



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD EDUCACION TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA: INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICO CON  
MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL**

**TÍTULO:**

**"ESTUDIO Y REDISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO ACTUAL EN  
MEDIA Y BAJA TENSION DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE  
JURISPRUDENCIA DE LA UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE  
GUAYAQUIL"**

**AUTOR:**

**FREIRE VILEMA CHRISTIAN XAVIER**

**TUTOR:**

**ING. ELIAS ANDRADE DÍAZ**

**Guayaquil, Ecuador**

**2014**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD EDUCACION TECNICA PARA EL DESARROLLO  
INGENIERÍA ELECTRICO-MECANICO CON MENCIÓN EN GESTIÓN  
EMPRESARIAL**

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por Christian Xavier Freire Vilema, como requerimiento parcial para la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico-Mecánica con Mención en Gestión Empresarial.

### **TUTOR**

\_\_\_\_\_  
Ing. Elías Washington Andrade Díaz

**REVISOR**

**REVISOR**

\_\_\_\_\_  
Ing. Pedro Tutiven López

\_\_\_\_\_  
Ing. Armando Eras Sánchez

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

\_\_\_\_\_  
Ing. Armando Eras Sánchez

**Guayaquil, Mayo del año 2014**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD EDUCACION TECNICA PARA EL DESARROLLO  
INGENIERÍA ELECTRICO-MECANICO CON MENCIÓN EN GESTIÓN  
EMPRESARIAL**

## **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Yo, Christian Xavier Freire Vilema**

### **DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación: Estudio y Rediseño del sistema eléctrico actual en media y baja tensión del edificio de la facultad de jurisprudencia de la Universidad de Santiago de Guayaquil previa a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico-Mecánico con Mención en Gestión Empresarial, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, Mayo del año 2014**

**EL AUTOR**

---

Christian Xavier Freire Vilema



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD EDUCACION TECNICA PARA EL DESARROLLO  
INGENIERÍA ELECTRICO-MECANICO CON MENCIÓN EN GESTIÓN  
EMPRESARIAL**

## **AUTORIZACIÓN**

Yo, **Christian Xavier Freire Vilema**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: Estudio y Rediseño del sistema eléctrico actual en media y baja tensión del edificio de la facultad de jurisprudencia de la Universidad de Santiago de Guayaquil, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, Mayo del año 2014**

**EL AUTOR**

---

Christian Xavier Freire Vilema

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme sabiduría, dedicación y ser mi guía para terminar esta etapa de mi vida.

A mis Padres por ser los pilares fundamentales para alcanzar anhelado objetivo y continuar mi vida profesional.

A mi hermano por su apoyo incondicional y esfuerzo que realizo en cada momento de mi etapa estudiantil.

## DEDICATORIA

*A Dios que supo guiarme por el buen camino, darme voluntad en cada momento y no rendirme ante alguna adversidad.  
A mis padres por su apoyo, amor y ejemplos dignos de superación hoy puedo alcanzar mi meta.  
A mi hermano por ayudarme con sus conocimientos, por su esfuerzo, por creer en mí. Me ha dado todo lo que soy como persona, mis principios, mi empeño, mi perseverancia y coraje para conseguir mis objetivos.  
Y a mis maestros que compartieron todo sus conocimientos.*

**Christian Xavier Freire Vilema**

# ÍNDICE GENERAL

1. ANTECEDENTES .....	2
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
1.2. JUSTIFICACION.....	4
1.3. HIPOTESIS.....	4
1.4. OBJETIVOS.....	5
1.4.1. Objetivo General.....	5
1.4.2. Objetivo Específicos .....	5
1.5. METODOLOGIA .....	6
2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Sistema de Media Tensión.....	7
2.1.1. Configuración de red en Media Tensión .....	8
2.1.2. Condiciones de las instalaciones de media tensión, conductores, transformadores y equipos de protección. ....	11
2.1.2.1. Número y distribución de subestaciones de transformación MT/BT. ...	11
2.1.3. Número de Transformadores MT/BT .....	12
2.1.4. Elección de Equipos .....	13
2.1.5. Normas en Media Tensión.....	14
2.1.5.1. Características de las Canalizaciones.....	14
2.1.6. Recomendaciones para La optimización de la Arquitectura en Media Tensión 15	
2.1.7. Impacto Medio Ambiental .....	16
2.2. SUBESTACIONES.....	16
2.2.1. Tipos de Subestaciones. ....	17
2.2.2. Subestaciones Transformadoras Elevadoras. ....	17
2.2.3. Subestaciones Transformadoras Reductoras. ....	17
2.2.4. Principales Tipos de Averías. ....	18
2.2.5. Sistemas de Protección .....	19
2.3. SISTEMA DE BAJA TENSIÓN.....	21
2.3.1. Datos de la Red.....	21
2.3.2. Esquemas de Distribución en Baja Tensión.....	22
2.3.3. Niveles de Distribución de Baja tensión.....	22
2.3.4. Selección de Esquemas de Distribución en Baja Tensión .....	23

2.3.5.	Tamaño de la Instalación.....	24
2.3.6.	Requisitos de flexibilidad de la Instalación.....	26
2.3.7.	Esquemas de Distribución .....	26
2.3.7.1.	Distribución Radial Arborescente .....	26
2.3.7.2.	Distribución Radial Pura.....	28
2.3.7.3.	Distribución Mixta.....	29
2.3.8.	Diseño Eléctrico en Baja Tensión .....	30
2.3.8.1.	Diseño Eléctrico en Baja Tensión de una Vivienda. ....	30
2.3.8.2.	Diseño Eléctrico en Baja Tensión de un Edificio. ....	30
2.3.8.3.	Memoria Técnica. ....	31
2.3.8.4.	Descripción del Proyecto.....	31
2.3.8.5.	Suministro de Energía.....	31
2.3.8.6.	Acometida en Baja en Tensión. ....	31
2.3.8.7.	Alimentadores. ....	31
2.3.8.8.	Panel Principal de Disyuntores de Distribución. ....	32
2.3.8.9.	Paneles de Distribución Auxiliar. ....	32
2.3.8.10.	Centros de Carga.....	32
2.3.8.11.	Tubería y Accesorios. ....	34
2.3.8.12.	Piezas de conexión. ....	34
2.3.8.13.	Conductores.....	35
2.3.9.	Tableros de Medición. ....	36
2.3.9.1.	Medición en Baja Tensión. ....	36
2.3.9.2.	Medidores, bases (Sockets), ubicación y conexión. ....	37
2.3.9.3.	Suministro del Equipo de Medición. ....	39
2.3.9.4.	Tipos de Medidores.....	39
2.3.9.5.	Medidor Controlador, Criterios de Instalación, Características. ....	40
2.3.9.6.	Normas de Ubicación del Medidor Controlador. ....	41
2.3.10.	Transformadores en cámaras de transformación. ....	42
2.3.10.1.	Ubicación del Cuarto de Transformación. ....	43
2.3.10.2.	Normas Constructivas del cuarto de transformación. ....	44
2.3.10.3.	Mantenimiento del Cuarto de Transformación.....	46
2.3.11.	Transformadores.....	47
2.3.11.1.	Normativa de Transformadores.....	49

2.3.12.	Diagrama Unifilar e Implantación del Servicio Eléctrico del Edificio.....	49
2.4.	GENERADOR DE EMERGENCIA .....	50
2.4.1.	Generalidades .....	50
2.4.2.	Requerimientos de Energía. ....	50
2.4.3.	Arreglos Específicos.....	50
2.4.3.1.	Iluminación.....	51
2.4.3.2.	Potencia de Control.....	51
2.4.3.3.	Transporte. ....	51
2.4.3.4.	Sistemas Mecánicos. ....	51
2.4.3.5.	Calentamiento.....	51
2.4.3.6.	Refrigeración.....	51
2.4.3.7.	Producción.....	51
2.4.3.8.	Acondicionamiento de Espacios.....	52
2.4.3.9.	Protección contra incendio. ....	52
2.4.3.10.	Procesamiento de Datos. ....	52
2.4.3.11.	Soporte de Vida. ....	52
2.4.3.12.	Sistemas de Comunicación.....	52
2.4.3.13.	Sistemas de Señales. ....	52
2.4.4.	Consideraciones de Ubicación del Generador. ....	52
2.4.5.	Requisitos básicos para los cuartos del Generador. ....	53
2.4.6.	Consideraciones de Selección de Combustible. ....	54
2.4.6.1.	Diésel.....	54
2.4.6.2.	LPG (Gas Licuado De Petróleo).....	55
2.4.6.3.	Gasolina.....	55
2.5.	Diseño Preliminar de Generadores. ....	55
2.5.1.	Tipos de Sistema.....	56
2.5.2.	Rango de Generador. ....	56
2.5.3.	Tamaño del Generador.....	56
2.5.4.	Ubicación.....	57
2.5.5.	Suministro de Combustible Diesel. ....	57
2.5.6.	Caseta o Cabina.....	57
2.5.7.	Accesorios.....	58
2.5.8.	Requerimientos Especiales de Alternador. ....	58

2.5.9.	Sistema de Enfriamiento.....	58
2.6.	Normas para la instalación de Generadores. ....	59
2.6.1.	Normas NATSIM. ....	59
2.6.2.	Normas NEC 2008. ....	59
2.6.3.	Baterías dimensionamiento de acuerdo al NEC2008.....	61
2.7.	Sistemas de Transferencia.....	61
2.8.	Potencia en Standby de un Generador. ....	62
2.9.	Interruptor de Transferencia Automático. ....	63
3.	DESARROLLO DEL PROYECTO .....	64
3.1.	Estudio de la Calidad de Energía.....	64
3.2.	Especificaciones y Metodología de Monitoreo.....	64
3.2.1.	Especificaciones del Equipo de Medición ION7650.....	65
3.2.2.	Datos del Equipo de Medición ION7650.....	66
3.2.3.	Monitoreo.....	71
3.3.	Gráficas Obtenidas.....	75
3.3.1.	Gráficas de Voltajes de Líneas.....	75
3.3.2.	Gráficas de Corrientes en las Fases.....	76
3.3.3.	Gráficas de Potencias.....	77
3.3.4.	Gráfica de Frecuencias.....	78
3.3.5.	Gráficas de Factor de Potencia.....	79
3.3.6.	Gráficas de Distorsión Armónica en Voltaje.....	80
3.3.7.	Gráficas de Distorsión Armónica en Corriente.....	81
3.4.	Parámetros de Calidad de Energía.....	81
3.4.1.	Parámetros de Calidad de Energía de Voltajes.....	82
3.4.2.	Parámetros de Calidad de Energía de Distorsión de Voltajes.....	82
3.5.	Estado actual de las Instalaciones Eléctricas.....	83
3.5.1.	Banco de transformadores.....	83
3.5.1.1.	Mejoramiento y Recomendaciones del Banco de Transformador.....	83
3.5.2.	Tableros Principales y Secundarios.....	84
3.5.2.1.	Tablero Principal TDP.....	84
3.5.2.1.1.	Mejoramiento y Recomendaciones del Tablero Principal TDP.....	86
3.5.2.2.	Tablero TD4.....	86
3.5.2.2.1.	Mejoramiento y Recomendaciones del Tablero TD4.....	87

3.5.2.3.	Tablero TD16.....	87
3.5.2.3.1.	Mejoramiento y Recomendaciones del Tablero TD16 .....	88
3.5.2.4.	Tableros TD21, TD22, TD23 .....	89
3.5.2.4.1.	Mejoramiento y Recomendaciones de los Tableros TD21, TD22 Y TD23	91
3.6.	Cálculo y Análisis del Tablero Principal TDP.....	91
3.7.	Diagrama Unifilar. ....	95
3.8.	Distribución Eléctrica General. ....	96
	.....	96
3.9.	Levantamiento de la carga. ....	101
3.10.	Cuadro por Nominación.....	105
3.11.	Cuadro Total de Cargas Instaladas .....	109
3.12.	Cálculos para el Dimensionamiento del Generador de Emergencia. ....	110
3.13.	Características del Generador de Emergencia. ....	112
4.1.	Presupuesto.....	114
4.2.	Análisis de Sueldo.....	114

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Valores típicos de las características de la instalación.....	10
Tabla 2.2. Características Típicas de las diferentes Configuraciones de Subestación.....	11
Tabla 2.3. Dimensiones del Cuarto de Transformación Monofásico.....	45
Tabla 2.4. Dimensiones del Cuarto de Transformación Trifásico.....	45
Tabla 3.1. Especificaciones de Entradas del Equipo ION7650.....	69
Tabla 3.2. Especificaciones de Medición del Equipo ION7650.....	69
Tabla 3.3. Parámetros de la Calidad de Energía de Voltaje.....	83
Tabla 3.4. Parámetros de la Calidad de Energía de distorsión de Voltaje.....	83
Tabla 3.5. Calibre de conductor acometida de baja tensión del transformador.....	84
Tabla 3.6. Carga Instalada y Demanda Tablero Principal de la Facultad.....	95
Tabla 3.7. Transformadores Seleccionados del Cálculo de Carga.....	96
Tabla 3.8. Dimensionamiento del Generador de Emergencia.....	97
Tabla 3.9. Dimensionamiento del Generador de Emergencia.....	99
Tabla 4.1. Presupuesto de trabajos a realizar.....	114
Tabla 4.2. Análisis de Sueldo.....	114

# ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1.1. Ubicación Geográfica de la Facultad de Jurisprudencia.....	5
Fig.2.1. Una Sola Unidad de Alimentación.....	8
Fig.2.2. Anillo abierto, 1 Subestación de M.T.....	9
Fig.2.3. Anillo abierto, 2 Subestaciones de M.T.....	9
Fig.2.4. Instalaciones Pequeñas.....	24
Fig.2.5. Instalaciones Medianas.....	25
Fig.2.6. Instalaciones Grandes.....	25
Fig.2.7. Esquema Radial Arborescente.....	27
Fig.2.8. Esquema Radial Pura.....	28
Fig.2.9. Esquema Distribución Mixta.....	29
Fig.2.10. Centro de Carga.....	33
Fig.2.11. Centro de Carga con Disyuntores.....	34
Fig.2.12. Disyuntor Termo magnético.....	34
Fig.2.13. Interruptor Eléctrico.....	34
Fig.2.14. Tomacorrientes.....	35
Fig.2.15. Generador Eléctrico.....	50
Fig.2.16. Generador con Cabina.....	50
Fig.3.1. Equipo POWER LOGIC.....	66
Fig. 3.2. Conexiones del Equipo.....	66
Fig.3.3. Display POWER LOGIC ION7650.....	70
Fig.3.4. Conexiones en Baja Tensión con el POWER LOGIC ION7650.....	73

Fig.3.5. Diagrama Fasorial.....	73
Fig.3.6. Voltajes VLL, Vab,Vbc,Vca.....	74
Fig.3.7. Corrientes por Fase, Ia,Ib,Ic.....	75
Fig.3.8. Gráfica de Voltajes vs Tiempo.....	76
Fig.3.9. Gráfica de Corrientes vs Tiempo.....	77
Fig.3.10. Gráfica de Potencia vs Tiempo.....	78
Fig.3.11. Gráfica de Frecuencia vs Tiempo.....	79
Fig.3.12. Gráfica de % de Factor de Potencia vs Tiempo.....	80
Fig.3.13. Gráfica de Distorsión Armónica de Voltaje vs Tiempo.....	81
Fig.3.14. Gráfica de Distorsión Armónica en Corriente vs Tiempo.....	82
Fig.3.15. Conductores sueltos.....	86
Fig.3.16. Breaker sin fijación.....	86
Fig.3.17. Conductores sin ajuste.....	87
Fig.3.18. Tablero TD4.....	88
Fig.3.19. Tablero TD16.....	89
Fig.3.20. Tablero TD21.....	91
Fig.3.21. Tablero TD22.....	91
Fig.3.22. Tablero TD21, TD22, TD23.....	92
Fig 3.23. Generador Modelo C9.....	98

## RESUMEN

El presente proyecto de tesis consiste en realizar el levantamiento del sistema eléctrico de baja tensión de la Facultad de Jurisprudencia de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil para saber el estado en que se encuentran las instalaciones eléctricas.

En el primer capítulo se describe la situación actual del problema que se manifiesta como la necesidad de la falta de documentación del sistema de baja tensión de la Facultad de Jurisprudencia de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

En el segundo capítulo se presenta un resumen de las normas eléctricas a utilizar en este proyecto la cual nos ayudan a tener nuestras instalaciones eléctricas en un buen servicio y dentro de los parámetros que las mismas exigen.

En el tercer capítulo, se describe la metodología que se utiliza para realizar un análisis de calidad de energía actual con el cual podemos saber los tipos de voltaje, corriente, potencia, etc, también el desarrollo obtenido del proyecto en el cual citaremos si las actuales instalaciones cumplen o no, con lo que exigen las normas eléctricas. Además del estado en que se encuentran, el resultado que se obtuvo de las cargas instaladas en funcionamiento y el diagrama unifilar actual de la facultad.

En el cuarto capítulo se presenta de manera general un presupuesto proyectado para el cambio de las instalaciones.

## ABSTRACT

This project consists in an electric lift in the low voltage system of the Faculty of Jurisprudence the Santiago de Guayaquil Catholic University to find out the state of electrical installations area.

In the first chapter is described the status of condition that manifests itself as the need for the lack of documentation of the low voltage system Jurisprudence at the Catholic University of Santiago de Guayaquil.

The second chapter is a summary of the electrical standards is presented to be used in this project which we help our electrical systems have good service and within the parameters that they require.

In the third chapter, is described the methodology used for analysis of power quality current with which we can know the types of voltage, current, power, etc. too the development obtained the project in which we will mention whether or not existing installations comply with what is required by electrical codes is described. In addition to that are the result obtained from the installed operating loads and the current line diagram of the faculty.

In the fourth chapter provides an overview of a system designed to change the facilities budget.

# INTRODUCCIÓN

En la presente tesis se describe el análisis físico y operacional actual del sistema eléctrico en media y baja tensión de la Facultad de Jurisprudencia de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, con el cual se busca brindar información técnica que permitirá determinar medidas preventivas, correctivas, potencial y ahorro energético.

El buen estado de las instalaciones eléctricas nos ayudan a disminuir los riesgos de accidentes dentro del estado operacional de las mismas, ya que pueden ocurrir contactos directos o indirectos hacia cualquier persona que se encuentre realizando actividades en la facultad.

Para evitar cualquier tipo de riesgos, nos debemos de enfocar en las normas eléctricas establecidas a nivel nacional como internacional, para así obtener estándares de calidad en las instalaciones eléctricas y optimizar la seguridad hacia las personas por cualquier tipo de falla que existiera en el sistema eléctrico de la facultad.

Para realizar el estudio actual de las cargas instaladas en la facultad se procedió hacer un levantamiento eléctrico con el fin de determinar si la demanda actual principalmente no afecta al banco de transformadores (si no se encuentra saturado), con lo cual determinaremos si se procede a aumentar la capacidad instalada o no del mismo.

En base al levantamiento que se realizó, se determinaran los costos para realizar los cambios o el mantenimiento respectivo en el sistema eléctrico de la facultad para mejorar así su calidad de energía.

# **CAPITULO 1**

## **ASPECTOS GENERALES**

### **1. ANTECEDENTES**

El proceso sistemático de construcción de un edificio para un propósito específico constituye desde la concepción de una idea hasta plasmarla físicamente, a partir de una ingeniería de detalle.

En la construcción se debe de tener todos los diseños de todas las áreas, desde lo civil, hasta lo eléctrico.

Pero lamentablemente a veces este proceso sistemático de construcción es dejado a un lado y se ve opacado por la construcción en bases de conocimientos empíricos sin dejar registro de lo actuado en papel o en formato digital.

## **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Puesto a consideración la necesidad de solventar la falta de información técnica del sistema eléctrico y problemas que acarrea cuando se requiere saber si es posible incrementar la carga de un circuito determinado o en caso de ocurrir un problema eléctrico se hace difícil identificarlo y localizarlo.

Además, la falta de la información necesaria del sistema eléctrico hace imposible determinar el plan de mantenimiento que permita de forma eficiente programar los diferentes tipos de mantenimientos dispuestos por el departamento de mantenimiento de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Siendo estos los problemas se optó por realizar un estudio y análisis de carga eléctrica para aplicar la correcta selección de los conductores, equipos de protección e identificación de los circuitos del sistema eléctrico de la facultad de Jurisprudencia de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

## **1.2. JUSTIFICACION**

Este proyecto brindara información técnica de la situación actual del sistema eléctrico con la que se podrá realizar el análisis que permitirá determinar las medidas preventivas, correctivas, potencial y ahorro energético.

Con el estudio que se realizará se busca mejorar la seguridad eléctrica tanto para las personas como para la infraestructura física de los edificios y bienes instalados que funcionan en su interior.

El departamento de mantenimiento obtendrá facilidades con la información levantada y podrá optimizar los procesos de mantenimientos, adquisiciones de materiales y equipos del sistema eléctrico.

## **1.3. HIPOTESIS**

Para comenzar la realización del proyecto se parte con la premisa de que la información relacionada al sistema eléctrico de la facultad de Jurisprudencia está desactualizadas.

Una vez realizado el levantamiento de toda la información del sistema eléctrico y plasmado en la actualización de diagramas unifilares, diagrama de distribución general y planillaje, será de mucha utilidad para que el personal de mantenimiento identifique de forma rápida y precisa cada uno de los circuitos.

Pueden deducir sugerencias de conexiones nuevas, aumentos de cargas sin que se vea afectada la instalación eléctrica y se facilitara la localización de fallas en los circuitos.

## 1.4. OBJETIVOS

### 1.4.1. Objetivo General

Documentar toda la información técnica actual sistema eléctrico y facilitar las tareas de mantenimiento de la Facultad de Jurisprudencia de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Véase Figura 1.1.

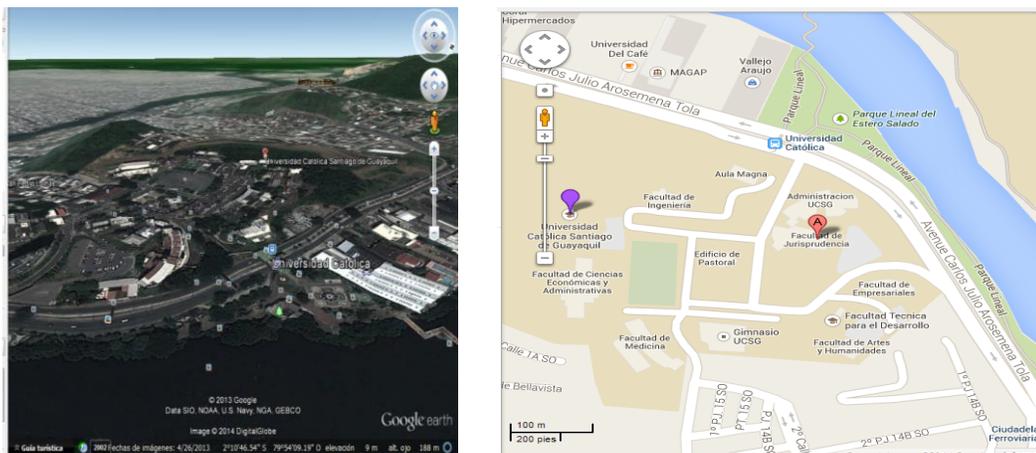


Fig.1.1. Ubicación Geográfica Facultad de Jurisprudencia  
Fuente: Google Earth

### 1.4.2. Objetivo Específicos

1. Levantamiento de información de acometida principal, tableros eléctricos, elementos de protección, circuitos principales y secundarios.
2. Análisis del comportamiento actual del sistema eléctrico.
3. Verificar en forma objetiva y documentada el cumplimiento de las normas vigentes del sistema eléctrico.
4. Determinar las acciones de mejoramiento necesarias para lograr un sistema de mantenimiento más eficiente.
5. Presupuesto del mantenimiento de mejoras del sistema eléctrico.

## **1.5. METODOLOGIA**

Al comienzo se realizara un levantamiento físico y de la capacidad de los elementos eléctricos para determinar la carga instalada en la facultad, luego por medio de un seguidor de línea se procederá a levantar los circuitos derivados que contiene cada panel eléctrico con el fin de constatar que las capacidades de conductores y breakers son los apropiados.

Por medio de un medidor de parámetros que se lo conectara al secundario del transformador con el cual se desea comprobar el comportamiento de los parámetros eléctricos, consumo de la carga actual de la facultad de Jurisprudencia.

Con la información que se obtendrá se realizar un presupuesto y análisis unitario de cada uno de los trabajos para la mejora del sistema eléctrico.

