

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**CARRERA: INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**Tesis previa a la obtención del Título de: INGENIERO ELÉCTRICO**

**TEMA:**

**“AUDITORIA ENERGÉTICA ELÉCTRICA DEL CAMPUS SUR DE LA  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO”**

**AUTORES:**

**FAUSTO CÁRDENAS  
DANIEL MARCILLO**

**DIRECTOR:**

**ING. JUAN BUCHELI**

**Quito, 17 de Mayo de 2012**

Quito, 17 de mayo de 2012

## CERTIFICACIÓN

Certifico haber dirigido y revisado cada uno de los capítulos de la tesis que titula:  
**“AUDITORIA ENERGÉTICA ELÉCTRICA DEL CAMPUS SUR DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO”**, que ha sido desarrollada en forma total por los señores Fausto Vinicio Cárdenas Miranda y Daniel Antonio Marcillo Valarezo, previo a la obtención del título de Ingeniero Eléctrico.

---

Ing. Juan Bucheli Ávila  
Director de Tesis

Quito, 17 de mayo de 2012

## **DECLARACIÓN**

Nosotros, Fausto Vinicio Cárdenas Miranda y Daniel Antonio Marcillo Valarezo, declaramos bajo juramento que la Tesis aquí escrita es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en el documento.

Los conceptos desarrollados, guías metodológicas y conclusiones de la presente Tesis son de exclusiva responsabilidad de los autores.

---

Fausto Vinicio Cárdenas Miranda

---

Daniel Antonio Marcillo Valarezo

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco en primer lugar a Dios, ya que gracias a él puedo cumplir mis metas; a mis padres y hermanas, por su incondicional apoyo y confianza, como también a mi compañero de tesis por su gran ayuda durante todo el proceso de elaboración de nuestra tesis y a todas las personas que nos colaboraron en la realización de la misma.

Sr. Fausto Cárdenas M.

## **AGRADECIMIENTO**

Para poder realiza esta tesis de la mejor manera posible fue necesario contar con el apoyo a muchas personas a las que quiero agradecer.

En primer lugar quiero agradecer a mi Madre Amada quien me ha apoyado moral y económicamente, no solo en el desarrollo de la tesis si no en todo el proceso como estudiante. Gracias mamá.

A la Universidad Politécnica Salesiana, que a través de su personal administrativo, directivo, y docente nos dieron la oportunidad de, desarrollar la presente tesis en sus instalaciones. Gracias por todo el apoyo.

A mi Director de tesis, Ing. Juan Bucheli quien nos ha brindado su apoyo y nos ha guiado por el camino correcto para finalizar con éxito este proyecto.

A mis amigos y a compañero de tesis por ayudarme y apoyarme sin condiciones. Gracias por su valioso apoyo.

Sr. Daniel Marcillo Valarezo.



## RESUMEN

El objetivo principal de esta tesis es realizar una auditoría energética eléctrica, del Campus Sur de la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Quito. Con el fin de diagnosticar el estado actual del servicio eléctrico del campus, descubriendo sus falencias en caso de existir. Y tener la oportunidad de sugerir mejoras dentro del Campus, y así tener un sistema eléctrico de calidad para el bienestar de alumnos, docentes y personal administrativo.

La auditoría energética eléctrica consiste en: realizar una medición de los parámetros eléctricos que se desean evaluar como son: Voltajes, corrientes, potencias, armónicos, flickers, factores de potencia, frecuencia y consumo de energía.

Al diagnosticar estos parámetros se puede identificar las falencias energéticas del campus sur. Estas serán identificadas comparando los parámetros medidos con los estándares de calidad, que la regulación 004/01 “**Calidad de Servicio Eléctrico de Distribución**” del CONELEC estipula, junto con la norma 1159-1995 “**Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality**” de la IEEE.

Una vez identificados los problemas que pudiera tener el Campus Sur, se procederá a realizar las recomendaciones más factibles para sus respectivas mejoras o correcciones; en cuanto a los estándares de calidad antes mencionados.

Otro objetivo de la presente tesis es realizar un estudio de la demanda de energía eléctrica, que en la actualidad el Campus Sur está consumiendo, con los datos de potencias y energías registradas en las mediciones. Así mismo se realizará un balance en cuanto a los consumos de energía que año a año ha ido consumiendo el Campus Sur, con la finalidad de realizar una proyección de la demanda de energía eléctrica que se requerirá en 10 años.

La finalidad de tener una demanda de energía eléctrica proyectada a 10 años es realizar el dimensionamiento para la posterior adquisición de un sistema electrógeno de emergencia; ya que parte de tener una energía eléctrica de calidad es necesario tener un servicio continuo de energía.

Para la adquisición se realizará un análisis económico de ofertas propuestas por empresas distribuidoras de equipos electrógenos, poniendo como requisitos indispensables que sean equipos con la capacidad suficiente requerida por el Campus y que cumpla con normas ambientales y técnicas requeridas.

Además se realizará un análisis económico financiero con el fin de verificar cual es el valor de la inversión que se realizará, el Valor Neto Actual (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI) que dicha inversión representará para la Universidad Politécnica Salesiana.

Finalmente en la presente tesis se realizó un informe detallado sobre la compra, construcción, instalación y puesta en funcionamiento de los sistemas electrógenos emergencia, con el fin de garantizar que las construcciones e instalaciones estuvieron bajo normas técnicas y ambientales, optimizando los recursos para el bienestar de la institución.

## **ABSTRACT**

The main objective of this project is to perform an energetic electric audit, of the south campus of the “Universidad Politécnica Salesiana” - Headquarters Quito, in order to diagnose the current state of the electrical service, and to discover shortcomings if they exist, and with this information have the opportunity to suggest to the University improvements on campus, and consequently have a better electric quality to the welfare of students, faculty and administrative staff.

Energetic electric audit consists in: a measurement of electrical parameters that you want to evaluate, such as: voltages, currents, power, harmonics, flicker, power factor, frequency and power consumption.

In diagnosing these parameters we can identify energy deficiencies in the campus, these will be identified by comparing the measured parameters with the quality standards based on the regulation 004/01 “Calidad de Servicio Eléctrico de Distribución” by CONELEC, along with Standard 1159-1995 "Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality" of the IEEE.

Having identified the problems that would have the South Campus, it shall carry out the most feasible recommendations for their improvements and corrections. As to the quality standards mentioned above.

Another objective of this project is to study the demand of the electric power, which currently is using the South Campus, with the power and energy data recorded in the measurements. Also there will be a balance about energy consumption of the South Campus year after year, in order to make a projection of demand of electric power that will be required in the next 10 years.

The purpose of having an electric power demand projected to the next 10 years is to do the sizing for the subsequent acquisition of an emergency generator. As part of having a quality electric energy the University need to have a continuous service of electric energy.

For the acquisition of the generator it will be necessary to do an economic analysis of the offers proposed by distributors of the equipment that is required, citing the

prerequisites that are: first the University needs equipment with sufficient capacity required by the Campus and second the machines need to have environmental standards and technical specifications accord by the needs requested.

In addition there will be an economic and financial analysis in order to verify which the value of the investment made is, and studding the Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR) and the Recovery Period of Investment (PRI) confirm that it is good to buy the emergency generator system.

Finally in this project will be a detailed report of: the purchase, construction, installation and commissioning of emergency power systems to acquired, in order to ensure that buildings and facilities are carried out under technical and environmental standards required and those economic resources of the University are optimized, to thereby improve the welfare of the institution.

# ÍNDICE

<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 DEFINICIONES GENERALES .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>4</b>
1.2.1 Auditoría Energética .....	4
1.2.2 Tipos de Auditoria .....	5
1.2.3 Procedimiento para realizar una Auditoría Energética .....	6
1.2.4 Auditores Energéticos.....	8
1.2.5 Calidad de Energía:.....	8
1.2.6 Fuentes de disturbios en sistemas eléctricos de distribución.....	9
1.2.7 Orígenes de mala calidad de energía .....	10
1.2.8 Problemas que genera la mala calidad de energía .....	10
1.2.9 SISTEMAS DE EMERGENCIA: .....	11
<b>1.3 EQUIPOS DE MEDICIÓN.....</b>	<b>24</b>
1.3.1 FLUKE 435 .....	26
1.3.1.1 Conexión del analizador a un sistema de distribución trifásico .....	29
1.3.1.2 Software de transferencia de datos fluke - pc .....	30
1.3.4 Pinza Amperométrica Sperry DSA-1020 TRMS .....	34
1.3.5 Multímetro Mastech MS8209.....	35
<b>CAPITULO II .....</b>	<b>36</b>
<b>2.1 MEDICIÓN DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS. ....</b>	<b>38</b>
2.1.1 Datos de Voltaje .....	41
2.1.1.1 Datos de voltaje Transformador “A”. .....	41
2.1.1.2 Datos de voltaje Transformador “B”.....	45

2.1.2 Datos de Corriente .....	48
2.1.2.1 Datos de corriente en el Transformador “A” .....	49
2.1.2.2 Datos de corriente en el Transformador “B” .....	53
2.1.3 Datos de frecuencia.....	57
2.1.3.1 Datos de frecuencia Transformador “A” .....	57
2.1.3.2 Datos de frecuencia en el Transformador “B” .....	58
2.1.4 Datos de Potencias.....	59
2.1.4.1 Datos de potencia activa Transformador “A” .....	61
2.1.4.2 Datos de potencia activa Transformador “B” .....	65
2.1.4.3 Datos de potencia reactiva en el Transformador “A” .....	69
2.1.4.4 Datos de potencia reactiva en el Transformador “B” .....	73
2.1.4.5 Datos de potencia aparente Transformador “A” .....	77
2.1.4.6 Datos de potencia aparente Transformador “B” .....	81
2.1.5 Datos de factor de potencia.....	85
2.1.5.1 Datos de factor de potencia Transformador “A” .....	86
2.1.5.2 Datos de factor de potencia Transformador “B” .....	90
2.1.6 Datos de Flicker .....	94
2.1.6.1 Datos Flicker en el Transformador “A” .....	94
2.1.6.2 Datos Flicker en el Transformador “B” .....	97
2.1.7 Datos de Armónicos de Voltaje .....	100
2.1.7.1 Datos de armónicos de voltaje en el Transformador “A” .....	100
2.1.7.2 Datos de Armónicos de voltaje en el Transformador “B” .....	102
2.1.8 Datos de Energía.....	103
2.1.8.1 Datos de energía en el Transformador “A” .....	104
2.1.8.2 Datos de energía en el Transformador “B” .....	106

<b>2.2 LEVANTAMIENTO ELÉCTRICO DE CARGAS INSTALADAS.....</b>	<b>108</b>
2.2.1 Levantamiento de cargas instaladas Transformador “A” .....	111
2.2.2 Levantamiento de cargas instaladas Transformador “B” .....	115
<b>2.3 LEVANTAMIENTO ELÉCTRICO DE CARGA POR CADA SUB- TABLERO. ....</b>	<b>118</b>
2.3.1 Levantamiento de cargas instaladas en los sub-tableros del Transformador “ A ” .....	118
2.3.2 Levantamiento de cargas instaladas en los sub-tableros del Transformador “ B ” .....	124
<b>2.4 DATOS HISTÓRICOS DE CONSUMO (KW-H) Y DEMANDAS (KW). .....</b>	<b>126</b>
2.4.1 Datos históricos de consumo de Energía para el Transformador “A” ..	127
2.4.2 Datos históricos de consumo de Energía para el Transformador “B” ..	133
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>138</b>
<b>3.1. ANÁLISIS DE CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA. ....</b>	<b>138</b>
3.1.1. Niveles de Voltaje.....	138
3.1.1.1 Niveles de voltaje para Transformador “A” .....	138
3.1.1.2 Niveles de voltaje para Transformador “B” .....	139
3.1.2. Perturbaciones “Parpadeo o Flicker” .....	141
3.1.2.1 Perturbaciones “Parpadeo o Flicker” del Transformador “A” .....	142
3.1.2.2 Perturbaciones “Parpadeo o Flicker” del Transformador “B” .....	143
3.1.2.3 Posibles soluciones para Flickers .....	143
3.1.3. Armónicos.....	144
3.1.3.1. Armónicos Transformador “A” .....	146
3.1.3.2. Armónicos Transformador “B” .....	149

3.1.4. Factor de potencia.....	152
3.1.4.1 Factor de potencia Transformador “A”.....	153
3.1.4.2 Factor de potencia Transformador “B”.....	153
3.1.4.3 Posibles soluciones para mejorar el factor de potencia.....	154
3.1.5. FRECUENCIA.....	154
3.1.5.1. Frecuencia Transformador “A”.....	155
3.1.5.2. Frecuencia Transformador “B”.....	156
3.1.6. CORRIENTE.....	156
3.1.6.1. Corrientes Transformador “A”.....	156
3.1.6.2. Corrientes Transformador “B”.....	157
<b>3.2. ANÁLISIS DE CARGAS INSTALADAS EN EL CAMPUS.....</b>	<b>158</b>
3.2.1. Análisis de cargas instaladas en el campus Transformador “A”.....	158
3.2.2. Análisis de cargas instaladas en el campus Transformador “B”.....	160
<b>3.3. ANÁLISIS DE CAÍDAS DE TENSIÓN.....</b>	<b>161</b>
3.3.1. Análisis de caídas de tensión Transformador “A”.....	162
3.3.2. Análisis de caídas de tensión Transformador “B”.....	163
<b>3.4. DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA MÁXIMA, MEDIA Y PROYECTADA.....</b>	<b>165</b>
3.4.1. Determinación de la demanda máxima, media y proyectada en Transformador “A”.....	166
3.4.2. Determinación de la demanda máxima, media y proyectada en Transformador “B”.....	168
<b>CAPITULO IV.....</b>	<b>171</b>
<b>4.1 DIMENSIONAMIENTO ELÉCTRICO DE LOS GENERADORES DE EMERGENCIA.....</b>	<b>171</b>

4.1.1 Dimensionamiento eléctrico del Generador de Emergencia para el Transformador “A” .....	172
4.1.2 Dimensionamiento eléctrico del Generador de Emergencia para el Transformador “B” .....	173
<b>4.2 DIMENSIONAMIENTO DEL TABLERO DE TRANSFERENCIA. ....</b>	<b>174</b>
4.2.1 Dimensionamiento del tablero de transferencia del Transformador “A”. 174	
4.2.2 Dimensionamiento del tablero de transferencia del Transformador “B”. 175	
<b>4.3 DIMENSIONAMIENTO DEL LOCAL PARA LOS GENERADORES DE EMERGENCIA. ....</b>	<b>176</b>
4.3.1 Dimensionamiento del local para el Generador de Emergencia de 250KVA para el Transformador “A” .....	178
4.3.2 Dimensionamiento del local para el Generador de Emergencia de 50KVA para el Transformador “B” .....	180
<b>4.4 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS GENERADORES DE EMERGENCIA .....</b>	<b>182</b>
4.4.1 Plan de mantenimiento preventivo para los generador de emergencia Perkins 205i .....	182
4.4.2 Plan de mantenimiento preventivo para los generador de emergencia KOHLER 40R0ZJ81 .....	184

<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>187</b>
<b>5.1 ANÁLISIS DE OFERTAS ECONÓMICAS DE LOS GENERADORES</b>	<b>187</b>
<b>5.2ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO DEL PRESUPUESTO DE LA U.P.S. ....</b>	<b>189</b>
5.2.1 Conceptos. ....	189
2.2.3 Análisis Económico Financiero. ....	192
<b>5.3 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.....</b>	<b>200</b>
5.3.1 Norma Técnica para emisiones a la atmósfera de fuentes fijas de combustión.....	201
5.3.2 Norma Técnica de límites permisibles de niveles de Ruido para fuentes fijas .....	203
5.3.3 Niveles de Ruido de los Generadores del Campus Sur de la UPS. ....	206
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>209</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>211</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES .....</b>	<b>213</b>

---

**ANEXOS**

# CAPÍTULO I

## DEFINICIONES:

### 1.1 DEFINICIONES GENERALES

**Auditoria Energética:** Consiste en el análisis de la situación energética a lo largo de un período de tiempo, con el fin de determinar el cómo; dónde y costo de utilizar los recursos energéticos de una determinada entidad.

**Demanda:** Es la potencia consumida por la planta en un periodo de tiempo el cual varía de acuerdo a las características específicas de la planta.

**Acometida:** Es la línea de alimentación con sus accesorios que sirve para llevar la energía desde la red de distribución de una empresa de suministro de energía eléctrica has las instalaciones del consumidor. <sup>1</sup>

**Conexión de puesta a tierra:** Instalación de seguridad eléctrica en la que un conductor eléctrico desnudo simple o armado es enterrado en el suelo con la finalidad de dispersar corrientes eléctricas. <sup>1</sup>

**Contador de energía (Medidor):** es un aparato o instrumento de medida que tiene como finalidad determinar con exactitud el consumo de energía registrado por el abonado en un tiempo determinado. <sup>1</sup>

**Calidad de la potencia:** Conjunto de características de las ondas de voltaje y de corriente para la entrega de potencia a la demanda, entre las cuales se consideran: frecuencia, magnitud, forma, simetría y factor de potencia. <sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> EEQ, Formación del Recurso Humano, Curso Instalación y Obras Civiles”, Noviembre 2006

<sup>2</sup> Regulación CONELEC 003/08

**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>3</sup>

**Frecuencia:** Es el número de ciclos completos de una función periódica. La unidad SI de la frecuencia es el hertzio (Hz).

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

**Potencia Activa (P):** Es la potencia útil, capaz de producir calor o trabajo, la que se aprovecha en forma efectiva en un aparato calefactor, motor, etc. Se mide en vatios (W).

**Potencia Reactiva (Q):** Es la potencia necesaria para establecer el campo magnético en las máquinas eléctricas construidas con elementos inductivos. Se mide en voltio amperios reactivos (VAR).

**Potencia Aparente (S):** Es la suma fasorial de las potencias activa y reactiva. Se mide en voltio amperio (VA).

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

**Fluctuaciones o variaciones de Voltaje:** 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.

---

<sup>3</sup> Regulación CONELEC 004/01

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

**Periodo 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.<sup>4</sup>

**Voltaje Armónico:** Es un voltaje sinusoidal de frecuencia igual a un múltiplo entero de la frecuencia fundamental de 60 Hz del voltaje de suministro.<sup>4</sup>

**Voltaje nominal (Vn):** Es el valor del voltaje utilizado para identificar el voltaje de referencia de una red eléctrica.<sup>3</sup>

**Voltaje de suministro (Vs):** Es el valor del voltaje del servicio que el Distribuidor suministra en el punto de entrega al Consumidor en un instante dado.<sup>4</sup>

**Consumos lineales:** Los consumos lineales se clasifican como:

- **Resistivos:** planchas, calentadores, lámparas incandescentes.
- **Inductivos:** motores, lámparas fluorescentes.
- **Capacitivos:** condensadores.

**Consumos no lineales:** Equipos basados en dispositivos de la electrónica de potencia, como diodos, transistores, tiristores, generan armónicos en la red eléctrica

---

<sup>4</sup> Regulación CONELEC 004/01

(porque son dispositivos no lineales) tales como: computadores, sistemas de control, artefactos electrodomésticos, sistemas de regulación.

**Sistemas de emergencia:** Proporcionan la alimentación para fuerza e iluminación, esenciales para la seguridad de la vida y las propiedades; están diseñados para la protección contra daños a equipos electrónicos sensibles, en caso de interrupción del suministro eléctrico.

## **1.2 MARCO TEÓRICO.**

### **1.2.1 Auditoría Energética**

#### **Generalidades**

La Auditoría Energética se puede definir como un estudio integral de todos los aspectos, tanto técnicos como económicos, que afectan directa o indirectamente al consumo de las diferentes energías en un establecimiento.

La auditoría energética permite identificar los puntos críticos de baja eficiencia energética así como establecer las posibles medidas correctoras.

La Auditoría Energética Eléctrica recolecta datos sobre el suministro y consumo de todas las formas de energía con el propósito de evaluar las posibilidades de ahorro de energía y la cuantificación de las mismas, así como para determinar la conveniencia de la oportunidad económica de ejecutarlas.

#### **Objetivos de una auditoría energética**

- Ahorrar la mayor cantidad de energía al menor costo.
- Definir una lista justificada de medidas de mejora encaminadas a un uso más racional de la energía.

## 1.2.2 Tipos de Auditoria

Las auditorías eléctricas se las puede clasificar:

### a. Según la profundidad de la Auditoría

- **Diagnóstico energético:** Estudio sobre el estado actual de las instalaciones.
- **Auditoría Energética:** Estudio sobre el estado de las instalaciones, con las correspondientes propuestas de mejoras orientadas al ahorro de energía, incluyendo un estudio económico de las mismas.
- **Auditoría Energética especial o en profundidad:** Contempla los aspectos anteriores incluyendo un estudio sobre el proceso productivo, y llegando incluso a proponer importantes modificaciones en dicho proceso (cambios en la tecnología del proceso).
- **Auditoría Energética dinámica y continúa:** Es la que se realiza de un modo continuo, estando este concepto identificado con el de gestión energética en edificios.

### b. Según el campo de actuación

- En el campo de la industria.
- En edificios ya construidos.

Otra forma de clasificar a las auditorías eléctricas es la siguiente:

- **De Inspección (A.EL.I):** Consiste en un reconocimiento de la industria identificando en forma preliminar las oportunidades de conservación de energía eléctrica (OCEE), esta puede realizarse a partir del mantenimiento y operación

de cada equipo existente. Ayuda a establecer la importancia de un estudio más detallado. Es la menos costosa.

- **Auditoría eléctrica preliminar (A.EL.P):** Se la puede realizar en pocos días, tomando como datos los registros disponibles, sin la utilización de instrumentos electrónicos. La persona que va a realizar la auditoría se basa en su experiencia para evaluar la información obtenida de su inspección visual que pueda proporcionar un rápido diagnóstico de la situación eléctrica de la planta y con ello poder identificar las fuentes de pérdidas de energía eléctrica. Se entrega una serie de recomendaciones sobre las acciones inmediatas que puedan mejorar el rendimiento del sistema eléctrico al finalizar la auditoría.
  
- **Auditoría eléctrica Detallada (A.EL.D):** Consiste en un estudio completo del uso de la energía eléctrica, con equipos que permitan obtener los datos necesarios; también utiliza un formato de preguntas al personal más familiarizado con la planta, además realiza un análisis computacional con la información obtenida. Al finalizar la auditoría se presenta un informe detallado con las respectivas recomendaciones además se proporciona el costo beneficio de implementar las oportunidades de conservación de energía eléctrica.

### 1.2.3 Procedimiento para realizar una Auditoría Energética <sup>5</sup>

Al momento de realizar una auditoría energética se recomienda seguir el siguiente procedimiento:

**1 Etapa:** Recolección de información básica e inventario general de las instalaciones.

- Identificación del proceso productivo y/o área principales.
- Identificación de las fuentes de energía.
- Identificación de los consumidores de energía, capacidad instalada y horas de operación.

---

<sup>5</sup> EFICIENCIA ENERGÉTICA ELECTRICIDAD, Programa de Ahorro de Energía. Ministerio de Energía y Minas, Octubre 2000.

- Información histórica de las facturas de los suministradores de energía.

**2 Etapa:** Elaborar balances de energía, con el objeto de conocer la distribución de energía en las diferentes fases del proceso productivo y/o áreas, es decir la caracterización de carga.

- Toma de datos.
- Registros y mediciones puntuales.
- Las diferentes formas de energía que entran o salen del sistema deben estar referidas a un mismo período de tiempo y expresadas en las mismas unidades.
- Los balances deben regirse por el principio de que la energía que se aporta al sistema es idéntica al que éste cede.

**3 Etapa:** Determinar la incidencia del consumo de energía de cada equipo o grupo de equipos en el consumo de energía total y por lo tanto en el costo total.

**4 Etapa:** Obtener índices de consumo de energía los cuales pueden ser usados para determinar eficiencia energética de las operaciones, y consecuentemente, el potencial de ahorro de energía. Índices típicos:

- Consumo específico de energía.
- Factor de carga

**5 Etapa:** Determinar los potenciales de ahorro de energía por equipos, áreas o centros de costos, mediante una evaluación técnica detallada en los diferentes campos, como:

- Sistemas Eléctricos: evaluación de la transformación y distribución, cargas eléctricas, generación propia.
- Sistemas Mecánicos: evaluación de sistemas de aire comprimido, sistemas de bombeo, sistemas de manejo de aire, manejo de materiales sólidos.
- Sistemas Térmicos: generación de vapor, sistemas de refrigeración y aire acondicionado, hornos industriales, sistemas de quemadores, etc.

**6 Etapa:** Identificar las medidas apropiadas de ahorro de energía.

**7 Etapa:** Evaluación de los ahorros de energía en términos de costos. Se lleva a cabo una evaluación económica que permite realizar un análisis en función de los desembolsos requeridos para poner en práctica las recomendaciones de la auditoría.

#### **1.2.4 Auditores Energéticos**

Son las personas que llevan a cabo las auditorías energéticas. De manera práctica, deberán reunir las siguientes características:

- Experiencia acreditable en instalaciones consumidoras de energía del tipo de que se vaya a auditar.
- Sentido práctico y conocimiento del funcionamiento de equipos y de instrumentación, así como sus aplicaciones y limitaciones.
- Buena base en los principios de ingeniería.
- Buen carácter para tratar con la gente.
- Compromiso con su trabajo.

Además, los auditores energéticos tienen que conocer el manejo de los equipos de medida experimentales aplicados a las instalaciones. Al mismo tiempo, tienen que ser siempre conscientes de las limitaciones de dichos instrumentos. Finalmente, en base a su criterio, realizará un informe final aconsejando una optimización energética y adjuntando un estudio de viabilidad económica.

#### **1.2.5 Calidad de Energía:**

Calidad de energía es un término utilizado para referirse al estándar de calidad que debe tener el suministro de corriente alterna en las instalaciones eléctricas, en términos de:

- Tensión o voltaje constante
- Forma de onda sinusoidal
- Frecuencia constante

Las desviaciones respecto a los estándares de calidad ocasionan problemas en los equipos eléctricos.

Calidad de energía es una ausencia de interrupciones, sobretensiones, deformaciones producidas por armónicas en la red y variaciones de voltajes rms suministrado al usuario; esto concierne a la estabilidad de voltaje, frecuencia y la continuidad del servicio eléctrico.

### **1.2.6 Fuentes de disturbios en sistemas eléctricos de distribución**

- **Fluctuaciones de Voltaje:** Es una disminución momentánea en la magnitud del voltaje RMS, con una duración que va desde 10 ms (0,6ciclos) hasta 2,5 seg. (150 ciclos), causado por una falla remota en algún lugar del sistema de potencia.
- **Sobretensiones transitorias:** Se presentan en forma de impulsos de voltaje de corta duración, superpuestos en la señal de alimentación y frecuentemente intermitentes, con una duración menor a dos milisegundos. Los impulsos pueden darse por descargas atmosféricas, en maniobra de interruptores y al conectar o desconectar capacitores para la corrección del factor de potencia. Estos constituyen los llamados “picos” de voltaje.
- **Interrupciones de energía:** Son provocadas por una condición de falla del aislamiento después de una operación exitosa del equipo de restablecimiento pueden tener una duración de varios ciclos. Por lo tanto, deben tomarse las medidas necesarias para reducir al mínimo las salidas instantáneas, generalmente producidas por tormentas eléctricas.
- **Ruido eléctrico (intermitencia):** Una forma común de disturbios en sistemas de cómputo es el ruido eléctrico, generado por sistemas de transmisión de señales de radio, operación de lámparas fluorescentes y controladores de atenuación de niveles de iluminación. Este tipo de ruido puede afectar la operación de computadoras al producir diversos problemas durante la ejecución de programas.

- **Armónicas:** Significa que la forma de onda de la tensión (o corriente) no es una senoidal pura. Esto resulta de la adición de una o más ondas armónicas que se superponen a la onda fundamental o de 60 Hz. La aparición creciente de cargas no lineales en sistemas de distribución, tales como televisores, computadores, convertidores estáticos de potencia, controladores de motores con rectificadores controlados de silicio, hornos de arco en aplicaciones industriales. La solución ante este problema podemos mantener baja la impedancia eléctrica. Preparar el circuito para que sea capaz de asimilar el contenido de corrientes armónicas y balancear correctamente las cargas en los conductores o fases del suministro.

### **1.2.7 Orígenes de mala calidad de energía**

Los orígenes de una mala calidad de energía pueden darse en la acometida de la red eléctrica, que alimenta la instalación por deficiencias de suministro y en la propia instalación.

Los equipos electrónicos modernos (computadoras, variadores de frecuencia, UPS, balasto electrónicos) utilizan un dispositivo de electrónica de potencia (diodos, transistores y tiristores) que convierten la corriente alterna en corriente directa; trabajan en un modo de interrupción (switching), que funciona a manera de pulsaciones que o tienen forma de onda de voltaje sinusoidal. Aproximadamente el 50% de la energía pasa por estos dispositivos antes de ser finalmente aprovechada.

Al resultar corrientes sinusoidales se produce la distorsión armónica y consumos no lineales.

### **1.2.8 Problemas que genera la mala calidad de energía**

Los problemas que genera una mala calidad de energía son:

- Generación de corrientes armónicas
- Fugas de corrientes en la red de tierra
- Variaciones de voltaje

Estos fenómenos ocurren por haber instalado equipos electrónicos sin haber hecho modificaciones necesarias en la instalación eléctrica, de tal forma que no exista un

equilibrio entre el consumo de energía y la instalación que soporta este consumo. Y realizar construcciones de edificios sin el conocimiento de carga eléctrica que se requerirá.

### **1.2.9 SISTEMAS DE EMERGENCIA:**

#### **Introducción:**

Los sistemas de emergencia proporcionan energía eléctrica para algunas funciones consideradas como críticas en cierto tipo de instalaciones y para algunos equipos cuando la calidad del suministro no es la adecuada o puede llegar a fallar totalmente. El rápido crecimiento de los equipos de cómputo para procesamiento de datos, de los procesos de automatización y robótica, de los servicios de cuidados intensivos en hospitales, de los sistemas de alarma, del alumbrado de seguridad, etc. ha traído como consecuencia que sean necesarios los equipos de emergencia.

Los sistemas de emergencia son aquellos sistemas legalmente exigidos y clasificados como de emergencia por las autoridades municipales, estatales o por otros códigos o por cualquier organismo gubernamental con jurisdicción. Estos sistemas están proyectados para alimentar automáticamente energía eléctrica a sistemas de iluminación, de fuerza o ambos, para las áreas y los equipos designados en caso de falla de la alimentación normal o en caso de accidente en los componentes de un sistema proyectado para alimentar, distribuir y controlar la iluminación y la energía esenciales para la seguridad de la vida humana.

El sistema de emergencia más común es el de las llamadas **plantas de emergencia o grupos primo-motor-generator**, estos grupos consisten de un motor diesel o gasolina, o bien, eventualmente con turbina de gas acoplados a un generador de corriente alterna y con sus controles. Cuando operan como sistema de emergencia, lo hacen a través de un switch de transferencia.

Aun cuando las plantas de emergencia representan la forma ideal de fuente de alimentación alterna a la de la compañía suministradora, después de que se arrancan y alcanzan su velocidad de operación, requieren de un equipo complementario considerable por instalar y un programa de mantenimiento bien organizado. Por

ejemplo el grupo requiere de una cimentación para soportar su peso, un sistema de escape de gases, un sistema de ventilación, controles e interruptor.

Los sistemas de emergencia deben suministrar energía a las señales de salida, sistemas de ventilación, detección y alarma de sistemas contra incendio, bombas contra incendio, ascensores, sistemas de comunicación, procesos industriales y demás sistemas en los que la interrupción del suministro eléctrico puede producir serios peligros para la seguridad de la vida humana.

En los sitios donde se requiera la fuente de respaldo de energía, el sistema debe proveer autonomía por lo menos 60 minutos a plena carga, sin que la tensión baje del 87,5% de su valor nominal.

Cuando el sistema de emergencia utilice grupos de baterías de acumuladores, estos deben proveerse con cargador automático; cuando se use grupo electrógeno, en el cuarto debe disponerse de tomacorrientes para el precalentado, el cargador de baterías y para cualquier otro uso necesario.

### **Determinación del grupo electrógeno**

Para determinar la potencia del grupo electrógeno, se debe proveer por anticipado los elementos que tomarán carga, es decir, la alimentación total o parcial del edificio (ascensores, ventilación, iluminación, bombas de elevación, instalaciones frigoríficas, etc.).

Además se deben considerar los siguientes aspectos:

#### **Motor térmico:**

- **Potencia** en CV
- **Combustible:** gas-oil o gasolina, diesel
- **Arranque:** Manual o Automático
- **Refrigeración:** agua en circuito cerrado, agua perdida, aire.
- **Velocidad** de rotación

**Alternador:**

- **Potencia** en KW
- **Naturaleza de la corriente:** trifásica
- **Tensión:** 220/110
- **Regulación de tensión:**  $\pm 5\%$
- **Regulación de frecuencia:**  $\pm 2\%$

**Dimensionamiento del local:**

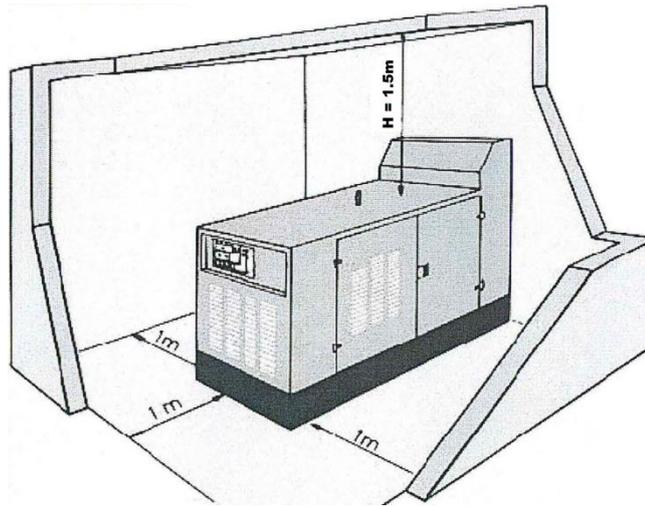
La parte más importante de la instalación es la selección del lugar donde se va a colocar el grupo electrógeno. Se debe considerar los siguientes factores:

- Ventilación Adecuada
- Protección contra agentes naturales como lluvia, ventisca, desprendimientos, luz directa del sol, temperaturas de congelación o calor excesivo.
- Protección contra polvo abrasivo, partículas de fibras, humo, neblina de lubricante, vapores, gases de escape del motor u otros contaminantes.
- Protección contra impactos producidos por caídas de árboles, postes y otros vehículos a motor o carretillas elevadoras.
- Espacio alrededor del grupo electrógeno para disipación del calor.
- Acceso limitado a personal no autorizado.

**Dimensiones:**

**Estáticas:** Son las dimensiones que permiten el ingreso y acomodamiento de los equipos.

**Dinámicas:** Son las dimensiones que se debe dejar entre cada material para permitir el mantenimiento y los posibles desmontajes. Alrededor del grupo debe existir un espacio mínimo de un metro aproximadamente, para poder realizar el mantenimiento cómodamente. Se deberá verificar que las puertas de los grupos cubiertos se pueden abrir por completo; que el acceso a los materiales para el mantenimiento es posible.



**Figura 1.2.9.1** Esquema de instalación en un espacio apropiado

### **Pruebas y mantenimiento**

- a. Dirigir o presenciar las pruebas.** La autoridad con jurisdicción debe dirigir o presenciar las pruebas de los sistemas de emergencia completos, una vez instalados y después periódicamente.<sup>6</sup>
- b. Pruebas periódicas.** Los sistemas de emergencia se deben probar periódicamente por la autoridad con jurisdicción, para asegurar que los sistemas se mantienen en condiciones adecuadas de funcionamiento.<sup>6</sup>
- c. Mantenimiento de sistemas de baterías.** Cuando haya instaladas baterías o sistemas de baterías, incluidas las utilizadas para el arranque, control y encendido de los motores auxiliares, la autoridad debe exigir el mantenimiento periódico.<sup>6</sup>
- d. Registro escrito.** Se debe llevar un registro escrito de todas las pruebas y mantenimientos de los sistemas de emergencia.<sup>6</sup>
- e. Pruebas bajo carga.** Se deben instalar medios para probar todos los sistemas de fuerza y de alumbrado de emergencia en las condiciones de carga máxima prevista.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> Código Eléctrico Nacional, NEC 2008

## **Sistemas de reserva opcionales (Optional Standby Systems)**

Son aquellos sistemas proyectados para alimentar las instalaciones o propiedades públicas o privadas cuando la seguridad de la vida humana no depende del desempeño del sistema. Los sistemas de reserva opcionales tienen por finalidad suministrar energía eléctrica generada en el sitio a cargas seleccionadas, de modo automático o manual.

### **Capacidad y valor nominal**

- a. Corriente de cortocircuito disponible.** El equipo del sistema de reserva opcional debe ser adecuado para la corriente de cortocircuito máxima disponible en sus terminales.
- b. Capacidad del sistema.** Los cálculos de la carga en la alimentación de reserva se deben hacer de acuerdo con los cálculos de alimentadores, acometidas o mediante otro método aprobado.
- c. Equipo de transferencia manual.** Cuando se utiliza un equipo de transferencia manual, un sistema de reserva opcional debe tener la capacidad y el valor nominal adecuadas para la alimentación de todo el equipo proyectado para operación simultánea. Se permitirá que el usuario del sistema de reserva opcional seleccione la carga conectada al sistema.
- d. Equipo de transferencia automática.** Cuando se utiliza un equipo de transferencia automática, el sistema de reserva opcional debe cumplir con:
  - **Carga total.** La alimentación de reserva debe ser capaz de alimentar la carga total que es transferida por el equipo de transferencia automática.
  - **Administración de la carga.** Cuando se utiliza un sistema que administrará automáticamente la carga conectada, la alimentación de reserva debe tener la capacidad suficiente para alimentar la carga máxima que se conectará por medio del sistema de administración de carga.
- e. Señalización.** Siempre que sea posible, se deben instalar dispositivos de señalización sonora y visual, para los siguientes propósitos.

- **Avería.** Para indicar una avería de la alimentación de reserva opcional.
- **Conducción de carga.** Para indicar que la alimentación de reserva opcional está alimentando la carga.

Estos equipos se definen como una fuente de reserva independiente de energía eléctrica, la cual, bajo condiciones de falla o salida de la fuente normal, proporciona energía eléctrica de aceptable calidad y cantidad, de manera que las instalaciones del usuario puedan continuar con una operación satisfactoria.

Cuando falla el suministro normal de energía eléctrica el sistema de emergencia debe ingresar en un tiempo corto, suficientemente oportuno como para prevenir daños irreversibles en los hospitales (a las personas en las salas de cuidados intensivos), para prevenir daños a la propiedad (vandalismo) o para asegurar una continuidad satisfactoria en la operación de los servicios.

El intervalo de tiempo requerido en que deben entrar los servicios de emergencia es difícil de definir o medir y, algunas veces, queda establecido por el mejor sistema de emergencia disponible. En general el equipo de la carga se clasifica por sus necesidades:

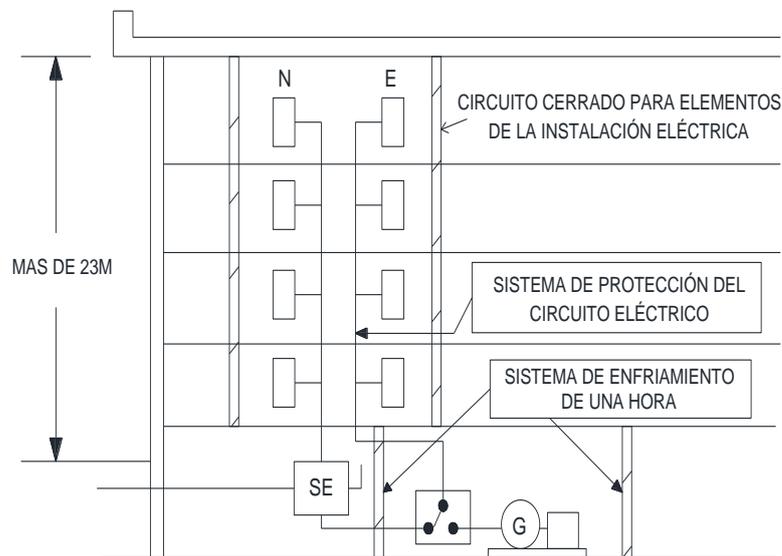
- i. La potencia requerida dentro de medio ciclo:** (de la frecuencia de 60Hz.), como el que entregan los sistemas ininterrumpibles de potencia (UPS), por ejemplo para computadores.
- ii. La potencia requerida dentro de los 10 segundos:** como es el caso de las plantas de emergencia para ventiladores, bombas, alumbrado de emergencia, etc.
- iii. La potencia requerida en el rango de minutos:** como la que puede ser transferida por procesos manuales en los sistemas de emergencia, por ejemplo para algunos procesos industriales.

## Sistemas Básicos:

Los sistemas de emergencia se clasifican por la fuente de potencia eléctrica. El diseño de un sistema depende de la duración de la operación, la potencia requerida, la confiabilidad y el tiempo para transferir de la fuente normal a la fuente alternativa.

Estas fuentes para los sistemas básicos son:

- a) Baterías (acumuladores) de almacenamiento.
- b) Plantas de emergencia (grupo primo-motor-generator).
- c) Sistemas de potencia ininterrumpibles (UPS).
- d) Servicios independientes



**Figura 1.2.9.2** Esquema básico de un sistema de emergencia.

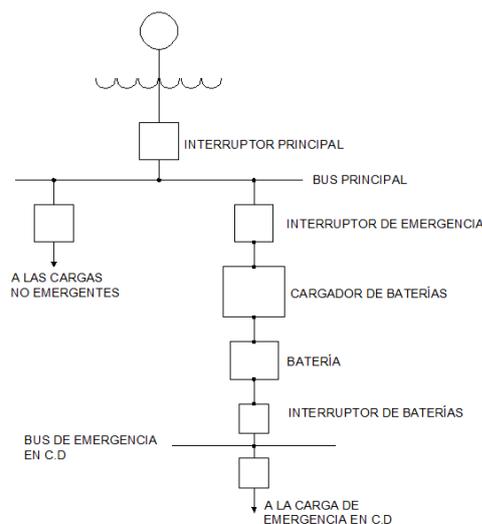
Los sistemas de emergencia y su configuración permiten que en los edificios se alimente en condiciones críticas los sistemas de protección, enfriamiento y alumbrado de emergencia.

### a) Baterías (Acumuladores) de almacenamiento

Estos sistemas consisten de un cargador automático, una batería y una barra (bus) de corriente directa de emergencia, se usan principalmente para alumbrado de emergencia, sistemas de alarma de fuego y sistemas de comunicación de emergencia.

**Este tipo de sistemas debe ser capaz de mantener la carga total por un periodo de 1 ½ horas como mínimo**, sin que el voltaje caiga debajo del 87.5% del normal. Para este tipo de servicio se usan las baterías de ácido o alcalinas, que deben ser compatibles con el cargador.

El concepto de un cargador y una batería para proporcionar un sistema confiable de suministro de corriente directa que sea independiente de la fuente externa de la línea de alimentación de la empresa suministradora es ampliamente usado en aplicaciones específicas, como ejemplo: oficinas de centrales telefónicas, que dependen de grandes bancos de baterías para proporcionar un servicio eléctricamente libre de ruido y una fuente de potencia altamente confiable para los suscriptores de los servicios telefónicos. En las subestaciones eléctricas de las empresas suministradoras y en las centrales eléctricas se usan bancos de batería alimentados con C.D, relevadores de protección y equipo de control.

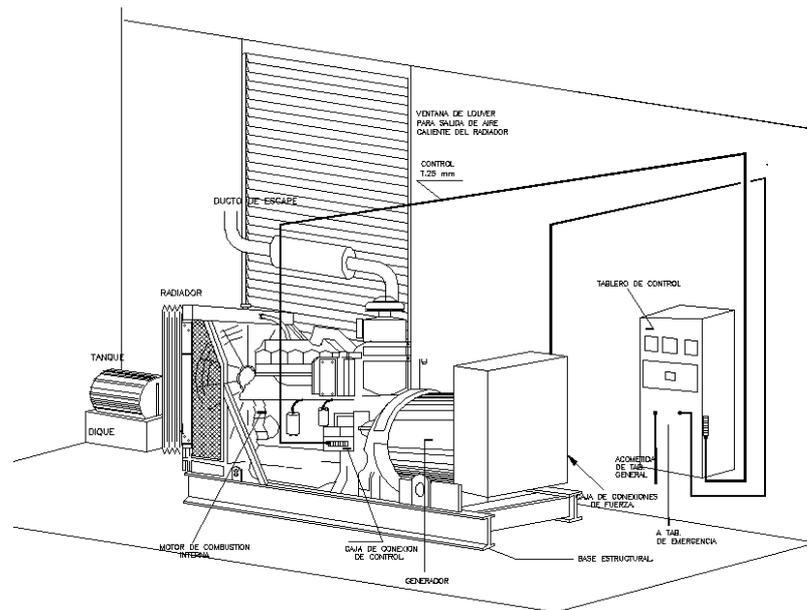


**Figura 1.2.9.3** Esquema unifilar de un sistema de emergencia.

### **b) Plantas de Emergencia**

El sistema de emergencia más común es el de las llamadas, plantas de emergencia o grupos **primo-motor-generador**, estos grupos consisten de un motor diesel o gasolina, o bien, eventualmente con turbina de gas acoplados a un generador de corriente alterna y con sus controles. Cuando operan como sistema de emergencia, siempre lo hacen a través de un switch de transferencia.

Aun cuando las plantas de emergencia representan la forma ideal de fuente de alimentación alterna a la de la compañía suministradora, después de que se arrancan y alcanzan su velocidad de operación, requieren de un equipo complementario considerable por instalar y un programa de mantenimiento bien organizado. Por ejemplo, el grupo requiere de una cimentación para soportar su peso, un sistema de almacenamiento y suministro de combustible, un sistema de escape de gases, un sistema de ventilación, controles e interruptor.



**Figura 1.2.9.4** Esquema general de un equipo electrógeno.

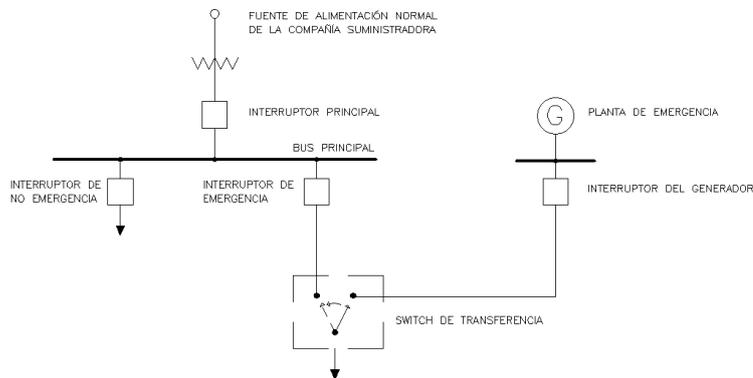
Los tipos de plantas de emergencia más comunes se pueden clasificar, por fuente de combustible y por primo-motor, como sigue:

- a. **Con motor o gasolina**, cuyas capacidades van desde varios cientos de watts hasta alrededor de 100 kW. Se tienen también grupos pequeños de 2 y 4 ciclos a alta velocidad y con poco peso. Los grupos de mayor tamaño usan máquinas multicilindros y se pueden montar en automóviles o camiones haciéndolas portátiles. Para su conexión directa a 60 Hz, los motores deben operar a 3600 RPM.
- b. **Con motor diesel**. Estos grupos están disponibles desde varios cientos de kW hasta unos 10 000 kW y, en algunas ocasiones de diseño, para potencias mayores para operación en los sistemas eléctricos de potencia en forma interconectada. Con velocidades desde 600 hasta 1800 RPM y pueden operar

por largos períodos de tiempo, pero su costo y peso es superior a los grupos operados por motores a gasolina, por lo general, desde su arranque hasta alcanzar su velocidad plena, requieren de unos 10 seg. entregando potencia plena. Este tipo de plantas domina con mucho el mercado de las plantas de emergencia.

- c. **Grupos con turbina de gas.** Estos grupos están disponibles en potencias hasta 10 000 kW (en plantas de emergencia), operan a muy altas velocidades y se reducen con cajas de engranes a 1800 ó 3600 RPM, son compactos, de bajo peso y, de hecho, son versiones modificadas de las turbinas para avión, tardan del orden de 120 seg. para alcanzar plena carga a velocidad nominal.

El diagrama unifilar para un sistema en el cual un grupo de emergencia actúa como fuente de energía alterna a un sistema de alimentación externo a la carga por parte de una compañía suministradora. Cuando la fuente de alimentación principal (compañía suministradora) sale de los límites de voltaje y/o frecuencia, se arranca la planta de emergencia y, tan pronto como el generador alcanza su voltaje y frecuencia nominal, actúa el switch de transferencia para transferir la carga (o parte de ella) al generador, cuando la fuente de alimentación normal regresa con su voltaje y frecuencia nominales, actúa el switch de transferencia en forma manual o automática para retornar la carga a la compañía suministradora.



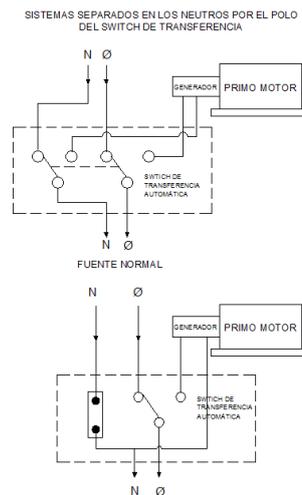
**Figura 1.2.9.5** Esquema unifilar de transferencia para un sistema de emergencia

El tiempo para que un motor arranque, hasta que la carga sea transferida al generador, es alrededor de 10 seg., durante este tiempo de arranque, las cargas de emergencia están sin potencia.

Las cargas pueden ser reaplicadas al generador en forma secuencial para prevenir el arranque o corrientes de inserción causadas por caídas de voltaje externas rápidas.

### c) Sistema de fuente ininterrumpida

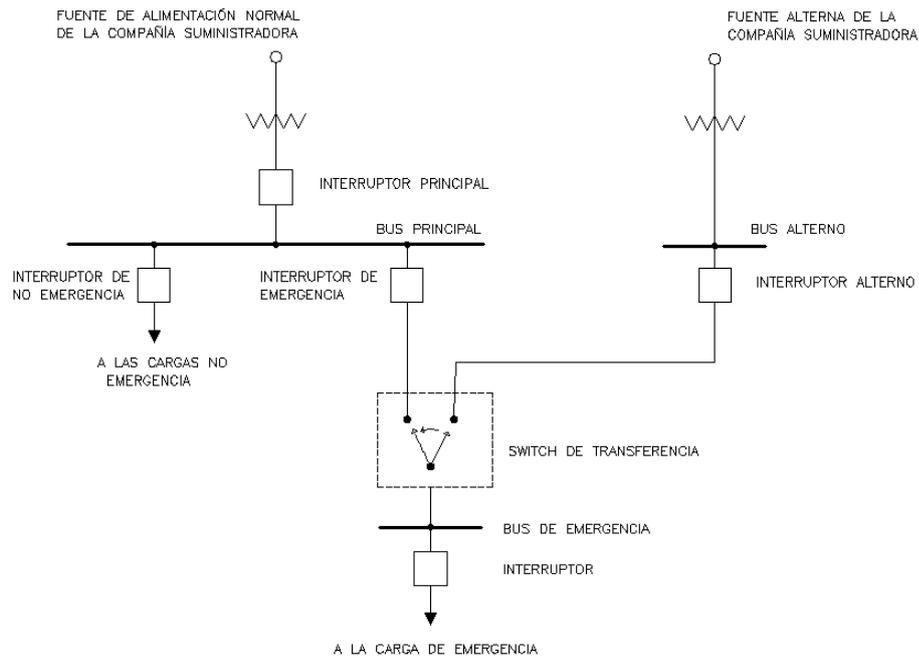
Estos sistemas son por lo general a base de dispositivos de estado sólidos, el módulo básico de una UPS consiste de un cargador de baterías, una batería y un inversor. El módulo está provisto de un sistema de puente (by-pass) que transfiere la carga de emergencia a la fuente normal en forma automática cuando la UPS falla, o bien, se aísla manualmente para mantenimiento.



**Figura 1.2.9.6** Esquema de un sistema de energía ininterrumpida.

### d) Servicios Independientes

En la siguiente figura, se muestra el diagrama unifilar para un sistema en el cual la carga de emergencia se puede alimentar del bus principal o de un servicio alternativo de la compañía suministradora.



**Figura 1.2.9.7** Esquema de servicios independientes.

La carga está alimentada por la línea normal de alimentación de la compañía suministradora, cuando el suministro normal falla, el switch de transferencia transfiere en forma automática la carga de emergencia a la línea de alimentación alterna, para que esto sea efectivo, la línea alterna debe llegar por una ruta diferente y de una diferente subestación que la línea normal.

La transferencia a la línea alterna no puede ser lo suficientemente rápida como para prevenir la caída o salida de las computadoras, equipo de procesamiento de datos o disparos por bajo voltaje en motores y efectos sobre las lámparas de mercurio a alta presión. Por otro lado, un apagón de la compañía de suministro puede dejar sin alimentación ambas líneas.

Los grupos primo-motor generador de mediana capacidad que usan como motor impulsor a los motores tipo diesel, se usan con frecuencia como parte integral de los sistemas eléctricos de potencia de pequeña capacidad, para cubrir los picos de la demanda o para sustituir generación de otro tipo, para fines de economía de operación.

Para las plantas de emergencia, dependiendo de su tamaño, los generadores de corriente alterna (C.A.) se pueden construir monofásicos y trifásicos, accionados por motores a gasolina (hasta 100 kW), motores diesel (hasta 2000 kW) o turbina de gas (para potencias mayores de 500 kW); dependiendo de su potencia o tamaño, pueden generar con los siguientes niveles de voltaje:

### **600 volts o menos**

<b>Monofásicos</b>			<b>Trifásicos</b>		
120	Volts,	Tres conductores	240	Volts,	Tres conductores
120/240	Volts,	Tres fases	120/208	Volts,	Cuatro conductores
240	Volts,	Tres conductores	120/240	Volts,	Cuatro conductores
			480	Volts,	Tres fases
			600	Volts,	Tres fases

### **Mayores de 600 volts**

<b>Tres fases</b>	
2400	Volts,
4160	Volts,
12470	Volts,
13800	Volts,

## **COMPONENTES DE UN GENERADOR DE CORRIENTE ALTERNA**

Las principales componentes de un generador de corriente alterna, son las que se indican a continuación:

- Estator
- Rotor
- Sistema de Enfriamiento
- Excitatriz
- Conmutador

## **SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO**

Los tipos de enfriamiento normalmente usados en los generadores de corriente alterna son los de aire enfriado, aire-agua con cambiador de calor y el de gasto de agua con cambiador de calor.

**El método de aire enfriado:** Los generadores que usan este método de enfriamiento, toman el aire del exterior a la temperatura ambiente como medio de enfriamiento, el aire se circula a través del estator y el rotor por medio de impulsores en ambos extremos del rotor. El aire caliente se extrae por la parte de atrás del generador para completar el ciclo, es decir, circula una sola vez.

**Cambiador de calor aire-aire:** Un generador con un intercambiador de calor aire-aire es diferente de uno del tipo con enfriamiento natural, debido a que el intercambiador de calor constantemente recircula el mismo aire a través del estator, este método tiene además la ventaja de que conserva limpios los aislamientos, ya que el aire se cambia constantemente y con esto se elimina la necesidad de los filtros de aire en el sistema.

**Cambiador de calor aire-agua:** Un generador con un cambiador de calor aire-agua es diferente del que usa cambiador de calor aire-aire, en que el calor que viene del rotor y el estator se circula a través de un enfriador que consiste de un cierto número de tubos de cobre con perforaciones de circulación alrededor del diámetro exterior de los tubos. Es necesario tener una fuente de agua de enfriamiento, que se debe hacer circular a través de estos enfriadores; este sistema tiene la ventaja de que evita que se introduzcan al generador elementos contaminantes para los devanados.

### **1.3 EQUIPOS DE MEDICIÓN**

#### **Generalidades:**

##### **a. Analizadores de redes eléctricas del tipo electrónico**

Son los equipos más adecuados para la ejecución de las Auditorías Energéticas y la medición de energía activa y reactiva, así como de las diversas variables eléctricas.

Constituyen una herramienta para obtener estos datos, y cuentan con el complemento informatizado, mediante un software apropiado y permiten un análisis del estado operativo de los equipos, poniendo en relieve la deficiencia en el consumo de energía.

La instalación se puede hacer:

- En paralelo con los equipos de medida
- En los secundarios (menos de 600V de los transformadores de potencia)

El objetivo principal de estas mediciones será conocer en algunos casos la demanda total y el diagrama de carga de la planta; en otros, conocer el consumo por áreas específicas relacionadas con la producción y se determinará las condiciones operativas de los principales equipos.

En el cuadro siguiente se presenta una relación de los principales parámetros, equipos y accesorios utilizados.

<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Equipos</b>
Tensión	V, KV,MV	Voltímetro
Intensidad	A, kA, MA	Amperímetro
Resistencia	Ohmio, Mohm	Ohmímetro, Megóhmetro
Factor de Potencia		Cosfímetro
Potencia Activa	W, kW, MW	Vatímetro
Potencia Reactiva	VAR, Kvar, MVAR	Varímetro
Energía Activa	Wh, KWh, Mwh	Contador de E.A.
Energía Reactiva	VARh, kVARh	Contador del E.R
Frecuencia	Ha, C/seg	Frecuencímetro
Máxima Demanda	KW, MW	Maxímetros
Iluminación	Lux	Luxómetro

**Tabla 1.3.1** Relación entre parámetros y equipos utilizados.

## b. Métodos de medición

Es recomendable que las mediciones se realicen en forma directa y cuando no sea posible o por conveniencia realizar en forma indirecta.

Diferentes métodos de medición pueden ser usados dependiendo de las características y propiedades del proceso que existan para ser medidas, y del tiempo disponible para ejecutar las mediciones.

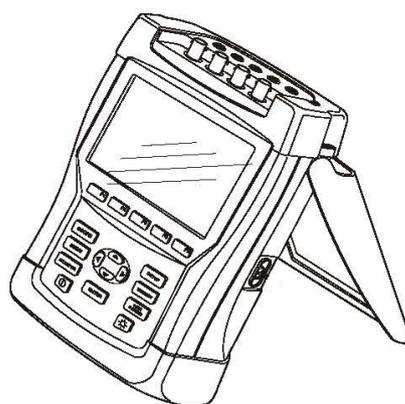
Los métodos de medición pueden clasificarse en:

**Método estacionario:** Cuando existen instrumentos de medición permanentes o fijos.

**Método Manual:** Cuando se utilizan instrumentos de medición manuales portátiles.

Para el presente proyecto de tesis es necesaria la toma de medidas de los diferentes parámetros eléctricos como son voltajes, corrientes, potencia, factor de potencia; entre otros; para lo cual se ha visto la necesidad de utilizar un analizador de energía, además de equipos de medición como voltímetros, amperímetros, que a continuación se detallan sus características principales:

### 1.3.1 FLUKE 435



**Figura 1.3.1** Equipo Fluke 435

Los analizadores de calidad eléctrica trifásicos 435 de Fluke ayudan a localizar, predecir, prevenir y solucionar problemas en sistemas de distribución e instalaciones

eléctricas trifásicas. Estas herramientas portátiles de fácil uso cuentan con numerosas e innovadoras funciones para revelar los indicios que delatan la presencia de problemas de forma más rápida y segura.

