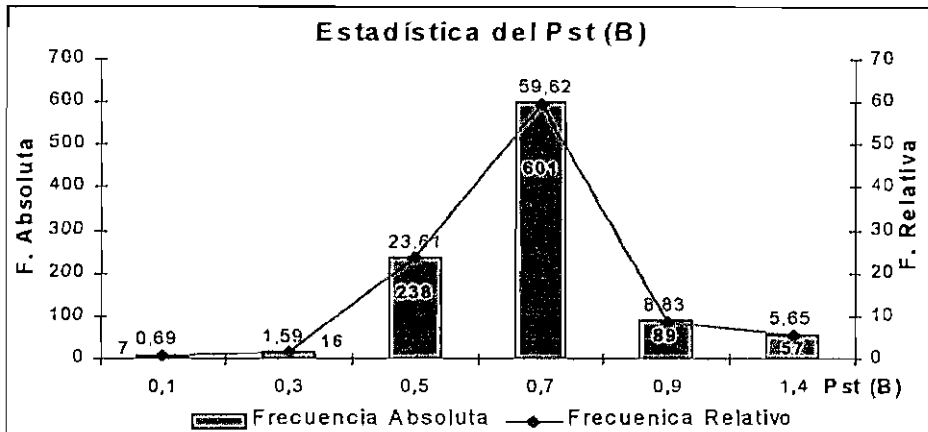
## USUARIO ID 135957

### NIVEL DE VOLTAJE



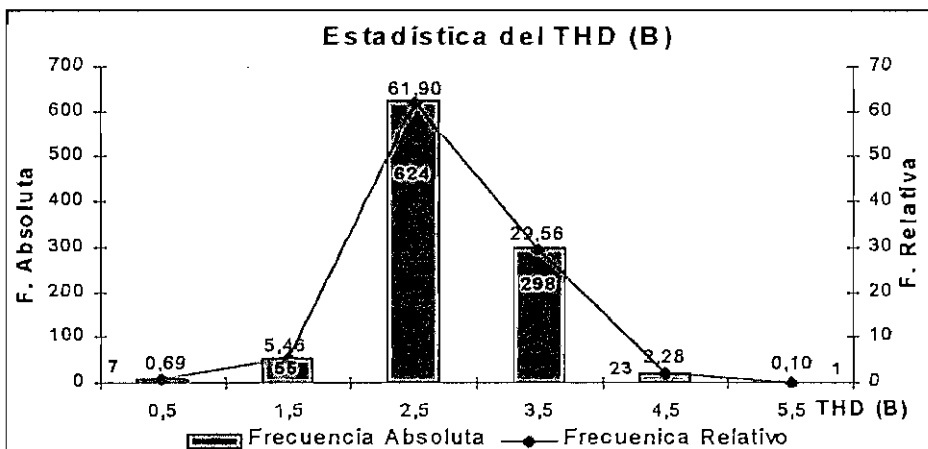
**PERTURBACIONES**

**PARPADEO**

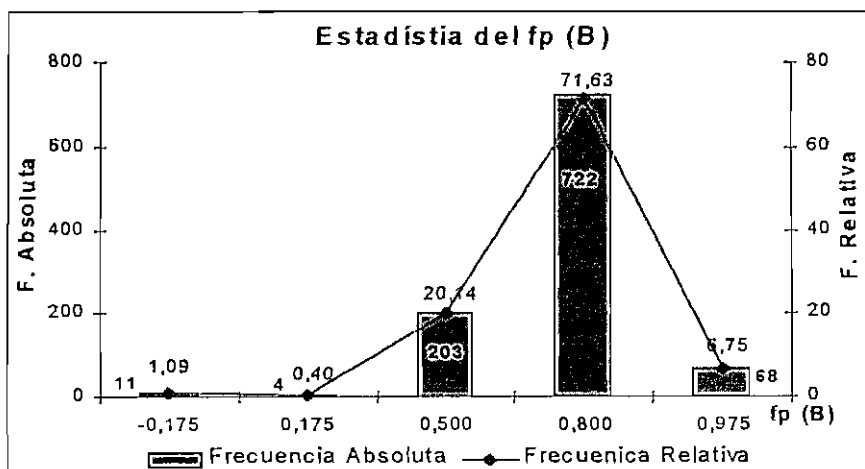


**ARMÓNICOS**

**Factor de Distorsión Armónica Individual de Voltaje y THD**

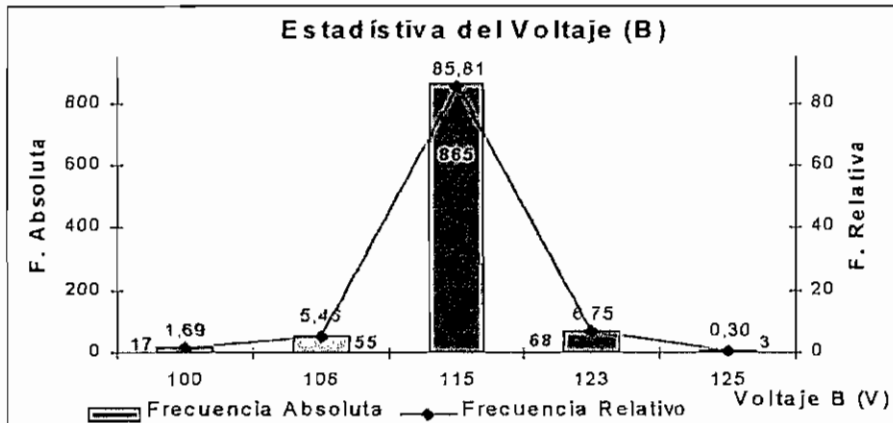


**FACTOR DE POTENCIA**



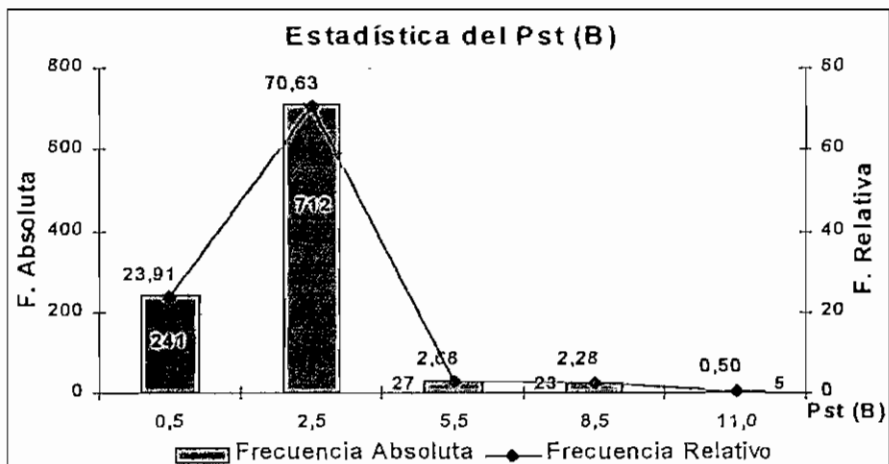
USUARIO ID 108831

NIVEL DE VOLTAJE



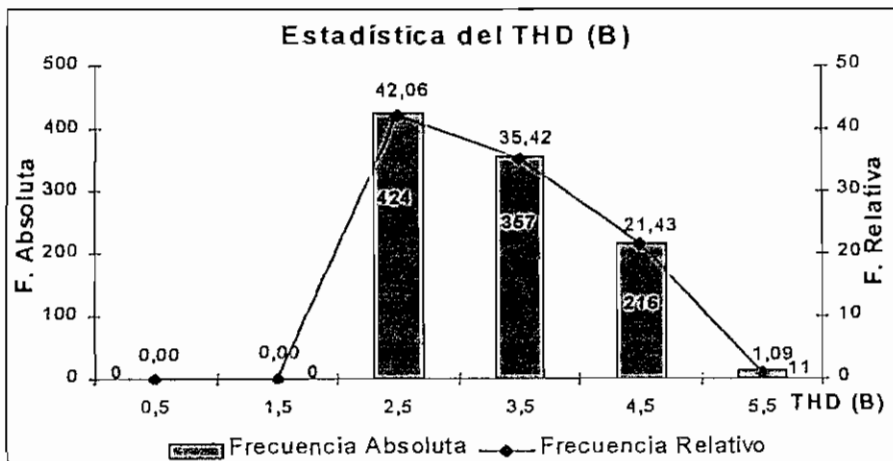
PERTURBACIONES

PARPADEO

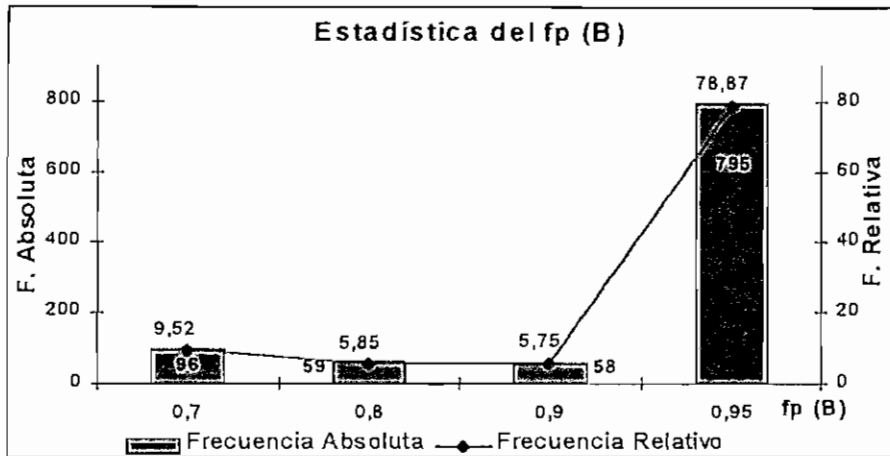