## **CAPITULO 2**

### **2. MARCO TEÓRICO**

Para la realización del proyecto se utilizara el Código de Práctica Ecuatoriana CPE INEN 19 comúnmente llamado Código Eléctrico Nacional y la norma ecuatoriana de construcción NEC-10 parte 9-1 Instalaciones Electromecánicas, Instalaciones Eléctricas en Bajo Voltaje, en la que se establece la salvaguardia de las personas y de los bienes contra los riesgos que puedan surgir por el uso de la electricidad y de las instalación de conductores y equipos.

Además se utilizara las Normas de Acometidas, Cuartos de Transformadores y Sistemas de Medición para el Suministro de Electricidad "NATSIM".

Como referencia se utilizara el NEC 2008 (National Electrical Code) cuya utilización facilita la aplicación de las normas de forma global.

#### **2.1. Sistema de Media Tensión**

De acuerdo al NATSIM en el Sistema de Media Tensión, el Distribuidor suministrará el servicio eléctrico a nivel de media tensión en los siguientes casos, independientemente si la medición se encuentra en el lado primario o secundario del transformador:

a) Sistema Monofásico a  $13,800/\sqrt{3}$  voltios

Este servicio se suministrará al voltaje indicado, cuando la demanda del predio sea mayor a 30 kW y menor a 90 kW y su capacidad total instalada no exceda de 100 kVA monofásico.

b) Sistema Trifásico a 13,800 voltios.

Este servicio se suministrará al voltaje indicado, cuando la demanda trifásica del predio sea mayor a 30 kW y menor a 1,000 kW.

### **2.1.1. Configuración de red en Media Tensión**

Las principales configuraciones de conexión posibles son las siguientes (Figuras 2.1, 2.2, 2.3):

Una sola unidad de alimentación, uno o varios transformadores.

1. Anillo abierto, una llegada MT.
2. Anillo abierto, dos llegadas MT.

La configuración básica es una arquitectura de una sola unidad de alimentación radial, con un único transformador.

En el caso de utilizar varios transformadores, no se requiere ningún anillo excepto si todos los transformadores están ubicados en una misma Subestación. La configuración de anillo cerrado no se tiene en cuenta.

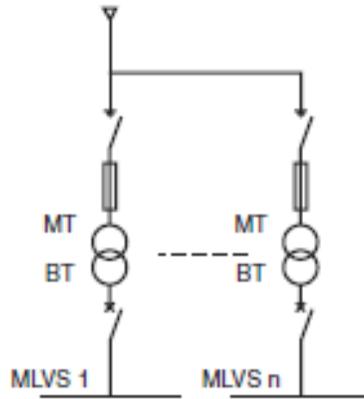


Fig.2.1. Una Sola unidad de Alimentación  
Fuente: NATSIM

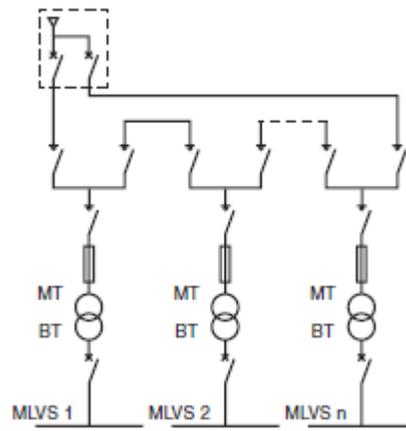


Fig.2.2. Anillo abierto, 1 Subestación de MT.  
Fuente: NATSIM

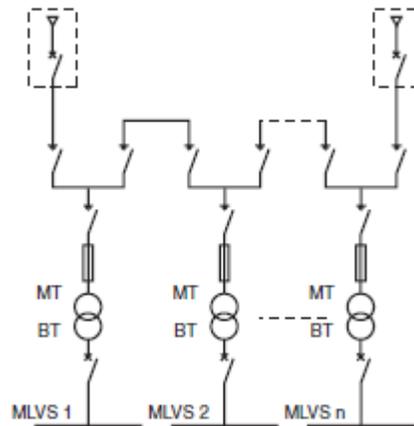


Fig.2.3 Anillo abierto, 2 subestaciones de MT.  
Fuente: NATSIM

Para las diferentes configuraciones posibles, el conjunto más probable y usual de características en media tensión se ilustra en la tabla 2.1.

Configuración del circuito en media tensión				
N°	Características a tener en cuenta	Una sola unidad de alimentación	Anillo abierto 1 subestación MT	Anillo abierto 2 subestación MT
1	Topología de las instalaciones	Cualquiera < 25.000 m <sup>2</sup>	Edificio con un nivel o varios edificios < 25.000 m <sup>2</sup>	Varios Edificios > 25.000 m <sup>2</sup>
2	Mantenibilidad	Mínima Estándar	Mejorada	Mejorada
3	Demanda de Potencia	Cualquiera	> 1.250 kVA.	> 2.500 kVA.
4	Sensibilidad a las Perturbaciones	Interrupción Larga y Aceptada	Interrupción Breve Aceptada	Interrupción Breve Aceptada

Tabla 2.1 Valores típicos de las características de la instalación.  
Fuente: NATSIM

## **2.1.2. Condiciones de las instalaciones de media tensión, conductores, transformadores y equipos de protección.**

### **2.1.2.1. Número y distribución de subestaciones de transformación MT/BT.**

Características principales a tener en cuenta para determinar las subestaciones de transformación:

1. Superficie del edificio o las instalaciones.
2. Demanda de potencia (comparar con la potencia de transformador estandarizada).
3. Distribución de cargas.

La configuración básica preferente incluye una única subestación. Algunos factores contribuyen a aumentar el número de subestaciones (> 1):

1. Una gran superficie (> 25.000 m<sup>2</sup>).
2. La configuración de las instalaciones: varios edificios.
3. Potencia total > 2.500 kVA.
4. Sensibilidad a las interrupciones: necesidad de redundancia en caso de incendio.

Para las de características en media tensión con subestaciones se ilustra en la tabla 2.2.

Configuración				
N°	Características a tener en cuenta	1 subestación con N transformadores	N Subestación M transformadores (subestaciones idénticas)	N Subestación M transformadores (diferentes potencias)
1	Configuraciones del Edificio.	< 25.000 m <sup>2</sup>	≥ 25.000 m <sup>2</sup> 1 Edificio con varias plantas	≥ 25.000 m <sup>2</sup> Varios Edificios
3	Demanda de Potencia	< 25.000 kVA	≥ 25.000 kVA	≥ 2.500 kVA.
4	Distribución de Cargas	Cargas Localizadas	Distribución Uniforme	Densidad Media

Tabla 2.2 Características Típicas de las diferentes configuraciones de Subestación.  
Fuente: NATSIM

### 2.1.3. Número de Transformadores MT/BT

Características principales a tener en cuenta para determinar el número de Transformadores:

1. Superficie del edificio o las instalaciones.
2. Potencia total de las cargas instaladas.
3. Sensibilidad de los circuitos a las interrupciones de alimentación.
4. Sensibilidad de los circuitos a las perturbaciones.
5. Escalabilidad de la instalación.

La configuración preferente básica incluye un único transformador que suministra la potencia total de las cargas instaladas. Algunos factores contribuyen a aumentar el número de transformadores (> 1), preferentemente de la misma potencia:

1. Una potencia instalada total elevada ( $> 1.250$  kVA): límite práctico de potencia de la unidad (estandarización, facilidad de sustitución, necesidad de espacio, etc.).

2. Una gran superficie ( $> 5.000$  m<sup>2</sup>): la instalación de varios transformadores lo más cerca posible de las cargas distribuidas permite reducir la longitud de la canalización BT.

3. La necesidad de redundancia parcial (funcionamiento degradado posible en caso de fallo del transformador) o redundancia total (funcionamiento normal garantizado en caso de fallo del transformador).

4. Separación de cargas sensibles y perturbadoras (p. ej. TI, motores).

#### **2.1.4. Elección de Equipos**

La selección de equipos depende de los catálogos de los fabricantes.

La elección de soluciones tecnológicas resulta de la elección de la arquitectura.

Lista de equipos a tener en cuenta:

1. Subestación MT/BT.
2. Cuadros de distribución MT.
3. Transformadores.
4. Canalización eléctrica prefabricada.
5. Unidades (SAI) sistema de alimentación ininterrumpida.
6. Equipos de filtrado y corrección de factor de potencia.

Criterios a tener en cuenta:

1. Atmósfera y entorno.
2. Índice de servicios.
3. Disponibilidad de ofertas en el país.
4. Requisitos de compañías eléctricas.
5. Arquitecturas previamente elegidas.

La elección de equipos está básicamente relacionada con la disponibilidad de ofertas existentes en el país. Este criterio tiene en cuenta la disponibilidad de determinados rangos de equipos o del servicio de asistencia técnica local.

#### **2.1.5. Normas en Media Tensión**

De acuerdo al NATSIM en las acometidas de media tensión normalmente será subterránea y cumplirá con las características de canalizaciones.

##### **2.1.5.1. Características de las Canalizaciones**

Las canalizaciones subterráneas requieren, previo a iniciar el proceso de excavación, la autorización del Distribuidor, Municipalidad y otras empresas de servicios básicos, la misma que deberá ser solicitada con una anticipación de al menos 72 horas. Las canalizaciones en aceras y cruces de calles estarán conformadas mínimos por 2 ductos de 110mm. (4") de diámetro cada uno, de material PVC para uso eléctrico y que cumpla con las Normas INEN 1869 y 2227; sin embargo, en los lugares donde el Distribuidor por razones técnicas lo requiera, podrá exigir un número mayor de ductos. Por seguridad y por tratarse de alimentadores de media tensión (13.8 kV) se instalarán con recubrimiento de hormigón.

### **2.1.6. Recomendaciones para La optimización de la Arquitectura en Media Tensión**

Estas recomendaciones están con respecto a las actualizaciones de la arquitectura que le permitirán mejorar los criterios de evaluación:

1. Para garantizar la compatibilidad con el tiempo de actividad “especial” o “crítico”, se recomienda limitar las incertidumbres mediante la aplicación de las siguientes recomendaciones:
2. Utilizar soluciones y equipos probados que hayan sido validados y verificados por los fabricantes (cuadro de distribución “funcional” o cuadro de distribución de “fabricante” según la criticidad de la aplicación).
3. Optar por la implantación de equipos para los cuales exista una red de distribución fiable y para los que sea posible recibir asistencia local (proveedor establecido).
4. Optar por el uso de equipos integrados de fábrica (subestación MT/BT, canalización eléctrica prefabricada), lo que permite limitar el volumen de operaciones.
5. Limitar la variedad de equipos implantados (p. ej. potencia de transformadores).
6. Evitar mezclar equipos de diferentes fabricantes.

### **2.1.7. Impacto Medio Ambiental**

La optimización de la evaluación medio ambiental de una instalación implicará una reducción de:

1. Las pérdidas de potencia a plena carga y sin carga durante el funcionamiento de la instalación.

2. En general, el peso de los materiales utilizados para fabricar la instalación.

Por separado y centrándonos en un único componente del equipo, estos dos objetivos pueden parecer contradictorios. No obstante, cuando se aplican a toda la instalación, es posible diseñar una arquitectura que cumpla ambos objetivos.

Así pues, la instalación óptima no equivaldrá a la suma de los mejores equipos por separado, sino que será el resultado de la optimización de toda la instalación.

## **2.2. SUBESTACIONES**

Las subestaciones eléctricas son las instalaciones encargadas de realizar transformaciones de la tensión, de la frecuencia, del número de fases o la conexión de dos o más circuitos.

Pueden encontrarse junto a las centrales generadoras y en la periferia de las zonas de consumo, en el exterior o interior de los edificios. Actualmente en las ciudades las subestaciones están en el interior de los edificios para ahorrar espacio y contaminación. En cambio, las instalaciones al aire libre están situadas en las afueras de la ciudad.

### **2.2.1. Tipos de Subestaciones.**

Las subestaciones pueden ser de dos tipos:

1. Subestaciones de transformación: son las encargadas de transformar la energía eléctrica mediante uno o más transformadores. Estas subestaciones pueden ser elevadoras o reductoras de tensión.
2. Subestaciones de maniobra: son las encargadas de conectar dos o más circuitos y realizar sus maniobras. Por lo tanto, en este tipo de subestaciones no se transforma la tensión.

### **2.2.2. Subestaciones Transformadoras Elevadoras.**

Elevan la tensión generada de media a alta o muy alta para poderla transportar. Se encuentran al aire libre y están situadas al lado de las centrales generadoras de electricidad.

La tensión primaria de los transformadores suele estar entre 3 y 36kV. Mientras que la tensión secundaria de los transformadores está condicionada por la tensión de la línea de transporte o de interconexión (66, 110, 220 ó 380 kV).

### **2.2.3. Subestaciones Transformadoras Reductoras.**

Son subestaciones con la función de reducir la tensión de alta o muy alta a tensión media para su posterior distribución.

La tensión primaria de los transformadores depende de la tensión de la línea de transporte (66, 110, 220 ó 380 kV). Mientras que la tensión secundaria de los transformadores está condicionada por la tensión de las líneas de distribución (entre 6 y 30kV).

#### 2.2.4. Principales Tipos de Averías.

Las averías más frecuentes que se producen en los circuitos eléctricos son:

1. **Cortocircuito:** es la conexión voluntaria o accidental de dos puntos de un circuito entre los que hay una diferencia de potencial. Estas averías se tienen que eliminar en un tiempo inferior a los 5 segundos. Los sistemas de protección utilizados son:
  - a. Fusibles.
  - b. Seccionadores.
  - c. Interruptores electromagnéticos.
  
2. **Sobreintensidad:** es una intensidad superior a la nominal y puede producir a su tiempo una sobrecarga o un cortocircuito. Se entiende por sobrecarga un aumento de corriente que sobrepasa la corriente nominal. Los sistemas de protección utilizados son:
  - a. Fusibles
  - b. Interruptores electromagnéticos y magnetotérmicos.
  
3. **Contacto directo:** es el contacto entre personas y partes activas de la instalación. Los sistemas de protección utilizados son:
  - a. Aislar las partes activas de la instalación.
  - b. Habilitar una distancia de seguridad mediante obstáculos.
  
4. **Contacto indirecto:** contacto de personas con masas que se encuentran accidentalmente en tensión, como por ejemplo suele pasar con las carcasas de las máquinas eléctricas. La protección contra contactos indirectos más utilizada es la que combina el interruptor diferencial con las masas de tierra.

## 5. **Perturbaciones:**

- a. **Sobretensiones:** tensiones superiores al valor máximo que pueden existir entre dos puntos de una instalación eléctrica. Para evitar las sobretensiones se utilizan relés de protección contra sobretensiones.
  
- b. **Subtensiones:** tensión inferior a la tensión nominal de funcionamiento del circuito. Para evitar las subtensiones se instalan relés de protección contra subtensiones.

### 2.2.5. **Sistemas de Protección**

Definición de los sistemas de protección es necesario tener sistemas de protección a las diferentes instalaciones eléctricas, como son:

- 1. **Cortacircuitos fusible:** Son dispositivos destinados a cortar automáticamente el circuito eléctrico cuando la corriente eléctrica que los atraviesa es muy alta. El fusible es la parte de un circuito que se funde si pasa de una intensidad superior para la que se construyó. El fusible es solo la lámina o hilo conductor destinado a fundirse y, por lo tanto, a cortar el circuito, mientras que el cortacircuitos fusible comprende, además, la carcasa, los materiales de soportes, etc.
  
- 2. **Relé térmico:** Dispositivo de protección que tiene la capacidad de detectar las intensidades no admisibles. Por sí solo no puede eliminar la avería y necesita otro elemento que realice la desconexión de los receptores. Se suele utilizar una lámpara de señalización al cerrar el circuito para indicar que el relé térmico ha actuado debido a una sobre intensidad no admisible.

3. **Interruptor magneto térmico:** Dispositivo electromecánico con capacidad para cortar, por sí mismo, las sobre intensidades no admisibles y los cortocircuitos que se puedan producir.
- a. **Desconexión por cortocircuito:** actúa por principio de funcionamiento magnético. Una bobina magnética crea una fuerza que por medio de un sistema de palancas se encarga de abrir el contacto móvil (entrada de corriente). Si la corriente eléctrica que atraviesa el interruptor automático supera la intensidad nominal de distintas veces, su apertura tiene lugar a un tiempo inferior a 5 ms.
  - b. **Desconexión por sobrecarga:** en este caso actúa por principio de funcionamiento térmico. Un bimetálico se curva cuando es atravesado por una sobre intensidad no admisible y origina una fuerza que se transmite por medio de palancas y desconecta el contacto móvil. El tiempo de actuación lo determina la intensidad que lo atraviesa: a más intensidad menos tiempo tarda en actuar.
4. **Interruptor diferencial:** Dispositivo de protección que detecta y elimina los defectos de aislamiento. Este dispositivo tiene mucha importancia en las instalaciones eléctricas y necesita estar protegido de las sobre intensidades y cortocircuitos, colocando un interruptor magneto térmico antes del mismo.

Durante el funcionamiento de este dispositivo en situaciones de normalidad, la corriente que entra en un receptor tiene el mismo valor que el que sale de este. Sin embargo, en caso de que haya un

defecto de aislamiento, se producirá un desequilibrio entre la corriente de entrada y la de salida; la variación de corriente no será nula.

El interruptor diferencial actúa abriendo el circuito cuando detecta que esta variación de corriente no es nula. Interruptor o relé electromagnético. Protegen las instalaciones eléctricas sometidas a picos de corriente fuertes (por ejemplo, cuando se arrancan motores en aparatos de elevación), contra las sobrecargas importantes.

5. **Seccionadores:** Dispositivo mecánico de conexión y desconexión que permite cambiar las conexiones del circuito para aislar un elemento de la red eléctrica o una parte de la misma del resto de la red. Antes de poder utilizar el seccionador se debe cortar la corriente eléctrica del circuito.

### **2.3. SISTEMA DE BAJA TENSIÓN**

Para determinar y seleccionar los componentes de las instalaciones eléctricas, es necesario considerar los datos, características de la red, así como las clases de servicio para las cuales fueron previstos los componentes.

#### **2.3.1. Datos de la Red**

Los datos característicos más importantes de las redes eléctricas son:

1. Tensión Nominal
2. Frecuencia Nominal
3. Potencia de Cortocircuito en el punto de conexión

### **2.3.2. Esquemas de Distribución en Baja Tensión**

Principales esquemas de distribución de baja tensión, En una instalación típica de baja tensión los circuitos de distribución se originan en un cuadro general de baja tensión desde el que los conductores alimentan cargas a través de cuadros de distribución secundaria y/o cuadro terminal.

### **2.3.3. Niveles de Distribución de Baja tensión**

En las instalaciones medianas y grandes se utilizan por lo general tres niveles de distribución para suministrar alimentación de baja tensión a todas las cargas:

1. Distribución desde el cuadro general de baja tensión (CGBT) Panel Eléctrico.
  - a. En este nivel, la alimentación de uno o más transformadores de media/baja tensión conectados a la red de media tensión de la compañía eléctrica se distribuye a diferentes áreas de la instalación: talleres de una fábrica, zonas de producción homogéneas de instalaciones industriales, plantas de edificios de oficinas, etc.
  - b. Cargas centralizadas de gran potencia como compresores de aire y unidades de refrigeración por agua en procesos industriales o sistemas de aire acondicionado y ascensores de edificios de oficinas.
2. Distribución secundaria utilizada para distribuir la electricidad en cada zona.

3. Distribución terminal, utilizada para suministrar las diversas cargas. Todos los esquemas de distribución son combinaciones de dos topologías básicas:
  - a. Topología de estrella: distribución radial (o centralizada).
  - b. Topología de bus: distribución mediante canalizaciones eléctricas (también se denominan sistemas de canalización eléctrica).

#### **2.3.4. Selección de Esquemas de Distribución en Baja Tensión**

El esquema de distribución de baja tensión se selecciona de acuerdo con una serie de criterios que incluyen:

1. Requisitos de disponibilidad de energía.
2. Tamaño de la instalación (superficie y alimentación total que debe distribuirse).
3. Disposición de las cargas (equipos y densidad de la alimentación).
4. Requisitos de flexibilidad de la instalación.
5. Requisitos de disponibilidad de energía.

La creación de circuitos independientes para diferentes partes de una instalación permite:

1. Limitar las consecuencias de un defecto en el circuito en cuestión.
2. Simplificar la localización de defectos.
3. Llevar a cabo trabajo de mantenimiento o extensiones de los circuitos sin interrumpir el suministro de alimentación a toda la instalación.

Por lo general se necesitan los siguientes grupos de circuitos:

1. Circuitos de iluminación (en los que se produce la mayoría de los defectos de aislamiento).
2. Circuitos de tomas de corriente.
3. Circuitos de calefacción, ventilación y aire acondicionado.
4. Circuitos para la fuerza motriz.
5. Circuitos de suministro eléctrico para servicios auxiliares (indicación y control).
6. Circuitos para sistemas de seguridad (iluminación de emergencia, sistemas de protección contra incendios y circuitos de fuentes de alimentación sin interrupción (UPS) para sistemas informáticos, etc.), cuya instalación está sujeta normalmente a normativas y códigos profesionales estrictos.

### **2.3.5. Tamaño de la Instalación**

Los emplazamientos pequeños se suministran directamente desde la red de baja tensión de la instalación, y el tamaño y los requisitos de alimentación de la instalación eléctrica no justifican el uso de un sistema de distribución de 3 niveles (véase la Figura 2.4). La distribución eléctrica en instalaciones pequeñas (tiendas, hogares, oficinas pequeñas, etc.) a menudo sólo implica uno o dos niveles.

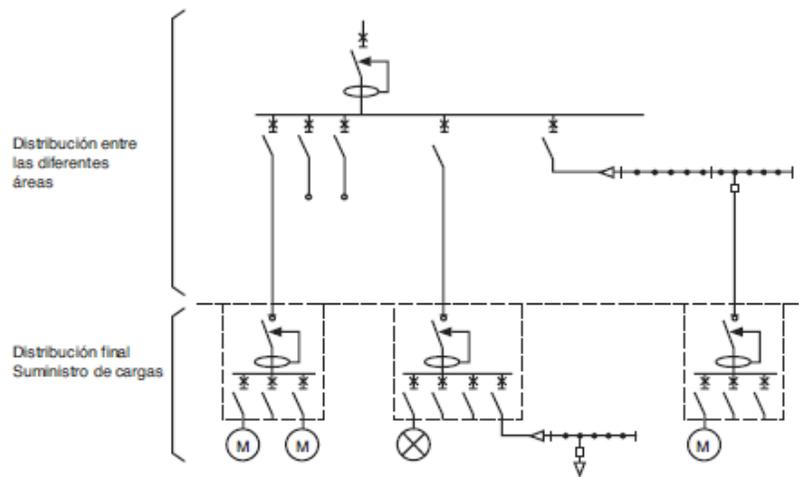


Fig. 2.4. Instalaciones Pequeñas.  
Fuente: NATSIM

Los emplazamientos medianos (p. ej., fábricas y edificios de oficinas) se conectan por lo general a la red de MT de la compañía (véase la Figura 2.5). Uno o más transformadores y sus CGBT o Paneles Eléctricos suministran electricidad a toda la instalación.

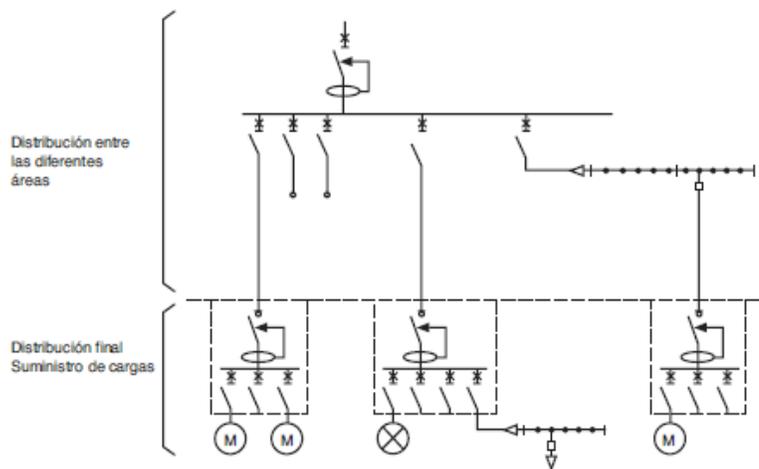


Fig. 2.5. Instalaciones Medianas.  
Fuente: NATSIM

Los grandes emplazamientos industriales o infraestructuras (p. ej., aeropuertos) se conectan por lo general a la red MT de la compañía. Un

esquema de distribución MT suministra alimentación a los centros de transformación de MT/BT ubicados en puntos diferentes de la instalación, como se muestra en la Figura 2.6.

