



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL
DESARROLLO**

**TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN ELÉCTRICO-MECÁNICO CON MENCIÓN EN
GESTIÓN EMPRESARIAL**

TEMA:

**“Análisis Integral de la Operación de los Cuartos de
Transformación Eléctrica, Plan de Mejora de la Facultad de
Medicina de la UCSG”**

ELABORADO POR:

LUIS ALBERTO RODRÍGUEZ MENDOZA

Guayaquil, Abril del 2014



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el proyecto de grado titulado **ANÁLISIS INTEGRAL DE LA OPERACIÓN DE LOS CUARTOS DE TRANSFORMACIÓN ELÉCTRICA, PLAN DE MEJORA DE LA FACULTAD DE MEDICINA DE LA UCSG** desarrollado por Angel Murillo AVECILLAS fue realizado, corregido y terminado, razón por la cual está apto para su presentación y sustentación.

Guayaquil, Abril del 2014

.....

MBA. Héctor Cedeño Abad

DIRECTOR DE TESIS

REVISADO POR:

.....

Ing. Hugo Lucero

.....

Ing. Jorge Carrillo

.....

Ing. Armando Heras Sánchez

DIRECTOR DE CARRERA



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL
DESARROLLO**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Luis Alberto Rodríguez Mendoza

DECLARO QUE:

El trabajo de titulación denominado **“Análisis Integral de la Operación de los Cuartos de Transformación Eléctrica, Plan de Mejora de la Facultad de Medicina de la UCSG”**, previa a la obtención del título de ingeniería en Eléctrica-Mecánica, 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, Abril del 2014

Luis Rodríguez Mendoza



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL
DESARROLLO**

AUTORIZACIÓN

Yo, Luis Alberto Rodríguez Mendoza

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación en la biblioteca de la institución del trabajo de titulación: “**Análisis Integral de la Operación de los Cuartos de Transformación Eléctrica, Plan de Mejora de la Facultad de Medicina de la UCSG**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, Abril del 2014

Luis Rodríguez Mendoza

DEDICATORIA

Todo este proyecto de tesis va dedicado a Dios por darme el don de realizar las cosas siempre de buena fe, tener salud y permitirme culminar mi carrera profesional.

A mi familia quienes me han apoyado siempre en todos los momentos buenos y malos. Mis padres por los consejos brindados y ser los partícipes de mi existencia, mis hermanos por estar siempre pendientes de mi, y a mi esposa e hijas por estar siempre a mi lado.

AGRADECIMIENTO

A toda mi familia que es un pilar importante, a mis padres, hermanos, a mi esposa por el apoyo incondicional en momentos difíciles que he tenido que pasar.

A todos mis profesores de los cuales he adquirido gran conocimiento y en especial al Ing. Héctor Cedeño por su paciencia y apoyo total como director de tesis.

RESUMEN

En la Facultad de Medicina de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil se presenta el problema de que los transformadores que están en los cuartos de transformación, tienden a elevar la temperatura causando el calentamiento de los conductores de salida del secundario de los transformadores, se ha comprobado que los cuartos de transformación no tienen ventilación y además tienen un sistema delta abierto que da suministro de energía al edificio antiguo de la facultad lo que puede ser un gran problema si llegara a quedar fuera de servicio este banco dejaría sin energía a un sector muy importante de la facultad, en Odontología se tiene un solo transformador alimentado de una tensión de 13.2kV que también presenta problemas de temperatura debido al diseño del cuarto ya que no consta de ventilación y por el funcionamiento mismo del transformador sube la temperatura, la cual debe ser disipada hacia el exterior del cuarto y no teniendo una ventilación forzada aumenta la temperatura del mismo. Se tiene dos transformadores de distribución de potencia que también dan energía al edificio antiguo de la facultad, el sistema de emergencia que consta de un generador está instalado en sitio pero no se encuentra conectado por lo que en caso de falla de algún servicio no se tendría la energía de emergencia para lo que se adquirió el generador. En el Edificio Nuevo se encuentra un banco de tres transformadores monofásicos de 167 KVA lo que a primera vista abastece la carga del nuevo edificio y que para su correcto funcionamiento se tendría que realizar un plan de mantenimiento para dar servicio continuo de energía y alargar la vida útil del mismo. En el presente trabajo de tesis se toma la responsabilidad de este problema y mediante los conocimientos adquiridos a lo largo de lo que implica la carrera electro mecánica impartir los conocimientos para dar un plan de estudio y plan de mejoras sobre la situación de los cuartos de transformadores.

Al inicio se realizará un estudio detallado de la situación actual en sitio de los bancos de transformadores, así como también del estado de la recámara

que los contiene, se analizará a que se debe el calentamiento de los transformadores y se revisaran si cumple con los requerimientos de seguridad que las normas específicas dicten. Como parte de la solución a este problema se desarrollan y se realizan programas de mantenimiento a cada uno de los transformadores de la facultad de medicina, se tratará en lo posible dar mantenimiento a los cuartos de transformación y dar las posibles soluciones a cada cuarto para disminuir la temperatura.

Teniendo todos los datos detallados se evaluará y se emitirá por escrito en la presente tesis el plan de mejoramiento inmediato a aplicarse, como parte de la solución. En él se detallarán la reubicación de los cuarto especialmente del banco delta abierto, y se hará notar la necesidad de reubicarlos en otro sitio o si no reemplazarlos por un solo transformador Padmounted indicando su ubicación. Se realiza primero una inspección visual de todas las recámaras de transformación, luego el levantamiento de los transformadores y los cuartos se dará mantenimiento a cada a transformador y se aplicará un plan de mejoramiento de las condiciones de la ubicación de estos transformadores.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	vii
INDICE GENERAL.....	ix
ABREVIATURAS.....	xv
SIMBOLOGIA	xvii
INDICE DE FIGURAS.....	xviii
INDICE DE TABLAS.....	xxiv
INDICE DE PLANOS.....	xxix
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I	
1. MARCO METODOLOGICO.....	3
1.1 Introducción.....	3
1.2 Antecedentes.....	4
1.3 Justificación.....	5
1.4 Planteamiento del problema.....	5
1.5 Objetivos.....	5
1.5.1 Objetivo general.....	5
1.5.2 Objetivos específicos.....	6
1.6 Metodología de la investigación.....	7
1.7 Cronograma de trabajo.....	8
CAPITULO II	
2. MARCO TEORICO.....	9
2.1 Introducción.....	9
2.2 Normas eléctricas.....	11
2.3 Centros de transformación.....	13
2.3.1 Requerimientos.....	13
2.3.2 Ubicación.....	14
2.3.3 Características constructivas.....	14

2.3.4	Mantenimiento.....	16
2.3.5	Ductos de entrada a cuartos de transformadores.....	17
2.4	Tableros principales de distribución.....	18
2.4.1	Definición.....	18
2.4.2	Clasificación de tableros eléctricos.....	19
2.4.3	Ubicación de tableros eléctricos.....	20
2.4.4	Distancias.....	21
2.4.5	Aislamiento de los conductores.....	21
2.4.6	Puesta a tierra.....	22
2.5	Bancos de transformadores trifásicos.....	23
2.5.1	Introducción.....	23
2.5.2	Definición.....	25
2.5.3	Conexión Y – Y.....	26
2.5.4	Conexión Y – Δ	30
2.5.5	Conexión Δ – Y.....	33
2.5.6	Conexión Δ – Δ	34
2.6	Transformadores en conexión Y abierta – Δ abierta.....	36
2.6.1	Generalidades.....	36
2.6.2	Capacidad de carga del banco de transformadores en conexión Y abierta - Δ abierta.....	38
2.6.3	Determinación de la capacidad de los dos transformadores del banco en conexión Y abierta – Δ abierta.....	46
2.6.4	Consideraciones generales del conexionado del banco de transformadores Y abierta - Δ abierta.....	51
2.7	Montaje de transformadores en postes.....	54
2.7.1	Generalidades.....	54
2.7.2	Montaje de transformador monofásico convencional en poste.....	57
2.7.3	Montaje de transformador trifásico en poste.....	59
2.7.4	Montaje de banco delta - abierto en poste.....	62
2.7.5	Montaje de transformador trifásico convencional	

en poste tipo H.....	64
----------------------	----

CAPITULO III

3. INVESTIGACION DE CAMPO.....	66
3.1 Descripción de la situación actual de los cuartos de transformación eléctricos de la Facultad de Medicina.....	66
3.1.1 Cuarto de transformador de Odontología.....	66
3.1.1.1 Ubicación actual y características del cuarto de transformación.....	67
3.1.1.2 Especificaciones técnicas de equipos.....	67
3.1.1.3 Inspección visual del cuarto de transformación.....	69
3.1.2 Cuarto de banco de transformadores del Edificio Antiguo conexión Y abierto aterrizado - Δ abierto aterrizado.....	71
3.1.2.1 Ubicación actual y características del cuarto de transformación.....	71
3.1.2.2 Especificaciones técnicas de equipos.....	72
3.1.2.3 Inspección visual del cuarto de transformación.....	73
3.1.3 Cuarto de banco de transformadores trifásicos del Edificio de Laboratorios (Nuevo).....	75
3.1.3.1 Ubicación actual y características del cuarto de transformación.....	75
3.1.3.2 Especificaciones técnicas de equipos.....	76
3.1.3.3 Inspección visual del cuarto de transformación.....	77
3.2 Dos transformadores idénticos monofásicos de distribución tipos convencionales de 50KVA, 13200V GRDY/7620V - 220/127V, ubicados en el Poste # 39 que entregan energía eléctrica al Anfiteatro.....	79
3.2.1 Especificaciones técnicas de equipos.....	79
3.2.2 Inspección visual de los transformadores.....	81
3.3 Diagrama unifilar del sistema eléctrico e implantación física de equipos y recorridos de líneas de media tensión.....	82

3.4 Cargabilidad de los transformadores de la Facultad de Medicina utilizando el analizador de redes (Medidor ION 7600).....	83
3.4.1 Cargabilidad utilizando el analizador de redes (Medidor ION 7600).....	83
3.4.1.1 Medición de voltajes y corrientes en baja tensión del banco de transformadores Y abierto aterrizado - Δ abierto aterrizado.....	83
3.4.1.2 Medición de voltajes y corrientes en baja tensión del transformador_1 de 50KVA en poste#39.....	91
3.4.1.3 Medición de voltajes y corrientes en baja tensión del Transformador_2 de 50KVA en poste #39.....	96
3.4.1.4 Medición de voltajes y corrientes en baja tensión del banco trifásico del edificio nuevo.....	100
3.4.2 Cargabilidad utilizando el amperímetro (Fluke322).....	108
3.4.2.1 Medición de corrientes en baja tensión del transformador de Odontología.....	108
3.4.2.2 Medición de corrientes en baja tensión del banco Y abierto aterrizado - Δ abierto aterrizado.....	111
3.4.2.3 Medición de corrientes en baja tensión del banco de transformadores del Edificio de Laboratorios (Edificio Nuevo).....	114
3.4.2.4 Medición de corrientes en baja tensión del transformador_1 de 50KVA en poste #39.....	117
3.4.2.5 Medición de corrientes en baja tensión del transformador_2 de 50KVA en poste #39.....	120
3.4.3 Proyección de cargas a futuro.....	123
3.5 Generador de emergencia.....	124