ARMÓNICOS

Factor de Distorsión Armónica Individual de Voltaje y THD

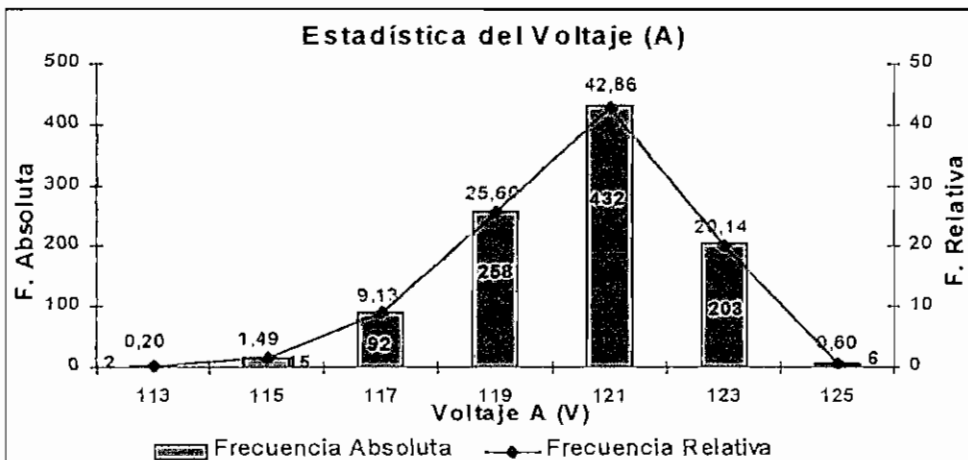


## FACTOR DE POTENCIA



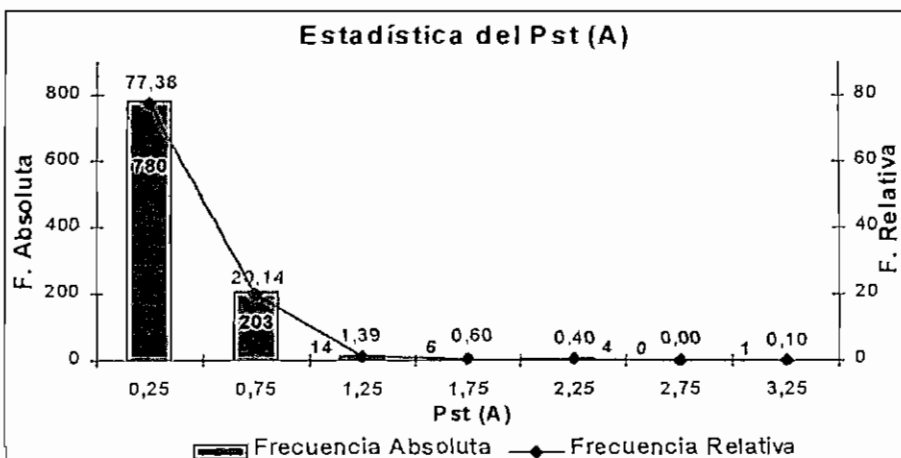
## USUARIO ID 20328

## NIVEL DE VOLTAJE



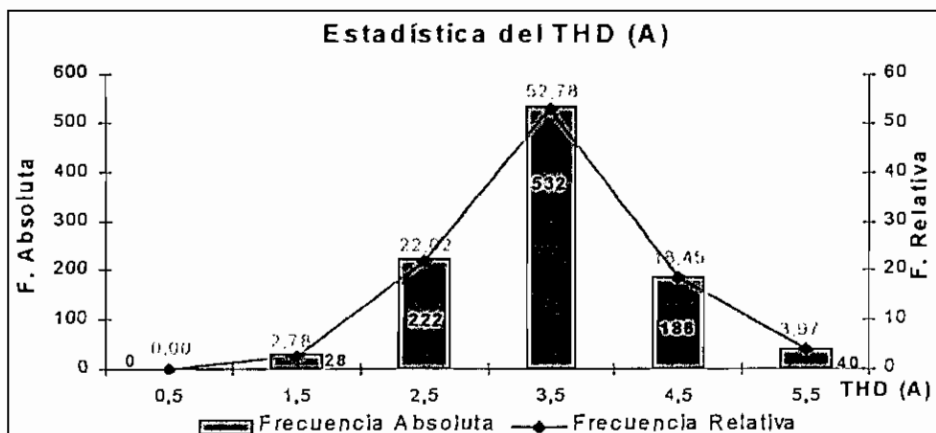
## PERTURBACIONES

## PARPADEO

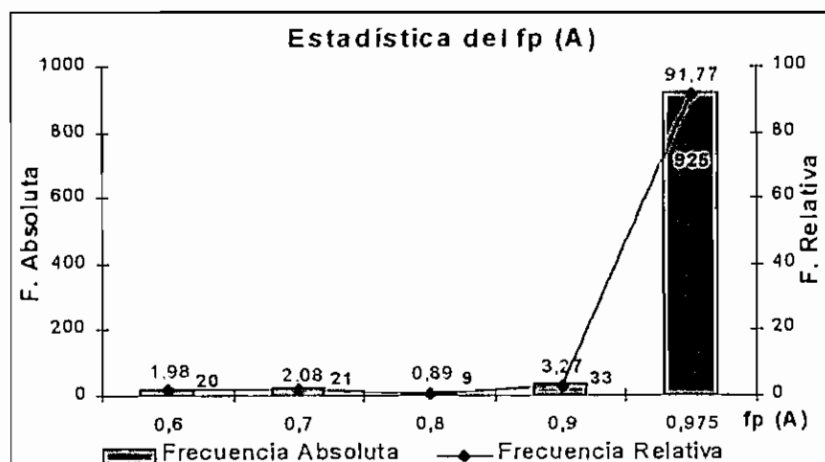


## ARMÓNICOS

### Factor de Distorsión Armónica Individual de Voltaje y THD

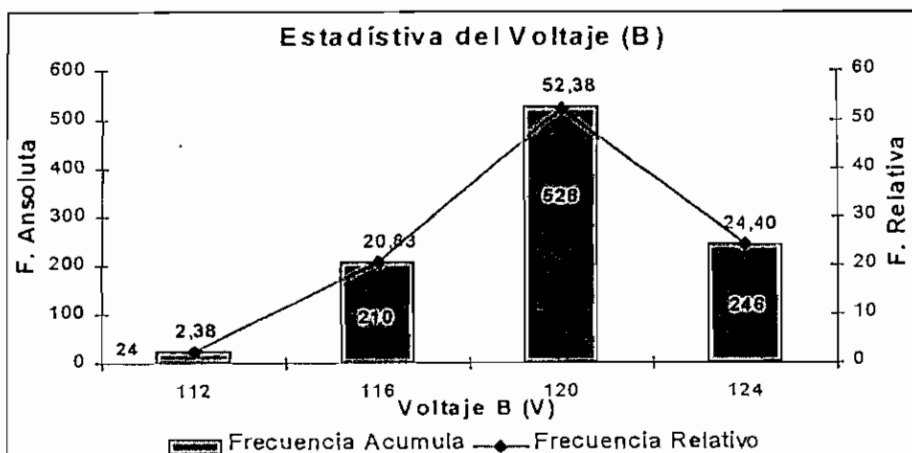


## FACTOR DE POTENCIA



## USUARIO ID 15037

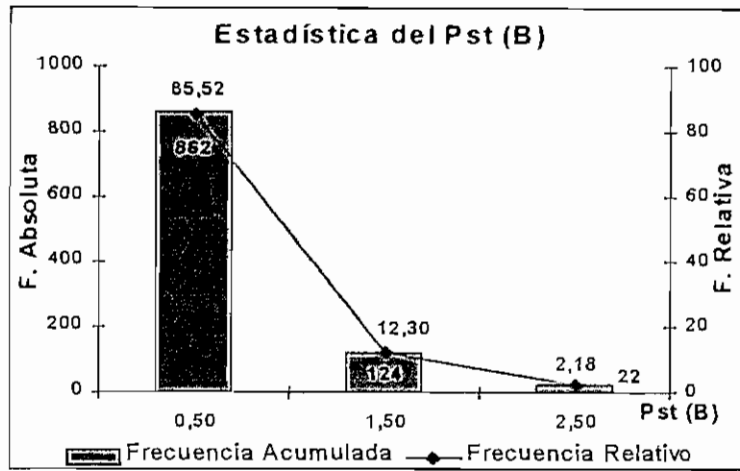