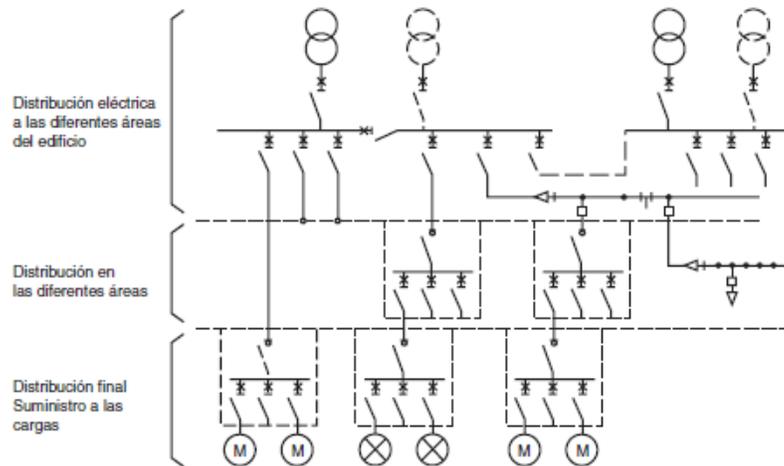


Fig. 2.6. Instalaciones Grandes.  
Fuente: NATSIM

### 2.3.6. Requisitos de flexibilidad de la Instalación

La flexibilidad de la instalación es un requisito cada vez más importante, especialmente en instalaciones comerciales e industriales. Esta necesidad afecta principalmente a las cargas distribuidas y está presente en cada nivel de distribución.

### 2.3.7. Esquemas de Distribución

#### 2.3.7.1. Distribución Radial Arborescente

Este esquema de distribución es el más utilizado y por lo general sigue disposiciones similares a las mostradas a continuación (véase la Figura 2.7):

1. Ventajas:

- a. En caso de producirse un defecto sólo se desactiva un circuito. Los defectos se localizan con facilidad.
- b. El mantenimiento o las extensiones de los circuitos se pueden llevar a cabo mientras el resto de la instalación sigue prestando servicio. Los tamaños de los conductores se pueden reducir para adaptarlos a los menores niveles de corriente hacia los circuitos secundarios finales.

2. Inconvenientes:

- a. Un defecto que ocurra en uno de los conductores procedentes del cuadro de distribución general de BT cortará el suministro a todos los circuitos de los cuadros de distribución secundaria y de distribución terminal relacionados situados aguas abajo.

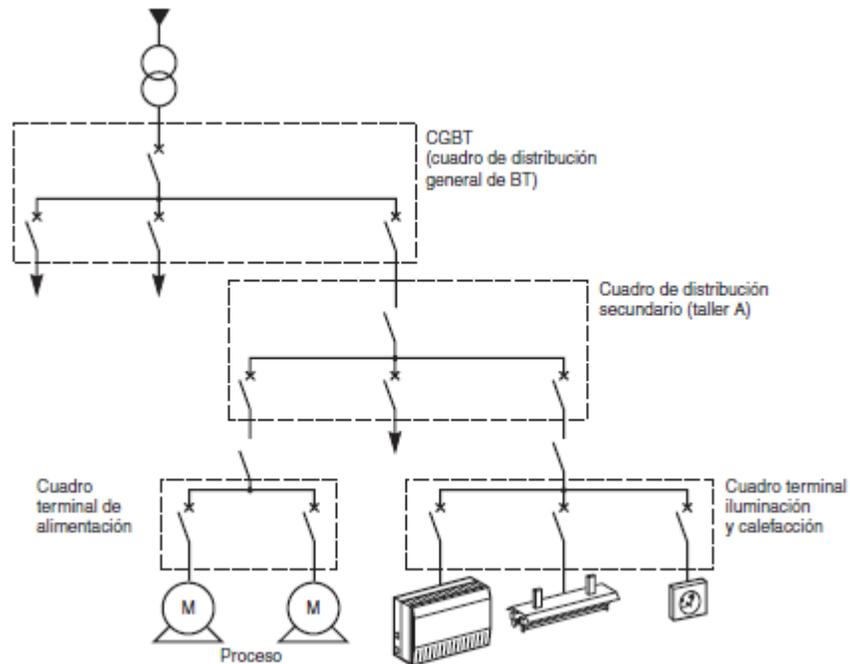


Fig. 2.7. Esquema Radial Arborescente  
Fuente: NATSIM

### 2.3.7.2. Distribución Radial Pura.

Este esquema (véase la Figura 2.8) se utiliza para fines de control centralizado, gestión, mantenimiento y supervisión de una instalación o un proceso dedicado a una aplicación concreta:

1. Ventajas:
  - a. Si se produce un defecto (excepto a nivel de barra), sólo se interrumpirá un circuito.
2. Inconvenientes:
  - a. Exceso de cobre debido al número y la longitud de los circuitos.
  - b. Elevadas prestaciones mecánicas y eléctricas de los dispositivos de protección (proximidad de la fuente, que depende de la corriente de cortocircuito en el punto considerado).

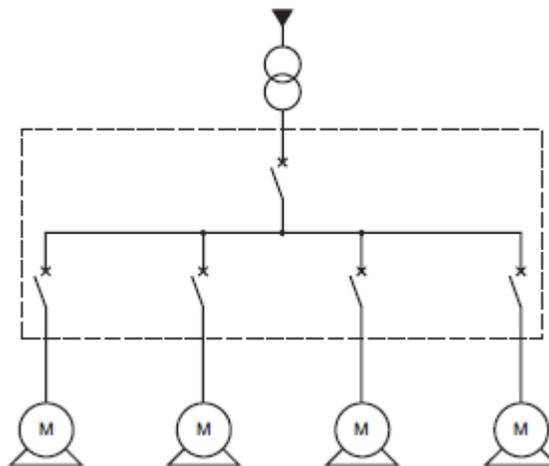


Fig. 2.8. Esquema Radial Pura.  
Fuente: NATSIM

### 2.3.7.3. Distribución Mixta

Se pueden utilizar unas canalizaciones eléctricas de gran potencia conectadas al Panel para suministrar a los alimentadores en otros lugares de la instalación. Estos alimentadores suministran a los cuadros de distribución secundaria y/o a las canalizaciones eléctricas de distribución secundaria. Para requisitos de gran potencia, los transformadores y CGBT o Paneles también pueden estar repartidos por la instalación. En este caso se pueden utilizar canalizaciones eléctricas para interconectar los diferentes Paneles. (Véase la Figura 2.9).

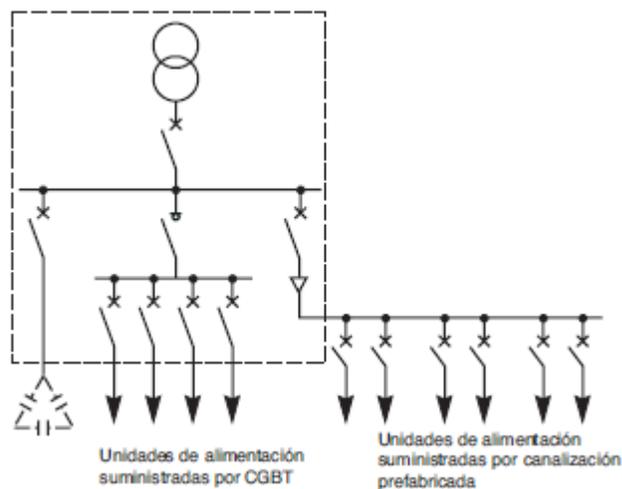


Fig. 2.9. Esquema Distribución Mixta  
Fuente: NATSIM

### **2.3.8. Diseño Eléctrico en Baja Tensión**

#### **2.3.8.1. Diseño Eléctrico en Baja Tensión de una Vivienda.**

En el diseño eléctrico de una vivienda para su aprobación se debe fundamentar en los siguientes componentes:

1. Memoria Técnica.
2. Detalle de Medición.
3. Planillaje.
4. Diagrama Unifilar.
5. Diseño de Planta con simbología
6. Tablero de medición en baja tensión para varios medidores.

No analizaremos en detalle, estos componentes, por no ser caso de este estudio.

#### **2.3.8.2. Diseño Eléctrico en Baja Tensión de un Edificio.**

En el diseño eléctrico de un Edificio para su aprobación se debe fundamentar en los siguientes componentes:

1. Memoria Técnica.
2. Tablero de Medición.
3. Transformadores en cámaras de transformación.
4. Transformadores.
5. Diagrama unifilar e Implantación del Servicio Eléctrico del Edificio.
6. Determinación de las capacidades de Transformadores.
7. Cálculo de Carga del Edificio.

#### **2.3.8.3. Memoria Técnica.**

En la memoria técnica del proyecto tendremos: descripción del proyecto, suministro de energía, acometida en baja tensión, alimentadores, paneles de disyuntores, tuberías y accesorios, piezas de conexión, y conductores.

#### **2.3.8.4. Descripción del Proyecto.**

Tendremos los cálculos y diseño de las instalaciones necesarias para proveer energía eléctrica al proyecto.

#### **2.3.8.5. Suministro de Energía.**

El proyecto se proveerá de energía desde las redes de distribución de la Empresa Eléctrica.

#### **2.3.8.6. Acometida en Baja en Tensión.**

Es el conjunto de conductores y equipos utilizados para suministrar la energía eléctrica, desde el sistema de distribución baja tensión con un voltaje hasta 600 V del Distribuidor hasta las instalaciones del Consumidor.

#### **2.3.8.7. Alimentadores.**

Se debe considerar, para el cálculo de alimentadores a los paneles el límite de caída de tensión establecido, el mismo que es el del 3 %.

En las instalaciones la sub acometida respectiva con tubería de PVC, y conductores de aislamiento TW, del diámetro y calibres correspondientes de acuerdo al cálculo de carga.

#### **2.3.8.8. Panel Principal de Disyuntores de Distribución.**

Es el que se conecta a la acometida principal y contiene el disyuntor principal y de él se derivan los disyuntores de los circuitos secundarios.

#### **2.3.8.9. Paneles de Distribución Auxiliar.**

Son alimentados directamente por el panel principal. Son auxiliares en la protección y operación de sub alimentadores.

#### **2.3.8.10. Centros de Carga.**

Se les denomina centros de carga a los paneles metálicos en los cuales se concentra la energía con la que se abastecerá cierta instalación o cierto sector de la misma, y de ahí se ramifican los circuitos hacia los aparatos y equipos que se energizarán.

Los centros de carga constan de barras concentradoras y acoplamientos para colocar los disyuntores termos magnéticos, con los que se protegerán los circuitos derivados.

Las barras concentradoras tienen las dimensiones necesarias para resistir las corrientes nominales para las que fueron diseñadas, así como las corrientes de cortocircuito sin sufrir daños que vean mermadas sus condiciones de operación.

Los centros de carga serán del tipo monofásico de 3 hilos, para disyuntores enchufables, y reunirán las características del planillaje. Los paneles tendrán tapa frontal, cuya remoción dará acceso a los disyuntores y conexiones internas.

Estos paneles irán ubicados de acuerdo a los planos y estarán empotrados en la pared. Los disyuntores termo magnéticos enchufables serán necesariamente de la misma marca. (Véase la Figura 2.10, 2.11, 2.12).

Las entradas y salidas de los paneles de distribución, serán realizadas con tuberías PVC con los conectores apropiados.

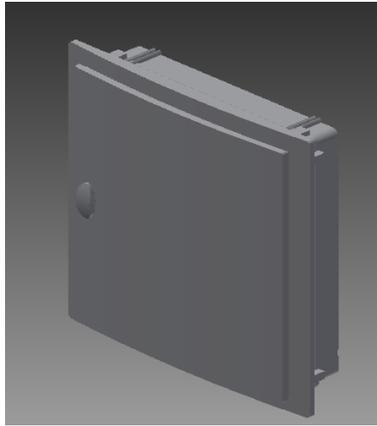


Fig. 2.10. Centro de Carga.  
Fuente: Autor



Fig. 2.11. Centro de Carga con Disyuntores.  
Fuente: Internet

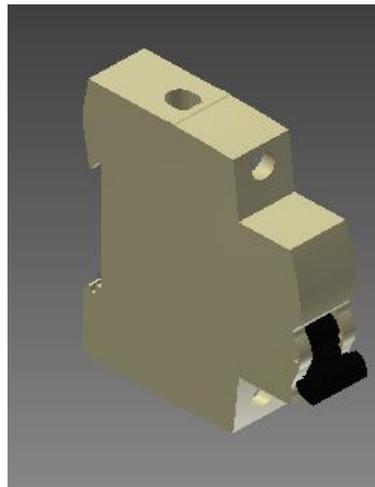


Fig. 2.12. Disyuntor Termo magnético.  
Fuente: Autor

### **2.3.8.11. Tubería y Accesorios.**

La tubería a utilizarse que se utilizará deberá ser de tipo PVC con excepción de la acometida que deberá ser del tipo rígida metálica toda la instalación deberá ser empotrada en contrapisos y paredes.

El diámetro mínimo de tubería a instalarse será de  $\frac{1}{2}$  ", de diámetro. El acople de las tuberías a las cajas de distribución debe ser hecho con los accesorios adecuados.

Toda la tubería se instalará como un sistema completo antes de pasar el conductor en su interior. Además se deberá limpiar la tubería de manera apropiada para evitar humedad o materiales que obstaculicen el paso de los conductores.

Las cajas de salida, derivaciones o empalmes, serán metálicas y galvanizadas. Todas las cajas deben ser tapadas y solo se poncharán las aberturas a ser usadas. Las tapas deberán ser accesibles una vez terminada la instalación.

### **2.3.8.12. Piezas de conexión.**

Entre las piezas de conexión tenemos interruptores y tomacorrientes.

Los interruptores serán del tipo para empotrar en caja metálica, de 10 amperios, 250 Voltios. La altura del montaje será de 1,20 metros sobre el piso terminado. (Véase la Figura 2.13).



Fig. 2.13. Interruptor Eléctrico.

Fuente: Internet

Los Tomacorrientes de 120 Voltios serán del tipo para empotrar en caja metálica, de 15 amperios, 250 Voltios. La altura del montaje será de 0,30 metros sobre el piso terminado. (Véase la Figura 2.14).



Fig. 2.14. Tomacorriente.

Fuente: Internet

### **2.3.8.13. Conductores.**

Los conductores a utilizarse deberán a regirse por lo que indique los planos de diseño y además por las siguientes indicaciones:

1. Todos los conductores serán de cobre con aislamiento TW.
2. Los conductores serán de un solo hilo, a excepción de las sub acometidas y acometidas del tipo cableado.

### **2.3.9. Tableros de Medición.**

Los métodos más comunes de medición utilizados por el Distribuidor, con el propósito de registrar la energía suministrada al Consumidor.

#### **2.3.9.1. Medición en Baja Tensión.**

La medición en baja tensión se aplicará para demandas de hasta 300 kilovatios.

1. Cargas con Protección hasta 70 amperios, cuando la carga de un Consumidor requiera de la protección de un disyuntor hasta 70 amperios, la medición se hará por medio de un medidor auto-contenido clase 100, tipo socket.
2. Cargas con Protección hasta 175 amperios, cuando la carga de un Consumidor requiera la protección de un disyuntor de ampacidad mayor de 70 amperios y hasta 175 amperios, la medición se hará por medio de un medidor auto-contenido clase 200, tipo socket.
3. Cargas con Protección hasta 1000 amperios, cuando la carga de un Consumidor requiera de la protección de un disyuntor de ampacidad mayor de 175 amperios y hasta 1,000 amperios, la medición se hará utilizando medidores clase 20, tipo socket con transformadores de corriente.

La medición en baja tensión se efectuará en forma directa utilizando medidores autocontenidos tipo socket y en forma indirecta utilizando transformadores de medición.

### **2.3.9.2. Medidores, bases (Sockets), ubicación y conexión.**

Los medidores tipo socket serán instalados en una base que será suministrada e instalada por el Consumidor dentro del módulo correspondiente, junto con su disyuntor de protección.

La base (socket) deberá contar reglamentariamente con un dispositivo que permita la colocación de sellos de seguridad numerados, que instalará el Distribuidor para prevenir el acceso al equipo de medición por personas no autorizadas.

Los diferentes tipos de bases socket que utiliza la Empresa son los siguientes:

1. Base (socket) monofásica de 100 amperios para 120/240 voltios, 4 terminales.
2. Base (socket) monofásica de 100 amperios, 120/208 voltios, 5 terminales.
3. Base (socket) monofásica de 200 amperios para 120/240 voltios, 4 terminales.
4. Base (socket) monofásica de 200 amperios para 120/208 voltios, 5 terminales.
5. Base (socket) monofásica de 20 amperios para medición con transformadores de corriente, 5 terminales.
6. Base (socket) monofásica de 20 amperios para medición con transformadores de corriente, 6 terminales.
7. Base (socket) trifásica de 100 amperios, 7 terminales.

8. Base (socket) trifásica de 200 amperios, 7 terminales.
9. Base (socket) trifásica de 20 amperios para medición con transformadores de corriente, 13 terminales

La ubicación de la base (socket) para el medidor, contenida dentro del módulo de medición, se instalará vertical y horizontalmente nivelada, con el propósito de que el medidor registre con precisión.

No se permitirá la instalación de la base (socket) en ambientes de elevada humedad, temperatura o vibraciones, tales como: cuartos de bombas, cuartos para calderos o cuartos para generadores, que puedan afectar el mecanismo u operación del medidor.

La conexión de la Base (Socket), no más de un conductor debe ser conectado a cada uno de los terminales eléctricos de las bases (sockets), no debiéndose utilizar dichos terminales para efectuar conexiones a otros circuitos.

Las bases (sockets) para servicio 1F 120/208V deberán disponer de un quinto terminal ubicado horizontalmente en el lado izquierdo, el mismo que deberá ser conectado al sistema de neutro puesta a tierra.

En las bases (sockets) para servicio 1F-3F; 120/240V la línea de fuerza de la acometida deberá conectarse en el terminal derecho de la base (socket).

### **2.3.9.3. Suministro del Equipo de Medición.**

Los equipos de medición en baja y media tensión serán suministrados e instalados por el Distribuidor y serán de su propiedad, además será responsable por el mantenimiento de los mismos.

El equipo de medición en alta tensión y en media tensión en cabina, por las particulares características de sus instrumentos y accesorios, será suministrado por el Consumidor, cuando el Distribuidor así lo requiera. Las especificaciones y características técnicas del equipo, así como sus accesorios serán determinadas por el Distribuidor y aceptadas previas pruebas técnicas.

Los transformadores de instrumentos para la medición no serán utilizados para ningún otro fin.

### **2.3.9.4. Tipos de Medidores.**

Los diferentes tipos de medidores que utiliza el Distribuidor son los siguientes:

1. Medidores electromecánicos y electrónicos sólo con registro de energía activa:
2. Medidor socket monofásico, auto-contenido, 2 hilos CL-100, forma 1S, "SO"
3. Medidor socket monofásico auto-contenido, 3 hilos CL-100, forma 2S, "SI"
4. Medidor socket monofásico, auto-contenido, 3 hilos CL-200, forma 2S, "SL"
5. Medidor socket monofásico network, auto-contenido, 3 hilos, Y, CL-100, forma 12S, "SIY"

6. Medidor socket monofásico network, auto-contenido, 3 hilos, Y, CL-200, forma 12S “SLY”

Medidores electrónicos con registros de energía activa, reactiva, demanda y Tiempo de Uso (TOU):

1. Medidor socket monofásico, auto-contenido, 3 hilos CL-200, forma 2S, “EL”
2. Medidor socket monofásico network, auto-contenido, 3 hilos, Y, CL-200, forma 12S, “ELY”,
3. Medidor socket monofásico, para uso con transformadores de medida, 2 hilos CL-20, forma 3S, “EB5”
4. Medidor socket monofásico, para uso con transformadores de medida, 3 hilos CL-20, forma 4S, “EB6”
5. Medidor socket polifásico, auto-contenido, 4 hilos, Y o D, CL-200, poli voltaje, forma 16S, “EZLV ”
6. Medidor socket polifásico, para uso con transformadores de medida, 4 hilos, Y o D, CL-20, poli voltaje, forma 9S, “EZAV”.

Nota: La Distribuidora utilizará de acuerdo a sus programas de modernización, cualquiera de los medidores electrónicos anteriormente descritos, equipados con tarjeta de comunicación de Radio Frecuencia (RF) o con cualquier otro equipo de transmisión de datos.

#### **2.3.9.5. Medidor Controlador, Criterios de Instalación, Características.**

El medidor Controlador es aquel que realiza la medición integral de la potencia y la energía entregada por el Distribuidor a una Urbanización, a un edificio, o a un conjunto de edificios ubicados en un predio y en el que existan

múltiples usuarios del servicio eléctrico, asociados a su vez con otros medidores individuales.

El Medidor Controlador deberá ser electrónico con registro de demanda, monofásico o trifásico, para usarse con transformadores de medición.

Cuando la diferencia entre el valor de los kWh registrados en el Medidor Controlador y la sumatoria de los kWh registrados por los múltiples medidores instalados, no corresponda con el valor establecido previamente para las pérdidas de energía del (o los) transformador(es), el Distribuidor procederá de manera inmediata a la revisión de la situación presentada.

Criterios de Instalación; se instalarán Medidores Controladores en todos aquellos predios en los cuales se cumplan las siguientes condiciones:

1. Si el número de medidores requeridos en un tablero o en varios de éstos sea mayor a 10,
2. Si la capacidad de transformación de la subestación sea mayor o igual a 50 kVA.

#### **2.3.9.6. Normas de Ubicación del Medidor Controlador.**

La Ubicación de los Medidores Controladores se instalarán en el lado primario o secundario de la subestación eléctrica que da servicio al predio, en un lugar de fácil y libre acceso para el personal del Distribuidor y a una altura entre 1.80 [m] y 2.00 [m] con respecto al piso terminado.

En caso de existir un conjunto de edificios con múltiples usuarios, además del Controlador, la Empresa exigirá la instalación de Subcontroladores en cada uno de los edificios.

Según la ubicación del Medidor Controlador, éste podrá registrar o no la energía auto consumida por la subestación (pérdidas de transformación).

Medidor Controlador en Baja Tensión (Hasta 600 voltios), el Medidor Controlador será instalado en el lado de baja tensión de la subestación cuando la capacidad de transformación sea de hasta 300 kVA.

El Medidor será instalado en el lado exterior del cuarto de transformación dentro de un módulo metálico individual de: 70x40x25 [cm].

Cuando el Controlador sea en baja tensión, el Consumidor deberá suministrar e instalar los siguientes elementos:

1. La canalización para los conductores de señal.
2. El módulo individual para el medidor con la base (socket) incluida.
3. El módulo de seguridad para transformadores de medición, el cual será suministrado por el Distribuidor.

#### **2.3.10. Transformadores en cámaras de transformación.**

Si la demanda total de cualquier inmueble excede a 30 kW el proyectista, constructor o propietario habilitará un cuarto destinado a alojar exclusivamente un transformador o banco de transformadores particulares. También será responsable de proveer sus respectivos equipos de protección y accesorios.

Por razones de seguridad, los cuartos de transformadores son de acceso restringido a personal calificado y no podrán ser utilizados para ningún otro fin que el de albergar a los transformadores. En caso de que se requiera como protección una celda de media tensión, ésta podrá ser ubicada en un ambiente

adyacente, pero separado por una pared de mampostería, del cuarto de transformadores.

Cuando sea necesario realizar trabajos de mantenimiento dentro del cuarto de transformadores, en el que se encuentren instalados equipos de medición y/o distribución de esta Empresa, el Ingeniero Eléctrico a cargo de dichos trabajos, deberá solicitar con al menos 48 horas de anticipación y por escrito al Departamento de Operación del Sistema la autorización correspondiente.

En aquellas urbanizaciones cuyas redes de distribución hayan sido diseñadas para dar servicio en media tensión a inmuebles a construirse, El Distribuidor exigirá el suministro del transformador por parte del Consumidor, aun cuando su demanda sea menor a 30 kW.

#### **2.3.10.1. Ubicación del Cuarto de Transformación.**

El cuarto de transformadores estará ubicado a nivel de la planta baja del inmueble, en un sitio con fácil y libre acceso desde la vía pública, de manera que permita al personal del Distribuidor realizar inspecciones o reparaciones de emergencia a los transformadores.