CAPITULO IV

4. PLAN DE MEJORAS INMEDIATO.....	129
-----------------------------------	-----

4.1	Mantenimiento de transformador monofásico tipo convencional de Odontología de 50KVA, 13200V GRDY/7620V, 220/127V.....	129
4.1.1	Trabajos realizados en el cuarto de transformación.....	129
4.1.2	Trabajos realizados en el tablero principal de distribución.....	131
4.2	Mantenimientos de transformadores monofásicos tipos convencionales de 100KVA-50KVA, 13.2KV GRDY/7620V, 220/127V Y abierto aterrizado - Δ abierto aterrizado.....	132
4.2.1	Trabajos realizados en el cuarto de transformación.....	132
4.2.2	Trabajos realizados en el tablero principal de distribución.....	134
4.3	Mantenimientos de banco de transformadores trifásicos tipos convencionales de 500KVA, 13200V, GRDY/7620V, 220/127V.....	135
4.3.1	Trabajos realizados en el cuarto de transformación.....	135
4.3.2	Trabajos realizados en el tablero principal de distribución.....	137

CAPITULO V

5.	Plan de mejoras a corto plazo de la Facultad de Medicina.....	139
5.1	Reemplazo de los transformadores ubicados en el poste #39 y los transformadores del Edificio Antiguo por un transformador trifásico Padmounted de 500KVA	139
5.1.1	Presupuesto.....	140
5.1.2	Plano de mejoras propuestas.....	141
5.2	Reemplazo del transformador ubicados en el poste #39 y los transformadores del Edificio Antiguo por un transformador trifásico tipo distribución de 500KVA.....	142
5.2.1	Presupuesto.....	144
5.2.2	Plano de mejoras propuestas	145
5.3	Reemplazo de transformadores ubicados en el poste #39 y los transformadores del Edificio Antiguo por un banco de transformadores trifásicos tipo convencionales.....	146
5.3.1	Presupuesto.....	148
5.3.2	Plano de mejoras propuestas	149
5.4	Reemplazo del transformador de 50KVA del cuarto	

de transformación de Odontología por uno de 100KVA.....	151
5.4.1 Presupuesto.....	152
5.4.2 Plano de mejoras propuestas	153

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

ANEXOS

BIBLIOGRAFIA

ABREVIATURAS

CIEPI	Colegio de Ingenieros Eléctricos de Pichincha
INECEL	Instituto Ecuatoriano de Electrificación
CPE	Código de Practica Ecuatoriano
INEN 19	Normas de Acometidas, Cuartos de Transformadores y Sistemas de Medición para Suministro de Electricidad
NATSIM	Normas de Acometidas, Cuartos de Transformadores y Sistemas de Medición para Suministro de Electricidad
F.e.m.	Fuerza Electromotriz
C.C.	Corriente Continua
C.A.	Corriente Alterna
V _{LP}	Voltaje de línea del primario del transformador
N _{P1}	Numero de espiras del primario del transformador
N _{S1}	Numero de espiras del secundario del transformador
a	Relación de transformación del transformador
V _{φP}	Voltaje de fase del primario del transformador
V _{LS}	Voltaje de línea del secundario el transformador
V _a	Voltaje de la fase a, en el primario del transformador
V _{a'}	Voltaje de la fase a', en el secundario del transformador
V _{ab}	Voltaje de línea , en el primario del transformador
V _{a'b'}	Voltaje de línea , en el secundario del transformador
I _a	Corriente de fase a, en el primerio del transformador
I _{a'}	Corriente de fase a', en el secundario del transformador
L _A	Carga en el transformador A
L _B	Carga en el transformador B
M	Carga monofásica con factor de potencia Θ_M
T	Carga trifásica con factor de potencia Θ_T
GRDY	Conectado en estrella con neutro aterrizado
H.C.	Hormigón armado

AWG	American Wire Gauge, calibre de conductores
MCM	Mil circular mil
2P	Dos polos
4P	Cuatro polos
r.p.m.	Revoluciones por minuto
Fp	Factor de potencia
I1	Intensidad de corriente 1

SIMBOLOGIA

V	Voltios
KVAR	Kilo-voltamperios reactivos
KV	Kilovoltios
%	Tanto por ciento
KW	Kilovatios
m	metros
cm	Centímetros
°C	Grados Centígrados
1"	Indica una pulgada
mm	Milímetros
Y	Indica conexión en estrella
Δ	Indica conexión en delta, también llamada conexión triangulo
Hz	Hercios
P	Potencia activa
$\cos\theta$	Factor de potencia
Q	Potencia reactiva
Kg	Kilogramos
Cu	Cobre
Kgf	Kilogramos-fuerza
A	Amperios
KA	Kiloamperios
#	Indica numero
H1	Terminal en el primario del transformador
x1	Terminal en el secundario del transformador

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1.	Banco trifásico en conexión Y-Y.....	27
Figura 2.2.	Banco trifásico en conexión Y- Δ	30
Figura 2.3.	Banco trifásico en conexión Δ - Y.....	33
Figura 2.4.	Banco trifásico en conexión Δ - Δ	35
Figura 2.5.	Banco estrella abierta – delta abierta.....	37
Figura 2.6.	Diagrama vectorial de voltajes del secundario.....	39
Figura 2.7.	Diagrama de conexión Y abierta – Δ abierta.....	40
Figura 2.8.	Banco trifásico Y – Δ con carga resistiva.....	41
Figura 2.9.	Banco Y abierto – Δ abierto con carga resistiva.....	42
Figura 2.10.	Transformadores del banco Y abierta – Δ abierta.....	48
Figura 2.11.	Diagrama simplificado del banco Y abierta – Δ abierta.....	49
Figura 2.12.	Diagrama de conexión banco delta abierto.....	52
Figura 2.13.	Transformador monofásico convencional tipo poste.....	55
Figura 2.14.	Transformador monofásico auto-protegido tipo poste.....	55
Figura 2.15.	Montaje de transformador monofásico en poste.....	57
Figura 2.16.	Montaje de transformador trifásico en poste.....	59
Figura 2.17.	Montaje de banco delta - abierto en poste.....	62
Figura 2.18.	Montaje de transformador trifásico en poste tipo H.....	64
Figura 3.1.	Cuarto de transformador de Odontología.....	66
Figura 3.2.	Ubicación del cuarto de transformador de Odontología.....	67

Figura 3.3.	Acometida de media tensión al cuarto de transformador de Odontología.....	68
Figura 3.4.	Breaker principal del tablero de distribución del cuarto de transformador de Odontología.....	68
Figura 3.5.	Puerta de acceso sin seguridad al cuarto de transformador de Odontología.....	69
Figura 3.6.	Punto caliente en breaker de tablero principal del cuarto de transformador de Odontología.....	70
Figura 3.7.	Puerta de acceso al banco de transformadores Y abierto aterrizado - Δ abierto aterrizado	71
Figura 3.8.	Acometida de media tensión al banco de transformadores Y abierto aterrizado - Δ abierto aterrizado	72
Figura 3.9.	Breaker principal del banco de transformadores Y abierto aterrizado - Δ abierto aterrizado	73
Figura 3.10.	Luces de alumbrado de emergencia del banco de transformadores delta-abierto.....	74
Figura 3.11.	Banco de transformadores trifásicos del edificio nuevo.....	75
Figura 3.12.	Acometida de media tensión al banco de transformadores trifásicos del edificio nuevo.....	76
Figura 3.13.	Generador de emergencia ubicado en el cuarto del banco de transformadores trifásicos del edificio nuevo.....	77
Figura 3.14.	Breaker principal del banco de transformadores trifásicos del edificio nuevo.....	78
Figura 3.15.	Transformadores idénticos monofásicos de distribución en el poste # 39.....	79
Figura 3.16.	Breaker principal del transformador_1 de 50KVA en poste #39.....	80
Figura 3.17.	Breaker principal del transformador_2 de 50KVA en poste #39.....	80
Figura 3.18.	Líneas de distribución en baja tensión de los transformadores en poste #39.....	81

Figura 3.19.	Grafica Voltaje vs tiempo del banco Y abierto aterrizado - Δ abierto aterrizado. Martes 05/11/2013.....	84
Figura 3.20.	Grafica Corriente vs tiempo del banco Y abierto aterrizado - Δ abierto aterrizado. Martes 05/11/2013.....	84
Figura 3.21.	Grafica Voltaje vs tiempo del banco Y abierto aterrizado - Δ abierto aterrizado. Miércoles 06/11/2013.....	85
Figura 3.22.	Grafica Corriente vs tiempo del banco Y abierto aterrizado - Δ abierto aterrizado. Miércoles 06/11/2013.....	85
Figura 3.23.	Grafica Voltaje vs tiempo del banco Y abierto aterrizado - Δ abierto aterrizado. Jueves 07/11/2013.....	86
Figura 3.24.	Grafica Corriente vs tiempo del banco Y abierto aterrizado - Δ abierto aterrizado. Jueves 07/11/2013.....	86
Figura 3.25.	Grafica Voltaje vs tiempo del banco Y abierto aterrizado - Δ abierto aterrizado. Viernes 08/11/2013.....	87
Figura 3.26.	Grafica Corriente vs tiempo del banco Y abierto aterrizado - Δ abierto aterrizado. Viernes 08/11/2013.....	87
Figura 3.27.	Grafica Voltaje vs tiempo del banco Y abierto aterrizado - Δ abierto aterrizado. Sábado 09/11/2013.....	88
Figura 3.28.	Grafica Corriente vs tiempo del banco Y abierto aterrizado - Δ abierto aterrizado. Sábado 09/11/2013.....	88
Figura 3.29.	Grafica Voltaje vs tiempo del banco Y abierto aterrizado - Δ abierto aterrizado. Domingo 10/11/2013.....	89
Figura 3.30.	Grafica Corriente vs tiempo del banco Y abierto aterrizado - Δ abierto aterrizado. Domingo 10/11/2013.....	89
Figura 3.31.	Grafica Voltaje vs tiempo del banco Y abierto aterrizado - Δ abierto aterrizado. Lunes 11/11/2013.....	90
Figura 3.32.	Grafica Corriente vs tiempo del banco Y abierto aterrizado - Δ abierto aterrizado. Lunes 11/11/2013.....	90
Figura 3.33.	Grafica Voltaje vs tiempo del transformador_1 en poste #39, Jueves 21/11/2013.....	92

Figura 3.34.	Grafica Corriente vs tiempo del transformador_1 en poste #39, Jueves 21/11/2013.....	92
Figura 3.35.	Grafica Voltaje vs tiempo del transformador_1 en poste #39, Viernes 22/11/2013.....	93
Figura 3.36.	Grafica Corriente vs tiempo del transformador_1 en poste #39, Viernes 22/11/2013.....	93
Figura 3.37.	Grafica Voltaje vs tiempo del transformador_1 en poste #39, Sábado 23/11/2013.....	94
Figura 3.38.	Grafica Corriente vs tiempo del transformador_1 en poste #39, Sábado 23/11/2013.....	94
Figura 3.39.	Grafica Voltaje vs tiempo del transformador_1 en poste #39, Domingo 24/11/2013.....	95
Figura 3.40.	Grafica Corriente vs tiempo del transformador_1 en poste #39, Domingo 24/11/2013.....	95
Figura 3.41.	Grafica Voltaje vs tiempo del Transformador_2 en poste #39, Martes 26/11/2013.....	97
Figura 3.42.	Grafica Corriente vs tiempo del transformador_2 en poste #39, Martes 26/11/2013	97
Figura 3.43.	Grafica Voltaje vs tiempo del Transformador_2 en poste #39, Miércoles 27/11/2013.....	98
Figura 3.44.	Grafica Corriente vs tiempo del transformador_2 en poste #39, Miércoles 27/11/2013.....	98
Figura 3.45.	Grafica Voltaje vs tiempo del Transformador_2 en poste #39, Jueves 28/11/2013.....	99
Figura 3.46.	Grafica Corriente vs tiempo del transformador_2 en poste #39, Jueves 28/11/2013	99
Figura 3.47	Grafica Voltaje vs tiempo del banco trifásico, del Edificio de Laboratorios, Martes 05/11/2013.....	101
Figura 3.48.	Grafica Corriente vs tiempo del banco trifásico, del Edificio de Laboratorios, Martes 05/11/2013.....	101
Figura 3.49.	Grafica Voltaje vs tiempo del banco trifásico, del Edificio de Laboratorios, Miércoles 06/11/2013.....	102