### NIVEL DE VOLTAJE





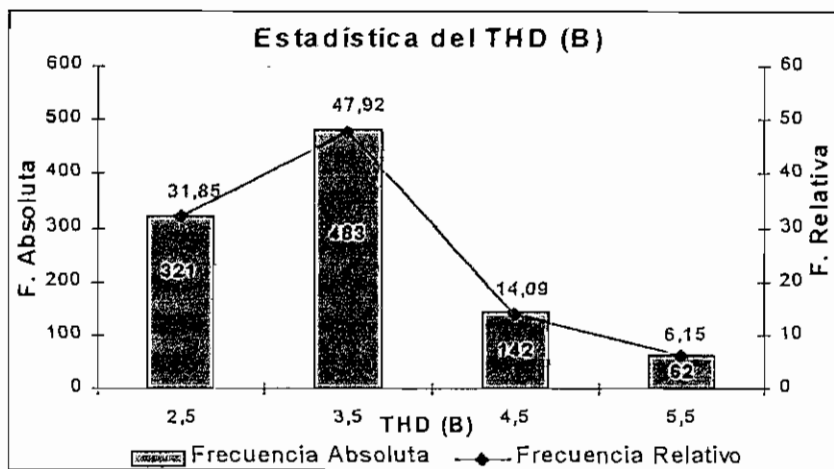
## PERTURBACIONES

## PARPADEO

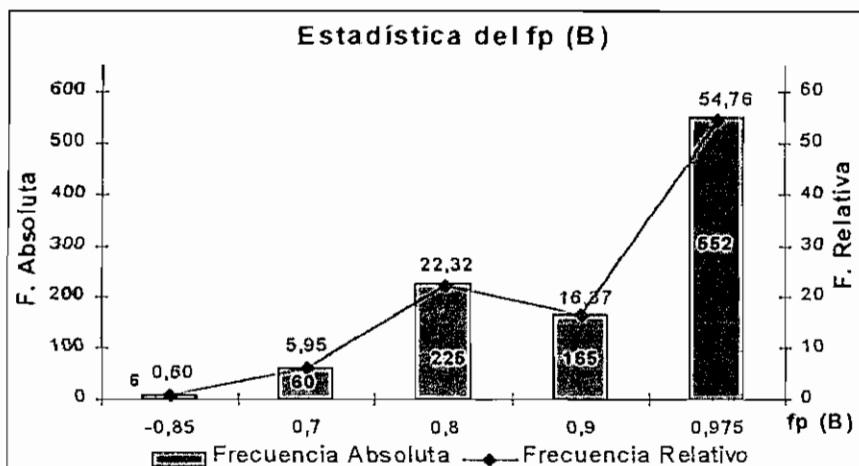


## ARMÓNICOS

## Factor de Distorsión Armónica Individual de Voltaje y THD

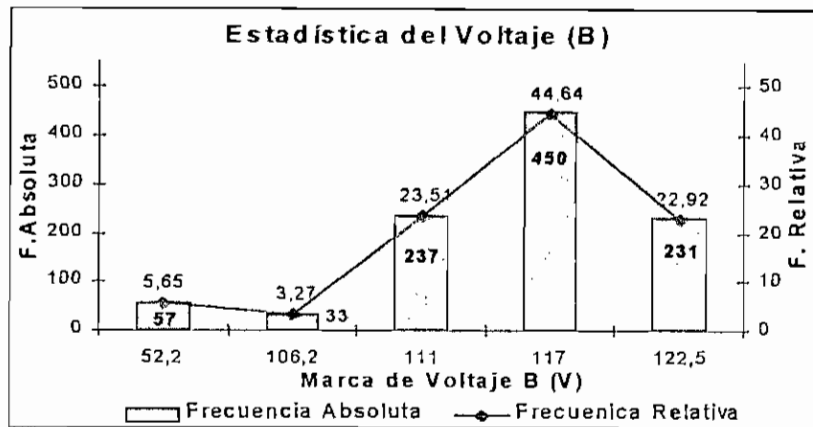


## FACTOR DE POTENCIA



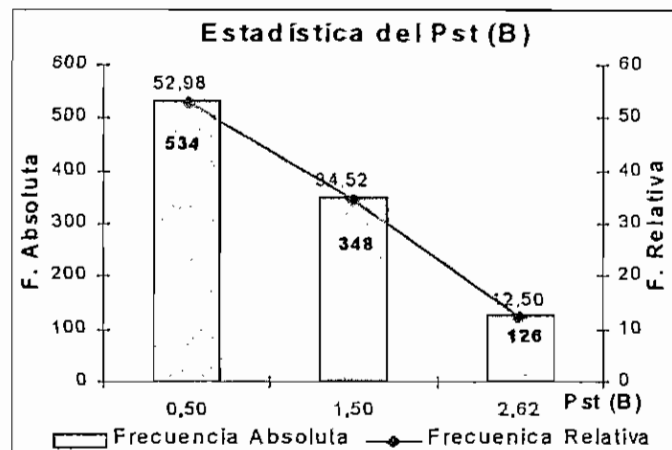
USUARIO ID 10250

NIVEL DE VOLTJAE



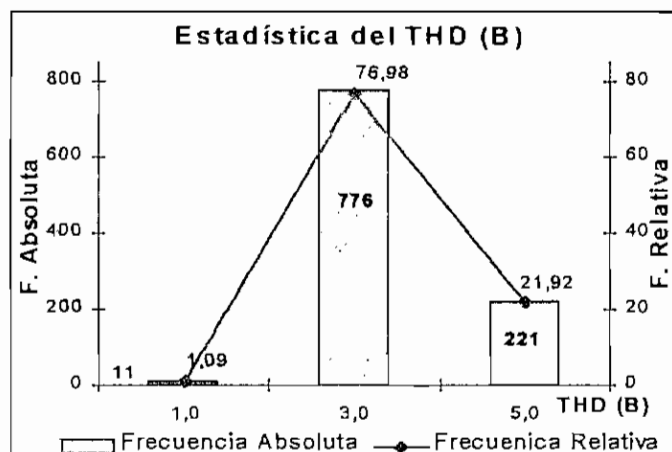
PERTURBACIONES

PARPADEO

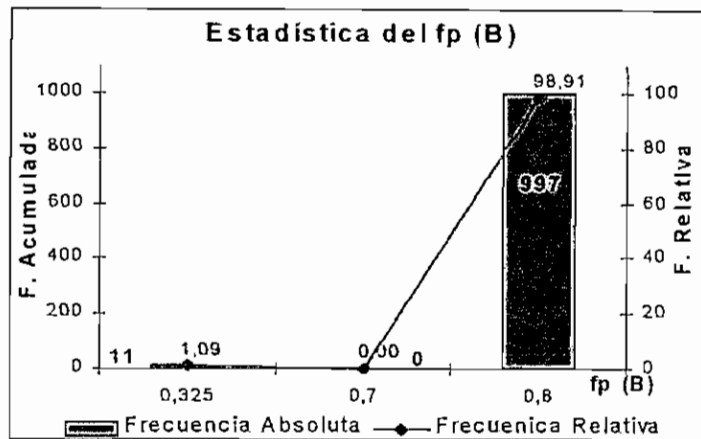


ARMÓNICOS

Factor de Distorsión Armónica Individual de Voltaje y THD