Por razones técnicas el cuarto de transformadores no pueda ubicarse a nivel de planta baja, éste podrá ser adecuado en el nivel inmediato superior y cumplirá con las disposiciones del párrafo anterior, en lo referente a su acceso.

En los edificios donde se requiera la habilitación de más de un cuarto de transformadores, éstos deberán ubicarse de la siguiente manera: el cuarto eléctrico que aloja la protección principal del inmueble en la planta baja y los cuartos restantes de acuerdo a las necesidades eléctricas de la obra, previendo que todos tengan fácil y libre acceso a través de corredores, parqueos y sirvan

sólo para alojar a los transformadores de distribución, su equipo de protección y conductores de salida. En caso de que el cuarto de transformadores esté ubicado en áreas donde haya movimiento vehicular se deberá instalar una barrera de protección, cuyos detalles deberán ser aprobados por el Distribuidor.

Por razones de seguridad, no se permitirá la ubicación total, ni parcial, de cuartos eléctricos o cuartos de transformadores sobre losas de cisternas, ni junto a depósitos de combustibles.

#### **2.3.10.2. Normas Constructivas del cuarto de transformación.**

El cuarto de transformadores será construido con paredes de hormigón o de mampostería y columnas de hormigón armado. Los cuartos, por razones de seguridad, deberán tener una losa superior de hormigón, ubicada a una altura libre mínima de 2.5 m. diseñada para soportar una carga máxima de acuerdo a su utilización.

Para evitar la corrosión de la base de los transformadores, se deberá construir sobre el piso una base de hormigón de por lo menos 10cm. de espesor, diseñada para soportar los transformadores.

El cuarto deberá tener ventilación adecuada para mantener en su interior una temperatura que no exceda de 40° C, disipando el calor del transformador a plena carga, sin ocasionar la disminución de la capacidad nominal del mismo.

Las aberturas de ventilación deberán situarse en las paredes laterales, cerca del techo y estarán cubiertas de rejas permanentes, bloques ornamentales, o persianas resistentes colocadas de forma que sea imposible introducir objetos que alcancen o caigan sobre los transformadores. El área mínima, sumadas

todas las aberturas de ventilación, será de 3 pulgadas cuadradas por cada kVA del transformador instalado.

La puerta de entrada tendrá dimensiones mínimas de 2.00 metros de alto por 1.00 metro de ancho, construida en plancha metálica de 1/16" de espesor, con abatimiento hacia el exterior y con una resistencia al fuego de mínimo 3 horas, de acuerdo a lo que señala el numeral 450.43 del NEC (Código Eléctrico Nacional). Dicha puerta deberá contar con un dispositivo adecuado para la instalación de un sello de seguridad por parte del Distribuidor.

Dentro del cuarto de transformadores y junto a su puerta de acceso se instalará un punto de luz (aplique) y un tomacorriente de 120 voltios, los cuales serán alimentados desde el panel de servicios generales.

El área mínima, rectangular y libre de los cuartos de transformadores, será de acuerdo a la siguientes tablas 2.3, 2.4:

<b>N°</b>	<b>Dimensiones Del cuarto</b>	<b>Capacidad Transformadores Monofásicos</b>
1	2.0 x 2.0m	Hasta 75 kVA (1 sólo transformador monofásico)
2	2.0 x 2.5 m	Hasta 100 kVA (1 sólo transformador monofásico)
3	3.0 x 2.5 m	Hasta 150 kVA (Banco de 3 transformadores)
4	4.0 x 3.0 m	Hasta 300 kVA (Banco de 3 transformadores)
5	5.0 x 3.5 m	Hasta 750 kVA (Banco de 3 transformadores)
6	6.0 x 3.5 m	Hasta 1,000 kVA (Banco de 3 transformadores)

Tabla 2.3. Dimensiones del Cuarto de Transformación Monofásico.  
Fuente: NEC

N°	Dimensiones Del cuarto	Capacidad Transformadores Trifásicos
1	2.5 x 2.5m	Hasta 100 kVA (1 sólo transformador Trifásico)
2	3.0 x 2.5m	Hasta 150 kVA (1 sólo transformador Trifásico)
3	3.0 x 3.0m	Hasta 300 kVA (1 sólo transformador Trifásico)
4	3.5 x 3.5m	Hasta 750 kVA (1 sólo transformador Trifásico)
5	4.0 x 4.0m	Hasta 1,000 kVA (1 sólo transformador Trifásico)

Tabla 2.4. Dimensiones del Cuarto de Transformación Trifásico.  
Fuente: NEC

Si el banco de transformadores tiene una capacidad mayor a 1,000 kVA y el Distribuidor decida suministrar servicio en media tensión, las dimensiones del cuarto serán previamente definidas por éste.

La canalización que ingresa a un cuarto de transformadores se construirá empleando ductos y codos de tubería metálica rígida, aprobada para uso eléctrico con un diámetro mínimo de 3" para sistemas monofásicos, y de 4" para sistemas trifásicos.

El número de ductos dependerá de la infraestructura eléctrica del edificio y de la necesidad del Distribuidor para la creación de centros de carga en el sector.

### **2.3.10.3. Mantenimiento del Cuarto de Transformación.**

Una vez suministrado el servicio definitivo, los cuartos de transformadores serán sellados por el Distribuidor en la puerta de ingreso a dicho cuarto.

Cuando sea necesario realizar trabajos particulares de mantenimiento dentro de estos cuartos, con 48 horas de anticipación como mínimo, se deberá

obtener la autorización del Distribuidor en el Departamento de Operación del Sistema. Concluidos los trabajos, el cliente informará al Distribuidor, para proceder a la reposición inmediata de los sellos de seguridad.

### **2.3.11. Transformadores.**

El Distribuidor suministrará e instalará sus transformadores en su sistema de distribución, para Consumidores con una demanda de hasta 30 kW, siempre que no se encuentren ubicados en urbanizaciones o lotizaciones donde existan situaciones especiales como las mencionadas. Si la demanda excede de 30 kW, el Consumidor suministrará e instalará sus propios transformadores dentro de un cuarto habilitado para el efecto, cuya capacidad, voltajes de primario, secundario y tipo de conexión se especificará en el diagrama unifilar del proyecto eléctrico que se presentará al Distribuidor para su aprobación.

Si se prevé la instalación de un sólo transformador monofásico, éste será máximo de 100 kVA y podrá ser del tipo convencional o auto protegido; pero si se considera la instalación de un banco de transformadores, cada unidad monofásica que lo conforma será del tipo convencional y apropiado para ser utilizado en un sistema eléctrico de 13,800Y/7,977 voltios en el lado primario y 120/240 voltios en el lado secundario, con derivaciones de 2.5 % arriba y abajo de su voltaje nominal.

En los casos cuando la conexión del banco de transformadores sea estrella aterrizada en el lado del secundario, la capacidad de los 3 transformadores será obligatoriamente la misma.

Cuando se considere el uso de transformadores tipo Padmounted, deberá ubicárselo en un espacio comprendido entre la línea del cerramiento frontal y la línea de construcción del inmueble, con una separación mínima para operación

de 1.5 m. desde la parte frontal del transformador y a 0.5m desde las partes lateral y posterior del transformador, respecto a las paredes más cercanas. En caso de que se instale el transformador en un área donde haya movimiento vehicular, se deberá colocar una barrera de protección, cuyos detalles deberán ser aprobados por el Distribuidor. Cuando no exista cerramiento frontal el transformador será instalado a una distancia mínima de 0.50m de la línea de fábrica. Los tableros de medidores, módulo con disyuntor principal, tableros de distribución, deberán instalarse a una separación mínima de 1.00 m respecto a las partes lateral y posterior del padmounted, a fin de contar con un área de trabajo adecuada frente a estos equipos.

El transformador Padmounted se montará sobre una base de hormigón mínima de 15 cm. respecto al nivel del piso terminado; debajo del compartimiento de primario y secundario se construirá una caja de paso de hormigón, con una abertura que se ajuste a las dimensiones del mismo y de 80cm. de profundidad. En dicho compartimiento se acoplarán las tuberías de entrada de primario y de salida del secundario. Estas tuberías serán del tipo metálico rígido para uso eléctrico.

Los transformadores Padmounted monofásicos tendrán un voltaje en el lado primario apropiados para ser utilizado en un sistema eléctrico de 13,800Y/7,977 voltios y en el lado secundario 120/240 voltios con derivaciones de 2.5 % arriba y abajo de su voltaje nominal.

En los casos cuando se requiera instalar un transformador particular Padmounted para funcionar en un sistema de distribución eléctrico subterráneo tipo malla o anillo, el mismo deberá contar con dispositivos de seccionamiento en la entrada y salida del primario. Además dispondrá de una protección interior en el lado del primario con fusible tipo bay-o-net. En el interior del lado

secundario del transformador no se requiere protección tipo breaker debido a que se instalará el disyuntor principal en el tablero de medidores o en un módulo metálico cercano.

Cuando se trate de un servicio individual o de un controlador de edificio, el módulo para medición indirecta, se instalará en el lado exterior del cerramiento, en tanto que el módulo para el disyuntor general se instalará cerca del transformador, esto es, en el cerramiento lateral del inmueble o en el lado interior del cerramiento frontal. Los transformadores de corrientes TC serán ubicados en el interior del transformador padmounted fijados a los conductores de baja tensión mediante un sistema de pletinas y pernos de rosca corrida.

#### **2.3.11.1. Normativa de Transformadores.**

Todos los transformadores monofásicos a instalarse cumplirán con la **Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2114:2004** y los transformadores trifásicos con la **Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2115:2004**.

Cuando la demanda sea mayor a 1.000 kW y el Distribuidor suministre el servicio a un nivel de tensión de 69 kV, el Consumidor instalará la subestación de reducción a esta tensión, cuyas características técnicas, detalles constructivos y de montaje serán puestos a consideración del Distribuidor para su análisis respectivo.

#### **2.3.12. Diagrama Unifilar e Implantación del Servicio Eléctrico del Edificio.**

El diagrama unifilar es una representación gráfica de la instalación eléctrica de ella. El esquema unifilar se distingue el conjunto de conductores y tubería de la acometida principal y secundaria de un circuito se representa mediante una única línea, independientemente de la cantidad de dichos conductores.

## 2.4. GENERADOR DE EMERGENCIA

### 2.4.1. Generalidades

El diseño de la Instalación de un Generador requiere considerar el equipo y los requerimientos de la Instalación. Estos varían dependiendo de las razones para tener un generador y la intención de su uso. Revisar y entender estas razones es un punto apropiado para el diseño del sistema y la selección de equipo. Véase figura 2.15 y figura 2.16



Fig. 2.15. Generador Eléctrico.  
Fuente: Internet

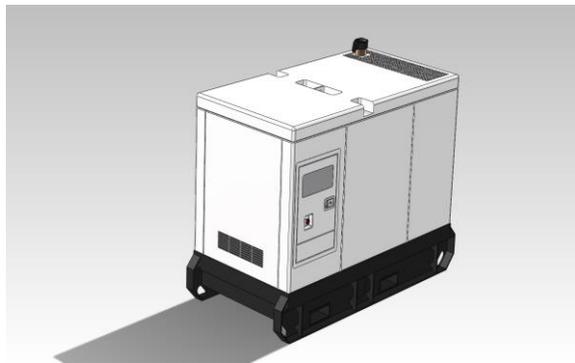


Fig. 2.16. Generador con Cabina.  
Fuente: Internet

### 2.4.2. Requerimientos de Energía.

Las instalaciones voluntarias de energía de emergencia por razones económicas se justifican típicamente en una reducción del riesgo de perder servicios, datos, u otros activos valiosos.

### 2.4.3. Arreglos Específicos.

Un amplio rango de requerimientos específicos resultará en la necesidad de sistemas de generación en sitio. Algunas necesidades comunes se mencionan a continuación:

#### **2.4.3.1. Iluminación.**

Iluminación de salida para evacuaciones, letreros, de salida iluminados, iluminación de seguridad, luces de advertencia, iluminación de seguridad, luces de advertencia, iluminación de salas de operaciones, iluminación en elevadores, iluminación en el cuarto de generador, etc.

#### **2.4.3.2. Potencia de Control.**

Energía para el control de calderas, compresores de aire y otro equipo de función crítica.

#### **2.4.3.3. Transporte.**

Elevadores para el uso del departamento de bomberos.

#### **2.4.3.4. Sistemas Mecánicos.**

Control de humo y ventiladores de presurización, tratamiento de aguas de desecho, etc.

#### **2.4.3.5. Calentamiento.**

Calor crítico para los procesos.

#### **2.4.3.6. Refrigeración.**

Bancos de sangre, almacenamiento de alimentos, etc

#### **2.4.3.7. Producción.**

Energía crítica de procesos para laboratorios, procesos de producción farmacéutica.

#### **2.4.3.8. Acondicionamiento de Espacios.**

Enfriamiento de equipos para cuartos de computo, enfriamiento y calentamiento para personas vulnerables, ventilación de contaminantes biológicos, etc.

#### **2.4.3.9. Protección contra incendio.**

Bombas contra incendio, alarmas, anunciación.

#### **2.4.3.10. Procesamiento de Datos.**

Sistemas de UPS y de enfriamiento para prevenir la pérdida de datos, pérdida de memoria, corrupción de programas.

#### **2.4.3.11. Soporte de Vida.**

Hospitales, asilos y otras instalaciones del cuidado de la salud.

#### **2.4.3.12. Sistemas de Comunicación.**

Servicio 911, estaciones de policía y de bomberos, sistemas de información pública en rascacielos, etc.

#### **2.4.3.13. Sistemas de Señales.**

Control de tráfico aéreo ferroviario y marítimo.

#### **2.4.4. Consideraciones de Ubicación del Generador.**

Unas de las primeras decisiones de diseño será determinar si la ubicación de los generadores será dentro de un edificio o afuera en cuarto propio. El costo total y la facilidad de la instalación del sistema de energía dependen de la

disposición y ubicación física de todos los elementos del sistema generador, tanques de combustible, ductos de ventilación y salidas, accesorio, etc.

Para ubicaciones internas y externas, se deben considera los siguientes puntos:

1. Montaje del Generador
2. Ubicación del tablero de distribución e interruptores de transferencia.
3. Circuitos ramales para calentadores de refrigerante, cargador de batería, etc.
4. Seguridad en inundaciones, incendio, heladas y vandalismo.
5. Contención de derrames accidentales de combustible o refrigerante.
6. Posible daño simultáneo a servicios normales de emergencia.
7. Acceso de servicio para mantenimiento general e inspecciones.
8. Acceso y espacio de trabajo para trabajos mayores como reconstrucciones o cambios de componentes.
9. Acceso para pruebas con bancos de carga cuando se requiera para mantenimiento, ejercicio o certificación.

#### **2.4.5. Requisitos básicos para los cuartos del Generador.**

Requisitos mínimos fijados para la Asociación Nacional de Protección contra Incendios ( NFPA ) en el Código Eléctrico Nacional ( NEC ) es que una persona debe ser capaz de completar las misiones de servicio con puertas del recinto abierto y para que dos personas pasen unos a otros . Si el mantenimiento debe realizarse en la parte trasera de la cabina, el espacio de acceso similar debe estar disponible.

El NEC también requiere de 3 a 4 pies (1m a 1,3 m) de espacio en los pasillos entre los componentes eléctricos con corriente de 600 voltios o menos, dependiendo de si los componentes vivos se encuentran en uno o ambos lados

del pasillo. Este requisito se mantiene incluso si los componentes están protegidos por las envolventes de seguridad o pantallas.

Las instalaciones sobre 600 voltios requieren espacio en los pasillos aún más amplia, de 3 pies (1m), a tanto como 12 pies (4m) para tensiones superiores a 75KV. Locales de servicio con 1.200 amperios o más requieren dos salidas en caso de incendio o de arco. Debido a que los transformadores varían, asegúrese de que las distancias mínimas de pared se cumplan según lo especificado por el fabricante.

Reglas y excepciones específicas se explican por la NFPA en su reglamento NEC recientemente revisadas.

#### **2.4.6. Consideraciones de Selección de Combustible.**

La selección diesel o LPG, gas natural, afectarán la disponibilidad del generador y su tamaño. Por lo que debemos considerar lo siguiente:

##### **2.4.6.1. Diésel.**

El diésel es el más recomendado para aplicaciones de emergencia. El diésel ATSM D975 de Grado de No. 2-D para un buen arranque y máxima vida de motor.

Se debe proveer de almacenaje de combustible en sitio. El diésel dura hasta dos años en almacenaje, así que el tanque de suministro debe ser de un tamaño que permita la renovación del combustible basado en ejercicios programados y pruebas en ese período. Tal vez se necesite agregar un microbicida al combustible si las condiciones de alta humedad promueven el crecimiento de microbios. Los microbios en el combustible pueden taponar los filtros o deshabilitar o dañar el motor.

#### **2.4.6.2. LPG (Gas Licuado De Petróleo).**

La disponibilidad local de LPG para este combustible se debe investigarse y confirmarse antes de seleccionar un generador impulsado por LPG.

Se debe proveer de almacenaje de combustible en sitio. El LPG se puede almacenar indefinidamente.

La estabilidad de frecuencia de los generadores de motor de chispa, podría no ser tan buena como la de los generadores con motor diésel. Esto es importante cuando se suministra potencia a UPS.

#### **2.4.6.3. Gasolina.**

La Gasolina no es un combustible apropiado para generadores estacionarios de emergencia debido a su volatilidad y vida de almacenaje.

### **2.5. Diseño Preliminar de Generadores.**

Para dimensionar el Generador debemos tomar en cuenta los siguientes puntos:

1. Tipos de Sistema.
2. Rango de Generador.
3. Tamaño del Generador.
4. Voltaje y Frecuencia del Generador.
5. Ubicación.
6. Combustible.
7. Suministro de Combustible Diesel.
8. Suministro de Combustible LPG.
9. Caseta o cabina.

10. Accesorios.
11. Requerimientos especiales del alternador.
12. Sistemas de enfriamiento.

### **2.5.1. Tipos de Sistema.**

Para los tipos de sistema se debe identificar el apropiado:

1. De Emergencia.
2. De Emergencia Obligatorio Legal.
3. De Emergencia Opcional.
4. Potencia Primaria.
5. Rasurado de Picos.
6. Reducción de Carga.
7. Carga Base.

### **2.5.2. Rango de Generador.**

Se tiene los siguientes rangos:

1. Rango de Emergencia.
2. Rango Primario.
3. Rango Continuo.

### **2.5.3. Tamaño del Generador.**

Para esto partiremos del cálculo de carga, para definir la potencia:

1. Unidad Sencilla kW, kVA, PF.
2. U. Paralelas cantidades de unidades, kW, kVA, PF.

#### **2.5.4. Ubicación.**

En la ubicación se debe considerar:

1. Interiores.
2. Nivel de Piso.
3. Nivel superior.
4. Subterráneo.
5. Exteriores.
6. Nivel de Piso.
7. Techo.
8. Acceso Directo para instalar /Dar servicio.

#### **2.5.5. Suministro de Combustible Diesel.**

Para este tipo de Combustible debemos seleccionar:

1. Tanque Seco.
2. Tanque Sub- base
3. Tanque externo.

#### **2.5.6. Caseta o Cabina.**

Para la caseta debe considerarse la función a desarrollar:

1. Protege contra la intemperie.
2. Acústica.
3. Caseta Walk-in.
4. Sobrepuesta.
5. Región Costera.

### **2.5.7. Accesorios.**

Los accesorios permiten configurar y optimizar el funcionamiento del equipo.

1. Interruptores de Paralelismo.
2. Interruptores de Transferencia Automática.
3. Cargadores de Batería.
4. Interfase con Red.
5. Alarmas Remotas/Monitoreo.
6. Breakers de Circuito.
7. Módulos de Control de Paralelismo.
8. Silenciador.
9. Aisladores de Vibración.

### **2.5.8. Requerimientos Especiales de Alternador.**

En el alternador tendríamos las siguientes configuraciones.

1. Rango reducido de temperatura 105C a 80C.
2. RTDs o Termistores.

### **2.5.9. Sistema de Enfriamiento.**

Para el sistema de enfriamiento se debe considerar las siguientes opciones.

1. Radiador Montado en Unidad.
2. Radiador Remoto.

## **2.6. Normas para la instalación de Generadores.**

### **2.6.1. Normas NATSIM.**

De acuerdo al NATSIM se tiene lo siguiente:

Ninguna fuente de electricidad debe ser conectada a las instalaciones del Consumidor sin el respectivo equipo de transferencia manual o automático, de tal forma que evite la realimentación al sistema de distribución de la Empresa.

En caso de requerirse la instalación de equipos de generación, se necesita la aprobación previa por parte del Distribuidor. Estos equipos no podrán estar ubicados dentro del cuarto de transformadores del inmueble.

La energía proveniente desde el sistema de emergencia en ningún caso deberá ser registrada por el medidor del usuario otorgado por el Distribuidor.

### **2.6.2. Normas NEC 2008.**

De acuerdo al NEC 2008 se tiene lo siguiente:

En el artículo 700.12 Requisitos Generales. La Fuente de Alimentación será de tal manera que, en el caso de fallo de la alimentación normal o dentro del edificio o grupo de edificios en cuestión, emergencia, iluminación, energía de emergencia, o ambos estarán disponibles en el tiempo requerido para la aplicación pero que no exceda **10 segundos**. El sistema de suministro para casos de emergencia, además de los servicios normales a la construcción y el cumplimiento de los requisitos generales de esta sección, será uno o más de los tipos de sistemas descritos en 700.12 (A) a (E).

Equipo Unidad de conformidad con 700.12 (F) deberán cumplir los requisitos aplicables de este artículo. En la selección de una fuente de energía de

emergencia, la consideración se dará traslado a la ocupación y el tipo de servicio para ser fundidas, incluso de duración mínima, como para evacuación de un teatro, o de duración prolongada, como para el suministro de energía de emergencia e iluminación por un período indefinido de la insuficiencia actual de los problemas, ya sea dentro o fuera del edificio.

El equipo deberá estar diseñado y situado de manera que se minimice los peligros que pueden causar fracaso total debido a inundaciones, incendios, formación de hielo, y el vandalismo.

Equipo para fuentes de alimentación como se describe del NEC 2008 700.12 (A ) a ( E), donde encuentra a ocupaciones para reuniones para mayor que 1000 personas o en edificios por encima de 23 m ( 75 pies) de altura , con cualquiera de los siguientes clases de ocupación - montaje, educativo , residencial , detención y correccionales , los negocios y mercantil - deberán instalarse ya sea en espacios totalmente protegidos por aprobado sistemas de extinción de incendios automática ( rociadores , carbono Los sistemas de anhídrido , y así sucesivamente ) o en espacios con un Resistencia al fuego de 1 hora.

FPN No. 1: Para la definición de clasificación de la ocupación, véase la sección 6.1 de la norma NFPA 101-2006, Código de Seguridad Humana.

FPN N ° 2: Asignación del grado de confiabilidad del reconocido sistema de alimentación de emergencia depende de la cuidadosa Evaluación de las variables en cada instalación en particular.

Acumuladores usados como fuente de energía para los sistemas de emergencia deberá ser de rango adecuado y capacidad de suministrar y

mantener la carga total por un mínimo período **de 1 ½ horas, sin que la tensión aplicada a la carga que cae por debajo de 87 ½ % de lo normal.**

### **2.6.3. Baterías dimensionamiento de acuerdo al NEC2008.**

Baterías, ya sean de tipo ácido o alcalino, serán diseñado y construido para satisfacer las necesidades de emergencia el servicio y deberán ser compatibles con el cargador para esta instalación particular.

Para una batería sellada, no se exigirá el contenedor a ser transparente. Sin embargo, para la batería de plomo-ácido que requiere adiciones de agua, frascos transparentes o translúcidos serán amueblados. No se utilizarán baterías de tipo automotriz. Se instalará un dispositivo de batería automático de medios de carga.

### **2.7. Sistemas de Transferencia.**

Toda instalación de conjunto generador requiere del equipo de transferencia de energía (generalmente en Potencia Standby), bien sea interruptores de transferencia o conmutadores de paralelismo. El sistema apropiado para el trabajo y su aplicación apropiada son cruciales para obtener una operación confiable y segura.

Sistemas de Transferencia de Potencia Automáticos. Muchas aplicaciones utilizan múltiples fuentes de energía para mejorar la confiabilidad del sistema de energía eléctrica. Éstos a menudo incluyen tanto el servicio de la red pública como el conjunto generador para las cargas críticas. Una cuidadosa consideración del sistema de conmutación de energía se deberá tener, al inicio del proyecto permitiendo ofrecer el servicio viable más económico y más confiable al usuario de las instalaciones.