Figura 3.50.	Grafica Corriente vs tiempo del banco trifásico, del Edificio de Laboratorios, Miércoles 06/11/2013.....	102
Figura 3.51.	Grafica Voltaje vs tiempo del banco trifásico, del Edificio de Laboratorios, Jueves 07 /11/2013.....	103
Figura 3.52.	Grafica Corriente vs tiempo del banco trifásico, del Edificio de Laboratorios, Jueves 07 /11/2013.....	103
Figura 3.53.	Grafica Voltaje vs tiempo del banco trifásico, del Edificio de Laboratorios, Viernes 08 /11/2013.....	104
Figura 3.54.	Grafica Corriente vs tiempo del banco trifásico, del Edificio de Laboratorios, Viernes 08 /11/2013.....	104
Figura 3.55.	Grafica Voltaje vs tiempo del banco trifásico, del Edificio de Laboratorios, Sábado 09 /11/2013.....	105
Figura 3.56.	Grafica Corriente vs tiempo del banco trifásico, del Edificio de Laboratorios, Sábado 09 /11/2013.....	105
Figura 3.57.	Grafica Voltaje vs tiempo del banco trifásico, del Edificio de Laboratorios, Domingo 10 /11/2013.....	106
Figura 3.58.	Grafica Corriente vs tiempo del banco trifásico, del Edificio de Laboratorios, Domingo 10 /11/2013.....	106
Figura 3.59.	Grafica Voltaje vs tiempo del banco trifásico, del Edificio de Laboratorios, Lunes 11 /11/2013.....	107
Figura 3.60.	Grafica Corriente vs tiempo del banco trifásico, del Edificio de Laboratorios, Lunes 11 /11/2013.....	107
Figura 3.61.	Generador de emergencia.....	124
Figura 3.62.	Generador sin salida de escape instalado.....	125
Figura 3.63.	Ventilación externa del radiador del generador.....	125
Figura 3.64.	Panel de transferencia del generador sin conexión.....	126
Figura 4.1.	Ajuste de terminales de baja tensión del transformador de Odontología.....	129

Figura 4.2.	Inducción de flujo de aire en puerta de ingreso al transformador de Odontología.....	130
Figura 4.3.	Acabado del mantenimiento del cuarto del transformador de Odontología.....	131
Figura 4.4.	Breaker principal del cuarto del transformador de Odontología.....	132
Figura 4.5.	Colocación de bases para banco de transformadores Y abierto aterrizado - Δ abierto aterrizado.....	133
Figura 4.6.	Breaker principal del banco de transformadores Y abierto aterrizado - Δ abierto aterrizado	135
Figura 4.7.	Colocación de bases para banco de transformadores trifásico.....	137
Figura 4.8.	Breaker principal del tablero de distribución del cuarto de transformadores trifásicos.....	138

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1.	Cronograma de trabajo.....	8
Tabla 2.1.	Dimensiones del cuarto de transformadores monofásicos.....	15
Tabla 2.2.	Dimensiones del cuarto de transformadores trifásicos.....	15
Tabla 2.3.	Determinación de la capacidad de los transformadores del banco Y abierta – Δ abierta.....	47
Tabla 2.4.	Capacidad nominal de transformadores en conexión delta abierta para alimentar cargas combinadas trifásicas y monofásicas.....	50
Tabla 2.5.	Ejemplo de cálculo de las capacidades de los transformadores delta-abierto.....	51
Tabla 2.6.	Materiales para montaje de transformador monofásico en poste.....	58
Tabla 2.7.	Materiales para montaje de transformador trifásico en poste.....	60
Tabla 2.8.	Barraje y diámetro de bajante según capacidad del transformador.....	61
Tabla 2.9.	Materiales para montaje de banco delta – abierto en poste.....	63
Tabla 2.10.	Materiales para montaje de transformador trifásico en poste tipo H.....	65
Tabla 3.1.	Valores máximos y mínimos de medición semanal del banco Y abierto aterrizado - Δ abierto aterrizado....	83
Tabla 3.2.	Valores máximos y mínimos de voltajes y corrientes del banco delta-abierto, Martes 05/11/2013.....	84
Tabla 3.3.	Valores máximos y mínimos de voltajes y corrientes del banco delta-abierto, Miércoles 06/11/2013.....	85

Tabla 3.4.	Valores máximos y mínimos de voltajes y corrientes del banco delta-abierto, Jueves 07/11/2013.....	86
Tabla 3.5.	Valores máximos y mínimos de voltajes y corrientes diarios del banco delta-abierto, Viernes 08/11/2013.....	87
Tabla 3.6.	Valores máximos y mínimos de voltajes y corrientes del banco delta-abierto, Sábado 09/11/2013.....	88
Tabla 3.7.	Valores máximos y mínimos de voltajes y corrientes del banco delta-abierto, Domingo 10/11/2013.....	89
Tabla 3.8.	Valores máximos y mínimos de voltajes y corrientes del banco delta-abierto, Lunes 11/11/2013.....	90
Tabla 3.9.	Valores máximos y mínimos, medidos en el transformador_1 en poste #39.....	91
Tabla 3.10.	Valores máximos y mínimos de voltajes y corrientes del Transformador_1 en poste #39, Jueves 21/11/2013.....	92
Tabla 3.11.	Valores máximos y mínimos de voltaje y corrientes del Transformador_1 en poste, Viernes 22/11/2013.....	93
Tabla 3.12.	Valores máximos y mínimos de voltaje y corrientes del Transformador_1 en poste #39, Sábado 23/11/2013.....	94
Tabla 3.13.	Valores máximos y mínimos de voltaje y corrientes del Transformador_1 en poste #39, Domingo 24/11/2013.....	95
Tabla 3.14.	Valores máximos y mínimos medidos en el transformador_2 en poste #39.....	96
Tabla 3.15.	Valores máximos y mínimos de voltaje y corrientes del Transformador_2 en poste # 39, Martes 26/11/2013.....	97
Tabla 3.16.	Valores máximos y mínimos de voltaje y corrientes del Transformador_2 en poste # 39, Miércoles 27/11/2013.....	98
Tabla 3.17.	Valores máximos y mínimos de voltaje y corrientes del Transformador_2 en poste #39, Jueves 28/11/2013.....	99
Tabla 3.18.	Valores máximos y mínimos medidos en el banco trifásico del Edificio de Laboratorios	101
Tabla 3.19.	Valores máximos y mínimos de voltajes y corrientes del banco trifásico, del Edificio de Laboratorios,	

	Martes 05 /11/2013.....	101
Tabla 3.20.	Valores máximos y mínimos de voltajes y corrientes del banco trifásico, del Edificio de Laboratorios, Miércoles 06 /11/2013.....	102
Tabla 3.21.	Valores máximos y mínimos de voltajes y corrientes del banco trifásico, del Edificio de Laboratorios, Jueves 07 /11/2013.....	103
Tabla 3.22.	Valores máximos y mínimos de voltaje y corrientes del banco trifásico, del Edificio de Laboratorios, Viernes 08 /11/2013.....	104
Tabla 3.23.	Valores máximos y mínimos de voltajes y corrientes del banco trifásico, del Edificio de Laboratorios, Sábado 09 /11/2013.....	105
Tabla 3.24.	Valores máximos y mínimos de voltaje y corrientes del banco trifásico, del Edificio de Laboratorios, Domingo 10 /11/2013.....	106
Tabla 3.25.	Valores máximos y mínimos de voltajes y corrientes del banco trifásico, del Edificio de Laboratorios, Lunes 11 /11/2013.....	107
Tabla 3.26.	Mediciones de corrientes de línea en baja tensión del transformador de Odontología, Lunes 20 /01/2014.....	108
Tabla 3.27.	Mediciones de corrientes de línea en baja tensión del transformador de Odontología, Viernes 24 /01/2014.....	109
Tabla 3.28.	Mediciones de corrientes de línea en baja tensión del transformador de Odontología, Martes 04 /02/2014.....	110
Tabla 3.29.	Mediciones de corrientes de línea en baja tensión del banco delta abierto, Martes 21 /01/2014.....	111
Tabla 3.30.	Mediciones de corrientes de línea en baja tensión del banco delta abierto, Lunes 27 /01/2014.....	112
Tabla 3.31.	Mediciones de corrientes de línea en baja tensión del banco delta abierto, Miércoles 05 /02/2014.....	113
Tabla 3.32.	Mediciones de corrientes de línea en baja tensión del banco trifásico de Edificio Nuevo, Miércoles 22 /01/2014....	114

Tabla 3.33.	Mediciones de corrientes de línea en baja tensión del banco trifásico de Edificio Nuevo, Martes 28 /01/2014.....	115
Tabla 3.34.	Mediciones de corrientes de línea en baja tensión del banco trifásico de Edificio Nuevo, Jueves 06 /02/2014.....	116
Tabla 3.35.	Mediciones de corrientes de línea en baja tensión del transformador_1 en poste #39, Jueves 23 /01/2014.....	117
Tabla 3.36.	Mediciones de corrientes de línea en baja tensión del transformador_1 en poste #39, Miércoles 29 /01/2014.....	118
Tabla 3.37.	Mediciones de corrientes de línea en baja tensión del transformador_1 en poste #39, Viernes 07 /02/2014.....	119
Tabla 3.38.	Mediciones de corrientes de línea en baja tensión del transformador_2 en poste #39, Jueves 23 /01/2014.....	120
Tabla 3.39.	Mediciones de corrientes de línea en baja tensión del transformador_2 en poste #39, Miércoles 29 /01/2014.....	121
Tabla 3.40.	Mediciones de corrientes de línea en baja tensión del transformador_2 en poste #39, Viernes 07 /02/2014.....	122
Tabla 3.41.	Placa del generador de emergencia.....	124
Tabla 3.42.	Equipos instalados en cuarto de transformadores de edificio nuevo.....	127
Tabla 3.43.	Accesorios del generador de emergencia.....	128
Tabla 3.44.	Accesorios del tablero de transferencia automática.....	128
Tabla 4.1	Pruebas de aislamientos de Transformador de Odontología.....	131
Tabla 4.2	Pruebas de aislamientos de Transformador (1) del Edificio Antigo	133
Tabla 4.3	Pruebas de aislamientos de Transformador (2) del Edificio Antigo	134
Tabla 4.4	Pruebas de aislamientos de Transformador (1) del Edificio Nuevo	136

Tabla 4.5	Pruebas de aislamientos de Transformador (2) del Edificio Nuevo.....	136
Tabla 4.6	Pruebas de aislamientos de Transformador (3) del Edificio Nuevo.....	136
Tabla 5.1.	Presupuesto de montaje del transformador Padmounted....	140
Tabla 5.2.	Presupuesto de montaje del transformador trifásico tipo distribución	144
Tabla 5.3.	Presupuesto de tres transformadores monofásicos tipo distribución	148
Tabla 5.4.	Resumen de propuestas del plan de mejoras.....	150
Tabla 5.5.	Presupuesto de cambio de transformador monofásico tipo distribución	152

INDICE DE PLANOS

Plano 1	Implantación existente de equipos eléctricos de media y baja tensión de la Facultad de Medicina y Odontología
Plano 2	Implantación existente de equipos eléctricos de media y baja tensión de la Facultad de Medicina y Odontología
Plano 3	Diagrama unifilar eléctrico existente de media y baja tensión de Facultades de Medicina y Odontología.
Plano 4	Implantación existente de cuartos de transformación de Facultades de Medicina y Odontología
Plano 4.1	Implantación y detalles de cuarto de transformador existente y propuesto de Odontología
Plano 5	Implantación propuesta de equipos eléctricos de media y baja tensión de la Facultad de Medicina y Odontología (Alternativa A)
Plano 5.1	Diagrama unifilar eléctrico propuesto de media y baja tensión de Facultades de Medicina y Odontología (Alternativa A)
Plano 5.2	Ubicación de transformador 3 ϕ 500KVA tipo PADMOUNTED y detalles del cuarto de transformador (Alternativa A) PADMOUNTED