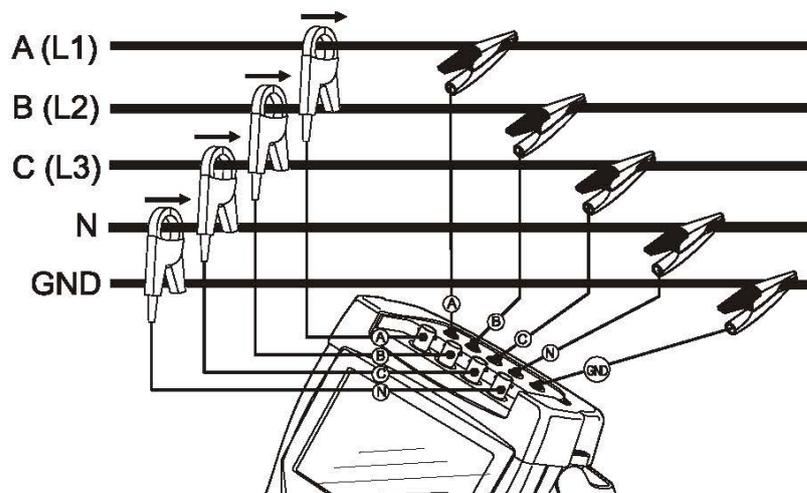
<b>DATOS TÉCNICOS</b>	
<b>Entradas</b>	<b>Número:</b> 4 de tensión y corriente (3 fases + neutro) <b>Tensión máxima:</b> 1000 Vrms (pico de 6 kV) <b>Velocidad de muestreo máxima:</b> 200 kS/s en cada canal simultáneamente
<b>Voltio amperios hercios</b>	<b>Vrms (CA + CC)</b> <b>Rango de medida:</b> 1 ... 1000 V <b>Precisión:</b> 0,1% de la tensión nominal <b>Pico de tensión</b> <b>Rango de medida:</b> 1 ... 1400 V <b>Precisión:</b> 5% de la tensión nominal <b>Factor de cresta, tensión</b> <b>Rango de medida:</b> 1 ... > 2,8 <b>Precisión:</b> ± 5% <b>Arms (CA + CC)</b> <b>Rango de medida:</b> 0 ... 20 kA <b>Precisión:</b> ± 0,5% ± 5 cuentas <b>Amperios de pico</b> <b>Rango de medida:</b> 0 ... 5,5 kA <b>Precisión:</b> 5% <b>Factor de cresta, A</b> <b>Rango de medida:</b> 1 ... 10 <b>Precisión:</b> ± 5% <b>50Hz nominal</b> <b>Rango de medida:</b> 42,50 ... 57,50 Hz <b>Precisión:</b> ± 0,01Hz
<b>Fluctuaciones</b>	<b>Vrms (CA+CC)<sup>2</sup></b> <b>Rango de medida:</b> 0,0% ... 100% de Vnom <b>Precisión:</b> ± 0,2% de la tensión nominal <b>Arms (CA+CC)<sup>2</sup></b> <b>Rango de medida:</b> 0 ... 20 kA <b>Precisión:</b> ±1% ± 5 cuentas
<b>Armónicos</b>	<b>Armónico (interarmónico) (n)</b> <b>Rango de medida:</b> DC, 1..50; (desactivado, 1..49) medido respecto a CEI 61000-4-7 <b>Vrms</b> <b>Rango de medida:</b> 0 ... 1000 V <b>Precisión:</b> ± 0,05% de la tensión nominal

	<p><b>Arms</b>  <b>Rango de medida:</b> 0 ... 4000 mV x escala de la pinza de corriente  <b>Precisión:</b> <math>\pm 5\% \pm 5</math> cuentas</p> <p><b>Vatios</b>  <b>Rango de medida:</b> Según escala de la pinza de corriente  <b>Precisión:</b> <math>\pm 5\% \pm n \times 2\%</math> o lectura, <math>\pm 10</math> cuentas</p> <p><b>Tensión de CC</b>  <b>Rango de medida:</b> 0 ... 1000 V  <b>Precisión:</b> <math>\pm 0,2\%</math> de la tensión nominal</p> <p><b>THD</b>  <b>Rango de medida:</b> 0,0 ... 100,0%  <b>Precisión:</b> <math>\pm 2,5\%</math> V y A (<math>\pm 5\%</math> Vatios)</p> <p><b>Hz</b>  <b>Rango de medida:</b> 0 ... 3500 Hz  <b>Precisión:</b> <math>\pm 1</math> Hz</p> <p><b>Ángulo de fase</b>  <b>Rango de medida:</b> <math>-360^\circ \dots +360^\circ</math>  <b>Precisión:</b> <math>\pm n \times 1,5^\circ</math></p>
<b>Potencia y energía</b>	<p><b>Vatios, VA, VAR</b>  <b>Rango de medida:</b> 1,0 ... 20,00 MVA<sup>1</sup>  <b>Precisión:</b> <math>\pm 1\% \pm</math> cuentas</p> <p><b>kWh, kVAh, kVARh</b>  <b>Rango de medida:</b> 00,00 ... 200,0 GVAh<sup>1</sup>  <b>Precisión:</b> <math>\pm 1.5\% \pm 10</math> cuentas</p> <p><b>Factor de potencia/ Cos <math>\Phi</math> / PF</b>  <b>Rango de medida:</b> 0 ... 1  <b>Precisión:</b> <math>\pm 0,03</math></p>
<b>Flicker (Parpadeo de tensión)</b>	<p><b>Pst (1 min), Pst, Plt, PF5</b>  <b>Rango de medida:</b> 0 ... 20  <b>Precisión:</b> <math>\pm 5\%</math></p>
<b>Desequilibrio</b>	<p><b>Voltios</b>  <b>Rango de medida:</b> 0 ... 5%  <b>Precisión:</b> <math>\pm 0,5\%</math></p> <p><b>Corriente</b>  <b>Rango de medida:</b> 0% ... 20%  <b>Precisión:</b> <math>\pm 1\%</math></p>
<b>Captura de transitorios</b>	<p><b>Voltios</b>  <b>Rango de medida:</b> <math>\pm 6000</math> V  <b>Precisión:</b> <math>\pm 2,5\%</math> de Vrms  <b>Duración de detección mínima</b> 5 <math>\mu</math>s (muestreo a 200kS/seg.)</p>

<b>Modo de corriente de arranque</b>	<b>Arms (CA + CC)</b> <b>Rango de medida:</b> 0,000 ... 20,00 kA <sup>1</sup> <b>Precisión:</b> ±1% de medida ± 5 cuentas  <b>Duración del arranque (seleccionable)</b> <b>Rango de medida:</b> 7,5 s ... 30 minutos <b>Precisión:</b> ± 20 ms (frecuencia nominal = 50 Hz)
<b>Registro de automático de tendencias</b>	<b>Muestreo:</b> Muestreo continuo de 5 lecturas/segundo en cada canal <b>Memoria:</b> 1.800 puntos. Cada punto contiene los valores máx., mín., y promedio de todas las lecturas realizadas.  <b>Tiempo de registro:</b> Hasta 450 días <b>Zoom:</b> Hasta 12 aumentos de zoom horizontal
<b>Memoria</b>	<b>Pantallas y datos</b> La memoria se comparte entre los registros, las pantallas y los datos. 16MB.
<b>Notas</b>	<sup>1</sup> Según la escala de la pinza <sup>2</sup> El valor se mide en un ciclo, comenzando en un paso por cero fundamental y actualizado cada medio ciclo

**Tabla 1.3.2** Parámetros técnicos Fluke 435

### 1.3.1.1 Conexión del analizador a un sistema de distribución trifásico



**Figura 1.3.2** Diagrama de conexiones Fluke 435

Si se desea tener medidas monofásicas se debe utilizar la entrada de corriente A (L1) y las entradas de tensión de tierra, N (neutro) y fase A (L1). A (L1) es la fase de referencia para todas las medidas.

### 1.3.1.2 Software de transferencia de datos fluke - pc

Para transferir los datos registrados por el analizador de potencia FLUKE 435, se dispone del Software **Power Log**.



**Figura 1.3.3** Logo software Power Log Fluke

Con **Power Log** se puede:

- Descargar datos registrados a un PC.
- Generar tablas de datos.
- Visualizar, imprimir y exportar gráficos de tiempo de todos los canales.
- Realizar estudios de armónicos.
- Imprimir tablas, gráficos e informes completos del análisis eléctrico.
- Exportar datos para utilizarlos en otros programas (como Excel).

#### a) **Instalación de Power Log**

El instrumento 435 utiliza autorun.exe para instalar el Software

#### b) **Conexión del Fluke 435 con Power Log**

Para conectar el modelo 435 a un PC o a una impresora, se utiliza la interfaz óptica.

El cable de la interfaz óptica (modelo OC4USB) viene incluido con el modelo 435 para realizar la conexión con el puerto USB.



**Figura 1.3.4** Barra de Menú del software Power Log

### c) Descarga de datos registrados

Los datos almacenados en el instrumento se pueden transferir a un PC.

**Nota:** No se debe descargar los datos mientras el instrumento aún esté registrando datos; espere a que finalice antes de realizar la descarga.

1. El instrumento se debe conectar tal como se describe en Conexión a un instrumento de calidad de potencia con el Software en ejecución.
2. Seleccionar el puerto COM en la lista desplegable. Es posible que los instrumentos que utilizan USB aparezcan como el modelo del instrumento.
3. Seleccionar Archivo | Descargar o pulsar el icono de descarga. La transferencia de datos puede durar varios segundos o minutos, dependiendo de la velocidad de transmisión en baudios y de la cantidad de datos. Una vez completada la descarga, aparecerá un gráfico de tiempo con los datos.

En los modelos 435 es necesario seleccionar Guardar datos.

### d) Uso de los datos de medición

Para abrir un conjunto de datos guardados con Power Log, se debe:

1. Iniciar Power Log si no lo está ejecutando. Una vez que aparezcan la pantalla de bienvenida y los recordatorios, el menú le ofrecerá unas opciones limitadas.
2. Seleccionar Archivo | Abrir y desplazarse hasta la carpeta DataFiles situada en la carpeta Fluke | Power Log . O bien, si los archivos de datos se encuentran en otra ubicación del PC, buscar esta ubicación.
3. Seleccionar el archivo que desee utilizar y pulse Abrir.

La ventana que se abrirá estará de forma predeterminada en el modo utilizado por última vez o el modo en el que se encontraba el instrumento cuando se registraron y guardaron los datos. Las fichas que aparecerán dependen del instrumento y de los datos guardados.

#### e) **Opciones de menú**

Las opciones de menú disponibles dependerán de la ficha de la ventana seleccionada.

1. **Imprimir:** Imprime la vista de la ventana actual.
2. **Copiar:** Copia la vista de la ventana actual en el Portapapeles del PC, que podrá pegar en otras aplicaciones. No está disponible en todas las ventanas.
3. **Preferencias:** Aparece en menús o ventanas con menús contextuales. Permite seleccionar los colores de trazado para todas las ventanas.
4. **Zoom:** Aparece en menús, iconos o ventanas con menús contextuales. Los menús contextuales también disponen de una opción para restaurar la selección de zoom.
5. **Escala vertical del eje:** Aparece en ventanas con menús contextuales. Permite establecer una escala automática o definir un mínimo y un máximo. La escala también se puede aplicar a todos los gráficos.
6. **Guardar archivo como EMF:** Aparece en ventanas con menús contextuales. Guarda la vista actual en formato EMF (Enhanced Windows Metafile).
7. **Sucesos:** Las ventanas con eventos se pueden visualizar con el menú Herramientas o los iconos de flecha. Algunos ejemplos de eventos son huecos, picos y transitorios.

8. **Selección de datos:** Los conjuntos de datos se pueden seleccionar mediante fechas, zoom o eventos. El conjunto de datos seleccionado se utilizará para exportar los datos.

**f) Análisis de datos**

Los datos se pueden visualizar e imprimir, o también se pueden exportar para utilizarlos en otras aplicaciones, como Microsoft Excel y programas de bases de datos.

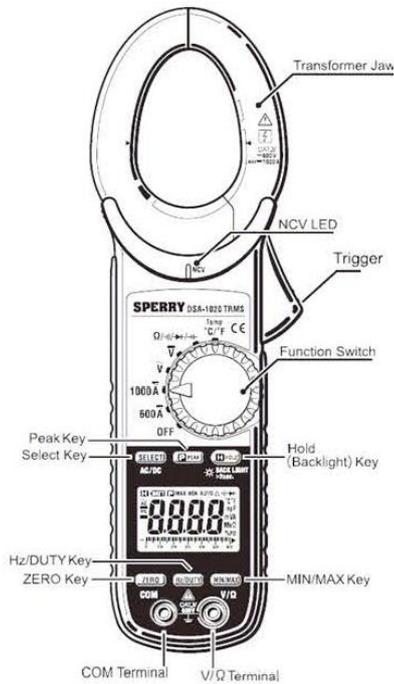
Independientemente de si los descarga de un instrumento conectado o los abre desde un archivo, estarán visibles las mismas fichas y opciones de ventana. Las fichas que se muestren dependerán del instrumento y de los datos guardados.

<ul style="list-style-type: none"><li>• Resumen</li><li>• Tabla</li><li>• Tensión y corriente</li><li>• Estadísticas</li><li>• Armónicos</li><li>• Frecuencia/Desequilibrio</li><li>• Potencia</li><li>• Pantallas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Energía</li><li>• Transitorios</li><li>• Huecos y picos</li><li>• Flicker</li><li>• Señal portadora</li><li>• Armónicos Potencia</li><li>• Perfiles de tensión</li></ul>
--	--

**Tabla 1.3.3** Datos que se pueden analizar con Fluke 435

### 1.3.4 Pinza Amperométrica Sperry DSA-1020 TRMS

#### Características Técnicas



#### AC Current 600A, 1000A Function

Function	Measuring Range	Accuracy	
		DSA-680	DSA-1020
600A	0-600A Peak 1500A CF=2.5@ 600A CF=3.0@ 500A	±2.0%rdg±5dgt(50/60Hz) ±3.5%rdg±5dgt(40 ~ 500Hz) ±5.5%rdg±5dgt(500 ~ 1kHz) * Add 2% at CF>2	
1000A	0-1000A Peak 1500A CF=2.5@ 600A CF=3.0@ 500A	N/A	

#### DC Current 600A, 1000A Function

Function	Measuring Range	Accuracy	
		DSA-680	DSA-1020
600A	0-600A	±1.5%rdg±5dgt	±1.5%rdg±5dgt
1000A	600-1000A	N/A	

#### DC Voltage Function

(Auto-ranging, Input impedance: approx. 10MΩ)

Range	Measuring Range	Accuracy	
		DSA-680	DSA-1020
600mV/6V/6000V	0-600.0V	±1.0%rdg±5dgt	

#### Frequency/ DUTY Function (Auto-ranging for Frequency)

Range	Measuring Range	Accuracy	
		DSA-680	DSA-1020
ACA	40Hz ~ 400Hz	±0.5%rdg±5dgt	
ACV	1Hz ~ 10kHz		
	0.1-99.9% (Pulse width/Pulse period)	±2.5%rdg±5dgt	

Note: Measurable inputs are: 40Vrms@ACV or 50Arms@AC600A, 350A@AC1000A Range

#### Resistance (Diode Check/ Continuity/ Capacity) Function

Range	Measuring Range	Accuracy	
		DSA-680	DSA-1020
600Ω/6k/60k/600k/6MΩ	0-6.000MΩ	±1.0%rdg±5dgt	
60MΩ	6.00M-60.00MΩ	±5%rdg±8dgt	
Cont Buzzer	0-600.0Ω	Buzzer sounds at 100Ω or less	
Diode	Test voltage: 0-2V		

#### Temperature Function

Function	Measuring Range	Accuracy	
		DSA-680	DSA-1020
°C	-50°C ~ 0°C	±5°C±3dgt	
	0°C ~ 150°C	±3°C±2dgt	
°F	-58°F ~ 32°F	±7°F±2dgt	
	32°F ~ 302°F	±5°F±2dgt	

#### Capacity Function

Function	Measuring Range	Accuracy	
		DSA-680	DSA-1020
40nF	0.01nF - 400µF Auto-ranging	±3.0%±50dgt	
400nF		±2.5%rdg±50dgt	
4µF			
40µF			

### 1.3.5 Multímetro Mastech MS8209.

#### Características Técnicas



**Figura 1.3.4** Multímetro Mastech MS8209.

Elección de la banda	auto/manual
Cuentas	3999
DC voltaje	0.4/4/40/400/600V $\pm 0.7\%$
AC voltaje	0.4/4/40/400V $\pm 0.8\%$ , 600V $\pm 1.0\%$
DC corriente	40/400mA $\pm 1.2\%$ , 10A $\pm 2.0\%$
AC corriente	40/400mA $\pm 1.5\%$ , 10A $\pm 3.0\%$
Frecuencia	10/100Hz/1/10/100kHz $\pm 2.0\%$
Resistencia	400 $\Omega$ /4/40/400k $\Omega$ /4M $\Omega$ $\pm 1.2\%$ , 40M $\Omega$ $\pm 2.0\%$
Medición de temperatura t°C	-20°~400° $\pm 3.0\%$ (0.1°), -20°~1000° $\pm 3.0\%$ (1°)
Capacitancia	4/40/400nF/4/40/200 $\mu$ F $\pm 3.0\%$
Comprobación de integridad del cable con sonido	Sí
Diodo test	Sí
Autodesconexión	Sí
Data Hold	Sí
Iluminación de la pantalla	Sí
Modo de medición de cantidad relativa	Sí
Impulsos	0.1%~99.9% $\pm 3.0\%$
Fuente de alimentación	6F22 (9V) $\times 1$
Humidad	30% - 95%RH $\pm 5.0\%$
Iluminación	4000Lux/40000Lux $\pm 5.0\%$
Intensidad el sonido	35~100dB $\pm 4$ dB

**Tabla 1.3.4** Datos Técnicos de Multímetro Mastech MS8209.

## CAPITULO II

### RECOPIACIÓN DE DATOS INICIALES

#### INTRODUCCIÓN

Para la elaboración de la presente auditoria energética eléctrica, fue necesario contar con diagramas unifilares de los diferentes circuitos eléctricos, levantamientos de cargas, mediciones de voltaje, corriente, potencia y otros parámetros eléctricos; que nos permitirán realizar un análisis adecuado de la situación actual de la calidad de energía eléctrica, del Campus Sur, Sede Quito de la Universidad Politécnica Salesiana.

El Campus Sur, cuenta con dos transformadores o suministros eléctricos, a los que se los ha denominado “A” y “B”, respectivamente:

El “TRANSFORMADOR A” es de 250kVA - 220/127V y alimenta a los Bloques A, D, E y Bodega del campus sur. (Figura A, B)



**Figura A.** Cámara de Transformación



**Figura B.** Transformador 250kVA

El “TRANSFORMADOR B” es de 45kVA – 220/127V y alimenta los Bloques B, C, F, G y H del campus sur. (Figura C, D)



**Figura C.** Parte posterior Transformador 45kVA.



**Figura D.** Parte frontal Transformador 45kVA.

Para obtener una recopilación de datos adecuada de los centros de transformación, anteriormente descritos, se utilizará el analizador de energía “FLUKE 435” (FIGURA E); el cual nos permitirá obtener los diferentes parámetros eléctricos como son: voltajes, corrientes, armónicos, flickers, potencias, factor de potencia y demanda máxima de energía de cada uno de los centros de transformación.



**Figura E.** Equipo de medición FLUKE 435

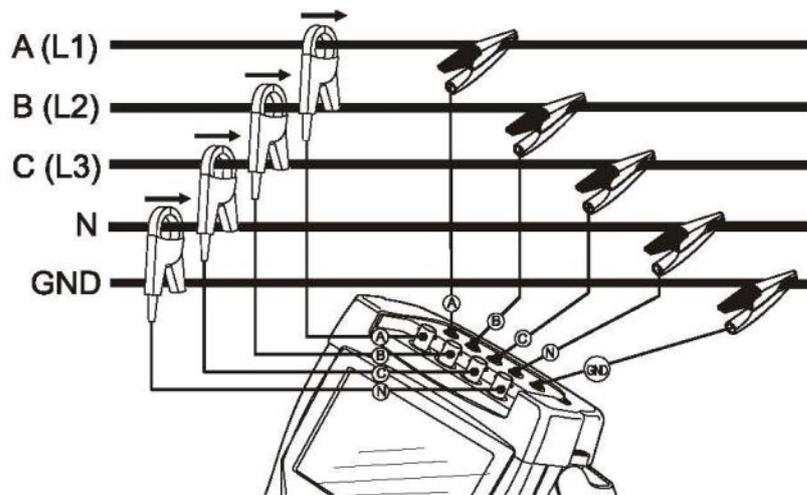
## 2.1 MEDICIÓN DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS.

La medición de parámetros eléctricos consiste en: Recopilar datos de; voltajes, corrientes, armónicos, flickers, potencias, factor de potencia, demandas de energía, etc. Mediante un analizador de calidad de energía, en nuestro caso “FLUKE 435”, de cada uno de los centros de transformación durante un intervalo de tiempo establecido en el cual se recopilarán muestras de cada uno de dichos parámetros.

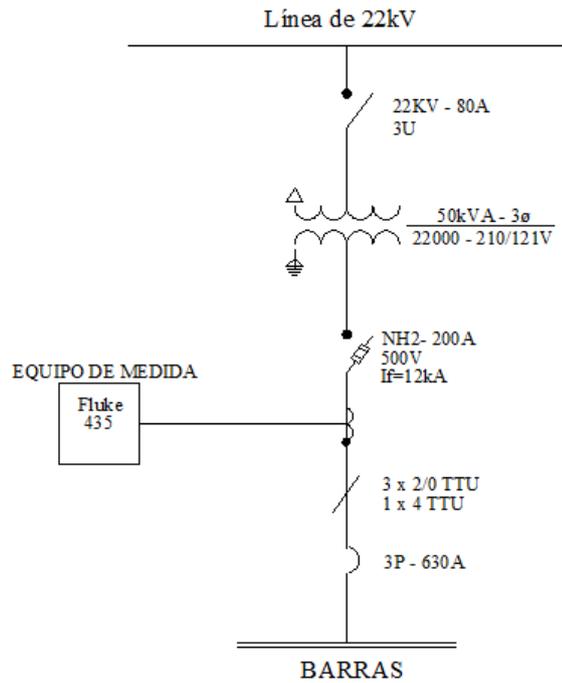
El analizador de calidad de energía FLUKE 435. Se lo conectó durante un periodo aproximado de 8 días, con el fin de obtener una muestra semanal de los parámetros eléctricos de la institución.

En el transformador “A” los datos fueron tomados del 18-10-2011 al 25-10-2011. Y en el transformador “B” fueron tomados del 25-10-2011 al 01-11-2011. El equipo fue programado para realizar la toma de datos en intervalos de 5 min.

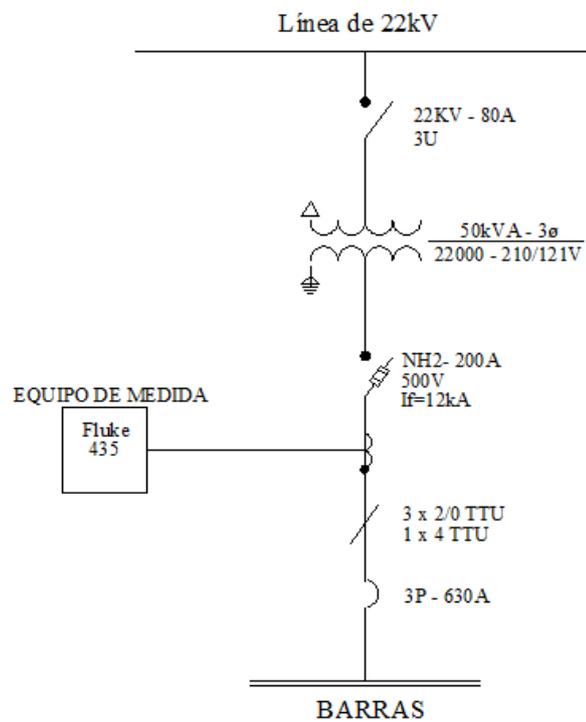
El analizador de energía se lo conecto como se muestran en las siguientes figuras:



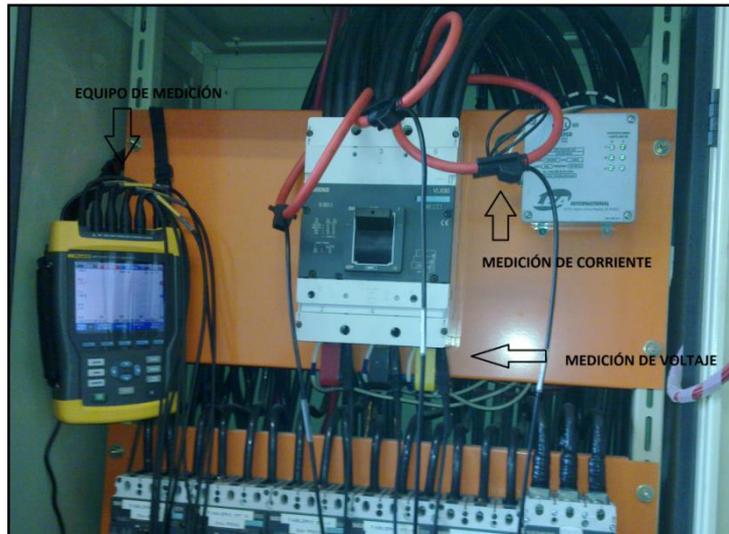
**Figura 2.1.** Diagrama de conexión del equipo de medición FLUKE 435



**FIGURA 2.2** Diagrama unifilar de medición de los datos en el tablero principal del TRANSFORMADOR “A”.



**Figura 2.3** Diagrama unifilar de medición de los datos en el tablero principal del TRANSFORMADOR “B”.



**Figura 2.4** Medición de los datos en el tablero principal del TRANSFORMADOR “A”.



**Figura 2.5** Medición de los datos en el tablero principal del TRANSFORMADOR “A”

Una vez que se realizó la medición de los parámetros eléctricos. Se descargó todos los datos del equipo al computador utilizando el cable USB y el programa “POWER LOG”, que es propio de este equipo. Luego se los trasladó a una hoja de cálculo con el fin de realizar gráficas y tablas. Para su posterior análisis.

## 2.1.1 Datos de Voltaje

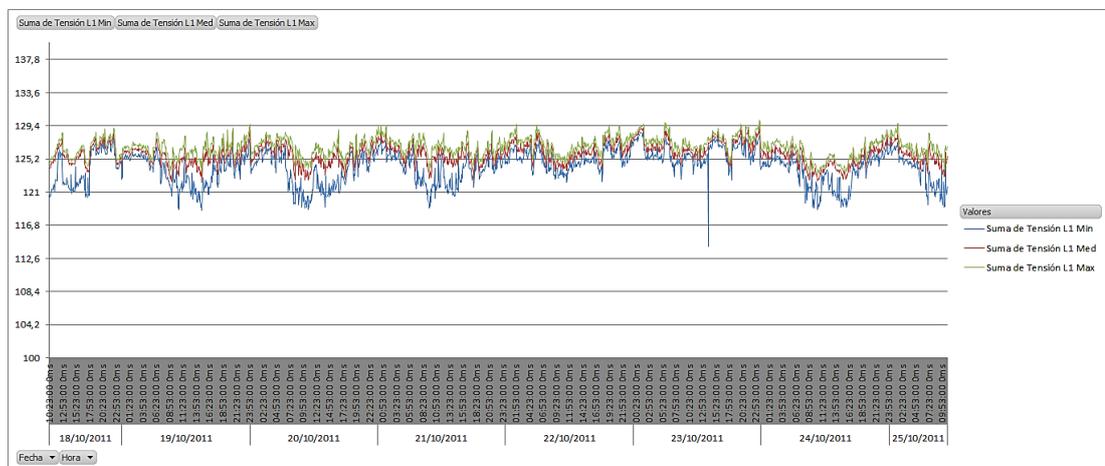
El analizador de energía Fluke 435, cuando realiza la medición de voltaje, toma tres muestras: una mínima, una media y una máxima.

Al momento de observar el comportamiento del voltaje se debe tener muy en cuenta los siguientes aspectos:

- El valor de voltaje nominal Fase-Neutro es de 127V.
- Según la regulación N°004/001 del CONELEC (Anexo A.1), establece que la variación de voltaje no debe ser mayor al  $\pm 8,0\%$  del valor nominal; por lo tanto el nivel de voltaje no debe ser inferior a 116.84V ni superior a 137.16V. Fase-Neutro.

### 2.1.1.1 Datos de voltaje Transformador “A”.

a. Datos de voltaje Línea 1.



**Figura 2.1.1.1** Señal del Voltaje Vs. Tiempo en la Línea 1.

	Tensión L1 Min (V)	Tensión L1 Med (V)	Tensión L1 Max (V)
VALOR MAXIMO	128,56	129,16	130,11
VALOR MEDIO	124,64	125,86	126,77
VALOR PROMEDIO	124,20	125,80	126,73
VALOR MINIMO	114,06	122,2	123,26
VALOR MEDIO TOTAL	125,82		
VALOR PROMEDIO TOTAL	125,58		

**Tabla 2.1.1.1** Resumen datos del Voltaje en Voltios (V) en la Línea 1.

Observaciones:

- Los voltajes medidos durante el intervalo de tiempo se encuentran dentro del rango establecido anteriormente (116.84V. mínimo – 137.16 V. máximo).
- Existe una caída de voltaje considerable a 114.06 V producida el 23/10/2011 a las 14H08.
- El nivel de voltaje mas alto registrado es de 128.56 a las 23H43 del 23/10/2011.
- Se puede establecer que el voltaje medio para la Línea 1 es de 125.82V.

b. Datos de voltaje Línea 2

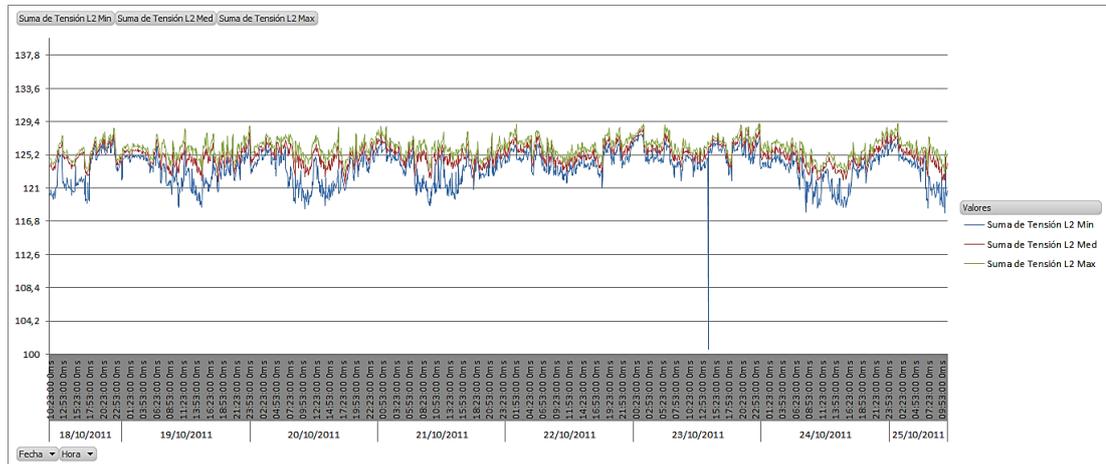


Figura 2.1.1.2 Señal del Voltaje Vs. Tiempo en la Línea 2.

	Tensión L2 Min (V)	Tensión L2 Med (V)	Tensión L2 Max (V)
VALOR MAXIMO	127,94	128,49	129,23
VALOR MEDIO	123,93	125,2	126,11
VALOR PROMEDIO	123,56	125,16	126,09
VALOR MINIMO	100,64	121,48	122,86
VALOR MEDIO TOTAL	125,16		
VALOR PROMEDIO TOTAL	124,94		

Tabla 2.1.1.2 Resumen datos del Voltaje en Voltios (V) en la Línea 2

Observaciones:

- Los voltajes medidos durante el intervalo de tiempo se encuentran dentro del rango establecido anteriormente (116.84V. mínimo – 137.16 V. máximo).
- Existe una caída de voltaje considerable a 100.64V producida el 23/10/2011 a las 14h03.
- El voltaje más alto medido es de 129.23V. a las 23H48 el 23/10/2011.
- Se establecio que el voltaje medio para la Línea 2 es de 125.16V.

c. Datos de voltaje Línea 3

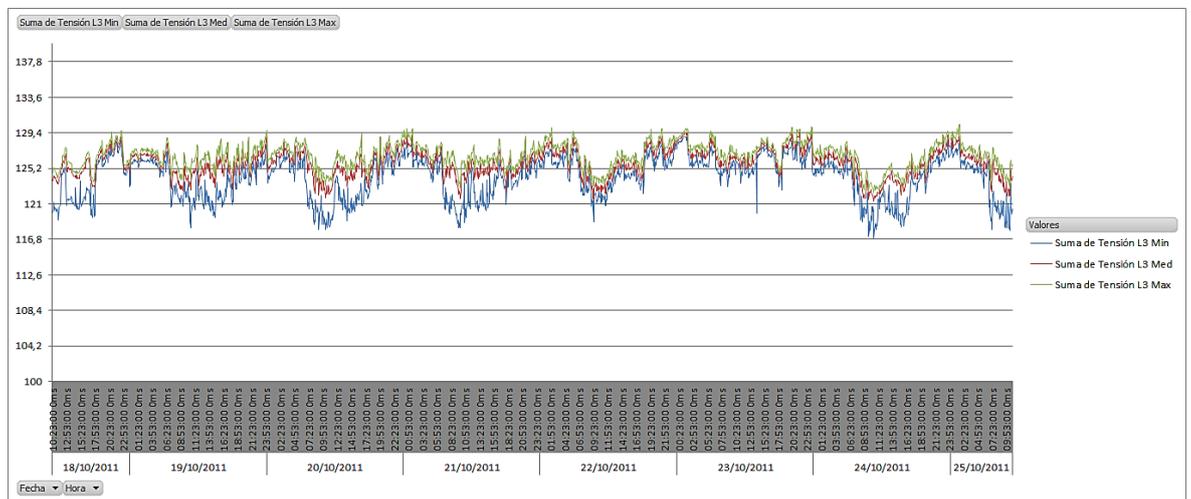


Figura 2.1.1.3 Señal del Voltaje Vs. Tiempo en la Línea 3.

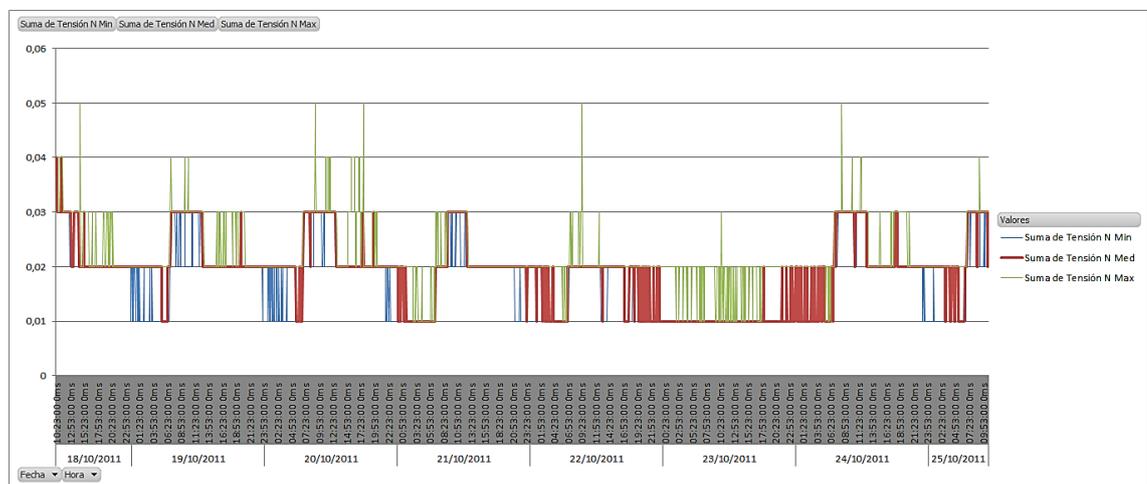
	Tensión L3 Min (V)	Tensión L3 Med (V)	Tensión L3 Max (V)
VALOR MAXIMO	129	129,5	130,39
VALOR MEDIO	124,71	125,9	126,83
VALOR PROMEDIO	124,12	125,77	126,71
VALOR MINIMO	116,91	121,35	122,34
VALOR MEDIO TOTAL	125,88		
VALOR PROMEDIO TOTAL	125,54		

Tabla 2.1.1.3 Resumen datos del Voltaje en Voltios (V) en la Línea 3.

Observaciones:

- Los voltajes medidos durante el intervalo de tiempo se encuentran dentro del rango establecido (116.84V. mínimo – 137.16 V. máximo).
- El nivel de voltaje mínimo medido es de 116.91V. registrado a las 10H38 el 24/10/2011.
- El nivel de voltaje mas alto medido es de 130.39V. registrado a las 01H43 el 25/10/2011.
- Se estableció que el voltaje medio para la Línea 3 es de 125.88V.

d. Datos de voltaje Neutro



**Figura 2.1.1.4** Señal del Voltaje Vs. Tiempo en el Neutro.

	Tensión N Min (V)	Tensión N Med (V)	Tensión N Max (V)
VALOR MAXIMO	0,03	0,04	0,05
VALOR MEDIO	0,02	0,02	0,02
VALOR PROMEDIO	0,02	0,02	0,02
VALOR MINIMO	0,01	0,01	0,01
VALOR MEDIO TOTAL	0,02		
VALOR PROMEDIO TOTAL	0,02		

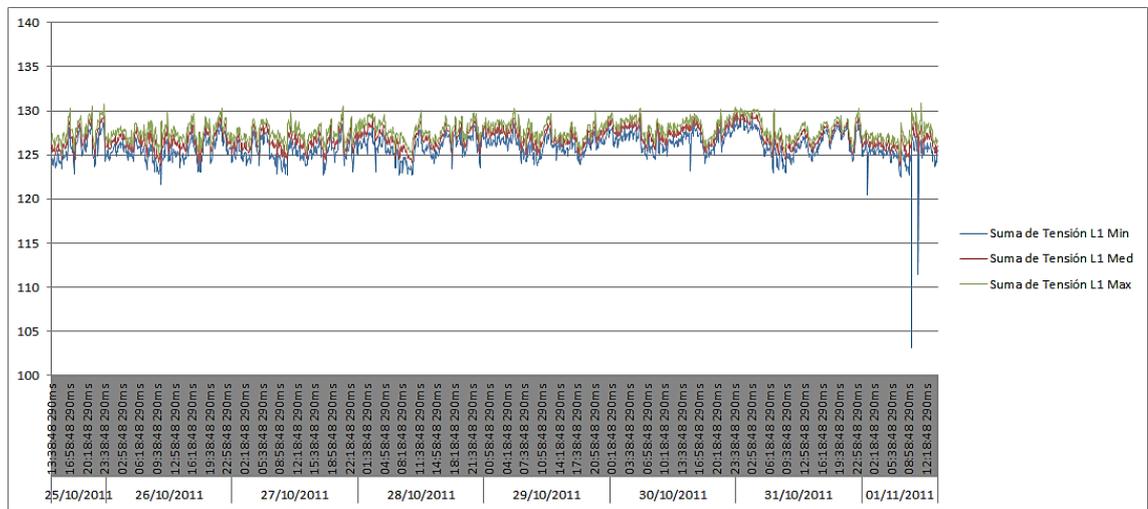
**Tabla 2.1.1.4** Resumen datos del Voltaje en Voltios (V) en el Neutro.

Observaciones:

- El nivel de voltaje mínimo medido es de 0.01V.
- El nivel de voltaje más alto medido es de 0.05V.
- Se estableció que el voltaje medio para el neutro es de 0.02V.
- La variación del voltaje en el neutro es de 0.02% respecto al nominal.

### 2.1.1.2 Datos de voltaje Transformador “B”.

a. Datos de voltaje Línea 1



**Figura 2.1.1.5** Señal del Voltaje Vs. Tiempo en la Línea 1.

	Tensión L1 Min (V)	Tensión L1 Med (V)	Tensión L1 Max (V)
<b>VALOR MAXIMO</b>	129,53	129,88	130,9
<b>VALOR MEDIO</b>	125,89	126,895	127,725
<b>VALOR PROMEDIO</b>	125,90	126,95	127,80
<b>VALOR MINIMO</b>	103,16	123,83	124,48
<b>VALOR MEDIO TOTAL</b>	126,92		
<b>VALOR PROMEDIO TOTAL</b>	126,89		

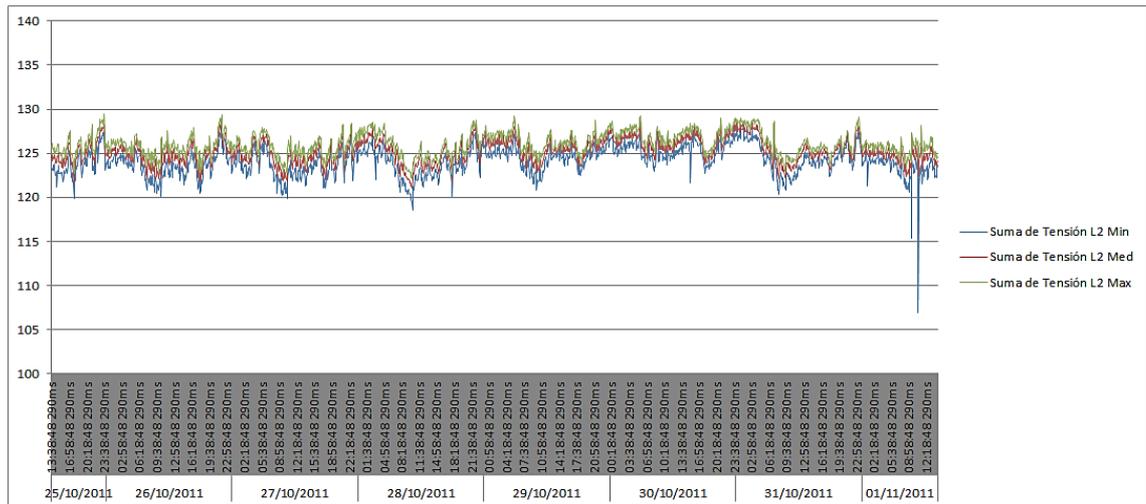
**Tabla 2.1.1.5** Resumen datos del Voltaje en Voltios (V) Línea 1.

Observaciones:

- Los voltajes medidos durante el intervalo de tiempo se encuentran dentro del rango establecido anteriormente (116.84V. mínimo – 137.16 V. máximo).

- Existe una caída de voltaje considerable a 103.16V producida el 01/11/2011 a las 09H33.
- El nivel de voltaje mas alto registrado es de 130.9V a las 11H23 del 01/11/2011.
- Se puede establecer que el voltaje medio para la Línea 1 es de 126.92.

b. Datos de voltaje Línea 2



**Figura 2.1.1.6** Señal del Voltaje Vs. Tiempo en la Línea 2.

	Tensión L2 Min (V)	Tensión L2 Med (V)	Tensión L2 Max (V)
<b>VALOR MAXIMO</b>	127,97	128,62	129,5
<b>VALOR MEDIO</b>	124,12	125,175	125,96
<b>VALOR PROMEDIO</b>	124,09	125,21	126,06
<b>VALOR MINIMO</b>	106,92	121,04	122,08
<b>VALOR MEDIO TOTAL</b>	125,16		
<b>VALOR PROMEDIO TOTAL</b>	125,12		

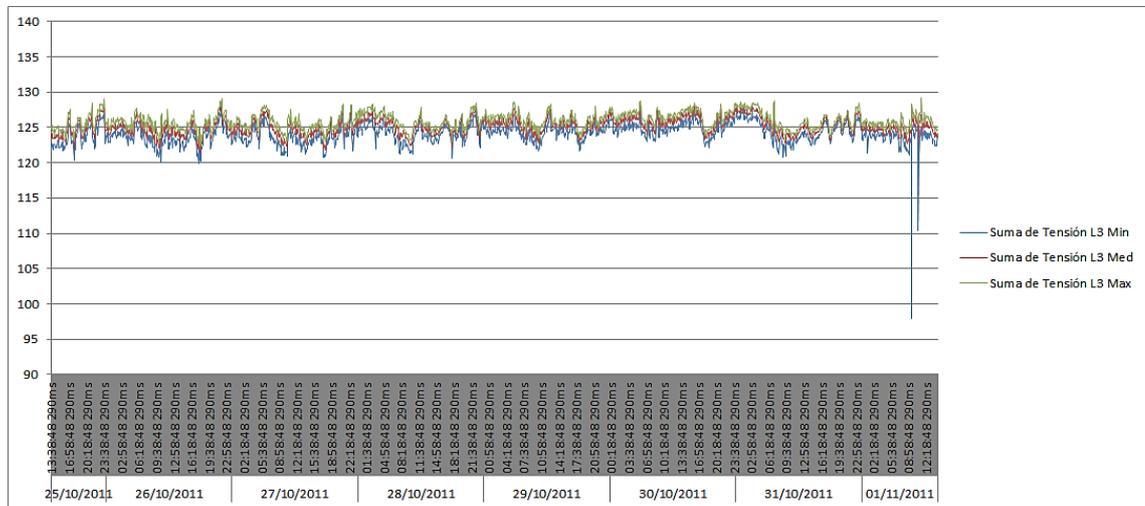
**Tabla 2.1.1.6** Resumen datos del Voltaje en Voltios (V) Línea 2

Observaciones:

- Los voltajes medidos durante el intervalo de tiempo se encuentran dentro del rango establecido (116.84V. mínimo – 137.16 V. máximo).
- Existe una caída de voltaje considerable a 106.92V producida el 01/11/2011 a las 10H48.
- El nivel de voltaje más alto registrado es de 129.5V a las 23H48 del 25/10/2011.

- Se puede establecer que el voltaje medio para la Línea 2 es de 125.16V.

c. Datos de voltaje Línea 3



**Figura 2.1.1.7** Señal del Voltaje Vs. Tiempo en la Línea 3.

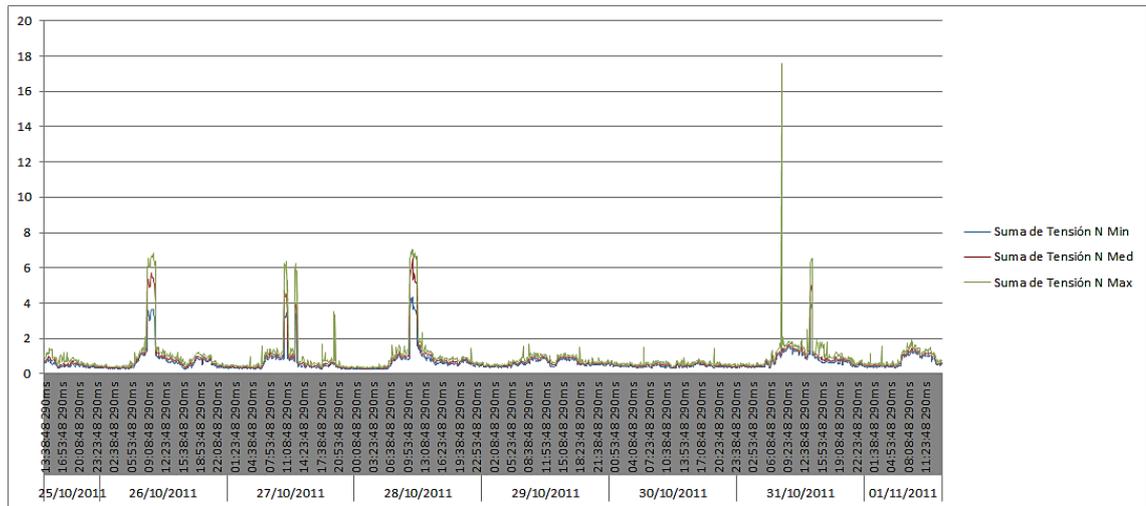
	Tensión L3 Min (V)	Tensión L3 Med (V)	Tensión L3 Max (V)
VALOR MAXIMO	127,7	128,23	129,28
VALOR MEDIO	124,1	125,13	125,895
VALOR PROMEDIO	124,08	125,14	125,94
VALOR MINIMO	97,88	121,49	122,38
VALOR MEDIO TOTAL	125,07		
VALOR PROMEDIO TOTAL	125,05		

**Tabla 2.1.1.8** Resumen datos del Voltaje en Voltios (V) en la Línea 3

Observaciones:

- Los voltajes medidos durante el intervalo de tiempo se encuentran dentro del rango establecido (116.84V. mínimo – 137.16 V. máximo).
- Existe una caída de voltaje considerable a 97.88V producida el 01/11/2011 a las 09H33.
- El nivel de voltaje más alto registrado es de 129.28V a las 11H23 del 01/11/2011.
- Se puede establecer que el voltaje medio para la Línea 3 es de 125.07V.

#### d. Datos de voltaje Neutro



**Figura 2.1.1.8** Señal del Voltaje Vs. Tiempo en el Neutro.

	Tensión N Min (V)	Tensión N Med (V)	Tensión N Max (V)
VALOR MAXIMO	4,37	6,52	17,57
VALOR MEDIO	0,48	0,56	0,69
VALOR PROMEDIO	0,63	0,77	0,96
VALOR MINIMO	0,24	0,27	0,31
VALOR MEDIO TOTAL	0,58		
VALOR PROMEDIO TOTAL	0,79		

**Tabla 2.1.1.9** Resumen datos del Voltaje en Voltios (V) en el Neutro.

Observaciones:

- El nivel de voltaje mínimo medido es de 0.24V.
- El nivel de voltaje más alto medido es de 17.57V.
- Se estableció que el voltaje medio para el neutro es de 0.58V.
- La variación del voltaje en neutro es de 0.46% respecto al nominal.

#### 2.1.2 Datos de Corriente

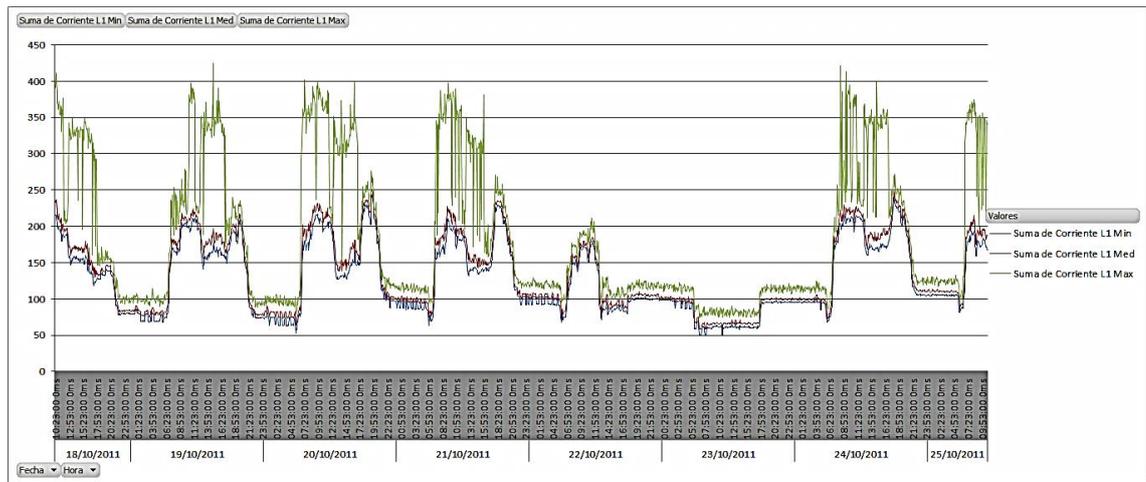
El analizador de energía Fluke 435, cuando realiza la medición de corrientes, toma tres muestras: una mínima, una media y una máxima.

Al momento de observar el comportamiento de las corrientes se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- El valor de las corrientes en cada una de las fases debe ser lo más cercana entre sí, ya que con esto se asegura que las cargas se encuentran equilibradas.
- El valor de la corriente en el neutro debe ser lo más cercana a cero, ya que esto demuestra que las fases se encuentran en equilibrio.

### 2.1.2.1 Datos de corriente en el Transformador “A”.

#### a. Datos de corriente Línea 1.



**Figura 2.1.2.1** Señal de la Corriente Vs. Tiempo en la Línea 1.

	Corriente L1 Min (A)	Corriente L1 Med (A)	Corriente L1 Max (A)
VALOR MAXIMO	49	54	84
VALOR MEDIO	17	18	24
VALOR PROMEDIO	18,93	20,98	27,97
VALOR MINIMO	1	2	3
VALOR MEDIO TOTAL	19		
VALOR PROMEDIO TOTAL	22,60		

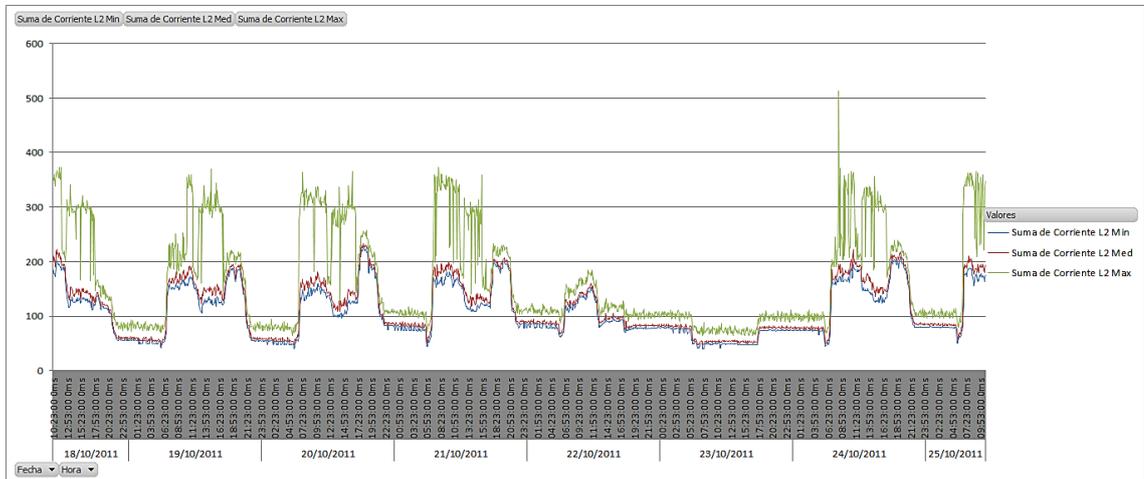
**Tabla 2.1.2.1** Resumen datos de la Corriente en Amperios (A) en la Línea 1.

#### Observaciones:

- Los niveles de corriente más altos se registran de lunes a viernes de 09H00 a 12H00 y 18H00 a 20H00.
- El valor de la corriente media es de 120A.
- El pico de corriente máxima registrada es de 425A. el 19/10/2011 a las 14H58.

- La corriente Mínima registrada es de 50A. Estos Valores se registran en todas las mañanas aproximadamente a las 06H00.

b. Datos de corriente Línea 2.



**Figura 2.1.2.2** Señal de la Corriente Vs. Tiempo en la Línea 2.

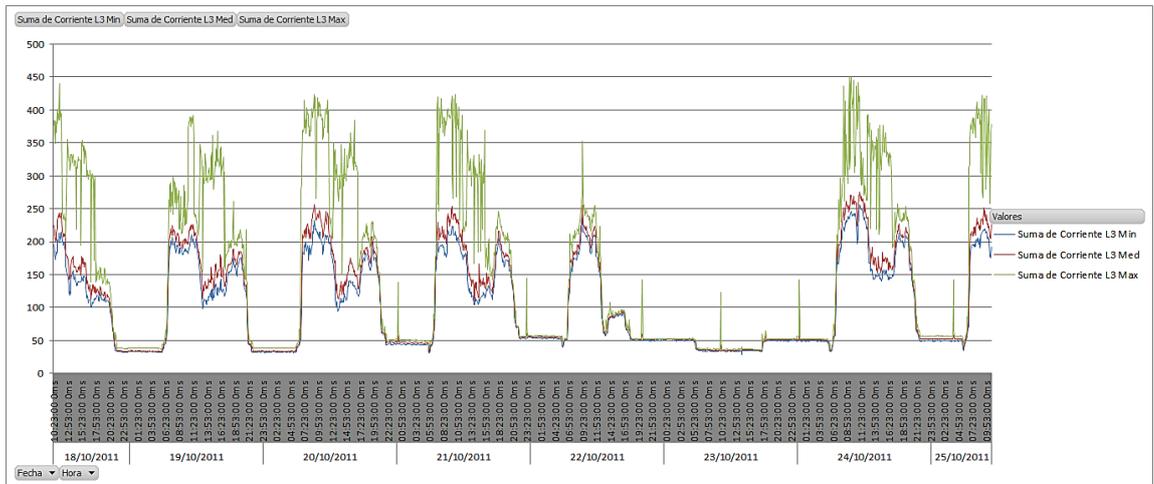
	Corriente L2 Min (A)	Corriente L2 Med (A)	Corriente L2 Max (A)
VALOR MAXIMO	228	234	513
VALOR MEDIO	88	95	117
VALOR PROMEDIO	106,61	115,74	168,55
VALOR MINIMO	40	47	64
VALOR MEDIO TOTAL		108,00	
VALOR PROMEDIO TOTAL		130,30	

**Tabla 2.1.2.2** Resumen datos de la Corriente en Amperios (A) en la Línea 2.

Observaciones:

- Los niveles de corriente más altos se registran de lunes a viernes de 09H00 a 12H00 y 18H00 a 20H00.
- La corriente promedio es de 130.30A.
- La corriente máxima registrada es de 513A. el 24/10/2011 a las 08H43.
- La corriente mínima registrada es de 40A. Estos Valores se registran en todas las mañanas aproximadamente a las 06H00.

c. Datos de corriente Línea 3



**Figura 2.1.2.3** Señal de la Corriente Vs Tiempo Línea 3.

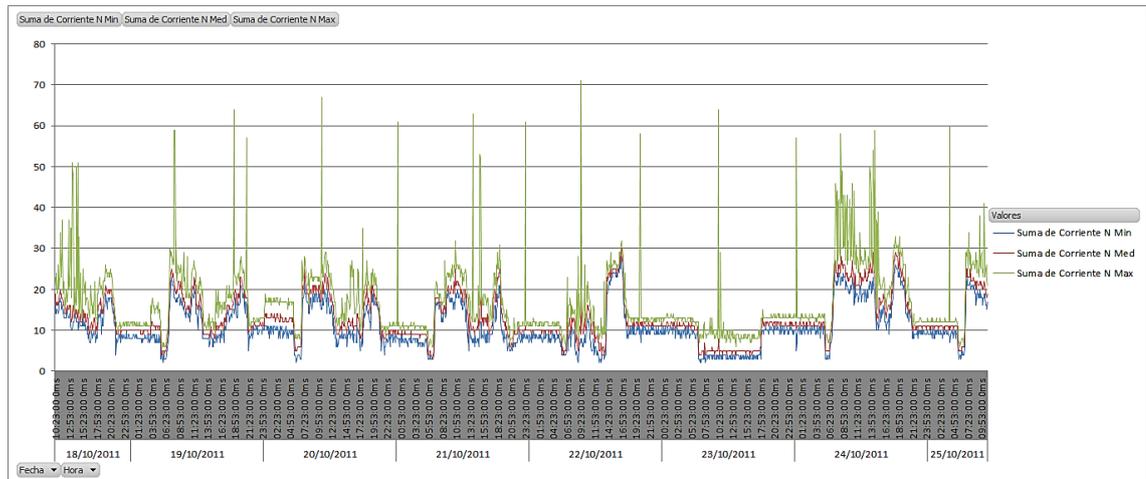
	Corriente L3 Min (A)	Corriente L3 Med (A)	Corriente L3 Max (A)
VALOR MAXIMO	256	275	450
VALOR MEDIO	62	66	77
VALOR PROMEDIO	101,65	111,03	157,58
VALOR MINIMO	28	33	35
VALOR MEDIO TOTAL	68,00		
VALOR PROMEDIO TOTAL	123,42		

**Tabla 2.1.2.3** Resumen datos de la Corriente en Amperios (A) de la Línea 3.

Observaciones:

- Los niveles de corriente más altos se registran de lunes a viernes de 09H00 a 12H00 y 18H00 a 20H00.
- La corriente promedio es de 123.42A.
- La corriente máxima registrada es de 450A. el 24/10/2011 a las 09H23.
- La corriente mínima registrada es de 28A. Estos Valores se registran en todas las mañanas aproximadamente a las 06H00.