Paralelismo y Conmutador de Paralelismo. El equipo de paralelismo hace que dos o más conjuntos generadores se comporten como un conjunto grande.

Esto puede ser ventajoso económicamente, en especial cuando la carga total es mayor a 1000 kW. La decisión de usar conjuntos en paralelo debe hacerse en las etapas oportunas del diseño, especialmente si el espacio y la necesidad de expansiones futuras son factores críticos.

## **2.8. Potencia en Standby de un Generador.**

La capacidad de potencia en Standby se aplica para energía de emergencia donde la energía se suministra por la duración de la interrupción de energía normal. Éste no dispone de la capacidad de sobrecarga sostenida (equivalente a Potencia de Paro de Combustible de acuerdo con ISO3046, AS2789, DIN6271 y BS5514). Esta capacidad se aplica en instalaciones a las que les da servicio una fuente de servicio público normal confiable.

Esta clasificación sólo es aplicable a cargas variables con un factor de carga promedio de 70 por ciento durante 24 horas de la capacidad Standby por un máximo de 200 horas de operación por año. En instalaciones donde la operación es probable que exceda las 200 horas por año a carga variable o 25 horas por año al 100% de la capacidad, la capacidad de potencia primaria deberá ser aplicada.

La capacidad Standby sólo es aplicable en emergencia y Standby donde el conjunto generador sirve como respaldo a la fuente de servicio público normal. Con esta capacidad no se permite la operación sostenida en paralelo con el servicio.

Para las aplicaciones que requieran una operación sostenida en paralelo con el servicio, debe utilizarse la capacidad de potencia primaria o de carga base.

## **2.9. Interruptor de Transferencia Automático.**

Un interruptor de transferencia automático (ATS), el cual puede utilizar contactores, interruptores de circuito o un módulo de transferencia dedicado, se usa para transferir el suministro eléctrico a la carga del servicio al generador.

Se usan a menudo un generador de tres polos e interruptores de circuito del servicio o interruptores con fusibles, para limitar el nivel de falla presente en el ATS. El ATS puede ser un dispositivo de 3 polos (sólido, neutro no conmutado) o de 4 polos (neutro conmutado). Típicamente, se usa el equipo ATS de 4 polos en aplicaciones donde es necesario aislar el neutro del suministro del neutro del generador. La selección de equipo con neutro conmutado puede estar relacionada con las consideraciones de seguridad si el sistema requiere incorporar dispositivos de detección de falla a tierra.

Debe consultarse al proveedor del servicio público para confirmar el tipo de sistema de aterrizado usado en la alimentación del sistema de distribución del servicio en el sitio, y verificar que los arreglos de aterrizado propuestos en el sitio del cliente sean apropiados.

Los interruptores de transferencia de potencia y los conjuntos generadores no deben conectarse a un servicio público antes de esta revisión (y la aprobación del servicio público, si lo exige la ley local).

## CAPITULO 3

### 3. DESARROLLO DEL PROYECTO

#### 3.1. Estudio de la Calidad de Energía

Se realizó el presente Estudio de Calidad de Energía en la Facultad de Jurisprudencia de la Universidad Católica de Guayaquil, con la finalidad de conocer el comportamiento actual del Sistema Eléctrico y recomendar soluciones a los problemas de calidad de energía.

El monitoreo contempla los parámetros de estado estable (perfil de voltaje, corriente, potencia, factor de potencia, distorsión armónica en voltaje y distorsión armónica en corriente), para encontrar comportamientos diferentes para las mediciones consideradas, debido principalmente al tipo de carga instalada.

El monitoreo, lo realizaremos en el cuarto de transformadores ubicado adjunto al despacho de la facultad, la medición será de la carga instalada total en la facultad.

El Transformador tiene las siguientes características:

1. Potencia de **400 KVA**, 13.2 KV/220 VAC, Marca INATRA, tipo PADMOUNTED.

#### 3.2. Especificaciones y Metodología de Monitoreo.

Para la realización del presente estudio, se hizo uso de un equipo trifásico marca SCHNEIDER ELECTRIC MODELO 7650, con sensores de corriente se muestra el equipo en la figura 3.1., y en la figura 3.2. Se muestran las conexiones realizadas.



Fig.3.1. Equipo POWER LOGIC.  
Fuente: Autor



Fig.3.2. Conexiones del Equipo.  
Fuente: Autor

### 3.2.1. Especificaciones del Equipo de Medición ION7650.

El Equipo ION7650 dispositivos de medición y control inteligente proporcionan ingresos exactos, RMS verdaderas mediciones de voltaje, corriente, potencia y energía, y son complementados con la capacidad de E / S amplias, un registro exhaustivo, y medición de la calidad de energía avanzada y funciones de verificación de cumplimiento. Los medidores vienen con una amplia selección de pantallas de datos pre- configurados y mediciones, para que pueda utilizar los medidores de " fuera de la caja " o personalizarlos para adaptarse sus requisitos únicos.

El medidor ION7650 puede reemplazar a varios transductores, medidores tradicionales y circuitos que no son críticos de control. Puede integrar los medidores con IONTM sistemas de software u otro de gestión de la energía, SCADA, automatización y facturación, el uso de múltiples canales y protocolos de comunicación estándar de la industria.

Aplicaciones comunes de los medidores:

1. Medición de Consumos.
2. Automatización de subestaciones.
3. Monitoreo de calidad de potencia (con parpadeo).
4. Operaciones industriales comerciales medición.
5. La demanda y el factor de potencia de control.
6. SCADA (control de supervisión y adquisición de datos).
7. La generación distribuida (generador) el seguimiento y el control.

### **3.2.2. Datos del Equipo de Medición ION7650.**

El equipo ION7656 se usa, tanto para fines de configuración y visualización. La gran pantalla retroiluminada pantalla LCD y la numerosa selección, navegación y configuración de teclas programables permiten un acceso rápido y seguro a las pantallas de configuración del medidor básico. El panel frontal también proporciona acceso a muchas otras funciones metros, como restablecimientos metros y cuenta con varias pantallas programables para valores numéricos y con sello de tiempo, espectro de frecuencias (armónicos), registros de tendencias y datos de la placa.

La gran pantalla se desplaza automáticamente a través visualizan pantallas que se presentan en un solo vistazo voltios, amperios, el poder, la energía y los valores de demanda. Pantallas se personalizan fácilmente para adaptarse a los requerimientos del usuario. Establecer medidas de parámetros mediante el panel frontal para cumplir con las preferencias regionales. Función Maestro Modbus permite la visualización de los parámetros en tiempo real de los dispositivos Modbus aguas abajo.

Tenemos las siguientes características de entradas para medición, véase en la tabla 3.1.

N°	ENTRADAS	ESPECIFICACIONES
<b>Entradas de Voltaje</b>		
1	Escala de Voltaje Nominal.	347 VAC Línea a Neutro, 600 VAC Línea a Neutro, RMS
2	Sobrecarga	1500 VAC RMS Continuos
3	Impedancia de Entrada	5 M $\Omega$ / Fase (Fase - Vref)
4	Falla de Captura	1200 V Pico
<b>Entradas de Corriente</b>		
7	Corriente Nominal.	5A, 10A y /o 20 A, (1A, 2A, 5 A, rango opcional de corriente)
8	Voltaje Máximo	600 V RMS (CAT III IEC 61010-1)
9	Resistir a	2500 VAC, 60 Hz por 1 minuto
10	Carga	0.05 VA/ Fase (a 5A standard ) 0.015 VA/ Fase (a 1A opcional )
11	Impedancia	0.002 $\Omega$ / Fase (Fase- Vref.) 0.015 $\Omega$ / Fase (rango de corriente opcional )
<b>Potencia de Control</b>		
12	Rango de Operación	Standard: AC: 85 VAC a 240 VAC ( $\pm 10\%$ ), 47 Hz a 63 Hz; DC: 110 VDC to 300 VDC ( $\pm 10\%$ ) Carga Típica 15 VA, max. 35 VA Opcional: Bajo Voltaje DC Fuente de Alimentación Entradas: DC: 20 VDC a 60 VDC ( $\pm 10\%$ ) Carga: Típica 12 VA, max. 18 VA
<b>Sondas de Corriente con Salidas de voltaje de CA</b>		
13	Entradas	1, V RMS
14	Sobrecarga	5.5 V (CAT I IEC 61010-1)
15	Impedancia de Entrada	220 k $\Omega$ max.
16	Opciones	Entradas de Sonidas de Corriente para uso de 0 VAC a 1 VAC. La precisión depende de las especificaciones de la sonda.

N°	ENTRADAS	ESPECIFICACIONES
		Entradas de sonda de corriente con tres calibraciones técnica universal 10 A tipo Clamp-on Transformadores de Corriente, en acuerdo IEC 61036.

Tabla 3.1. Especificaciones de Entradas del Equipo ION7650.  
Fuente: Manual POWER LOGIC ION7550/ION7650

Tenemos las siguientes características de medición, véase en la tabla 3.2.

N°	PARAMETROS	PRECISIÓN ± (% DE LECTURA)
1	Voltaje (Línea-Línea, Línea- Neutro): por fase, mínimo/ máximo.	0.1%
2	Frecuencia: presente, mínimo/ máximo.	±0.005 Hz
3	Corrientes (I1,I2,I3)	0.1%
4	Corrientes (I4,I5)	0.4%
7	Potencia: Real (kW), Reactiva (kVAR), Aparente (kVA), por fase, Total	IEC 62053-22 Class 0,2S[2]
8	Energía: Real (kWh), Reactiva (kVARh), Aparente (kVAh), Entrada y Salida.	IEC 62053-22 Class 0,2S[2]
9	kWA, kVA de Demanda, Aparente (kVAh), Entrada y Salida.	IEC 62053-22 Class 0,2S[2]
10	Factor de Potencia	0.2%

Tabla 3.2. Especificaciones de Medición del Equipo ION7650.  
Fuente: Manual POWER LOGIC ION7550/ION7650

Se muestra en el equipo, la información gráfica del equipo véase en la figura 3.3.

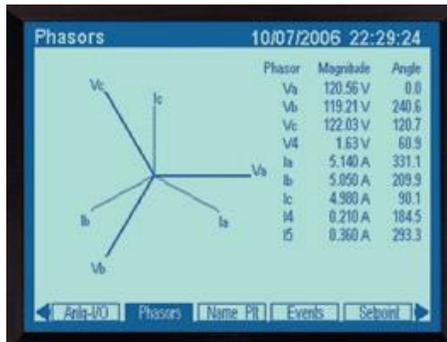
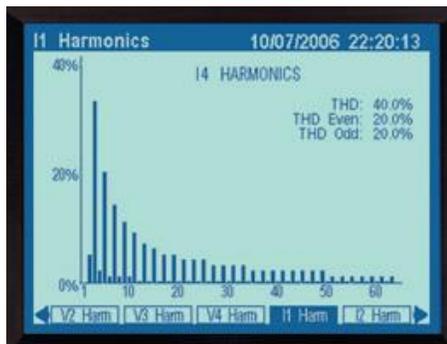


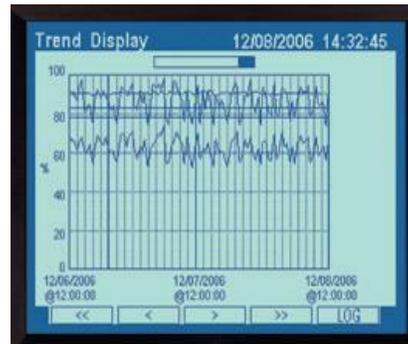
Gráfico Fasorial



Energía recibida/ Energía Entregada



Armónicos de Corriente



Tendencias

Fig.3.3. Display POWER LOGIC ION7650.  
Fuente: Manual POWER LOGIC ION7550/ION7650

Formas de conexiones del sistema de potencia que el equipo puede conectarse:

1. Sistemas Trifásicos Tensión de fase, corriente de fase, corriente de tierra, y la corriente neutral de Wye, Delta.
2. Sistemas Monofásicos.

Características bordo de E / S:

1. Pulsos.
2. Estado de interruptor.
3. Señales de control.
4. Pulsos de Energía.

El equipo tiene las siguientes formas de conectividad con internet:

1. mensajes de correo electrónico.
2. Funcionalidad WebMeter.
3. Compatibilidad XML.
4. Servidor FTP.

Para las herramientas de Análisis de Datos el equipo tiene lo siguiente:

1. Red de Monitoreo de Energía.
2. Software de terceros para Modbus, DNP 3.00, MV90, COMTRADE, IEC 61850.

Los puertos de comunicación del Equipo son:

1. RS-232 y de alta velocidad RS-485.
2. Módem interno.
3. Puerto óptico delantero ANSI.

4. 10BASE-T/100BASE-TX y 100BASE-FX (Fibra) Ethernet.
5. Interoperabilidad.
6. Protocolos: ION, Modbus Maestro, Modbus RTU, Modbus TCP, DNP 3.00, ModemGate (módem a la puerta de enlace RS-485), EtherGate (Ethernet a RS- 485 puerta de enlace), GPS: Arbiter, GPS: Tiempo verdadero / Datum, SNMP, FTP, IEC 61850.

El equipo tiene las siguientes características en la pantalla:

1. En el sitio de visualización de datos.
  - a. 320 por 240 píxeles LCD.
2. Visualización de datos remotos:
  - a. Pantallas de Vista.
  - b. Pantallas Web Reach.
  - c. Pantallas Web Meter.

### **3.2.3. Monitoreo.**

El equipo fue conectado en las terminales de baja tensión del transformador, tomando así el total de la carga conectada durante el período de medición. El período de medición fue de 7 días continuos, tomando muestras cada 15 minutos. Véase en la figura 3.4.



Fig.3.4. Conexiones en Baja Tensión con el Power Logic ION 7650.  
Fuente: Autor

Resultados de las muestras. Véase en la figura 3.5., 3.6, y 3.7.

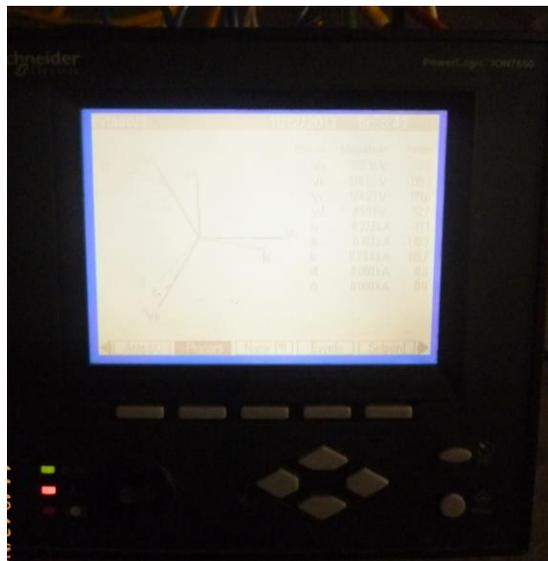


Fig.3.5. Diagrama Fasorial.  
Fuente: Autor



Fig.3.6. Voltajes V LL; Vab, Vbc, Vca.  
Fuente: Autor



Fig.3.7. Corrientes por Fase I<sub>a</sub>, I<sub>b</sub>, I<sub>c</sub>.  
Fuente: Autor

Esto representa un muestreo total de 9,412 muestras registrado.

Las 9,412 muestras registradas se almacenan en memoria y se procesan para obtener los perfiles de operación de cada parámetro eléctrico.

De las 9,408 muestras registradas, tomaremos una muestra de 2548 datos, que representan los consumos mayores a partir de las 17:00, a partir de este antecedente realizaremos las gráficas.

De estos parámetros eléctricos se obtienen los valores máximos, mínimos y promedios para establecer los límites de operación del sistema eléctrico y serán comparados con lo que recomiendan los estándares internacionales.

### 3.3. Gráficas Obtenidas.

#### 3.3.1. Gráficas de Voltajes de Líneas.

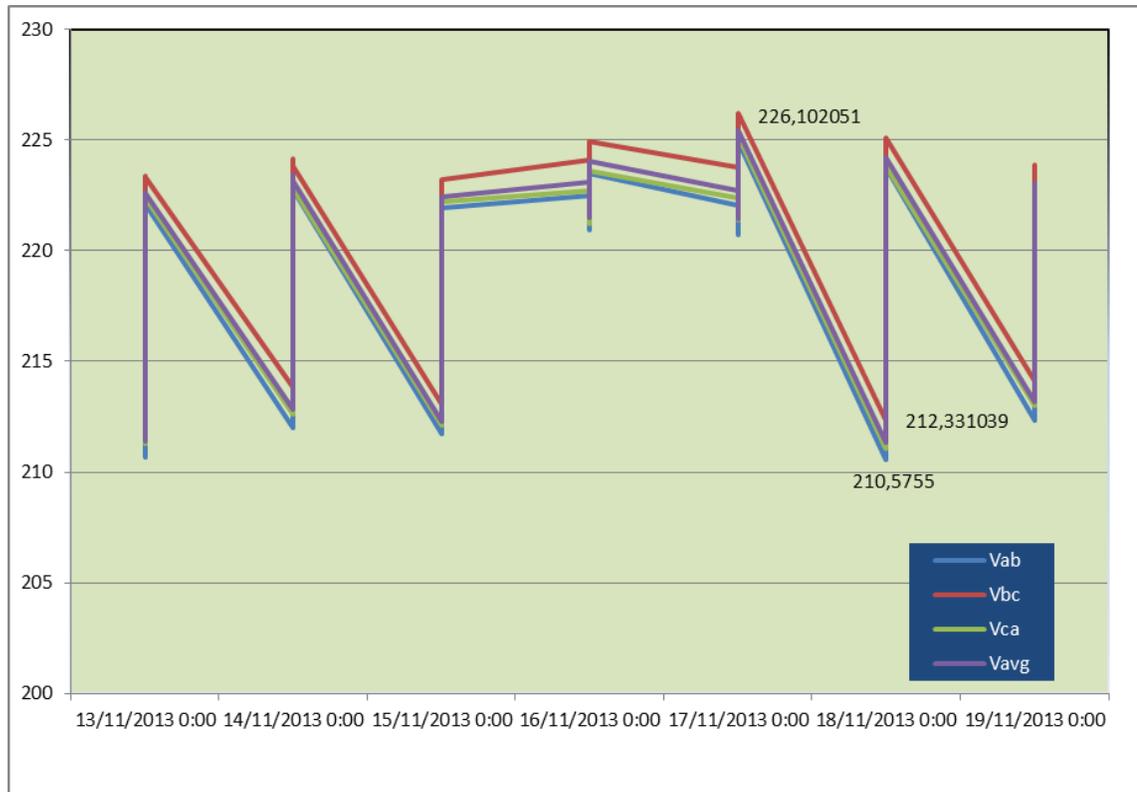


Fig.3.8. Gráfica de Voltajes vs Tiempo.  
Fuente: Autor

En la figura 3.8 se muestra el perfil del voltaje máximo en un período de 7 días. El comportamiento del voltaje promedio es de 218.62 Voltios, valor que se encuentra 0.62 % abajo del valor nominal de 220 Volts del Transformador de 400 kVA, La ventana de variación presenta un máximo de 224.21 Volts (1.91% arriba del valor nominal). Los valores mínimos se presentaron de manera instantánea, en el Vab de 210,67 V (4,24% de bajo del nominal), y máximo en el Vca de 224,76V (2,16%) sin embargo estos valores se encuentra dentro del rango recomendado por el estándar IEEE 1100-1999 tabla 4-3 (variación no mayor al  $\pm 5\%$  del valor nominal).

### 3.3.2. Gráficas de Corrientes en las Fases.

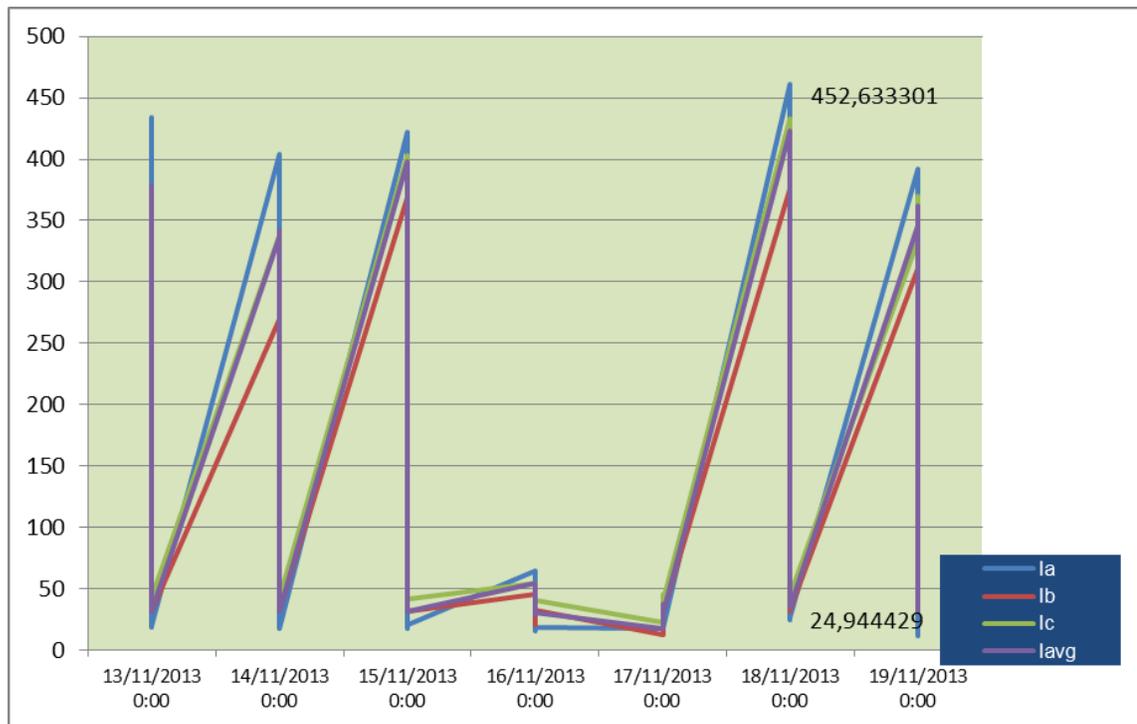


Fig.3.9. Gráfica de Corrientes vs Tiempo.  
Fuente: Autor

En la figura 3.9. Se muestra el perfil del Corriente máximo en un período de 7 días. El comportamiento del Corriente promedio es de 150,73 A, Los valores máximos se presentaron de manera instantánea, los cuales fueron en la fase Ia de 452,63 A, en la fase Ib de 407,45 A, en la fase Ic 397,07 A.

Los valores mínimos se presentaron de manera instantánea, los cuales fueron en la fase Ia de 11,49 A, en la fase Ib de 31,14 A, en la fase Ic 20,17 A.

La Corriente máxima que puede entregar el transformador de 400 kVA es de 1312,21 A, sin embargo por razones de seguridad y de diseño el tablero eléctrico tiene un disyuntor principal de 1200 A.