- Plano 5.3 Detalles constructivos de base de transformador Padmounted trifásico de 500KVA, Malla de puesta a tierra y circuitos de alumbrado de cuarto de tableros
- Plano 6 Implantación propuesta de equipos eléctricos de media y baja tensión de la Facultad de Medicina Y Odontología (Alternativa B) 3 ϕ TIPO DISTRIBUCION
- Plano 6.1 Diagrama unifilar eléctrico propuesto de media y baja tensión de Facultades de Medicina y Odontología (Alternativa B)
- Plano 6.2 Ubicación de transformador 3 ϕ 500KVA tipo distribución y detalles del cuarto del transformador. (Alternativa B)
- Plano 7 Implantación propuesta de equipos eléctricos de media y baja tensión de la Facultad de Medicina y Odontología (Alternativa C)
- Plano 7.1 Diagrama unifilar eléctrico propuesto de media y baja tensión de la Facultad de Medicina y Odontología (Alternativa C)
- Plano 7.2 Ubicación de 3 transformadores de 1 ϕ 167KVA tipo distribución y detalles del cuarto del transformador (Alternativa C)

INTRODUCCION

A través de los años la energía eléctrica se ha convertido en el más grande aliado del ser humano debido a las numerosas ventajas que esta presenta. El inicio de todo se encuentra en las grandes centrales de generación eléctrica, que distribuyen la energía a todo un país. Estas centrales por consideraciones técnicas y económicas transmiten energía eléctrica a niveles de voltaje muy elevado, que son imposibles de llegar, directamente al consumidor, por lo que existen las subestaciones de energía que generalmente se encuentran en la afueras de una urbanización y es en donde se reduce la tensión mediante transformadores. Esta tensión reducida, llamadas voltaje de media tensión siguen siendo elevadas para el consumidor final, sin embargo, a estos niveles se realiza la red distribución. Para llegar al consumidor final se utiliza transformadores para reducir esta tensión y realizar la red de baja tensión de consumo que normalmente es del orden de 220/127V.

En algunos casos, de grandes emplazamiento, como por ejemplo un hospital, un centro comercial, un centro de estudio universitario, en donde existe una gran demanda de energía se hace necesario llegar con la red de media tensión hasta una subestación específica para este local. De estas subestaciones la mayoría de las veces se ramifican los centros de transformación que están diseñados para dar energía a un sector de este gran emplazamiento.

En los centros de transformación se encuentran uno o más transformadores; según sea el caso; que son los encargados de reducir la tensión a niveles de voltaje aptos para el consumidor final. Los centros de transformación incluyen, transformador o transformadores, aparata de alta tensión, aparata de baja tensión, conexiones en media y baja tensión, tablero general de distribución de donde se alimenta a los diferentes circuitos derivados.

Si algunos de los elementos antes mencionados fallan y queda fuera de servicio el centro de transformación, todo el sector abonado a este centro de transformador quedará sin el abastecimiento de energía eléctrica, con las sumadas consecuencias que esto puede acarrear.

La Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, consta de estos centros de transformación, y el presente proyecto de tesis, presta especial atención a la facultad de medicina. Esta facultad consta de una recámara de transformación para el edificio de odontología abastecida por un transformador monofásico de 50KVA 13200V/220-127V, una recámara de transformación para el edificio antiguo de dos transformadores monofásicos de 100KVA 13.2KV/220-127V, 50KVA 13.2KV/220-127V y de una recámara de transformación para el edificio nuevo de tres transformadores monofásicos de 167KVA 13.2KV/220-127V.

En el presente trabajo se realiza un estudio integral de cada uno de los tres centros de transformación, realizando el levantamiento de las características de capacidad de los transformadores, se realizan inspecciones visuales del estado actual de los transformadores y demás elementos del centro de transformación.

Además se realizan los respectivos mantenimientos de los transformadores y tableros, así como el mantenimiento del mismo cuarto de transformación. Al final se entrega un plan de mejoras inmediato, en donde se enumeran los posibles cambios a realizarse a corto plazo.

CAPITULO I

1. MARCO METODOLOGICO

1.1 Introducción

En la industria de la energía eléctrica, existen diversos tipos de máquinas, entre los cuales se encuentra el transformador eléctrico, siendo ésta una máquina estática, con pérdidas reducidas y que además tiene un uso extenso en los sistemas eléctricos de transmisión y distribución de energía eléctrica.

Al transformador se le considerada como una de las máquinas más precisas, debido al rendimiento que varía entre los 95% a 99%, haciendo su utilización infinita, tal es el caso, que son indispensables en la transmisión y distribución de energía a grandes distancias..

Este dispositivo se utiliza en corriente alterna y transfiere la potencia eléctrica, desde el primario con un determinado valor de tensión y corriente, hacia el secundario del transformador, con diferentes valores distintos valores de tensión y corriente.

Para transmitir energía eléctrica; desde los centros de generación, más conocidas como, centrales eléctricas; hacia los usuarios de consumo en baja tensión, primero se eleva la tensión en el orden de los miles de voltios a través de un transformador de potencia y se efectúa la transmisión mediante líneas aéreas a alto voltaje y bajas corrientes de líneas. La potencia en ambos lados del transformador es prácticamente igual, debido al alto rendimiento de que presentan estas máquinas, lo que hace que las pérdidas de transmisión se reduzcan. En las subestaciones se tiene otro transformador, generalmente conocido como transformador reductor, que reduce el valor de alto voltaje. A través de los transformadores de distribución se obtiene la red de baja tensión que entrega la energía eléctrica al usuario final en baja tensión.

1.2 Antecedentes

El circuito magnético que poseen los transformadores está formado por los devanados o bobinas y por el núcleo de hierro dulce en donde se encuentran arrolladas las bobinas. La mayor parte del calentamiento que presenta esta máquina se debe al calor generado en el núcleo de hierro. En los transformadores se utiliza generalmente aceite de diferentes tipos y clases para reducir la temperatura, por lo que el chequeo pertinente de este líquido refrigerante es importante para el correcto funcionamiento del transformador.

Si no se tiene un programa de mantenimiento adecuado puede producir que la calidad del aceite pierda sus cualidades dieléctricas y esto provoque fallas posteriores por causas como la humedad.

La facultad de medicina posee tres recamaras de transformación. Se tiene el banco de transformadores en conexión delta-abierto para las cargas del Edificio de Ciencias Medicas; el transformador monofásico convencional para Odontología, y el banco trifásico para el Edificio de Laboratorios.

El transformador de Odontología y los dos transformadores del Edificio de Ciencias Medicas, que están en conexión delta abierto, presentan temperatura de trabajo elevada en los tanques y en los conductores de la red de baja tensión. Además en el transformador de Odontología se puede observar fuga de aceite por uno de los terminales de baja tensión.

El aumento de temperatura en los transformadores, se debe a diferentes causas como un aumento de carga y hace que el transformador trabaje sobrecargado, la calidad del aceite es baja y ha perdido su capacidad refrigerante. Se hace necesario el análisis en campo para determinar los valores correctos de potencia del banco de transformadores y realizar de forma inmediata un plan de mejoras a corto y largo plazo.

1.3 Justificación

Debido al peligro que presenta el calentamiento excesivo de los conductores de baja tensión de los transformadores monofásicos convencionales en conexión delta abierto, ubicados en el Edificio Antiguo y de Odontología se hace indispensable, el análisis y corrección de los problemas, para evitar posibles averías o daños permanentes en los equipos.

El excesivo calor generado en el transformador debido a la sobrecarga o fallas internas en la bobina del transformador, en determinado tiempo va destruyendo el aislamiento de los materiales perdiendo sus propiedades eléctricas ocasionando principalmente cortocircuitos entre fases o por contacto a masa.

1.4 Planteamiento del problema

Realizar el estudio correspondiente para determinar la causa principal del calentamiento del transformador.

Evaluar posibles soluciones y aplicar la más correcta de acuerdo al análisis realizado y al presupuesto disponible.

Una vez realizado las correcciones respectivas, se procederá a verificar el normal funcionamiento del equipo respecto a las corrientes, voltajes del transformador y con un sistema de cargas equilibradas.

1.5 Objetivos

Mediante un estudio detallado de todos los parámetros, poder determinar la solución correcta para el normal desempeño del funcionamiento de los transformadores y todo el sistema eléctrico.

1.5.1 Objetivo general

En base a los conocimientos adquiridos en la carrera de Ing. Eléctrico-Mecánico, dar solución inmediata al problema que se tiene en el cuarto de transformadores convencionales.

Entregar un sistema seguro, confiable para el buen funcionamiento de los equipos.

1.5.2 Objetivos específicos

- Analizar si las potencias de los transformadores están correctas.
- Revisión y ajuste de los terminales en baja tensión.
- Revisión y ajuste de los terminales en alta tensión.
- Pruebas del aceite dieléctrico.
- Ajuste de terminales al interior del transformador.
- Revisar que los sistemas de ventilación sean los correctos.
- Analizar posibles recalentamientos en bobinas de los transformadores.
- Realizar levantamiento eléctrico de las instalaciones de media tensión de la Facultad de Medicina así como del "Anfiteatro"
- Realizar levantamiento eléctrico parcial de las instalaciones de baja tensión de la Facultad de Medicina así como del "Anfiteatro"
- Elaboración (en autocad) de la implantación de las instalaciones eléctricas antes indicadas
- Diseño del cuarto de transformación único. Ubicación de equipos (transformadores, tablero principal, tablero(s) secundario(s) de ser el caso; en el cuarto. Determinación de características técnicas y capacidades de los transformadores y Tablero(s).
- Determinación de los recorridos de la acometida de media tensión y de las acometidas de baja tensión hasta los actuales centros de carga de la Facultad de Medicina y Anfiteatros.
- Verificación de las caídas de voltaje en los recorridos nuevos a designarse en baja tensión.

1.6 Metodología de la investigación

Para el desarrollo del análisis de la situación actual de los centros de transformación de la facultad de medicina, se integra la investigación de campo en forma cuantitativa, guiada por la observación en sitio de las características encontradas en cada caso particular.

Mediante la metodología cuantitativa se toman datos característicos de los transformadores como capacidades, tipo de conexión, calibre de conductor en baja tensión, que servirán para analizar las condiciones de trabajo.

El desarrollo y enfoque de la solución del problema será guiada por el método deductivo, que fundamenta partir de lo general a lo específico, así, se puntualiza modelos teóricos, y análisis de fórmula utilizadas para deducir la operación de los transformadores de potencia, como técnica de la metodología deductiva, se aplica observaciones.

La estructura de la metodología de la investigación aplicada para el desarrollo del análisis y solución es la siguiente:

- Identificar el problema
- Planteamiento del Problema
- Investigación cuantitativa en campo
- Recolección de datos
- Análisis de datos
- Evaluar posibles causas
- Presentación de soluciones y mejoras a corto plazo
- Presentación de soluciones y mejoras a largo plazo.

1.7 Cronograma de trabajo

A continuación se presenta un cuadro detallado de las actividades a realizar para la realización del presente proyecto de tesis.