#### d. Datos de corriente Neutro



**Figura 2.1.2.4** Señal de la Corriente Vs. Tiempo en el Neutro.

	Corriente N Min (A)	Corriente N Med (A)	Corriente N Max (A)
VALOR MAXIMO	28	30	71
VALOR MEDIO	10	11	13
VALOR PROMEDIO	10,90	13,07	16,89
VALOR MINIMO	2	3	6
VALOR MEDIO TOTAL	12,00		
VALOR PROMEDIO TOTAL	13,62		

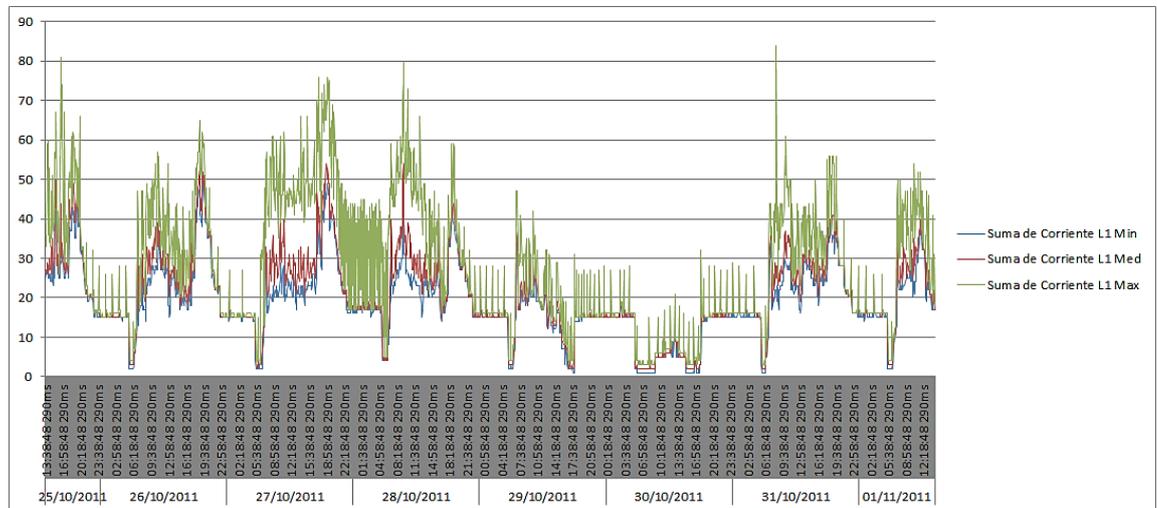
**Tabla 2.1.2.4** Resumen datos de la Corriente en Amperios (A) en el Neutro.

Observaciones:

- Los niveles de corriente más altos se registran de lunes a viernes de 09H00 a 12H00 y 18H00 a 20H00.
- La corriente promedio es de 13.62A.
- La corriente máxima registrada es de 71A. el 22/10/2011 a las 09H28.
- La corriente mínima registrada es de 2A. Estos valores se registran en todas las mañanas aproximadamente a las 06H00.

### 2.1.2.2 Datos de corriente en el Transformador “B”.

#### a. Datos de corriente Línea 1.



**Figura 2.1.2.5** Señal de la Corriente Vs. Tiempo en la Línea 1.

	Corriente L1 Min (A)	Corriente L1 Med (A)	Corriente L1 Max (A)
VALOR MAXIMO	49	54	84
VALOR MEDIO	17	18	24
VALOR PROMEDIO	18,93	20,98	27,97
VALOR MINIMO	1	2	3
VALOR MEDIO TOTAL	19		
VALOR PROMEDIO TOTAL	22,60		

**Tabla 2.1.2.5** Resumen datos de la Corriente en Amperios (A) en la Línea 1.

#### Observaciones:

- Los niveles de corriente más altos se registran de lunes a viernes de 09H00 a 12H00 y 18H00 a 20H00.
- El valor de la corriente media es de 19A.
- El pico de corriente máxima registrada es de 84A. el 31/10/2011 a las 08H23.
- La corriente mínima registrada es de 1A. Estos Valores se registran en todas las mañanas aproximadamente entre las 05h30 a las 06H30.

b. Datos de corriente Línea 2.

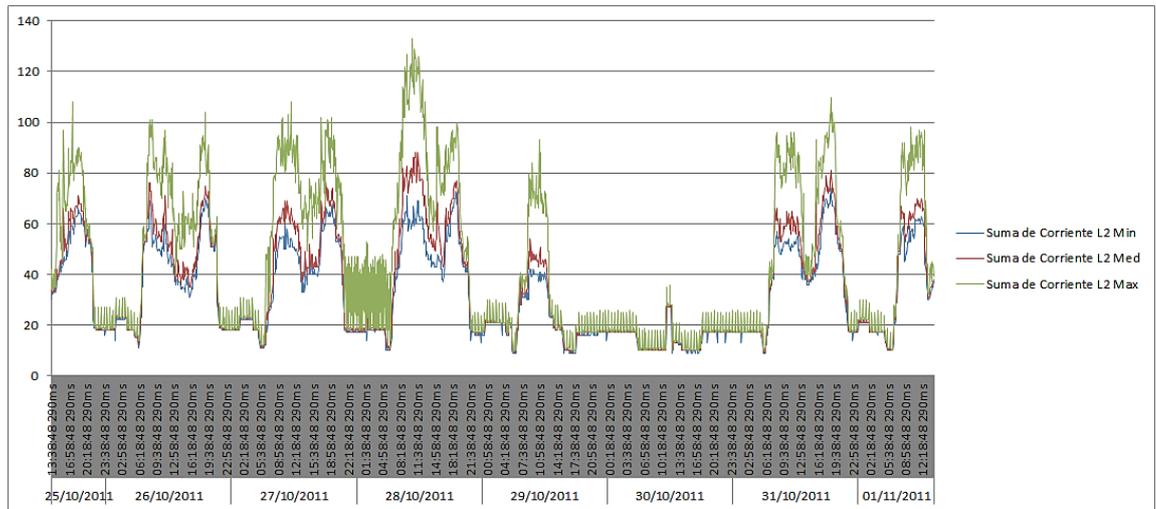


Figura 2.1.2.6 Señal de la Corriente Vs. Tiempo en la Línea 2.

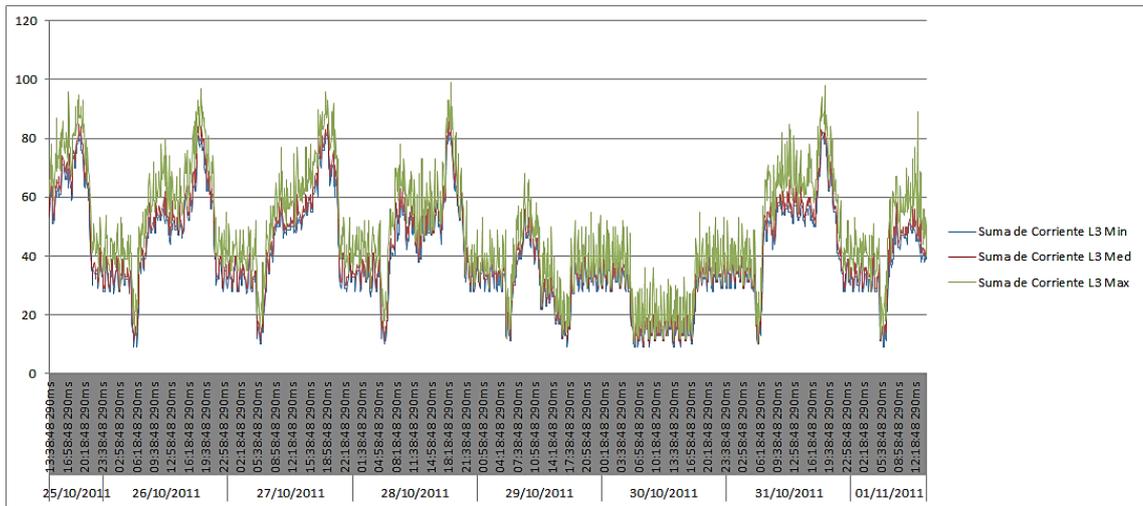
	Corriente L2 Min (A)	Corriente L2 Med (A)	Corriente L2 Max (A)
VALOR MAXIMO	74	88	133
VALOR MEDIO	22	23	34
VALOR PROMEDIO	31,72	34,85	45,60
VALOR MINIMO	9	9	10
VALOR MEDIO TOTAL	26		
VALOR PROMEDIO TOTAL	37,40		

Tabla 2.1.2.6 Resumen datos de la Corriente en Amperios en la Línea 2.

Observaciones:

- Los niveles de corriente más altos se registran de lunes a viernes de 09H00 a 12H00 y 18H00 a 20H00.
- El valor de la corriente media es de 26A.
- El pico de corriente máxima registrada es de 133A. el 28/10/2011 a las 10H43.
- La corriente Mínima registrada es de 9A. Estos Valores se registran en todas las mañanas aproximadamente entre las 05h30 a las 06H30.

c. Datos de corriente Línea 3.



**Figura 2.1.2.7** Señal de la Corriente Vs. Tiempo en la Línea 3.

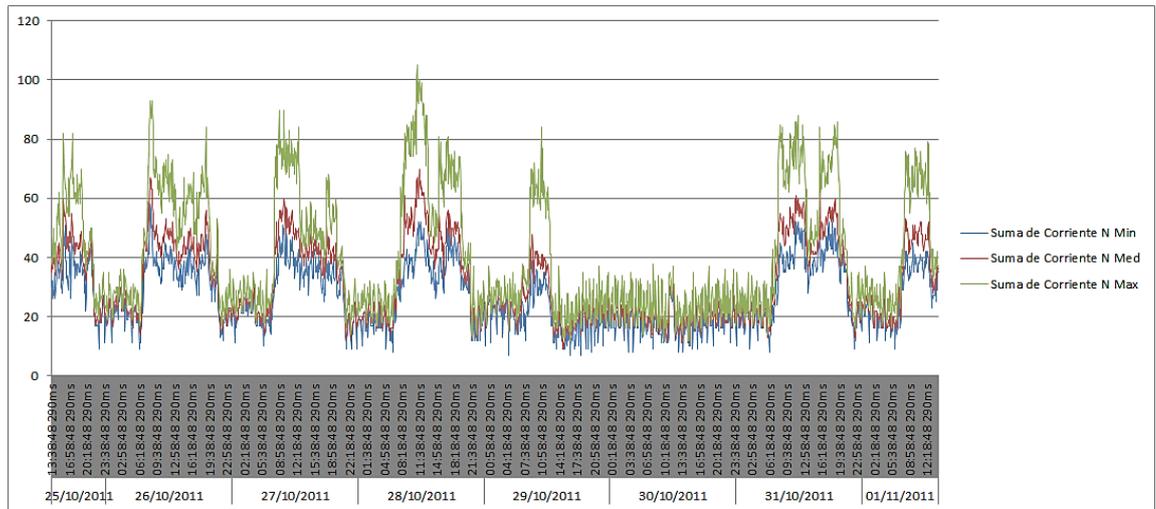
	Corriente L3 Min (A)	Corriente L3 Med (A)	Corriente L3 Max (A)
VALOR MAXIMO	85	87	99
VALOR MEDIO	36	38	47
VALOR PROMEDIO	39,80	42,08	49,03
VALOR MINIMO	9	9	10
VALOR MEDIO TOTAL	41		
VALOR PROMEDIO TOTAL	43,59		

**Tabla 2.1.2.7** Resumen datos de la Corriente en Amperios (A) de la Línea 3.

Observaciones:

- Los niveles de corriente más altos se registran de lunes a viernes de 09H00 a 12H00 y 18H00 a 20H00.
- El valor de la corriente media es de 41A.
- El pico de corriente máxima registrada es de 99A. el 28/10/2011 a las 18H58.
- La corriente mínima registrada es de 9A. Estos valores se registran en todas las mañanas aproximadamente entre las 05h30 a las 06H30

d. Datos de corriente Neutro.



**Figura 2.1.2.8** Señal de Corriente Vs. Tiempo en Neutro.

	Corriente N Min (A)	Corriente N Med (A)	Corriente N Max (A)
VALOR MAXIMO	58	70	105
VALOR MEDIO	24	26	32
VALOR PROMEDIO	26,57	31,34	40,74
VALOR MINIMO	7	9	12
VALOR MEDIO TOTAL	27		
VALOR PROMEDIO TOTAL	32,88		

**Tabla 2.1.2.8** Resumen datos de Corriente en Amperios (A) en Neutro.

Observaciones:

- Los niveles de corriente más altos se registran de lunes a viernes de 09H00 a 12H00 y 18H00 a 20H00.
- El valor de la corriente media es de 27A.
- El pico de corriente máxima registrada es de 105A. el 28/10/2011 a las 11H18.
- La corriente mínima registrada es de 7A. Estos Valores se registran en todas las mañanas aproximadamente entre las 05h30 a las 06H30.

### 2.1.3 Datos de frecuencia

El analizador de energía Fluke 435, al momento realizar la medición de frecuencia, toma tres muestras: una mínima, una media y una máxima. Las cuales se reflejan en las siguientes gráficas.

Al momento de observar el comportamiento del voltaje se debe tener muy en cuenta los siguientes aspectos:

- El valor de frecuencia nominal es de 60Hz.
- Al momento de observar el comportamiento de la frecuencia se debe tener en cuenta que, la variación no debe ser menor a 59.95Hz ni mayor a 60.05Hz.

#### 2.1.3.1 Datos de frecuencia Transformador “A”.

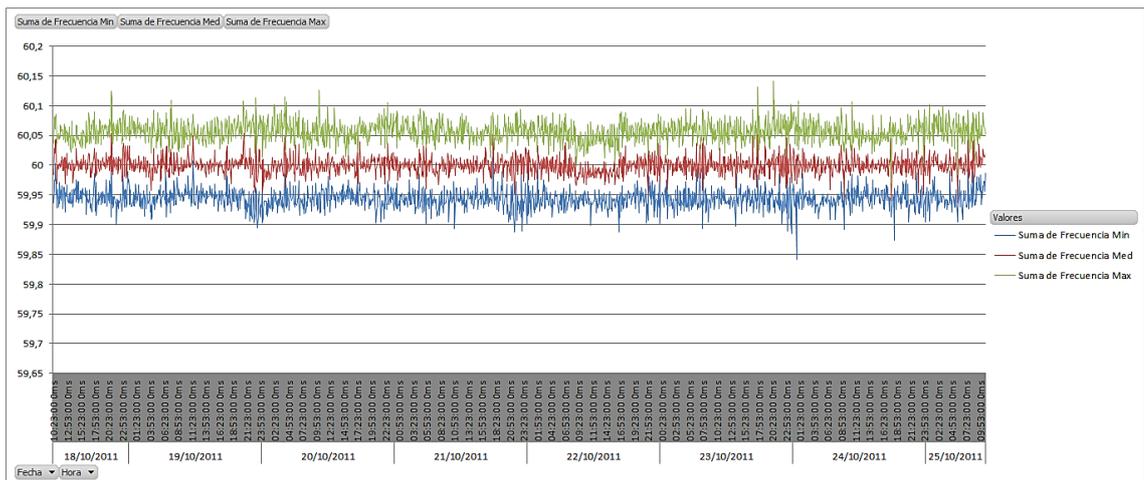


Figura 2.1.3.1 Señal de la Frecuencia Vs. Tiempo.

	Frecuencia Min (Hz)	Frecuencia Med (Hz)	Frecuencia Max (Hz)
VALOR MAXIMO	60,02	60,068	60,142
VALOR MEDIO	59,943	59,999	60,056
VALOR PROMEDIO	59,94	60,00	60,06
VALOR MINIMO	59,842	59,937	59,97
VALOR PROMEDIO TOTAL		60,00	
VALOR MEDIO TOTAL		60,00	

Tabla 2.1.3.1 Resumen datos de la Frecuencia en Hercios (Hz).

Observaciones:

- La frecuencia promedio es de 60.00Hz.
- La frecuencia máxima registrada es de 60.14Hz. el 23/10/2011 a las 20H38.
- La frecuencia mínima registrada es de 59.84Hz. el 24/10/2011 a las 00H48.

### 2.1.3.2 Datos de frecuencia en el Transformador “B”.

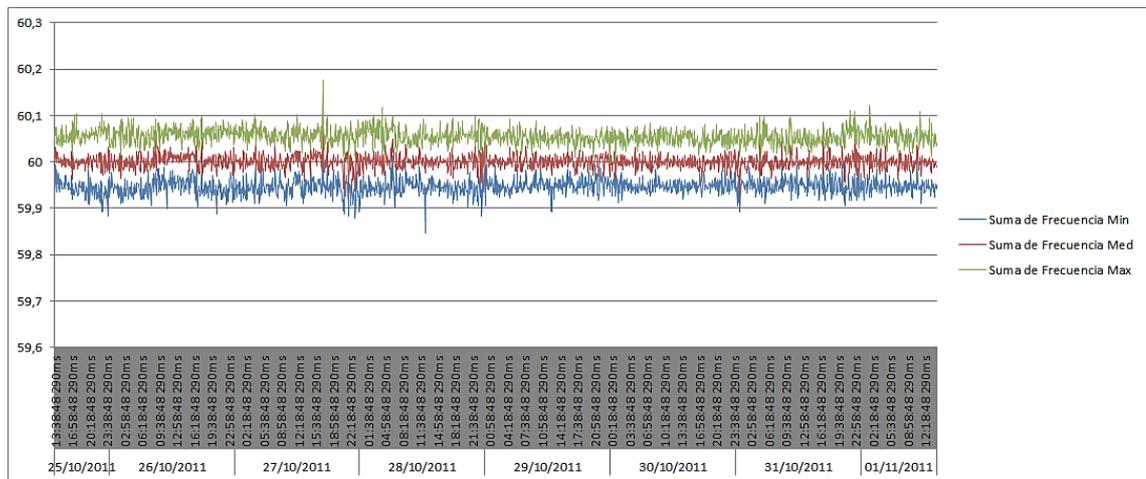


Figura 2.1.3.2 Señal de la Frecuencia Vs. Tiempo.

	Frecuencia Min (Hz)	Frecuencia Med (Hz)	Frecuencia Max (Hz)
VALOR MAXIMO	60,046	60,119	60,176
VALOR MEDIO	59,947	60	60,055
VALOR PROMEDIO	59,95	60,00	60,06
VALOR MINIMO	59,847	59,926	59,994
VALOR PROMEDIO TOTAL	60,00		
VALOR MEDIO TOTAL	60,00		

Tabla 2.1.3.2 Resumen datos de la Frecuencia en Hercios (Hz).

Observaciones:

- La frecuencia promedio es de 60.00Hz.
- La frecuencia máxima registrada es de 60.17Hz. el 17/10/2011 a las 16H58.

- La frecuencia mínima registrada es de 59.84Hz. el 28/10/2011 a las 11H53.

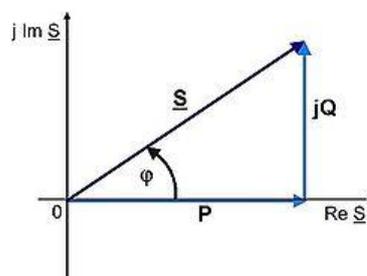
#### 2.1.4 Datos de Potencias.

**La potencia reactiva** (y la energía reactiva) no es una potencia (energía) realmente consumida en la instalación, ya que no produce trabajo útil debido a que su valor medio es nulo. Aparece en una instalación eléctrica en la que existen bobinas o condensadores, y es necesaria para crear campos magnéticos y eléctricos en dichos componentes. Se representa por “Q” y se mide en voltio amperios reactivos (VAr).

La compañía eléctrica mide la energía reactiva con el contador (kVArh) y si se superan ciertos valores, incluye un término de penalización por reactiva en la factura eléctrica.

**La potencia activa** representa la capacidad de una instalación eléctrica para transformar la energía eléctrica en trabajo útil, es decir: mecánica (movimiento o fuerza), lumínica, térmica, química, etc. Esta potencia es realmente la consumida en una instalación eléctrica. Se representa por “P” y se mide en vatios (W). La suma de esta potencia activa a lo largo del tiempo es la energía activa (kWh), que es lo que factura la compañía eléctrica (término de energía)

**La potencia aparente** es la suma vectorial de las potencias activa y reactiva, según se muestra en la siguiente figura. Se representa por “S” y se mide en voltio amperios (VA). Para una tensión dada la potencia aparente es proporcional a la intensidad que circula por la instalación eléctrica.



**Figura 2.1.4** Triangulo de la relación entra las potencias activa “P”, reactiva “Q” y aparente “S”.

Dado que la potencia activa ( $P$ ) es la que define el trabajo útil en las instalaciones eléctricas (necesidades del edificio o planta industrial) podemos considerarla fija. Por tanto a mayor potencia reactiva ( $Q$ ) mayor potencia aparente ( $S$ ) y por tanto mayor circulación de intensidad por la instalación eléctrica.

Es decir, si en una instalación eléctrica existe potencia reactiva ( $Q$ ), hace que la intensidad que circula sea mayor que la necesaria para el trabajo útil demandado.

Esta sobreintensidad produce:

Pérdida de potencia de sus instalaciones: estas se diseñan para una intensidad máxima, si existe potencia reactiva, la potencia útil (activa) máxima de la instalación disminuye.

Aumenta las pérdidas en la instalación: al aumentar la intensidad que circula por los cables, aumentan las pérdidas por efecto joule y el calentamiento de estos.  
Caídas de tensión: al aumentar la intensidad aumentan las caídas de tensión, pudiendo perjudicar sus procesos o equipos.

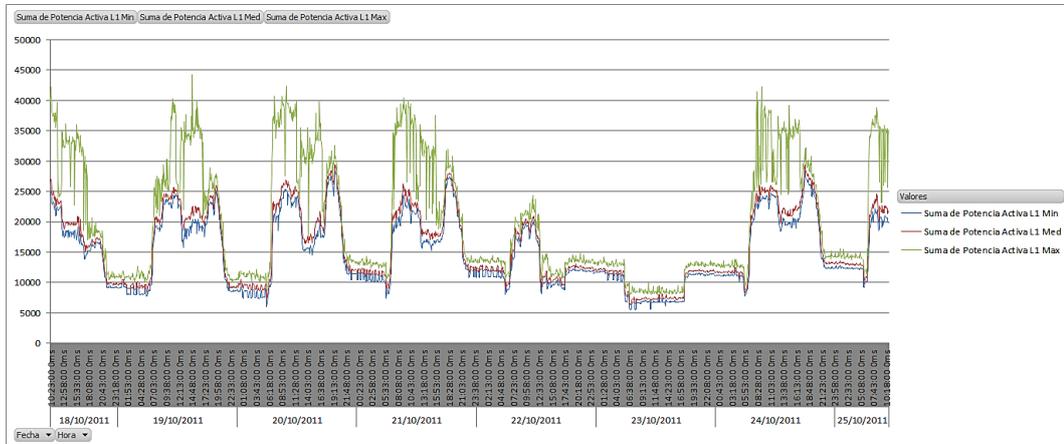
Transformadores recargados o infrautilizados: estos están diseñados para una potencia aparente máxima, por tanto si existiera potencia reactiva estarían más cargados que si no existiese, y estarían "trabajando" más para la potencia útil (activa) demandada.

Para evitar los efectos perjudiciales indicados se realiza la compensación de reactiva. Dado que normalmente en las instalaciones eléctricas existen más bobinas que condensadores, se suelen usar baterías de condensadores para compensar la energía reactiva que demandan los equipos instalados.

Dadas estas consideraciones se puede ir verificando las potencias medidas.

## 2.1.4.1 Datos de potencia activa Transformador “A”.

### a. Potencia activa Línea 1.



**Figura 2.1.4.1** Señal de la Potencia Activa Vs. Tiempo de la Línea 1.

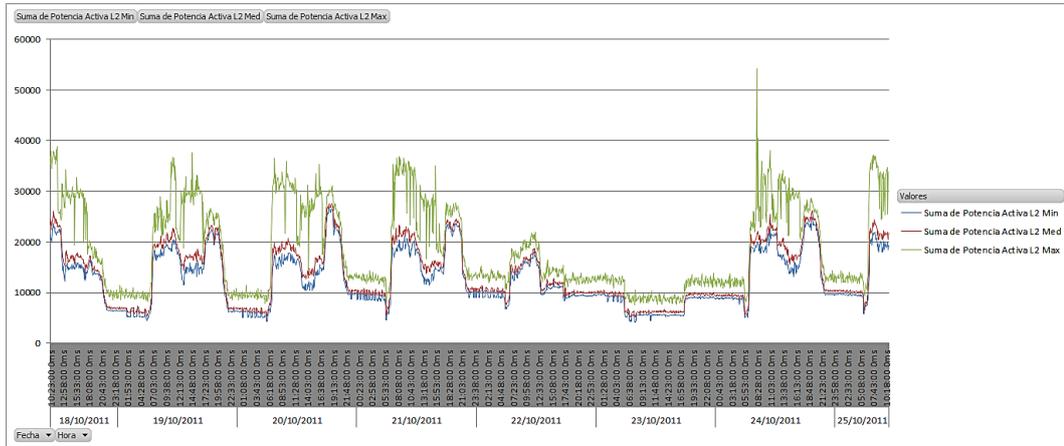
	Potencia Activa L1 Min (W)	Potencia Activa L1 Med (W)	Potencia Activa L1 Max (W)
VALOR MAXIMO	28500	29500	44300
VALOR MEDIO	12400	13100	14500
VALOR PROMEDIO	14853,93	15910,48	20262,28
VALOR MINIMO	5500	6400	8000
VALOR MEDIO TOTAL	13800,00		
VALOR PROMEDIO TOTAL	17008,90		

**Tabla 2.1.4.1** Resumen datos de la Potencia Activa en Vatios (W) de la Línea 1.

Observaciones:

- La potencia activa promedio es de 17,01kW.
- La potencia activa máxima registrada es de 44,3kW. el 19/10/2011 a las 14H58.
- La potencia activa mínima registrada es de 5,5kW. el 23/10/2011 a las 06H58 y 07H58.

b. Potencia activa línea 2.



**Figura 2.1.4.2** Señal de la Potencia Activa Vs. Tiempo en la Línea 2.

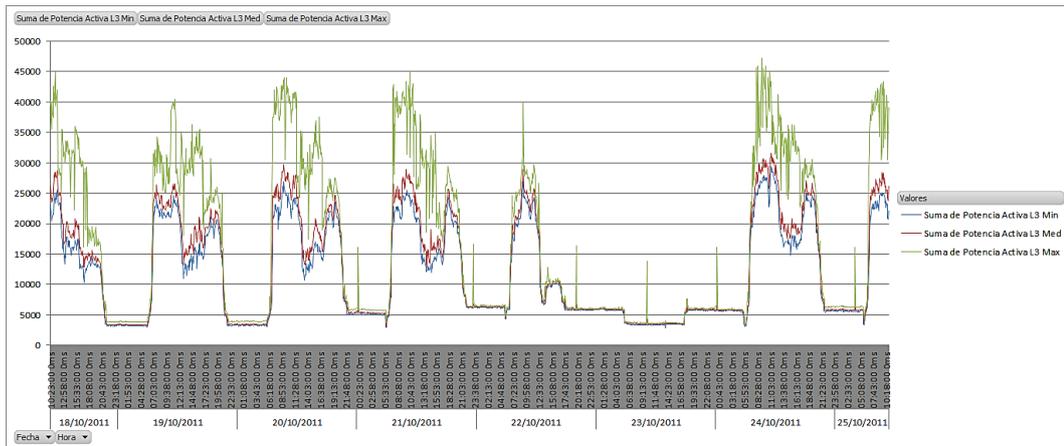
	Potencia Activa L2 Min (W)	Potencia Activa L2 Med (W)	Potencia Activa L2 Max (W)
VALOR MAXIMO	26900	27600	54200
VALOR MEDIO	10400	11500	14200
VALOR PROMEDIO	12424,96	13623,04	18716,41
VALOR MINIMO	4200	5200	7500
VALOR MEDIO TOTAL	13000,00		
VALOR PROMEDIO TOTAL	14921,47		

**Tabla 2.1.4.2** Resumen datos de la Potencia Activa en Vatios (W) de la línea 2.

Observaciones:

- La potencia activa promedio es de 14,92kW.
- La potencia activa máxima registrada es de 54,2kW. el 24/10/2011 a las 08H23.
- La potencia activa mínima registrada es de 4,2kW. el 23/10/2011 a las 07H53 y 07H58.

c. Potencia activa línea 3.



**Figura 2.1.4.3** Señal de Potencia Activa Vs. Tiempo en la Línea 3.

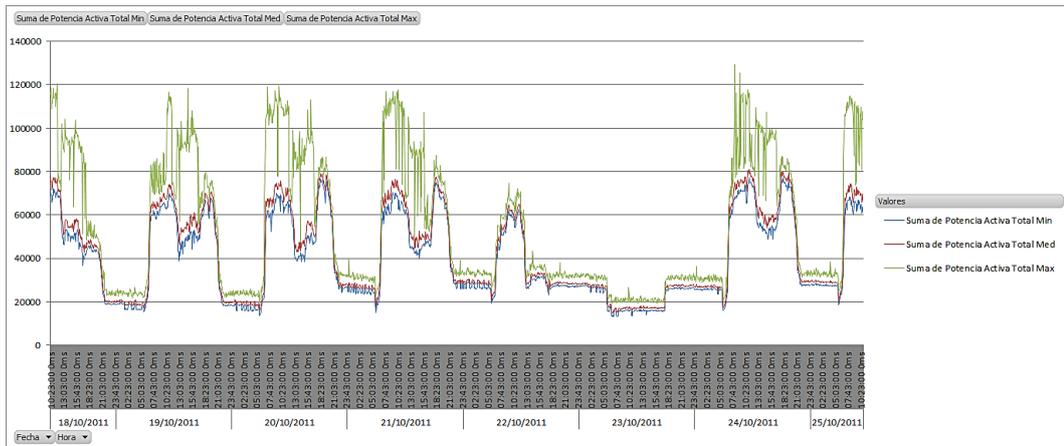
	Potencia Activa L3 Min (W)	Potencia Activa L3 Med (W)	Potencia Activa L3 Max (W)
VALOR MAXIMO	29400	31600	47200
VALOR MEDIO	7200	7600	8900
VALOR PROMEDIO	11671,48	12778,45	17048,54
VALOR MINIMO	2800	3200	3400
VALOR MEDIO TOTAL	7900,00		
VALOR PROMEDIO TOTAL	13832,82		

**Tabla 2.1.4.3** Resumen datos de la Potencia Activa en Vatios (W) de la Línea 3.

Observaciones:

- La potencia activa promedio es de 13,83kW.
- La potencia activa máxima registrada es de 47,2kW. el 24/10/2011 a las 09H23.
- La potencia activa mínima registrada es de 2,8kW. el 23/10/2011 a las 14H03.

d. Potencia activa Total.



**Figura 2.1.4.4** Señal de Potencia Activa Total.

	Potencia Activa Total Min (W)	Potencia Activa Total Med (W)	Potencia Activa Total Max (W)
VALOR MAXIMO	77100	81200	129400
VALOR MEDIO	29200	31100	35700
VALOR PROMEDIO	39419,03	42311,47	55054,62
VALOR MINIMO	13200	15100	19300
VALOR MEDIO TOTAL	33400,00		
VALOR PROMEDIO TOTAL	45595,04		

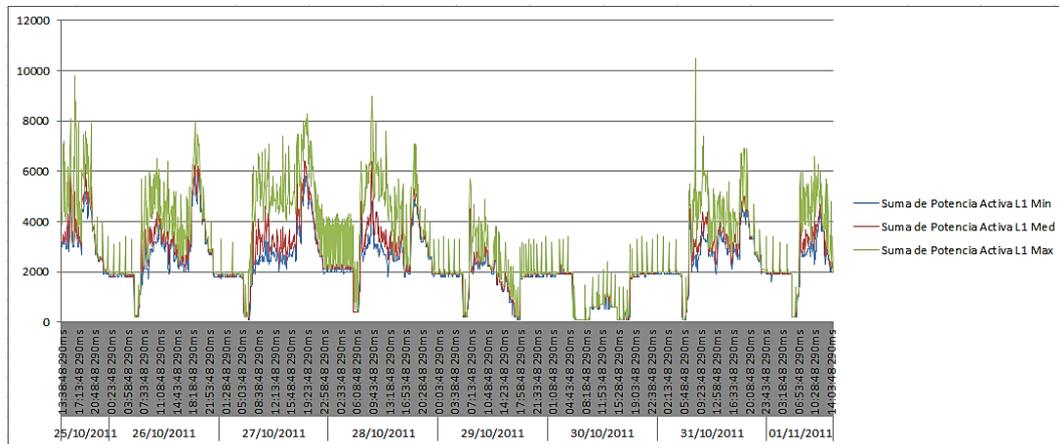
**Tabla 2.1.1.4.4** Resumen datos de Potencia Activa en Vatios (W) Total.

Observaciones:

- La potencia activa promedio total es de 45,59kW.
- La potencia activa media máxima es de 81,20kW
- La potencia activa máxima registrada es de 129,4kW. el 24/10/2011 a las 08H23.
- La potencia activa mínima registrada es de 13,2kW. el 23/10/2011 a las 07H58.

## 2.1.4.2 Datos de potencia activa Transformador “B”.

### a. Datos de potencia activa Línea 1.



**Figura 2.1.4.5** Señal de Potencia Activa Vs. Tiempo de la Línea 1.

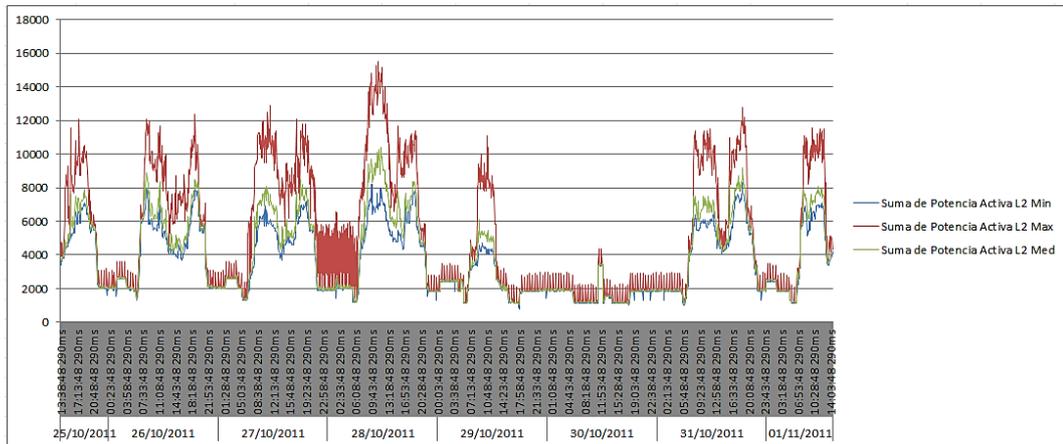
	Potencia Activa L1 Min (W)	Potencia Activa L1 Med (W)	Potencia Activa L1 Max (W)
VALOR MAXIMO	5800	6400	10500
VALOR MEDIO	2100	2200	2800
VALOR PROMEDIO	2263,46	2492,26	3219,48
VALOR MINIMO	100	100	100
VALOR MEDIO TOTAL	2200		
VALOR PROMEDIO TOTAL	2658,40		

**Tabla 2.1.4.5** Resumen datos Potencia Activa en Vatios (W) de la Línea 1.

Observaciones:

- La potencia activa promedio es de 2,65kW.
- La potencia activa máxima registrada es de 10,5kW. el 31/10/2011 a las 08H23.
- La potencia activa mínima registrada es de 0,1kW. el 23/10/2011 a las 17H15 y 09H15.

b. Datos de potencia activa Línea 2.



**Figura 2.1.4.6** Señal de la Potencia Activa Vs. Tiempo de la Línea 2.

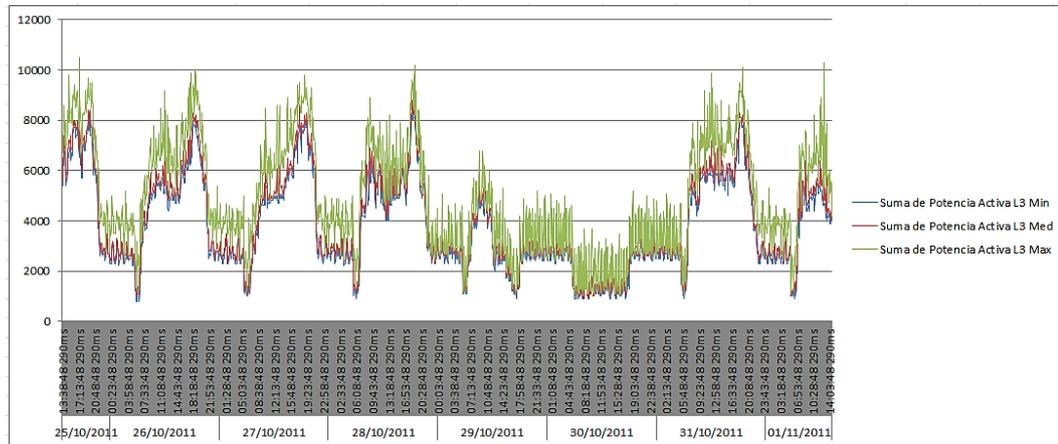
	Potencia Activa L2 Min (W)	Potencia Activa L2 Med (W)	Potencia Activa L2 Max (W)
VALOR MAXIMO	8300	10400	15500
VALOR MEDIO	2600	2600	3850
VALOR PROMEDIO	3538,86	3925,39	5309,32
VALOR MINIMO	800	1000	1100
VALOR MEDIO TOTAL	3000		
VALOR PROMEDIO TOTAL	4257,86		

**Tabla 2.1.4.6** Resumen datos de la Potencia Activa en Vatios (W) de la Línea 2.

Observaciones:

- La potencia activa promedio es de 4,25kW.
- La potencia activa máxima registrada es de 15,5kW. el 28/10/2011 a las 11H08.
- La potencia activa mínima registrada es de 0,8kW. el 29/10/2011 a las 17H58.

c. Datos de potencia activa Línea 3.



**Figura 2.1.4.7** Señal de Potencia Activa Vs. Tiempo de la Línea 3.

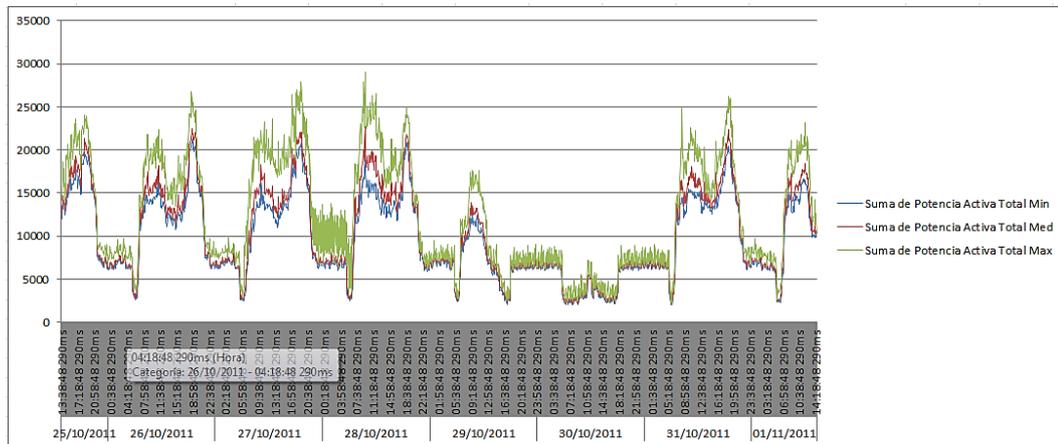
	Potencia Activa L3 Min (W)	Potencia Activa L3 Med (W)	Potencia Activa L3 Max (W)
VALOR MAXIMO	8600	8800	10500
VALOR MEDIO	3000	3200	4400
VALOR PROMEDIO	3749,65	3995,86	4924,21
VALOR MINIMO	800	900	1000
VALOR MEDIO TOTAL	3900		
VALOR PROMEDIO TOTAL	4223,24		

**Tabla 2.1.4.7** Resumen datos de Potencia Activa en Vatios (W) de la línea 3.

Observaciones:

- La potencia activa promedio es de 4,22kW.
- La potencia activa máxima registrada es de 10,5kW. el 25/10/2011 a las 17H23.
- La potencia activa mínima registrada es de 0,8kW. el 23/10/2011 a las 05H58.

d. Datos de potencia activa Total.



**Figura 2.1.4.8** Señal de la Potencia Activa Total Vs. Tiempo.

	Potencia Activa Total Min (W)	Potencia Activa Total Med (W)	Potencia Activa Total Max (W)
VALOR MAXIMO	21300	22700	29000
VALOR MEDIO	7300	7600	10500
VALOR PROMEDIO	9674,85	10415,29	12593,15
VALOR MINIMO	2100	2200	2200
VALOR MEDIO TOTAL	8600		
VALOR PROMEDIO TOTAL	10894,43		

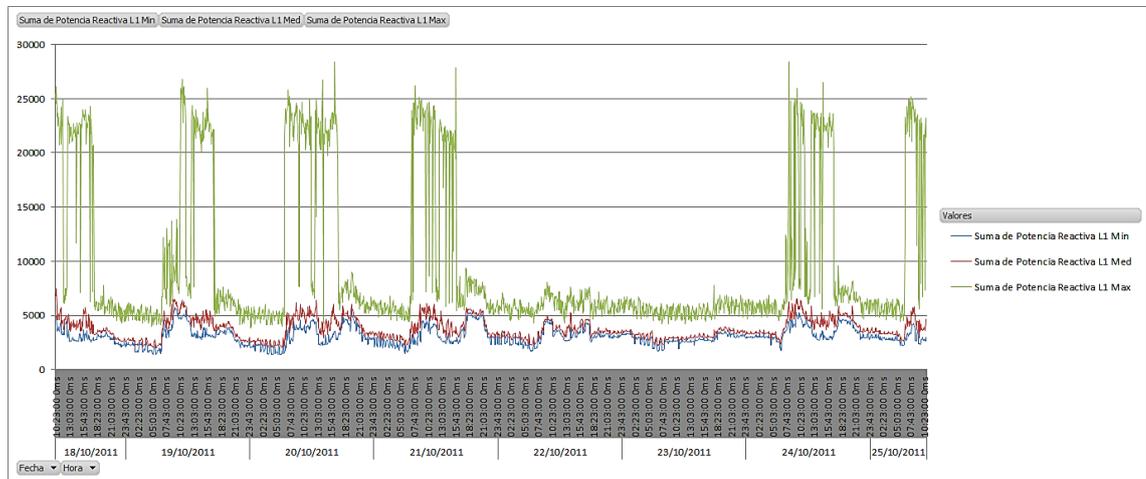
**Tabla 2.1.4.8** Resumen datos de Potencia Activa Total en Vatios (W).

Observaciones:

- La potencia activa promedio es de 10,89kW.
- La potencia activa máxima registrada es de 29,5kW. el 28/10/2011 a las 09H38.
- La potencia activa mínima registrada es de 2,1kW. el 30/10/2011 desde 05H30, hasta las 06H30.

### 2.1.4.3 Datos de potencia reactiva en el Transformador “A”.

#### a. Datos de potencia reactiva línea 1.



**Figura 2.1.4.9** Señal de Potencia Reactiva Vs. Tiempo en la Línea 1.

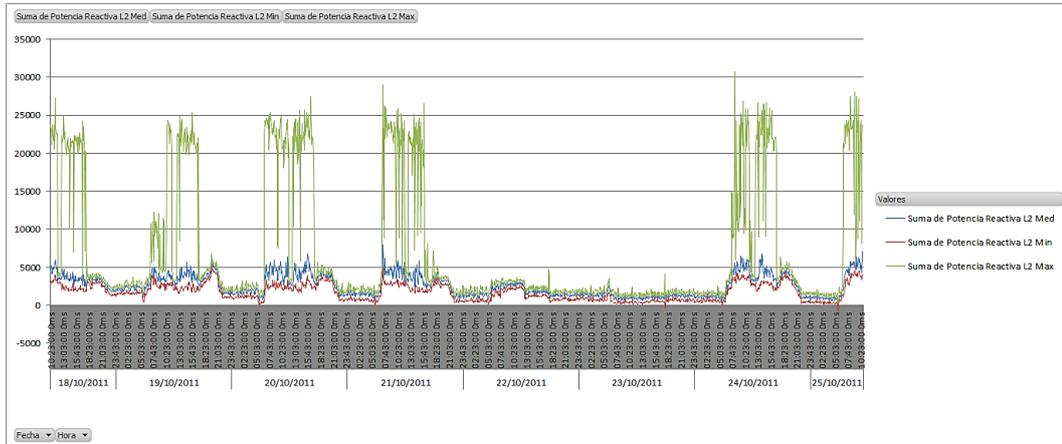
	Potencia Reactiva L1 Min (VAR)	Potencia Reactiva L1 Med (VAR)	Potencia Reactiva L1 Max (VAR)
VALOR MAXIMO	5700	7500	28400
VALOR MEDIO	3000	3500	6200
VALOR PROMEDIO	3078,05	3773,80	9796,05
VALOR MINIMO	1400	2000	3800
VALOR MEDIO TOTAL		4000,00	
VALOR PROMEDIO TOTAL		5549,30	

**Tabla 2.1.4.9** Resumen datos de Potencia Reactiva en Voltio Amperios Resistivos (VAR) en la Línea 1.

Observaciones:

- La potencia reactiva promedio es de 5,54kVAR.
- La potencia reactiva máxima registrada es de 28,4kVAR. el 20/10/2011 a las 16H28.
- La potencia reactiva mínima registrada es de 1,4kVAR. el 19/10/2011 a las 05H30 y a las 06H30.

## b. Datos de potencia reactiva línea 2



**Figura 2.1.4.10** Señal de la Potencia Reactiva Vs. Tiempo en la Línea 2.

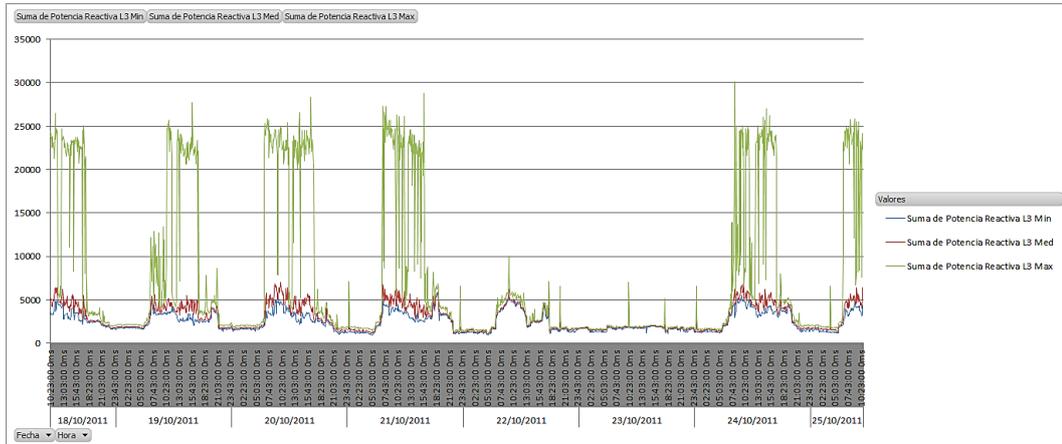
	Potencia Reactiva L2 Min (VAR)	Potencia Reactiva L2 Med (VAR)	Potencia Reactiva L2 Max (VAR)
VALOR MAXIMO	5400	8000	30700
VALOR MEDIO	1600	2300	2800
VALOR PROMEDIO	1682,40	2575,88	7268,41
VALOR MINIMO	-900	-300	100
VALOR MEDIO TOTAL	2100,00		
VALOR PROMEDIO TOTAL	3842,23		

**Tabla 2.1.4.10** Resumen datos de Potencia Reactiva en Voltio Amperios Resistivos (VAR) en la Línea 2.

Observaciones:

- La potencia reactiva promedio es de 3,84kVAR.
- La potencia reactiva máxima registrada es de 30,7kVAR. el 24/10/2011 a las 08H23.
- La potencia reactiva mínima registrada es de -0,9kVAR. el 25/10/2011 a las 05H48.

c. Datos de potencia reactiva línea 3.



**Figura 2.1.4.11** Señal de la Potencia Reactiva Vs. Tiempo en la Línea 3.

	Potencia Reactiva L3 Min (VAR)	Potencia Reactiva L3 Med (VAR)	Potencia Reactiva L3 Max (VAR)
VALOR MAXIMO	5700	7000	30100
VALOR MEDIO	2100	2300	2600
VALOR PROMEDIO	2452,15	2931,93	7556,06
VALOR MINIMO	900	1100	1200
VALOR MEDIO TOTAL	2300,00		
VALOR PROMEDIO TOTAL	4313,38		

**Tabla 2.1.4.11** Resumen datos de la Potencia Reactiva en Voltio Amperios Reactivos (VAR) en la Línea 3.

Observaciones:

- La potencia reactiva promedio es de 4,31kVAR.
- La potencia reactiva máxima registrada es de 30,1kVAR. el 24/10/2011 a las 08H23.
- La potencia reactiva mínima registrada es de 0,9kVAR. el 22/10/2011 a las 05H13.

d. Datos de potencia reactiva Total.

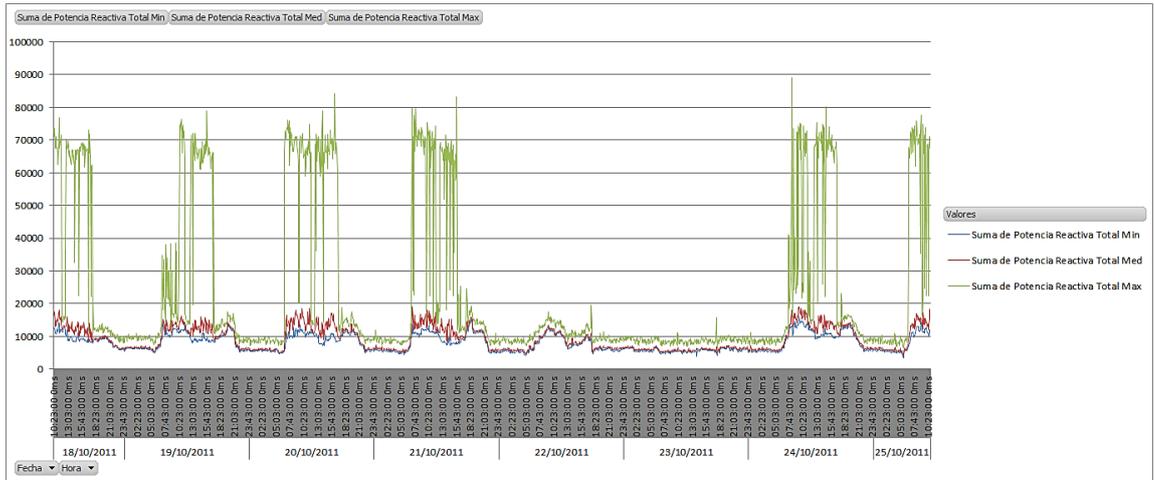


Figura 2.1.4.12 Señal de la Potencia Reactiva Total Vs Tiempo.

	Potencia Reactiva Total Min (VAR)	Potencia Reactiva Total Med (VAR)	Potencia Reactiva Total Max (VAR)
VALOR MAXIMO	15900	19200	89100
VALOR MEDIO	7200	7800	10800
VALOR PROMEDIO	8015,57	9279,44	24035,64
VALOR MINIMO	3500	4100	6300
VALOR MEDIO TOTAL	9100,00		
VALOR PROMEDIO TOTAL	13776,88		

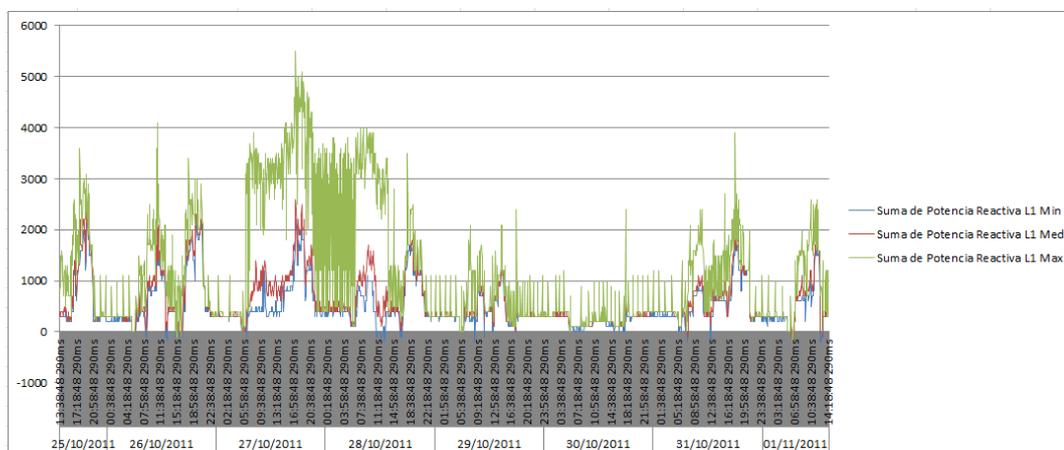
Tabla 2.1.4.12 Resumen datos de la Potencia Reactiva Total en Voltio Amperios Reactivos (VAR).

Observaciones:

- La potencia reactiva promedio es de 13,77kVAR.
- La potencia reactiva máxima registrada es de 89,1kVAR. el 24/10/2011 a las 08H23.
- La potencia reactiva mínima registrada es de 3,5kVAR. el 25/10/2011 a las 05H48.

## 2.1.4.4 Datos de potencia reactiva en el Transformador “B”.

### a. Datos de potencia reactiva Línea 1



**Figura 2.1.4.13** Señal de Potencia reactiva Línea 1.

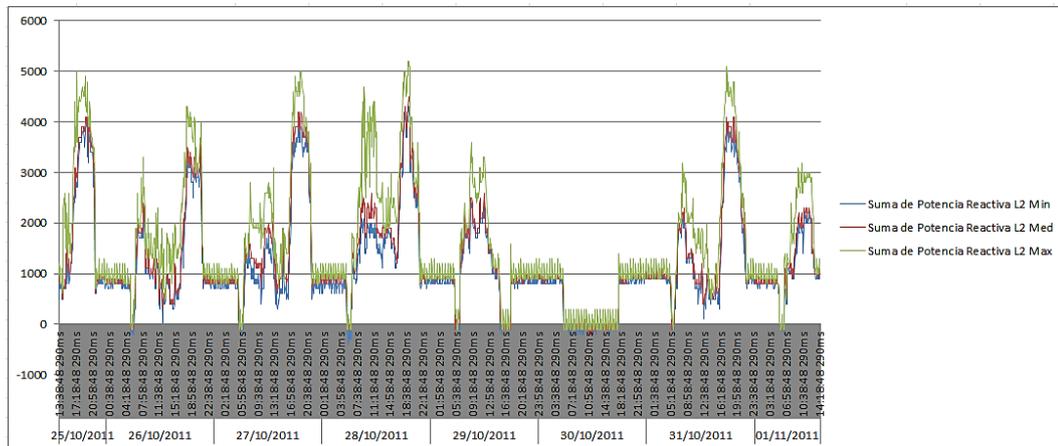
	Potencia Reactiva L1 Min (VAR)	Potencia Reactiva L1 Med (VAR)	Potencia Reactiva L1 Max (VAR)
VALOR MAXIMO	2200	2600	5500
VALOR MEDIO	300	400	700
VALOR PROMEDIO	484,81	596,99	1217,95
VALOR MINIMO	-200	-200	-200
VALOR MEDIO TOTAL		400	
VALOR PROMEDIO TOTAL		766,58	

**Tabla 2.1.4.13** Resumen datos de la Potencia Reactiva en Voltio Amperios Reactivos (VAR) en la Línea 1.

Observaciones:

- La potencia reactiva promedio es de 0,76kVAR.
- La potencia reactiva máxima registrada es de 5,50kVAR. el 27/10/2011 a las 17H28.
- La potencia reactiva mínima registrada es de -0,2kVAR. Entre las 05H00 y las 14H00

b. Datos de potencia reactiva Línea 2.



**Figura 2.1.4.14** Señal de la Potencia Reactiva Vs. Tiempo en la Línea 2.

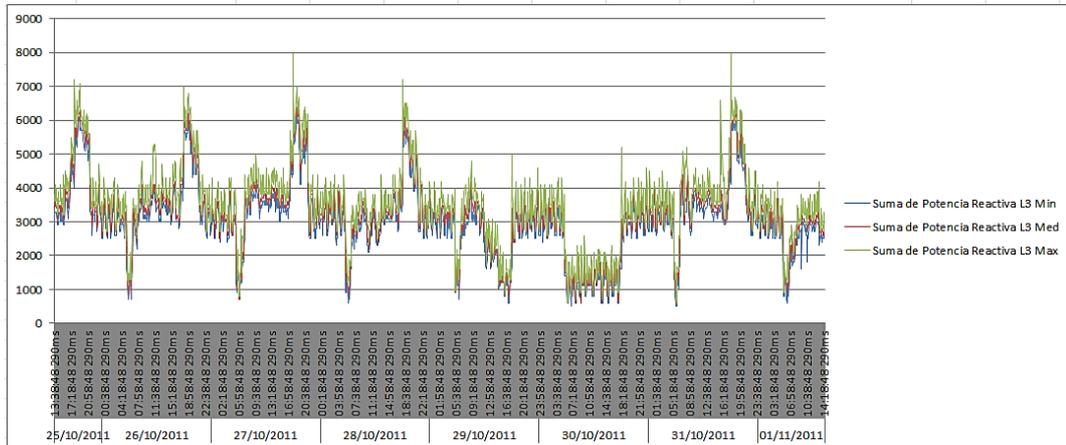
	Potencia Reactiva L2 Min (VAR)	Potencia Reactiva L2 Med (VAR)	Potencia Reactiva L2 Max (VAR)
VALOR MAXIMO	4300	4500	5200
VALOR MEDIO	900	900	1200
VALOR PROMEDIO	1175,30	1304,39	1639,50
VALOR MINIMO	-400	-200	-100
VALOR MEDIO TOTAL	1000		
VALOR PROMEDIO TOTAL	1373,06		

**Tabla 2.1.4.14** Resumen datos de Potencia Reactiva en Voltio Amperio Reactivos (VAR) de la Línea 2.

Observaciones:

- La potencia reactiva promedio es de 13,73kVAR.
- La potencia reactiva máxima registrada es de 5,2kVAR. el 28/10/2011 a las 05H53.
- La potencia reactiva mínima registrada es de -0,4kVAR. el 28/10/2011 a las 19H15.

c. Datos de potencia reactiva Línea 3.