### 3.3.3. Gráficas de Potencias.

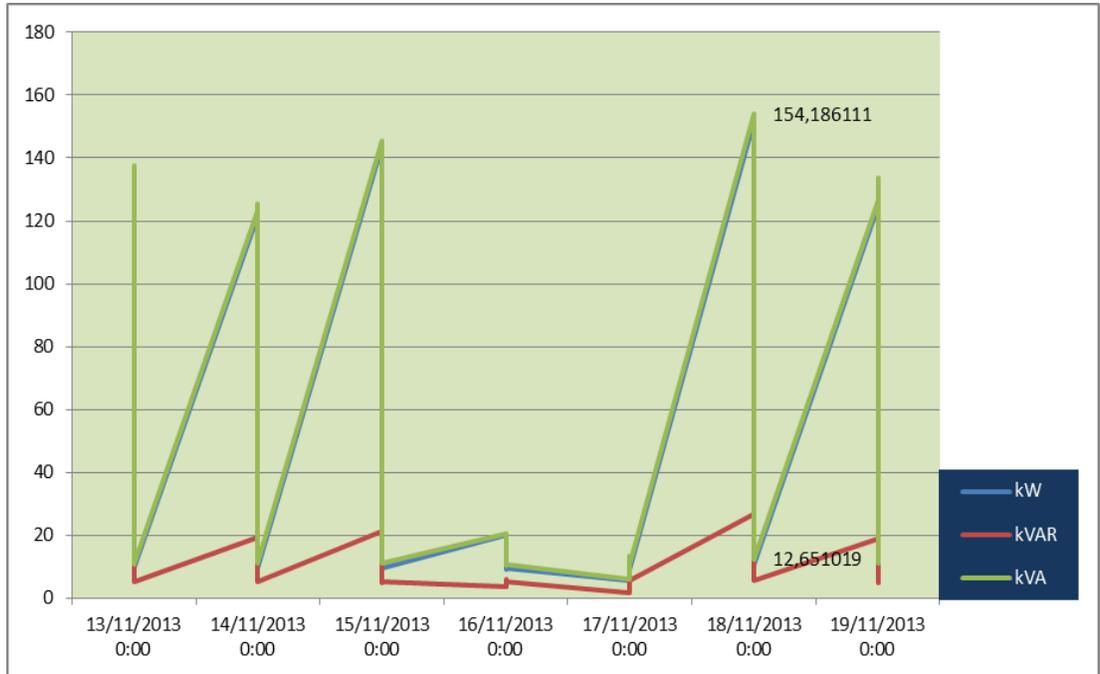


Fig.3.10. Gráfica de Potencias vs Tiempo.  
Fuente: Autor

En la figura 3.10 se puede observar la demanda de potencia real en kW durante el período de monitoreo de 7 días. El valor de potencia máxima presentado fue de 151,86 kW el día 18/11/2013 hora 17:00:00. En el ciclo completo de operación se registró una potencia mínima de 5.62 kW el día 17/11/2013 hora 17:00:00.

En la figura 3.10 se puede observar la demanda de potencia real en kVAR durante el período de monitoreo de 7 días. El valor de potencia máxima presentado fue de 26,62 kVAR el día 18/11/2013 hora 17:00:00. En el ciclo completo de operación se registró una potencia mínima de 3.56 kVAR el día 16/11/2013 hora 17:15:00.

En la figura 3.10 se puede observar la demanda de potencia real en kVA durante el período de monitoreo de 7 días. El valor de potencia máxima presentado fue de 154,18 kVA el día 18/11/2013 hora 17:00:00. En el ciclo completo de operación se registró una potencia mínima de 7.51 kVA el día 17/11/2013 hora 17:15:00.

### 3.3.4. Gráfica de Frecuencias.

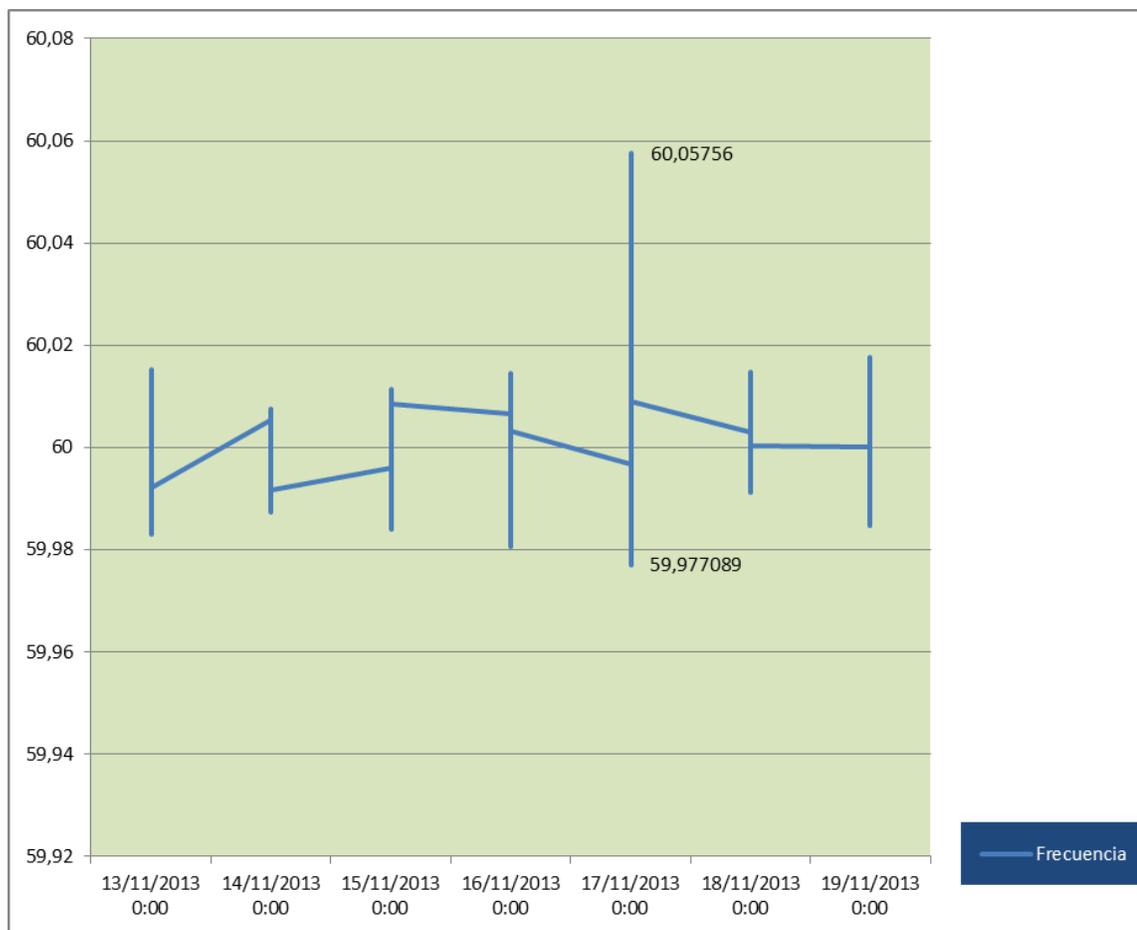


Fig.3.11. Gráfica de Frecuencias vs Tiempo.  
Fuente: Autor

En la figura 3.11. Se puede observar la variación de frecuencia en Hz durante el período de monitoreo de 7 días. El valor de frecuencia máxima presentado fue de 60,015 Hz el día 13/11/2013 hora 18:15:00. En el ciclo

completo de operación se registró una frecuencia mínima de 59,97 el día 17/11/2013 hora 17:30:00.

### 3.3.5. Gráficas de Factor de Potencia.

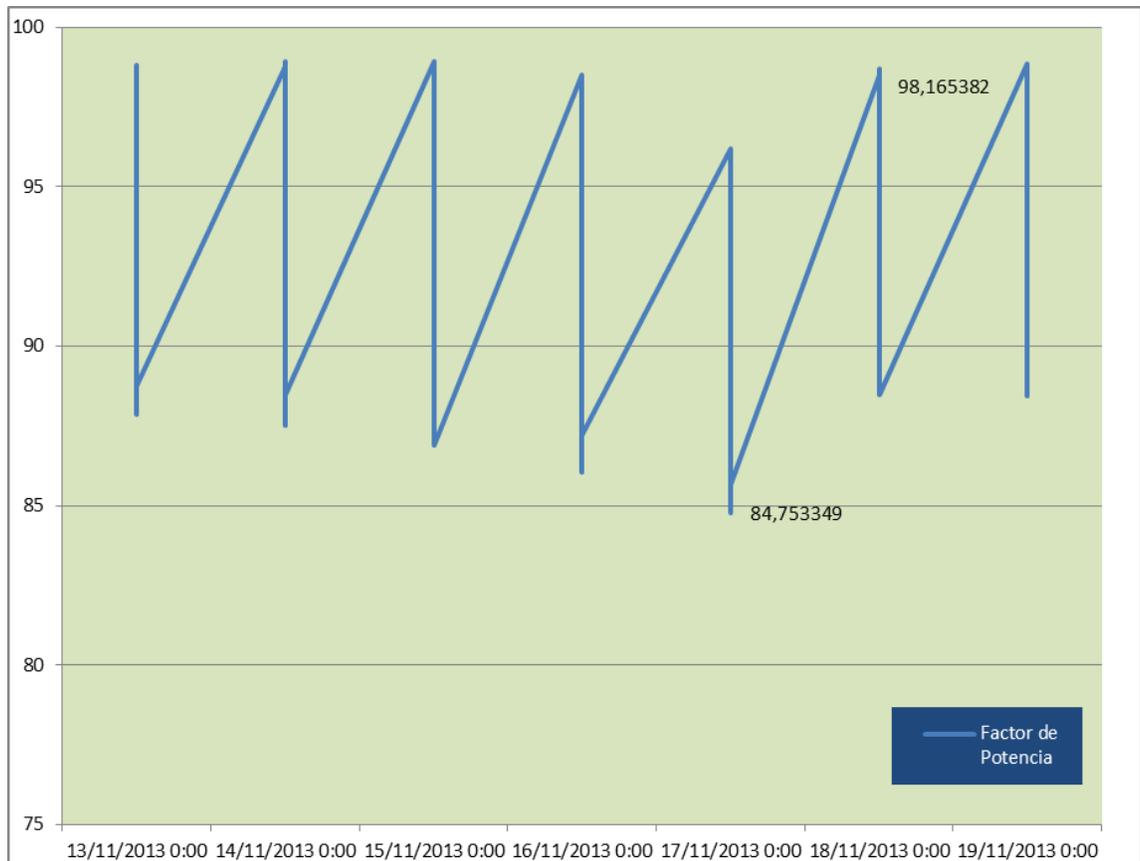


Fig.3.12. Gráfica de % de Factor de Potencia vs Tiempo.  
Fuente: Autor

En la figura 3.12. Se puede observar la variación del factor de Potencia porcentual durante el período de monitoreo de 7 días. El valor de factor máximo presentado fue de 98,16% Inductivo, el día 19/11/2013 hora 18:15:00. En el ciclo completo de operación se registró una factor mínimo de 84,75% Inductivo, el día 17/11/2013 hora 22:15:00

### 3.3.6. Gráficas de Distorsión Armónica en Voltaje.

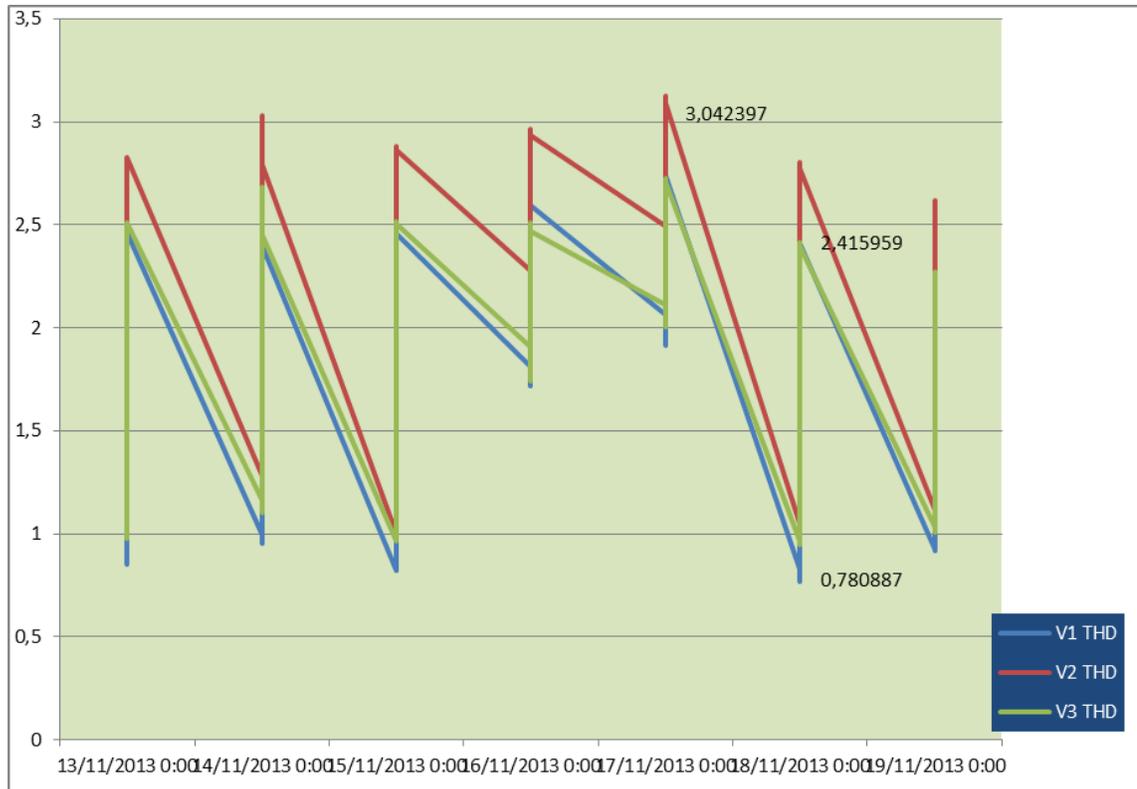


Fig.3.13. Gráfica de Distorsión Armónica de Voltaje vs Tiempo.  
Fuente: Autor

En la figura 3.13 se muestra el perfil de distorsión armónica en voltaje (THD) en un período de 7 días. Se registró un porcentaje máximo de 3.12% y un valor mínimo de 0,76%.

### 3.3.7. Gráficas de Distorsión Armónica en Corriente.

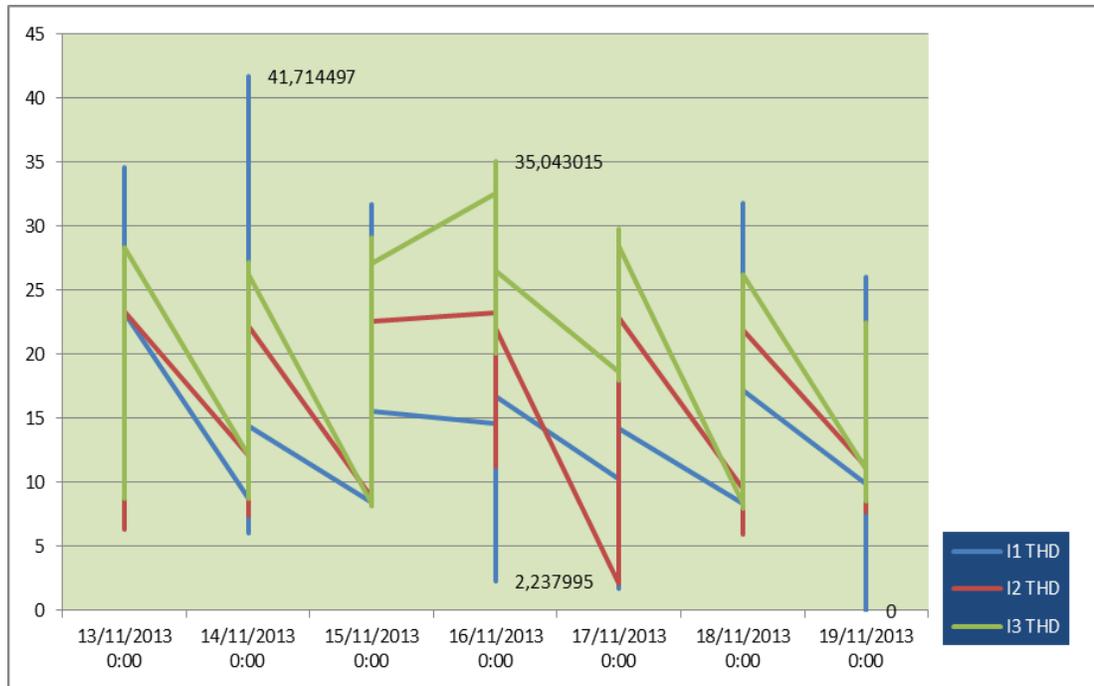


Fig.3.14. Gráfica de Distorsión Armónica en Corriente vs Tiempo.  
Fuente: Autor

En la figura 3.14 se muestra el perfil de distorsión armónica en corriente (THDi) en un período de 7 días. Se registró un porcentaje máximo de 41.71% y un valor mínimo de 2,23%.

### 3.4. Parámetros de Calidad de Energía.

Se realizó el monitoreo en el Transformador de 400 kVA durante un período de 7 días., con el objetivo de analizar los parámetros de calidad de energía provenientes de la compañía suministradora:

### 3.4.1. Parámetros de Calidad de Energía de Voltajes.

N°	Voltaje	Máximo V	Promedio	Mínimo V	% Variación máximo y mínimo		Std. IEEE 1100-1999
1	Vab	224,71	219,11	210,81	2,14	-4,17	Si cumple
2	Vbc	226,10	220,43	212,32	2,77	-3,49	Si cumple
3	Vca	225,04	219,65	211,65	2,29	-3,79	Si cumple

Tabla 3.3. Parámetros de la Calidad de Energía de Voltaje.

Fuente: Autor

Se puede observar que el voltaje promedio es de un valor de 218.62 Voltios, el cual se encuentra 0.62 % arriba del valor nominal de 220 Volts de la subestación. La ventana de variación presenta un máximo de 224.71 Voltios (2.14 % arriba del valor nominal) y un mínimo de 210.81 Voltios (- 4.17% abajo del valor nominal), quedando DENTRO del rango recomendado por el estándar IEEE 1100-1999 tabla 4-3 (variación no mayor al 5% del valor nominal).

### 3.4.2. Parámetros de Calidad de Energía de Distorsión de Voltajes.

N°	VTHD	Máximo %	Promedio	% Variación máximo permitida	Std. IEEE 519-1992
1	V1THD	2,27	1,70	5%	Si cumple
2	V2THD	3,12	2,04	5%	Si cumple
3	V3THD	2,68	1,78	5%	Si cumple

Tabla 3.4. Parámetros de la Calidad de Energía de Distorsión de Voltaje.

Fuente: Autor

Se puede observar que la distorsión de voltaje presenta un máximo de 3,12% y un mínimo de 2,27%, quedando DENTRO del rango recomendado por el estándar Std. IEEE 519-1992 (variación no mayor al 5% del valor nominal).

### 3.5. Estado actual de las Instalaciones Eléctricas

#### 3.5.1. Banco de transformadores.

El Banco de transformador está conformado por un transformador trifásico tipo Padmounted de 400 KVA (13.2KV/208V-120V). Se encuentra ubicado en la planta baja al frente del control de catedra.

Los conductores de la acometida de baja tensión del transformador Padmounted de 400 KVA que alimentan al TDP son:

FASE 1	FASE 2	FASE 3	NEUTRO
3x500MCM	3x500MCM	3x500MCM	2x500MCM

Tabla 3.5 Calibre de Conductor Acometida Baja Tensión del Transformador  
Fuente: Autor

Según las normas eléctricas del NATSIM los calibres de las acometidas deberían ser las mismas, el cual cumple con las normas.

Lo que se pudo observar en el cuarto de transformadores:

1. Durante el tiempo de inspección se observó que existía mucho polvo dentro del cuarto.
2. Se presentan signos de oxidación en el electro canal que llevan los cables de alimentación del banco de transformadores hasta el tablero principal.
3. Es de fácil acceso a este cuarto, el cuarto de transformadores al encontrarse abierto está expuesto a que los objetos o animales puedan provocar cortocircuitos.

#### 3.5.1.1. Mejoramiento y Recomendaciones del Banco de Transformador

1. Iniciar un programa de mantenimiento del banco de transformadores, para permitir una limpieza completa del cuarto.
2. Incorporar un candado a la puerta del cuarto, por mayor seguridad.
3. Es necesario adecuar un sistema de ventilación en el cuarto.

4. Realizar la redistribución de la alimentación en el primario y secundario del banco de transformador a fin de evitar accidentes.

### **3.5.2. Tableros Principales y Secundarios.**

#### **3.5.2.1. Tablero Principal TDP**

El Tablero Eléctrico Principal **TDP** que se encuentra ubicado en el área del cuarto de transformadores en el cual se pudo observar lo siguiente:

1. El Indicador de parámetros se encuentra fuera de servicio.
2. Los conductores se encuentran sueltos y sin canaletas como se muestra en la figura 3.15.
3. Los conductores, breakers, barras de cobre, aisladores y demás accesorios eléctricos se encuentran completamente llenos de polvo.
4. Algunos breakers se encuentran sin fijación al plafón del tablero como se muestra en la figura 3.16.
5. Los terminales de algunos breakers no se encuentran debidamente ajustado al conductor como se muestra en figura 3.17.
6. Los breakers no se encuentran debidamente marquillados ni identificados.



Fig. 13.15. Conductores Sueltos  
Fuente: Autor



Fig. 3.16. Breaker sin Fijación  
Fuente: Autor



Fig. 3.17. Conductores sin Ajuste  
Fuente: Autor

#### **3.5.2.1.1. Mejoramiento y Recomendaciones del Tablero Principal TDP**

1. Habilitar el indicador de parámetros realizando el respectivo cableado ya que no se encuentra cableado.
2. Montar canaletas por los caminos de cables y peinar con correas plásticas.
3. Limpiar con brocha las partes donde hay polvo acumulado.
4. Reajustar los terminales de los breakers para que el cable este adecuadamente.
5. Ajustar con pernos los breakers al plafón del tablero.

#### **3.5.2.2. Tablero TD4**

El Tablero Secundario de Distribución TD4 se encuentra ubicado en el área de oficina, a un costado de secretaria del Decano el cual se pudo observar:

1. Los conductores se encuentran sueltos.
2. Breaker B12 se encuentra dañado, esta tripeado.
3. Se encuentra lleno de polvo y oxidado internamente.

4. Existen breakers, en los cuales los conductores de entradas son de diferente calibre a los conductores de salida.



Fig. 3.18. Tablero TD4  
Fuente: Autor

#### **3.5.2.2.1. Mejoramiento y Recomendaciones del Tablero TD4**

1. Asegurar los cables con correas plásticas.
2. Reemplazar Breaker B12.
3. Limpieza interna del tablero.

#### **3.5.2.3. Tablero TD16**

El Tablero Secundario de Distribución TD16 se encuentra ubicado en el pasillo del quinto piso en el cual se pudo observar:

1. Se encuentra partes oxidadas internamente del tablero.
2. Cables sueltos.
3. Se encuentra lleno de polvo.
4. Existen breakers oxidados y con conductores de entradas que son de diferente calibre a los conductores de salida.

## 5. Terminales de talón deteriorados.



Fig. 3.19. Tablero TD16  
Fuente: Autor

### 3.5.2.3.1. Mejoramiento y Recomendaciones del Tablero TD16

1. Asegurar los cables con correas plásticas.
2. Limpieza interna del tablero.
3. Cambiar Breakers y terminales de talón oxidados.

#### **3.5.2.4. Tableros TD21, TD22, TD23**

Los Tableros Secundarios de Distribución TD21, TD22, TD23 se encuentran ubicado en la terraza de la facultad en los cuales se pudo observar:

1. Tableros completamente oxidados como se muestra figura 3.20 y 3.21.
2. Breaker fuerza de servicio.
3. Se encuentran lleno de polvo.
4. Existen breakers oxidados y con conductores de entradas que son de diferente calibre a los conductores de salida como se muestra figura 3.20 y 3.21.
5. Terminales de talón deteriorados.
6. Sin tapa principal como se muestra en la figura 3.22.
7. Cables sueltos y no están debidamente conectados a los breakers.

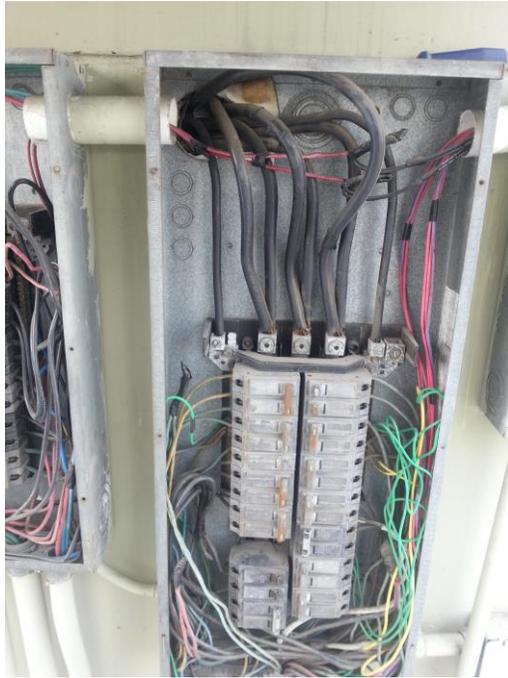


Fig. 3.20. Tablero TD21  
Fuente: Autor

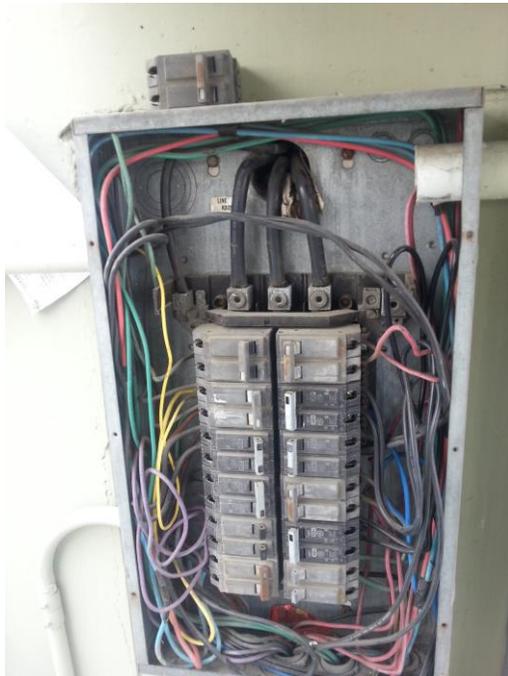


Fig. 3.21. Tablero TD22  
Fuente: Autor



Fig. 3.22. Tablero TD21,TD22,TD23  
Fuente: Autor

#### 3.5.2.4.1. Mejoramiento y Recomendaciones de los Tableros TD21, TD22 Y TD23

1. Se recomienda cambiar el tablero y sus respectivos breaker ya que se encuentran en muy mal estado.

#### 3.6. Cálculo y Análisis del Tablero Principal TDP.

Del Levantamiento de la carga del Edificio se tiene la siguiente tabla 3.6 de consumos.