DESARROLLO DE ACTIVIDADES (SEMANAS)	AÑO 2013-2014				
	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO
1.- Búsqueda del tema para tesis	X				
2.- Estudio e investigación teórica para la tesis	X				
3.- Definición de datos bibliográficos de la tesis	X				
4.- Elaboración del anteproyecto de la tesis		X			
5.- Aprobación del anteproyecto de la tesis		X			
6.- Estudio detallado de los cuartos de transformadores de la Facultad de Medicina de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil		X	X		
7.- Medición de valores de voltajes y corrientes de los transformadores.			X		
8.- Medición de valores de aislamiento de los transformadores.			X		
9.- Redactar documento de grado con toda la información y datos técnicos obtenidos, realizar plan de mejoras.			X	X	
10.-Presentación del trabajo de grado en la Universidad de acuerdo con las normas vigentes					X

Tabla 1.1. Cronograma de trabajo

CAPITULO II

2. MARCO TEORICO

2.1 Introducción

Los sistemas eléctricos, según el autor (Aldama, 2011) en su trabajo acerca de las Normas Eléctricas en el Cableado Estructurado, señala que, ya sea en baja, media o alta tensión, existe una diversidad de elementos que por su naturaleza o condiciones de instalación, deben cumplir con los requisitos establecidos en las normas eléctricas.

La desidia o desconocimiento de utilizar normas eléctricas, conlleva riesgos de accidentes, y de operación. La aplicación correcta de las normas eléctricas establecidas, evitan el riesgo de un peligro para los involucrados (técnicos u otras personas), el medio ambiente y los bienes materiales.

En las estructuras eléctricas, se manifiestan dos tipos de riesgos primordiales:

- Intensidades de choque
- Temperaturas extremas

Estas provocan incendios, explosiones u otros efectos peligrosos, que causarán heridas y otros efectos nocivos para el personal involucrado. Para prevenir ambos tipos de riesgos, los elementos principales de protección para la seguridad instituyen que se deben tomar medidas de protección apropiadas para evitar:

- Accidentes eléctricos,
- Efectos térmicos,
- Sobre-corrientes,
- Corrientes de falla sobretensiones.

También se debe eliminar en lo posible:

- Que las personas estén en riesgo de sufrir lesiones, quemaduras o la muerte.
- Que exista daños o pérdidas de recursos materiales.
- Que se impacte de forma negativa al medio ambiente.

Se debe también considerar que, las instalaciones eléctricas deben planearse y efectuarse para:

- Advertir el contacto directo o indirecto con barreras o separaciones adecuadas;
- Restringir la corriente que pueda pasar a través del cuerpo a un valor inferior al choque eléctrico y al de sobre-corriente;
- Impulsar la desconexión automática de la alimentación, en un lapso de tiempo que permita limitar la corriente y no causar el choque eléctrico o una sobre-corriente, en caso de contacto indirecto;
- Evitar el efecto térmico, eliminando cualquier riesgo de ignición de materiales inflamables debido a las altas temperaturas o a los arcos eléctricos;
- Manejar protección contra sobre-corriente para imposibilitar temperaturas excesivas o averías electromecánicas;
- Trasferir una corriente de falla o de fuga en forma segura, sin que obtengan una temperatura superior a la máxima permisible para los conductores;
- Establecer métodos de puesta y unión a tierra para la conducción segura de corrientes de falla; en especial, en caso de contacto indirecto; eliminar una tensión excesiva motivada por fenómenos atmosféricos, electricidad estática, fallas en la operación de los equipos de interrupción o bien por fallas entre partes vivas de circuitos alimentados a tensiones diferentes;
- Evitar sobrecargar los circuitos instalados debido a una mala planeación o prácticas inadecuadas. (Aldama, 2011) (Viviana, 2011).

2.2 Normas eléctricas

La consideración más importante de cualquier norma eléctrica es siempre salvaguardar a las personas que estén involucradas ya sea como técnico o como consumidor final de la energía. Estas normas sirven para tener un cuidado especial en la instalación y uso de equipos eléctricos, es decir sirven de guía para el uso correcto de la energía eléctrica.

En Latinoamérica cada país, e incluso cada localidad, tienen su propio reglamento eléctrico, cuyo propósito fundamental y el más importante es la completa seguridad hacia las personas; de ahí su carácter obligatorio.

La utilización mundial de la energía eléctrica ha provocado que países de gran desarrollo tecnológico, tanto en Europa como en América, creen normas y reglamentos eléctricos que se han adoptado como guías de gran relevancia en otros países.

Algunas de las normas eléctricas americanas, que acaparan mayor atención y consecuentemente son las más utilizadas; se pueden citar las siguientes:

- NEC: National Electrical Code
- ANSI: American National Standards Institute
- NEMA: National Electrical Manufacturer Association
- IEEE: The Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.

Entre las normas europeas, las más conocidas son:

- DIN: Normas Alemanas Generales, dentro de las cuales las normas VDE se dedican a los equipos eléctricos (Verband Deutscher Elektrotechniker).
- BS: British Standard
- UTE: Union Technique d'Electricité

- IEC: International Electrotechnical Comisión

En Ecuador se tiene:

- CPE INEN 19: Código de Práctica Ecuatoriano, llamado también Código Eléctrico Nacional.
- NATSIM: Normas de Acometidas, Cuartos de transformadores y Sistemas de Medición para el Suministro de Electricidad.

El Código Eléctrico Nacional CPE INEN 19; tiene como objetivo principal establecer la salvaguardia de las personas y de los bienes contra los riesgos que puedan surgir por el uso de la electricidad y de la instalación de conductores y equipos.

El Código Eléctrico Nacional dispone que en instalaciones de más de 600V nominales, para las distancias de mínimas de seguridad se utilice el National Electrical Safety Code, ANSI-C2. (Conelec).

Las normas NATSIM presentan consideraciones y disposiciones, para inmuebles del tipo residencial, industrial, comercial todas de uso general y obligatorio, para:

- Instalación de acometidas de servicio eléctrico
- Construcción de módulos de medición
- Cuartos de transformación
- Montaje de transformadores monofásico y trifásicos

Al realizar cualquier tipo de instalación eléctrica hay que tener presente los peligros que conlleva este tipo de actividades que pueden ser descarga eléctrica, incendio o explosión, por lo que es importante la normatividad y reglamentación, aun mas hoy en día que se dispone de una gran cantidad de documentos normativos que facilitan y ayudan a evitar riesgos y logrando un mejor uso de la energía eléctrica.

2.3 Centros de transformación

Según (Wildi, 2007) señala que un centro de transformación, también llamado recámara o cuarto de transformadores; es una habitación construida especialmente para alojar en su interior uno o varios transformadores reductores de media a baja tensión.

En el interior del centro de transformación se encuentran, el transformador, los aparatos de corte y maniobra, como pueden ser el interruptor y seccionador, los aparatos de protección como relés y los aparatos de medida.

Los centros de transformación constituyen la interfaz entre la red de distribución y la red de baja tensión. (A.J.CONEJO, 2007)

NATSIM; una de las normativas que tiene presente la Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil, dispone de normas y reglamentos en cuanto a los centros de transformación establece lo siguiente.

2.3.1 Requerimientos

- Cuando la demanda de potencia total del usuario sea superior a 30 KW, el usuario construirá un cuarto destinado a alojar un transformador o banco de transformadores.
- Estas recámaras deberán tener las respectivas señalizaciones de seguridad y el ingreso al mismo restringido a personal capacitado y autorizado.
- Bajo ningún motivo se debe utilizar los cuartos de transformación como bodegas.
- Si se tiene la necesidad de utilizar una celda de media tensión, ésta debe estar contigua al cuarto de transformadores, separada por una pared.

2.3.2 Ubicación

Bajo recomendaciones de la guía de (CPI Editors, 2009), se indica:

- Generalmente se debe ubicar en la planta baja.
- De preferencia con fácil acceso desde la vía pública, que permitan realizar inspecciones o reparaciones.
- Se permite ubicar el cuarto de transformadores en el nivel inmediato superior, cuando no se pueda ubicar en la planta baja.
- Se debe colocar una barrera de protección, cuando el cuarto de transformadores se encuentre en un área movimiento vehicular
- Si en un determinado inmueble o centro comercial requiera más de un cuarto de transformación, el cuarto eléctrico con la protección principal debe ubicarse en la planta baja y los cuartos restantes según a las necesidades eléctricas de la obra.
- Bajo ninguna consideración y por ningún motivo los cuartos de transformadores se ubicaran sobre losas de cisternas, ni cerca de depósitos de combustibles.

2.3.3 Características constructivas

- Generalmente contruidos con losa superior de hormigón, paredes de hormigón y columnas de hormigón armado.
- La altura de la losa debe tener como mínimo 2,2m.
- Deberán tener una base de hormigón de 10cm de espesor como mínimo, esto es para evitar la corrosión de los tanques del transformador.

- Generalmente las ventanas se realizan en las paredes laterales del cuarto, cerca del techo, con una reja instalada para evitar el ingreso de objetos.
- El área mínima, rectangular y libre de los cuartos de transformadores, será de acuerdo a la siguiente tabla:

Dimensiones del cuarto	Capacidad Transformadores Monofásicos
2 x 2 m	Hasta 75 KVA 1 solo transformador
2 x 2,5 m	100KVA 1 solo transformador
3 x 2,5 m	Hasta 150 Banco de 2 o 3 transformadores
4 x 3 m	Hasta 300 KVA Banco de 3 transformadores
5 x 3,5 m	Hasta 750 KVA Banco de 3 transformadores
6 x 3,5 m	Hasta 1.000 KVA Banco de 3 transformadores

Tabla 2.1. Dimensiones del cuarto de transformadores monofásicos

Dimensiones del cuarto	Capacidad Transformadores Trifásicos
2,5 x 2,5 m	Hasta 100 KVA 1 solo transformador trifásico
3 x 2,5 m	Hasta 150 KVA 1 solo transformador trifásico
3 x 3 m	Hasta 300 KVA 1 solo transformador trifásico
3,5 x 3,5	Hasta 750 KVA 1 solo transformador trifásico
4 x 4 m	Hasta 1.000 KVA 1 solo transformador trifásico

Tabla 2.2. Dimensiones del cuarto de transformadores trifásicos

- Se considera que por cada KVA del transformador instalado, el área de ventilación, sumada todas las ventilaciones será de 3 pulgadas cuadradas como mínimo.
- En el ingreso al cuarto se instala una puerta de 2m de alto por 1 m de ancho, como mínimo.
- La puerta debe ser metálica con plancha de 1/16" de espesor, abatida al exterior.
- En la puerta se debe colocar un sello de seguridad por parte del distribuidor.
- En la recamara de transformadores, contiguo a la puerta de acceso, debe haber un punto de luz y un tomacorriente de 120 V.

2.3.4 Mantenimiento

Los autores (Sanz & Toledano, 2007) Señalan que, se debe realizar una inspección visual periódica del transformador, observando de forma general lo siguiente:

- Aisladores de alta tensión
- Aisladores de baja tensión.
- Pararrayos si los tuviere.
- Presentación tanque y gabinete.
- Evidencia de fuga de aceite.
- Conexiones a tierra.
- Accesorios.
- Etiquetas de seguridad.
- Inclinación del transformador.
- Se debe utilizar pintura anticorrosiva en los tanques que presentan señales de oxidación o deterioro del acabado
- En el caso de observar exposición del metal desnudo, se le debe cubrir con pintura base inicialmente, para luego darle la pintura de retoque.

- Se debe suspender el funcionamiento del transformador, en situaciones de riesgo, como por ejemplo partes quebradas, aceite que gotea. hasta eliminar las condiciones.
- En un chequeo más substancioso se debe revisar la rigidez dieléctrica del aceite, teniendo presente que una lectura baja indica suciedad y humedad en el aceite, por lo que se deberá filtrar las veces que sea necesaria hasta obtener valores correctos de rigidez dieléctrica.
- Se debe chequear la resistencia de aislamiento entre fases y tierra.
- Revisar que la secuencia de fases se correcta.