**Figura 2.1.4.15** Señal de la Potencia Reactiva Vs Tiempo de la Línea 3.

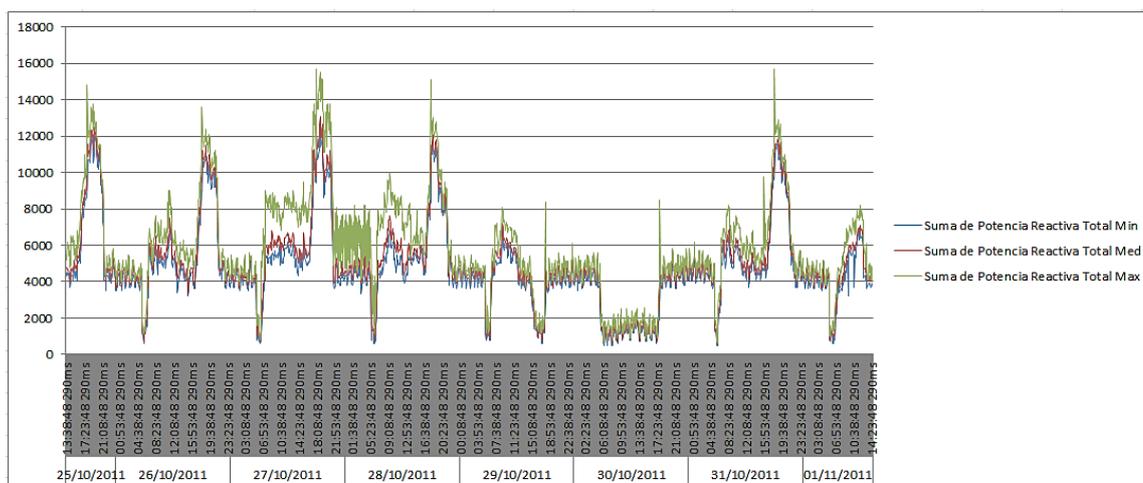
	Potencia Reactiva L3 Min (VAR)	Potencia Reactiva L3 Med (VAR)	Potencia Reactiva L3 Max (VAR)
VALOR MAXIMO	6200	6400	8000
VALOR MEDIO	3000	3300	3500
VALOR PROMEDIO	3000,94	3208,97	3544,53
VALOR MINIMO	500	600	600
VALOR MEDIO TOTAL	3300		
VALOR PROMEDIO TOTAL	3251,48		

**Tabla 2.1.4.15** Resumen datos de Potencia Reactiva en Voltio Amperios Reactivos (VAR) de la Línea 3.

Observaciones:

- La potencia reactiva promedio es de 3,25kVAR.
- La potencia reactiva máxima registrada es de 8,0kVAR. el 27/10/2011 a las 08H03.
- La potencia reactiva mínima registrada es de 0,5kVAR. el 31/10/2011 a las 06H05.

d. Datos de potencia reactiva Total.



**Figura 2.1.4.16** Señal de Potencia Reactiva Total Vs. Tiempo.

	Potencia Reactiva Total Min (VAR)	Potencia Reactiva Total Med (VAR)	Potencia Reactiva Total Max (VAR)
VALOR MAXIMO	12600	13100	15700
VALOR MEDIO	4400	4700	5400
VALOR PROMEDIO	4753,30	5110,85	5990,19
VALOR MINIMO	500	600	600
VALOR MEDIO TOTAL	4800		
VALOR PROMEDIO TOTAL	5284,78		

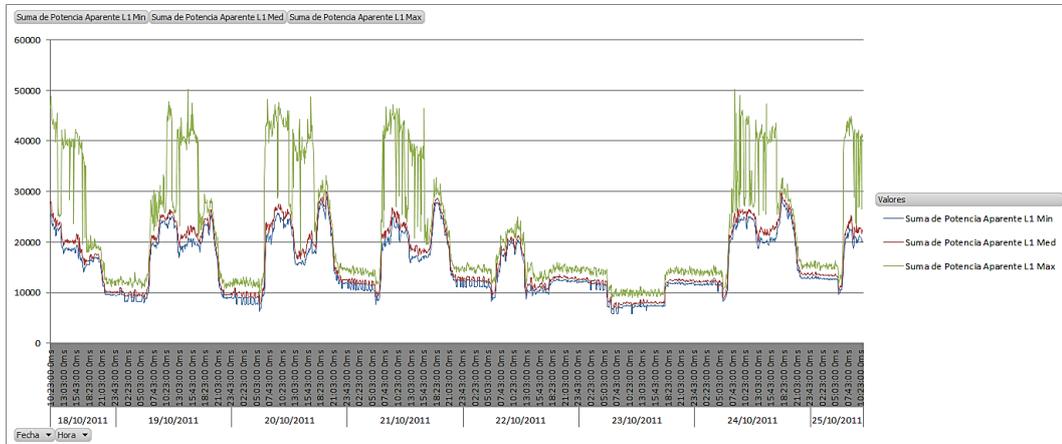
**Tabla 2.1.4.16** Resumen datos de Potencia Reactiva Total en Voltio Amperios Reactivos (VAR).

Observaciones:

- La potencia reactiva promedio es de 5,28kVAR.
- La potencia reactiva máxima registrada es de 15,7kVAR. el 27/10/2011 a las 18H03.
- La potencia reactiva mínima registrada es de 0,5kVAR. el 30/10/2011 a las 06H30.

## 2.1.4.5 Datos de potencia aparente Transformador “A”.

### a. Datos de potencia aparente Línea 1



**Figura 2.1.4.17** Señal de la Potencia Aparente Vs Tiempo de la Línea 1.

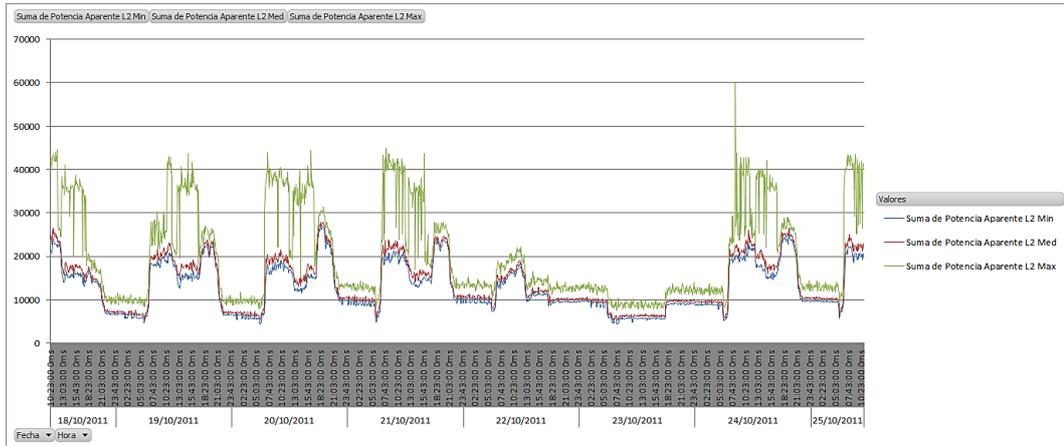
	Potencia Aparente L1 Min (VA)	Potencia Aparente L1 Med (VA)	Potencia Aparente L1 Max (VA)
VALOR MAXIMO	29100	30000	50300
VALOR MEDIO	12800	13600	15600
VALOR PROMEDIO	15247,21	16380,03	22495,55
VALOR MINIMO	5800	6800	9000
VALOR MEDIO TOTAL		14900,00	
VALOR PROMEDIO TOTAL		18040,93	

**Tabla 2.1.4.17** Resumen datos de la Potencia Aparente en (VA) de la Línea 1.

Observaciones:

- La potencia aparente promedio es de 18,04kVA.
- La potencia aparente máxima registrada es de 50,3kVA. el 19/10/2011 a las 14H58.
- La potencia aparente mínima registrada es de 5,8kVA. el 23/10/2011 a las 06H30.

b. Datos de potencia aparente Línea 2.



**Figura 2.1.4.18** Señal de la Potencia Aparente Vs. Tiempo de la Línea 2.

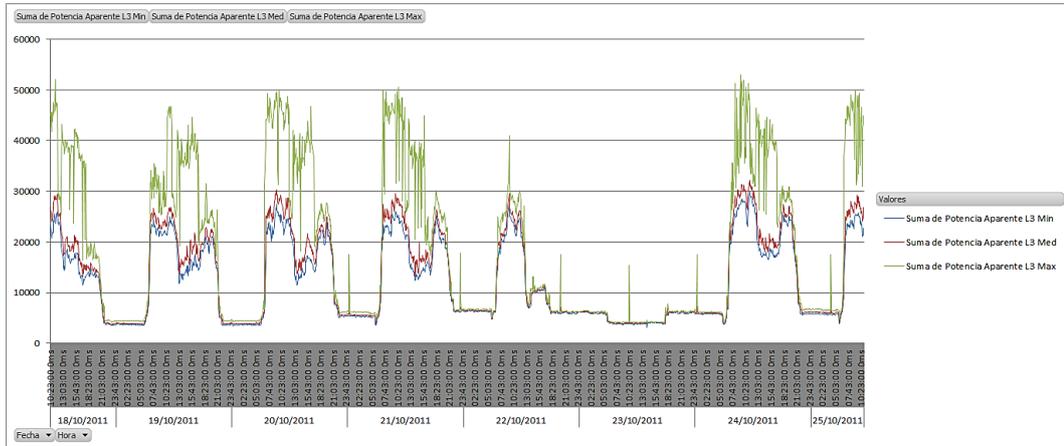
	Potencia Aparente L2 Min (VA)	Potencia Aparente L2 Med (VA)	Potencia Aparente L2 Max (VA)
VALOR MAXIMO	27300	28000	60100
VALOR MEDIO	10600	11600	14400
VALOR PROMEDIO	12790,11	13914,29	20396,79
VALOR MINIMO	4500	5300	7500
VALOR MEDIO TOTAL		13200,00	
VALOR PROMEDIO TOTAL		15700,40	

**Tabla 2.1.4.18** Resumen datos de la Potencia Aparente en Voltio Amperios (VA) de la Línea 2.

Observaciones:

- La potencia aparente promedio es de 15,7kVA.
- La potencia aparente máxima registrada es de 60,1kVA. el 19/10/2011 a las 14H58.
- La potencia aparente mínima registrada es de 4,5kVA. el 23/10/2011 a las 06H58.

### c. Datos de potencia aparente Línea 3



**Figura 2.1.4.19** Señal de la Potencia Aparente Vs. Tiempo de la Línea 3.

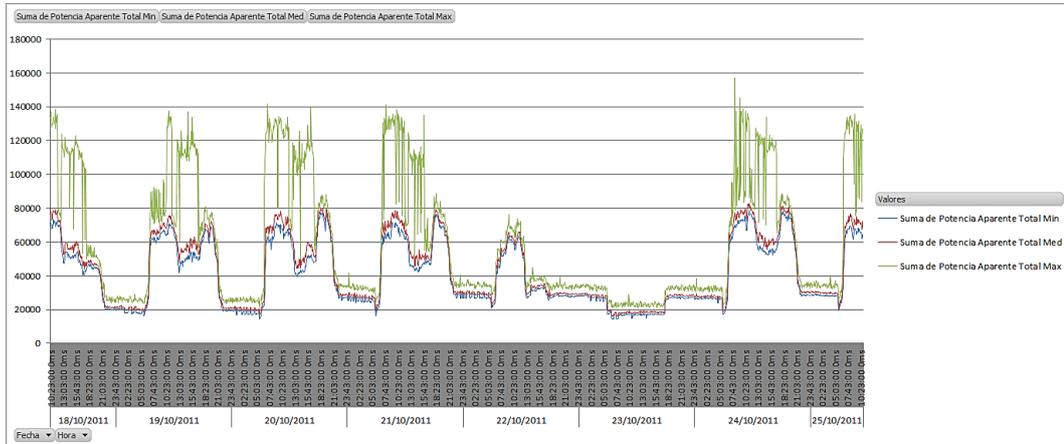
	Potencia Aparente L3 Min (VA)	Potencia Aparente L3 Med (VA)	Potencia Aparente L3 Max (VA)
VALOR MAXIMO	29800	32100	53000
VALOR MEDIO	7500	7900	9400
VALOR PROMEDIO	12021,11	13162,83	18823,53
VALOR MINIMO	3100	3700	4000
VALOR MEDIO TOTAL	8300,00		
VALOR PROMEDIO TOTAL	14669,15		

**Tabla 2.1.4.19** Resumen datos de la Potencia Aparente en Voltio Amperios (VA) de la Línea 3.

Observaciones:

- La potencia aparente promedio es de 14,66kVA.
- La potencia aparente máxima registrada es de 53,00VA. el 24/10/2011 a las 09H23.
- La potencia aparente mínima registrada es de 3,10kVA. el 23/10/2011 a las 14H03.

#### d. Datos de potencia aparente Total



**Figura 2.1.4.20** Señal de la Potencia Aparente Total Vs. Tiempo

	Potencia Aparente Total Min (VA)	Potencia Aparente Total Med (VA)	Potencia Aparente Total Max (VA)
VALOR MAXIMO	78500	82800	157200
VALOR MEDIO	30100	32300	37800
VALOR PROMEDIO	40432,72	43457,98	60831,74
VALOR MINIMO	14100	16100	20700
VALOR MEDIO TOTAL		34900,00	
VALOR PROMEDIO TOTAL		48240,81	

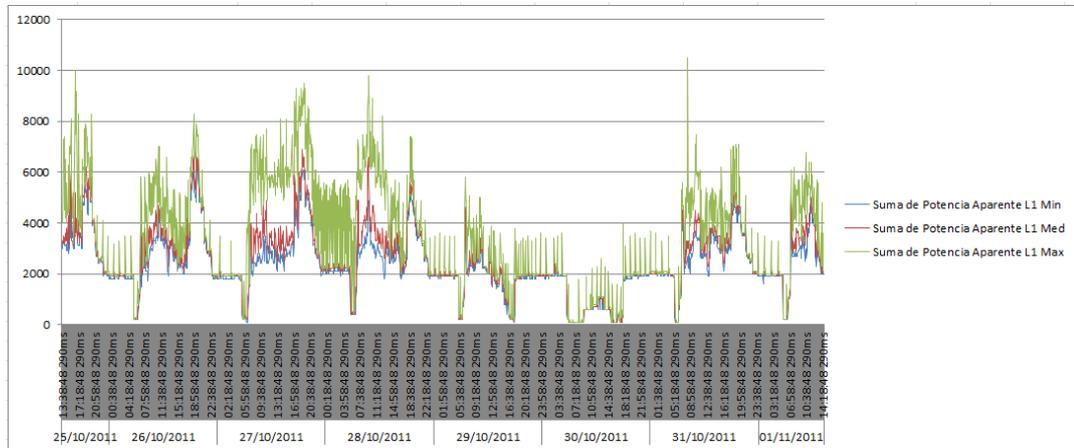
**Tabla 2.1.4.20** Resumen datos de la Potencia Aparente Total en Voltio Amperio (VA).

Observaciones:

- La potencia aparente promedio es de 18,04kVA.
- La potencia aparente máxima registrada es de 157,2kVA. el 24/10/2011 a las 08H23.
- La potencia aparente mínima registrada es de 14,1kVA. el 23/10/2011 a las 07H58.

## 2.1.4.6 Datos de potencia aparente Transformador “B”.

### a. Datos de potencia aparente Línea 1



**Figura 2.1.4.21** Señal de la Potencia Aparente Vs. Tiempo de la Línea 1.

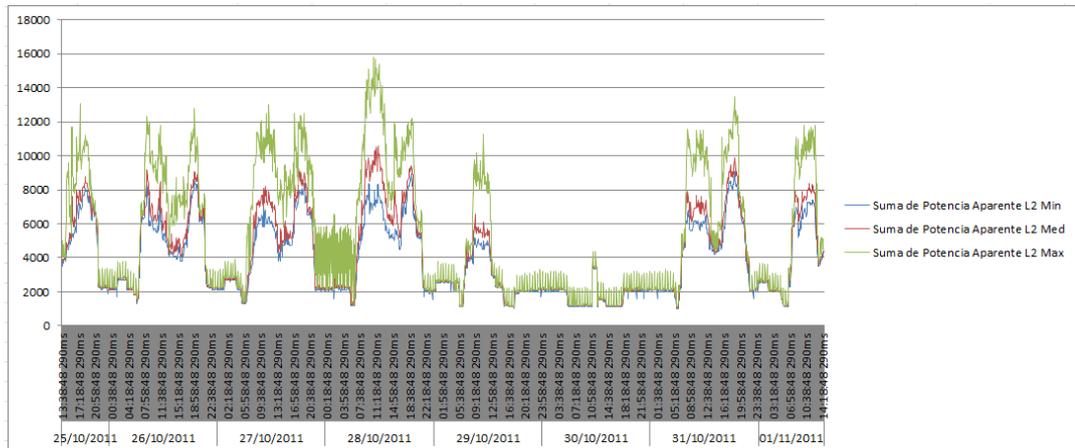
	Potencia Aparente L1 Min (VA)	Potencia Aparente L1 Med (VA)	Potencia Aparente L1 Max (VA)
VALOR MAXIMO	6200	6900	10500
VALOR MEDIO	2100	2300	3000
VALOR PROMEDIO	2334,47	2581,16	3460,06
VALOR MINIMO	100	100	100
VALOR MEDIO TOTAL	2300		
VALOR PROMEDIO TOTAL	2791,90		

**Tabla 2.1.4.21** Resumen datos de Potencia Aparente en Voltio Amperios (VA) de la Línea 1.

Observaciones:

- La potencia aparente promedio es de 2,79kVA.
- La potencia aparente máxima registrada es de 10,5kVA. el 31/10/2011 a las 08H23.
- La potencia aparente mínima registrada es de 0,10kVA. el 30/10/2011 entre las 06h30 y las 09h30

b. Datos de potencia aparente Línea 2.



**Figura 2.1.4.22** Señal de la Potencia Aparente Vs. Tiempo de la Línea 2.

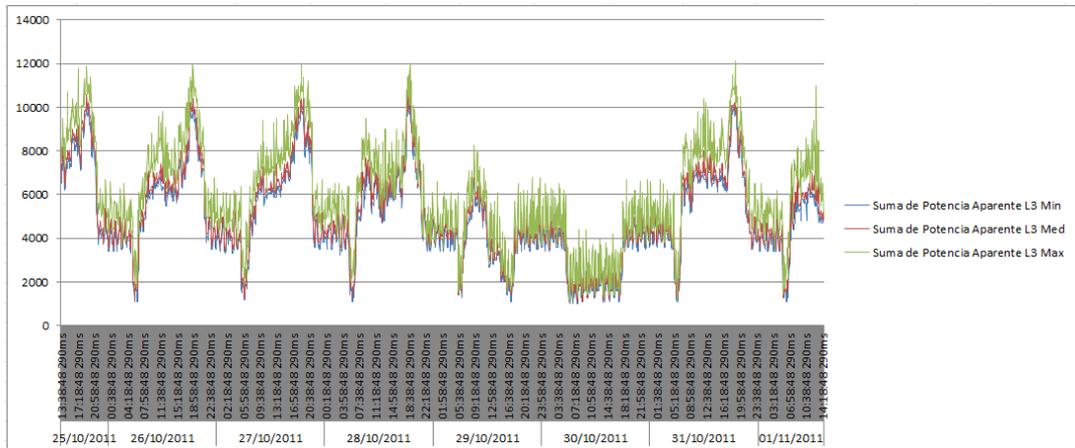
	Potencia Aparente L2 Min (VA)	Potencia Aparente L2 Med (VA)	Potencia Aparente L2 Max (VA)
VALOR MAXIMO	9100	10600	15800
VALOR MEDIO	2700	2800	4100
VALOR PROMEDIO	3795,46	4185,50	5536,19
VALOR MINIMO	1000	1000	1100
VALOR MEDIO TOTAL	3200		
VALOR PROMEDIO TOTAL	4505,72		

**Tabla 2.1.4.22** Resumen datos de Potencia Aparente en Voltio Amperios (VA) de la Línea 2.

Observaciones:

- La potencia aparente promedio es de 4,50kVA.
- La potencia aparente máxima registrada es de 15,8kVA. el 28/10/2011 a las 10H43.
- La potencia aparente mínima registrada es de 1,0kVA. el 29/10/2011 a las 17H53.

c. Datos de potencia aparente Línea 3



**Figura 2.1.4.23** Señal de la Potencia Aparente Vs. Tiempo de la Línea 3.

	Potencia Aparente L3 Min (VA)	Potencia Aparente L3 Med (VA)	Potencia Aparente L3 Max (VA)
VALOR MAXIMO	10500	10700	12100
VALOR MEDIO	4500	4800	5800
VALOR PROMEDIO	4879,39	5177,07	6055,13
VALOR MINIMO	1000	1100	1100
VALOR MEDIO TOTAL	5100		
VALOR PROMEDIO TOTAL	5370,53		

**Tabla 2.1.4.23** Resumen datos de Potencia Aparente en Voltio Amperio (VA) de la Línea 3.

Observaciones:

- La potencia aparente promedio es de 5,37kVA.
- La potencia aparente máxima registrada es de 12,1kVA. el 31/10/2011 a las 18H58.
- La potencia aparente mínima registrada es de 1,0kVA. el 30/10/2011 a las 06H28.

d. Datos de potencia aparente Total

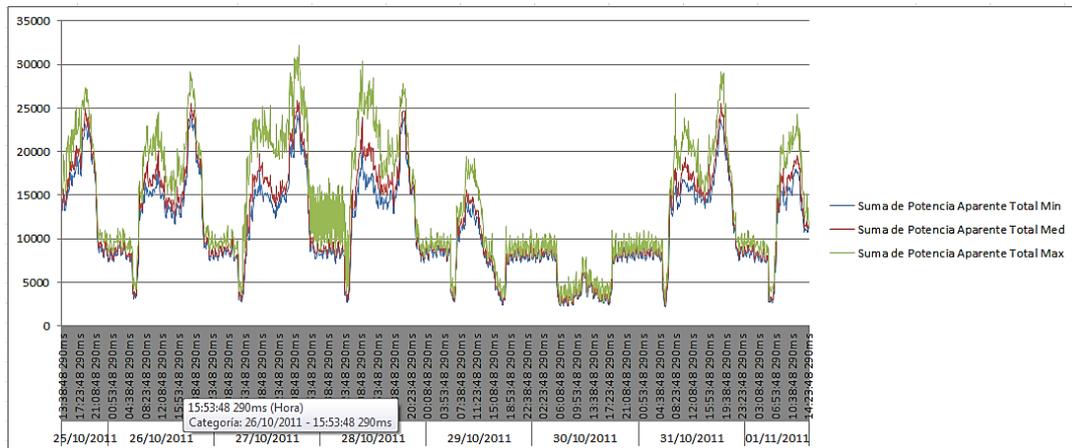


Figura 2.1.4.24 Señal de la Potencia Aparente Total Vs Tiempo.

	Potencia Aparente Total Min (VA)	Potencia Aparente Total Med (VA)	Potencia Aparente Total Max (VA)
VALOR MAXIMO	24600	25900	32200
VALOR MEDIO	9100	9500	12100
VALOR PROMEDIO	11129,73	11945,07	14230,23
VALOR MINIMO	2200	2300	2400
VALOR MEDIO TOTAL	10300		
VALOR PROMEDIO TOTAL	12435,01		

Tabla 2.1.4.24 Resumen datos de Potencia Aparente Total en Voltio Amperios (VA).

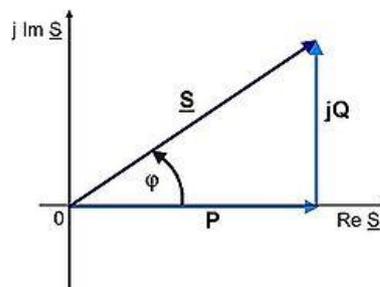
Observaciones:

- La potencia aparente promedio es de 12,43kVA.
- La potencia aparente máxima registrada es de 32,2kVA. el 27/10/2011 a las 19H53.
- La potencia aparente mínima registrada es de 2,2kVA. el 31/10/2011 a las 06H13.

### 2.1.5 Datos de factor de potencia

El factor de potencia (f.d.p.) de una instalación eléctrica alimentada con corriente alterna, se define como el cociente entre la potencia activa (P) y la potencia aparente (S).

Si las corrientes y tensiones son señales perfectamente sinusoidales, el factor de potencia será igual al  $\cos \varphi$ , o el coseno del ángulo que forman P y S en el triángulo de potencias:



**Figura 2.1.5.1** Triángulo de la relación entre las potencias activa “P”, reactiva “Q” y aparente “S”.

Si el factor de potencia (f.d.p.), o  $\cos \varphi$ , es igual a 1 significa que la potencia reactiva es nula, y la potencia activa y aparente son iguales. Por tanto la intensidad que circula por los cables es la estrictamente necesaria para la potencia útil demandada en la instalación.

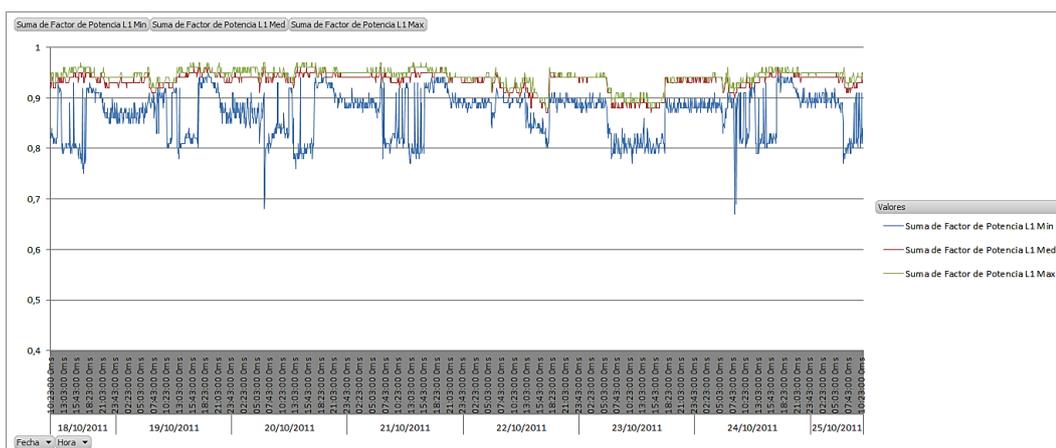
Si el factor de potencia (f.d.p.), o  $\cos \varphi$ , es igual menor que 1 significa que la potencia reactiva no es nula, y la potencia activa y aparente no son iguales. Por tanto la intensidad que circula por los cables es mayor que la estrictamente necesaria para la potencia útil demandada en la instalación. Comparado con el caso anterior,  $\text{fdp}=1$ , existen mayores pérdidas y calentamientos en los cables, se pierde capacidad de transportar potencia en la instalación y se producen mayores caídas de tensión.

Si el factor de potencia (f.d.p.), o  $\cos \varphi$ , se aleja mucho del valor 1 es necesaria la compensación de la energía reactiva para evitar penalizaciones en la factura eléctrica, y sobrecargas y caídas de tensión en la instalación eléctrica.

Con estas consideraciones y regulación N°004/001 del CONELEC la cual establece que el valor mínimo del factor de potencia debe ser de 0,92. Se revisará los datos obtenidos con el analizador de energía Fluke 435.

### 2.1.5.1 Datos de factor de potencia Transformador “A”.

#### a. Datos de factor de potencia Línea 1



**Figura 2.1.5.2** Señal del Factor de Potencia Vs. Tiempo en la Línea 1.

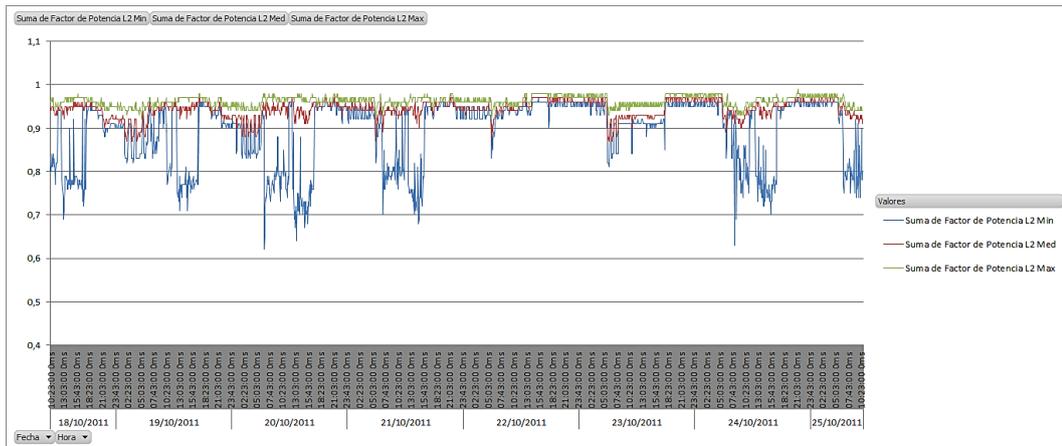
	Factor de Potencia L1 Min	Factor de Potencia L1 Med	Factor de Potencia L1 Max
VALOR MAXIMO	0,95	0,96	0,97
VALOR MEDIO	0,88	0,94	0,95
VALOR PROMEDIO	0,87	0,93	0,94
VALOR MINIMO	0,67	0,87	0,88
VALOR MEDIO TOTAL	0,93		
VALOR PROMEDIO TOTAL	0,91		

**Tabla 2.1.5.2** Resumen datos del Factor de Potencia en la Línea 1

Observaciones:

- El factor de potencia promedio es de 0,91.
- El factor de potencia mínima registrada es de 0,67 el 24/10/2011 a las 08H23.
- El factor de potencia máxima registrada es de 0,97 el 18/10/2011 a las 16H43.

b. Datos factor de potencia Línea 2.



**Figura 2.1.5.3** Señal de Factor de Potencia Vs. Tiempo en la Línea 2.

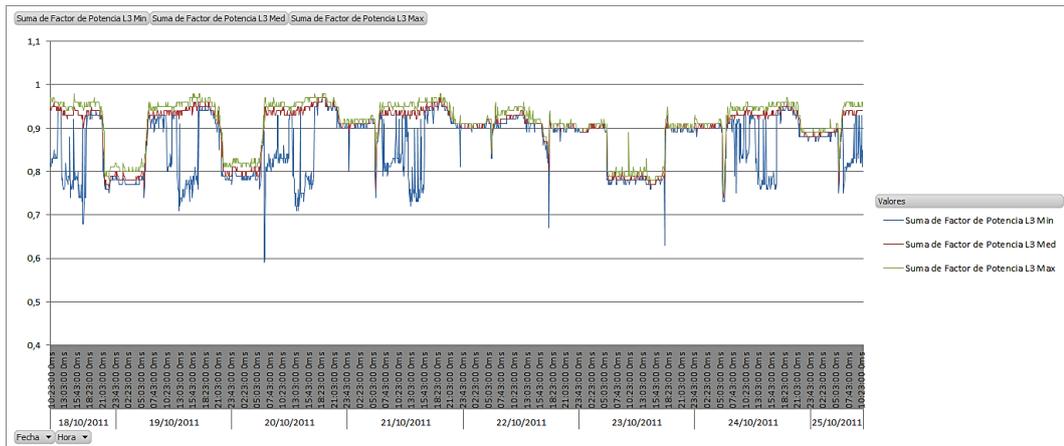
	Factor de Potencia L2 Min	Factor de Potencia L2 Med	Factor de Potencia L2 Max
VALOR MAXIMO	0,97	0,97	0,99
VALOR MEDIO	0,92	0,95	0,96
VALOR PROMEDIO	0,89	0,94	0,96
VALOR MINIMO	0,62	0,87	0,92
VALOR MEDIO TOTAL	0,95		
VALOR PROMEDIO TOTAL	0,93		

**Tabla 2.1.5.3** Resumen datos de factor de potencia en la Línea 2.

Observaciones:

- El factor de potencia promedio es de 0,93.
- El factor de potencia mínimo registrado es de 0,62 el 20/10/2011 a las 06H48.
- El factor de potencia máximo registrado es de 0,99 el 24/10/2011 a las 21H28.

c. Datos Factor de potencia Línea 3



**Figura 2.1.5.4** Señal de Factor Potencia Vs. Tiempo de la Línea 3.

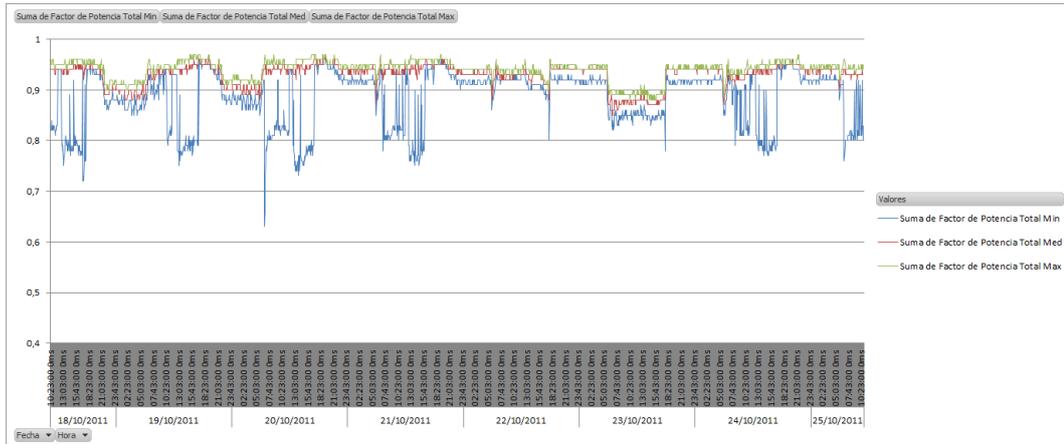
	Factor de Potencia L3 Min	Factor de Potencia L3 Med	Factor de Potencia L3 Max
VALOR MAXIMO	0,97	0,97	0,98
VALOR MEDIO	0,89	0,91	0,92
VALOR PROMEDIO	0,86	0,90	0,91
VALOR MINIMO	0,59	0,74	0,75
VALOR MEDIO TOTAL	0,91		
VALOR PROMEDIO TOTAL	0,89		

**Tabla 2.1.5.5** Resumen datos de Factor de Potencia Línea 3.

Observaciones:

- El factor de potencia promedio es de 0,89.
- El factor de potencia mínimo registrado es de 0,59 el 20/10/2011 a las 06H48.
- El factor de potencia máximo registrado es de 0,98 el 18/10/2011 a las 15H23.

d. Datos de factor de potencia TOTAL.



**Figura 2.1.5.6** Señal de Factor de Potencia Total VS. Tiempo.

	Factor de Potencia Total Min	Factor de Potencia Total Med	Factor de Potencia Total Max
VALOR MAXIMO	0,96	0,97	0,97
VALOR MEDIO	0,91	0,94	0,95
VALOR PROMEDIO	0,88	0,93	0,94
VALOR MINIMO	0,63	0,85	0,88
VALOR MEDIO TOTAL	0,93		
VALOR PROMEDIO TOTAL	0,92		

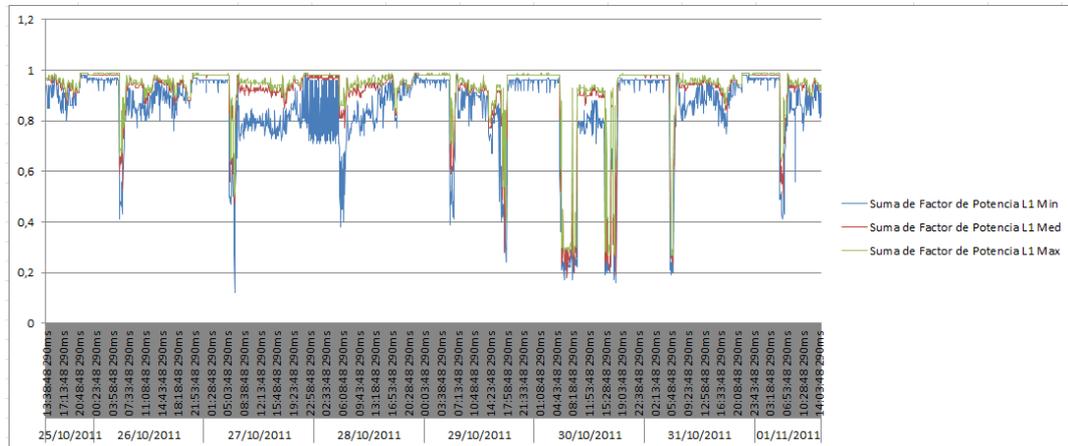
**Tabla 2.1.5.6** Resumen datos de factor de potencia total.

Observaciones:

- El factor de potencia promedio es de 0,92.
- El factor de potencia mínimo registrado es de 0,63 el 20/10/2011 a las 06H48.
- El factor de potencia máximo registrado es de 0,97 el 19/10/2011 a las 15H23.

## 2.1.5.2 Datos de factor de potencia Transformador “B”.

### a. Datos de factor de potencia Línea 1



**Figura 2.1.5.7** Señal de Factor de Potencia Vs. Tiempo de la Línea 1.

	Factor de Potencia L1 Min	Factor de Potencia L1 Med	Factor de Potencia L1 Max
VALOR MAXIMO	0,98	0,99	0,99
VALOR MEDIO	0,9	0,95	0,96
VALOR PROMEDIO	0,85	0,91	0,93
VALOR MINIMO	0,12	0,18	0,27
VALOR MEDIO TOTAL	0,95		
VALOR PROMEDIO TOTAL	0,90		

**Tabla 2.1.5.7** Resumen datos de Factor de Potencia Línea 1.

Observaciones:

- El factor de potencia promedio es de 0,90.
- El factor de potencia mínimo registrado es de 0,12 el 27/10/2011 a las 06H43.
- El factor de potencia máximo registrado es de 0,99 el 25/10/2011 a las 15H28.

b. Datos de factor de potencia Línea 2

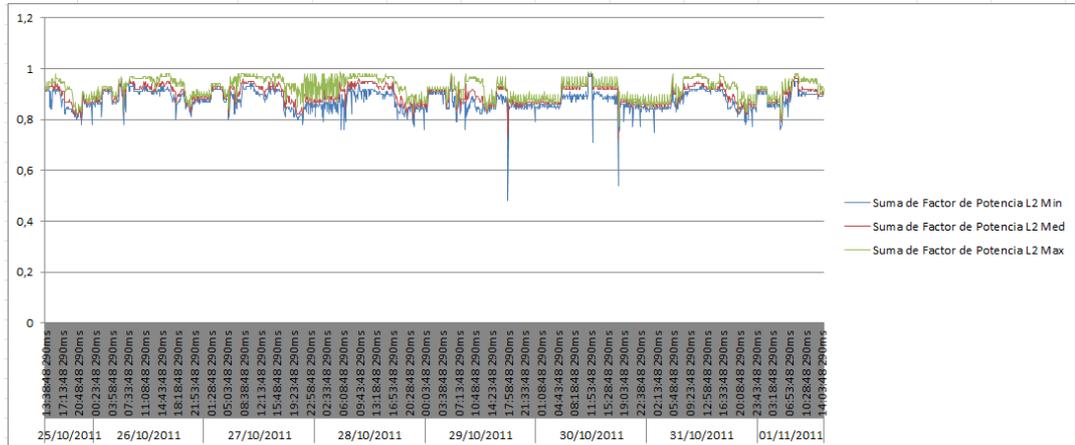


Figura 2.1.5.8 Señal de Factor de Potencia Vs. Tiempo de Línea 2.

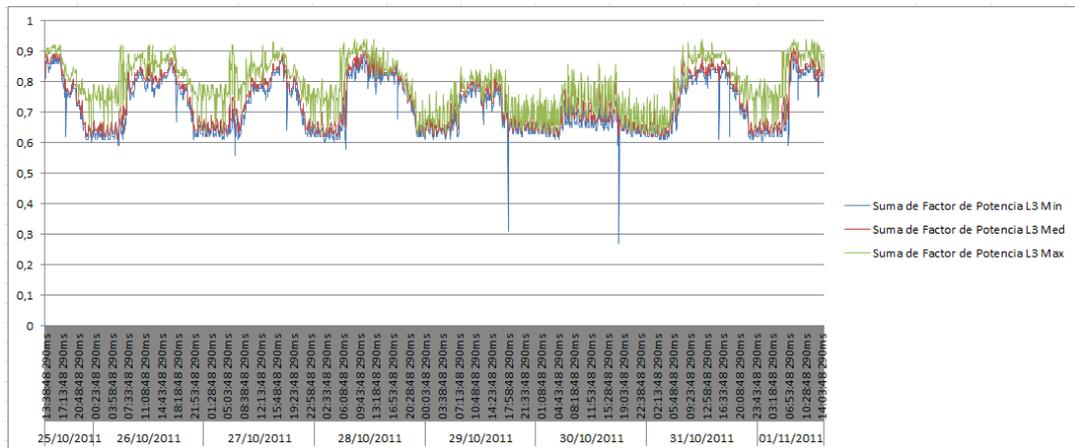
	Factor de Potencia L2 Min	Factor de Potencia L2 Med	Factor de Potencia L2 Max
VALOR MAXIMO	0,98	0,98	0,99
VALOR MEDIO	0,88	0,9	0,93
VALOR PROMEDIO	0,88	0,90	0,92
VALOR MINIMO	0,48	0,72	0,77
VALOR MEDIO TOTAL	0,90		
VALOR PROMEDIO TOTAL	0,90		

Tabla 2.1.5.9 Resumen datos de Factor de Potencia de la Línea 2.

Observaciones:

- El factor de potencia promedio es de 0,90.
- El factor de potencia mínimo registrado es de 0,48 el 29/10/2011 a las 15H58.
- El factor de potencia máximo registrado es de 0,99 el 28/10/2011 a las 05H38.

c. Datos de factor de potencia Línea 3



**Figura 2.1.5.10** Señal de Factor de Potencia Vs. Tiempo de la Línea 3.

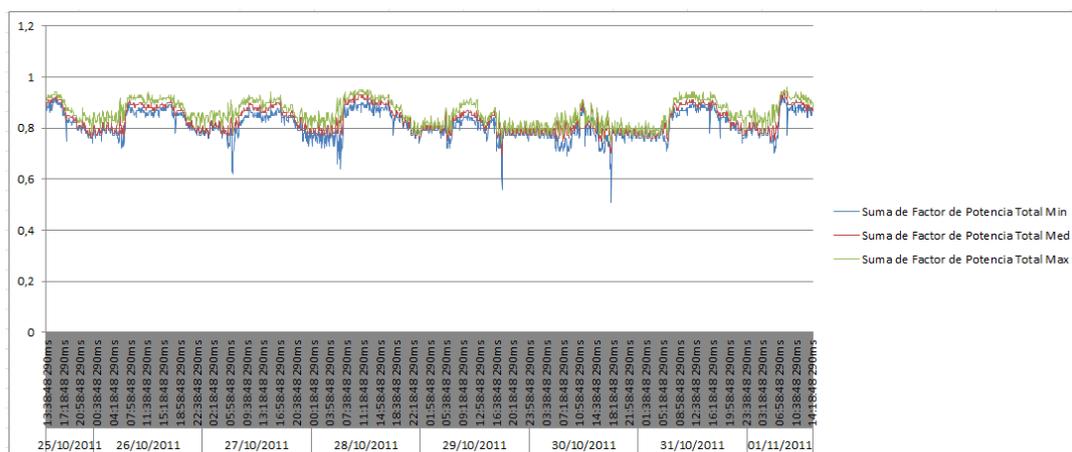
	Factor de Potencia L3 Min	Factor de Potencia L3 Med	Factor de Potencia L3 Max
VALOR MAXIMO	0,89	0,91	0,94
VALOR MEDIO	0,7	0,73	0,79
VALOR PROMEDIO	0,72	0,74	0,79
VALOR MINIMO	0,27	0,61	0,62
VALOR MEDIO TOTAL	0,75		
VALOR PROMEDIO TOTAL	0,75		

**Tabla 2.1.5.10** Resumen datos de Factor de Potencia de la Línea 3.

Observaciones:

- El factor de potencia promedio es de 0,75.
- El factor de potencia mínimo registrado es de 0,27 el 18/03/2011 a las 06H43.
- El factor de potencia máximo registrado es de 0,94 el 28/10/2011 a las 08H48.

d. Datos de factor de potencia Total.



**Figura 2.1.5.11** Señal de Factor de Potencia Total Vs. Tiempo

	Factor de Potencia Total Min	Factor de Potencia Total Med	Factor de Potencia Total Max
VALOR MAXIMO	0,92	0,94	0,96
VALOR MEDIO	0,8	0,82	0,86
VALOR PROMEDIO	0,81	0,83	0,86
VALOR MINIMO	0,51	0,69	0,74
VALOR MEDIO TOTAL	0,83		
VALOR PROMEDIO TOTAL	0,84		

**Tabla 2.1.5.11** Resumen datos de Factor de Potencia Total.

Observaciones:

- El factor de potencia promedio es de 0,96.
- El factor de potencia mínimo registrado es de 0,12 el 30/10/2011 a las 18H03.
- El factor de potencia máximo registrado es de 0,96 el 01/11/2011 a las 08H48.

## 2.1.6 Datos de Flicker

La perturbación rápida de voltaje es decir los flickers, son aquellos fenómenos en los cuales 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.

Para la medición de los flicker se debe tomar en cuenta que tipo de usuario es, y el nivel de voltaje de la red.

Para efectos de la medición se deben considerar a los flicker de corta duración (Pst). En nuestro caso el Analizador de calidad de energía FLUKE 435 nos ayuda a registrar los (Pst) por cada una de las líneas.

Al momento de observar el comportamiento de estos flicker se debe tomar en cuenta que la norma que la regulación 004/001 de CONELEC (Anexo A.1), establece que el límite máximo de los (Pst) es 1.

### 2.1.6.1 Datos Flicker en el Transformador “A”.

#### a. datos Flicker Línea 1

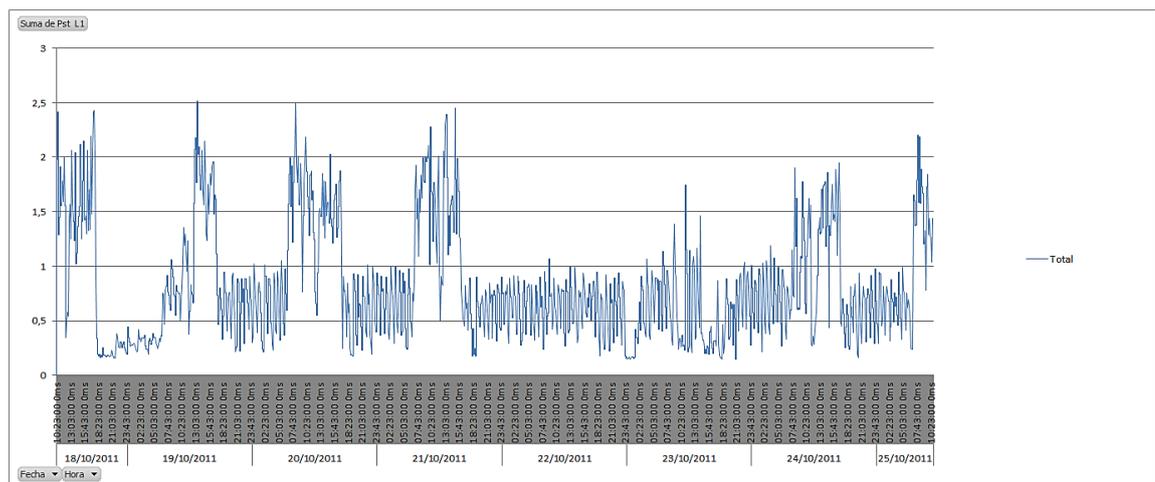


Figura 2.1.6.1 Señal de Flicker Vs Tiempo de la Línea 1.

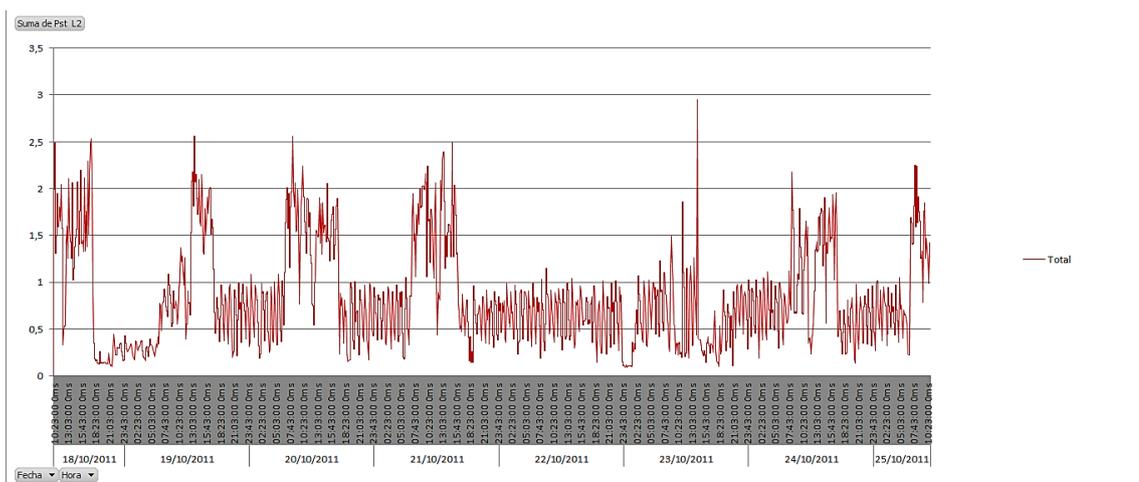
	Pst L1
VALOR MAXIMO	2,512
VALOR MEDIO	0,734
VALOR PROMEDIO	0,83
VALOR MINIMO	0,147

**Tabla 2.1.6.1** Resumen datos de Flickers de la Línea 1.

Observaciones:

- En el grafico se observa que existe una gran cantidad de datos registrados que sobrepasan la unidad.
- El valor (Pst) promedio es de 0.83.
- El valor (Pst) máximo registrado es de 2.51 el 19/10/2011 a las 13H18.
- El valor (Pst) mínimo registrado es de 0.147 el 23/10/2011 a las 18H58.

b. Datos flicker Línea 2



**Figura 2.1.6.2** Señal de Flicker Vs. Tiempo de la Línea 2.

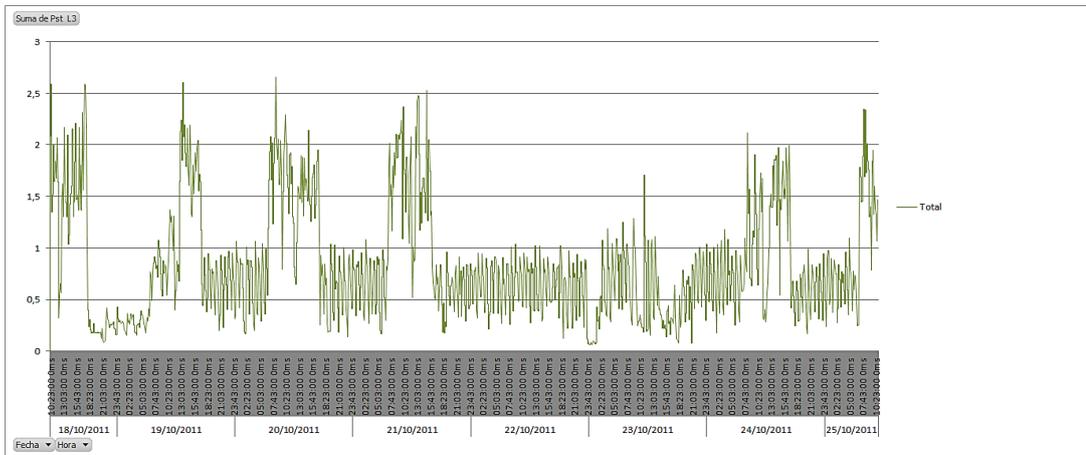
	Pst L2
VALOR MAXIMO	2,952
VALOR MEDIO	0,751
VALOR PROMEDIO	0,85
VALOR MINIMO	0,09

**Tabla 2.1.6.2** Resumen datos de Flickers de la Línea 2.

Observaciones:

- En el grafico se observa que existe una gran cantidad de datos registrados que sobrepasan la unidad.
- El valor (Pst) promedio es de 0.85.
- El valor (Pst) máximo registrado es de 2.95 el 23/10/2011 a las 14H13.
- El valor (Pst) mínimo registrado es de 0.09 el 23/10/2011 a las 00H43.

c. Datos de flicker Línea 3



**Figura 2.1.6.3** Señal de Flicker Vs. Tiempo de la Línea 3.

	Pst L3
VALOR MAXIMO	2,655
VALOR MEDIO	0,752
VALOR PROMEDIO	0,85
VALOR MINIMO	0,062

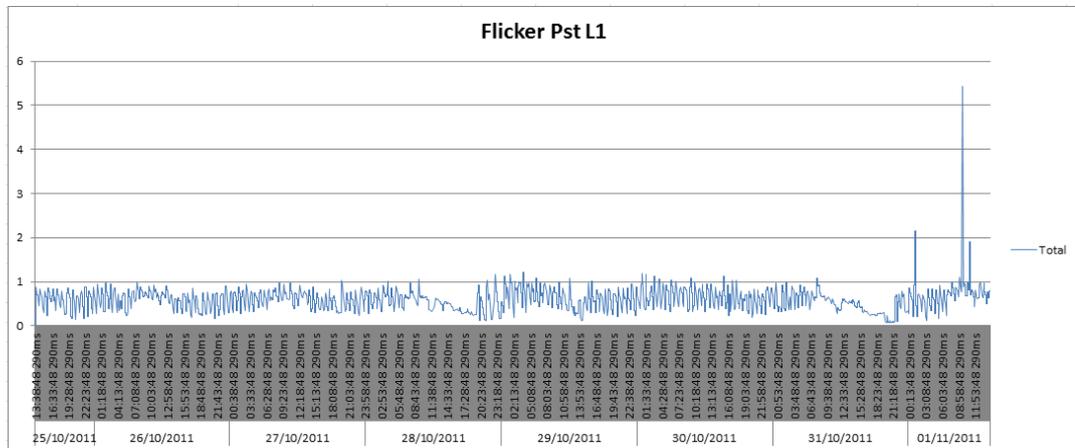
**Tabla 2.1.6.3** Resumen datos de Flickers Línea 3.

Observaciones:

- En el grafico se observa que existe una gran cantidad de datos registrados que sobrepasan la unidad.
- El valor (Pst) promedio es de 0.85
- El valor (Pst) máximo registrado es de 2.65 el 20/10/2011 a las 08H53.
- El valor (Pst) mínimo registrado es de 0.062 el 23/10/2011 a las 00H43.

## 2.1.6.2 Datos Flicker en el Transformador “B”.

### a. datos Flicker Línea 1



**Figura 2.1.6.4** Señal de Flicker Vs. Tiempo de la Línea 1.

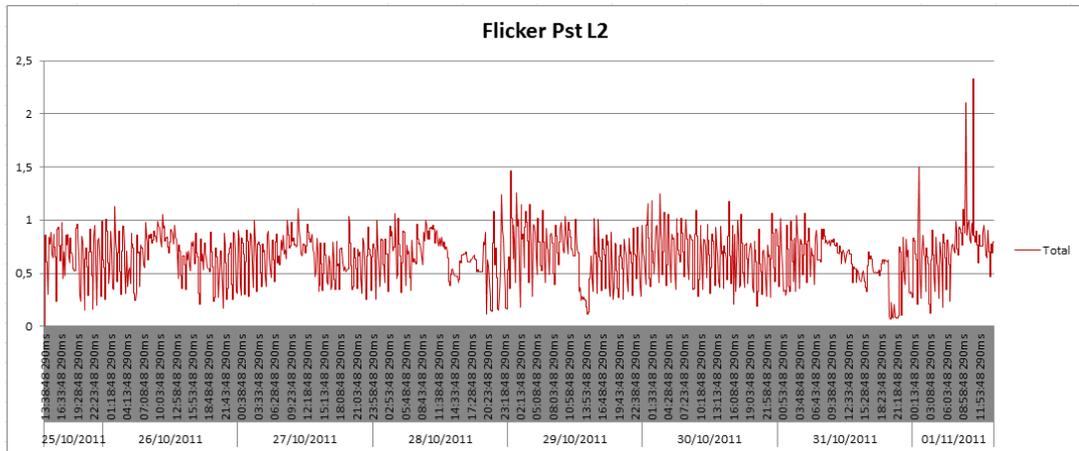
	Pst L1
VALOR MAXIMO	5,433
VALOR MEDIO	0,614
VALOR PROMEDIO	0,60
VALOR MINIMO	0,064

**Tabla 2.1.6.4** Resumen datos de Flickers de la Línea 1.

#### Observaciones:

- En el gráfico se observa que la mayoría de datos registrados están por debajo del Límite establecido. Sin embargo algunos flicker muy pronunciados.
- El valor (Pst) promedio es de 0.60
- El valor (Pst) máximo registrado es de 5.433 el 01/11/2011 a las 09H38.
- El valor (Pst) mínimo registrado es de 0.064 el 31/10/2011 a las 20H08.

b. Datos flicker Línea 2



**Figura 2.1.6.5** Señal de Flicker Vs. Tiempo de la Línea 2.

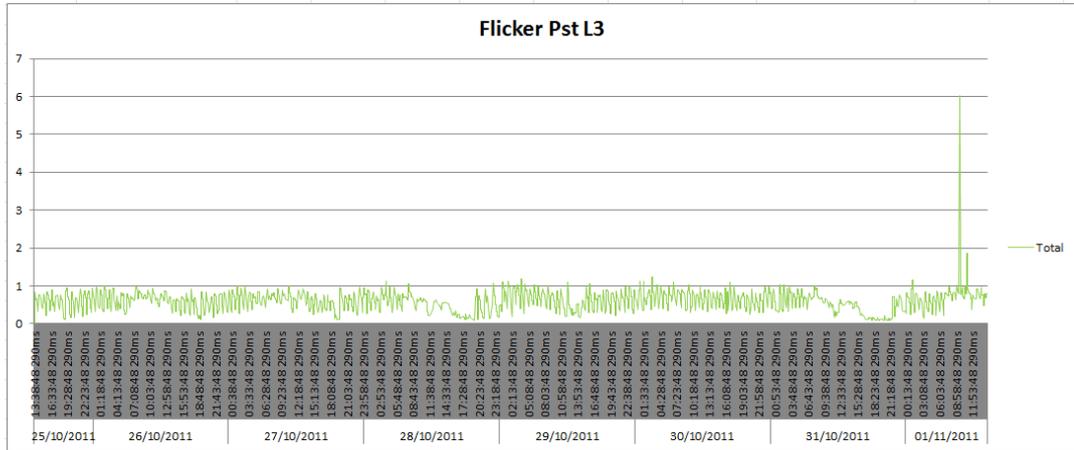
	Pst L2
VALOR MAXIMO	2,33
VALOR MEDIO	0,6855
VALOR PROMEDIO	0,66
VALOR MINIMO	0,071

**Tabla 2.1.6.5** Resumen datos de Flickers de la Línea 2.

Observaciones:

- En el grafico se observa que la mayor parte de datos registrados no excede el límite establecido, pero también existen un número considerable que no y otros muy significativos.
- El valor (Pst) promedio es de 0.85
- El valor (Pst) máximo registrado es de 2.33 el 01/11/2011 a las 10H58.
- El valor (Pst) mínimo registrado es de 0.071 el 31/10/2011 a las 20H08.

c. Datos flicker Línea 3



**Figura 2.1.6.6** Señal de Flicker Vs. Tiempo de la Línea 3.

	Pst L3
VALOR MAXIMO	6,019
VALOR MEDIO	0,63
VALOR PROMEDIO	0,60
VALOR MINIMO	0,078

**Tabla 2.1.6.6** Resumen datos de Flickers Línea 3.

Observaciones:

- En el grafico se observa que la mayor parte de datos registrados no excede el límite establecido, pero también existen un número considerable que no y otros muy significativos.
- El valor (Pst) promedio es de 0.60
- El valor (Pst) máximo registrado es de 6.019 el 01/11/2011 a las 09H33.
- El valor (Pst) mínimo registrado es de 0.078 el 31/10/2011 a las 20H08.