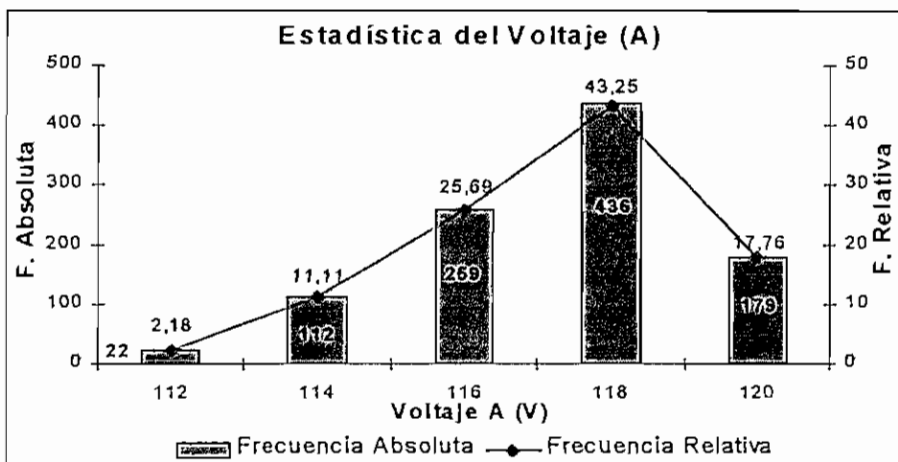


**FACTOR DE POTENCIA**



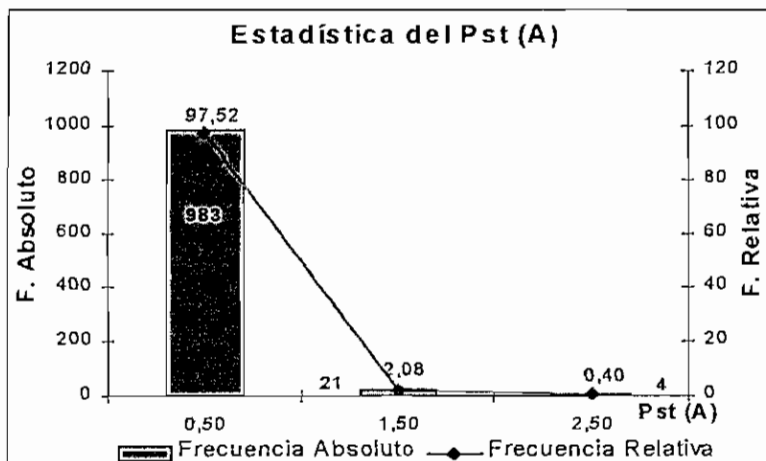
**USUARIO ID 10251**

**NIVEL DE VOLTAJE**



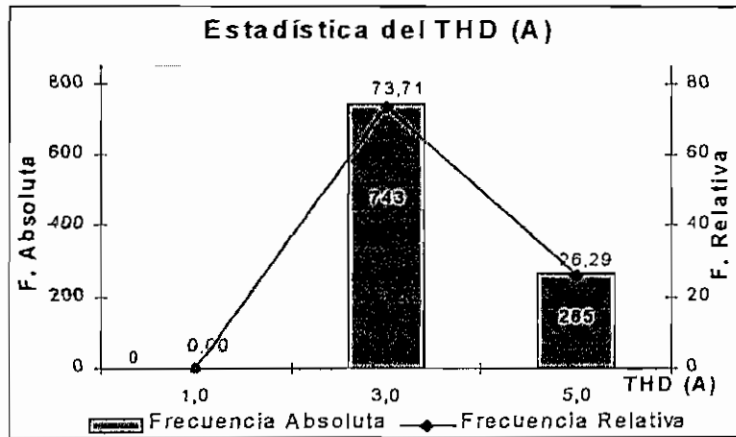
**PERTURBACIONES**

**PARPADEO**

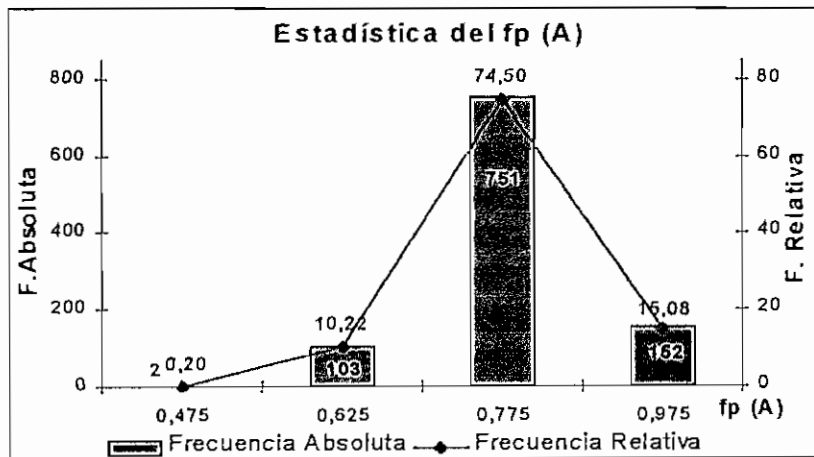


## ARMÓNICOS

## Factor de Distorsión Armónica Individual de Voltaje y THD

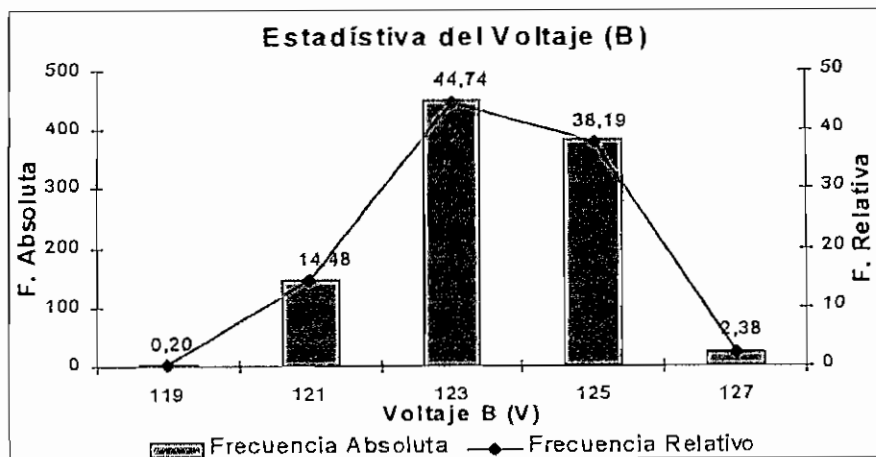


## FACTOR DE POTENCIA



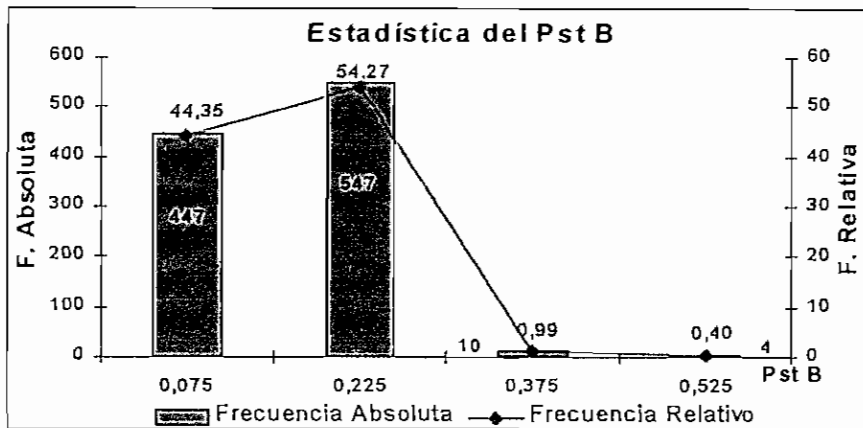
## USUARIO ID 132570

## NIVEL DE VOLTAJE



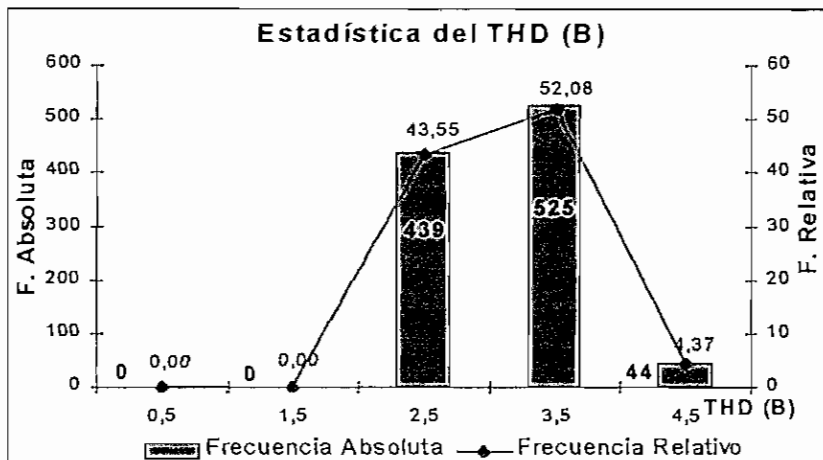