2.3.5 Ductos de entrada a cuartos de transformadores

- Los centros de transformación, para redes en baja tensión, son alimentados por acometidas en media tensión, del valor de los 13,2KV.
- Por lo general esta acometida proviene del poste de la línea de distribución más cercano, que tiene junto a su base una caja de paso construida de hormigón armado o mampostería, que sirve para el tendido del conductor de 15KV. En este poste se suele instalar las cajas portafusibles.
- De manera general se utiliza acometida subterránea para llegar con el voltaje de media tensión hasta los transformadores del centro de transformación.
- Se deben emplear ductos y codos de tubería metálica rígida, de uso eléctrico.
- En sistemas monofásicos se utiliza tubería metálica rígida con un diámetro mínimo de 3 pulgadas.
- Encambijo en sistemas monofásicos se utiliza tubería metálica rígida con un diámetro mínimo de 4 pulgadas.
- La cantidad de tubos metálicos que ingresan al centro de transformación depende de la carga en el sector.

2.4 Tableros principales de distribución

2.4.1 Definición

Según (INEN, 2001), en el Código de Práctica Ecuatoriano CPE INEN -19:2001 establece la definición de tableros principales de distribución:

“Es un solo panel o grupo de paneles diseñado para ensamblarse en forma de un solo panel, que incluye elementos de conexión, dispositivos automáticos de protección contra sobrecorriente y puede estar equipado con interruptores para accionamiento de circuitos de alumbrado, calefacción o fuerza; está diseñado para ser instalado en un armario o caja colocado en o sobre una pared o tabique y es accesible sólo por su frente”.

Los paneles más comunes conocidos por todos es el que está instalado en nuestras casas, el panel de breakers, desde donde se controlan los diferentes circuitos derivados de la casa, mediante breakers de uno o dos polos.

En locales más amplios de gran demanda de cargas, se suele distribuir las cargas en varios tableros o paneles según sea la carga, En general se considera tablero eléctrico a la caja o gabinete metálico que contiene la aparatada de conexión, maniobra, comando, medición, protección, alarma y señalización, con sus cubiertas y soportes correspondientes, que cumple una función específica dentro de un sistema eléctrico.

(INEN, 2001) Indica que, el uso de los tableros de distribución es fundamental en lugares donde se desee tener control sobre circuitos derivados, utilizando relés de sobrecargas y cortocircuitos; destinados a proteger y alimentar a las cargas eléctricas. Se los usa en las subestaciones principales, secundarias.

2.4.2 Clasificación de tableros eléctricos

Como se mencionó anteriormente el uso de paneles eléctricos es extenso y variado, que una forma de clasificarlos se basa según su ubicación y función, además del uso de la energía eléctrica.

Según su ubicación y función en la instalación eléctrica, los tableros eléctricos se clasifican en:

- **Tablero principal de distribución.-** conocido también como tablero general, contiene el interruptor principal, generalmente llamado disyuntor general. Se instala a continuación del centro de transformación, en el lado de baja tensión, contienen una o más unidades de entrada y una o más unidades de salida. Se conecta a la línea eléctrica principal y de él se derivan los circuitos secundarios.
- **Tableros secundarios de distribución.-** de un uso muy extenso en la distribución de la energía. Este tipo de tableros tienen una acometida que proviene de un tablero general y poseen varios circuitos derivados, es decir son alimentados directamente por el tablero principal. Son auxiliares en la protección y operación de sub-alimentadores.
- **Tableros de paso.-** se utilizan para proteger circuitos derivados que por su capacidad no pueden ser directamente conectadas a alimentadores o sub-alimentadores. Para llevar a cabo esta protección cuentan con fusibles.
- **Gabinete individual del medidor.-** dentro de este se encuentra el medidor de energía del cual inicia el circuito principal. Está conectado directamente a la red de alimentación.

- **Tableros de comando.-** Contienen dispositivos de seguridad y maniobra.

Según el uso de la energía eléctrica, los tableros eléctricos se clasifican en:

- Centro de Control de Motores
- Subestaciones
- Alumbrado
- Centros de carga o de uso residencial
- Tableros de distribución
- Celdas de seccionamiento
- Centro de distribución de potencia
- Centro de fuerza
- Calefacción (A.j.Conejo, 2007)

2.4.3 Ubicación de los tableros eléctricos

- La ubicación de los tableros eléctricos debe considerar siempre la seguridad y seguir el razonamiento más lógico.
- Se deben instalar en lugares secos
- Con fácil acceso hacia el tablero
- Con ambiente normal.
- Deben estar lo más alejado posible de otras instalaciones, como las de agua, gas, teléfono.
- En ambientes húmedos, mojados, a la intemperie o polvorientos, los tableros deben construirse con el grado de protección adecuado.
- El Código de Práctica Ecuatoriano CPE INEN-19:2001, establece que: “los tableros de distribución con partes

expuestas energizadas deben ubicarse en lugares permanentemente secos, donde estén vigilados por personal competente y sólo son accesibles a personas calificadas”.

- Se ubican los lugares apropiados de manera que no sufran daño por eventos o equipos externos.
- Cuando la instalación sea en lugares húmedos o mojados deben estar protegidos del tipo a prueba de intemperie de manera que no pueda ingresar la humedad o agua, hacia el tablero. Además tener en cuenta que quede por lo menos 6,4 mm de espacio libre con la pared.
- En lugares con materiales fácilmente combustibles, se deben instalar de manera que no se pueda transmitir el fuego del tablero de distribución a los materiales combustibles.

2.4.4 Distancias

- Si los tableros de distribución están parcialmente encerrados, una distancia no inferior a 900mm, debe existir entre la parte superior del tablero hasta cualquier techo.
- Las distancias alrededor de los cuadros de distribución deben cumplir lo establecido en el Artículo 110-16 del Código de Practica Ecuatoriano CPE INEN-19.

2.4.5 Aislamiento de los conductores

En lo concerniente al aislamiento de los conductores utilizados en los tableros, el Código de Practica Ecuatoriano CPE INEN-19, y la (Norma Técnica Colombiana, 2013) establecen que: “todos los conductores aislados que se utilicen dentro del tablero de distribución, deben estar certificados, ser retardantes de la llama y tener una tensión nominal no inferior a la que vaya a soportar y no inferior a la tensión aplicada a otros conductores o barras colectores con las que pueda estar en contacto”.

2.4.6 Puesta a tierra

Todos los armarios, tableros y paneles metálicos deben ponerse a tierra por razones de seguridad; ya que el conductor de tierra protege de cualquier derivación indebida de la corriente eléctrica a los elementos que puedan estar en contacto con los usuarios debido por ejemplo a un conductor mal aislado.

Según (Pulido, 2009) comenta que, la conexión a tierra consiste en la interconexión de todas las partes metálicas, de los diferentes equipos de una instalación, con uno o una red de electrodos enterrados formando mallas, que se unen mediante conductores de sección suficiente permitiendo el tránsito de las corrientes de falla o de las descargas de tipo atmosférico, y consigue que no se pueda dar una diferencia de potencial peligrosa en los edificios, instalaciones y superficie próxima al terreno. Los electrodos de puesta a tierra constituyen el medio de contacto o empalme entre la instalación eléctrica y la tierra física o suelo.

Al utilizar un tablero de distribución con canalizaciones o cables no metálicos o si existen conductores de puesta a tierra independientes, se debe instalar en el interior del tablero una regleta terminal para esos conductores. La regleta se debe conectar equipotencialmente con el armario y el marco del panel de distribución, si son metálicos.

(Norma Técnica Colombiana, 2013) Indica que, los conductores de puesta a tierra no se deben conectar a la regleta terminal instalada para los conductores puestos a tierra (o el neutro), excepto si está identificada para ese uso e instalada en un lugar en el que la interconexión entre los conductores de puesta a tierra de los equipos y los conductores del circuito puestos a tierra esté permitida o exigida por la Sección 250 del Código de Practica Ecuatoriano CPE INEN-19:2001. (INEN, Código de Practica Ecuatoriano, 2001)

2.5 Bancos de transformadores trifásicos

2.5.1 Introducción

Cuando se colocan dos bobinas eléctricamente aisladas de manera que, el flujo variable en el tiempo, producido por una de las bobinas, induce una fuerza electromotriz, denominada f.e.m., en la otra bobina, entonces estas dos bobinas constituyen un transformador.

Según el autor (Gallo, 2011), señala que, un transformador es un dispositivo que implica bobinas acopladas magnéticamente. Si sólo una parte del flujo que produce una de las bobinas se enlaza con la otra, se dice que las bobinas tienen acoplamiento flojo. En este caso, el funcionamiento del transformador no es muy eficiente.

Con objeto de incrementar el acoplamiento entre las bobinas, estas se devanan sobre un núcleo común. Si el núcleo está hecho de un material no magnético, se dice que se trata de un transformador con núcleo de aire. Cuando el núcleo está constituido por un material ferromagnético con permeabilidad relativamente alta, se trata de un transformador con núcleo de hierro.

Un núcleo magnético sumamente permeable asegura que:

- a. Casi todo el flujo que crea una de las bobinas se enlaza con la otra.
- b. La reluctancia de la trayectoria magnética sea baja. Esto da como resultado una eficiencia de operación máxima del transformador.

En su forma más simple, un transformador consta de dos bobinas eléctricamente aisladas una de otra pero devanadas sobre el mismo núcleo magnético.

Una corriente variable en el tiempo en una bobina establece en el núcleo magnético un flujo también variable en el tiempo. Debido a la elevada permeabilidad del núcleo, la mayor parte del flujo se enlaza con la otra bobina e induce en ella una f.e.m. variable en el tiempo (voltaje). La frecuencia de la f.e.m. inducida en la otra bobina es la misma que la de la corriente en la primera bobina. Si se conecta la otra bobina a una carga, la f.e.m. inducida en la bobina establece en ella una corriente.

Así, la energía se transfiere de una bobina a otra por medio del flujo magnético en el núcleo. La bobina a la que la fuente suministra la fuerza se llama devanado primario. La bobina que envía fuerza a la carga se denomina devanado secundario. Cualquiera de los devanados puede conectarse a la fuente o a la carga. Como la f.e.m. inducida en una bobina es proporcional al número de vueltas que tiene, es posible que haya un voltaje más elevado a través del devanado secundario que el aplicado al primario.

En tal caso se habla de un transformador elevador, el cual se usa para conectar una línea de transmisión de voltaje relativamente alto a un generador de voltaje relativamente bajo.

En el caso opuesto, un transformador reductor tiene un voltaje más bajo en el lado secundario. Un ejemplo de un transformador reductor es uno para soldadora, cuyo devanado secundario está diseñado para suministrar una corriente elevada a la carga.

Cuando el voltaje que se aplica al primario es igual a la f.e.m. inducida en el secundario, se dice que el transformador tiene una razón uno a uno. Un transformador con razón uno a uno se emplea básicamente para aislar en forma eléctrica el lado secundario del primario. Un transformador semejante recibe el nombre de transformador de aislamiento, y se utiliza para aislar

corriente continua (c.c.). Es decir, si el voltaje de entrada en el lado primario consta de ambas componentes de corriente, corriente continua (c.c.) y corriente alterna (c.a.), el voltaje en el lado secundario tendrá naturaleza de c.a. pura. (Guru, 2002)

2.5.2 Definición

(INEN, 2001) Indica que, un banco de transformadores trifásicos puede pueden construirse de dos maneras:

- a. Con tres transformadores monofásicos, conectándolos en un grupo trifásico.
- b. Devanar sobre un núcleo común tres juegos de bobinadas, correspondientes a cada fase.

Debido a que casi toda la potencia que se genera y se transmite a largas distancias, es de carácter trifásico, se pueden utilizar tres transformadores monofásicos de iguales características y formar un transformador trifásico.