Tablero Principal								
Disyuntores	1Φ	3Φ	Descripción	Cant.	C. Inst.	Subtotal(W)	F.d.	Demanda(W)
1		x	A. Acondicionado	1,00	8050,00	8050,00	0,81	6520,50
2		x	A. Acondicionado	1,00	8050,00	8050,00	0,81	6520,50
3		x	Primer Piso	1,00	3600,00	3600,00	0,45	1620,00
4		x	Segundo Piso	1,00	3600,00	3600,00	0,45	1620,00

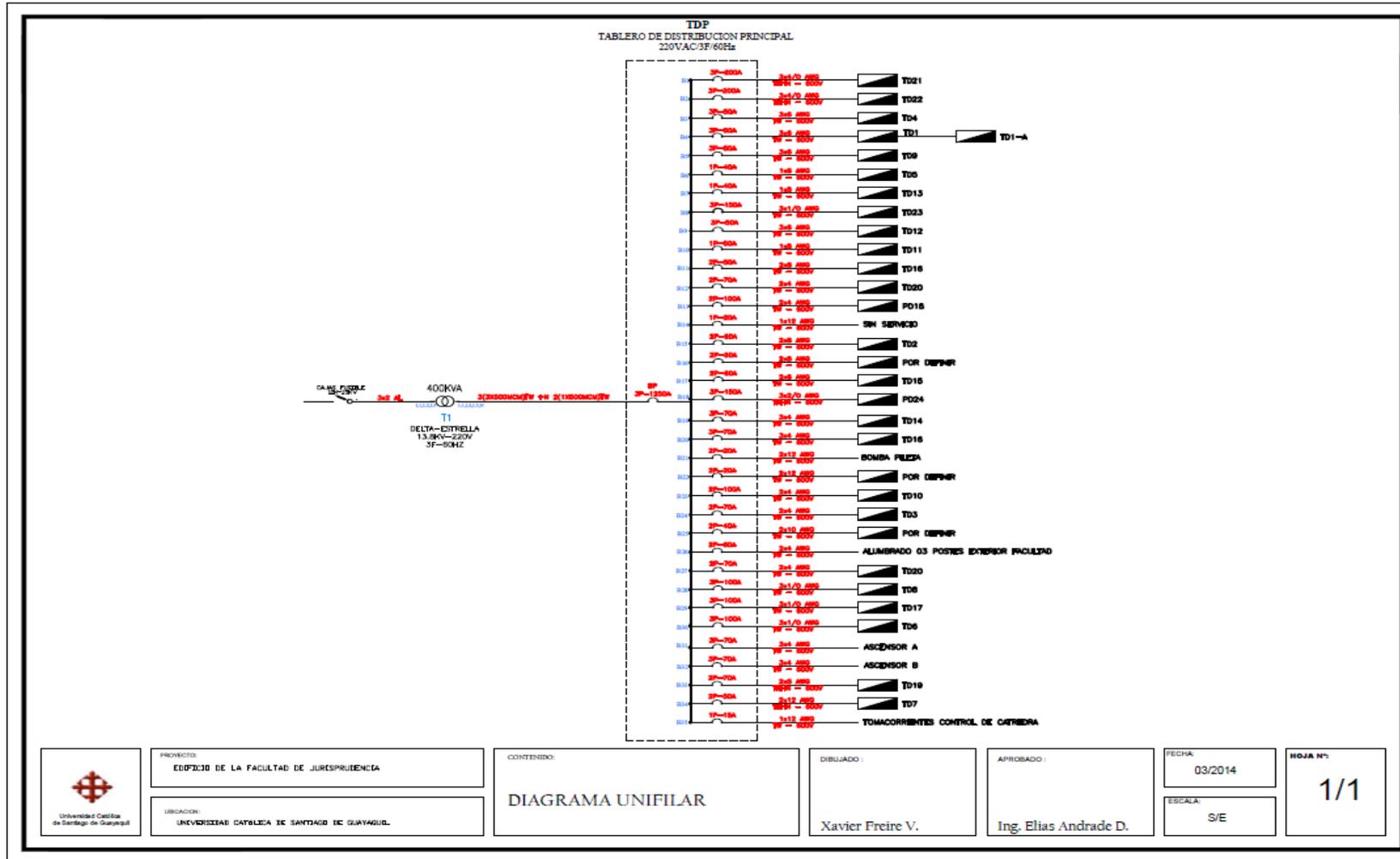
Tablero Principal								
Disyuntores	1Φ	3Φ	Descripción	Cant.	C. Inst.	Subtotal(W)	F.d.	Demanda(W)
5		x	Tercer Piso	1,00	3600,00	3600,00	0,45	1620,00
6	x		Computador 1	1,00	350,00	350,00	0,40	140,00
7	x		Computador 2	1,00	350,00	350,00	0,40	140,00
8		x	A. Acondicionado	1,00	3200,00	3200,00	0,81	2592,00
9		x	Servicios Varios/SM	1,00	4800,00	4800,00	0,4	1920,00
10	x		Sala de Lectura	1,00	3600,00	3600,00	0,4	1440,00
11	x		Servicios Varios/SM	1,00	4800,00	4800,00	0,4	1920,00
12	x		PAR	1,00	6720,00	6720,00	0,4	2688,00
13	x		A. Acondicionado	1,00	2400,00	2400,00	0,81	1944,00
14	x		Sin marca/TOMAS	1,00	360,00	360,00	0,4	144,00
15	x		Servicios Varios/SM	1,00	5040,00	5040,00	0,4	2016,00
16	x		Servicios Varios/SM	1,00	4800,00	4800,00	0,4	1920,00
17	x		Servicios Varios/SM	1,00	5040,00	5040,00	0,4	2016,00
18		x	A. Acondicionado	1,00	3200,00	3200,00	0,81	2592,00
19		x	Cuarto Piso	1,00	3600,00	3600,00	0,45	1620,00
20		x	Quinto Piso	1,00	3600,00	3600,00	0,45	1620,00
21	x		Bomba Pileta	1,00	1200,00	1200,00	0,40	480,00
22	x		Servicios Varios/SM	1,00	1920,00	1920,00	0,4	768,00

Tablero Principal								
Disyuntores	1Φ	3Φ	Descripción	Cant.	C. Inst.	Subtotal(W)	F.d.	Demanda(W)
23	x		Servicios Varios/SM	1,00	9600,00	9600,00	0,4	3840,00
24	x		Auditorio	1,00	15920,00	15920,00	0,50	7960,00
25	x		Servicios Varios/SM	1,00	3840,00	3840,00	0,4	1536,00
26	x		Alumbrado de Postes	4,00	250,00	1000,00	0,5	500,00
27	x		Servicios Varios/SM	1,00	5040,00	5040,00	0,4	2016,00
28		x	A. Acondicionado	1,00	2400,00	2400,00	0,81	1944,00
29		x	A. Acondicionado 24000 BTU	1,00	2400,00	2400,00	0,81	1944,00
30		x	A. Acondicionado	1,00	2400,00	2400,00	0,81	1944,00
31		x	ASCENSOR 1	1,00	9000,00	9000,00	0,95	8550,00
32		x	ASCENSOR 2	1,00	9000,00	9000,00	0,95	8550,00
33		x	Servicios Varios/SM	1,00	4800,00	4800,00	0,4	1920,00
34	x		Servicios Varios/SM	1,00	4800,00	4800,00	0,4	1920,00
35	x		Tomacorrientes	3,00	360,00	1080,00	0,4	432,00
					TOTAL	<b>153160,00</b>		<b>86917,00</b>
			<b>Carga Monofásica del edificio</b>			<b>77860,00</b>	W	<b>33820,00</b>
			<b>Carga Trifásica del edificio</b>			<b>75300,00</b>	W	<b>53097,00</b>

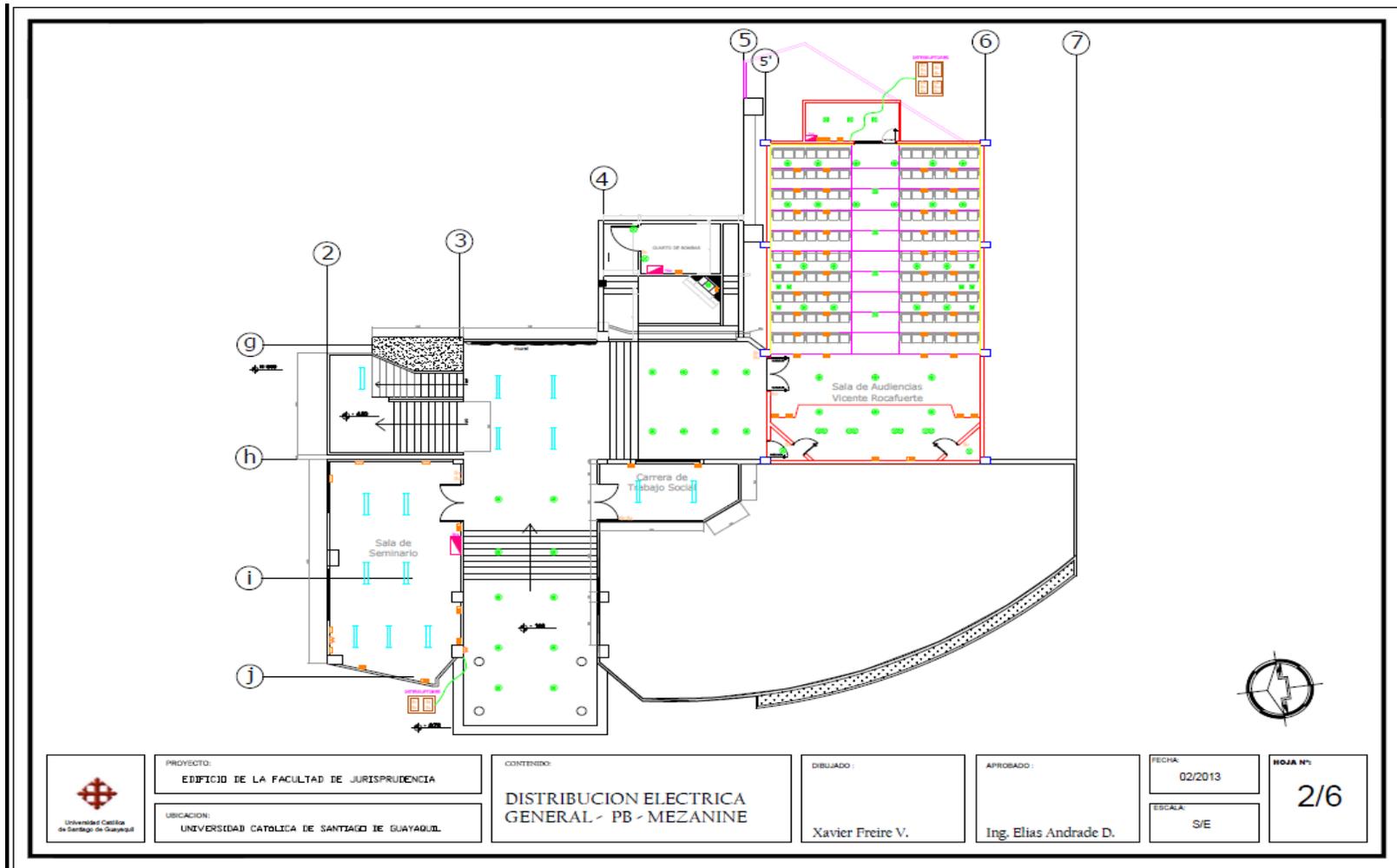
<b>Tablero Principal</b>								
<b>Disyuntores</b>	<b>1Φ</b>	<b>3Φ</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cant.</b>	<b>C. Inst.</b>	<b>Subtotal(W)</b>	<b>F.d.</b>	<b>Demanda(W)</b>
			<b>Carga total del edificio</b>			<b>153160,00</b>	W	<b>86917,00</b>
			<b>Carga total del edificio</b>			<b>156285,714</b>	VA	<b>88690,81633</b>
			<b>FP</b>			<b>0,98</b>		

Tabla 3.6 Carga Instalada y Demanda Tablero Principal de la Facultad.  
Fuente: Autor

### 3.7. Diagrama Unifilar.



### 3.8. Distribución Eléctrica General.





AREA  
794.14m<sup>2</sup>



PROYECTO:  
EDIFICIO DE LA FACULTAD DE JURISPRUDENCIA

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CONTENIDO:  
DISTRIBUCION ELECTRICA  
GENERAL - SEGUNDA PLANTA

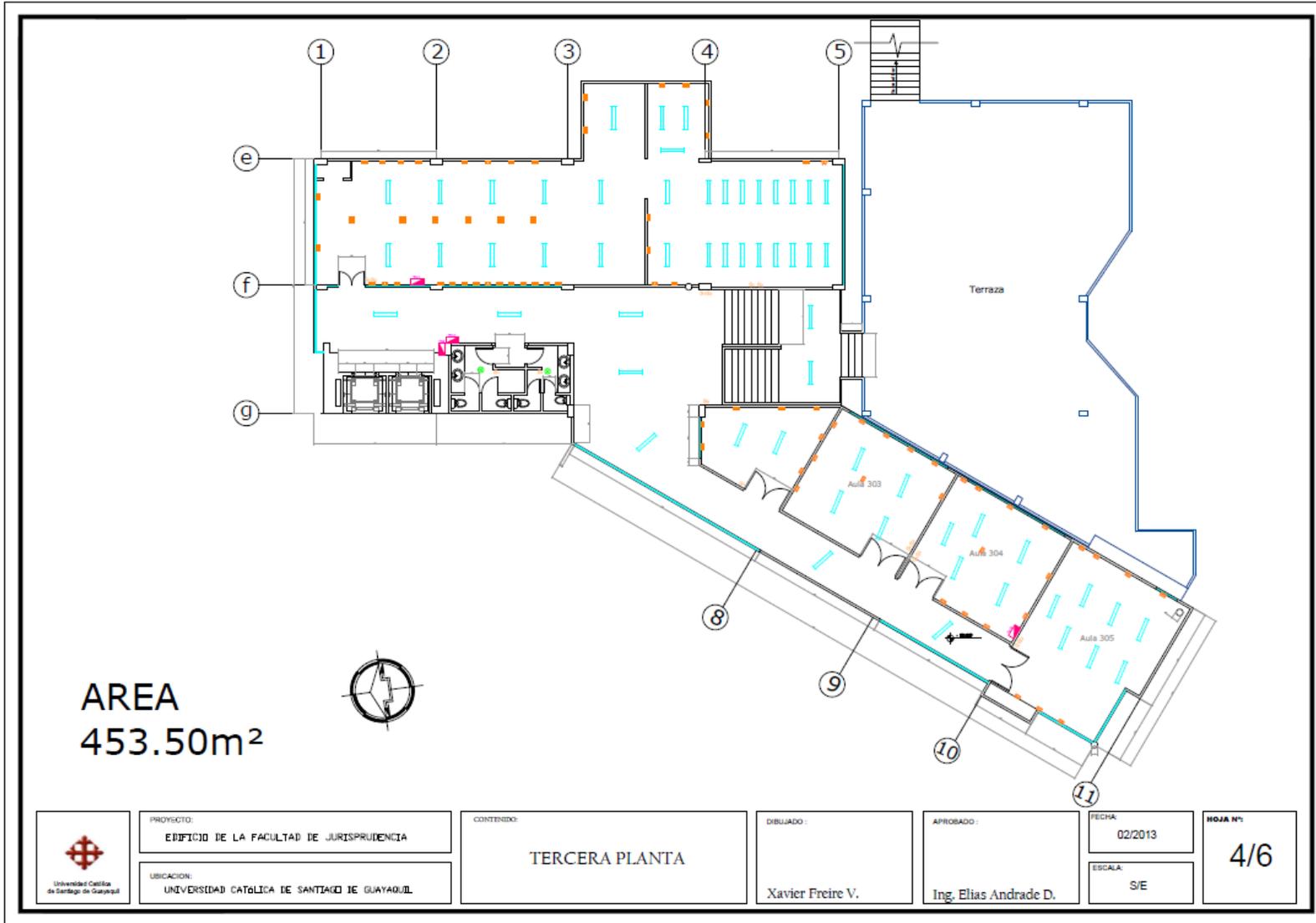
DIBUJADO:  
Xavier Freire V.

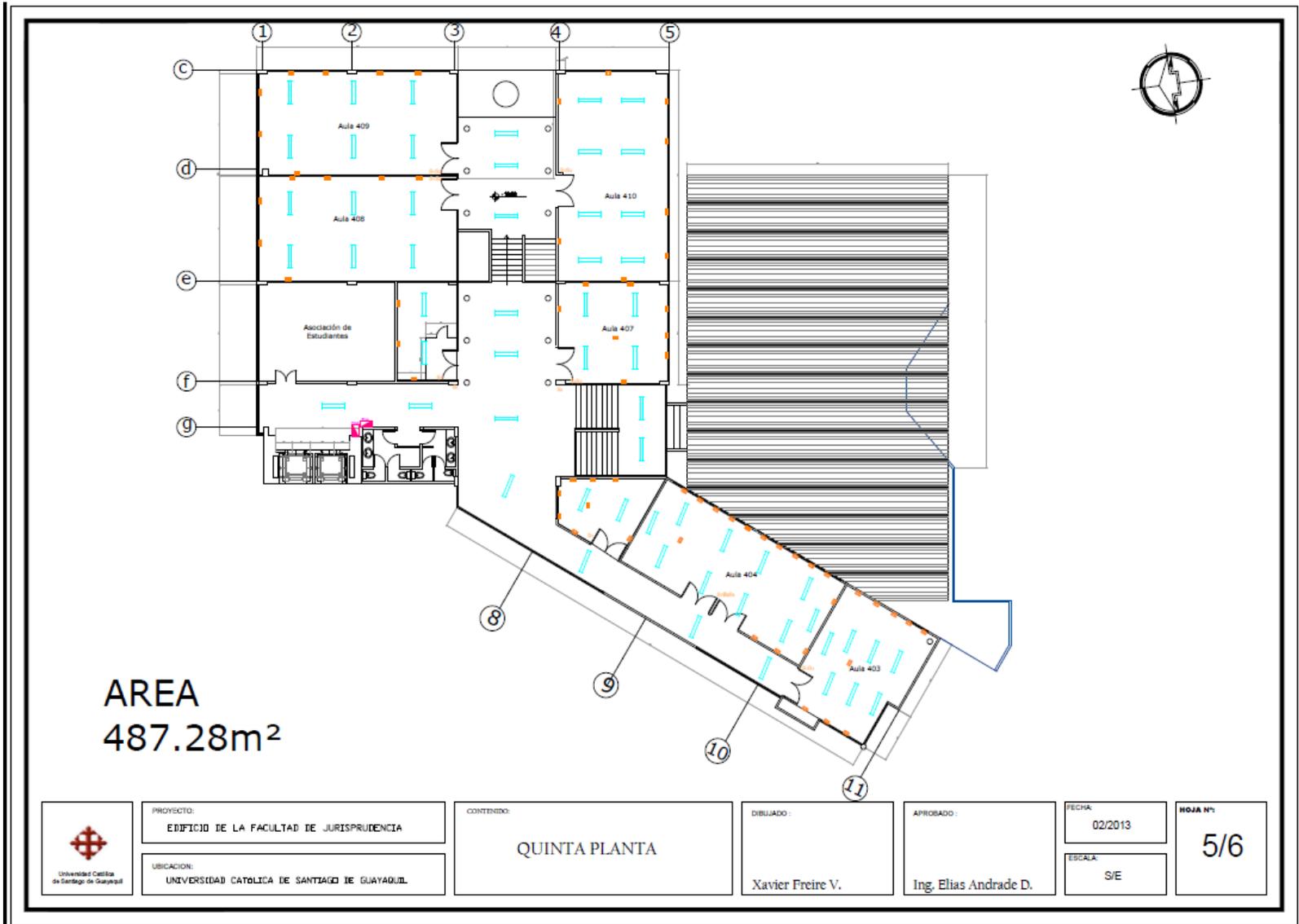
APROBADO:  
Ing. Elias Andrade D.