### 2.1.7 Datos de Armónicos de Voltaje

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

Los valores eficaces (rms) de los voltajes armónicos individuales ( $V_i'$ ) y los THD, expresados como porcentaje del voltaje nominal del punto de medición respectivo, no deben superar los valores límite ( $V_i'$  y THD') señalados a continuación. Para efectos de la regulación 004/001 CONELEC, se consideran los armónicos comprendidos entre la segunda y la cuadragésima, ambas inclusive. Los límites establecidos en la regulación se los especificara más adelante en el análisis de calidad.

El analizador de energía FLUKE 435 nos ayuda entregando el registro de los armónicos en porcentaje como lo menciona la norma.

#### 2.1.7.1 Datos de armónicos de voltaje en el Transformador "A".

En los siguientes gráficos se muestra los histogramas de los armónicos de voltaje, es decir el valor promedio del armónico.

a. datos armónicos Línea 1.

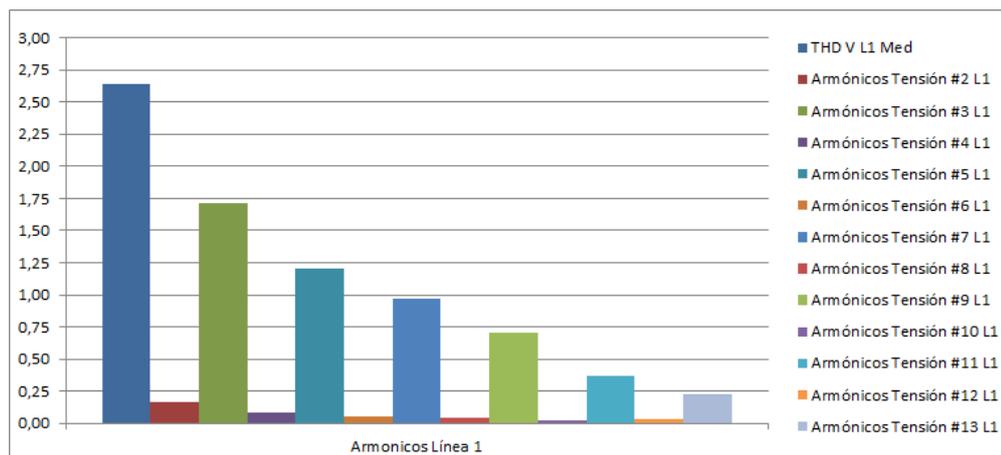


Figura 2.1.7.1 Histograma de Armónicos Línea 1.

b. datos armónicos Línea 2.

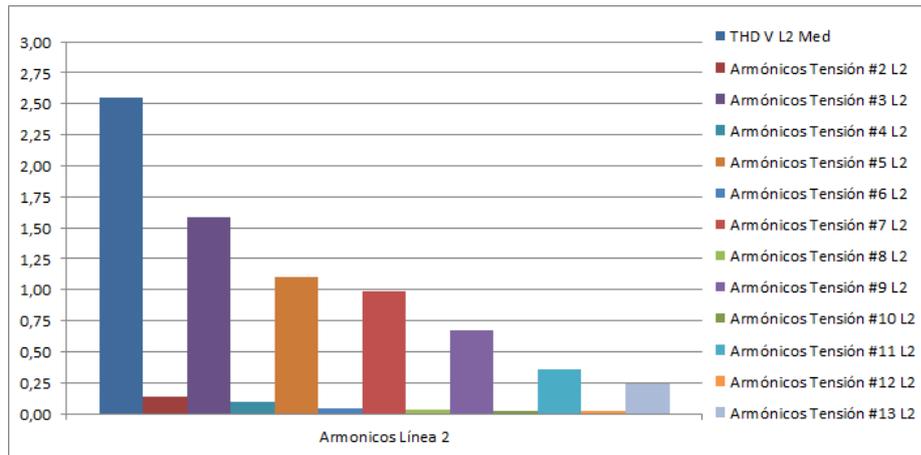


Figura 2.1.7.2 Histograma de Armónicos Línea 2.

c. datos armónicos Línea 3.

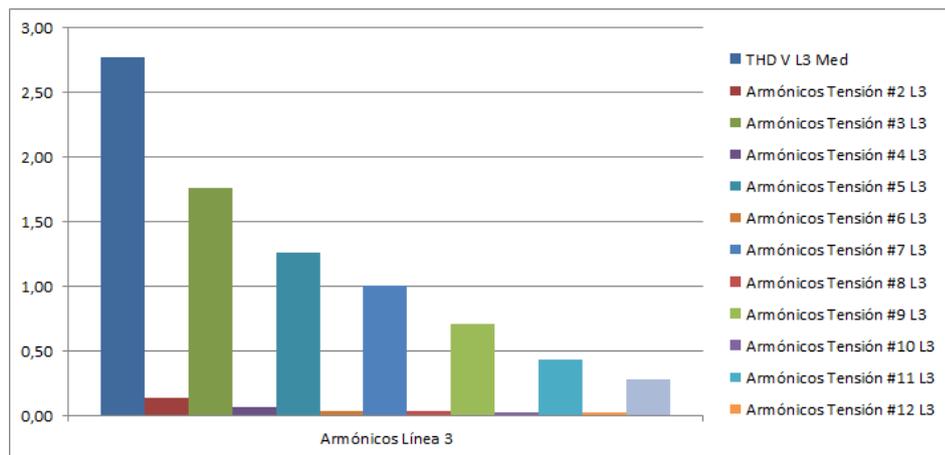


Figura 2.1.7.3 Histograma de Armónicos Línea 3.

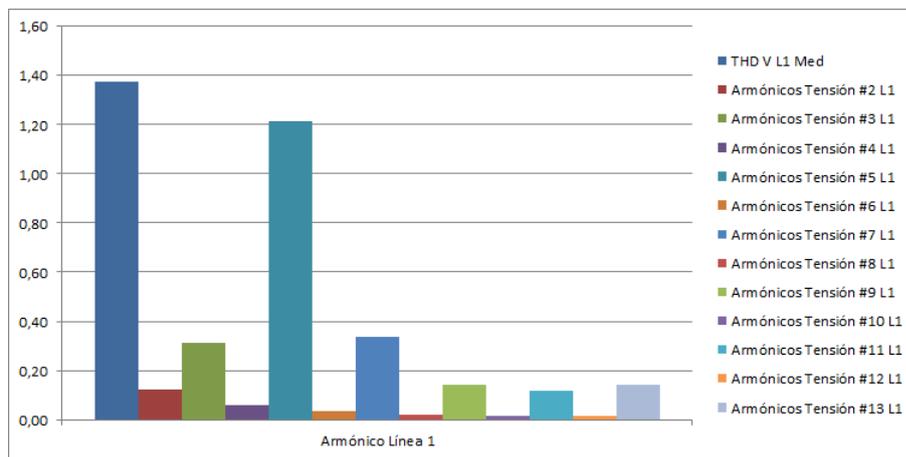
Observaciones:

Para poder observar y diagnosticar el comportamiento de los armónico de voltaje es necesario comparar los valores obtenidos uno por uno, con los que la regulación 004/01 del CONELEC (Anexo A.1) nos establece. Esto se lo realiza en el siguiente capítulo.

### 2.1.7.2 Datos de Armónicos de voltaje en el Transformador “B”.

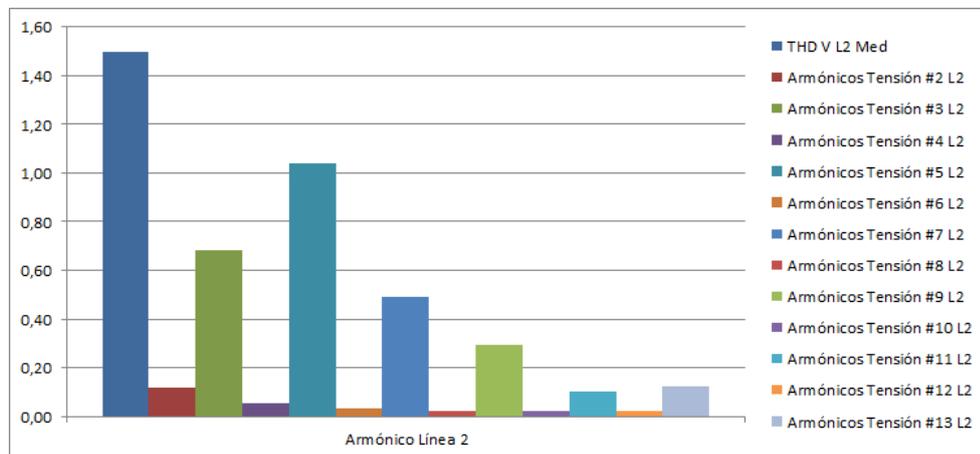
En los siguientes gráficos se muestra los histogramas de los armónicos de voltaje, es decir el valor promedio del armónico.

a. datos armónicos Línea 1.



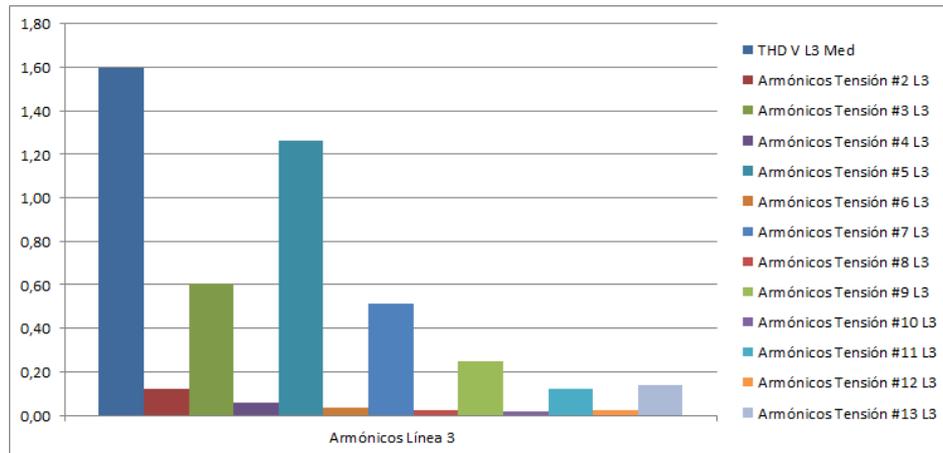
**Figura 2.1.7.4** Histograma de Armónicos Línea 1.

b. datos armónicos Línea 2.



**Figura 2.1.7.5** Histograma de Armónicos Línea 2.

c. datos armónicos Línea 3.



**Figura 2.1.7.6** Diagrama de Armónicos Línea 3.

Observaciones:

Para poder observar y diagnosticar el comportamiento de los armónico de voltaje es necesario compara los valores obtenidos uno por uno, con los que la regulación 004/01 del CONELEC nos establece. Esto se lo realiza en el siguiente capítulo.

**2.1.8 Datos de Energía.**

La energía en las sumatoria de las potencias a lo largo del tiempo. Las empresas eléctricas comercializadoras la evalúan en horas.

La energía activa es la que las compañías eléctricas facturan a los usuarios y está dada en (KWh). La compañía eléctrica mide la energía reactiva con el contador (kVArh) y si se superan ciertos valores, se incluye un término de penalización por reactiva en la factura eléctrica.

Con estas consideraciones revisamos las energías medidas.

### 2.1.8.1 Datos de energía en el Transformador “A”.

#### a. Energía activa

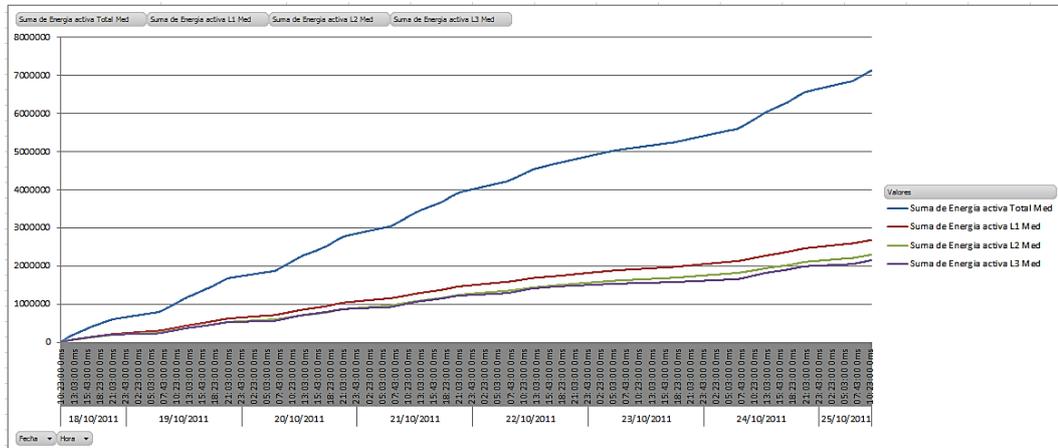


Figura 2.1.8.1 Suma de Energía Activa Vs. Tiempo en las líneas L1, L2, L3 y Total.

	Energía activa L1 Med (W)	Energía activa L2 Med (W)	Energía activa L3 Med (W)	Energía activa Total Med (W)
VALOR MAXIMO	2682000	2296000	2154000	7132000
VALOR MEDIO	1481000	1261000	1233000	3975000
VALOR PROMEDIO	1373495,30	1169803,76	1115915,47	3659226,89
VALOR MINIMO	2000	2000	2000	6000
ENERGIA /H	15909,36	13619,65	12777,32	42306,32

Tabla 2.1.8.1 Resumen Datos de Energía Activa en (W) – (Wh) de las líneas L1, L2, L3 y Total.

#### b. Energía aparente

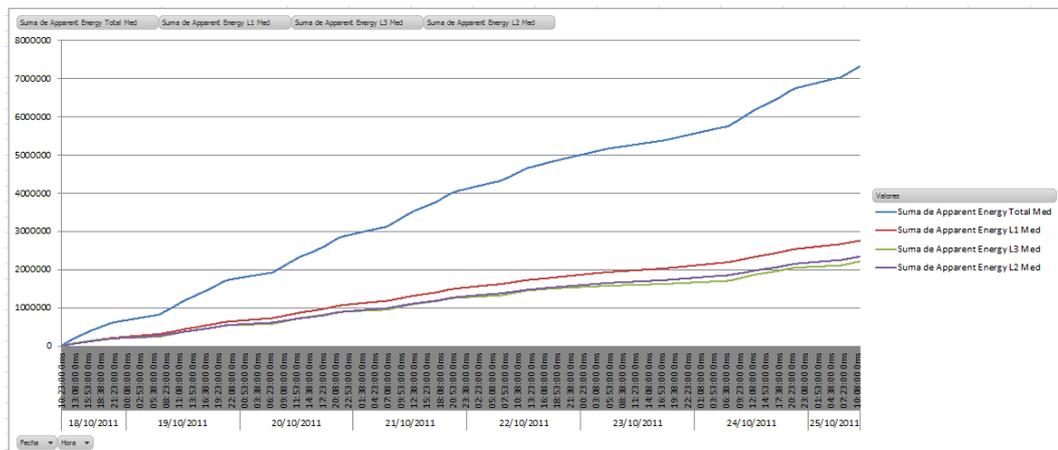
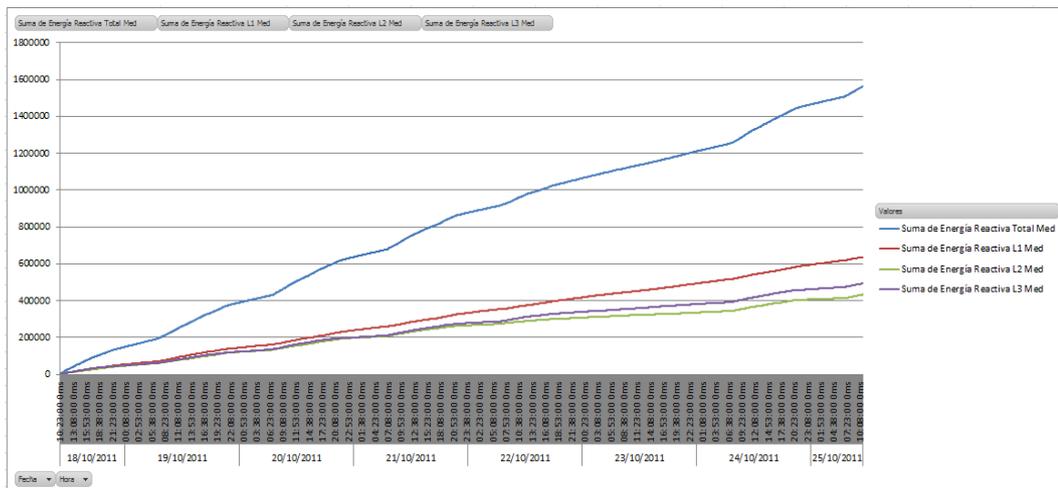


Figura 2.1.8.2 Suma de Energía Aparente Vs. Tiempo en las líneas L1, L2, L3 y Total.

	Apparent Energy L1 Med (VA)	Apparent Energy L2 Med (VA)	Apparent Energy L3 Med (VA)	Apparent Energy Total Med (VA)
VALOR MAXIMO	2761000	2345000	2219000	7325000
VALOR MEDIO	1520000	1293000	1269000	4081000
VALOR PROMEDIO	1412410,28	1197488,88	1150143,35	3760056,35
VALOR MINIMO	2000	2000	2000	7000
ENERGIA /H	16377,98	13910,31	13162,89	43451,18

**Tabla 2.1.8.2** Resumen datos de Energía Aparente en (VA) – (VAh) en las líneas L1, L2, L3 y Total

c. Energía reactiva



**Figura 2.1.8.3** Suma de Energía Reactiva Vs. Tiempo en las líneas L1, L2, L3 y Total.

	Energía Reactiva L1 Med (VAR)	Energía Reactiva L2 Med (VAR)	Energía Reactiva L3 Med (VAR)	Energía Reactiva Total Med (VAR)
VALOR MAXIMO	636000	434000	494000	1564000
VALOR MEDIO	329000	264000	276000	869000
VALOR PROMEDIO	318586,75	234932,77	256868,02	810397,43
VALOR MINIMO	1000	1000	1000	1000
ENERGIA /H	3772,69	2574,45	2930,36	9277,49

**Tabla 2.1.8.3** Resumen datos de Energía Reactiva en (VAR) – (VARh) en las líneas L1, L2, L3 y Total

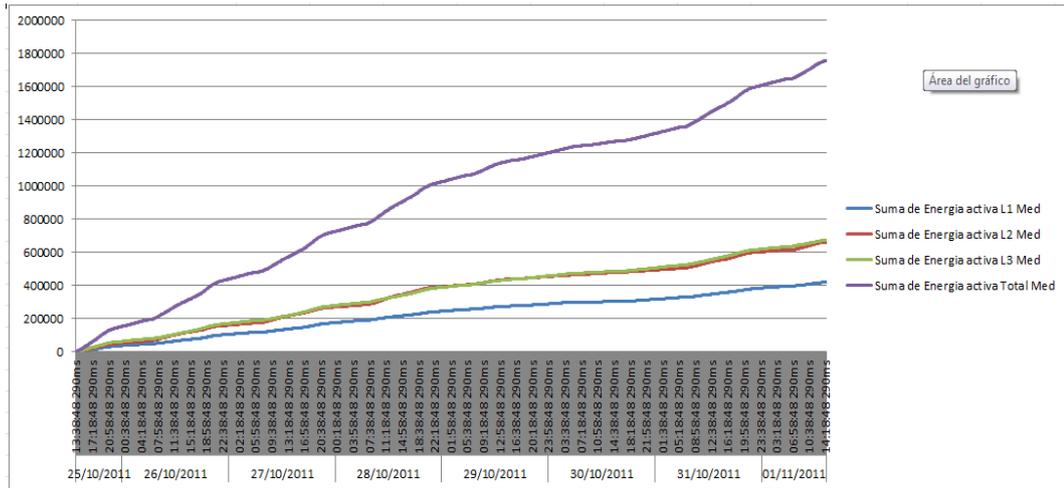
Observaciones:

- De forma general se puede observar que el consumo de energía en función del tiempo es casi simétrico.
- La energía por hora que consume el sistema es:

- 42.3 kW/h.
- 43.4 kVA/h
- 9.2 kVAR/h

### 2.1.8.2 Datos de energía en el Transformador “B”.

#### a. Energía activa

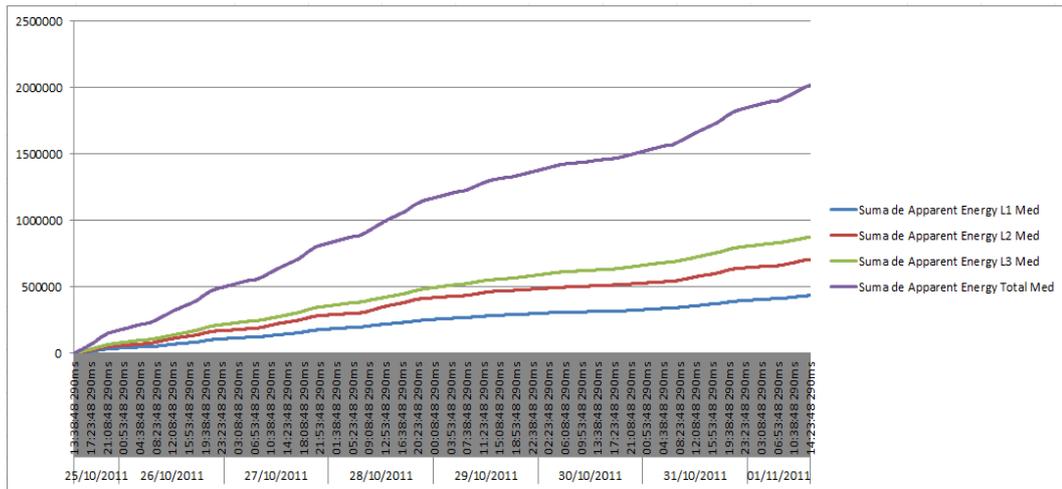


**Figura 2.1.8.4** Suma de Energía Activa Vs. Tiempo de las líneas L1, L2, L3 y Total.

	Energía activa L1 Med (W)	Energía activa L2 Med (W)	Energía activa L3 Med (W)	Energía activa Total Med (W)
VALOR MAXIMO	421000	663000	675000	1760000
VALOR MEDIO	250000	397000	395000	1041500
VALOR PROMEDIO	224822,49	351463,51	359128,21	935404,83
VALOR MINIMO	1000	1000	1000	1000
ENERGIA /H	2491,86	3924,24	3995,26	10417,28

**Tabla 2.1.8.4** Resumen datos de Energía Activa en (W) – (Wh) en las Líneas L1, L2, L3 y Total.

## b. Energía aparente

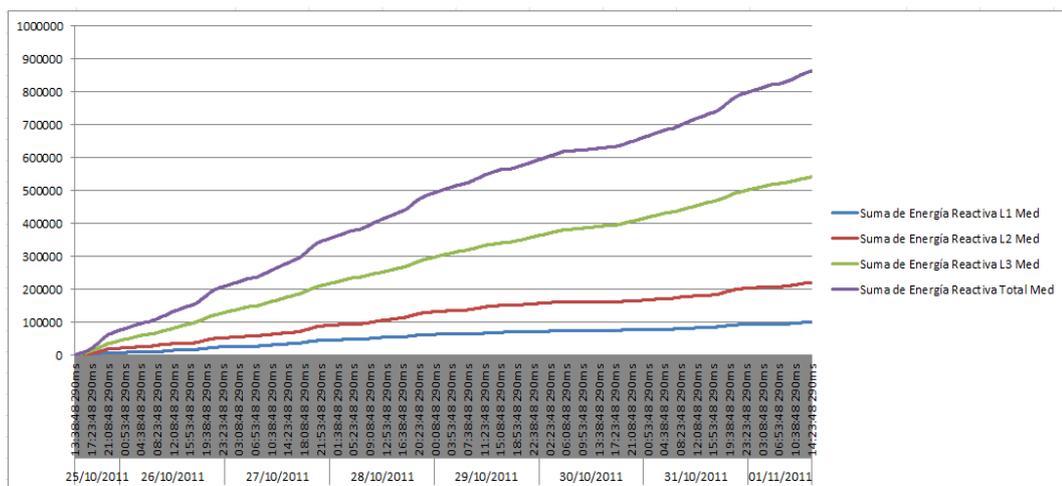


**Figura 2.1.8.5** Suma de Energía Aparente Vs. Tiempo en las líneas L1, L2, L3 y Total.

	Apparent Energy L1 Med (VA)	Apparent Energy L2 Med	Apparent Energy L3 Med (VA)	Apparent Energy Total Med (VA)
VALOR MAXIMO	436000	707000	875000	2018000
VALOR MEDIO	260000	423000	503500	1186500
VALOR PROMEDIO	233389,55	375112,92	463689,84	1072187,87
VALOR MINIMO	1000	1000	1000	1000
ENERGIA /H	2580,65	4184,67	5179,05	11944,36

**Tabla 2.1.10.5** Resumen datos de energía aparente en las líneas L1, L2, L3 y Total

## a. Energía Reactiva



**Figura 2.1.8.6** Suma de energía reactiva en las líneas L1, L2, L3 y Total.

	Energía Reactiva L1 Med (VAR)	Energía Reactiva L2 Med (VAR)	Energía Reactiva L3 Med (VAR)	Energía Reactiva Total Med (VAR)
VALOR MAXIMO	101000	221000	542000	864000
VALOR MEDIO	64000	134000	305000	503000
VALOR PROMEDIO	55662,72	118557,69	286075,94	460270,71
VALOR MINIMO	1000	1000	1000	1000
ENERGIA /H	597,81	1308,08	3208,05	5113,94

**Tabla 2.1.8.6** Resumen datos de energía reactiva en las líneas L1, L2, L3 y Total

Observaciones:

- De forma general se puede observar que el consumo de energía en función del tiempo es casi simétrico. Aunque los fines de semana existe un ligero decremento en el consumo
- La energía por hora que consume el sistema es:
  - 10.4 kW/h.
  - 11.9 kVA/h
  - 5.1 kVAR/h

## 2.2 LEVANTAMIENTO ELÉCTRICO DE CARGAS INSTALADAS.

El primer paso para efectuar el levantamiento eléctrico es realizar los planos eléctricos donde consten sus principales elementos y tableros así como los circuitos y demás elementos que se requiera. Estos planos se encuentran en el Anexo A.5

Para el levantamiento de cargas y su posterior proyección se utilizó el “PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA MÁXIMA UNITARIA” que especifica la EEQ S.A. en la Parte A de las “NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN”. Que indica lo siguiente:

Como guía para el proyectista, a continuación se desarrolla el procedimiento para la determinación de la demanda, aplicable a los casos usuales y con referencia al formato tipo que se muestra en el Apéndice A-11-B, hoja 1.

a. Determinación de la Carga Instalada del consumidor de máximas posibilidades: considerar aquel consumidor que en función de los factores analizados pudiera disponer del máximo número de artefactos de utilización y establecer un listado de los mismos con el número de referencia, columna 1; descripción, columna 2;

cantidad, columna 3, y potencia (Pn), columna 4. En el Apéndice A-11-B., hoja 2, se anotan las cargas tipo de los artefactos más usuales.<sup>7</sup>

b. Carga Instalada del Consumidor Representativo: Para cada una de las cargas individuales anotadas en la columna 4, se establece un factor denominado “Factor de Frecuencia de Uso (FFUn)” que determina la incidencia en porcentaje de la carga correspondiente al consumidor de máximas posibilidades sobre aquel que tiene condiciones promedio y que se adopta como representativo del grupo para propósitos de estimación de la demanda de diseño.<sup>8</sup>

El FFUn, expresado en porcentaje, será determinado para cada una de las cargas instaladas en función del número de usuarios que se considera que disponen del artefacto correspondiente dentro del grupo de consumidores; vale decir, que aquellos artefactos esenciales de los cuales dispondrán la mayor parte de los usuarios tendrán un factor cuya magnitud se ubicará en el rango superior y aquellos que se consideren accesorios o suntuarios y cuya utilización sea limitada por su costo o su disponibilidad en el mercado tendrán un factor de magnitud media y baja. El factor se anota en la columna 5.<sup>8</sup>

En la columna 6, se anota para cada Renglón el valor de la Carga Instalada por Consumidor Representativo (CIR), computada de la expresión  $CIR = Pn \times FFUn \times 0,01$ .<sup>8</sup>

(Columna 6 = Columna 4 x Columna 5 x 0,01).

c. Determinación de la Demanda Máxima Unitaria (DMU), definida como el valor máximo de la potencia que en un intervalo de tiempo de 15 minutos es suministrada por la red al consumidor individual.<sup>8</sup>

La Demanda Máxima Unitaria (Columna 8) se determina a partir de la Carga Instalada del Consumidor Representativo CIR, obtenida en la columna 6 y la aplicación del Factor de Simultaneidad FS<sub>n</sub> para cada una de las cargas instaladas, el cual determina la incidencia de la carga considerada en la demanda coincidente

---

<sup>7</sup> Normas para el sistema de distribución Parte A EEQ

durante el período de máxima solicitud que tiene lugar, para consumidores residenciales, en el intervalo comprendido entre las 19 y 21 horas.<sup>8</sup>

El Factor de Simultaneidad, expresado en porcentaje será establecido por el Proyectista para cada uno de las cargas instaladas, en función de la forma de utilización de aparatos y artefactos para una aplicación determinada. En general, los servicios básicos de uso comunitario tales como: iluminación, calefacción, entretenimiento, etc., tendrán un factor cuya magnitud se ubicará en el rango superior, mientras que aquellas cargas que corresponden a servicios de aplicación específica como lavadoras, secadoras, bombas de agua, etc., se caracterizan por un factor de magnitud media y baja.<sup>9</sup>

Anotar, para cada renglón en la Columna 7 el Factor de Simultaneidad FSn establecido y en la columna 8 el valor de la Demanda Máxima Unitaria, DMU, computada de la expresión  $DMU = CIR \times FSn \times 0,01$  (Columna 8 = Columna 6 x Columna 7 x 0,01).<sup>9</sup>

El Factor de Demanda FDM definido por la relación entre la Demanda Máxima Unitaria DMU y la Carga Instalada CIR indica la fracción de la carga instalada que es utilizada simultáneamente en el período de máxima solicitud y permite evaluar los valores adoptados por comparación con aquellos en instalaciones existentes similares.<sup>9</sup>

d. Proyección de la Demanda: la Demanda Máxima Unitaria obtenida expresada en Vatios, es convertida a kilovatios y kilovoltamperios, mediante la reducción correspondiente y la consideración del factor de potencia que, en general, para instalaciones domiciliarias se encuentran en el rango de 0,8 a 0,85.<sup>9</sup>

- Proyección de la Demanda: El valor obtenido de la Demanda Máxima Unitaria – DMU- es válido para las condiciones iniciales de la instalación; para efectos del diseño debe considerarse los incrementos de la misma que tendrá lugar durante el período de vida útil de la instalación que en caso de las redes de distribución en áreas residenciales, se originan en la intensificación progresiva en el uso de artefactos domésticos. Este incremento progresivo de la demanda que tiene una relación

---

<sup>8</sup> Normas para el sistema de distribución Parte A EEQ

geométrica al número de años considerado, se expresa por un valor índice acumulativo anual “Ti” que permite determinar el valor de la Demanda Máxima Unitaria proyectada –DMUp- para un período de “n” años a partir de las condiciones iniciales, de la siguiente expresión:<sup>9</sup>

$$DMUp = DMU (1 + Ti / 100)n^{10}$$

El factor  $(1 + Ti / 100)n$  se encuentra tabulado en el Apéndice A-11-C. En la Parte A de las normas para los sistemas de distribución de EEQSA

### **2.2.1 Levantamiento de cargas instaladas Transformador “A”.**

Con el fin de establecer las cargas que se tienen instaladas en cada tablero principal se ha procedido a realizar el diagrama unifilar y así establecer las cargas totales. Ver Figura 2.2.1.1.

En la siguiente tabla se resumen los datos de las cargas instaladas en el Transformador “A”. Debido al sin número de equipos eléctricos y electrónicos que en la actualidad se encuentran instalados en el campus sur, se los ha agrupado en 7 ítems los cuales contienen:

1. Iluminación: Lámparas fluorescente, incandescentes e iluminación exterior.
2. Equipos inductivos: Motores, transformadores, etc.
3. Equipos resistivos: Calentadores, resistencias, etc.
4. Equipos de Cómputo: Computadoras, impresoras, copiadoras, escáner, etc.
5. Equipos de RED: Swich’s, servidores, UPS’s, etc.
6. Electrodomésticos: Refrigeradoras, microondas, cafeteras, etc.
7. Equipo Electrónico: Laboratorios de electrónica, ambiental, física, etc.

---

<sup>9</sup> Normas para el sistema de distribución Parte A EEQ

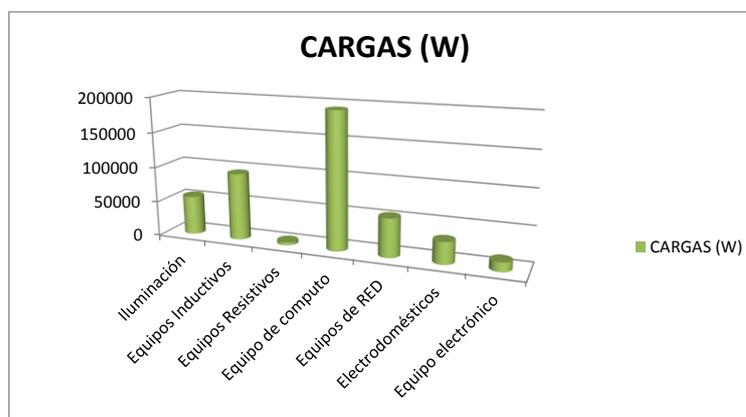


UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		PARÁMETROS DE DISEÑO PLANILLA PARA LA DETERMINACIÓN DE DEMANDAS UNITARIAS Y CARGAS INSTALADAS			HOJA 1 DE 1 abr-12			
NOMBRE DEL PROYECTO		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA						
N° DE PROYECTO		1						
LOCALIZACIÓN		CAMPUS SUR - SEDE QUITO - TRANSFORMADOR .						
TIPO DE USUARIO		TIPO C						
N°	Aparatos eléctricos y de alumbrado			CI (W)	FFUn (%)	CIR (W)	FSn (%)	DMU (W)
	Descripción	Cantidad	Pn (W)					
1	Iluminación	1	55568	55568	100%	55568	25%	13892
2	Equipos Inductivos	1	95140	95140	100%	95140	5%	4757
3	Equipos Resistivos	1	4300	4300	100%	4300	5%	215
4	Equipo de computo	1	193200	193200	100%	193200	23%	44436
5	Equipos de RED	1	54750	54750	100%	54750	25%	13687,5
6	Electrodomésticos	1	31300	31300	100%	31300	5%	1565
7	Equipo electrónico	1	13110	13110	100%	13110	5%	655,5
TOTALES			447368	447368		447368		79208
Factor de Potencia de la Carga FP =			0,95					
DMU / CI =			0,18					
DMU (KVA) =			83,38		kVA			

**Tabla 2.2.1.1** Tabla de cargas instaladas en el tablero principal Transformador “A”.

Dónde:

- Pn (W): Potencia Nominal.
- CI (W): Carga Instalada.
- FFUn (%): Factor de Frecuencia de uso.
- CIR (W): Carga Instalada por consumidor Representativo.
- Fsn (%): Factor de Simultaneidad.
- DMU (W): Demanda Máxima Unitaria.

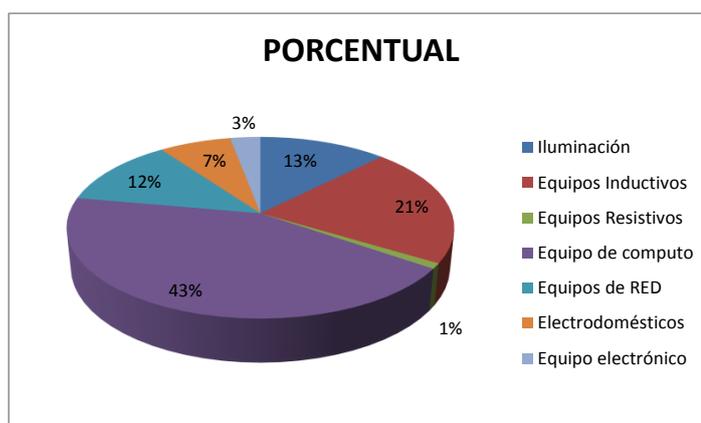


**Figura 2.2.1.2** Diagrama Carga Instaladas en el tablero principal Transformador “A”.

En la siguiente tabla se detalla de manera porcentual las cargas instaladas en el Transformador “A”, en función de las potencias totales por grupo.

			
NOMBRE DEL PROYECTO		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	
LOCALIZACIÓN		CAMPUS SUR - SEDE QUITO - TRANSFORMADOR	
Aparatos eléctricos y de alumbrado			
Nº	Descripción	Pn (W)	PORCENTUAL
1	Iluminación	55568	12,42
2	Equipos Inductivos	95140	21,27
3	Equipos Resistivos	4300	0,96
4	Equipo de cómputo	193200	43,19
5	Equipos de RED	54750	12,24
6	Electrodomésticos	31300	7,00
7	Equipo electrónico	13110	2,93
TOTALES		447368	100

**Tabla 2.2.1.2** Tabla porcentual de las cargas instaladas en el Transformador “A”



**Figura 2.2.1.3** Diagrama porcentual de cargas instaladas en el Transformador “A”

Tanto en la tabla como en la figura se puede observar que las cargas de equipos de cómputo son las cargas de mayor potencia instalada. Y que los equipos resistivos son de menor consideración.

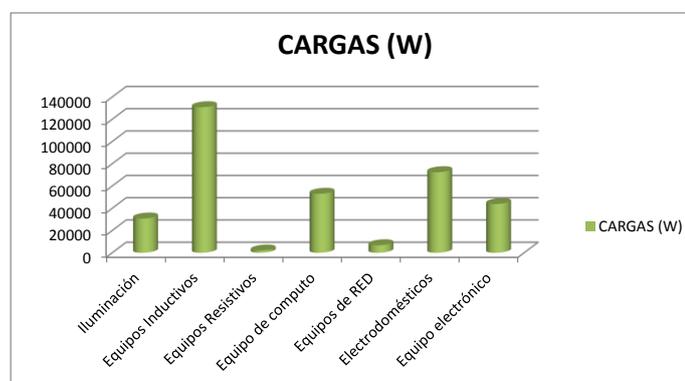
## 2.2.2 Levantamiento de cargas instaladas Transformador “B”.

Con el fin de establecer las cargas que se tienen instaladas en cada tablero principal se ha procedido a realizar el diagrama unifilar Figura 2.2.2.1 y así establecer las cargas totales.

En la siguiente tabla se resumen los datos de las cargas instaladas en el Transformador “B”. Debido a la gran cantidad de equipos eléctricos que en la actualidad se encuentran instalados en el campus. En el siguiente cuadro se los agrupado en 7 items.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		PARÁMETROS DE DISEÑO PLANILLA PARA LA DETERMINACIÓN DE DEMANDAS UNITARIAS Y CARGAS INSTALADAS			HOJA 1 DE 1 abr-12			
NOMBRE DEL PROYECTO		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA						
N° DE PROYECTO		1						
LOCALIZACIÓN		CAMPUS SUR - SEDE QUITO - TRANSFORMADOR B						
TIPO DE USUARIO		TIPO C						
N°	Aparatos eléctricos y de alumbrado			CI (W)	FFUn (%)	CIR (W)	FSn (%)	DMU (W)
	Descripción	Cantidad	Pn (W)					
1	Iluminación	1	30791	30791	100%	30791	25%	7697,75
2	Equipos Inductivos	1	130800	130800	100%	130800	5%	6540
3	Equipos Resistivos	1	2000	2000	100%	2000	5%	100
4	Equipo de computo	1	53000	53000	100%	53000	23%	12190
5	Equipos de RED	1	6750	6750	100%	6750	25%	1687,5
6	Electrodomésticos	1	72405	72405	100%	72405	5%	3620,25
7	Equipo electrónico	1	43804	43804	100%	43804	5%	2190,2
TOTALES			339550	339550		216591		34025,7
Factor de Potencia de la Carga FP =			0,95					
DMU / CI =			0,10					
DMU (KVA) =			35,82		KVA			

**Tabla 2.2.2.1** Tabla de cargas instaladas en el tablero principal Transformador “B”.



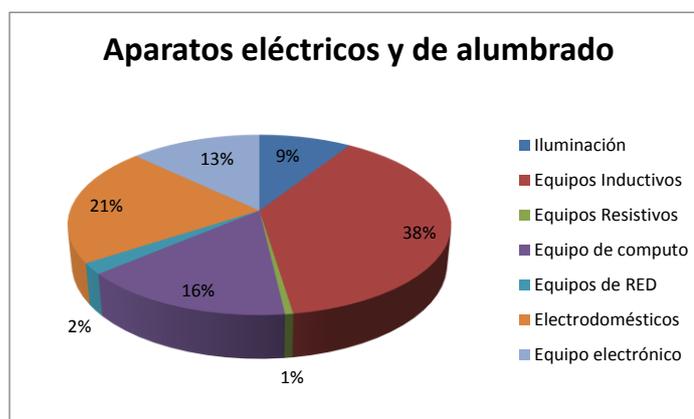
**Figura 2.2.2.2** Diagrama cargas instaladas en el tablero principal Transformador “B”



En la siguiente tabla se detalla de manera porcentual las cargas instaladas en el Transformador “B”, en función de las potencias totales por grupo.

			
NOMBRE DEL PROYECTO		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	
LOCALIZACIÓN		CAMPUS SUR - SEDE QUITO - TRANSFORMADOR B	
N°	Aparatos eléctricos y de alumbrado		PORCENTUAL
	Descripción	Pn (W)	
1	Iluminación	30791	9,07
2	Equipos Inductivos	130800	38,52
3	Equipos Resistivos	2000	0,59
4	Equipo de computo	53000	15,61
5	Equipos de RED	6750	1,99
6	Electrodomésticos	72405	21,32
7	Equipo electrónico	43804	12,90
TOTALES		339550	100

**Tabla 2.2.1.2** Tabla porcentual de las cargas instaladas en el Transformador “B”



**Figura 2.2.1.3** Diagrama porcentual de cargas instaladas en el Transformador “B”

Tanto en la tabla como en la figura se puede observar que las cargas Inductivas es decir motores, transformadores, etc. Son las cargas de mayor potencia instalada. Y que los equipos resistivos son de la menor consideración.

## 2.3 LEVANTAMIENTO ELÉCTRICO DE CARGA POR CADA SUB-TABLERO.

### 2.3.1 Levantamiento de cargas instaladas en los sub-tableros del Transformador “A”.

#### a. Sub tablero 01

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA Ecuador				PARÁMETROS DE DISEÑO PLANILLA PARA LA DETERMINACIÓN DE DEMANDAS UNITARIAS Y CARGAS INSTALADAS				HOJA 1 DE 16 abr-12
NOMBRE DEL PROYECTO		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA						
N° DE PROYECTO		1						
LOCALIZACIÓN		CAMPUS SUR - SEDE QUITO - BLOQUE A - PB						
TIPO DE USUARIO								
N°	Aparatos eléctricos y de alumbrado			CI (W)	FFUn (%)	CIR (W)	FSn (%)	DMU (W)
	Descripción	Cantidad	Pn (W)					
1	Lámparas Fluorescente 2 x 17 (W)	12	34	408	100%	408	25%	102
2	Lámparas Fluorescente 2 x 32 (W)	89	64	5696	100%	5696	25%	1424
3	Lámparas Fluorescente 2 x 40 (W)	14	80	1120	100%	1120	25%	280
4	Lámparas Ahorradora 2 x 25 (W)	16	50	800	100%	800	25%	200
5	Computadoras	31	350	10850	100%	10850	23%	2495,5
6	Impresoras Laser	5	500	2500	100%	2500	23%	575
7	Impresoras Matricial	3	250	750	100%	750	23%	172,5
8	Copiadoras	2	1500	3000	100%	3000	23%	690
9	Televisión	2	150	300	100%	300	5%	15
10	Equipos de Red	7	800	5600	100%	5600	23%	1288
11	Proyector	1	300	300	100%	300	23%	69
12	Equipos de Sonido	1	150	150	100%	150	5%	7,5
13	UPS	2	650	1300	100%	1300	23%	299
14	Calefactor	2	1500	3000	100%	3000	5%	150
15	Microondas	1	1500	1500	100%	1500	5%	75
16	Refrigerador	1	300	300	100%	300	5%	15
17	Licuadora	2	150	300	100%	300	5%	15
18	Extractor	1	250	250	100%	250	5%	12,5
19	Cafetera	4	1090	4360	100%	4360	5%	218
<b>TOTALES</b>			<b>9668</b>	<b>42484</b>		<b>42484</b>		<b>8103</b>
Factor de Potencia de la Carga FP =		<b>0,95</b>						
DMU / CI =		<b>0,19</b>						
DMU (KVA) =		<b>8,53</b> kVA						

**Tabla 2.3.1.1** Tabla de cargas instaladas en el sub- tablero 01 Transformador “A”.

## b. Sub tablero 02

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA EQUADOR		PARÁMETROS DE DISEÑO PLANILLA PARA LA DETERMINACIÓN DE DEMANDAS UNITARIAS Y CARGAS INSTALADAS				HOJA 2 DE 16 abr-12		
NOMBRE DEL PROYECTO UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA N° DE PROYECTO 1 LOCALIZACIÓN CAMPUS SUR - SEDE QUITO - BLOQUE A - PISO 1 TIPO DE USUARIO								
Nº	Aparatos eléctricos y de alumbrado			CI (W)	FFUn (%)	CIR (W)	FSn (%)	DMU (W)
	Descripción	Cantidad	Pn (W)					
1	Lámparas Fluorescente 2 x 17 (W)	7	26	182	100%	182	25%	45,5
2	Lámparas Fluorescente 2 x 32 (W)	89	64	5696	100%	5696	25%	1424
3	Lámparas Ahorradora 2 x 25 (W)	2	50	100	100%	100	25%	25
4	Lámparas Ahorradora 25 (W)	7	25	175	100%	175	25%	43,75
5	Proyector	11	300	3300	100%	3300	23%	759
6	Televisores	11	150	1650	100%	1650	5%	82,5
<b>TOTALES</b>			<b>615</b>	<b>11103</b>		<b>11103</b>		<b>2379,75</b>
Factor de Potencia Carga =			<b>0,95</b>					
DMU / CI =			<b>0,21</b>					
DMU (KVA) =			<b>2,51</b>		kVA			

**Tabla 2.3.1.2** Tabla de cargas instaladas en el sub- tablero 02 Transformador “A”.

## c. Sub tablero 03

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA EQUADOR		PARÁMETROS DE DISEÑO PLANILLA PARA LA DETERMINACIÓN DE DEMANDAS UNITARIAS Y CARGAS INSTALADAS				HOJA 3 DE 16 abr-12		
NOMBRE DEL PROYECTO UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA N° DE PROYECTO 1 LOCALIZACIÓN CAMPUS SUR - SEDE QUITO - BLOQUE A - PISO 2 TIPO DE USUARIO								
Nº	Aparatos eléctricos y de alumbrado			CI (W)	FFUn (%)	CIR (W)	FSn (%)	DMU (W)
	Descripción	Cantidad	Pn (W)					
1	Lámparas Fluorescente 2 x 17 (W)	6	26	156	100%	156	25%	39
2	Lámparas Fluorescente 2 x 32 (W)	96	64	6144	100%	6144	25%	1536
3	Lámparas Ahorradora 25 (W)	5	25	125	100%	125	25%	31,25
4	Proyector	11	300	3300	100%	3300	23%	759
5	Televisores	12	150	1800	100%	1800	5%	90
6	Computadoras	5	300	1500	100%	1500	23%	345
7	Impresoras	2	500	1000	100%	1000	23%	230
8	Copiadoras	10	1500	15000	100%	15000	23%	3450
9	Microondas	1	1500	1500	100%	1500	5%	75
<b>TOTALES</b>			<b>4365</b>	<b>30525</b>		<b>30525</b>		<b>6555,25</b>
Factor de Potencia Carga =			<b>0,95</b>					
DMU / CI =			<b>0,21</b>					
DMU (KVA) =			<b>6,90</b>		kVA			

**Tabla 2.3.1.3** Tabla de cargas instaladas en el sub- tablero 03 Transformador “A”.

#### d. Sub tablero 04

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		PARÁMETROS DE DISEÑO				HOJA		
		PLANILLA PARA LA DETERMINACIÓN DE DEMANDAS UNITARIAS Y CARGAS INSTALADAS				4 DE 16 abr-12		
NOMBRE DEL PROYECTO UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA N° DE PROYECTO 1 LOCALIZACIÓN CAMPUS SUR - SEDE QUITO - BLOQUE A - PISO 3 TIPO DE USUARIO								
Nº	Aparatos eléctricos y de alumbrado			CI (W)	FFUn (%)	CIR (W)	FSn (%)	DMU (W)
	Descripción	Cantidad	Pn (W)					
1	Lámparas Fluorescente 2 x 17 (W)	6	26	156	100%	156	25%	39
2	Lámparas Fluorescente 2 x 32 (W)	96	64	6144	100%	6144	25%	1536
3	Lámparas Ahorradora 25 (W)	5	25	125	100%	125	25%	31,25
4	Proyector	11	300	3300	100%	3300	23%	759
5	Televisores	11	150	1650	100%	1650	5%	82,5
6	Computadoras	3	300	900	100%	900	23%	207
7	Impresoras	2	500	1000	100%	1000	23%	230
<b>TOTALES</b>			<b>1365</b>	<b>13275</b>		<b>13275</b>		<b>2884,75</b>
Factor de Potencia Carga =			<b>0,95</b>					
DMU / CI =			<b>0,22</b>					
DMU (KVA) =			<b>3,04</b> kVA					

Tabla 2.3.1.4 Tabla de cargas instaladas en el sub- tablero 04 Transformador “A”.

#### e. Sub tablero 05

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		PARÁMETROS DE DISEÑO				HOJA		
		PLANILLA PARA LA DETERMINACIÓN DE DEMANDAS UNITARIAS Y CARGAS INSTALADAS				5 DE 16 abr-12		
NOMBRE DEL PROYECTO UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA N° DE PROYECTO 1 LOCALIZACIÓN CAMPUS SUR - SEDE QUITO - BLOQUE A - PISO 4 TIPO DE USUARIO								
Nº	Aparatos eléctricos y de alumbrado			CI (W)	FFUn (%)	CIR (W)	FSn (%)	DMU (W)
	Descripción	Cantidad	Pn (W)					
1	Lámparas Fluorescente 2 x 32 (W)	90	64	5760	100%	5760	25%	1440
2	Lámparas Fluorescente 3 x 32 (W)	6	96	576	100%	576	25%	144
3	Lámparas Ahorradora 2 x 25 (W)	8	50	400	100%	400	25%	100
4	Lámparas Ahorradora 25 (W)	5	25	125	100%	125	25%	31,25
5	Proyector	10	300	3000	100%	3000	23%	690
6	Computadoras	130	300	39000	100%	39000	23%	8970
7	Impresoras	2	500	1000	100%	1000	23%	230
8	Equipos de Sonido	4	150	600	100%	600	5%	30
9	Cafetera	1	1095	1095	100%	1095	5%	54,75
<b>TOTALES</b>			<b>2580</b>	<b>51556</b>		<b>51556</b>		<b>11690</b>
Factor de Potencia Carga =			<b>0,95</b>					
DMU / CI =			<b>0,23</b>					
DMU (KVA) =			<b>12,31</b> kVA					

Tabla 2.3.1.5 Tabla de cargas instaladas en el sub- tablero 05 Transformador “A”.

## f. Sub tablero 06

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		PARÁMETROS DE DISEÑO PLANILLA PARA LA DETERMINACIÓN DE DEMANDAS UNITARIAS Y CARGAS INSTALADAS				HOJA 6 DE 16 abr-12		
NOMBRE DEL PROYECTO		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA						
N° DE PROYECTO		1						
LOCALIZACIÓN		CAMPUS SUR - SEDE QUITO - BLOQUE A - PISO 5						
TIPO DE USUARIO								
Nº	Aparatos eléctricos y de alumbrado			CI (W)	FFUn (%)	CIR (W)	FSn (%)	DMU (W)
	Descripción	Cantidad	Pn (W)					
1	Lámparas Fluorescente 2 x 32 (W)	90	64	5760	100%	5760	25%	1440
2	Lámparas Ahorradora 2 x 25 (W)	12	50	600	100%	600	25%	150
3	Lámparas Ahorradora 25 (W)	5	25	125	100%	125	25%	31,25
4	Proyector	11	300	3300	100%	3300	23%	759
5	Computadoras	231	300	69300	100%	69300	23%	15939
<b>TOTALES</b>			<b>739</b>	<b>79085</b>		<b>79085</b>		<b>18319,25</b>
Factor de Potencia Carga =			<b>0,95</b>					
DMU / CI =			<b>0,23</b>					
DMU (KVA) =			<b>19,28</b>		kVA			

**Tabla 2.3.1.6** Tabla de cargas instaladas en el sub- tablero 06 Transformador “A”.

## g. Sub tablero 07

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		PARÁMETROS DE DISEÑO PLANILLA PARA LA DETERMINACIÓN DE DEMANDAS UNITARIAS Y CARGAS INSTALADAS				HOJA 7 DE 16 abr-12		
NOMBRE DEL PROYECTO		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA						
N° DE PROYECTO		1						
LOCALIZACIÓN		CAMPUS SUR - SEDE QUITO - BLOQUE A - SOP. TEC.						
TIPO DE USUARIO								
Nº	Aparatos eléctricos y de alumbrado			CI (W)	FFUn (%)	CIR (W)	FSn (%)	DMU (W)
	Descripción	Cantidad	Pn (W)					
1	Lámparas Fluorescente 2 x 17 (W)	4	26	104	100%	104	25%	26
2	Lámparas Fluorescente 2 x 32 (W)	5	64	320	100%	320	25%	80
3	Lámparas Ahorradora 25 (W)	5	25	125	100%	125	25%	31,25
4	Cafetera	1	1095	1095	100%	1095	5%	54,75
5	Computadoras	2	300	600	100%	600	23%	138
6	Equipos de Red	1	5700	5700	100%	5700	23%	1311
7	UPS	1	24500	24500	100%	24500	23%	5635
<b>TOTALES</b>			<b>31710</b>	<b>32444</b>		<b>32444</b>		<b>7276</b>
Factor de Potencia Carga =			<b>0,95</b>					
DMU / CI =			<b>0,22</b>					
DMU (KVA) =			<b>7,66</b>		kVA			

**Tabla 2.3.1.7** Tabla de cargas instaladas en el sub- tablero 07 Transformador “A”.

## h. Sub tablero 08

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR				PARÁMETROS DE DISEÑO PLANILLA PARA LA DETERMINACIÓN DE DEMANDAS UNITARIAS Y CARGAS INSTALADAS			HOJA 8 DE 16 abr-12	
NOMBRE DEL PROYECTO UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA N° DE PROYECTO 1 LOCALIZACIÓN CAMPUS SUR - SEDE QUITO - BLOQUE A - TERRA' TIPO DE USUARIO								
N°	Aparatos eléctricos y de alumbrado			CI (W)	FFUn (%)	CIR (W)	FSn (%)	DMU (W)
	Descripción	Cantidad	Pn (W)					
1	Lámparas Fluorescente 2 x 32 (W)	5	64	320	100%	320	25%	80
2	Motores	2	11000	22000	100%	22000	5%	1100
3	Transformadores	2	24500	49000	100%	49000	5%	2450
4	Reflectores	2	500	1000	100%	1000	25%	250
5	Control de Ascensores	2	6000	12000	100%	12000	5%	600
<b>TOTALES</b>			<b>42064</b>	<b>84320</b>		<b>84320</b>		<b>4480</b>
Factor de Potencia Carga =			<b>0,95</b>					
DMU / CI =			<b>0,05</b>					
DMU (KVA) =			<b>4,72</b>	<b>kVA</b>				

Tabla 2.3.1.8 Tabla de cargas instaladas en el sub- tablero 08 Transformador “A”.

## i. Sub tablero 09

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR				PARÁMETROS DE DISEÑO PLANILLA PARA LA DETERMINACIÓN DE DEMANDAS UNITARIAS Y CARGAS INSTALADAS			HOJA 13 DE 16 abr-12	
NOMBRE DEL PROYECTO UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA N° DE PROYECTO 1 LOCALIZACIÓN CAMPUS SUR - SEDE QUITO - BLOQUE E - LAB. SUELOS TIPO DE USUARIO								
N°	Aparatos eléctricos y de alumbrado			CI (W)	FFUn (%)	CIR (W)	FSn (%)	DMU (W)
	Descripción	Cantidad	Pn (W)					
1	Lámparas Fluorescente 3 x 32 (W)	6	64	384	100%	384	25%	96
2	Lámparas Ahorradora 25 (W)	22	25	550	100%	550	25%	137,5
3	Lámparas Ahorradora 2 x 25 (W)	29	50	1450	100%	1450	25%	362,5
4	Computadoras	7	300	2100	100%	2100	23%	483
5	Impresoras	4	500	2000	100%	2000	23%	460
6	Equipos de Red	1	800	800	100%	800	23%	184
7	Motor 1500 W	1	1500	1500	100%	1500	5%	75
8	Motor 880 W	3	880	2640	100%	2640	5%	132
9	Motor 1100 W	2	5000	10000	100%	10000	5%	500
10	Motor 630 W	1	10000	10000	100%	10000	5%	500
11	Balanza	2	55	110	100%	110	5%	5,5
12	Horno	1	1300	1300	100%	1300	5%	65
13	Equipos Varios	1	1000	1000	100%	1000	5%	50
<b>TOTALES</b>			<b>21474</b>	<b>33834</b>		<b>33834</b>		<b>3050,5</b>
Factor de Potencia Carga =			<b>0,95</b>					
DMU / CI =			<b>0,09</b>					
DMU (KVA) =			<b>3,21</b>	<b>kVA</b>				

Tabla 2.3.1.9 Tabla de cargas instaladas en el sub- tablero 09 Transformador “A”.