Pero por razones económicas, un transformador trifásico se diseña para tener sus seis devanados en un núcleo magnético común. Un transformador trifásico con núcleo magnético común también puede ser del tipo núcleo o acorazado.

(Sanz & Toledano, 2007) Comentan que, debido a que el flujo de la tercera armónica se encuentra en fase en cada devanado, es preferible un transformador de tipo acorazado porque proporciona una trayectoria externa para dicho flujo.

Es decir la señal sinusoidal del voltaje resulta menos distorsionada para un transformador tipo acorazado que para uno tipo núcleo con especificaciones semejantes.

El transformador trifásico consta de tres transformadores monofásicos, separados o combinados, sobre un núcleo. Los primarios y secundarios de todo transformador trifásico pueden

ser conectados independientemente en ye (Y) o en delta (Δ) de la siguiente manera:

- Ye-Ye (Y-Y)
- Ye - Delta (Y- Δ)
- Delta-Ye (Δ -Y)
- Delta-Delta (Δ - Δ); (Chapman)

2.5.3 Conexión Y-Y

En la figura 2.1. Se muestra la conexión Y-Y para los devanados primario y secundario de un transformador trifásico.

Como se conoce de la teoría convencional, el voltaje de línea a línea en el transformador trifásico, es $\sqrt{3}$ veces el voltaje nominal del transformador monofásico. Una ventaja de este tipo de conexión es que el neutro se encuentra disponible físicamente.

Mientras la carga sea equilibrada, la operación del transformador es normal, aunque el neutro no esté aterrizado.

Por lo general se suele poner el neutro del transformador trifásico a tierra, por si la carga instalada no está equilibrada. Cuando la carga trifásica es desequilibrada, las corrientes de excitación del transformador aún están desfasadas 120° , mientras que las formas de sus ondas ya no son sinusoidales y por lo tanto, estas corrientes no suman cero.

Si el neutro no está conectado a tierra, las corrientes están forzadas a sumar cero, afectando las formas de onda de la f.e.m. inducidas.

El aislamiento eléctrico se esfuerza únicamente alrededor de 58% del voltaje de línea en un transformador conectado en Y.

Como la mayoría de los transformadores se diseñan para operar en o por encima de la inflexión de la curva, un diseño tal ocasiona que las f.e.m. inducidas y las corrientes, se deformen.

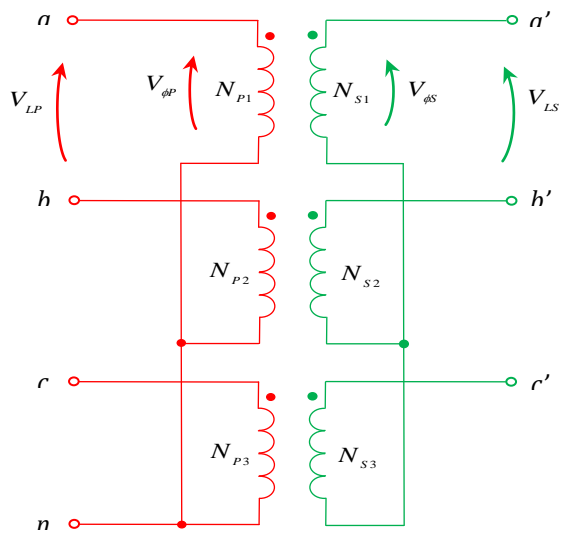
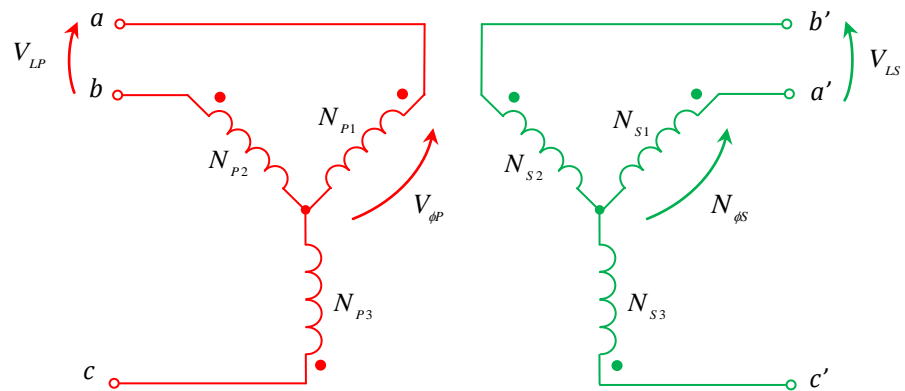


Figura 2.1. Banco trifásico en conexión Y-Y

Las ecuaciones involucradas en un transformador trifásico en conexión Y-Y se escriben a continuación:

$$\frac{V_a}{V_{a'}} = \frac{N_{P1}}{N_{S1}} = a$$

$$\frac{V_{ab}}{V_{a'b'}} = \frac{\sqrt{3}N_{P1}}{\sqrt{3}N_{S1}} = \frac{N_{P1}}{N_{S1}} = a$$

$$\frac{I_a}{I_{a'}} = \frac{N_{S1}}{N_{P1}} = \frac{1}{a}$$

Desventajas de la conexión Y – Y:

1. Con cargas desbalanceadas, los voltajes de las fases del transformador pueden llegar a desbalancearse severamente.
2. Los voltajes de terceras armónicas pueden ser grandes.

Al aplicar una tensión trifásica al primario de un banco de transformadores en conexión Y-Y, los voltajes en cualquier fase estarán desfasados 120° de las demás fases. Sin embargo, las componentes de la tercera armónica en cada una de las tres fases estarán en fase entre sí, debido a que hay tres ciclos en la tercera armónica por cada ciclo de la frecuencia fundamental.

Siempre hay algunas componentes de tercera armónica en el transformador debido a la no linealidad del núcleo, y estas componentes se suman. El resultado es una componente de voltaje de la tercera armónica muy grande, por encima del voltaje fundamental de 60Hz.

Según (Manzano, 2010) señala que, una forma de solucionar el desbalance de los voltajes y el problema de la tercera armónica, es utilizar una de las siguientes técnicas:

1. Poniendo sólidamente a tierra los neutros de los transformadores, en especial el neutro de los devanados primarios. Esta conexión permite que las componentes aditivas del tercer armónico provoquen un flujo de corriente a través del neutro en lugar de ocasionar sobrevoltajes. El neutro provee también un camino de retomo para los desbalances de corriente en la carga.
2. Adicionar un tercer devanado, terciario, conectado en Δ al banco de transformadores. Si se adiciona un tercer devanado conectado en Δ , las componentes de tercer armónico del voltaje se sumarán en la Δ causando una corriente circulante dentro de este devanado. Esto suprime las componentes de tercer armónico del voltaje, de la misma forma que poniendo a tierra los neutros de los transformadores. Los terminales del devanado terciario conectado en Δ no necesitan sacarse de la caja del transformador, pero se utilizan frecuentemente para alimentar luminarias y como potencia auxiliar en las subestaciones en las cuales se localizan. El devanado terciario debe ser suficientemente grande para portar las corrientes circulantes: por esta razón se fabrican, en la mayoría de los casos, de un tercio de la potencia nominal de los devanados principales.

Según (Carrasco, 2008) al respecto, comenta que, una de estas dos técnicas correctivas debe utilizarse cada vez que se instale un transformador Y-Y.

En la práctica se utilizan de manera reducida los transformadores Y-Y puesto que alguno de los otros tipos de conexión de transformadores trifásicos puede realizar las mismas labores.

2.5.4 Conexión Y- Δ

En la figura 2.2. se muestra una conexión Y- Δ para los devanados primario y secundario de un transformador trifásico.

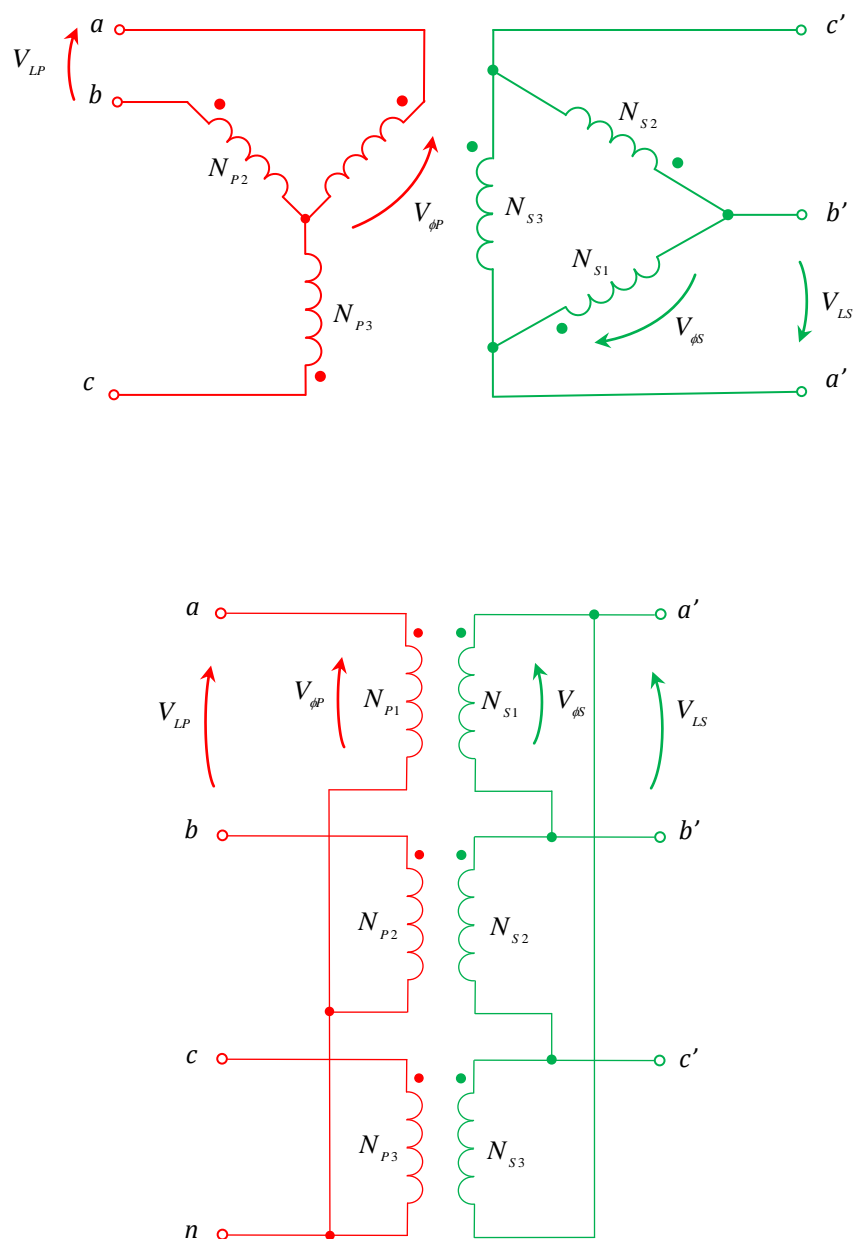


Figura 2.2. Banco Trifásico en conexión Y- Δ

Esta conexión es muy adaptable para aplicaciones reductoras. La corriente en el devanado secundario es alrededor de 58% de la corriente de carga. Los voltajes en el lado primario se toman entre la línea y el neutro, mientras que los voltajes en el lado secundario son de línea a línea. Por tanto, el voltaje y la corriente en el primario están fuera de fase con el voltaje y la corriente en el secundario.

Según (Wildi, 2007) en una conexión Y- Δ , la distorsión de la onda de los voltajes inducidos no es tan drástica como en un transformador conectado en Y-Y cuando el neutro no está conectado a tierra. La razón de ello es que las corrientes distorsionadas en el primario dan origen a una corriente circulante en el secundario conectado en Δ . La corriente circulante actúa más como corriente magnetizadora y tiende a corregir la distorsión.