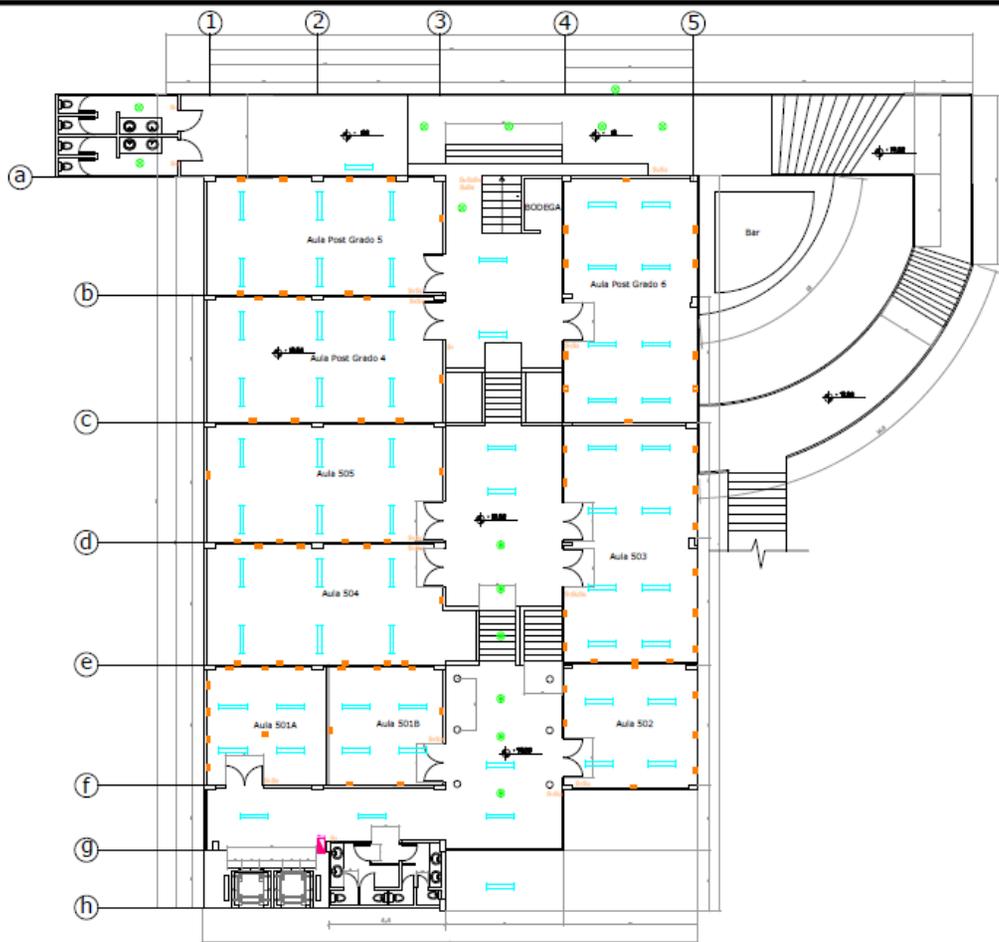
FECHA:  
02/2013

ESCALA:  
S/E

HOJA N°:  
3/6







AREA  
664.62m<sup>2</sup>

 Universidad Católica de Santiago de Guayaquil	PROYECTO: <b>EDIFICIO DE LA FACULTAD DE JURISPRUDENCIA</b>	CONTENIDO: <b>SEXTA PLANTA</b>	DIBUJADO: Xavier Freire V.	APROBADO: Ing. Elias Andrade D.	FECHA: 02/2013	HOJA N°: <b>6/6</b>
	UBICACION: UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL				ESCALA: S/E	

### 3.9. Levantamiento de la carga.

CUADRO GENERAL DE CARGAS Y PUNTOS ELECTRICOS																
		CARGAS ELECTRICAS										PUNTOS ELECTRICOS				
AREA	AULAS/ DEPARTAMENTOS	COMPUTADOR	A.A.	A.A. SPLIT	A. A. CENTRAL	PROYECTOR	IMPRESORAS COPIADORAS	TV	VENTILADOR	DISPENSADOR DE AGUA	OTROS EQUIPOS	TOMA 110V	TOMA 220V	ALUM. 32W	ALUM. 100W	ALUM. 20W
PLANTA BAJA	SALON VICENTE ROCAFUERTE	1			4	1						10		60		41
	ADMINISTRACION GENERAL	19		7		1	5		3			42	4	21	20	
	DECANATO	1		1				1				3	2	16		
	PASILLOS DECANATO															17
<b>TOTAL</b>		<b>21</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>55</b>	<b>6</b>	<b>97</b>	<b>20</b>	<b>58</b>

Tabla 3.7 Cargas y puntos Eléctricos TD4  
Fuente: Autor

CUADRO GENERAL DE CARGAS Y PUNTOS ELECTRICOS																	
		CARGAS ELECTRICAS										PUNTOS ELECTRICOS					
AREA	AULAS/ DEPARTAMENTOS	COMPUTADOR	A.A.	A.A. SPLIT	A. A. CENTRAL	PROYECTOR	IMPRESORAS COPIADORAS	TV	VENTILADOR	DISPENSADOR DE AGUA	OTROS EQUIPOS	TOMA 110V	TOMA 220V	ALUM. 32W	ALUM. 100W	ALUM. 20W	
PLANTA ALTA 1	BAR										8	11	1	11			
	COMERDOR DEL BAR							1	3			4	1				
	ASOCIACION DE JURISPRUDENCIA	3	1	1			2					5	1			24	
	SALA DE COMPUTO 1	22		1		1						35	3		6		
	SALA DE COMPUTO 2	26		1		1						24	3		6		
	AUDITORIO JJO	1		2		1		1			1	7		18			
	SALA DE LECTURA	15		2			2					43		56			
	PERGOLAS	1							6			47					
	PASILLOS/PA1														33		
	<b>TOTAL</b>		<b>68</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>176</b>	<b>9</b>	<b>118</b>	<b>12</b>	<b>24</b>

Tabla 3.8 Cargas y puntos Eléctricos TD6  
Fuente: Autor

CUADRO GENERAL DE CARGAS Y PUNTOS ELECTRICOS																
		CARGAS ELECTRICAS										PUNTOS ELECTRICOS				
AREA	AULAS/ DEPARTAMENTOS	COMPUTADOR	A.A.	A.A. SPLIT	A. A. CENTRAL	PROYECTOR	IMPRESORAS COPIADORAS	TV	VENTILADOR	DISPENSADOR DE AGUA	OTROS EQUIPOS	TOMA 110V	TOMA 220V	ALUM. 32W	ALUM. 100W	ALUM. 20W
PLANTA ALTA 2	IPUR	10		2		1	3			1		16	4	16		
	ECOMATERIALES	3							1					8		
	AULA 202	5		1		1	3			1		13	2		8	1
	AULA 203	1	1			1			4			7	2	27		
	AULA 204	1		1	1	1			4			9	1	27		
	AULA 205	31		1		1						33		27		
	AULA 206	1		1		1					1	10	4	18		
	AULA 207	28		1		1						27		18		
	AULA 208	1		1		1			2			11	1	12		
	PASILLOS/PA2											4				
<b>TOTAL</b>		<b>82</b>	<b>1</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>11</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>133</b>	<b>20</b>	<b>165</b>	<b>8</b>	<b>64</b>

Tabla 3.9 Cargas y puntos Eléctricos TD21  
Fuente: Autor

CUADRO GENERAL DE CARGAS Y PUNTOS ELECTRICOS																
		CARGAS ELECTRICAS										PUNTOS ELECTRICOS				
AREA	AULAS/ DEPARTAMENTOS	COMPUTADOR	A.A.	A.A. SPLIT	A. A. CENTRAL	PROYECTOR	IMPRESORAS COPIADORAS	TV	VENTILADOR	DISPENSADOR DE AGUA	OTROS EQUIPOS	TOMA 110V	TOMA 220V	ALUM. 32W	ALUM. 100W	ALUM. 20W
PLANTA ALTA 3	AULA 301	1		1		1			4			13		18		
	AULA 302	1		1		1			4			10	2	27		
	AULA 303	19		1		1						29	1	18		
	AULA 304	19		1		1						23		18		
	AULA 305	1		1		1			4			21	1	27		
	AULA 306	1		1		1			3			22	1		6	
	AULA 307	1		1		1			4			17		18		
	AULA 308	1		1		1			4			21	2	18		
	PASILLOS/PA3											5				
<b>TOTAL</b>		<b>44</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>23</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>161</b>	<b>7</b>	<b>144</b>	<b>6</b>	<b>54</b>

Tabla 3.10 Cargas y puntos Eléctricos TD22  
Fuente: Autor

### 3.10. Cuadro por Nominación

NOMINACIÓN 1	PLANTA BAJA		
	TOTAL DE CARGA	POTENCIA W	POTENCIA TOTAL (KW)
COMPUTADORA	21	200	4,2
A.A.	0	2200	0
A.A. SPLIT	8	4920	39,36
A.C. CENTRAL	4	9840	39,36
PROYECTOR	2	254	0,508
IMPRESOR/ACOPIADORA	5	200	1
VENTILADOR	65	126	8,19
DISPENSADOR DE AGUA	0	648	0
OTROS EQUIPOS	0	0	0
TOMACORRIENTE 110	55	150	8,25
TOMACORRIENTE 220	6	400	2,4
ALUMBRADO 32W	97	32	3,104
ALUMBRADO 100W	20	100	2
ALUMBRADO 20W	58	20	1,16
<b>TOTAL</b>			<b>109,632</b>

Tabla 3.11 Nominación TD4  
Fuente: Autor

NOMINACIÓN 2	PLANTA ALTA 1		
	TOTAL DE CARGA	POTENCIA W	POTENCIA TOTAL (KW)
COMPUTADORA	68	200	13,6
A.A.	1	2200	2,2
A.A. SPLIT	7	4920	34,44
A.C. CENTRAL	0	9840	0
PROYECTOR	3	254	0,762
IMPRESORA/COPIADORA	4	200	0,8
VENTILADOR	9	126	1,134
DISPENSADOR DE AGUA	0	648	0
OTROS EQUIPOS	1	2891	2,891

NOMINACIÓN	PLANTA ALTA 1		
	2	TOTAL DE CARGA	POTENCIA W
TOMACORRIENTE 110	176	150	26,4
TOMACORRIENTE 220	9	400	3,6
ALUMBRADO 32W	118	32	3,776
ALUMBRADO 100W	12	100	1,2
ALUMBRADO 20W	24	20	0,48
<b>TOTAL</b>			<b>91,483</b>

Tabla 3.12 Nominación TD6  
Fuente: Autor

NOMINACIÓN	PLANTA ALTA 2		
	3	TOTAL DE CARGA	POTENCIA W
COMPUTADORA	82	200	16,4
A.A.	1	2200	2,2
A.A. SPLIT	9	4400	39,6
A.C. CENTRAL	1	440	0,44
PROYECTOR	9	1650	14,85
IMPRESORA/COPIADORA	6	2200	13,2
VENTILADOR	11	126	1,386
DISPENSADOR DE AGUA	2	220	0,44
OTROS EQUIPOS	3	13931	41,793
TOMACORRIENTE 110	133	150	19,95
TOMACORRIENTE 220	20	400	8
ALUMBRADO 32W	165	32	5,28
ALUMBRADO 100W	8	100	0,8
ALUMBRADO 20W	64	20	1,28
<b>TOTAL</b>			<b>165,619</b>

Tabla 3.12 Nominación TD21  
Fuente: Autor

NOMINACIÓN	PLANTA ALTA 3		
	TOTAL DE CARGA	POTENCIA W	POTENCIA TOTAL (KW)
4			
COMPUTADORA	44	200	8,8
A.A.	0	2200	0
A.A. SPLIT	8	4400	35,2
A.C. CENTRAL	0	440	0
PROYECTOR	8	1650	13,2
IMPRESORA/COPIADORA	0	2200	0
TV	0	2200	0
VENTILADOR	23	126	2,898
DISPENSADOR DE AGUA	0	220	0
OTROS EQUIPOS	0	0	0
TOMACORRIENTE 110	161	150	24,15
TOMACORRIENTE 220	7	400	2,8
ALUMBRADO 32W	144	32	4,608
ALUMBRADO 100W	6	100	0,6
ALUMBRADO 20W	54	20	1,08
<b>TOTAL</b>			<b>93,336</b>

Tabla 3.13 Nominación TD22  
Fuente: Autor

NOMINACIÓN	PLANTA ALTA 4		
	TOTAL DE CARGA	POTENCIA W	POTENCIA TOTAL (KW)
5			
COMPUTADORA	2	200	0,4
A.A.	0	2200	0
A.A. SPLIT	2	4400	8,8
A.C. CENTRAL	0	440	0
PROYECTOR	2	1650	3,3
IMPRESORA/COPIADORA	0	2200	0
TV	0	2200	0
VENTILADOR	8	220	1,76

NOMINACIÓN	PLANTA ALTA 4		
	TOTAL DE CARGA	POTENCIA W	POTENCIA TOTAL (KW)
5			
DISPENSADOR DE AGUA	0	220	0
OTROS EQUIPOS	0	0	0
TOMACORRIENTE 110	19	150	2,85
TOMACORRIENTE 220	4	400	1,6
ALUMBRADO 32W	24	32	0,768
ALUMBRADO 100W	0	100	0
ALUMBRADO 20W	13	20	0,26
<b>TOTAL</b>			<b>19,738</b>

Tabla 3.14 Nominación TD23

Fuente: Autor

### 3.11. Cuadro Total de Cargas Instaladas

TOTAL CARGAS INSTALADAS					
	TOTAL DE PUNTOS	WATIOS (W)	FACTOR DE UTILIZACION	POTENCIA POR PUNTO (W)	POTENCIA TOTAL (KW)
COMPUTADORA	217	200	0,5	21700	21,7
A.A.	2	2200	0,5	2200	2,2
A.A. SPLIT	34	4400	0,4	59840	59,84
A.C. CENTRAL	5	440	0,3	660	0,66
PROYECTOR	24	254	0,3	1828,8	1,8288
VENTILADOR	54	220	0,4	4752	4,752
DISPENSADOR DE AGUA	2	220	1	440	0,44
TOMACORRIENTE 110	544	150	0,4	32640	32,64
TOMACORRIENTE 220	46	400	0,4	7360	7,36
ALUMBRADO 32W	548	32	0,7	12275,2	12,2752
ALUMBRADO 100W	46	100	0,7	3220	3,22
ALUMBRADO 20W	213	20	0,7	2982	2,982
				<b>TOTAL</b>	<b>194,5524</b>
				<b>FACTOR DE COINCIDENCIA</b>	<b>0,85</b>
				<b>TOTAL KVA</b>	<b>165,36954</b>

Tabla 3.14 Total de Carga  
Fuente: Autor

Tenemos los siguientes resultados para el Banco de Transformadores en la tabla 3.7.

N°	Descripción	Formula	Demanda KVA
1	<b>Sistema En Estrella</b>		
2	Capacidad de 1 transformador=	demanda total/3	28,27
3	<b>Transformadores en estrella</b>		<b>3X 37,5</b>
6	<b>Sistema en Delta Cerrado</b>		
7	transformador A =	$2/3(\text{carga monofásica})+1/3(\text{carga trifásica})$	77,01
	transformador B,C=	$1/3(\text{carga total})$	51,05
	<b>Transformador A En Delta Cerrado</b>		<b>1X 100</b>
	<b>Transformadores B,C en Delta cerrado</b>		<b>2X 75</b>
	<b>Sistema En Delta Abierta</b>		
	Transformador a=	$100\%(\text{carga monofásica})+58\%(\text{carga trifásica})$	121,53
	Transformador b,c=	$58\%(\text{carga trifásica})$	43,67
	<b>Transformador a en delta abierta</b>		<b>1x 167</b>
	<b>Transformador b,c en delta abierta</b>		<b>2x 50</b>

Tabla 3.15. Transformadores Seleccionados del Cálculo de Carga.  
Fuente: Autor

### 3.12. Cálculos para el Dimensionamiento del Generador de Emergencia.

De los resultados anteriores se tiene, el dimensionamiento del Generador más adecuado para este centro educativo. Véase la Tabla la 3.7.

TABLERO PRINCIPAL								
N	1Φ	3Φ	Descripción	Cant.	C. Inst.	OPERACIÓN (W)	F.R.B	R.BLOQUEADO(W)
1		x	A. Acondicionado	1,00	8050,00	8050,00	1,25	10062,50
2		x	A. Acondicionado	1,00	8050,00	8050,00	1,25	10062,50
3		x	Primer Piso	1,00	3600,00	3600,00	1,00	3600,00
4		x	Segundo Piso	1,00	3600,00	3600,00	1,00	3600,00
5		x	Tercer Piso	1,00	3600,00	3600,00	1,00	3600,00
6		x	A. Acondicionado	1,00	3200,00	3200,00	1,25	4000,00
7	x		A. Acondicionado	1,00	2400,00	2400,00	1,25	3000,00
8		x	A. Acondicionado	1,00	3200,00	3200,00	1,25	4000,00
9		x	Cuarto Piso	1,00	3600,00	3600,00	1,00	3600,00
10		x	Quinto Piso	1,00	3600,00	3600,00	1,00	3600,00
11	x		Alumbrado de Postes	4,00	250,00	1000,00	1,00	1000,00
12		x	A. Acondicionado	1,00	2400,00	2400,00	1,25	3000,00
13		x	A. Acondicionado	1,00	2400,00	2400,00	1,25	3000,00
14		x	A. Acondicionado	1,00	2400,00	2400,00	1,25	3000,00
15		x	Ascensor 1	1,00	9000,00	9000,00	1,25	11250,00
16		x	Ascensor 2	1,00	9000,00	9000,00	1,25	11250,00
17		x	Bomba Contra Incendios 5HP	2,00	3730,00	7460,00	1,25	9325,00
18				<b>TOTAL</b>		<b>76560,00</b>		<b>90950,00</b>
			<b>Kw Operación</b>		<b>76560,00</b>			

TABLERO PRINCIPAL								
N	1Φ	3Φ	Descripción	Cant.	C. Inst.	OPERACIÓN (W)	F.R.B	R.BLOQUEADO(W)
			Kw Rotor bloqueado			90950,00		
			Total			167510,00		
			Factor de Seguridad	8%		13400,8		
			Generador			180910,80		

Tabla 3.16. Dimensionamiento del Generador de Emergencia.

Fuente: Autor

### 3.13. Características del Generador de Emergencia.

De los resultados anteriores se tiene, un Generador de 180 kW modelo C9 para la facultad con las siguientes características. Véase la Tabla la 3.8. Y la figura 3.23.



Fig. 3.23. Generador Modelo C9.

Fuente: Internet

<b>N</b>	<b>Descripción</b>	<b>Características</b>
1	Rango Mínimo	180 ekW
2	Rango Máximo	300 ekW
3	Voltaje	208-600 Voltios
4	Frecuencia	60 Hz
5	Velocidad	1800 RPM
<b>Configuraciones del Generador</b>		
1	Emisión de Combustible	EPAESE
<b>Especificaciones del Motor</b>		
1	Modelo del motor	C9 ATAAC, I-6, 4 tiempos refrigerado por agua Diesel
2	Calibre	112 mm (4,41 pulgadas)
3	Desplazamiento	8.8 L (537.01 in3)
4	Carrera	149 mm (5.87 in)
5	Relación de compresión	16.1:1
6	Aspiración	Pos enfriado
7	Regulador	Tipo Adem <sup>TM</sup> A4
8	Sistema de combustible	Inyección hidráulica unidad electrónica

Tabla 3.17. Dimensionamiento del Generador de Emergencia.  
Fuente: Autor

## CAPITULO 4

### PRESUPUESTO

#### 4.1. Presupuesto

Con el siguiente presupuesto se detalla el costo total que se necesita para realizar el mejoramiento de las instalaciones eléctricas de la Facultad De Jurisprudencia.

N	DESCRIPCION DEL TRABAJO	COSTO
1	MANTENIMIENTO DE TABLERO PRINCIPAL TDP	1180.22
2	MANTENIMIENTO DE TABLERO ELECTRICO TD4	806.50
3	MANTENIMIENTO DE TABLERO ELECTRICO TD16	788.10
4	MANTENIMIENTO DE TABLERO ELECTRICO TD18	788.10
5	REPARACION DE TABLERO ELECTRICO TD21	1311.83
6	REPARACION DE TABLERO ELECTRICO TD22	1466.27
7	REPARACION DE TABLERO ELECTRICO TD23	1088.03
8	REPARACION DE TABLERO ELECTRICO TD24	1088.03
9	MANTENIMIENTO Y REPARACION DE TOMACORRIENTE DE 110 V	1008.10
10	MANTENIMIENTO DE LUMINARIAS DE 2 X 40 W	943.13
11	ADQUISICION E INSTALACION DE 01 GENERADOR DE EMERGENCIA DE 180 KW	90122.29
12	MANTENIMIENTO DE CUARTO DE TRANSFORMADOR DE 400 KVA	2098.16
<b>COSTO TOTAL</b>		<b>\$ 102.688,76</b>

Tabla 4.1. Presupuesto de Trabajos a Realizar.  
Fuente: Autor

#### 4.2. Análisis de Sueldo

SUELDO BASICO AÑO 2014	340			
	Ingeniero Eléctrico	Supervisor	Electricista	Ayudante
SUELDO MENSUAL	700.00	550.00	450.50	420.00
SUELDO ANUAL	8400.00	6600.00	5406.00	5040.00
13ER (SUELDO ANUAL/12= 24,33)	700.00	550.00	450.50	420.00
14TO	340.00	340.00	340.00	340.00
APORTE PATRONAL (SUELDO*12,15%)	1020.60	801.90	656.83	612.36
FONDO DE RESERVA (SUELDO/12)	700.00	550.00	450.50	420.00
TOTAL ANUAL	11160.60	8841.90	7303.83	6832.36
TOTAL MENSUAL	930.05	736.83	608.65	569.36
JORNADA REAL	48.15	38.15	31.51	29.48
COSTO HORARIO	6.02	4.77	3.94	3.68

Tabla 4.2. Análisis de sueldo para el año 2014.  
Fuente: Autor

## **CAPITULO 5**

### **CONCLUSIONES**

- El Transformador Trifásico de 400KVA se encuentra trabajando con un factor de utilización es de 38.75% de su capacidad nominal.
- Las instalaciones eléctricas en el sistema de baja tensión se encuentran en un estado estable.
- En los tableros eléctricos de la facultad de Jurisprudencia, actualmente se logró determinar que algunos breakers se encuentran fuera de servicio y en otros casos menores a la capacidad requerida de la carga.
- En algunas luminarias que se encuentra en pasillo y parte exterior presenta tubos de fluorescentes fuera de servicio; así mismo con las tomas corrientes que no tienen energía.
- El medidor de parámetros eléctricos del panel principal se encuentra de servicio.

## RECOMENDACIONES

- En el tablero principal, dejar operativo el sistema de control y monitoreo, para llevar registros de los parámetros eléctricos con la finalidad de realizar mejoras y tomar acciones correctivas cuando sean necesarias.
- Debe existir una mayor restricción en el acceso al cuarto del transformador trifásico, debido a que actualmente se encuentra sin ninguna seguridad.
- Es necesario la adquisición e instalación de un generador de emergencia con su respectiva transferencia automática para suplir cuando se tenga falta del suministro de energía eléctrica.
- Se debe de realizar una limpieza al cuarto del transformador trifásico y tableros eléctricos, ya que actualmente se logró visualizar presencia de polvo.
- Implementar un plan de mantenimiento preventivo para los tableros y accesorios eléctricos instalados.

## BIBLIOGRAFÍA

- Guía de Diseño de Instalaciones Eléctricas, Abril 2010, Schneider Electric España, S.A., Cuarta Edición.
- <http://www.schneiderelectric.es>
- National Electrical Code (NEC), 2008, NFPA.
- <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/document-information-pages?mode=code&code=70>
- Normas de Acometidas, Cuartos de Transformadores y Sistemas de Medición para el Suministro de Electricidad (NATSIM), 2012, Eléctrica de Guayaquil.
- <http://www.electricaguayaquil.gob.ec/index.php/la-empresa/boletines>
- [http://www.endesaeduca.com/Endesa\\_educa/recursos-interactivos/el-transporte-de-electricidad/xvi.-las-subestaciones-electricas](http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/el-transporte-de-electricidad/xvi.-las-subestaciones-electricas)
- Manual de Aplicación, Conjuntos Generadores enfriados con Líquido, Mayo 2010, Cummins Power Generation.
- <http://www.cumminspower.com/es/>
- <http://www.macallisterpowersystems.com/solutions/engineering-toolbox/generator-set-rooms-enclosures/>

- Estudio de Calidad de Energía, SECOVI® Planta Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Agosto del 2006.
- Advanced power quality analysis coupled with revenue accuracy in a web compatible meter, PowerLogic® ION7550/ION7650 series, Energy and power meters. Schneider Electric.
- PowerLogic™ ION7550/ION7650, Power and energy meters, User guide ,70002-0248-07, Septiembre 2010, Schneider Electric.
- [http://www.powerlogic.com/product.cfm/c\\_id/1/sc\\_id/2/p\\_id/2](http://www.powerlogic.com/product.cfm/c_id/1/sc_id/2/p_id/2)
- <http://www.chipkin.com/files/liz/PowerLogic%20ION%207550%207650%20User%20Guide%20082004.pdf>
- Artículo Armónicos y la norma IEEE 519 1992
- <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=570&edi=7>
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE 2115:2004
- [http://apps.inen.gob.ec/normas/norma.php?COD\\_NORMA=2230](http://apps.inen.gob.ec/normas/norma.php?COD_NORMA=2230)

## GLOSARIO

- **Media Tensión:** es el término que se usa para referirse a instalaciones eléctricas de alta tensión, con tensiones entre 1,599 y 2500 v (volts). En ocasiones, se extiende el uso del término a pequeñas instalaciones de 30 kV para distribución. Dichas instalaciones son frecuentes en líneas de distribución que finalizan en Centros de Transformación en donde, normalmente, se reduce la tensión hasta los 400 voltios.
- **Baja Tensión:** es la que se encuentra en los siguientes límites de tensiones nominales: corriente alterna, igual o inferior a 1.000 voltios; corriente continua, igual o inferior a 1.500 voltios.
- **Subestación Eléctrica:** Una subestación eléctrica es una instalación destinada a modificar y establecer los niveles de tensión de una infraestructura eléctrica, para facilitar el transporte y distribución de la energía eléctrica.
- **Transformador:** Es un dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la potencia. La potencia que ingresa al equipo, en el caso de un transformador ideal (esto es, sin pérdidas), es igual a la que se obtiene a la salida. Las máquinas reales presentan un pequeño porcentaje de pérdidas, dependiendo de su diseño y tamaño, entre otros factores.
- **Distorsión:** Se entiende por distorsión la diferencia entre la señal que entra a un equipo o sistema y la señal que sale del mismo. Por tanto,

puede definirse como la "deformación" que sufre una señal tras su paso por un sistema. La distorsión puede ser lineal o no lineal.

- **IEEE:** Corresponde a las siglas de (Institute of Electrical and Electronics Engineers) en español Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, una asociación técnico-profesional mundial dedicada a la estandarización, entre otras cosas. Con cerca de 425.000 miembros y voluntarios en 160 países, es la mayor asociación internacional sin ánimo de lucro formada por profesionales de las nuevas tecnologías, como ingenieros eléctricos, ingenieros en electrónica, científicos de la computación, ingenieros en informática, matemáticos aplicados, ingenieros en biomédica, ingenieros en telecomunicación e ingenieros en Mecatrónica.