## j. Sub tablero 10

				PARÁMETROS DE DISEÑO PLANILLA PARA LA DETERMINACIÓN DE DEMANDAS UNITARIAS Y CARGAS INSTALADAS			HOJA 12 DE 16 abr-12	
NOMBRE DEL PROYECTO UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA N° DE PROYECTO 1 LOCALIZACIÓN CAMPUS SUR - SEDE QUITO - BLOQUE D TIPO DE USUARIO								
N°	Aparatos eléctricos y de alumbrado			CI (W)	FFUn (%)	CIR (W)	FSn (%)	DMU (W)
	Descripción	Cantidad	Pn (W)					
1	Lámparas Fluorescente 3 x 32 (W)	78	64	4992	100%	4992	25%	1248
2	Lámparas Ahorradora 2 x 25 (W)	29	50	1450	100%	1450	25%	362,5
3	Reflectores	9	500	4500	100%	4500	25%	1125
4	Computadoras	78	300	23400	100%	23400	23%	5382
5	Equipos de Red	17	800	13600	100%	13600	23%	3128
6	UPS	5	650	3250	100%	3250	23%	747,5
8	Impresoras	2	500	1000	100%	1000	23%	230
9	Equipos de sonido	1	5000	5000	100%	5000	5%	250
10	Aire acondicionado	1	10000	10000	100%	10000	10%	1000
11	Proyector	6	300	1800	100%	1800	23%	414
TOTALES			18164	68992		68992		13887
Factor de Potencia Carga =			0,95					
DMU / CI =			0,20					
DMU (KVA) =			14,62		kVA			

**Tabla 2.3.1.10** Tabla de cargas instaladas en el sub- tablero 10 Transformador “A”.

### Observaciones:

- En cada uno de los Sub-Tableros se puede constatar que tanto las cargas de iluminación y los equipos de cómputo son las más significativas.
- Se debe considerar que en Sub-Tablero 9 se encuentra conectado todo el laboratorio de suelos. Y aquí se encuentran instaladas cargas considerables como motores, prensas, etc.
- En el Sub-Tablero 07 está el departamento de soporte de sistemas del campus, donde se encuentra conectado un UPS que se encarga de dar soporte energético a dicho departamento.
- En los Sub-Tableros 05 y 06 se encuentra el departamento de CECASIS. (El cual se encarga de administrar todos los laboratorios de cómputo), por lo que en estos tableros se encuentran la mayoría de computadoras instaladas en el campus.

## 2.3.2 Levantamiento de cargas instaladas en los sub-tableros del Transformador “B”.

### a. Sub tablero 01

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		PARÁMETROS DE DISEÑO PLANILLA PARA LA DETERMINACIÓN DE DEMANDAS UNITARIAS Y CARGAS INSTALADAS				HOJA 9 DE 16 abr-12		
NOMBRE DEL PROYECTO UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA N° DE PROYECTO 1 LOCALIZACIÓN CAMPUS SUR - SEDE QUITO - BLOQUE B TIPO DE USUARIO								
N°	Aparatos eléctricos y de alumbrado			CI (W)	FFUn (%)	CIR (W)	FSn (%)	DMU (W)
	Descripción	Cantidad	Pn (W)					
1	Lámparas Fluorescente 1 x 40 (W)	89	40	3560	100%	3560	25%	890
2	Lámparas Fluorescente 2 x 40 (W)	8	80	640	100%	640	25%	160
3	Lámparas Fluorescente 2 x 17 (W)	14	34	476	100%	476	25%	119
4	Lámparas Ahorradora 25 (W)	107	25	2675	100%	2675	25%	668,75
5	Cafetera	7	1095	7665	100%	7665	5%	383,25
6	Computadoras	23	300	6900	100%	6900	23%	1587
7	Equipos de Red	2	800	1600	100%	1600	23%	368
8	UPS	1	650	650	100%	650	23%	149,5
9	Televisión	15	150	2250	100%	2250	5%	112,5
10	Impresoras	21	500	10500	100%	10500	23%	2415
11	Copiadoras	2	1000	2000	100%	2000	23%	460
<b>TOTALES</b>			<b>4674</b>	<b>38916</b>		<b>38916</b>		<b>7313</b>
Factor de Potencia Carga =			<b>0,95</b>					
DMU / CI =			<b>0,19</b>					
DMU (KVA) =			<b>7,70</b>	<b>kVA</b>				

Tabla 2.3.2.1 Tabla de cargas instaladas en el sub- tablero 01 Transformador “B”.

### b. Sub tablero 02

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		PARÁMETROS DE DISEÑO PLANILLA PARA LA DETERMINACIÓN DE DEMANDAS UNITARIAS Y CARGAS INSTALADAS				HOJA 10 DE 16 abr-12		
NOMBRE DEL PROYECTO UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA N° DE PROYECTO 1 LOCALIZACIÓN CAMPUS SUR - SEDE QUITO - BLOQUE C TIPO DE USUARIO								
N°	Aparatos eléctricos y de alumbrado			CI (W)	FFUn (%)	CIR (W)	FSn (%)	DMU (W)
	Descripción	Cantidad	Pn (W)					
1	Lámparas Fluorescente 1 x 40 (W)	112	40	4480	100%	4480	25%	1120
2	Lámparas Fluorescente 2 x 40 (W)	8	80	640	100%	640	25%	160
3	Lámparas Fluorescente 2 x 17 (W)	11	34	374	100%	374	25%	93,5
4	Lámparas Ahorradora 25 (W)	46	25	1150	100%	1150	25%	287,5
5	Cafetera	2	1095	2190	100%	2190	5%	109,5
6	Computadoras	39	300	11700	100%	11700	23%	2691
7	Equipos de Red	2	800	1600	100%	1600	23%	368
8	UPS	1	650	650	100%	650	23%	149,5
9	Televisión	2	150	300	100%	300	5%	15
10	Impresoras	4	500	2000	100%	2000	23%	460
11	Copiadoras	2	1000	2000	100%	2000	23%	460
12	Proyector	4	300	1200	100%	1200	23%	276
13	Laboratorios	1	36744	36744	100%	36744	25%	9186
<b>TOTALES</b>			<b>41718</b>	<b>65028</b>		<b>65028</b>		<b>15376</b>
Factor de Potencia Carga =			<b>0,95</b>					
DMU / CI =			<b>0,24</b>					
DMU (KVA) =			<b>16,19</b>	<b>kVA</b>				

Tabla 2.3.2.2 Tabla de cargas instaladas en el sub- tablero 02 Transformador “B”.

### c. Sub tablero 03

				PARÁMETROS DE DISEÑO PLANILLA PARA LA DETERMINACIÓN DE DEMANDAS UNITARIAS Y CARGAS INSTALADAS			HOJA 14 DE 16 abr-12	
NOMBRE DEL PROYECTO UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA N° DE PROYECTO 1 LOCALIZACIÓN CAMPUS SUR - SEDE QUITO - BLOQUE F TIPO DE USUARIO								
N°	Aparatos eléctricos y de alumbrado			CI (W)	FFUn (%)	CIR (W)	FSn (%)	DMU (W)
	Descripción	Cantidad	Pn (W)					
1	Lámparas Fluorescente 3 x 32 (W)	73	96	7008	100%	7008	25%	1752
2	Lámparas Fluorescente 2 x 17 (W)	19	34	646	100%	646	25%	161,5
3	Lámparas Ahorradora 2 x 25 (W)	10	50	500	100%	500	25%	125
4	Computadoras	4	300	1200	100%	1200	23%	276
5	Impresoras	2	500	1000	100%	1000	23%	230
6	Proyector	2	300	600	100%	600	23%	138
7	Equipo de Red	1	800	800	100%	800	23%	184
8	Equipos Laboratorio 1	1	6100	6100	100%	6100	25%	1525
9	Equipos Laboratorio 2	1	4800	4800	100%	4800	25%	1200
10								
11								
<b>TOTALES</b>			<b>12980</b>	<b>22654</b>		<b>22654</b>		<b>5591,5</b>
Factor de Potencia Carga =			<b>0,95</b>					
DMU / CI =			<b>0,25</b>					
DMU (KVA) =			<b>5,89</b>	<b>kVA</b>				

Tabla 2.3.2.3 Tabla de cargas instaladas en el sub- tablero 03 Transformador “B”.

### d. Sub tablero 04

				PARAMETROS DE DISEÑO PLANILLA PARA LA DETERMINACION DE DEMANDAS UNITARIAS Y CARGAS INSTALADAS			HOJA 15 DE 16 abr-12	
NOMBRE DEL PROYECTO UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA N° DE PROYECTO 1 LOCALIZACIÓN CAMPUS SUR - SEDE QUITO - BLOQUE G -BAR TIPO DE USUARIO								
N°	Aparatos eléctricos y de alumbrado			CI (W)	FFUn (%)	CIR (W)	FSn (%)	DMU (W)
	Descripción	Cantidad	Pn (W)					
1	Lámparas Fluorescente 3 x 32 (W)	17	96	1632	100%	1632	25%	408
2	Lámparas Ahorradora 25 (W)	26	25	650	100%	650	25%	162,5
3	Refrigerador	3	300	900	100%	900	5%	45
4	Congelador	2	400	800	100%	800	5%	40
5	Microondas	3	1500	4500	100%	4500	5%	225
6	Cocina	1	3000	3000	100%	3000	5%	150
7	TV	2	400	800	100%	800	5%	40
<b>TOTALES</b>			<b>5721</b>	<b>12282</b>		<b>12282</b>		<b>1070,5</b>
Factor de Potencia Carga =			<b>0,95</b>					
DMU / CI =			<b>0,09</b>					
DMU (KVA) =			<b>1,13</b>	<b>kVA</b>				

Tabla 2.3.2.4 Tabla de cargas instaladas en el sub- tablero 04 Transformador “B”.

## e. Sub tablero 05

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA EQUADOR				PARÁMETROS DE DISEÑO PLANILLA PARA LA DETERMINACIÓN DE DEMANDAS UNITARIAS Y CARGAS INSTALADAS			HOJA 16 DE 16 abr-12	
NOMBRE DEL PROYECTO UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA N° DE PROYECTO 1 LOCALIZACIÓN CAMPUS SUR - SEDE QUITO - BLOQUE H TIPO DE USUARIO								
N°	Aparatos eléctricos y de alumbrado			CI (W)	FSn (%)	CIR (W)	FSn (%)	DMU (W)
	Descripción	Cantidad	Pn (W)					
1	Lámparas Fluorescente 2 x 40 (W)	45	80	3600	100%	3600	25%	900
2	Lámparas Ahorradora 2 x 25 (W)	20	50	1000	100%	1000	25%	250
3	Lámpara Incandescentes	44	40	1760	100%	1760	25%	440
4	Computadoras	19	300	5700	100%	5700	23%	1311
5	Equipos de Red	1	800	800	100%	800	23%	184
6	UPS	1	650	650	100%	650	23%	149,5
7	Impresoras	5	500	2500	100%	2500	23%	575
8	Equipos de sonido	10	5000	50000	100%	50000	5%	2500
9	Proyector	3	300	900	100%	900	23%	207
<b>TOTALES</b>			<b>7720</b>	<b>66910</b>		<b>66910</b>		<b>6516,5</b>
Factor de Potencia Carga =			<b>0,95</b>					
DMU / CI =			<b>0,10</b>					
DMU (KVA) =			<b>6,86</b>	kVA				

**Tabla 2.3.2.5** Tabla de cargas instaladas en el sub- tablero 05 Transformador “B”.

### Observaciones:

- En cada uno de los Sub-Tableros se puede constatar que tanto la iluminación y los equipos de cómputo son las potencias más significativas instaladas.
- Se debe considerar que al Sub-Tablero 02 se ha conectado todos los laboratorios de electrónica. Los cuales tiene motores y equipos especiales (Transformadores, bandas transportadoras, equipos electrónicos de potencia, osciloscopios, etc.), pero ya que son equipos para uso en laboratorios su factor de frecuencia de uso es mínima.
- De la misma manera al Sub-Tablero 03 se ha conectado los Laboratorios de Ing. Ambiental, los cuales tienen equipos especiales (hornos, microscopios, refrigeradoras, etc.) y sus potencias son muy considerables, pero su factor de frecuencia de uso es Mínima.

## 2.4 DATOS HISTÓRICOS DE CONSUMO (KW-H) Y DEMANDAS (KW).

Para la obtención de los datos de consumo y demandas se utilizó las facturas que entrega la Empresa Eléctrica Quito S.A. Ya que en dichas facturas consta estos datos.

Para obtener el crecimiento eléctrico se utiliza la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Crecimiento} = \frac{\text{Consumo Mes 2} - \text{Consumo mes 1}}{\text{Consumo mes 1}} * 100$$

Una vez establecido el porcentaje de crecimiento eléctrico mensual se debe obtener el valor medio del año con el fin de obtener el crecimiento anual mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Crecimiento} = \frac{\text{Consumo año 2} - \text{Consumo año 1}}{\text{Consumo año 1}} * 100$$

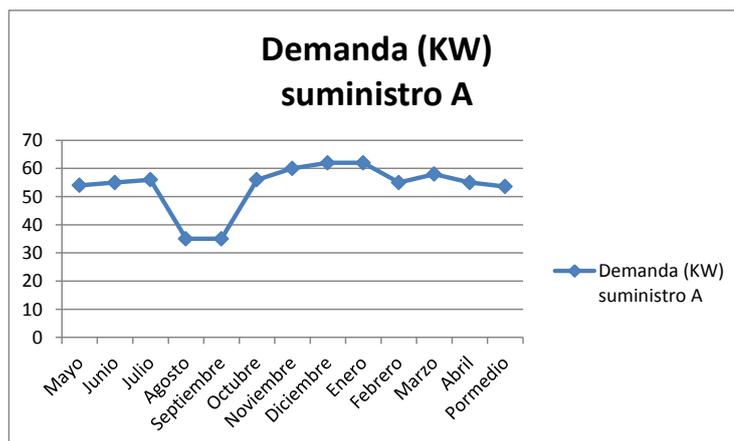
Obteniendo los siguientes resultados:

#### 2.4.1 Datos históricos de consumo de Energía para el Transformador “A”.

a. Para el año 2006 se tiene los siguientes datos:

MESES 2006	Demanda (KW) suministro A	CRECIMIENTO
Mayo	54	1,85%
Junio	55	1,82%
Julio	56	-37,50%
Agosto	35	0,00%
Septiembre	35	60,00%
Octubre	56	7,14%
Noviembre	60	3,33%
Diciembre	62	0,00%
Enero	62	-11,29%
Febrero	55	5,45%
Marzo	58	-5,17%
Abril	55	
Pormedio	53,58	

**Tabla 2.4.1.1** Resumen de la demanda del Trasformador “A” para el año 2006

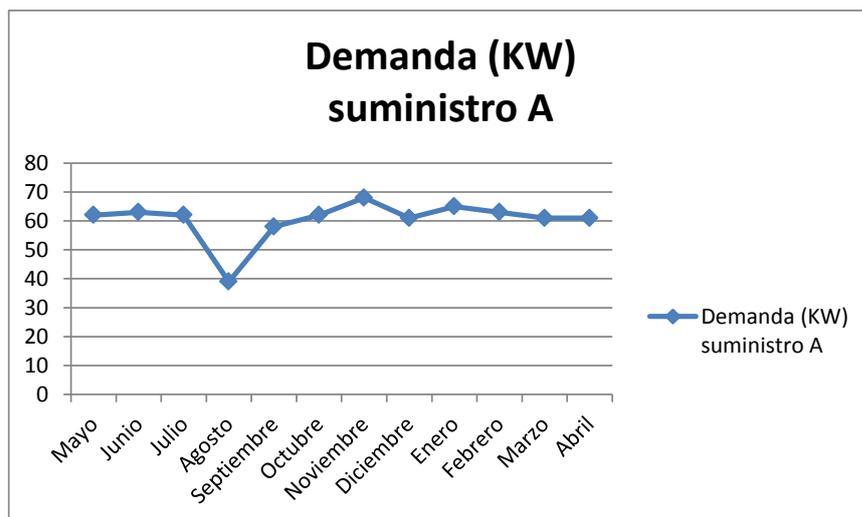


**Figura 2.4.1.1** Comportamiento de la demanda del Transformador “A” para el año 2006

b. Para el año 2007 se tiene los siguientes datos:

MESES 2007	Demanda (KW) suministro A	CRECIMIENTO
Mayo	62	1,61%
Junio	63	-1,59%
Julio	62	-37,10%
Agosto	39	48,72%
Septiembre	58	6,90%
Octubre	62	9,68%
Noviembre	68	-10,29%
Diciembre	61	6,56%
Enero	65	-3,08%
Febrero	63	-3,17%
Marzo	61	0,00%
Abril	61	
Promedio	60,42	

**Tabla 2.4.1.2** Resumen de la demanda del Transformador “A” para el año 2007

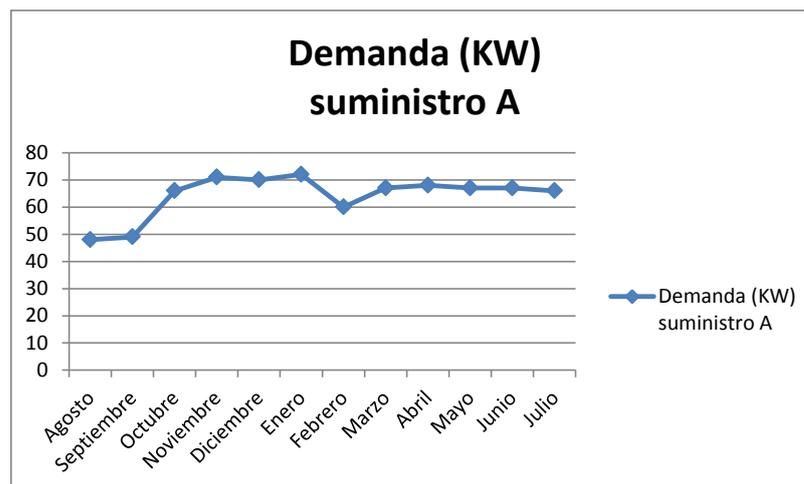


**Figura 2.4.1.2** Comportamiento de la demanda del Trasformador “A” para el año 2007

c. Para el año 2008 se tiene los siguientes datos:

MESES 2008	Demanda (KW) suministro A	CRECIMIENTO
Agosto	48	2,08%
Septiembre	49	34,69%
Octubre	66	7,58%
Noviembre	71	-1,41%
Diciembre	70	2,86%
Enero	72	-16,67%
Febrero	60	11,67%
Marzo	67	1,49%
Abril	68	-1,47%
Mayo	67	0,00%
Junio	67	-1,49%
Julio	66	
Promedio	64,25	

**Tabla 2.4.1.3** Resumen de la demanda del Trasformador “A” para el año 2008

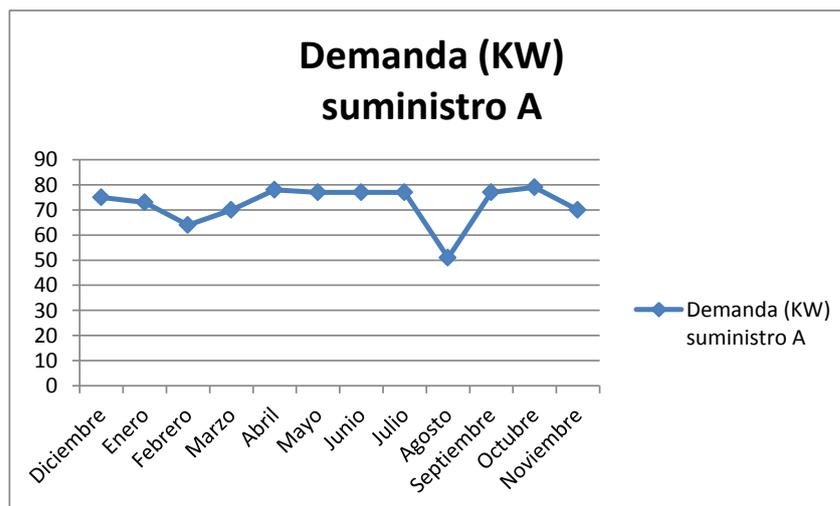


**Figura 2.4.1.3** Comportamiento de la demanda del Trasformador “A” para el año 2008

d. Para el año 2009 se tiene los siguientes datos:

MESES 2009	Demanda (KW) suministro A	CRECIMIENTO
Diciembre	75	-2,67%
Enero	73	-12,33%
Febrero	64	9,38%
Marzo	70	11,43%
Abril	78	-1,28%
Mayo	77	0,00%
Junio	77	0,00%
Julio	77	-33,77%
Agosto	51	50,98%
Septiembre	77	2,60%
Octubre	79	-11,39%
Noviembre	70	
Promedio	<b>72,33</b>	

**Tabla 2.4.1.4** Resumen de la demanda del Trasformador “A” para el año 2009

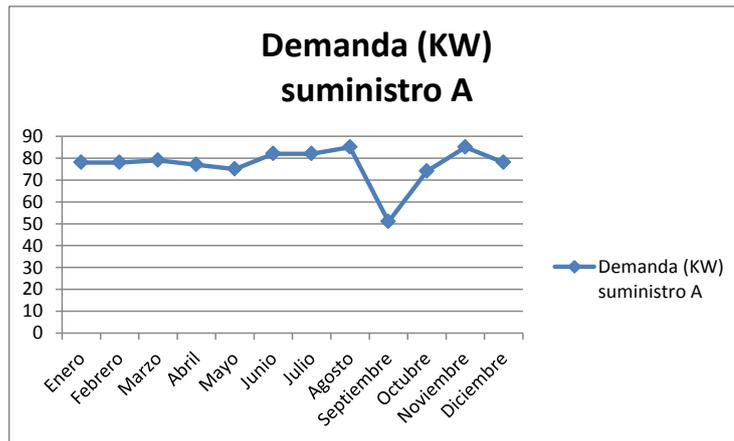


**Figura 2.4.1.4** Comportamiento de la demanda del Transformador “A” para el año 2009

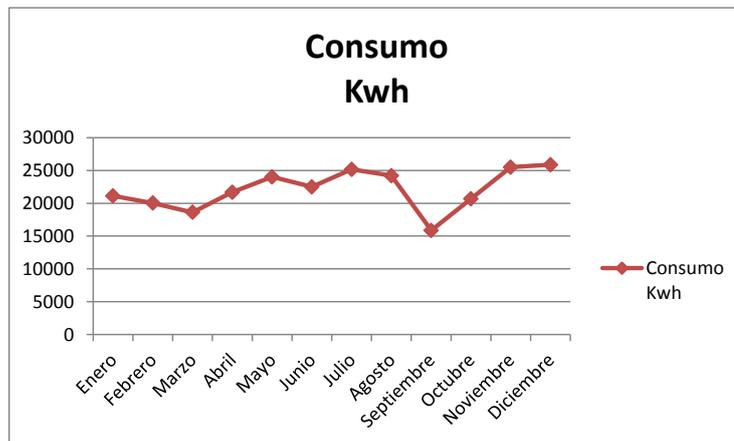
e. Para el año 2010 se tiene los siguientes datos:

MESES 2010	SUMINISTRO A		
	Demanda (KW) suministro A	Consumo Kwh	Pagos USD
Enero	78	21128	1744,24
Febrero	78	20030	1668,54
Marzo	79	18624	1270,47
Abril	77	21679	1464,13
Mayo	75	24010	1773,46
Junio	82	22491	1824,46
Julio	82	25164	2004,44
Agosto	85	24192	1978,13
Septiembre	51	15866	1256,99
Octubre	74	20672	1699,6
Noviembre	85	25498	2062,8
Diciembre	78	25872	2088,76

**Tabla 2.4.1.5** Resumen de la demanda y consumo del Transformador “A” para el año 2010



**Figura 2.4.1.5** Comportamiento de la demanda del Transformador “A” para el año 2010



**Figura 2.4.1.6** Comportamiento del consumo en kW/h del Transformador “A” para el año 2010

Observaciones:

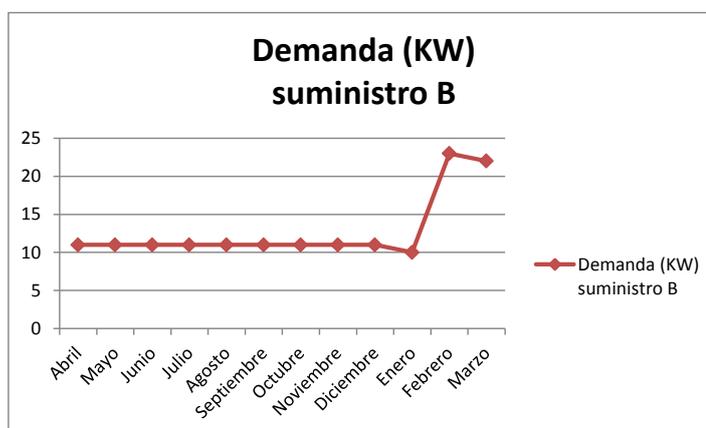
- Hay que tener en cuenta que en los meses de febrero y julio existe un decremento en la demanda de energía en todos los años analizados. Esto se debe a que los alumnos en estos meses terminan las actividades semestrales y tienen un receso vacacional.
- El mayor decremento de demanda de energía se produce en el mes de Agosto debido a tanto los alumnos, docentes y personal administrativo terminan sus actividades anuales y toman un receso vacacional.

## 2.4.2 Datos históricos de consumo de Energía para el Transformador “B”.

a. Para el año 2007 se tiene los siguientes datos:

MESES 2007	Demanda (KW) suministro B	CRECIMIENTO
Abril	11	0,00%
Mayo	11	0,00%
Junio	11	0,00%
Julio	11	0,00%
Agosto	11	0,00%
Septiembre	11	0,00%
Octubre	11	0,00%
Noviembre	11	0,00%
Diciembre	11	-9,09%
Enero	10	130,00%
Febrero	23	-4,35%
Marzo	22	
<b>Pormedio</b>	<b>12,83</b>	

**Tabla 2.4.2.1** Resumen de la demanda del Trasformador “B” para el año 2007

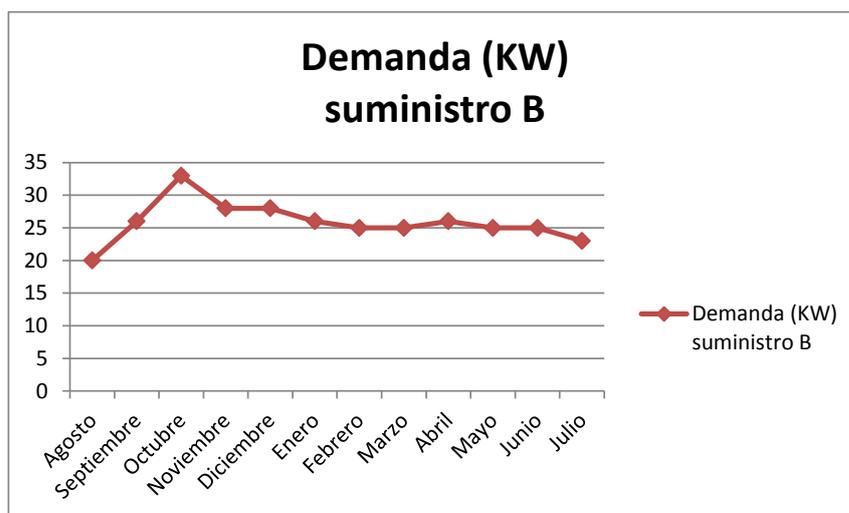


**Figura 2.4.2.1** Comportamiento de la demanda del Trasformador “B” para el año 2007

b. Para el año 2008 se tiene los siguientes datos:

MESES 2008	Demanda (KW) suministro B	CRECIMIENTO
Agosto	20	30,00%
Septiembre	26	26,92%
Octubre	33	-15,15%
Noviembre	28	0,00%
Diciembre	28	-7,14%
Enero	26	-3,85%
Febrero	25	0,00%
Marzo	25	4,00%
Abril	26	-3,85%
Mayo	25	0,00%
Junio	25	-8,00%
Julio	23	
Promedio	25,83	

**Tabla 2.4.2.2** Resumen de la demanda del Transformador “B” para el año 2008

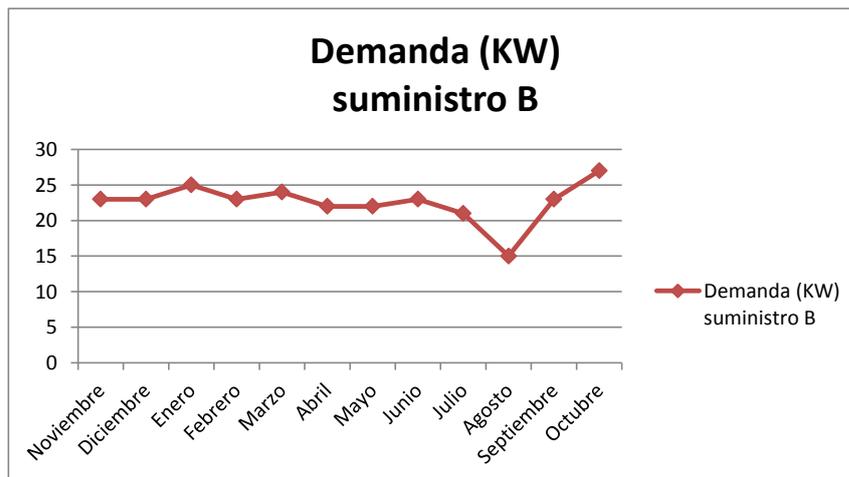


**Figura 2.4.2.2** Comportamiento de la demanda del Transformador “B” para el año 2008

c. Para el año 2009 se tiene los siguientes datos:

MESES 2009	Demanda (KW) suministro B	CRECIMIENTO
Noviembre	23	0,00%
Diciembre	23	8,70%
Enero	25	-8,00%
Febrero	23	4,35%
Marzo	24	-8,33%
Abril	22	0,00%
Mayo	22	4,55%
Junio	23	-8,70%
Julio	21	-28,57%
Agosto	15	53,33%
Septiembre	23	17,39%
Octubre	27	
Promedio	22,58	

**Tabla 2.4.2.3** Resumen de la demanda del Transformador “B” para el año 2009

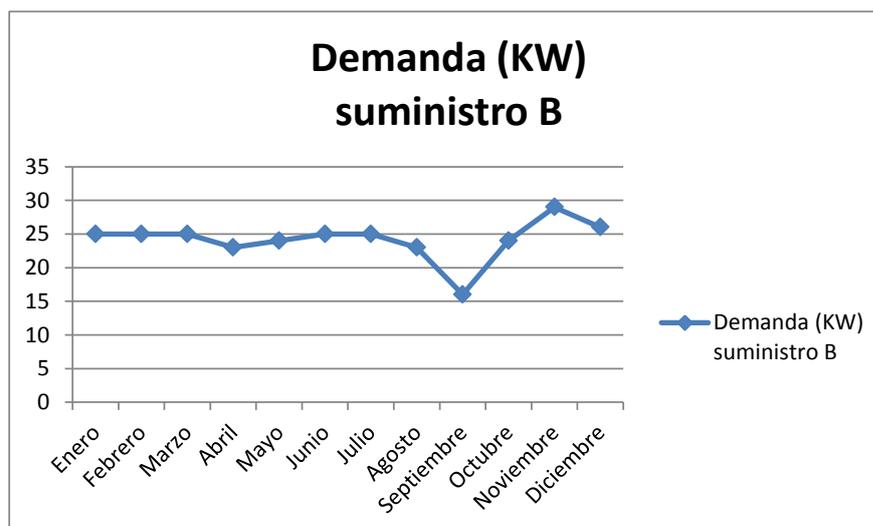


**Figura 2.4.2.3** Comportamiento de la demanda del Transformador “B” para el año 2009

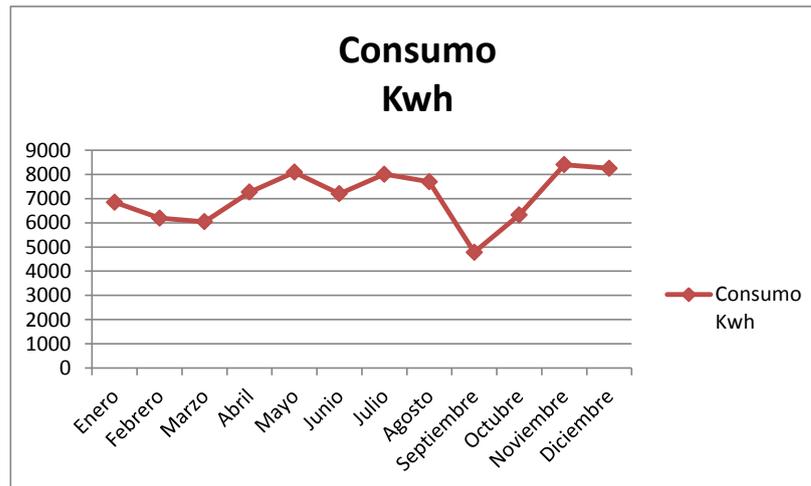
d. Para el año 2010 se tiene los siguientes datos:

MESES 2010	SUMINISTRO B		
	Demanda (KW) suministro B	Consumo Kwh	Pagos USD
Enero	25	6846	587,81
Febrero	25	6194	542,74
Marzo	25	6044	417,2
Abril	23	7268	487,45
Mayo	24	8088	607,36
Junio	25	7201	599,11
Julio	25	8003	638,14
Agosto	23	7694	609,02
Septiembre	16	4782	361,38
Octubre	24	6324	528,04
Noviembre	29	8398	692,3
Diciembre	26	8247	679,62

**Tabla 2.4.2.4** Resumen de la demanda y consumo del Trasformador “B” para el año 2010



**Figura 2.4.2.4** Comportamiento de la demanda del Trasformador “B” para el año 2010



**Figura 2.4.2.5** Comportamiento de la demanda del Trasformador “B” para el año 2010

Observaciones:

- Hay que tener en cuenta que en los meses de febrero y julio existe un decremento en la demanda de energía en todos los años analizados. Esto se debe a que los alumnos en estos meses terminan las actividades semestrales y tienen un receso vacacional.
- El mayor decremento de demanda de energía se produce en el mes de Agosto debido a tanto los alumnos, docentes y personal administrativo terminan sus actividades anuales y toman un receso vacacional.

## **CAPITULO III**

### **ANÁLISIS DE DATOS**

#### **INTRODUCCIÓN**

Para el desarrollo de éste capítulo se analizarán los datos recopilados en la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA – SEDE QUITO – CAMPUS SUR detallados en el CAPITULO II, con la Regulación N° 004/01 del CONELEC (Anexo A.1), la misma que establece los niveles de calidad que deben tener todos los suministros eléctricos del país.

#### **3.1. ANÁLISIS DE CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA.**

##### **3.1.1. Niveles de Voltaje.**

Para realizar el análisis de calidad en los niveles de voltaje debemos partir que el voltaje nominal Fase-Neutro es de 127 V.

Los límites establecidos por la sección 2.1.3 de la regulación N°004/001 del CONELEC, establece mediante una tabla los límites de las variaciones de los diferentes niveles de voltaje siendo el límite permitido para bajo voltaje en áreas urbanas de  $\pm 8,0 \%$ ; por lo tanto, el rango que se debe considerar va desde 116,84 V. hasta 137,16 V. Fase-Neutro. Si los voltajes medidos se encuentran dentro de dicho rango se considerara como un voltaje adecuado.

Hay que tomar en cuenta que según la regulación N°004/001 del CONELEC, para que un servicio sea de buena calidad, el porcentaje de datos fuera del rango establecido no debe ser mayor al 5% del total de datos medidos.

##### **3.1.1.1 Niveles de voltaje para Transformador “A”.**

En la siguiente tabla se resume los valores medidos y el análisis sobre el nivel de voltaje en las diferentes Líneas.

	Tensión L1 Med (V)	Tensión L2 Med (V)	Tensión L3 Med (V)	Tensión N Med (V)
VALOR MAXIMO	129,16	128,49	129,5	0,04
VALOR MEDIO	125,86	125,2	125,9	0,02
VALOR PROMEDIO	125,80	125,16	125,77	0,02
VALOR MINIMO	122,2	121,48	121,35	0,01
VALOR MEDIO TOTAL	125,82	125,16	125,88	0,02
VALOR PROMEDIO TOTAL	125,58	124,94	125,54	0,02
# DE DATOS FUERA DEL RANGO 116,34 - 137,16	1	1	0	0
% DE DATOS FUERA DE RANGO 116,34 - 137,16	0,02	0,02	0,00	0,00

**Tabla 3.1.1.1** Resumen de datos de Voltaje en Voltios (V) de datos medidos y analizados en las Líneas L1, L2, L3 y Neutro

Al observar la Tabla 3.1.1.1 conjuntamente con el ANEXO A.2. Y las figuras (2.1.1.1 – 2.1.1.2 – 2.1.1.3 – 2.1.1.4) del capítulo anterior. Se concluye lo siguiente:

- Ninguna de las tensiones de las líneas se encuentra fuera del rango del voltaje establecido es decir (116.34V a 137.16V). Por lo que se concluye que los voltajes se encuentra en un nivel Óptimo.
- A diferencia de la tensión de las líneas, el voltaje medio y promedio de Neutro con respecto a tierra debe ser lo más cercano a cero. Siendo en nuestro caso 0,02V es decir apenas tiene una variación de 0.02% respecto al voltaje promedio nominal. Por lo tanto es un nivel aceptable para el sistema.
- Con estos datos obtenidos el voltaje promedio en el sistema es de 125,35V. Y el Voltaje medio es de 125,82V. Siendo este nivel de voltaje óptimo para el consumo del usuario.

### 3.1.1.2 Niveles de voltaje para Transformador “B”.

En la siguiente tabla se resume los valores medidos y el análisis sobre el nivel de voltaje en las diferentes Líneas.

	Tensión L1 Med (V)	Tensión L2 Med (V)	Tensión L3 Med (V)	Tensión N Med (V)
VALOR MAXIMO	129,88	128,62	128,23	6,52
VALOR MEDIO	126,895	125,175	125,13	0,56
VALOR PROMEDIO	126,95	125,21	125,14	0,77
VALOR MINIMO	123,83	121,04	121,49	0,27
VALOR MEDIO TOTAL	126,92	125,16	125,07	0,58
VALOR PROMEDIO TOTAL	126,89	125,12	125,05	0,79
# DE DATOS FUERA DEL RANGO 116,34 - 137,16	2	2	2	1065
% DE DATOS FUERA DE RANGO 116,34 -137,16	0,03	0,03	0,03	17,50

**Tabla 3.1.1.2** Resumen de datos de Voltaje en Voltios (V) de datos medidos y analizados en las Líneas L1, L2, L3 y Neutro

Al observar la Tabla 3.1.1.2 conjuntamente con el ANEXO A.2. Y las figuras (2.1.1.5 – 2.1.1.6 – 2.1.1.7 – 2.1.1.8) del capítulo anterior. Se concluye lo siguiente:

- Ninguna de las tensiones de las líneas se encuentra fuera del rango del voltaje establecido es decir (116.34V a 137.16V). Por lo que se concluye que los voltajes de cada línea se encuentra en un nivel Óptimo.
- A diferencia de la tensión de las líneas, el voltaje medio y promedio de Neutro con respecto a tierra debe ser lo más cercano a cero. Siendo en nuestro caso 0,58V y 0,79V. Respectivamente. Esta variación en la tensión de neutro equivale a un 0,5% respecto al voltaje promedio nominal. Por lo tanto este es un nivel aceptable para el sistema.
- Por otro lado existe un 17,5% de datos fuera del rango aceptable lo que significa que existe un desbalance en las cargas del sistema. Esto se lo analizara más adelante con las corrientes.
- Con estos datos obtenidos el voltaje promedio en el sistema es de 125,16V. Y el Voltaje medio es de 125,69V. Siendo estos nivel de voltaje óptimos para el uso del usuario.

### 3.1.2. Perturbaciones “Parpadeo o Flicker”.

El flicker es el fenómeno de variación de la intensidad del flujo luminoso que afecta a la visión humana generado por fluctuaciones (modulaciones) en la tensión de red. Es un problema de percepción visual, puesto que el fenómeno depende principalmente de las personas que lo observan.

Las principales causas son las conexiones de grandes motores de inducción, compresores, trenes laminadores, bancos de capacitores, soldadoras y hornos de arco (cargas no lineales) entre otras, en redes eléctricas deficientes, de baja potencia de corto circuito, o en aquellas sin sistemas de control de inhibición de transitorios.

El flicker puede clasificarse según su naturaleza, en dos categorías: sistemático o periódico y aleatorio o no periódico, pudiendo manifestarse simultáneamente.

El flicker periódico puede ser consecuencia de cargas o servicios repetitivos como ser compresores, soldadoras de punto y de arco, en cambio, el flicker no periódico es provocado por la eventual conexión de grandes cargas. Ambos tipos de flicker pueden presentarse simultáneamente en presencia de cargas tales como hornos y soldadoras de arco<sup>10</sup>.

Para realizar el análisis de calidad en cuanto a los flickers debemos considerar los índices establecidos en la sección 2.2.1 de la regulación N°004/001 del CONELEC la cual considerará el índice de severidad por los flicker de corta duración ( $P_{st}$ ) el cual no debe superar a la unidad es decir  $P_{st} = 1$  como tope.

Se debe considerar que según la regulación N°004/001 del CONELEC para que un servicio sea de buena calidad, el porcentaje de datos fuera del rango establecido anteriormente no debe ser mayor al 5% del total de datos medidos.

---

<sup>10</sup> IEEE Std 1159-1995 – Calidad de Energía

### 3.1.2.1 Perturbaciones “Parpadeo o Flicker” del Transformador “A”.

En la siguiente tabla se resume los valores medidos “Anexo A.2”<sup>11</sup> y el análisis sobre el nivel de voltaje en las diferentes Líneas.

	Pst L1	Pst L2	Pst L3
VALOR MAXIMO	2,512	2,952	2,655
VALOR MEDIO	0,734	0,751	0,752
VALOR PROMEDIO	0,83	0,85	0,85
VALOR MINIMO	0,147	0,09	0,062
# DE DATOS FUERA DEL RANGO Pst >1	535	552	565
% DE DATOS FUERA DE RANGO Pst >1	26,45	27,29	27,93

**Tabla 3.1.2.1** Tabla de resumen de datos medidos y analizados de flicker.

Al observar la Tabla 3.1.2.1 conjuntamente con el ANEXO A.2. Y las figuras (2.1.8.1 – 2.1.8.2 – 2.1.8.3) del capítulo anterior. Se concluye lo siguiente:

- El porcentaje de flickers en la línea 1 que exceden el límite es de 26.45%.
- El porcentaje de flickers en la línea 2 que exceden el límite es de 27.29%.
- El porcentaje de flickers en la línea 3 que exceden el límite es de 27.93%.
- Estos datos reflejan que los niveles de flicker son altos y exceden en más del 20% al límite permitido, teniendo en cuenta que el límite es de 5%.
- Al Transformador A se encuentran conectados: Motores de bombeo de agua, ascensores, grúa de construcción, motores laboratorio de suelos, soldas y maquinaria de cerrajería. Todas estas cargas especiales son las que contribuyen a la generación de flickers.

---

<sup>11</sup> Anexo A.2. Datos medidos con el FLUKE 435. Y análisis de calidad.

### 3.1.2.2 Perturbaciones “Parpadeo o Flicker” del Transformador “B”.

En la siguiente tabla se resume los valores medidos “Anexo A.2”<sup>12</sup> y el análisis sobre el nivel de voltaje en las diferentes Líneas.

	Pst L1	Pst L2	Pst L3
VALOR MAXIMO	5,433	2,33	6,019
VALOR MEDIO	0,614	0,6855	0,63
VALOR PROMEDIO	0,60	0,66	0,60
VALOR MINIMO	0,064	0,071	0,078
# DE DATOS FUERA DEL RANGO Pst >1	52	85	51
% DE DATOS FUERA DE RANGO Pst >1	2,56	4,19	2,51

**Tabla 3.1.2.2** Tabla de resumen de datos medidos y analizados de flicker.

Al observar la Tabla 3.1.2.2 conjuntamente con el ANEXO A.2. Y las figuras (2.1.8.1 – 2.1.8.2 – 2.1.8.3) del capítulo anterior. Se concluye lo siguiente:

- El porcentaje de flickers en la línea 1 que exceden el límite es de 2.565%.
- El porcentaje de flickers en la línea 2 que exceden el límite es de 4.19%.
- El porcentaje de flickers en la línea 3 que exceden el límite es de 2.51%.
- Estos datos reflejan que los niveles de flicker no son altos ya que el límite es 5% y están por debajo del mismo.

### 3.1.2.3 Posibles soluciones para Flickers

Se pueden considerar diversas soluciones:

- **Elección del sistema de iluminación:** ya que existen fuentes luminosas más o menos sensibles al flicker, la solución es realizar una adecuada elección de dichas fuentes. Las lámparas fluorescentes tienen una sensibilidad a las variaciones de tensión dos o tres veces menor que las lámparas de incandescencia.
- Adicional, se puede considerar “limpiar” la línea de salida para la iluminación por medio de la instalación de un regulador de tensión o de un ondulador.

<sup>12</sup> Anexo A.2. Datos medidos con el FLUKE 435. Y análisis de calidad.

- La alimentación eléctrica debe ser independiente de la maquinaria que requiera corrientes transitorias importantes.
- Diseño correcto de la maquinaria reduciendo al máximo las puntas transitorias de corriente. En algún caso esto puede conseguirse mediante la inserción de reactancias en serie o, en otros, mediante sistemas de acumulación de energía.
- Utilizar compensadores estáticos que, mediante interruptores electrónicos y reactancias, permiten compensar las fuertes oscilaciones de corriente en las cargas.
- Se debe corregir los parpadeos o Flicker de voltaje ya que estos afectan a los sistemas de iluminación y por ende a sus usuarios; para esto se recomienda colocar un regulador de tensión o un ondulator a las redes de iluminación.

### **3.1.3. Armónicos.**

En general, los armónicos son producidos por cargas no lineales, lo cual significa que su impedancia no es constante (está en función de la tensión). Estas cargas no lineales a pesar de ser alimentadas con una tensión sinusoidal se le suman una intensidad no sinusoidal, pudiendo estar la corriente desfasada un ángulo ( $x$ ) respecto a la tensión.

Existen dos categorías generadoras de armónicos. La primera es simplemente las cargas no lineales en las que la corriente que fluye por ellas no es proporcional a la tensión. Como resultado de esto, cuando se aplica una onda sinusoidal de una sola frecuencia, la corriente resultante no es de una sola frecuencia. Transformadores, reguladores y otros equipos conectados al sistema pueden presentar un comportamiento de carga no lineal y ciertos tipos de bancos de transformadores multifase conectados en *estrella-estrella* con cargas desbalanceadas o con problemas en su puesta a tierra. Diodos, elementos semiconductores y transformadores que se saturan son ejemplos de equipos generadores de armónicos, estos elementos se encuentran en muchos aparatos eléctricos modernos. Invariablemente esta categoría de elementos generadores de armónicos, lo harán siempre que estén energizados con una tensión alterna. Estas son las fuentes originales de armónicos que se generan

sobre el sistema de potencia. El segundo tipo de elementos que pueden generar armónicos son aquellos que tienen una impedancia dependiente de la frecuencia.<sup>13</sup>

Para realizar el análisis de calidad en cuanto a los Armónicos debemos considerar los índices establecidos en la sección 2.2.2 de la regulación N°004/001 del CONELEC (Anexo A.1) la cual considerará los armónicos comprendidos entre la segunda y la cuadragésima, ambas inclusive.

La tabla que se muestra a continuación establece los límites máximos de calidad según la regulación:

ORDEN (n) DE LA ARMONICA Y THD	TOLERANCIA $ V_i' $ o $ THD' $ (% respecto al voltaje nominal del punto de medición)	
	V > 40 kV (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
> 25	$0.1 + 0.6*25/n$	$0.2 + 1.3*25/n$
<b>Impares múltiplos de tres</b>		
3	1.5	5.0
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 a 12	0.2	0.5
<b>THD</b>	<b>3</b>	<b>8</b>

**Tabla 3.1.3** Tabla de límites de tolerancia de armónicos permisible según la regulación N°004/001 del CONELEC.

<sup>13</sup> Norma IEEE Std 1159-1995 – Calidad de Energía

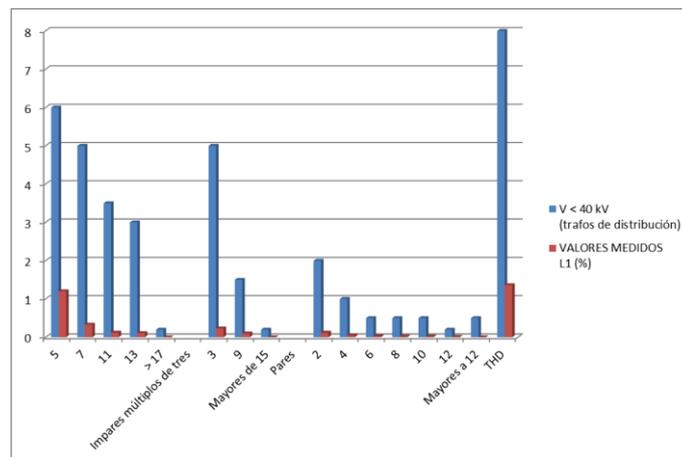
### 3.1.3.1. Armónicos Transformador “A”.

#### a. Armónicos Línea 1

A continuación se resumen los porcentajes de los Armónicos medidos (Anexo A.2) para la línea 1 y se los compara con los límites establecidos en la regulación 004/001 del CONELEC.

ORDEN (n) DE LA ARMONICA Y THD	TOLERANCIA $[V_i] \leq [THD]$ (% respecto al voltaje nominal del punto de	
	V < 40 kV (trafos de distribución)	VALORES MEDIDOS L1 (%)
<b>Impares no múltiplos de 3</b>		
5	6	1,2
7	5	0,33
11	3,5	0,12
13	3	0,11
> 17	0,2	0
<b>Impares múltiplos de tres</b>		
3	5	0,23
9	1,5	0,1
<b>Mayores de 15</b>	0,2	0
<b>Pares</b>		
2	2	0,12
4	1	0,05
6	0,5	0,03
8	0,5	0,02
10	0,5	0,02
12	0,2	0,01
<b>Mayores a 12</b>	0,5	0
<b>THD</b>	<b>8</b>	<b>1,36</b>

**Tabla 3.1.3.1** Comparación de armónicos medidos con límites establecidos Línea 1.



**Figura 3.1.3.1** Comparación de armónicos medidos con límites establecidos Línea 1.

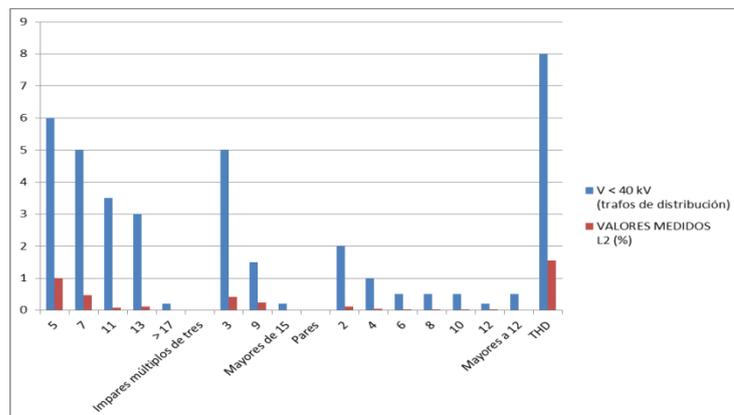
- Como se puede observar tanto en el gráfico 3.1.3.1 como en la tabla 3.1.3.1 los valores de armónicos que se pudo medir están por debajo de los límites establecidos. Concluyendo en cuanto a los armónicos la línea 1 está en un nivel aceptable.

b. Armónicos Línea 2.

A continuación se resumen los porcentajes de los Armónicos medidos en el Anexo A.2. Para la línea 2 y se los compara con los límites establecidos en la regulación 004/001 del CONELEC.

ORDEN (n) DE LA ARMONICA Y THD	TOLERANCIA [V <sub>r</sub> ] o [THD]	
	(% respecto al voltaje nominal del punto de	
Impares no múltiplos de 3	V < 40 kV	VALORES MEDIDOS
	(trafos de distribución)	L2 (%)
5	6	1,005
7	5	0,48
11	3,5	0,09
13	3	0,11
> 17	0,2	0
<b>Impares múltiplos de tres</b>		
3	5	0,42
9	1,5	0,25
<b>Mayores de 15</b>		
<b>Pares</b>		
2	2	0,12
4	1	0,05
6	0,5	0,03
8	0,5	0,02
10	0,5	0,02
12	0,2	0,02
<b>Mayores a 12</b>		
THD	8	1,55

**Tabla 3.1.3.2** Comparación de armónicos medidos con límites establecidos Línea 2.



**Figura 3.1.3.2** Comparación de armónicos medidos con límites establecidos Línea 2.

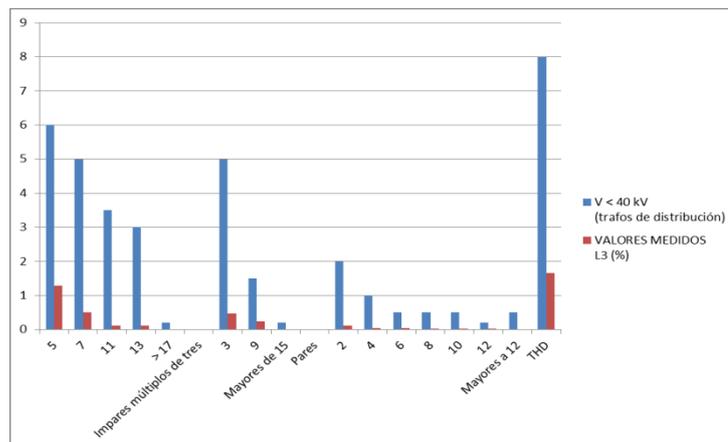
- Como se puede observar tanto en el gráfico 3.1.3.2 como en la tabla 3.1.3.2 los valores de armónicos que se pudo medir están por debajo de los límites establecidos anteriormente. Concluyendo en cuanto a los armónicos la línea 2 está en un nivel aceptable.

b. Armónicos Línea 3.

A continuación se resumen los porcentajes de los Armónicos medidos en el Anexo A.2. Para la línea 2 y se los compara con los límites establecidos en la regulación 004/001 del CONELEC.

ORDEN (n) DE LA ARMONICA Y THD	TOLERANCIA [V <sub>r</sub> ] o [THD]	
	(% respecto al voltaje nominal del punto de	
Impares no múltiplos de 3	V < 40 kV	VALORES MEDIDOS
	(trafos de distribución)	L3 (%)
5	6	1,28
7	5	0,51
11	3,5	0,12
13	3	0,11
> 17	0,2	0
<b>Impares múltiplos de tres</b>		
3	5	0,48
9	1,5	0,24
<b>Mayores de 15</b>		
<b>Pares</b>		
2	2	0,12
4	1	0,05
6	0,5	0,04
8	0,5	0,02
10	0,5	0,02
12	0,2	0,02
<b>Mayores a 12</b>		
THD	8	1,66

**Tabla 3.1.3.3** Comparación de armónicos medidos con límites establecidos Línea 3.



**Figura 3.1.3.3** Comparación de armónicos medidos con límites establecidos Línea 3.

- Como se puede observar tanto en el gráfico 3.1.3.3 como en la tabla 3.1.3.3 los valores de armónicos que se pudo medir están por debajo de los límites establecidos anteriormente. Concluyendo en cuanto a los armónicos la línea 3 está en un nivel aceptable.

### 3.1.3.2. Armónicos Transformador “B”.

#### a. Armónicos Línea 1

A continuación se resumen los porcentajes de los Armónicos medidos (Anexo A.2) para la línea 1 y se los compara con los límites establecidos en la regulación 004/001 del CONELEC.

ORDEN (n) DE LA ARMONICA Y THD	TOLERANCIA $[V_1]$ o $[THD]$ (% respecto al voltaje nominal del punto de	
	V < 40 kV (trafos de distribución)	VALORES MEDIDOS L1 (%)
<b>Impares no múltiplos de 3</b>		
5	6	1,21
7	5	0,94
11	3,5	0,28
13	3	0,22
> 17	0,2	0
<b>Impares múltiplos de tres</b>		
3	5	0,09
9	1,5	0,72
<b>Mayores de 15</b>	0,2	0
<b>Pares</b>		
2	2	0,17
4	1	0,08
6	0,5	0,05
8	0,5	0,04
10	0,5	0,03
12	0,2	0,03
<b>Mayores a 12</b>	0,5	0
<b>THD</b>	<b>8</b>	<b>2,45</b>

Tabla 3.1.3.4 Comparación de armónicos medidos con límites establecidos Línea 1.

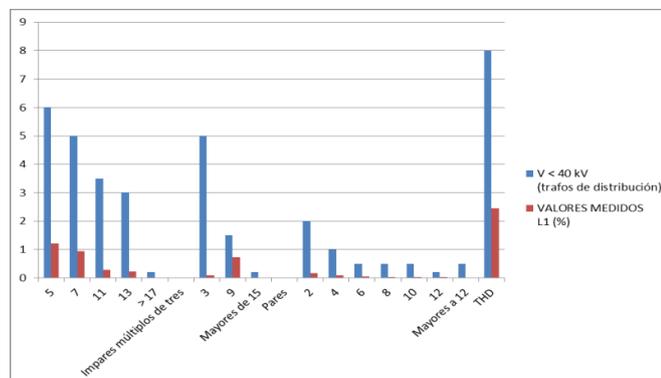


Figura 3.1.3.4 Comparación de armónicos medidos con límites establecidos Línea 1.

- Como se puede observar tanto en el gráfico 3.1.3.4 como en la tabla 3.1.3.4 los valores de armónicos que se pudo medir están por debajo de los límites establecidos. Concluyendo en cuanto a los armónicos la línea 1 está en un nivel aceptable.

b. Armónicos Línea 2

A continuación se resumen los porcentajes de los Armónicos medidos (Anexo A.2) para la línea 1 y se los compara con los límites establecidos en la regulación 004/001 del CONELEC.

ORDEN (n) DE LA ARMONICA Y THD	TOLERANCIA $[V_i]$ o $[THD]$	
	(% respecto al voltaje nominal del punto de	
Impares no múltiplos de 3	V < 40 kV	VALORES MEDIDOS
	(trafos de distribución)	L2 (%)
5	6	1,005
7	5	0,48
11	3,5	0,09
13	3	0,11
> 17	0,2	0
Impares múltiplos de tres		
3	5	0,42
9	1,5	0,25
Mayores de 15	0,2	0
Pares		
2	2	0,12
4	1	0,05
6	0,5	0,03
8	0,5	0,02
10	0,5	0,02
12	0,2	0,02
Mayores a 12	0,5	0
THD	8	1,55

Tabla 3.1.3.5 Comparación de armónicos medidos con límites establecidos Línea 2.

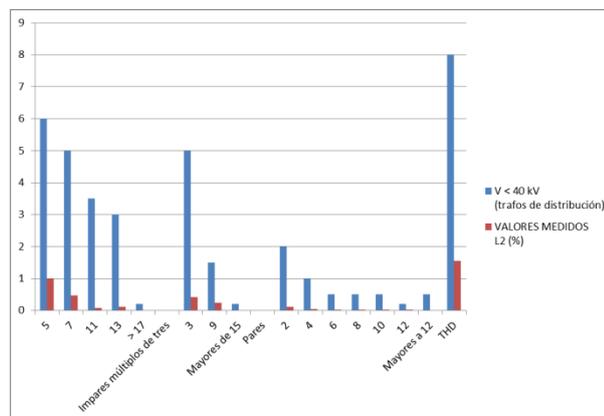


Figura 3.1.3.5 Comparación de armónicos medidos con límites establecidos Línea 2.

- Como se puede observar tanto en el gráfico 3.1.3.5 como en la tabla 3.1.3.5 los valores de armónicos que se pudo medir están por debajo de los límites establecidos. Concluyendo en cuanto a los armónicos la línea 2 está en un nivel aceptable.

c. Armónicos Línea 3

A continuación se resumen los porcentajes de los Armónicos medidos (Anexo A.2) para la línea 1 y se los compara con los límites establecidos en la regulación 004/001 del CONELEC.