**PERTURBACIONES**

**PÁRPADEO**

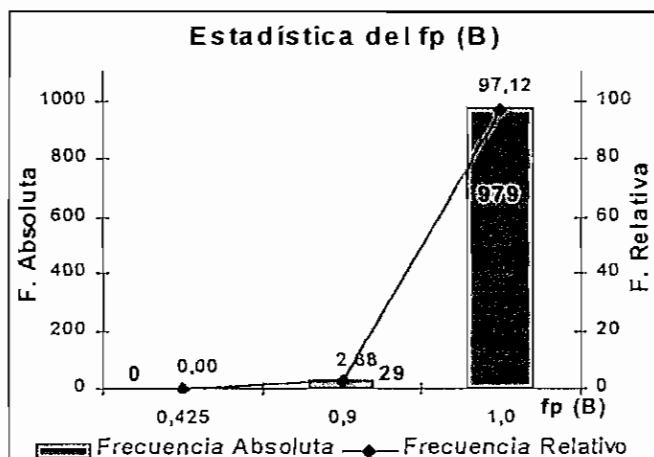


**ARMÓNICOS**

**Factor de Distorsión Armónica Individual de Voltaje y THD**

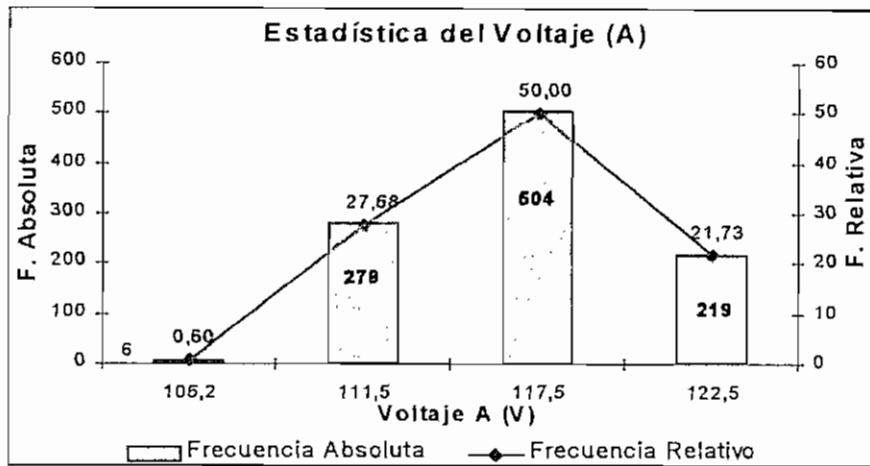


**FACTOR DE POTENCIA**



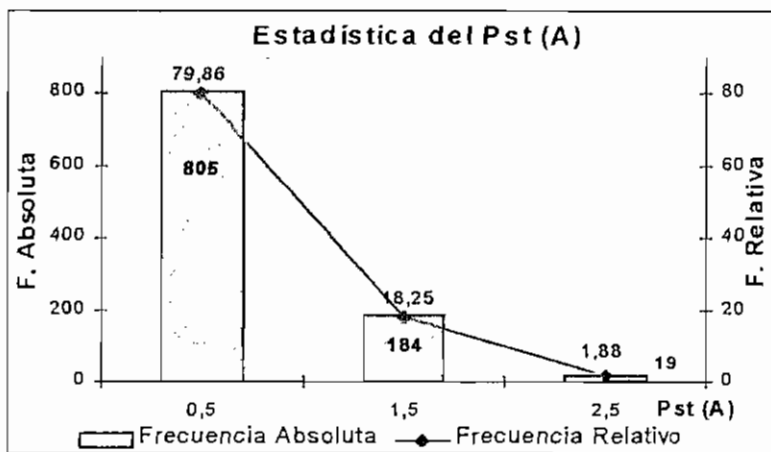
USUARIO ID 17105

NIVEL DE VOLTAJE



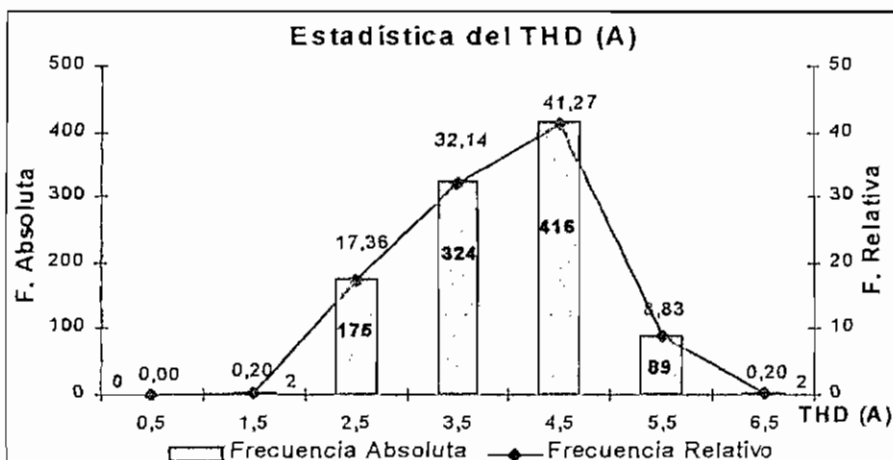
PERTURBACIONES

PARPADEO

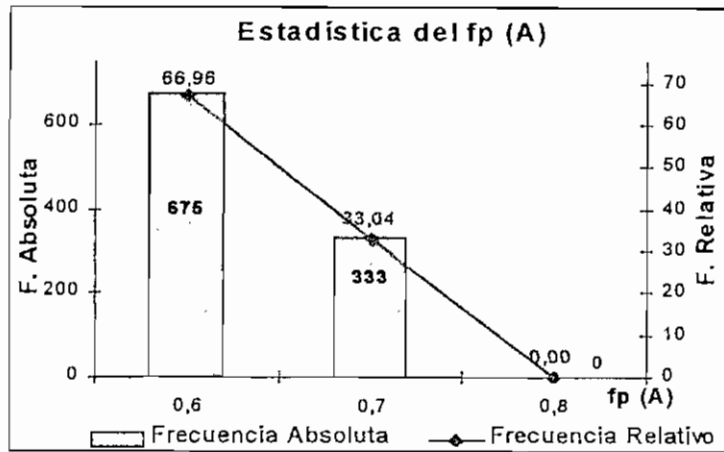


ARMÓNICOS

Factor de Distorsión Armónica Individual de Voltaje y THD

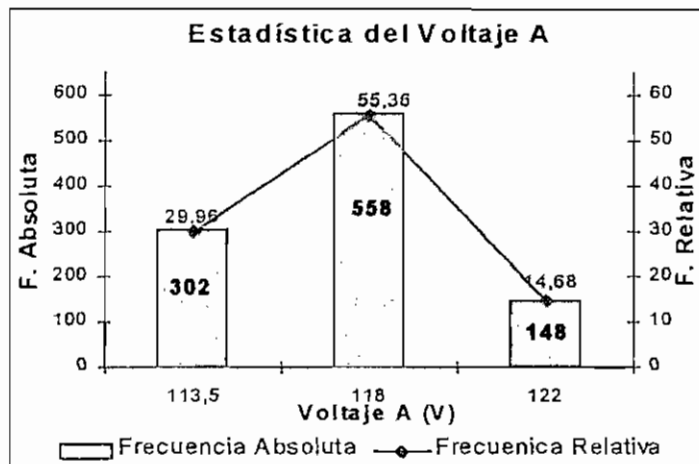


## FACTOR DE POTENCIA



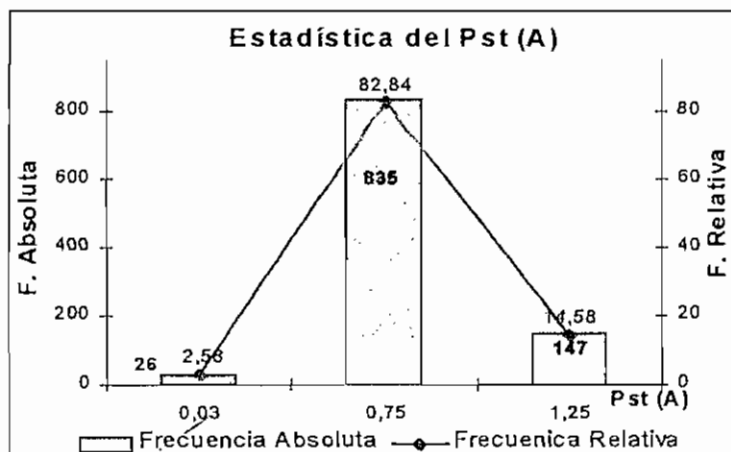
## USUARIO ID 161129

### NIVEL DE VOLTAJE



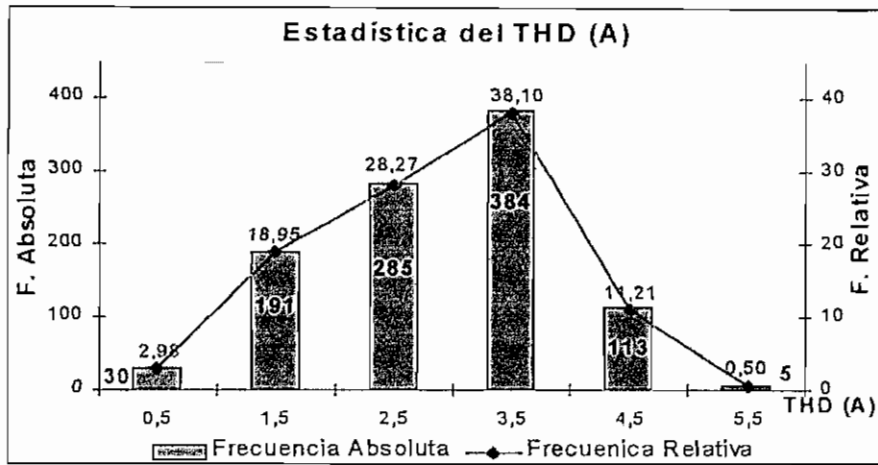
## PERTURBACIONES

### PARPADEO

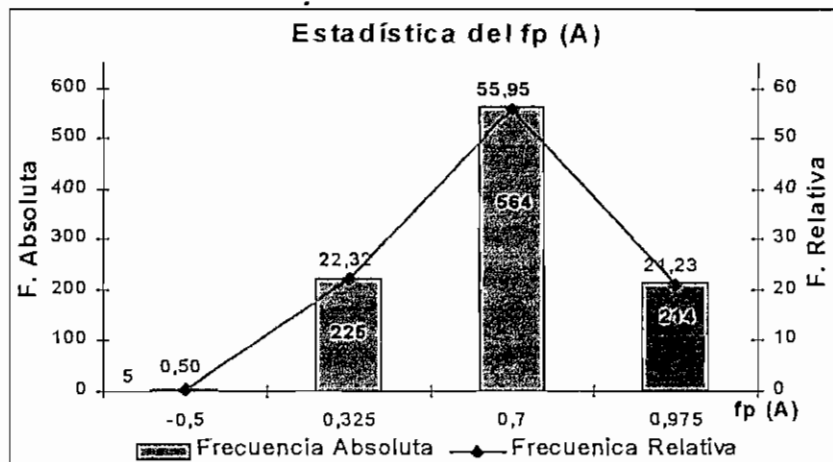


## ARMÓNICOS

## Factor de Distorsión Armónica Individual de Voltaje y THD



## FACTOR DE POTENCIA





# ANEXO 5.7

**CALIDAD DEL PRODUCTO,  
REGISTRO DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PRODUCTO EN BARRAS DE SALIDA DE LAS S/E DE AV/MV  
EMPRESA ELÉCTRICA:**