ORDEN (n) DE LA ARMONICA Y THD	TOLERANCIA $[V_i] \text{ o } [\text{THD}]$	
	(% respecto al voltaje nominal del punto de	
Impares no múltiplos de 3	V < 40 kV	VALORES MEDIDOS
	(trafos de distribución)	L3 (%)
5	6	1,28
7	5	0,51
11	3,5	0,12
13	3	0,11
> 17	0,2	0
Impares múltiplos de tres		
3	5	0,48
9	1,5	0,24
Mayores de 15	0,2	0
Pares		
2	2	0,12
4	1	0,05
6	0,5	0,04
8	0,5	0,02
10	0,5	0,02
12	0,2	0,02
Mayores a 12	0,5	0
THD	8	1,66

Tabla 3.1.3.6 Comparación de armónicos medidos con límites establecidos Línea 3.

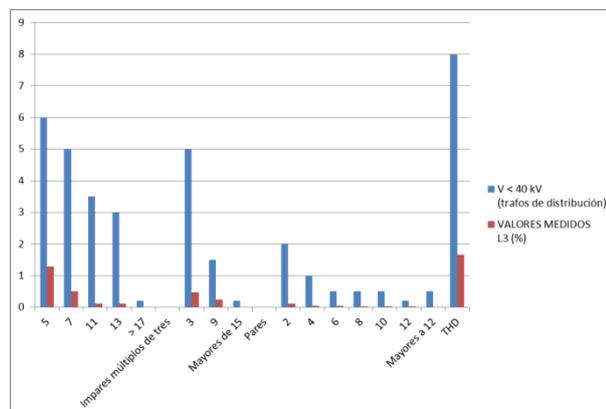


Figura 3.1.3.6 Comparación de armónicos medidos con límites establecidos Línea 3.

- Como se puede observar tanto en el gráfico 3.1.3.6 como en la tabla 3.1.3.6 los valores de armónicos que se pudo medir están por debajo de los límites establecidos anteriormente. Concluyendo en cuanto a los armónicos la línea 3 está en un nivel aceptable.

#### **3.1.4. Factor de potencia.**

La potencia reactiva, la cual no produce un trabajo físico directo en los equipos, es necesaria para producir el flujo electromagnético que pone en funcionamiento elementos tales como: motores, transformadores, lámparas fluorescentes, equipos de refrigeración y otros similares. Cuando la cantidad de estos equipos es apreciable los requerimientos de potencia reactiva también se hacen significativos, lo cual produce una disminución del factor de potencia. Un alto consumo de energía reactiva puede producirse como consecuencia principalmente de:

- Un gran número de motores.
- Presencia de equipos de refrigeración y aire acondicionado.
- Una sub-utilización de la capacidad instalada en equipos electromecánicos, por una mala planificación y operación en el sistema eléctrico de la industria.
- Un mal estado físico de la red eléctrica y de los equipos de la industria.

Para realizar el análisis de calidad en cuanto al factor de potencia debemos considerar los índices establecidos en la sección 2.3 de la regulación N°004/001 del CONELEC (Anexo A.1) la cual considera que si en el 5% del periodo evaluado en valor del factor de potencia es inferior a límite establecido el consumidor está incumpliendo con los índices de calidad.

En la regulación N°004/001 del CONELEC establece que el valor mínimo del factor de potencia es 0,92.

### 3.1.4.1 Factor de potencia Transformador “A”.

En la siguiente tabla se resumen los valores de factor de potencia que se midieron (ANEXO A.2). Con el fin de realizar el análisis correspondiente al factor de potencia.

	Factor de Potencia L1 Med	Factor de Potencia L2 Med	Factor de Potencia L3 Med	Factor de Potencia Total Med
VALOR MAXIMO	0,96	0,97	0,97	0,97
VALOR MEDIO	0,94	0,95	0,91	0,94
VALOR PROMEDIO	0,93	0,94	0,90	0,93
VALOR MINIMO	0,87	0,87	0,74	0,85
VALOR MEDIO TOTAL	0,93	0,95	0,91	0,93
VALOR PROMEDIO TOTAL	0,91	0,93	0,89	0,92
# DE DATOS FUERA DEL RANGO < 0,92	2200	1054	3495	1756
% DE DATOS FUERA DE RANGO <0,92	36,25	17,37	57,59	28,93

**Tabla 3.1.4.1** Resumen factor de frecuencia y análisis.

Al observar la Tabla 3.1.4.2 conjuntamente con el ANEXO A.2. Y las figuras (2.1.7.1 – 2.1.7.2 – 2.1.7.3) del capítulo anterior. Se concluye lo siguiente:

- Aunque el valor medio y promedio de factor de potencia de cada línea sea mayor al límite establecido en la regulación 004/001 que es 0,92. Los porcentajes del número de datos que se encuentran bajo el rango establecido son considerables.
- Se debe tomar medidas correctivas con el fin de mejorar el factor de potencia en el Transformador “A”.

### 3.1.4.2 Factor de potencia Transformador “B”.

En la siguiente tabla se resumen los valores de factor de potencia que se midieron (ANEXO A.2). Con el fin de realizar el análisis correspondiente al factor de potencia.

	Factor de Potencia L1 Med	Factor de Potencia L2 Med	Factor de Potencia L3 Med	Factor de Potencia Total Med
VALOR MAXIMO	0,99	0,98	0,91	0,94
VALOR MEDIO	0,95	0,9	0,73	0,82
VALOR PROMEDIO	0,91	0,90	0,74	0,83
VALOR MINIMO	0,18	0,72	0,61	0,69
VALOR MEDIO TOTAL	0,95	0,90	0,75	0,83
VALOR PROMEDIO TOTAL	0,90	0,90	0,75	0,84
# DE DATOS FUERA DEL RANGO < 0,92	1870	3625	6015	5643
% DE DATOS FUERA DE RANGO <0,92	30,72	59,55	98,82	92,71

**Tabla 3.1.4.1** Resumen factor de frecuencia y análisis.

Al observar la Tabla 3.1.4.2 conjuntamente con el ANEXO A.2. Y las figuras (2.1.7.4 – 2.1.7.5 – 2.1.7.6) del capítulo anterior. Se concluye lo siguiente:

- El valor medio y promedio de factor de potencia de cada línea se encuentran por debajo del límite establecido en la regulación 004/001 que es 0,92.
- Los porcentajes del número de datos que se encuentran bajo el rango establecido son considerables llegando hasta un 91,71.
- Se debe tomar medidas correctivas con el fin de mejorar el factor de potencia en el Transformador B.

### **3.1.4.3 Posibles soluciones para mejorar el factor de potencia.**

Las instalaciones eléctricas cuya carga está compuesta principalmente por motores de inducción tienen un factor atrasado, por esta razón resulta necesario compensar la carga inductiva con carga capacitiva, además de realizar modificaciones o acciones para que los motores operen en condiciones de carga adecuadas (75 - 100%) para mejorar el factor de carga del mismo y de la instalación total.

La solución sencilla es la colocación de bancos de capacitores que proporcionan los KVA's Reactivos Capacitivos, necesarios para que el factor de potencia esté por encima de lo estipulado en el contrato de suministro. De hecho, las empresas suministradoras de energía eléctrica utilizan este sistema para compensar el factor de potencia de su red de transmisión y distribución.

Tomando en cuenta la potencia, y el lugar de emplazamiento de los capacitores, la compensación de potencia reactiva se puede realizar de las siguientes maneras:

- Individual.
- Por grupos.
- Central con sistema automático de regulación

### **3.1.5. FRECUENCIA.**

Las redes eléctricas operan a una cierta frecuencia, 60Hz para nuestro caso. Este disturbio se da cuando la frecuencia del voltaje se "sale" de las tolerancias permitidas.

La mayoría de equipos electrónicos son sensibles a esta fuerte variación, produciéndose un inadecuado funcionamiento de ellos.

Sin embargo debido a la gran “masa” del sistema eléctrico, es poco probable el encontrar problemas con la frecuencia. Virtualmente todos los dispositivos eléctricos son capaces de operar en forma adecuada con variaciones de frecuencia bastante mayores que las que se encuentran en la red eléctrica.

Este disturbio es más usual en grupos generadores diesel aún los más grandes, los cuales presentan visibles variaciones en la frecuencia, sobre todo cuando están alrededor del 100% de la carga y ésta varía fuertemente.

Para realizar el análisis de calidad en cuanto a la frecuencia se debe tener en cuenta, que el rango permisible va desde 59.85 Hz hasta 60.15 Hz. Y se debe considerar que si en el 5% del periodo evaluado el valor de la frecuencia está fuera del rango establecido, por lo tanto no se está incumpliendo con los índices de calidad.

### 3.1.5.1. Frecuencia Transformador “A”.

En la siguiente tabla se resumen los valores de frecuencia que se midieron (ANEXO A.2). Con el fin de realizar el analisis correspondiente al factor de potencia.

	Frecuencia Min (Hz)	Frecuencia Med (Hz)	Frecuencia Max (Hz)
VALOR MAXIMO	60,02	60,068	60,142
VALOR MEDIO	59,943	59,999	60,056
VALOR PROMEDIO	59,94	60,00	60,06
VALOR MINIMO	59,842	59,937	59,97
VALOR PROMEDIO TOTAL	60,00		
VALOR MEDIO TOTAL	60,00		
# DE DATOS FUERA DEL RANGO 59,85 - 60,15	1		
% DE DATOS FUERA DE RANGO 59,85 - 60,15	0,02		

**Tabla 3.1.5.1** Resumen de datos de Frecuencia en (Hz) y análisis.

Al observar la Tabla 3.1.4.2 conjuntamente con el ANEXO A.2. Y las figuras (2.1.3.1) del capítulo anterior. Se concluye lo siguiente:

- La frecuencia media es de 60 Hz. La cual es ideal para el sistema.

- El 0.02% de los datos medidos esta fuera del rango permisible. Por lo que se establece que la frecuencia entregada está dentro de los niveles establecidos.

### 3.1.5.2. Frecuencia Transformador “B”.

En la siguiente tabla se resumen los valores de frecuencia que se midieron (ANEXO A.2). Con el fin de realizar el analisis correspondiente al factor de potencia.

	Frecuencia Min (Hz)	Frecuencia Med (Hz)	Frecuencia Max (Hz)
VALOR MAXIMO	60,046	60,119	60,176
VALOR MEDIO	59,947	60	60,055
VALOR PROMEDIO	59,95	60,00	60,06
VALOR MINIMO	59,847	59,926	59,994
VALOR PROMEDIO TOTAL	60,00		
VALOR MEDIO TOTAL	60,00		
# DE DATOS FUERA DEL RANGO 59,85 - 60,15	0		
% DE DATOS FUERA DE RANGO 59,85 - 60,15	0,00		

**Tabla 3.1.5.1** Resumen de datos de Frecuencia en (Hz) y análisis.

Al observar la Tabla 3.1.4.2 conjuntamente con el ANEXO A.2. Y las figuras (2.1.3.2) del capítulo anterior. Se concluye lo siguiente:

- La frecuencia media es de 60 Hz. La cual es ideal para el sistema.
- El 0.03% de los datos medidos está fuera del rango permisible. Por lo que se establece que la frecuencia entregada está dentro de los niveles aceptados.

### 3.1.6. CORRIENTE.

Para realizar el análisis de calidad en cuanto a la “corriente” se verificara los niveles en cada una de las fases estableciendo como el valor máximo permitido de desbalance sea el +/-5% entre cada una de las fases. También se debe tomar en cuenta que la corriente en el neutro debe ser lo más cercana a cero.

#### 3.1.6.1. Corrientes Transformador “A”

En la siguiente tabla se resumen los valores de frecuencia que se midieron (Anexo A.2), con el fin de realizar el analisis correspondiente el factor de potencia.

	Corriente L1 (A)	Corriente L2 (A)	Corriente L3 (A)	Corriente N (A)	TOTAL
VALOR MEDIO FINAL	120,00	108,00	68,00	12,00	296,00
DESEQUILIBRIO (A)	-21,33	-9,33	30,67	12,00	
DESEQUILIBRIO (%)	-21,62	-9,46	31,08		

**Tabla 3.1.6.1** Resumen valores medios de Corriente en Amperios (A) y análisis.

Se puede observar que la corriente media total que el sistema utiliza es de 296A, por lo tanto el valor medio de corriente debería estar un rango de (93A. – 103A.).

- De la tabla anterior se puede deducir, que el desbalance entre cada fase es mayor al +/-5% y el valor en el neutro es muy diferente de cero, por lo que se concluye que existe un desbalance significativo.

### 3.1.6.2. Corrientes Transformador “B”

En la siguiente tabla se resumen los valores de frecuencia que se midieron (Anexo A.2). Con el fin de realizar el analisis correspondiente al factor de potencia.

	Corriente L1 (A)	Corriente L2 (A)	Corriente L3 (A)	Corriente N (A)	TOTAL
VALOR MEDIO FINAL	19,00	26,00	41,00	27,00	86,00
DESEQUILIBRIO (A)	9,67	2,67	-12,33	12,00	
DESEQUILIBRIO (%)	33,72	9,30	-43,02		

**Tabla 3.1.6.2** Resumen valores medios de Corriente en Amperios (A) y análisis.

- Se puede observar que la corriente media total que el sistema utiliza es de 86A. Por lo tanto el valor medio de corriente debería estar un rango de (27A. – 30A.).
- De la tabla anterior se puede deducir que el desbalance entre cada fase es mayor al +/-5% y el valor en el neutro es diferente a cero por lo que se concluye que existe un desbalance significativo.

### 3.2. ANÁLISIS DE CARGAS INSTALADAS EN EL CAMPUS.

#### 3.2.1. Análisis de cargas instaladas en el campus Transformador “A”

			
NOMBRE DEL PROYECTO		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	
LOCALIZACIÓN		CAMPUS SUR - SEDE QUITO - TRANSFORMADOR	
Aparatos eléctricos y de alumbrado			
Nº	Descripción	Pn (W)	PORCENTUAL
1	Iluminación	55568	12,42
2	Equipos Inductivos	95140	21,27
3	Equipos Resistivos	4300	0,96
4	Equipo de computo	193200	43,19
5	Equipos de RED	54750	12,24
6	Electrodomésticos	31300	7,00
7	Equipo electrónico	13110	2,93
TOTALES		447368	100

**Tabla 3.2.1** Carga total instalada en el Transformador “A” DE 250 kVA.

Con los datos que se tiene de la tabla 3.2.1 se puede obtener la potencia aparente instalada (kVA). Sabiendo que el factor de potencia promedio es de 0.92, por lo tanto:

$$kVA = \frac{P(kW)}{\text{Cos}\phi} = \frac{447.368}{0.92} = 486.56kVA$$

Donde los datos de iluminación corresponden a cargas como: Lámparas incandescentes, fluorescentes, focos ahorradores, etc.

Los equipos inductivos corresponden a cargas como: motores, transformadores, etc.

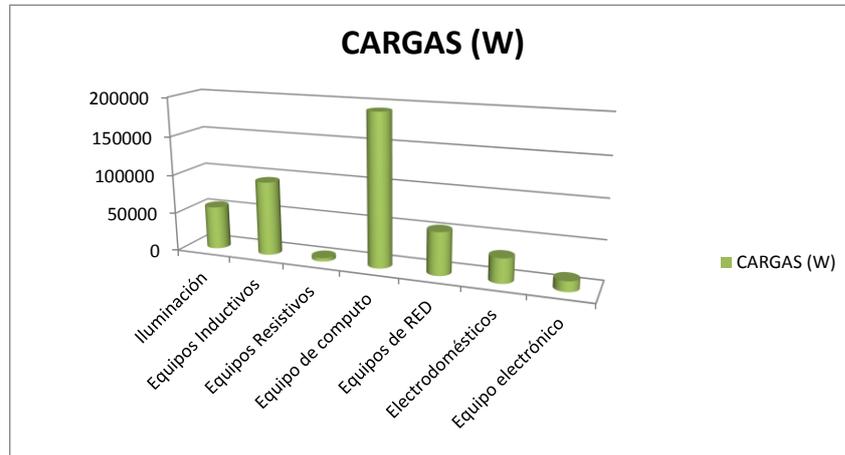
Los equipos resistivos corresponden a cargas como: calefactores, secadores de mano, hornos, etc.

Los equipos de cómputo corresponden a cargas como: computadoras, impresoras, copiadoras, escáner, etc.

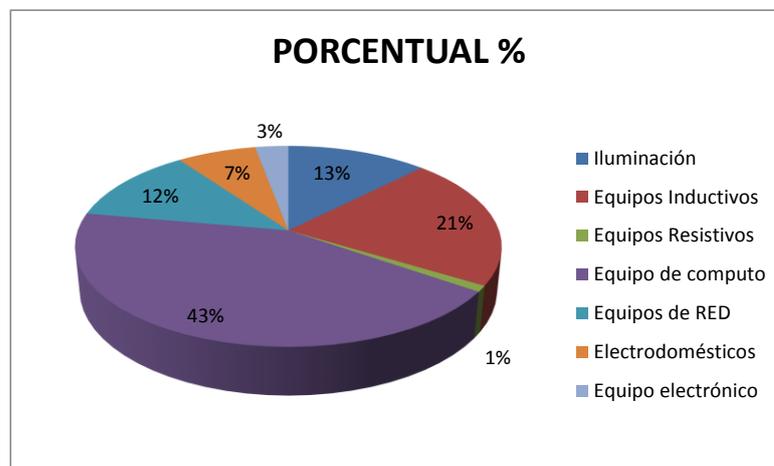
Los equipos de red corresponden a cargas como: swich, servidores, ups, etc.

Los electrodomésticos corresponden a cargas como: cafeteras, refrigeradoras, televisiones, etc.

Los equipos electrónicos corresponden a equipos de laboratorios como: osciloscopios, generadores de ondas, etc.



**Gráfico 3.2.1.1** Carga total instalada en el Transformador “A” DE 250 kVA.



**Gráfico 3.2.1.2** Carga total instalada en porcentaje del Transformador “A” DE 250 kVA.

Se puede establecer que los equipos de cómputo es la carga más representativa ya que corresponden a los laboratorios del bloque A, bloque F, y bloque D, como se observa en el Grafico 3.2.1.2.

### 3.2.2. Análisis de cargas instaladas en el campus Transformador “B”

			
NOMBRE DEL PROYECTO		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	
LOCALIZACIÓN		CAMPUS SUR - SEDE QUITO - TRANSFORMADOR B	
N°	Aparatos eléctricos y de alumbrado		PORCENTUAL
	Descripción	P <sub>n</sub> (W)	
1	Iluminación	30791	9,07
2	Equipos Inductivos	130800	38,52
3	Equipos Resistivos	2000	0,59
4	Equipo de computo	53000	15,61
5	Equipos de RED	6750	1,99
6	Electrodomésticos	72405	21,32
7	Equipo electrónico	43804	12,90
TOTALES		339550	100

**Tabla 3.2.2** Carga total instalada en el Transformador “B” DE 50 kVA.

Con los datos que se tiene de la tabla 3.2.2 se puede obtener la potencia aparente instalada (kVA). Sabiendo que el factor de potencia promedio es de 0.83, por lo tanto:

$$kVA = \frac{P(kW)}{\text{Cos}\phi} = \frac{339.550}{0.83} = 409.096kVA$$

Donde los datos de iluminación corresponden a cargas como: Lámparas incandescentes, fluorescentes, focos ahorradores, etc.

Los equipos inductivos corresponden a cargas como: motores, transformadores, etc.

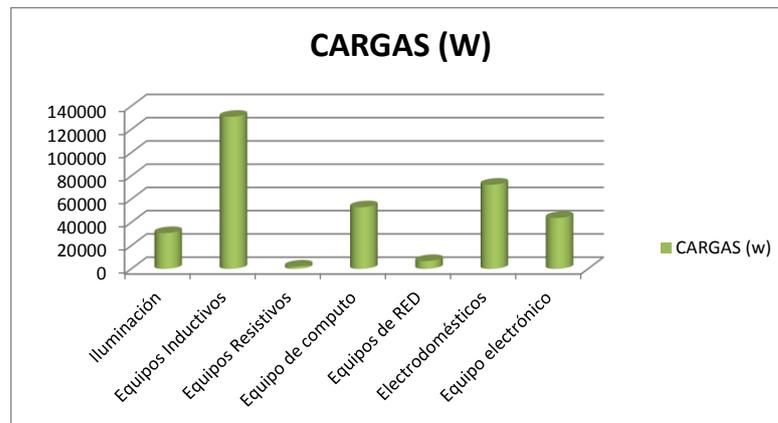
Los equipos resistivos corresponden a cargas como: calefactores, secadores de mano, hornos, etc.

Los equipos de cómputo corresponden a cargas como: computadoras, impresoras, copiadoras, escáner, etc.

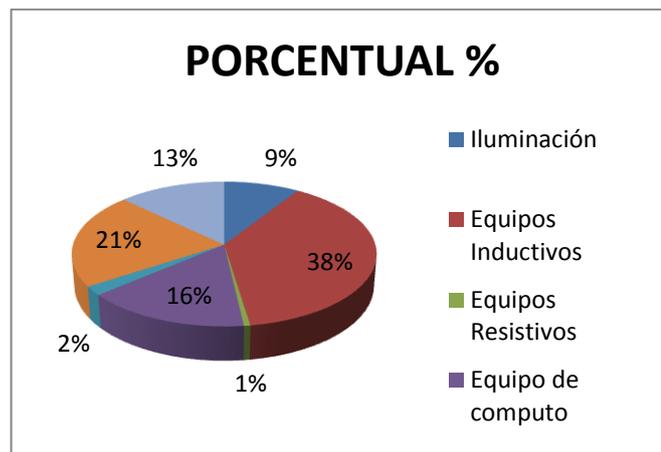
Los equipos de red corresponden a cargas como: swich, servidores, ups, etc.

Los electrodomésticos corresponden a cargas como: cafeteras, refrigeradoras, televisiones, etc.

Los equipos electrónicos corresponden a equipos de laboratorios como: osciloscopios, generadores de ondas, etc.



**Gráfico 3.2.2.1** Carga total instalada en el TRANSFORMADOR “B” de 50 kVA



**Gráfico 3.2.2.2** Carga total instalada en porcentaje del TRANSFORMADOR “B” de 50 kVA.

Se puede establecer que los equipos inductivos es la carga más representativa ya que corresponden a los motores y fuentes de energía de los laboratorios del bloque C. Como se observa en el Gráfico 3.2.2.2.

### 3.3. ANÁLISIS DE CAÍDAS DE TENSION

Para realizar este análisis se requirió medir los valores de voltajes en cada uno de los subtableros con el fin de establecer los voltajes y los porcentajes de caída de tensión que se tienen en la actualidad.

### 3.3.1. Análisis de caídas de tensión Transformador “A”.

Revisando las tablas 2.1.1.1; 2.1.1.2 y 2.1.1.3, conjuntamente con el ANEXO A.2, se puede concluir que el voltaje promedio es de **125 V.** y si consideramos la normativa “A” de la EEQ que establece que el límite de caídas de tensión es de 2.5% se puede establecer que el valor de voltaje mínimo es de: **121.88 V.**

En la tabla 3.3.1 se establece los valores de voltajes de cada línea por cada subtablero.

- En la tabla 3.3.1. Se observa que en el subtablero 01 el voltaje promedio en la línea 1 y 2 se encuentran bajo el mínimo establecido, la línea 2 está por encima y el voltaje promedio total que es de 121.50 V. está bajo el mínimo establecido.
- En el subtablero 02 se observa que la línea 1 el voltaje está bajo el límite, la línea 2, 3 y el promedio total están sobre el valor mínimo.
- En el subtablero 03 se verifica que los voltajes de la línea 1, 2, 3 y total están sobre el valor mínimo.
- En el subtablero 04 se verifica que los voltajes de la línea 1, 2, 3 y total están sobre el valor mínimo.
- En el subtablero 05 se verifica que los voltajes de la línea 1, 2, 3 y total están sobre el valor mínimo.
- En el subtablero 06 se verifica que los voltajes de la línea 1, 2, 3 y total están bajo el valor mínimo
- En el subtablero 07 se observa que la línea 1 el voltaje está bajo el límite, la línea 2, 3 y el promedio total están sobre el valor mínimo.
- En el subtablero 08 se verifica que los voltajes de la línea 1, 2, 3 y total están bajo el valor mínimo.
- En el subtablero 09 se verifica que los voltajes de la línea 1, 2, 3 y total están bajo el valor mínimo.
- En el subtablero 10 se observa que la línea 2 el voltaje está bajo el límite, la línea 1, 3 y el promedio total están sobre el valor mínimo.
- En el subtablero 11 se verifica que los voltajes de la línea 1, 2, 3 y total están bajo el valor mínimo.

- En el subtablero 12 se verifica que los voltajes de la línea 1, 2, 3 y total están bajo el valor mínimo.

### **3.3.2. Análisis de caídas de tensión Transformador “B”.**

Revisando las tablas 2.1.1.4; 2.1.1.5 y 2.1.1.6, conjuntamente con el ANEXO A.2 se puede concluir que el voltaje promedio es de **125.69 V**. y si consideramos la normativa de la EEQ que establece que el límite de caídas de tensión es de 2.5% se puede establecer que el valor de voltaje mínimo es de: **122.55 V**.

En la tabla 3.3.2. Se establece los valores de voltajes de cada línea por cada subtablero.

- En la tabla 3.3.2. se observa que en el subtablero 01 el valor de voltaje en la línea 1, 2 y Total se encuentran bajo el valor mínimo de voltaje establecido anteriormente.
- En el subtablero 02 se observa que el voltaje en la línea 1 está sobre el límite, y los voltajes en la línea 2, 3 y total están bajo el mínimo.
- En el subtablero 03 se observa que el voltaje en la línea 1 y total están sobre el límite, y los voltajes en la línea 2, 3 y total están bajo el mínimo.
- En el subtablero 04 se observa que el voltaje en la línea 1 está bajo el límite, y los voltajes en la línea 2, 3 y total sobre el mínimo.
- En el subtablero 05 se observa que el voltaje en la línea 1 y 3 están bajo el límite, y los voltajes en la línea 2 y total sobre el mínimo.

		<i>L1 (V)</i>	<i>L2 (V)</i>	<i>L3 (V)</i>
ST-1	VALOR MÁXIMO	122,59	122,72	123,20
	VALOR MEDIO	121,24	121,68	122,09
	VALOR PROMEDIO	121,15	121,47	121,97
	VALOR MÍNIMO	117,59	118,13	118,63
	<b>TOTAL PROMEDIO</b>	121,50		
ST-2	VALOR MÁXIMO	123,42	123,85	124,14
	VALOR MEDIO	121,94	122,33	122,52
	VALOR PROMEDIO	121,64	122,14	122,36
	VALOR MÍNIMO	117,98	118,84	119,00
	<b>TOTAL PROMEDIO</b>	122,03		
ST-3	VALOR MÁXIMO	125,33	125,45	126,10
	VALOR MEDIO	124,24	124,46	124,85
	VALOR PROMEDIO	124,06	124,31	124,74
	VALOR MÍNIMO	120,40	121,01	121,20
	<b>TOTAL PROMEDIO</b>	124,40		
ST-4	VALOR MÁXIMO	126,71	126,81	126,60
	VALOR MEDIO	123,71	123,77	124,18
	VALOR PROMEDIO	123,99	124,02	124,25
	VALOR MÍNIMO	119,40	118,73	119,58
	<b>TOTAL PROMEDIO</b>	124,09		
ST-5	VALOR MÁXIMO	125,10	125,89	126,22
	VALOR MEDIO	124,02	124,44	125,04
	VALOR PROMEDIO	123,86	124,43	124,97
	VALOR MÍNIMO	121,91	122,71	123,11
	<b>TOTAL PROMEDIO</b>	124,42		
ST-6	VALOR MÁXIMO	123,40	123,31	124,04
	VALOR MEDIO	121,57	121,59	122,07
	VALOR PROMEDIO	121,24	121,35	121,86
	VALOR MÍNIMO	117,13	117,54	118,10
	<b>TOTAL PROMEDIO</b>	121,49		
ST-7	VALOR MÁXIMO	124,94	125,12	125,14
	VALOR MEDIO	122,85	122,93	123,34
	VALOR PROMEDIO	122,81	123,01	123,31
	VALOR MÍNIMO	121,17	121,42	121,64
	<b>TOTAL PROMEDIO</b>	123,05		
ST-8	VALOR MÁXIMO	124,95	125,05	125,43
	VALOR MEDIO	122,29	122,45	123,02
	VALOR PROMEDIO	122,19	122,26	122,96
	VALOR MÍNIMO	118,10	118,97	119,28
	<b>TOTAL PROMEDIO</b>	122,47		
ST-9	VALOR MÁXIMO	125,28	125,45	126,10
	VALOR MEDIO	122,40	122,24	122,76
	VALOR PROMEDIO	122,59	122,54	123,13
	VALOR MÍNIMO	119,35	119,61	119,77
	<b>TOTAL PROMEDIO</b>	122,75		
ST-10	VALOR MÁXIMO	122,99	122,74	123,63
	VALOR MEDIO	122,09	121,90	122,55
	VALOR PROMEDIO	121,96	121,83	122,45
	VALOR MÍNIMO	119,35	119,61	119,77
	<b>TOTAL PROMEDIO</b>	122,08		
ST-11	VALOR MÁXIMO	124,41	126,03	126,18
	VALOR MEDIO	122,88	124,88	124,75
	VALOR PROMEDIO	122,81	124,68	124,74
	VALOR MÍNIMO	119,67	121,41	121,03
	<b>TOTAL PROMEDIO</b>	124,08		
ST-12	VALOR MÁXIMO	126,30	125,59	126,38
	VALOR MEDIO	123,91	124,40	124,80
	VALOR PROMEDIO	123,67	124,13	124,65
	VALOR MÍNIMO	119,48	120,19	120,42
	<b>TOTAL PROMEDIO</b>	124,15		

**Tabla 3.3.1.** Resumen de valores de voltajes en voltios (V) para cada subtablero del Transformador “A”

		<i>L1 (V)</i>	<i>L2 (V)</i>	<i>L3 (V)</i>
ST-1	VALOR MÁXIMO	118,64	118,93	N/D
	VALOR MEDIO	116,67	115,74	N/D
	VALOR PROMEDIO	116,36	115,46	N/D
	VALOR MÍNIMO	111,31	110,71	N/D
	<b>PROMEDIO TOTAL</b>	115,91		
ST-2	VALOR MÁXIMO	127,18	121,52	122,19
	VALOR MEDIO	126,06	120,47	120,55
	VALOR PROMEDIO	126,00	120,33	120,29
	VALOR MÍNIMO	124,26	118,42	117,66
	<b>PROMEDIO TOTAL</b>	122,21		
ST-3	VALOR MÁXIMO	127,18	121,52	122,19
	VALOR MEDIO	126,06	120,47	120,55
	VALOR PROMEDIO	126,00	120,33	120,29
	VALOR MÍNIMO	124,26	118,42	117,66
	<b>PROMEDIO TOTAL</b>	123,73		
ST-4	VALOR MÁXIMO	121,27	129,31	127,64
	VALOR MEDIO	119,37	127,48	124,76
	VALOR PROMEDIO	118,94	127,42	124,83
	VALOR MÍNIMO	113,09	125,18	122,74
	<b>PROMEDIO TOTAL</b>	123,73		
ST-5	VALOR MÁXIMO	121,94	127,06	123,59
	VALOR MEDIO	120,91	125,64	121,84
	VALOR PROMEDIO	120,92	125,60	121,85
	VALOR MÍNIMO	119,33	124,15	119,94
	<b>PROMEDIO TOTAL</b>	122,79		

**Tabla 3.3.2.** Resumen de valores de voltajes en voltios (V) para cada subtablero del Transformador “B”

### 3.4. DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA MÁXIMA, MEDIA Y PROYECTADA.

Para realizar el estudio de la energía que en la actualidad el campus sur de la Universidad Politécnica Salesiana demanda, es necesario medir la potencia que el campus sur requiere y se verificó con los datos que la EEQ nos especifica en las planillas.

Así mismo, se ha recolectado información de la energía que se ha requerido en el campus desde hace 5 años, con el fin de establecer el crecimiento de la demanda y poder establecer la proyección de energía que el campus demandará a 10 años.

Para obtener el porcentaje de crecimiento eléctrico se utiliza la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Crecimiento} = \frac{\text{Consumo Mes 2} - \text{Consumo mes 1}}{\text{Consumo mes 1}} * 100$$

Una vez establecido el porcentaje de crecimiento eléctrico mensual se debe obtener el valor medio del año con el fin de obtener el crecimiento anual mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Crecimiento} = \frac{\text{Consumo año 2} - \text{Consumo año 1}}{\text{Consumo año 1}} * 100$$

### 3.4.1. Determinación de la demanda máxima, media y proyectada en Transformador “A”.

a. Demanda máxima:

Al observar la Tabla 2.1.4.4 – 2.1.6.4 junto con el (ANEXO A.2) se puede obtener los siguientes datos:

<b>Potencia Activa Máxima</b>	81.2 (KW)
<b>Potencia Aparente Máxima</b>	82.8 (KVA)

**Tabla 3.4.1.1** Demanda máxima y energía del Transformador “A”.

b. Demanda media:

Al observar la Tabla 2.1.4.4 – 2.1.6.4 junto con el (ANEXO A.2) se puede obtener los siguientes datos:

<b>Potencia Activa Media</b>	31.1 (KW)
<b>Potencia Aparente Media</b>	32.3 (KVA)

**Tabla 3.4.1.2.** Demanda máxima y energía del Transformador “A”.

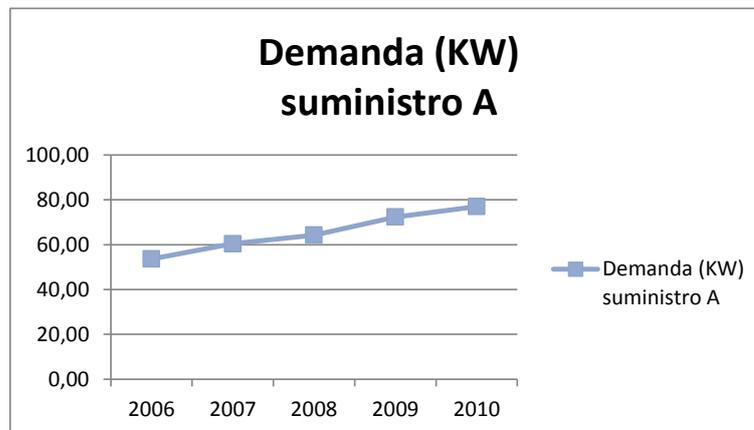
c. Demanda proyectada.

Para la obtención de los datos de consumo y demandas se utilizó las facturas que entrega la Empresa Eléctrica Quito S.A., ya que en dichas facturas constan estos datos.

Al observar los datos históricos de la sección 2.4.1. Se obtiene la siguiente tabla:

AÑO	Demanda (KW) suministro A	CRECIMIENTO (%)
2006	53,58	12,75%
2007	60,42	6,34%
2008	64,25	12,58%
2009	72,33	6,45%
2010	77,00	5,45%
2011	81,2	
<b>MEDIA</b>		<b>6,45%</b>

**Tabla 3.4.1.3** Muestra el porcentaje de crecimiento anual en los últimos 5 años



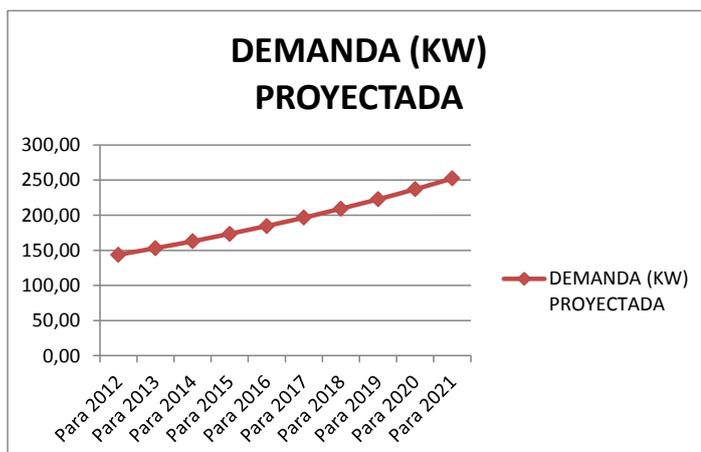
**Figura 3.4.1.3** Muestra el porcentaje de crecimiento anual en los últimos 5 años

Obtenido el crecimiento anual se calcula el valor de crecimiento medio. En nuestro caso es de 6.45%.

Una vez establecido el crecimiento de la demanda y el porcentaje de crecimiento se realiza la proyección para 10 años:

Proyección	DEMANDA (KW) PROYECTADA	Tasa Crecimiento
Para 2012	143,73	<b>0,0645</b>
Para 2013	153,00	
Para 2014	162,87	
Para 2015	173,38	
Para 2016	184,57	
Para 2017	196,47	
Para 2018	209,15	
Para 2019	222,64	
Para 2020	237,01	
Para 2021	<b>252,30</b>	

**Tabla 3.4.1.4** Muestra la proyección de la demanda para 10 años



**Figura 3.4.1.4** Muestra la proyección de la demanda para 10 años

Se puede concluir que la demanda máxima proyectada que se tendrá en un periodo de crecimiento de 10 años será de 252.30KW. Este dato nos ayudará para el posterior dimensionamiento de los sistemas de energía eléctrica de emergencia.

### 3.4.2. Determinación de la demanda máxima, media y proyectada en Transformador “B”.

a. Demanda máxima:

Al observar la Tabla 2.1.6.1 – 2.1.4.9 junto con el (ANEXO A.2) se puede obtener los siguientes datos:

<b>Potencia Activa Máxima</b>	22.7 (KW)
<b>Potencia Aparente Máxima</b>	25.9 (KVA)

**Tabla 3.4.2.1** Demanda máxima y energía del TRANSFORMADOR A.

b. Demanda media:

Al observar la Tabla 2.1.6.1 – 2.1.4.9 junto con el (ANEXO A.2) se puede obtener los siguientes datos:

<b>Potencia Activa Media</b>	7.6 (KW)
<b>Potencia Aparente Media</b>	9.5 (KVA)

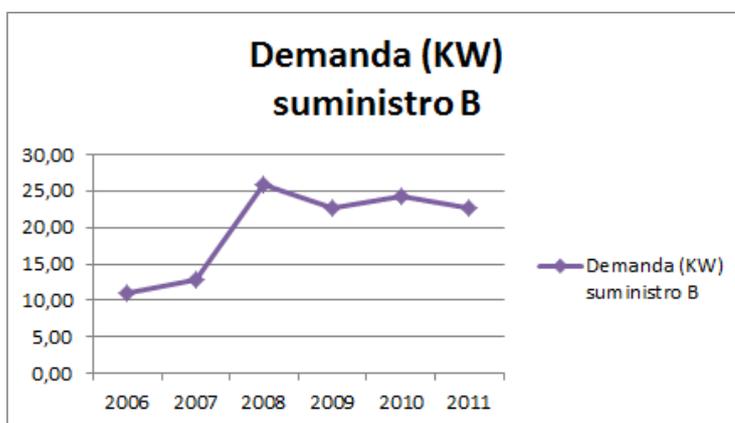
**Tabla 3.4.2.2** Demanda máxima y energía del TRANSFORMADOR A.

c. Demanda proyectada.

Al observar los datos históricos de la sección 2.4.1. Se obtiene la siguiente tabla:

<b>AÑO</b>	<b>Demanda (KW) suministro B</b>	<b>CRECIMIENTO (%)</b>
<b>2006</b>	11,00	<b>16,67%</b>
<b>2007</b>	12,83	<b>101,30%</b>
<b>2008</b>	25,83	<b>-12,58%</b>
<b>2009</b>	22,58	<b>7,01%</b>
<b>2010</b>	24,17	<b>-6,07%</b>
<b>2011</b>	22,7	
<b>MEDIA</b>		<b>0,07</b>

**Tabla 3.4.2.3** Muestra el porcentaje de crecimiento anual en los últimos 5 años

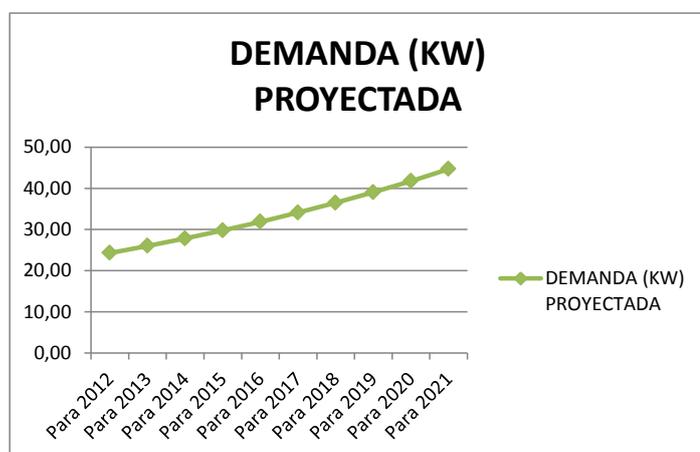


**Figura 3.4.2.1** Muestra el porcentaje de crecimiento anual en los últimos 5 años

Una vez establecido el crecimiento de la demanda y el porcentaje de crecimiento se realiza la proyección para 10 años:

Proyección	DEMANDA (KW) PROYECTADA	Tasa Crecimiento
Para 2012	24,29	<b>0,070</b>
Para 2013	25,99	
Para 2014	27,82	
Para 2015	29,77	
Para 2016	31,85	
Para 2017	34,09	
Para 2018	36,48	
Para 2019	39,04	
Para 2020	41,77	
Para 2021	<b>44,70</b>	

**Tabla 3.4.2.4** Muestra la proyección de la demanda para 10 años



**Figura 3.4.2.2** Muestra la proyección de la demanda para 10 años

Se puede concluir que la demanda máxima proyectada que se tendrá en un periodo de crecimiento de 10 años será de 44.7KW. Esto nos dará una pauta para el posterior dimensionamiento de los sistemas de energía eléctrica de emergencia.

## CAPITULO IV

### DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE EMERGENCIA

#### 4.1 DIMENSIONAMIENTO ELÉCTRICO DE LOS GENERADORES DE EMERGENCIA.

Para el dimensionamiento de la capacidad que debe tener los generadores de emergencia, se debe partir de la demanda proyectada y con esa información se deberá realizar los cálculos utilizando la parte “A” de las normas de distribución 2007 de la EEQ S.A.

Para establecer la capacidad del transformador de distribución correspondiente a cada uno de los centros de transformación, se determinará el número (N) de usuarios alimentados a partir del mismo, luego se obtendrá de las tablas del Apéndice A-11-D, el factor de diversidad (FD) correspondiente; la capacidad del transformador requerida, que viene dada por la expresión:

$$kVA_{(t)} = N \times DMUp \times \frac{1}{FD} \times \frac{\%}{100} + DMe$$

Donde:

N	Número de usuarios alimentados
DMUp	Demanda máxima unitaria proyectada
FD	Factor de Diversidad
%	Porcentaje de acuerdo al tipo de usuario
Dme	Demanda máxima de cargas especiales

Siendo, DMUp la demanda máxima unitaria proyectada a 10 años, (%) el porcentaje de acuerdo al tipo de usuario y DMe la demanda máxima correspondiente a cargas especiales, en caso de existir.

Los porcentajes para los diferentes tipos de usuarios e indican a continuación:

USUARIO TIPO	PORCENTAJE
A Y B	90
C	80
D Y E	70

#### 4.1.1 Dimensionamiento eléctrico del Generador de Emergencia para el Transformador “A”.

En el segmento 3.4.1 se determinó la demanda de energía proyectada para el TRANSFORMADOR “A”. Que es **252.30 kW**.

$$S(kVA) = \frac{P(kW)}{\text{Cos}\phi} = \frac{252.30}{0.92} = 274.24kVA$$

Para determinar la potencia del generador se usaran las siguientes formulas establecidas en la “parte A de las normas de distribución 2007”:

$$kVA(t) = N \times DMUp \times \frac{1}{FD} \times \frac{\%}{100} + DMe$$

DATOS:

$$N = 1$$

$$DMUp = 274,24$$

$$FD = 1$$

$$\% = 90$$

Dme = 0 “Ya que está incluida en la medición de la demanda”

$$Fp = 0,92$$

$$kVA(t) = N * DMUp * \frac{1}{FD} * \frac{\%}{100} + Dme$$

$$kVA(t) = 1 * 274,24 * \frac{1}{1} * \frac{90}{100} + 0$$

$$\mathbf{kVA(t) = 246.81}$$

$$\mathbf{kW(t) = 227.07}$$

Por lo tanto la potencia total que deberá alimentar generador será de **246.81 kVA**.

Debemos considerar adaptar un valor estándar de potencia por lo que se recomienda un generador de:

**250 kVA**

#### **4.1.2 Dimensionamiento eléctrico del Generador de Emergencia para el Transformador “B”.**

En el segmento 3.4.2 se determinó la demanda proyectada que es **44.70 kW**.

$$S(kVA) = \frac{P(kW)}{\cos\phi} = \frac{44.70}{0.92} = 48.59kVA$$

Para determinar la potencia del generador se usaran las siguientes fórmulas establecidas en la parte “A” de las normas de distribución 2007:

$$kVA(t) = N \times DMUp \times \frac{1}{FD} \times \frac{\%}{100} + DMe$$

DATOS:

$$N = 1$$

$$DMUp = 48.59$$

$$FD = 1$$

$$\% = 90$$

$$Dme = 0 \text{ “Ya que está incluida en la medición de la demanda”}$$

$$Fp = 0.92$$

$$kVA(t) = N * DMUp * \frac{1}{FD} * \frac{\%}{100} + Dme$$

$$kVA(t) = 1 * 48.59 * \frac{1}{1} * \frac{90}{100} + 0$$

$$kVA(t) = 43.73$$

$$kW(t) = 40.23$$

Por lo tanto la potencia total que deberá alimentar generador será de **43,73 kVA**.

Debemos considerar adaptar un valor estándar de potencia por lo que se recomienda un generador de:

**50 kVA**

## 4.2 DIMENSIONAMIENTO DEL TABLERO DE TRANSFERENCIA.

### 4.2.1 Dimensionamiento del tablero de transferencia del Transformador "A".

Para el dimensionamiento de los tableros de transferencia hay que tener en cuenta los valores de voltajes, potencia y factor de potencia:

Sabemos que la potencia total del generador será de 250kVA por lo que la potencia entregada por fase será de: 83.333kVA.

Adicional conocemos que el Voltaje nominal F-N = 127V.

Por lo tanto:

$$S(kVA) = V * I$$

$$I_{max} = \frac{S(kVA)}{V}$$

$$I_{max} = \frac{83,333 \text{ kVA}}{127 \text{ V}} = 656.17 \text{ A}$$

Por lo tanto adaptando la corriente a un valor estándar de protección para el Tablero de Transferencia Automático será de **630A**.

Características que deberá tener el tablero de transferencia:

- Monitoreo de parámetros eléctricos tanto de la red como del alternador.
- Monitoreo de los parámetros mecánicos del motor.
- Programación automática para entrenamiento semanal.
- Posibilidad de control y monitoreo remoto mediante red.

Todos estos parámetros se los dará a conocer a los proveedores que vayan a ofertar los Grupos electrógenos.

#### **4.2.2 Dimensionamiento del tablero de transferencia del Transformador “B”.**

Para el dimensionamiento de los tableros de transferencia hay que tener en cuenta los voltajes, potencia y factor de potencia:

Sabemos que la potencia total es 50kVA por lo que la potencia entregada por fase será de: 16,666 kVA.

El Voltaje F-N = 127V

Tal que:

$$S(kVA) = V * I$$

$$I_{max} = \frac{S(kVA)}{V}$$

$$I_{max} = \frac{16,666 \text{ kVA}}{127 \text{ V}} = 131.23 \text{ A}$$

Por lo tanto, adaptando la corriente a un valor estándar de protección para el Tablero de Transferencia Automático esta deberá ser de **120A**.

Debido que la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA dispone de un generador cuyas características y dimensiones son las requeridas para este sistema se lo utilizará.

#### **4.3 DIMENSIONAMIENTO DEL LOCAL PARA LOS GENERADORES DE EMERGENCIA.**

Para el dimensionamiento de los locales para los grupos electrógenos en el Ecuador se utiliza la norma NEC-10 (Norma Ecuatoriana de Construcción), Parte 9-1 Instalaciones eléctricas en bajo voltaje. Sección 4.5 – 5.2 “Sistemas de Emergencia”. De la cual destacaremos los parámetros más importantes:

##### **Instalación del grupo electrógeno**

Para la instalación del grupo electrógeno se debe considerar:

- El Generador de emergencia debe estar ubicado en un lugar accesible para su instalación, operación y mantenimiento, sin interferencia de ningún tipo, con un espacio suficiente, con la ventilación adecuada y considerando el tipo de clasificación de acuerdo al numeral.<sup>14</sup>
- Se deberá construir una base apropiada que evite la transmisión de la vibración al resto de la estructura.<sup>15</sup>
- La evacuación de gases del escape al exterior debe ser lo más directa posible, evitando curvaturas pronunciadas del tubo de escape. La ubicación de la salida al exterior del tubo de escape debe cumplir con las reglamentaciones u ordenanzas municipales, y en ningún caso el tubo de escape debe salir en paredes medianeras, o hacia veredas frontales donde afecten a los peatones.<sup>15</sup>
- Si el generador no cuenta con un tanque de combustible incorporado en su base o si su capacidad no es suficiente, se considerará la conexión de un tanque adicional de combustible.<sup>15</sup>
- Siempre se debe contar con una llave de paso que cierre la salida del tanque de combustible. Se recomienda que la tubería de conexión del tanque al generador se la haga con manguera flexible del diámetro adecuado para este fin, con los materiales

---

<sup>14</sup> Norma NEC-10 (Norma Ecuatoriana de Construcción)

y accesorios que deban soportar la acción corrosiva del combustible así como la acción destructiva de roedores.<sup>15</sup>

- Se recomienda contemplar la instalación y conexión de todos los accesorios que requiere el generador para garantizar su adecuado funcionamiento y su disponibilidad oportuna, esto es, sistema de precalentamiento cuando sea necesario, mantenedor de carga, sistema automático de ejercitamiento periódico.<sup>16</sup>

- Se debe cumplir con las normas de niveles de ruido y contaminación aplicables de acuerdo al reglamento u ordenanza de la Dirección Ambiental de la localidad o del Órgano Competente.<sup>16</sup>

### **Espacios de trabajo y distancias mínimas de seguridad**

- Para los efectos de fijación de los espacios de trabajo y distancias mínimas de seguridad, se considerará como zona alcanzable por una persona, a aquella que medida desde el punto donde ésta pueda situarse, esté a una distancia límite de 2,50 m por arriba, 1,0 m lateralmente y 1,0 m hacia abajo.<sup>16</sup>

- Si la parte energizada descubierta está ubicada en la parte frontal de un Tablero o Centro de Control, el espacio de trabajo libre mínimo será de 1,50 m.<sup>16</sup>

- Una vez establecidos los parámetros básicos para el dimensionamiento de los locales para los grupos electrógenos. Se partirá con el tamaño de los grupos.<sup>16</sup>

Grupo electrógeno de 250KVA:

Largo: 3700 mm

Ancho: 1350 mm

Altura: 1990 mm

- Grupo electrógeno de 50KVA:

Largo: 2910 mm

Ancho: 1100 mm

Altura: 1375 mm

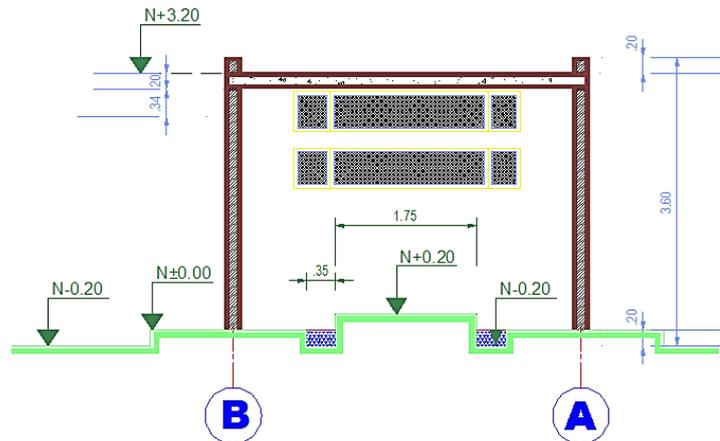
---

<sup>15</sup> Norma NEC-10 (Norma Ecuatoriana de Construcción)



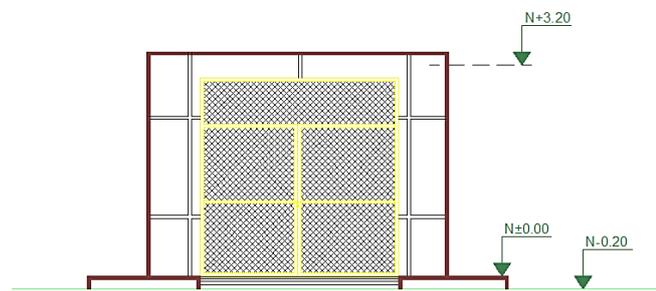
En las figuras (4.3.2 – 4.3.3), se puede observar los siguientes aspectos que debe cumplir el local del generador:

- Constará de espacios que faciliten la una adecuada ventilación.
- Tendrá un canal por donde pueda recolectar cualquier líquido o fluido con el fin de proteger al generador.
- La base deberá soportar el peso y aislar al generador de humedad.



**FIGURA 4.3.2** Corte lateral del local del generador.

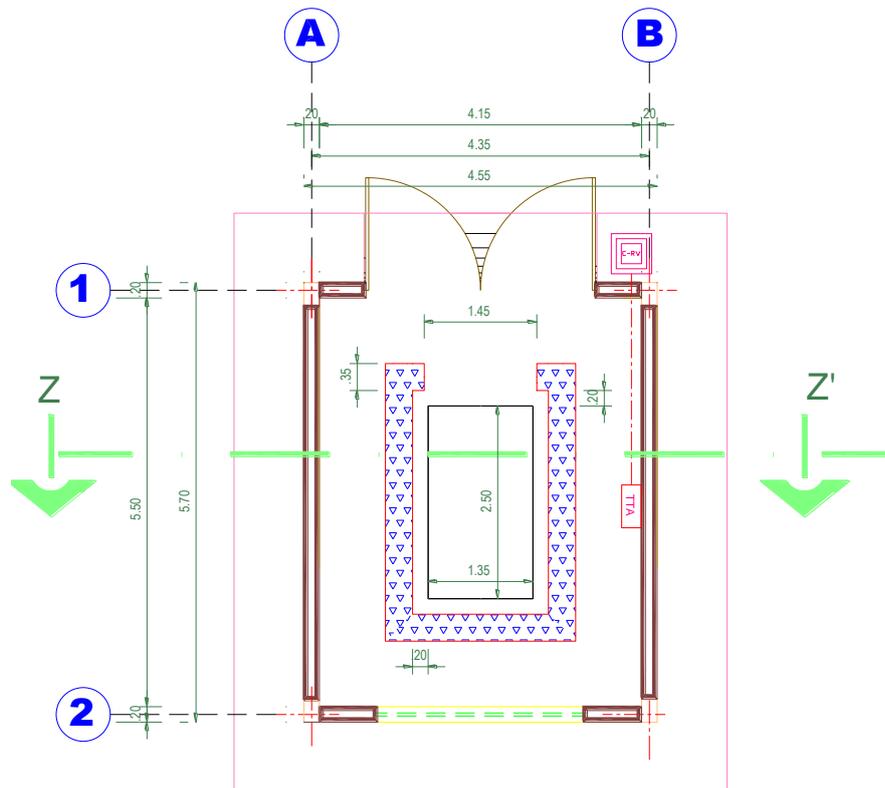
- Deberá tener una puerta por donde el generador pueda entrar con facilidad para su adecuada colocación y posterior instalación.
- El local deberá tener una base con el fin de proteger al equipo contra la humedad.



**FIGURA 4.3.3** Elevación frontal del local del generador.

#### 4.3.2 Dimensionamiento del local para el Generador de Emergencia de 50KVA para el Transformador “B”.

- Si consideramos los tamaños de los generadores antes mencionados y sumamos las distancias mínimas requeridas para el local. Tendremos las siguientes medidas como se muestra en la figura 4.3.1:
  - Largo: 5500 mm
  - Ancho: 4150 mm
  - Altura: 3600 mm
- El local deberá tener ductos tanto para la entrada de la acometida de la red como para la salida hacia la carga.

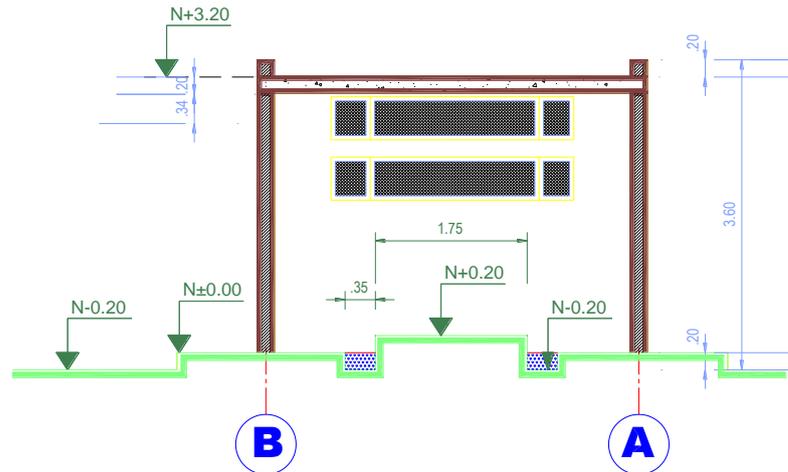


**FIGURA 4.3.1** Planta arquitectónica local del generador de 250KVA

En esta figura se puede visualizar como deberá ser el local para el generador de 250KVA.

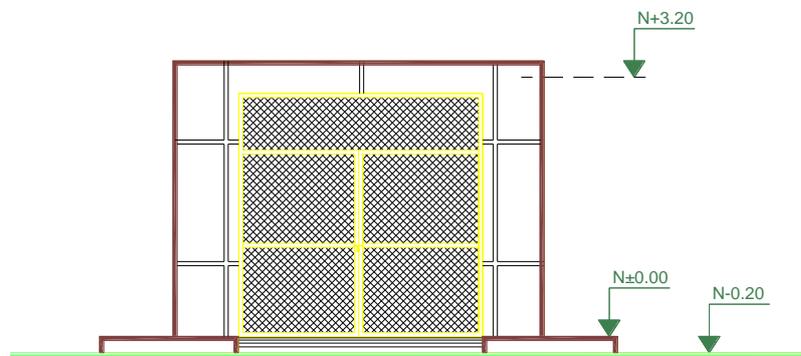
En las figuras (4.3.2 – 4.3.3), se puede observar los siguientes aspectos que debe cumplir el local del generador:

- Constará de espacios que faciliten la una adecuada ventilación.
- Tendrá un canal por donde pueda recolectar cualquier líquido o fluido con el fin de proteger al generador.
- La base deberá soportar el peso y aislar al generador de humedad.



**FIGURA 4.3.2** Corte lateral del local del generador.

- Deberá tener una puerta por donde el generador pueda entrar con facilidad para su adecuada colocación y posterior instalación.
- El local deberá tener una base con el fin de proteger al equipo contra la humedad.



**FIGURA 4.3.3** Elevación frontal del local del generador.

#### **4.4 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS GENERADORES DE EMERGENCIA**

El plan de mantenimiento para cada generador se lo realiza en función a las recomendaciones de los fabricantes ya que esto garantizará un buen funcionamiento y larga vida útil de los equipos.