No.	S/E (1)	FECHA INICIAL Medición dd-mm-aa (2)	FECHA FINAL Medición dd-mm-aa (3)	VOLTAJE NOMINAL Punto de medición kv	VOLTAJE EFICAZ Punto de medición pu (4)	VOLTAJE MÍNIMO Punto de medición pu (5)	HORA Registro Vmin hh:mm	VOLTAJE MÁXIMO Punto de medición pu (6)	HORA Registro Vmax hh:mm	Porcentaje de mediciones de voltaje fuera de límites permitidos
	El Retorno 1	08/03/2003	14/03/2003	7,967	1,002	0,972	21:10	1,028	06:50	0
	El Retorno 2	25/03/2003	01/04/2003	7,967	0,999	0,952	19:10	1,031	06:40	0
	El Retorno 4	02/05/2003	10/05/2003	7,967	1,000	0,947	18:50	1,027	06:20	0
	El Retorno 5	16/04/2003	23/04/2003	7,967	0,991	0,866	12:00	1,029	15:50	0,496
	EL RETORNO			7,967	0,998	0,948	18:50	1,031	06:40	0,124

## Notas:

1. S/E en la que se realiza la medición.
2. Fecha de inicio de la medición.
3. Fecha de finalización de la medición.
4. Valor expresado en por unidad y corresponde al valor eficaz promedio medido.
5. Valor expresado en por unidad y corresponde al valor mínimo de voltaje medido.
6. Valor expresado en por unidad y corresponde al valor máximo de voltaje medido.

Formulario No. DSC-IC-02

**CALIDAD DEL PRODUCTO.  
REGISTRO DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PRODUCTO EN BARRAS DE SALIDA DE LAS S/E DE AV/MV  
EMPRESA ELÉCTRICA:**

fp inductivo MINIMO	HORA Registro fp hh:mm (7)	fp inductivo MAXIMO	HORA Registro fp hh:mm (8)	fp capacitivo MINIMO	HORA Registro hh:mm (9)	fp capacitivo MAXIMO	HORA Registro fp hh:mm (10)	fp promedio	Porcentaje de mediciones de fp fuera de límites permitidos	ENERGÍA kWh (11)	PST (12)	THD (13)
0,97	15:30	1	06:20	---	---	---	---	0,983	0	1930000	0,09	2,87
0,01	18:50	0,99	19:20	---	---	---	---	0,9	85,5	308000	0,14	3,27
0,72	12:20	0,97	19:10	---	---	---	---	0,85	96,3	493747,8	0,12	2,85
0,43	17:20	0,96	19:10	---	---	---	---	0,853	99,4	602243,5	0,18	3,22
0,01	18:50	1	06:20	---	---	---	---	0,8965	70,3	3333991,3	0,13	3,05

## Notas:

- 7 Hora en la que se registró el fp inductivo mínimo
- 8 Hora en la que se registró el fp inductivo máximo
- 9 Hora en la que se registró el fp capacitivo mínimo
- 10 Hora en la que se registró el fp capacitivo máximo
- 11 Energía registrada en el período de medición.
- 12 Índice de severidad del Flicker
- 13 Factor de distorsión total por armónicos

Formulario No. DSC-IC-02

**CALIDAD DEL PRODUCTO.  
REGISTRO DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PRODUCTO EN BARRAS DE SALIDA DE LAS S/E DE AV/MV  
EMPRESA ELÉCTRICA:**

V5 (14)	V7	V11	V13	V17	V19	V23	V25	V>25	V3	V9	V15	V21	V>21	V2	V4	V6	V8	V10	V12	V>12

Notas:  
14 Factores de distorsión armónica: Estas celdas deberán ser llenadas siempre y cuando el THD supere el límite permitido

**CALIDAD DEL PRODUCTO.  
REGISTRO DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PRODUCTO EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN  
EMPRESA ELÉCTRICA:**

No.	DIRECCIÓN	Ciudad	Cantón	Parroquia	Sector	ZONA (1)	S/E (2)	Alimentador (3)	FECHA INICIAL Medición dd-mm-aa (4)	FECHA FINAL Medición dd-mm-aa (5)	VOLTAJE NOMINAL Punto de medición kv	VOLTAJE EFICAZ Punto de medición pu (6)	VOLTAJE MÍNIMO Punto de medición pu (7)	HORA Registro h:mm:ss	VOLTAJE MÁXIMO Punto de medición pu (8)
1	Iglesia de Caranquí (R1727)	Ibarra	Ibarra	Caranquí	Caranquí	Urbana	El Retorno	Uno	13/03/03	20/03/03	0,12	1,062	1,033	19:50	1,069
2	Rocafuerte y Teodoro (R1136)	Ibarra	Ibarra	San Francisco	San Francisco	Urbana	El Retorno	Cuatro	13/03/03	20/03/03	0,12	1,017	0,992	19:50	1,038
3	Parque de la Esperanza (R2124)	Ibarra	Ibarra	La Esperanza	La Esperanza	Rural	El Retorno	Dos	31/03/03	07/04/03	0,12	1,019	0,932	19:40	1,038
4	Angochagua (R2702)	Ibarra	Ibarra	Angochagua	Angochagua	Rural	El Retorno	Dos	06/04/03	13/04/03	0,12	1,009	0,949	04:00	1,050
5	El Abra (R2170)	Ibarra	Ibarra	La Esperanza	La Esperanza	Rural	El Retorno	Dos	03/06/03	10/03/03	0,12	1,026	0,96	19:30	1,06

## Notas:

- 1 Localización de la zona en donde se realiza la medición: Urbana - Rural
- 2 S/E de la que se recibe el servicio.
- 3 Alimentador del que se recibe el servicio
- 4 Fecha de inicio de la medición.
- 5 Fecha de finalización de la medición.
- 6 Valor expresado en por unidad y corresponde al valor eficaz promedio medido.
- 7 Valor expresado en por unidad y corresponde al valor mínimo de voltaje medido.
- 8 Valor expresado en por unidad y corresponde al valor máximo de voltaje medido.

**CALIDAD DEL PRODUCTO,  
REGISTRO DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PRODUCTO EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN  
EMPRESA ELÉCTRICA:**

HORA Registro Vmax hh:mm	Porcentaje de mediciones de voltaje fuera de límites permitidos Etapa I	Porcentaje de mediciones de voltaje fuera de límites permitidos Etapa II	fp inductivo MÍNIMO	HORA Registro fp hh:mm (9)	fp inductivo MÁXIMO	HORA Registro fp hh:mm (10)	fp capacitivo MÍNIMO	HORA Registro fp hh:mm (11)	fp capacitivo MÁXIMO	HORA Registro fp hh:mm (12)	fp promedio	Porcentaje de mediciones de fp fuera de límites permitidos	ENERGÍA kWh (13)	PST (14)	THD (15)
07:00	0,298	7,539	0,62	12:50	0,99	19:30	---	---	---	---	0,871	95,833	2421,7	0,183	3,209
07:00	1,091	1,100	0,64	10:30	0,97	07:30	---	---	---	---	0,798	99,405	1554,24	0,226	3,422
10:20	0,595	0,595	0,65	14:20	0,99	07:00	---	---	---	---	0,868	96,115	1091,72	0,188	3,249
10:10	0,595	0	0,62	19:10	0,99	01:50	---	---	---	---	0,937	57,738	417,46	0,209	3,363
01:10	0	0	0,61	03:30	1	01:30	---	---	0,91	14:50	0,95	32,94	112	0,176	3,65

## Notas:

- 9 Hora en la que se registró el fp inductivo mínimo
- 10 Hora en la que se registró el fp inductivo máximo
- 11 Hora en la que se registró el fp capacitivo mínimo
- 12 Hora en la que se registró el fp capacitivo máximo
- 13 Energía registrada en el período de medición.
- 14 Índice de severidad del Fk:1er
- 15 Factor de distorsión total por armónicos