Es necesario tener ciertas consideraciones para cualquier mantenimiento que se vaya a realizar al generador:

- Antes de realizar cualquier operación de mantenimiento el generador debe estar en moto “STOP” y accionado el botón de parada de emergencia.
- En operaciones mayores de cambio de piezas o mantenimiento mecánico desconecte la batería.
- No derrame combustible sobre superficies calientes.
- Tenga cuidado al manipular piezas del motor ya que pueden estar calientes.
- Existen piezas móviles muy peligrosas, si requiere hacer pruebas de funcionamiento tenga mucho cuidado con estas.
- Utilice ropa adecuada y toda la protección necesaria.
- Cualquier tipo de mantenimiento de ser realizado por personal técnico calificado o bajo su supervisión.

##### **4.4.1 Plan de mantenimiento preventivo para los generador de emergencia**

###### **Perkins 205i**

Para detallar los mantenimientos que se deben realizar a los equipos electrógenos es necesario dividirlo en cuatro partes que son:

- a. Motor
- b. Alternador.
- c. Tablero de transferencia automático (TTA)
- d. Local

a. Motor.

<b>MOTOR</b>				
OPERACIONES QUE SE DEBEN EFECTUAR	50 HORAS MENSUAL	250 HORAS 6 MESES	400 HORAS 12 MESES	2000 HORAS
Controlar el nivel de aceite en el cárter	X			
Drenar el agua del pre-filtro (Trampa de agua)		X		
Examinar las correas de arrastre y su tensión		X		
Limpiar filtro de aire		X		
Cambiar filtro de aire		X		
Cambiar filtro de aceite		X		
Vaciar aceite			X	
Reemplazar el elemento del filtro de combustible			X	
Limpiar la cuba de sedimentación de la bomba de alimentación			X	
Reemplazar el elemento del filtro de aire seco			X	
Controlar la turbina del turbocompresor limpiar si es necesario				X
Limpiar el tubo de retorno del aceite				X
Regular el juego de los balancines				X
Controlador de los inyectores				X
Controlar el motor de arranque				X
Controlar el alimentador de la carga de la batería				X
Efectuar una revisión general				X
Limpiar el Grupo Electrónico				X

**Tabla 4.4.1** operaciones de mantenimiento para el motor

Esta operación la realiza el personal Técnico

b. Alternador

<b>ALTERNADOR</b>				
OPERACIONES QUE SE DEBEN EFECTUAR	50 HORAS MENSUAL	250 HORAS 6 MESES	400 HORAS 12 MESES	2000 HORAS
Comprobar que el aire circule sin dificultad		X		
Comprobar los rodamientos		X		
Comprobar el aislamiento de los arrollamientos			X	
Comprobar que las conexiones eléctricas estén bien ajustadas			X	
Desempolvar el interior del alternador			X	

**Tabla 4.4.2** operaciones de mantenimiento para el alternador

Esta operación la realiza personal Técnico

c. TTA

**TABLERO DE TRANSFERENCIA**

OPERACIONES QUE SE DEBEN EFECTUAR	50 HORAS MENSUAL	250 HORAS 6 MESES	400 HORAS 12 MESES	2000 HORAS
Desempolvar el gabinete	X			
Comprobar voltajes en los Bornes y ajustarlos			X	
Realizar Transferencia	X			

**Tabla 4.4.3 Operaciones de mantenimiento para el TTA**

Esta operación la realiza personal Técnico

d. Local del generador

**LOCAL DEL GENERADOR**

OPERACIONES QUE SE DEBEN EFECTUAR	50 HORAS MENSUAL	250 HORAS 6 MESES	400 HORAS 12 MESES	2000 HORAS
Limpieza espacio físico	X			
Limpieza Exterior de la cabina	X			
Limpieza interior de la cabina		X		

**Tabla 4.4.4 operaciones de mantenimiento para el local**

Esta operación se la realiza bajo supervisión del personal Técnico

**4.4.2 Plan de mantenimiento preventivo para los generador de emergencia  
KOHLER 40R0ZJ81**

Para detallar los mantenimientos que se deben realizar a los equipos electrógenos es necesario dividirlo en cuatro partes que son:

- a. Motor
- b. Alternador
- c. Tablero de transferencia automático (TTA)
- d. Local. .

a. Motor.

<b>MOTOR</b>				
OPERACIONES QUE SE DEBEN EFECTUAR	50 HORAS MENSUAL	250 HORAS 6 MESES	400 HORAS 12 MESES	2000 HORAS
Controlar el nivel de aceite en el cárter	X			
Drenar el agua del pre-filtro (Trampa de agua)		X		
Examinar las correas de arrastre y su tensión		X		
Limpiar filtro de aire		X		
Cambiar filtro de aire		X		
Cambiar filtro de aceite		X		
Vaciar aceite			X	
Reemplazar el elemento del filtro de combustible			X	
Limpiar la cuba de sedimentación de la bomba de alimentación			X	
Reemplazar el elemento del filtro de aire seco			X	
Controlar la turbina del turbocompresor limpiar si es necesario				X
Limpiar el tubo de retorno del aceite				X
Regular el juego de los balancines				X
Controlador de los inyectores				X
Controlar el motor de arranque				X
Controlar el alimentador de la carga de la batería				X
Efectuar una revisión general				X
Limpiar el Grupo Electrónico				X

**Tabla 4.4.1** operaciones de mantenimiento para el motor

Esta operación la realiza solamente el personal Técnico

b. Alternador

<b>ALTERNADOR</b>				
OPERACIONES QUE SE DEBEN EFECTUAR	50 HORAS MENSUAL	250 HORAS 6 MESES	400 HORAS 12 MESES	2000 HORAS
Comprobar que el aire circule sin dificultad		X		
Comprobar los rodamientos		X		
Comprobar el aislamiento de los arrollamientos			X	
Comprobar que las conexiones eléctricas estén bien ajustadas			X	
Desempolvar el interior del alternador			X	

**Tabla 4.4.1** operaciones de mantenimiento para el alternador

Esta operación la realiza solamente el personal Técnico

c. TTA

**TABLERO DE TRANSFERENCIA**

OPERACIONES QUE SE DEBEN EFECTUAR	50 HORAS MENSUAL	250 HORAS 6 MESES	400 HORAS 12 MESES	2000 HORAS
Desempolvar el gabinete	X			
Comprobar voltajes en los Bornes y ajustarlos			X	
Realizar Transferencia	X			

**Tabla 4.4.1** operaciones de mantenimiento para el TTA

Esta operación la realiza solamente el personal Técnico

d. Local del generador

**LOCAL DEL GENERADOR**

OPERACIONES QUE SE DEBEN EFECTUAR	50 HORAS MENSUAL	250 HORAS 6 MESES	400 HORAS 12 MESES	2000 HORAS
Limpieza espacio físico	X			
Limpieza Exterior de la cabina	X			
Limpieza interior de la cabina		X		

**Tabla 4.4.1** operaciones de mantenimiento para el motor

Esta operación se la realiza bajo supervisión del personal Técnico

## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 5.1 ANÁLISIS DE OFERTAS ECONÓMICAS DE LOS GENERADORES

Al realizar un análisis de ofertas económicas para la adquisición del Generador de 250kVA. Se debe revisar varias propuestas de empresas comercializadoras de Equipos Electrónicos de la ciudad de Quito, correspondientes al mes de abril de 2011.

Las especificaciones solicitadas a los proveedores son las siguientes:

- Equipo electrógeno alimentará una potencia de 250kVA.
- El equipo debe contar con normativas “EPA TIER III.”<sup>16</sup>
- Debe contar con la posibilidad de realizar monitoreo y control remoto.
- Debe contar con cabina insonora.

Una vez detalladas las especificaciones se recibió las propuestas que en la tabla 5.1 se detallan. Además se incluye los valores de equipos, materiales y mano de obra por instalación de las empresas que ofertaron sus equipos.

PROVEEDOR : FEBRES CORDERO CÍA. DE COMERCIO	
DESCRIPCIÓN	Precio
GENERADOR SDMO MODELO J200U POTENCIA 250KVA	41870,4
MANO DE OBRA ( Montaje e Instalación)	8500,8
Equipos (TTA 1000A)	11327,5
<b>TOTAL</b>	<b>61698,7</b>
PROVEEDOR: SIVASA (VALLEJO ARAUJO S.A.)	
DESCRIPCIÓN	Precio
GENERADOR EPS - 205 TURBO CARGADO TRIFASICO 220V-60Hz.	39862
MANO DE OBRA ( Montaje e Instalación)	6400
Equipos (TTA 800A, Cabina Insonora)	13200
<b>TOTAL</b>	<b>59462</b>
PROVEEDOR : IIASA (CATERPILLAR)	
DESCRIPCIÓN	Precio
GENERADOR CATERPILLAR MODELO 3306	49900
MANO DE OBRA ( Montaje e Instalación)	12530
Equipos (TTA 800A, Cabina Insonora)	19800
<b>TOTAL</b>	<b>82230</b>
PROVEEDOR : CODABE COMERCIALIZADORA DE ABASTOS ELECTRICOS S.A	
DESCRIPCIÓN	Precio
GENERADOR POWER PLUS BAIFA, BFC275D60, 220V – 60Hz.	32200
MANO DE OBRA ( Montaje e Instalación)	2124
EQUIPOS (TTA 700A)	6200
<b>TOTAL</b>	<b>40524</b>

**Tabla 5.1.1** Valores ofertados por grupo electrógeno de 250KVA

<sup>16</sup> A las normativas EPA TIER se las describe en la sección 5.3.1 de este capítulo.

Una vez revisadas las ofertas económicas de los grupos electrógenos y cumpliendo las especificaciones anteriormente detalladas. **Las autoridades de la UPS decidieron adquirir el generador de la empresa SIVASA.** En la tabla 5.2 puede visualizar los valores contratados.

Descripción	Cant.	V. Unitario	Descuento	
Grupo Electrógeno Modelo EPS-205i	1	46594,00	5858,06	
Instalación Equipo	1	4300,00	540,62	<b>Sub Total</b>
	TOTAL	50894,00	6548,32	44345,68
Descripción	Cant.	V. Unitario	Descuento	
Tablero de Transferencia aut. 600 A	1	5500,00	0,00	<b>Sub Total</b>
	TOTAL	5500,00	0,00	5500,00

**Tabla 5.1.2** Valores contratados a la empresa SIVASA sobre el generador de 250kVA.

La elección de dicho grupo electrógeno fue en base a los beneficios en cuanto a garantía, mantenimiento, existencia de repuestos en el mercado local, tiempos de entrega, calidad del equipo y referencias de otros clientes.

Además a la empresa SIVASA se le adjudico la reubicación, instalación y construcción de la cabina de insonorización para generador KHOLER de 50kVA existente en la UPS, siendo el valor contratado el siguiente:

Descripción	Cant.	V. Unitario	Descuento	
Cabina Insonora G/E 40KW	1	5047,00	284,89	
Instalación de equipo	1	1657,81	93,58	<b>Sub Total</b>
	TOTAL	6704,81	372,82	6331,99

**Tabla 5.1.3** Valores contratados a la empresa SIVASA reinstalación de generador de 50kVA existente

Adicional para la implementación de los grupos electrógenos se debe realizar la construcción de los locales. El valor de dichas construcciones se detalla en la siguiente tabla.

Descripción	Cant.	V. Unitario	Descuento	
OBRA CIVIL	1	25966,18	0,00	<b>Sub Total</b>
	TOTAL	25966,18	0,00	25966,18

**Tabla 5.1.4** Valores contratados para la construcción de los locales.

Al finalizar la construcción, implementación del sistema de energía eléctrica auxiliar. Que contempla los equipos, locales y la mano de obra de la instalación se realizó una inversión de \$ 82143,85. Adicionalmente se debe considerar que la construcción de los locales para los generadores se los realizo en un lugar diferente al lugar que se estipulo al momento que se realizaron las cotizaciones. Lo que ocasionó un ajuste en cuanto a las acometidas y por ende un reajuste en el presupuesto.

Los valores se detallan en la siguiente tabla:

Descripción	Cant.	V. Unitario	Descuento	
Acometida Adicional Eq. Kohler	109,4	52,05	0,00	
Acometida Adicional Eq. Perkins	45,8	198,40	0,00	<b>Sub Total</b>
	TOTAL	14780,99	0,00	<b>14780,99</b>

**Tabla 5.1.5** Valores de reajuste en las acometidas para los generadores.

Por lo cual la inversión total realizada por la Universidad Politécnica Salesiana para la construcción de los locales de los generados; la compra e instalación del generador de 250 KVA y trabajos realizados para el funcionamiento del generador de 50 KVA existente, fue de: **\$ 96929.42 DÓLARES AMERICANOS.**

## **5.2 ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO DEL PRESUPUESTO DE LA U.P.S.**

### **5.2.1 Conceptos.**

Para el análisis económico y financiero del presupuesto de la Universidad Politécnica Salesiana es necesario conocer conceptos que a continuación se enuncian:

**Análisis Económico.** El estudio económico de un proyecto determinado, es un instrumento que nos indica los costos y beneficios atribuidos al proyecto, esto ayuda en la toma de decisión de ejecutar o no el mismo. Todo proyecto económicamente representa costos y beneficios los cuales se producen en diferentes períodos de tiempo.

**Análisis Financiero.** El análisis financiero es el estudio que se hace de la información contable, la contabilidad representa y refleja la realidad económica y financiera de la empresa, de modo que es necesario interpretar y analizar esa

información para poder entender a profundidad el origen y comportamiento de los recursos que se tiene.

**VAN (Valor Actual Neto).** El Valor Actual Neto es un indicador financiero que mide los flujos de los futuros ingresos y egresos que tendrá un proyecto, para determinar, si luego de descontar la inversión inicial, nos quedaría alguna ganancia. Si el resultado es positivo, el proyecto es viable.

Si alguien nos ofrece comprar nuestro negocio, con este indicador podemos determinar si el precio ofrecido está por encima o por debajo de lo que ganaríamos de no venderlo.

**La fórmula del VAN es:**

$VAN = BNA - Inversión$

Donde el Beneficio Neto Actualizado (BNA) es el valor actual del flujo de caja o beneficio neto proyectado, el cual ha sido actualizado a través de una tasa de descuento. La cual se calcula con la siguiente formula:

$$Va = \frac{Vf}{(1 + n * i)}$$

Dónde:

Va = Valor Actual.

Vf = Valor futuro.

n = Periodo.

i = Tasa.

La tasa de descuento (TD) con la que se descuenta el flujo neto proyectado, es la tasa de oportunidad, rendimiento o rentabilidad mínima, que se espera ganar; por lo tanto cuando la inversión resulta mayor que el BNA (VAN negativo o menor que cero) es porque no se ha satisfecho dicha tasa. Cuando el BNA es igual a la inversión (VAN igual a cero) es porque se ha cumplido con dicha tasa. Cuando el BNA es mayor que

la inversión es porque se ha cumplido dicha tasa y además, se ha generado una ganancia o beneficio adicional.

**TIR (Tasa Interna de Retorno).** La TIR es la tasa de descuento de un proyecto de inversión que permite que el BNA sea igual a la inversión (VAN igual a cero). La TIR es la máxima tasa de descuento que puede tener un proyecto para que sea rentable, pues mayor tasa ocasionaría que el BNA sea menor que la inversión (VAN menor que cero).

Si la tasa interna de retorno es mayor que la tasa de descuento requerida, el proyecto es aceptable, caso contrario, si la tasa de descuento es mayor que la tasa interna de retorno, no se considera un proyecto viable.

**PRI (Periodo de Recuperación de la Inversión).** El PRI es un instrumento que permite medir el tiempo que se requiere para que los flujos netos de efectivo de una inversión recuperen su costo o inversión inicial, permite conocer cuál es el tiempo que la empresa va a demorar en recuperar el capital invertido.

Por su facilidad de cálculo y aplicación, el Periodo de Recuperación de la Inversión es considerado un indicador que mide tanto la liquidez del proyecto como también el riesgo relativo pues permite anticipar los eventos en el corto plazo.

**Inversión.** La inversión es el acto mediante el cual se adquieren ciertos bienes con el ánimo de obtener unos ingresos o rentas a lo largo del tiempo. La inversión se refiere al empleo de un capital en algún tipo de actividad o negocio con el objetivo de incrementarlo. Dicho de otra manera, consiste en renunciar a un consumo actual y cierto a cambio de obtener unos beneficios futuros y distribuidos en el tiempo.

**Depreciaciones.** La depreciación es la disminución del valor de propiedad de un activo fijo, producido por el paso del tiempo, desgaste por uso, el desuso, insuficiencia técnica, obsolescencia u otros factores de carácter operativo, tecnológico, tributario, etc.

**Gastos.** El gasto es una salida de dinero que una persona o empresa debe pagar por un artículo o por un servicio.

**Ingresos.** El ingreso en la cantidad de dinero que recibe una persona o empresa por la venta de sus productos o servicios.

### 2.2.3 Análisis Económico Financiero.

Para realizar el análisis económico financiero es necesario determinar algunos parámetros que a continuación se detallaran:

#### a. Determinación de Ingresos.

Para determinar el valor de los ingresos que la Universidad Politécnica Salesiana tiene nos basaremos en el Balance General del año 2011. En donde cada uno de los ingresos depende directamente del número de estudiantes matriculados.

A continuación se detallan los mismos:

Detalle	Valor
Agenda Estudiantil	\$ 31.044,51
Arriendo de Locales	\$ 550,00
Asistencia Medica	\$ 49.338,00
CECASI	\$ 32.805,31
Colegiaturas	\$ 2.441.529,10
Coordinacion Administrativa	\$ 13.450,60
Coordinacion Pastoral	\$ 6.307,07
Cursos y Seminarios	\$ 38.555,67
Derechos	\$ 284.536,46
Especies Valoradas	\$ 15.516,53
Federacion de Estudiantes	\$ 12.417,80
Ingresos por Materiales	\$ 7.443,76
Inscripciones	\$ 54.766,06
Intereses Ganados Inversiones	\$ 10.500,00
Laboratorio de Ensayos	\$ 85.223,99
Matricula Extraordinaria	\$ 15.127,27
Matricula Ordinaria	\$ 1.602.843,19
Periodicos y Revistas	\$ 33.001,00
Propedeutico	\$ 385.761,02
Servicios	\$ 3.760,88
Varios	\$ 11.263,28
Venta de Uniformes	\$ 4.148,81
<b>TOTAL INGRESOS 2011</b>	<b>\$ 5.139.890,31</b>

**Tabla 5.2.1** Total de ingresos

Para el análisis financiero a realizarse se necesita proyectar valores a cinco años futuros, por lo que se utilizó el siguiente parámetro para la proyección: la tasa anual de crecimiento de los ingresos es de 6.12% para el segundo, este es el promedio de

inflación de los últimos cuatro años y de 1.78% adicional para los siguientes tres años, este es el promedio de crecimiento de las inflaciones de los últimos 4 años.

**b. Determinación de Gastos:**

La determinación del gasto consiste en determinar el uso de los recursos obtenidos, es decir, analizar la distribución de recursos entre los diferentes gastos y cada gasto en sus correspondientes conceptos. Los gastos se pueden clasificar en: directos, indirectos, administrativos, financieros, etc.

El detalle de los gastos obtenidos del Balance General del 2011 es el siguiente:

<b>GASTOS 2011</b>	
<b>Detalle</b>	<b>Valor</b>
Actividades Culturales	\$ 9.126,40
Actividades Deportivas	\$ 1.625,00
Actividades Pastorales	\$ 4.070,12
Acuerdos Notas de Condolencia	\$ 85,00
Alimentación	\$ 6.170,57
Aporte Patronal	\$ 155.900,71
Aportes a Organizaciones	\$ 4.200,00
Atención Personal	\$ 138.600,70
Becas, Exoneraciones y Otras	\$ 2.892,96
Bonificación por Desahucio	\$ 450,00
Bono UPS	\$ 4.504,56
Cafetería	\$ 2.032,96
Capacitación	\$ 3.387,85
Combustibles, Lubricantes y Otros	\$ 31,00
Convivencia-Reuniones de Trabajo	\$ 14.090,40
Correros Fletes y Envío	\$ 136,39
Décimo Cuarto Sueldo	\$ 43.536,07
Décimo Tercer Sueldo	\$ 113.240,93
Descuento Becas	\$ 574.650,50
Descuento en Ventas	\$ 8.506,75

Devoluciones	\$ 65.108,65
Empastados y Cosidos de Libros	\$ 1.688,05
Enseres y Equipos Musicales	\$ 197,00
Eventos Atenciones y Otros	\$ 21.183,26
Fondos de Reserva	\$ 122.965,67
Gastos Administrativos	\$ 556.176,42
Gasto Federación de Estudiantes UPS	\$ 31.250,00
Gastos Bancarios	\$ 6.658,92
Gastos Estudiantes	\$ 59.262,05
Honorarios Profesionales	\$ 160.206,46
Horas Adicionales	\$ 744.350,34
Horas Extraordinarias	\$ 431,63
Hospedaje	\$ 1.240,82
Impuestos y Contribuciones	\$ 5.295,77
Intereses por Créditos Bancarios	\$ 36.000,00
Internet	\$ 8.295,44
IVA no recuperado	\$ 229,29
Mantenimiento de Equipo de Oficina	\$ 1.293,75
Mantenimiento de Herramientas y Equipos	\$ 947,59
Mantenimiento de Muebles y Enseres	\$ 1.533,60
Material Didáctico	\$ 1.903,59
Materiales de Laboratorio	\$ 1.119,75
Oratorio JoseCarollo	\$ 13.814,00
Otros Egresos	\$ 3.167,73
Otros Materiales	\$ 1.245,00
Otros Servicios Varios	\$ 39,98
Pasajes Aéreos y Terrestres	\$ 4.793,07
Perdida en Ventas de Activos Fijos	\$ 1.000,00
Publicidad	\$ 25.001,07
Remuneración Básica Unificada	\$ 651.411,64
Representación	\$ 30.516,00
Reproducción e Impresión	\$ 14.617,43

SECAP, IECE	\$ 13.181,87
Subsidio de Antigüedad	\$ 39.602,71
Suscripciones, Revistas y Periódicos	\$ 569,51
Tarjetas de Crédito Comisión	\$ 33.000,00
Teléfono	\$ 30,00
Trabajos Eventuales	\$ 4.301,71
Transporte y Movilización Locales	\$ 9.345,65
Uniformes	\$ 16.587,30
Útiles y Materiales de Aseo y Limpieza	\$ 179,06
Útiles y Materiales de Computación	\$ 823,78
Útiles y Materiales de Oficina	\$ 34.524,89
Vacaciones no Gozadas	\$ 3.180,57
Viáticos	\$ 763,68
<b>TOTAL GASTOS</b>	<b>\$ 3.816.273,57</b>

**Tabla 5.2.2** Total gastos

Para realizar el análisis económico se ha organizado y simplificado todos los gastos en los siguientes grupos.

<b>CONSOLIDADO GASTOS 2011</b>	
<b>Detalle</b>	<b>Valor</b>
Gastos Directos	\$ 3.106.450,21
Gastos Indirectos	\$ 52.757,66
Gastos de Administracion	\$ 556.176,42
Gastos de Publicidad	\$ 25.001,07
Gastos Financieros	\$ 39.888,21
Intereses Pagados	\$ 36.000,00
Depreciacion	
<b>Total</b>	<b>\$ 3.816.273,57</b>

**Tabla 5.2.3** Gastos

### **Determinación de Depreciaciones:**

Tomando en cuenta que la Universidad lleva operando en el mercado más de 15 años se han tomado en cuenta todos los activos fijos que posee para poder hacer el cálculo de la depreciación anual, de la misma manera desde el segundo año se está tomando en cuenta la respectiva depreciación de los nuevos equipos electrónicos adquiridos. Por otro lado hay que aclarar que todo activo que no se encuentre en el cuadro se encuentra de antemano totalmente depreciado.

Se detalla a continuación las depreciaciones obtenidas del Balance General del 2011:

<b>DEPRECIACIONES 2011</b>	
<b>Detalle</b>	<b>Valor</b>
MUEBLES Y ENSERES	3,331.12
EQUIPO DE OFICINA	1,531.40
EQUIPOS DE COMPUTACION	75,143.38
EQUIPOS DEPORTIVOS	498.50
EQUIPOS MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD EDIFICIOS	1,449.69
EQUIPOS FOTOGRAFICOS	170.51
OTROS ACTIVOS	100.00
MOBILIARIO EDUCATIVO	751.00
<b>TOTAL DEPRECIACIONES</b>	<b>82975.60</b>

**Tabla 5.2.4 Depreciaciones**

### **c. Inversiones:**

Entre las inversiones tenemos el equipo industrial, para nuestro caso es la adquisición del grupo eléctrico, construcción de cuartos de los generadores y la adquisición de la cabina insonora para el generador de emergencia existente.

A continuación se muestra la inversión realizada.

Equipos Eléctricos de Emergencia	\$ 70.662,21
Construcción Locales	\$ 25.966,18
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 96.628,39</b>

**Tabla 5.2.5 Inversión**

## Balance de Pérdidas y Ganancias Projectado:

Una vez establecidos los Ingresos, Gastos y depreciaciones se procede con la realización del balance de pérdidas y ganancias con sus respectivas proyecciones utilizando el promedio de inflación, con el fin de establecer datos para determinar el flujo de caja.

DOLARES AMERICANOS					
DETALLE	AÑOS				
	1	2	3	4	5
<b>INGRESOS</b>	<b>\$ 5.139.890.31</b>	<b>\$ 5.454.451.60</b>	<b>\$ 5.885.353.27</b>	<b>\$ 6.455.055.47</b>	<b>\$ 6.459.523.49</b>
Agenda Estudiantil	\$ 31.044.51	\$ 32.944.43	\$ 35.547.04	\$ 38.988.00	\$ 43.456.02
Arriendo de Locales	\$ 550.00	\$ 583.66	\$ 629.77	\$ 690.73	\$ 690.73
Asistencia Medica	\$ 49.338.00	\$ 52.357.49	\$ 56.493.73	\$ 61.962.32	\$ 61.962.32
CECASI	\$ 32.805.31	\$ 34.812.99	\$ 37.563.22	\$ 41.199.34	\$ 41.199.34
Colegiaturas	\$ 2.441.529.10	\$ 2.590.950.68	\$ 2.795.635.78	\$ 3.066.253.33	\$ 3.066.253.33
Coordinacion Administrativa	\$ 13.450.60	\$ 14.273.78	\$ 15.401.41	\$ 16.892.26	\$ 16.892.26
Coordinacion Pastoral	\$ 6.307.07	\$ 6.693.06	\$ 7.221.81	\$ 7.920.89	\$ 7.920.89
Cursos y Seminarios	\$ 38.555.67	\$ 40.915.28	\$ 44.147.58	\$ 48.421.07	\$ 48.421.07
Derechos	\$ 284.536.46	\$ 301.950.09	\$ 325.804.15	\$ 357.341.99	\$ 357.341.99
Especies Valoradas	\$ 15.516.53	\$ 16.466.14	\$ 17.766.97	\$ 19.486.81	\$ 19.486.81
Federacion de Estudiantes	\$ 12.417.80	\$ 13.177.77	\$ 14.218.81	\$ 15.595.19	\$ 15.595.19
Ingresos por Materiales	\$ 7.443.76	\$ 7.899.32	\$ 8.523.36	\$ 9.348.43	\$ 9.348.43
Inscripciones	\$ 54.766.06	\$ 58.117.74	\$ 62.709.04	\$ 68.779.28	\$ 68.779.28
Intereses Ganados Inversiones	\$ 10.500.00	\$ 11.142.60	\$ 12.022.87	\$ 13.186.68	\$ 13.186.68
Laboratorio de Ensayos	\$ 85.223.99	\$ 90.439.70	\$ 97.584.43	\$ 107.030.61	\$ 107.030.61
Matricula Extraordinaria	\$ 15.127.27	\$ 16.053.06	\$ 17.321.25	\$ 18.997.95	\$ 18.997.95
Matricula Ordinaria	\$ 1.602.843.19	\$ 1.700.937.19	\$ 1.835.311.23	\$ 2.012.969.36	\$ 2.012.969.36
Periodicos y Revistas	\$ 33.001.00	\$ 35.020.66	\$ 37.787.29	\$ 41.445.10	\$ 41.445.10
Propedeutico	\$ 385.761.02	\$ 409.369.59	\$ 441.709.79	\$ 484.467.30	\$ 484.467.30
Servicios	\$ 3.760.88	\$ 3.991.05	\$ 4.306.34	\$ 4.723.19	\$ 4.723.19
Varios	\$ 11.263.28	\$ 11.952.59	\$ 12.896.85	\$ 14.145.26	\$ 14.145.26
Venta de Uniformes	\$ 4.148.81	\$ 4.402.72	\$ 4.750.53	\$ 5.210.38	\$ 5.210.38
<b>GASTOS</b>	<b>\$ 3.159.207.87</b>	<b>\$ 3.352.551.39</b>	<b>\$ 3.617.402.95</b>	<b>\$ 3.967.567.56</b>	<b>\$ 3.967.567.79</b>
Gastos Directos	3.106.450.21	\$ 3.296.564.96	\$ 3.556.993.59	\$ 3.901.310.57	\$ 3.901.310.69
Gastos Indirectos	52.757.66	\$ 55.986.43	\$ 60.409.36	\$ 66.256.98	\$ 66.257.10
<b>UTILIDAD BRUTA EN VENTAS</b>	<b>\$ 1.980.682.44</b>	<b>\$ 2.101.900.21</b>	<b>\$ 2.267.950.32</b>	<b>\$ 2.487.487.91</b>	<b>\$ 2.491.955.71</b>
Gastos de Administracion	\$ 556.176.42	\$ 590.214.42	\$ 636.841.36	\$ 698.487.60	\$ 778.534.28
Gastos de Publicidad	\$ 25.001.07	\$ 26.531.14	\$ 28.627.10	\$ 31.398.20	\$ 34.996.43
<b>UTILIDAD (PERDIDA) OPERACIONAL</b>	<b>\$ 1.399.504.95</b>	<b>\$ 1.485.154.65</b>	<b>\$ 1.602.481.87</b>	<b>\$ 1.757.602.12</b>	<b>\$ 1.678.425.00</b>
Gastos Financieros	\$ 39.888.21	\$ 42.329.37	\$ 45.673.39	\$ 50.094.57	\$ 55.835.41
Intereses Pagados	\$ 36.000.00	\$ 38.203.20	\$ 41.221.25	\$ 45.211.47	\$ 50.392.70
Depreciacion	\$ 82.975.60	\$ 88.053.71	\$ 95.009.95	\$ 104.206.91	\$ 116.149.02
<b>UTILIDAD (PER.) ANTES DE PARTICIPACION</b>	<b>\$ 1.240.641.14</b>	<b>\$ 1.316.568.38</b>	<b>\$ 1.420.577.28</b>	<b>\$ 1.558.089.16</b>	<b>\$ 1.456.047.86</b>

**Tabla 5.2.6 Estado de pérdidas y ganancias proyectado**

#### d. Flujo de Efectivo

En la siguiente tabla se establecerán los flujos de caja con el fin de obtener el valor actual y con ello el VAN y la TIR. La siguiente tabla fue obtenida de la CFN (Corporación Financiera Nacional) para aprobaciones de proyectos. Donde se puede observar que el desarrollo de la tabla es de la siguiente manera: A Ingresos Operacionales; B Egresos Operacionales; C Flujo Operacional (A – B); D Ingresos no Operacionales; E egresos No operacionales; F Flujo no Operacional (D – E); F Flujo neto generado (C + F). Con estos datos se obtiene el Valor Actual de cada periodo. Y así poder encontrar la TIR, el VAN y PRI

FLUJO DE CAJA						
DOLARES AMERICANOS						
RUBROS	Costos Preoperación	AÑOS				
		1	2	3	4	5
<b>A. INGRESOS OPERACIONALES</b>						
Ingresos		\$ 5.139.890,31	\$ 5.454.451,60	\$ 5.885.353,27	\$ 6.455.055,47	\$ 6.459.523,49
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 5.139.890,31</b>	<b>\$ 5.454.451,60</b>	<b>\$ 5.885.353,27</b>	<b>\$ 6.455.055,47</b>	<b>\$ 6.459.523,49</b>
<b>B. EGRESOS OPERACIONALES</b>						
Gastos Operacionales		\$ 3.159.207,87	\$ 3.352.551,39	\$ 3.617.402,95	\$ 3.967.567,56	\$ 3.967.567,79
Gastos de Administracion		\$ 556.176,42	\$ 590.214,42	\$ 636.841,36	\$ 698.487,60	\$ 778.534,28
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 3.715.384,29</b>	<b>\$ 3.942.765,81</b>	<b>\$ 4.254.244,31</b>	<b>\$ 4.666.055,16</b>	<b>\$ 4.746.102,06</b>
<b>C. FLUJO OPERACIONAL (A-B)</b>						
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 1.424.506,02</b>	<b>\$ 1.511.685,79</b>	<b>\$ 1.631.108,97</b>	<b>\$ 1.789.000,31</b>	<b>\$ 1.713.421,43</b>
<b>D. INGRESOS NO OPERACIONALES</b>						
Valor Residual Activos						\$ 7.096,32
Valor Residual Capital de Trabajo						\$ 800.000,00
<b>TOTAL</b>						<b>\$ 807.096,32</b>
<b>E. EGRESOS NO OPERACIONALES</b>						
Inversiones	\$ 70.963,24					
Pre-inversiones						
Terreno						
Obra Civil	\$ 25.966,18					
Equipamiento						
Capital de Trabajo	\$ 1.600.000,00					
Gastos Financieros		\$ 39.888,21	\$ 42.329,37	\$ 45.673,39	\$ 50.094,57	\$ 55.835,41
Intereses Pagados		\$ 36.000,00	\$ 38.203,20	\$ 41.221,25	\$ 45.211,47	\$ 50.392,70
Depreciacion		\$ 82.975,60	\$ 90.071,92	\$ 90.071,92	\$ 90.071,92	\$ 90.071,92
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1.696.929,42</b>	<b>\$ 158.863,81</b>	<b>\$ 170.604,49</b>	<b>\$ 176.966,57</b>	<b>\$ 185.377,97</b>	<b>\$ 196.300,04</b>
<b>F. FLUJO NO OPERACIONAL (D-E)</b>						
<b>TOTAL</b>	<b>\$ (1.696.929,42)</b>	<b>\$ (158.863,81)</b>	<b>\$ (170.604,49)</b>	<b>\$ (176.966,57)</b>	<b>\$ (185.377,97)</b>	<b>\$ 610.796,28</b>
<b>G. FLUJO NETO GENERADO (C+F)</b>						
<b>TOTAL</b>	<b>\$ (1.696.929,42)</b>	<b>\$ 1.265.642,21</b>	<b>\$ 1.341.081,30</b>	<b>\$ 1.454.142,40</b>	<b>\$ 1.603.622,35</b>	<b>\$ 2.324.217,71</b>
<b>VALOR ACTUAL</b>						
	\$ (1.696.929,42)	\$ 1.081.745,48	\$ 979.678,06	\$ 907.923,70	\$ 855.773,14	\$ 1.060.101,62
Tasa de Descuento	17%					
VAN	\$ 3.188.292,58	<b>ACEPTABLE</b>				
TIR	77%	<b>ACEPTABLE</b>				
PRI	1 Año 8 Meses	<b>ACEPTABLE</b>				

**Tabla 5.2.7 Flujo de Efectivo**

**e. VAN (Valor Actual Neto):**

En la Tabla 5.2.7 se utilizó la fórmula de EXCEL para poder establecer el VAN. La fórmula establece lo siguiente:  $VNA(tasa;valor1;[valor2];...)$  Donde: “tasa” es la tasa de descuento a lo largo del periodo; “valor1;valor2;...” Es el flujo neto.

La Tasa de descuento utilizada es de 17% que es en la actualidad la tasa de interés dada utilizada por los bancos para préstamos de dinero. Por otro lado El flujo neto es el que tenemos en la tabla 5.2.7 y está proyectado a 5 años.

Por lo tanto como se observa en la tabla 5.2.6. La implementación del proyecto nos arroja un VAN de \$3.188.650,46. Al ser un valor Positivo significa que el proyecto es aceptable.

**f. TIR (Tasa Interna de Retorno):**

En la Tabla 5.2.7 se utilizó la fórmula de EXCEL para establecer el TRI. La fórmula establece lo siguiente:  $TIR(valores; [estimar])$  Donde “valores” son los valores que se desea calcular la TIR; “estimar” Es el valor al que se desea estimar la TIR.

Los valores para nuestro caso son los flujos netos generados que están proyectados para 5 años. Por otro lado estimar es la tasa de descuento que es de 17% que en la actualidad es la tasa de interés bancaria.

Po lo tanto como se observa en la Tabla 5.2.7. La implementación del proyecto nos arroja una TIR del 77% al ser un valor mayor a la tasa de descuento es decir mayor al 17% el proyecto es aceptable.

**g. PRI (Periodo de Recuperación de la Inversión):**

Para establecer cuál es el PRI se debe tomar en cuenta El VALOR ACTUAL y sus proyecciones. Por lo Tanto se debe sumar el valor actual de los años proyectados en nuestro caso 5 años. Y realizar una regla de tres con el valor de la inversión:

Sumatoria del Valor Actual Proyectado	\$4.885222,00	5 años
Total de la Inversión	\$1.696929,42	X Años



De forma General los impactos ambientales de los motores de combustión interna son:

- **Contaminación por petróleo y sus derivados.**
- **Generación de altos niveles de ruido.**
- **Emanaciones gaseosas a la atmósfera.**

El Municipio del Distrito Metropolitano de Quito tiene como misión proporcionar el mejoramiento continuo de la calidad de vida de la comunidad para lo cual le corresponde expedir y aplicar normas técnicas, métodos, manuales y parámetros de protección ambiental.

Entre estas normas tenemos:

### **5.3.1 Norma Técnica para emisiones a la atmósfera de fuentes fijas de combustión.**

Esta norma<sup>17</sup> establece los valores máximos permitidos para emisiones de fuentes fijas de combustión. Esta norma aplica a todos los establecimientos públicos o privados que dispongan de fuentes fijas de combustión en el Distrito Metropolitano de Quito.

A continuación en la Tabla 5.3.1 se observan los valores máximos permisibles de emisiones para generadores eléctricos

#### **Límites Máximos Permisibles de Emisiones Para Generadores Eléctricos**

<b>Contaminante Emitido</b>	<b>Unidades <sup>[1]</sup></b>	<b>Valores Máximos</b>
Material Particulado	mg/m <sup>3</sup>	150
Óxidos de Nitrógeno	mg/m <sup>3</sup>	2 000
Dióxido de Azufre	mg/m <sup>3</sup>	400
Monóxido de Carbono	mg/m <sup>3</sup>	1 500

**Tabla 5.3.1** Límites permisibles de emisiones para generadores eléctricos

<sup>17</sup> Resolución n° 0002-Dirección Metropolitana Ambiental-2008

Fuente: Dirección Metropolitana Ambiental, Resolución No. 003. Capítulo III. 14 Octubre 2005.

**Nota:**

<sup>[1]</sup> mg/m<sup>3</sup>: miligramos por metro cúbico de gas a condiciones normales de 1013 milibares de presión y temperatura de 0°C, corregidos a 15% de O<sub>2</sub>, en base seca.

Desde 1996 la EPA (agencia de protección del medio ambiente de los Estados Unidos - Environmental Protection Agency), ha ido limitando la cantidad de emisiones contaminantes por etapas, cada vez más exigentes llamadas “**TIER**”.

- Empezaron en 1996 con Tier 1
- La Tier 2 bajó el límite un 30%
- Ahora debe cumplirse con Tier 3 que reduce los contaminantes permitidos en un 35% adicional.
- Próximamente entrará en vigencia Tier 4

Para la construcción de grupos electrógenos, los límites de emisiones por combustión para cumplir con la TIER 3 es la siguiente:

EPA Tier 3 estándares de emisión para Motores Diesel Estacionarios g/kWh (g/bhp·hr)							
Potencia del motor	Tier	Año	CO	HC	NMHC+NOx	NOx	PM
130 ≤ kW < 225 (175 ≤ hp < 300)	Tier 1	1996	11.4 (8.5)	1.3 (1.0)	-	9.2 (6.9)	0.54 (0.4)
	Tier 2	2003	3.5 (2.6)	-	6.6 (4.9)	-	0.2 (0.15)
	Tier 3	2006	3.5 (2.6)	-	4.0 (3.0)	-	-†
225 ≤ kW < 450 (300 ≤ hp < 600)	Tier 1	1996	11.4 (8.5)	1.3 (1.0)	-	9.2 (6.9)	0.54 (0.4)
	Tier 2	2001	3.5 (2.6)	-	6.4 (4.8)	-	0.2 (0.15)
	Tier 3	2006	3.5 (2.6)	-	4.0 (3.0)	-	-†
450 ≤ kW < 560 (600 ≤ hp < 750)	Tier 1	1996	11.4 (8.5)	1.3 (1.0)	-	9.2 (6.9)	0.54 (0.4)
	Tier 2	2002	3.5 (2.6)	-	6.4 (4.8)	-	0.2 (0.15)
	Tier 3	2006	3.5 (2.6)	-	4.0 (3.0)	-	-†
kW ≥ 560 (hp ≥ 750)	Tier 1	2000	11.4 (8.5)	1.3 (1.0)	-	9.2 (6.9)	0.54 (0.4)
	Tier 2	2006	3.5 (2.6)	-	6.4 (4.8)	-	0.2 (0.15)

† No adoptado, Motores deben cumplir Tier 2 PM.

**Tabla 5.3.1** Estándares de emisión de gases para motores diesel estacionarios.

Dónde:

**NOx (óxido de nitrógeno):** Es el término genérico que engloba a varios gases compuestos de nitrógeno y de oxígeno que reaccionarán durante la combustión.

**HC (hidrocarburos):** reacciona con el óxido de nitrógeno en la radiación solar para forma el ozono en el origen de la formación del smog y de la lluvia ácida.

**CO (monóxido de carbono):** Producto derivado de la combustión incompleta de combustibles fósiles.

**PM (partículas):** Elementos no gaseosos compuestos de hollín, carbono y otros combustibles.

Cabe señalar que el generador adquirido por la Universidad Politécnica Salesiana para el campus Sur Sede Quito, PERKINS EPS 205I cumple con las normas TIER 3.

### **5.3.2 Norma Técnica de límites permisibles de niveles de Ruido para fuentes fijas**

Esta norma<sup>18</sup> establece los valores máximos permitidos de ruido y dispone que aquellas instalaciones que posean generadores de electricidad de emergencia. Deberán evaluar la operación de dichos equipos a fin de determinar si los niveles de ruido cumplen con la normativa o causan molestias en predios adyacentes o cercanos a la instalación.

A continuación se enlista definiciones para un mejor entendimiento de la presente norma:

**Contaminación acústica:** presencia en el ambiente de ruidos o vibraciones, cualquiera que sea el emisor acústico que origine, que impliquen molestias, riesgo o daño para las personas, para el desarrollo de sus actividades y bienes, o causen perjuicio para el medio ambiente.

---

<sup>18</sup> Resolución n° 0002-Dirección Metropolitana Ambiental-2008

**Emisor acústico:** cualquier equipo, maquinaria o actividad que genere contaminación acústica.

**Fuente fija:** Es aquella instalación, conjunto de instalaciones o establecimiento que posea en su interior emisores de ruido, que generen contaminación acústica.

**Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente (NPSeq):** Es aquel nivel de presión sonora constante, expresado en decibeles A [dB(A)], que en el mismo intervalo de tiempo, contiene la misma energía total que el ruido medido.

**Ruido Estable** Es aquel ruido que presenta fluctuaciones de nivel de presión sonora, en un rango inferior o igual a 5 [dB(A)] Lento, observado en un período de tiempo igual a un minuto.

**Ruido Fluctuante:** Es aquel ruido que presenta fluctuaciones de nivel de presión sonora, en un rango superior a 5 [dB(A)] Lento, observado en un período de tiempo igual a un minuto.

**Ruido de Fondo:** Es aquel ruido que prevalece en ausencia del ruido generado por la fuente objeto de evaluación.

**Zonas de restricción temporal o permanente:** sectores del territorio delimitados en los que se determinarán medidas para conseguir reducir los niveles sonoros ambientales por debajo de los admisibles. La temporalidad de la zona dependerá las medidas determinadas de acuerdo a cada circunstancia.

En la tabla 5.4 se detallan los valores máximos permitidos de ruido para fuentes fijas.

#### Niveles Máximos Permitidos de Ruido para Fuentes Fijas

TIPO DE ZONA SEGÚN EL USO DEL SUELO	Nivel de Presión Sonora Equivalente NPSeq[dB(A)]	
	DE 06H00 A 20H00	DE 20H00 A 06H00
Zona Equipamientos y Protección <sup>(1)</sup>	45	35
Zona Residencial	50	40
Zona Residencial Múltiple <sup>(2)</sup>	55	45
Zona Comercial	60	50
Zona Industrial 1	60	50

Zona Industrial 2 <sup>(3)</sup>	65	55
Zona Industrial 3, 4, 5 <sup>(4)</sup>	70	60

**Tabla 5.4** Niveles máximos permitidos de ruido

Notas:

<sup>[1]</sup> Equipamientos se refiere al suelo destinado a actividades e instalaciones que generen bienes y servicios que posibiliten la recreación, cultura, salud, educación, transporte, servicios públicos e infraestructura. Uso de Protección Ecológica, es el suelo destinado al mantenimiento o recuperación de ecosistemas por razones de calidad ambiental y de equilibrio ecológico.

<sup>[2]</sup> Corresponde a áreas de centralidad en las que coexisten residencia, comercio, industria de bajo y mediano impacto, servicios y equipamientos compatibles o condicionados.

<sup>[3]</sup> Industria de tipología de mediano impacto ambiental.

<sup>[4]</sup> Industria de tipología de alto impacto, peligrosa y mixta.

### **MEDICIÓN DE RUIDO:**

La medición de los ruidos en ambiente exterior se efectuará mediante un decibelímetro (sonómetro).

La medición del nivel de ruido de una fuente fija se realizará en el exterior del límite físico, lindero o línea de fábrica del predio o pared perimetral.

El micrófono del instrumento de medición estará ubicado a una altura entre 1,0 y 1,5m del suelo, y a una distancia de por lo menos 3 (tres) metros de las paredes de edificios o estructuras que puedan reflejar el sonido. El equipo sonómetro no deberá estar expuesto a vibraciones mecánicas, y en caso de existir vientos fuertes, se deberá utilizar una pantalla protectora en el micrófono del instrumento.

Una vez realizada la medición, el informe técnico tendrá el siguiente contenido:

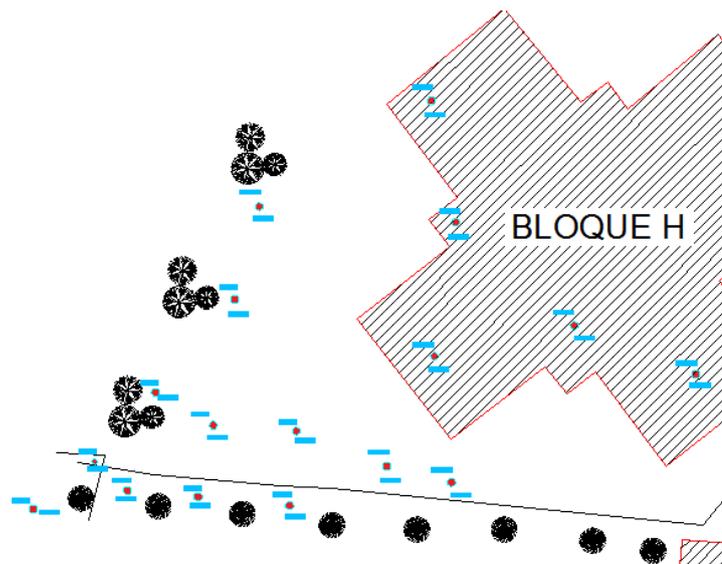
- Identificación de la fuente fija (Nombre o razón social, responsable, dirección);

- Ubicación de la fuente fija, incluyendo croquis de localización y descripción de prediosvecinos;
- Características de operación de la fuente fija;
- Fecha y hora en la que se realizó la medición
- Ubicación de los puntos de medición;
- Equipo de medición empleado, incluyendo marca y número de serie;
- Tiempo de medición realizada, tipo de ruido;
- Valor de nivel de emisión de ruido de la fuente fija;
- Correcciones Aplicables;
- Nombres del personal técnico que efectuó la medición;
- Descripción de eventualidades encontradas (ejemplo: condiciones meteorológicas, obstáculos, etc.);
- Cualquier desviación en el procedimiento, incluyendo las debidas justificaciones técnicas.

### 5.3.3 Niveles de Ruido de los Generadores del Campus Sur de la UPS.

Los niveles de ruido se los tomaron de acuerdo a las especificaciones del sub tema 5.3.2 y a continuación se detalla.

#### Generador 50KVA

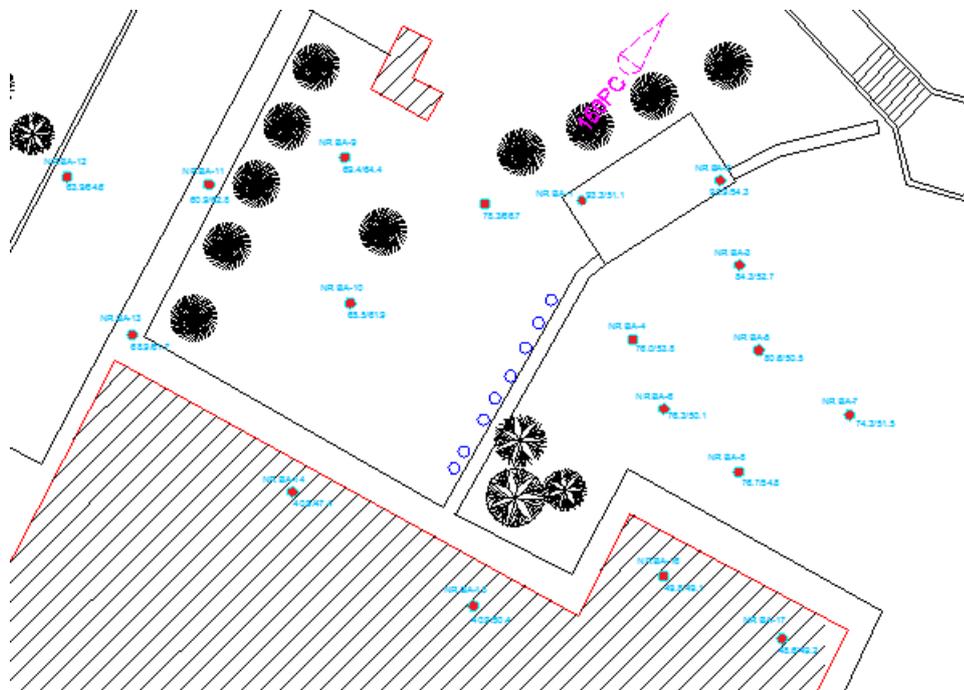


**Figura 5.1** Lugares donde se tomaron las mediciones de ruido del generador de 50KVA

Generador 50kVA				
	Gen ON (dB)	Gen OFF (dB)	db que Produce el Gen	Cumple con la normativa (max 65 dB)
1	92.6	68.2	24.4	SI
2	88.3	66.5	21.8	SI
3	82.5	73.4	9.1	SI
4	81.3	69.2	12.1	SI
5	72.2	68.7	3.5	SI
6	81.8	65.1	16.7	SI
7	78.8	60.3	18.5	SI
8	78.9	69.1	9.8	SI
9	72.2	65.8	6.4	SI
10	71.4	61.3	10.1	SI
11	69.2	69.5	-0.3	SI, no influye ruido del generador
12	57.6	68.9	-11.3	SI, no influye ruido del generador
13	50.8	58.1	-7.3	SI, no influye ruido del generador
14	55.3	55.5	-0.2	SI, no influye ruido del generador
15	64.5	58.6	5.9	SI
16	74.3	51.5	22.8	SI
17	56.5	58.3	-1.8	SI, no influye ruido del generador

**Tabla 5.5** Niveles de ruido (dB) del generador de 50KVA

**Generador 250KVA**



**Figura 5.2** Lugares donde se tomaron las mediciones de ruido del generador de 250KVA

Generador 250kVA				
	Gen ON (dB)	Gen OFF (dB)	db que Produce el Gen	Cumple con la normativa (max 65 dB)
1	93.3	51.1	42.2	SI
2	90.9	54.3	36.6	SI
3	84.3	52.7	31.6	SI
4	76.0	53.8	22.2	SI
5	80.6	50.5	30.1	SI
6	76.3	50.1	26.2	SI
7	74.3	51.5	22.8	SI
8	76.7	54.8	21.9	SI
9	78.3	66.7	11.6	SI
10	69.4	64.4	5	SI
11	65.5	61.9	3.6	SI
12	60.9	62.9	-2	SI, no influye ruido del generador
13	63.9	64.6	-0.7	SI, no influye ruido del generador
14	68.9	61.7	7.2	SI
15	40.9	47.4	-6.5	SI, no influye ruido del generador
16	40.9	50.4	-9.5	SI, no influye ruido del generador
17	49.8	49.1	0.7	SI
18	49.1	49.2	-0.1	SI, no influye ruido del generador

**Tabla 5.6** Niveles de ruido (dB) del generador de 250KVA

Después de haber identificado, comparado y verificado los impactos ambientales que pudiera tener la instalación de los equipos electrógenos en el campus sur se puede concluir:

La contaminación producida por la emisión de gases de los generadores es menor a la que el Distrito Metropolitano de Quito establece a través de la Resolución n° 0002 – de la Dirección Metropolitana Ambiental – 2008 ya que los motores que los generadores Perkins utilizan, están bajo las normas EPA TIER 3.

Al instalar los grupos electrógenos de emergencia del Campus Sur de la U.P.S. en cabinas insonorizadoras, ha permitido que la contaminación por ruido que los grupos electrógenos pudieran producir sea menor a la que establece el Distrito Metropolitano de Quito a través de la Resolución n° 0002 – de la Dirección Metropolitana Ambiental – 2008.

Para la construcción de los locales de los Grupos electrógenos se buscó los lugares más idóneos con el propósito de evitar la contaminación visual y mantener el entorno que el Campus Sur de la U.P.S. en la actualidad tiene.

## CONCLUSIONES.

- En la actualidad el Campus Sur de la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito, posee instalaciones eléctricas buenas y relativamente nuevas. Por lo que los niveles de calidad de energía analizados que arrojaron la presente tesis son muy aceptables. Salvo el factor de potencia y los parpadeos (Flickers).

- En la actualidad el suministro “A” de la U.P.S. Campus Sur – Sede Quito tiene una demanda de 82,8KVA y consta con un transformador de 250KVA siendo este sobredimensionado.

- En la revisión física de las instalaciones eléctricas de los bloques más antiguos B, C, G y H se notó que no poseen algunos circuitos conexiones a tierra. Los tableros están desequilibrados y en mal estado.

- Se doto de planos eléctricos para la U.P.S. Campus Sur – Sede Quito, por lo que se debe llevar un registro de estos y realizar una continua actualización, ya que la universidad está constantemente renovando y ampliando sus instalaciones.

- Para realizar el análisis económico, se necesitó de toda la información del presupuesto anual de la UPS del año 2011 y 2012. Con el que se pudo determinar que la compra del grupo electrógeno de emergencia; del cabinado y trabajos de obra civil son viables.

- Al observar los resultados del análisis económico se puede concluir que el proyecto es viable y la inversión se recuperará a corto plazo, es decir, un año y ocho meses.

- Con el presente proyecto de tesis se pudo identificar los impactos ambientales que la implantación de los grupos electrógenos ocasiona por combustión de diesel. La implantación de dichos equipos es amigable con el medio ambiente; puesto que el

generador de 250 KVA fue construido bajo normas TIER III y los niveles de ruido que emiten ambos equipos no superan en ningún momento el valor máximo permitido por la norma Municipal de la ciudad de Quito.

## RECOMENDACIONES

- Para garantizar el continuo servicio de energía eléctrica bajo los estándares de calidad que el CONELEC ha normado en la regulación 004-01. Se debe realizar estudios y diseños eléctricos detallados para los nuevos proyectos que la U.P.S. Campus Sur – Sede Quito desee realizar.

- Para mejorar más la calidad de servicio eléctrico que la U.P.S. Campus Sur – Sede Quito entrega a sus clientes internos se recomienda la implementación sistemas de corrección de factor de potencia ya que esto nos garantizará en el futuro que las instalaciones eléctricas no se deterioren y evitar posibles sanciones por parte de la Empresa Eléctrica Quito S.A.

- Debido a que en la actualidad varios bloques del Campus en sus circuitos no tienen conexiones a tierra. Se recomienda instalar mallas de tierra; con el fin de evitar tensiones peligrosas, descargas eléctricas que se pudieran producir y desviar las corrientes inducidas para minimizar riesgos hacia las personas.

- Otro inconveniente son los parpadeos o Flicker de voltaje ya que estos afectan a los sistemas de iluminación y por ende a sus usuarios. Debido a esto se recomienda colocar un regulador de tensión o un ondulator a las redes de iluminación.

- El desequilibrio de las cargas en las fases es un factor que también se debe controlar y evitar ya que el desequilibrio de cargas genera picos de corrientes y por ende flicker de voltaje. Para esto se debe realizar una redistribución de cargas desde los sub-tableros hasta el tablero principal. Se debe cambiar los sub-tableros bifásicos a trifásicos para una mejor distribución de cargas.

- Un factor externo que perjudica a la calidad de servicio son las interrupciones generadas por fallas del sistema de distribución, suspensiones de servicio por mantenimiento o suspensiones por racionamiento eléctrico. Para evitar esto se debe implementar un sistema de generación de energía eléctrica de emergencia garantizando así la continuidad del servicio.

- Debido a que el transformador “A” de la U.P.S. Campus Sur – Sede Quito se encuentra sobre dimensionado se recomienda que las cargas nuevas como por ejemplo edificaciones o laboratorios sean conectadas a este generador con el fin de aprovechar al máximo la potencia que puede suministrar.

## BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES

- CONELEC, *REGULACION No. – 004/01 “Calidad del servicio eléctrico de distribución”*, Quito, 2001.
- EMPRESA ELECTRICA QUITO, “*Normas para sistemas de distribución parte A guía para diseño*”, Quito 27 de abril de 2007, p.81.
- EMPRESA ELECTRICA QUITO, “*Normas para sistemas de distribución parte B estructura tipo*”, Quito 31 de marzo de 2009, p.212.
- EFICIENCIA ENERGÉTICA, “*Programa de Ahorro de Energía. Ministerio de Energía y Minas*”, Octubre de 2000.
- CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL, “*NEC 2008 de la serie del International Electrical Code*”, 2008.
- NORMA ECUATORIANA DE CONSTRUCCIÓN 10, “*NEC 10*”. Julio de 2006, p.19.
- NORMA TÉCNICA ECUATORIANA DEL MEDIO AMBIENTE, “*Resolución N° 0002 DMA 2008*” año de edición 2008, p.9.
- HARPER ENRÍQUEZ, “*El ABC de la calidad de la Energía Eléctrica*”, México, año de edición 2003.
- IEEE 1159-1995, “*Recomendaciones Prácticas para el Monitoreo de la Calidad de la Energía Eléctrica*”, New York, p.12.

- MOTORES DIESEL ANDINOS S.A. *“Manual De Operación, Instalación y Mantenimiento de Grupos Electrógenos”*, año de edición 2010.
- CHILUISA CLAUDIO, Tesis: *“Auditoría Energética Eléctrica del Hospital Andrade Marín”* Universidad Politécnica Salesiana, enero del 2006.