**CALIDAD DEL PRODUCTO.  
REGISTRO DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PRODUCTO EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN  
EMPRESA ELÉCTRICA:**

V5 (16)	V7	V11	V13	V17	V19	V23	V25	V>25	V3	V9	V15	V21	V>21	V2	V4	V6	V8	V10	V12	V>12

Notas:  
16 Factores de distorsión armónica: Estas celdas deberán ser llenadas siempre y cuando el THD supere el límite permitido

**CALIDAD DEL PRODUCTO.  
REGISTRO DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PRODUCTO DE CONSUMIDORES FINALES  
EMPRESA ELÉCTRICA:**

No.	Tipo de CONSUMIDOR (1)	DIRECCIÓN	Ciudad	Cantón	Parroquia	Sector	ZONA (2)	S/E (3)	Alimentador (4)	Transformador (5)	No. Medidor	No. Suministro (6)	FECHA INICIAL Medición dd-mm-aa (7)	FECHA FINAL Medición dd-mm-aa (8)
1	BR	Calle Tahuando s.n.	Ibarra	Ibarra	El Sacraño	El Sacraño	Urbano	El Retorno	4	T.117	M2-54722	129452	03-Jun-03	10-Jun-03
2	BR	La Y de Caranquí	Ibarra	Ibarra	Caranquí	Caranquí	Urbano	El Retorno	1	T32	M2-60312	135957	24-Jun-03	01-Jul-03
3	BR	La Esperanza última parada de bus	Ibarra	Ibarra	La Esperanza	La Esperanza	Rural	El Retorno	2	T238	M2-33702	108831	13-May-03	20-May-03
4	BR	Angochaquia	Ibarra	Ibarra	Angochaquia	Angochaquia	Rural	El Retorno	2	T202	P-3413	20328	10-Jun-03	17-Jun-03
5	BR	Re Chimbo 5-10	Ibarra	Ibarra	San Francisco	Los Celbos	Urbano	El Retorno	4	T29	P-5797	15037	27-May-03	02-Jun-03
6	BR	El Abra	Ibarra	Ibarra	Angochaquia	El Abra	Rural	El Retorno	2	T270	M2-56489	10250	20-May-03	27-May-03
7	BR	Posaje B Y Alahuamba	Ibarra	Ibarra	El Sacraño	El Sacraño	Urbano	El Retorno	5	T54	P-3276	10251	13-Mar-03	20-Mar-03
8	BR	Coop. 19 de enero	Ibarra	Ibarra	La Esperanza	19 de enero	Rural	El Retorno	1	T57	M2-68189	132570	27-May-03	02-Jun-03
9	BR	Maranilito	Ibarra	Ibarra	La Esperanza	Naranilito	Rural	El Retorno	1	T12	P-4326	17105	03-Jun-03	10-Jun-03
10	BR	Teodoro Gómez 4-44	Ibarra	Ibarra	San Francisco	La Teodora	Urbana	El Retorno	4	T163	M2-92684	161129	17-Jun-03	24-Jun-03

## Notas:

1. La clasificación debe estar acorde con la codificación que se presenta en el comentario de la misma celda
2. Localización de la zona en donde se realiza la medición: Urbana - Rural
3. S/E de la que se recibe el servicio.
4. Alimentador del que se recibe el servicio
5. Transformador del que se recibe el servicio
6. Número a ser registrado en el caso de que la empresa maneje este tipo de codificación para los usuarios
7. Fecha de inicio de la medición.
8. Fecha de finalización de la medición.



**CALIDAD DEL PRODUCTO,  
REGISTRO DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PRODUCTO DE CONSUMIDORES FINALES  
EMPRESA ELÉCTRICA:**

VOLTAJE NOMINAL Punto de medición kV	VOLTAJE EFICAZ Punto de medición pu (9)	VOLTAJE MÍNIMO Punto de medición pu (10)	HORA Registro Vmin hh:mm	VOLTAJE MÁXIMO Punto de medición pu (11)	HORA Registro Vmax hh:mm	Porcentaje de mediciones de voltaje fuera de límites permitidos Etapa I	Porcentaje de mediciones de voltaje fuera de límites permitidos Etapa II	fp Inductivo MÍNIMO	HORA Registro fp h:mm (12)	fp inductivo MÁXIMO	HORA Registro fp h:mm (13)	fp capacitivo MÍNIMO	HORA Registro fp h:mm (14)	fp capacitivo MÁXIMO	HORA Registro fp h:mm (15)	fp promedio
0,12	1,094	1,049	2:30	1,126	13:20	35,913	84,425	0,80	23:00	1,0	21:00	-	-	-	-	0,998
0,12	1,026	0,986	18:30	1,058	12:30	0,694	0,694	0,29	6:10	1,0	5:20	0,35	14:00	0,35	18:40	0,740
0,12	0,969	0,794	19:00	1,036	02:10	1,687	7,143	66,00	1:40	1,0	10:00	-	-	1,0	19:00	0,915
0,12	1,004	0,944		1,039	23:40	0,000	0,000	0,61	23:30	1,0	11:00	-	-	-	-	0,981
0,12	0,78	0	3:10	1,06	14:20	0,000	0,000	0,66	20:20	1,0	19:30	0,76	10:00	0,97	04:30	0,981
0,12	0,952	0	10:10	1,03	02:10	5,655	8,929	0,98	20:00	1,0	12:00	-	-	-	-	0,989
0,12	0,977	0,927	19:00	1,01	14:00	0,000	0,000	0,46	20:00	1,0	18:10	-	-	-	-	0,819
0,12	1,050	0,999	19:10	1,06	06:50	0,000	0,000	0,88	19:40	1,0	13:00	-	-	-	-	0,996
0,12	0,974	0,871	10:30	1,035	07:10	0,000	0,595	0,55	2:40	1,0	20:20	-	-	-	-	0,911
0,12	0,978	0,927	02:40	1,033	00:30	0,000	0,000	0,52	18:50	1	02:30	0,78	13:50	0,96	13:30	0,840

Notas:

- 9 Valor expresado en por unidad y corresponde al valor eficaz promedio medido.  
10 Valor expresado en por unidad y corresponde al valor mínimo de voltaje medido.  
11 Valor expresado en por unidad y corresponde al valor máximo de voltaje medido.  
12 Hora en la que se registró el fp inductivo mínimo  
13 Hora en la que se registró el fp inductivo máximo  
14 Hora en la que se registró el fp capacitivo mínimo  
15 Hora en la que se registró el fp capacitivo máximo

**CALIDAD DEL PRODUCTO.  
REGISTRO DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PRODUCTO DE CONSUMIDORES FINALES  
EMPRESA ELECTRICA:**

Porcentaje de mediciones de fp fuera de límites permitidos	ENERGÍA kWh (16)	PST (17)	THD (18)	V5 (19)	V7	V11	V13	V17	V19	V23	V25	V>25	V3	V9	V15	V21	V>21	V4	V6	V8	V10	V12	V>12	
0,794	17,00	0,183	3,160																					
93,254	25,00	0,695	2,750																					
23,120	20,90	1,606	3,266																					
8,234	9,64	0,391	3,490																					
45,238	36,90	0,780	3,500																					
1,090	10,00	1,070	3,543																					
84,921	48,20	0,324	3,520																					
2,877	8,94	0,229	3,174																					
100,000	159,68	0,793	3,916																					
78,770	36,33	0,901	2,873																					

## Notas:

16 Energía registrada en el periodo de medición.

17 Índice de severidad del Flicker

18 Factor de distorsión total por armónicos

19 Factores de distorsión armónica: Estas ceidas deberán ser llenadas siempre y cuando el THD supere el límite permitido