En este tipo de conexiones se puede apreciar, como se indica en la figura 2.2. que el voltaje primario de línea es $\sqrt{3}$ veces el voltaje de fase y que el voltaje secundario de línea es igual al voltaje secundario de fase.

Las ecuaciones involucradas en un transformador trifásico en conexión Y- Δ se escriben a continuación:

$$\frac{V_a}{V_{a'b'}} = \frac{N_{P1}}{N_{S1}} = a;$$

$$\frac{V_{ab}}{V_{a'b'}} = \frac{\sqrt{3}N_{P1}}{N_{S1}} = a\sqrt{3};$$

$$\frac{I_a}{I_{a'b'}} = \frac{N_{S1}}{N_{P1}} = \frac{1}{a};$$

$$\frac{I_a}{I_a'} = \frac{N_{S1}}{\sqrt{3}N_{P1}} = \frac{1}{a\sqrt{3}};$$

La conexión Y - Δ no tiene problemas por componentes de tercera armónica en sus voltajes ya que ellas son consumidas en una corriente circulante en el devanado Δ .

Esta conexión es también más estable cuando hay cargas desbalanceadas puesto que la Δ redistribuye parcialmente cualquier desbalance que ocurra.

Este arreglo tiene sin embargo un problema. Debido a la conexión, el voltaje secundario está desfasado 30° con relación al voltaje primario del transformador.

El hecho de que ocurra un desfasaje puede causar problemas en la puesta en paralelo de los secundarios de dos bancos de transformadores.

Los ángulos de fase de los secundarios de los transformadores deben ser iguales si van a ser puestos en paralelo, lo cual significa que se debe poner atención a la dirección en que ocurre el desfasaje de 30° en cada banco de transformadores que va a ser puesto en paralelo.

En Estados Unidos, es costumbre hacer que el voltaje secundario atrase al primario en 30° . Aunque ésta es la norma, no siempre ha sido observada y las instalaciones más viejas deben ser revisadas con cuidado antes de poner en paralelo un nuevo transformador con aquellas, para asegurarse de que sus ángulos de fase concuerden.

La conexión mostrada en la figura causará un desfasaje en atraso del voltaje secundario, si la secuencia de fases del sistema es abc. Si la secuencia de fases del sistema es acb, entonces la conexión mostrada en la figura causará que el voltaje secundario adelante al primario en 30° .

2.5.5 Conexión Δ -Y

En la figura 2.3. se muestra una conexión Δ -Y para los devanados primario y secundario de un transformador trifásico.

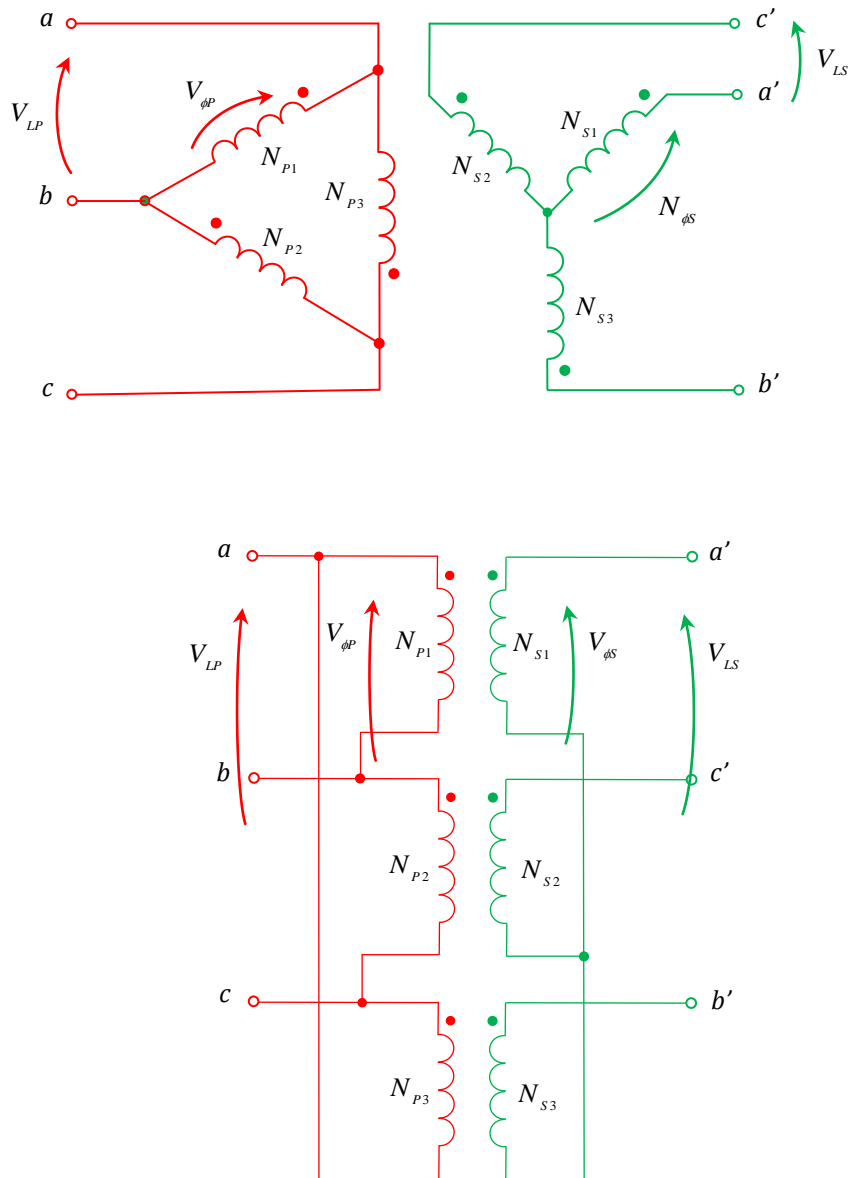


Figura 2.3. Banco Trifásico en conexión Δ - Y

Generalmente esta conexión es apropiada para una aplicación elevadora de voltaje. Sin embargo, actualmente se aprovecha para satisfacer los requerimientos tanto de las cargas trifásicas

como monofásicas. En este caso, se usa un secundario de cuatro conductores. Las cargas monofásicas se alimentan por los tres circuitos línea a neutro. Invariablemente se intenta distribuir las cargas monofásicas casi por igual entre las tres fases.

Esta conexión tiene las mismas ventajas y el mismo desfase que en el caso del transformador Y – Δ. La conexión mostrada en la figura ocasiona que el voltaje secundario atrase el voltaje primario en 30°, como antes.

Las ecuaciones involucradas en un transformador trifásico en conexión Y- Δ se escriben a continuación:

$$\frac{V_{ab}}{V_{a'}} = \frac{N_{P1}}{N_{S1}} = a ;$$

$$\frac{V_{ab}}{V_{a'b'}} = \frac{N_{P1}}{\sqrt{3}N_{S1}} = a\sqrt{3} ;$$

$$\frac{I_{ab}}{I_{a'}} = \frac{N_{S1}}{N_{P1}} = \frac{1}{a} ;$$

$$\frac{I_a}{I_{a'}} = \frac{\sqrt{3}N_{S1}}{N_{P1}} = \frac{\sqrt{3}}{a} ;$$

2.5.6 Conexión Δ- Δ

En la figura 2.4. se muestra una conexión Δ- Δ para los devanados primario y secundario de un transformador trifásico.

Como se ilustra en la figura 2.4. se describen tres transformadores con los devanados primario y secundario conectados en Δ – Δ.

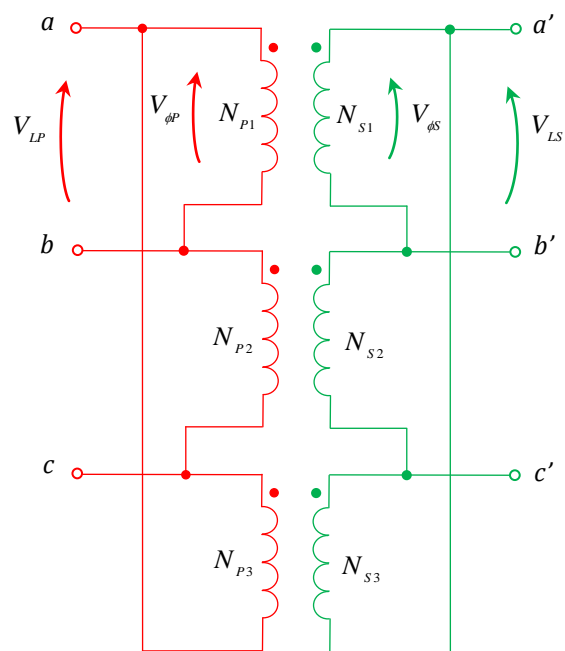
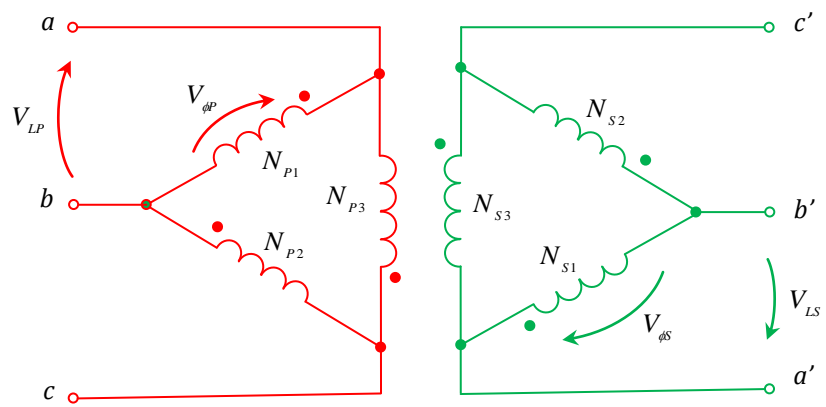


Figura 2.4. Banco Trifásico en conexión $\Delta - \Delta$

Las ecuaciones involucradas en un transformador trifásico en conexión $\Delta - \Delta$ se escriben a continuación:

$$\frac{V_{ab}}{V_{a'b'}} = \frac{N_{P1}}{N_{S1}} = a$$

$$\frac{I_{ab}}{I_{a'b'}} = \frac{N_{S1}}{N_{P1}} = \frac{1}{a}$$

$$\frac{I_a}{I_{a'}} = \frac{\sqrt{3}N_{S1}}{\sqrt{3}N_{P1}} = \frac{N_{S1}}{N_{P1}} = \frac{1}{a}$$

El voltaje de línea a línea en cada lado es igual al voltaje de fase correspondiente. Por tanto, este arreglo es útil cuando los voltajes no son muy altos.

La ventaja de esta conexión es que aun en condiciones de cargas no equilibradas los voltajes de la carga trifásica permanecen sustancialmente iguales.

La desventaja de una conexión $\Delta - \Delta$ es la ausencia de una terminal neutra en cada lado.

Otra desventaja radica en que el aislamiento eléctrico se esfuerza al voltaje de línea. Por ende, un devanado conectado en Δ requiere un aislamiento más caro que otro conectado en Y para la misma especificación de potencia. (Chapman, 1987)

2.6 Transformadores en conexión Y abierta - Δ abierta

2.6.1 Generalidades

Este tipo de conexión se utiliza para dar servicio trifásico en áreas donde no están disponibles las tres fases. Una desventaja de este sistema es que en el neutro del circuito primario del banco de transformadores debe fluir una corriente de retorno muy grande.

Esta conexión es utilizada en los siguientes casos:

1. Se utiliza cuando se dispone de dos fases y neutro en el lado de alta tensión para generar una red trifásica en el secundario.
2. Se utiliza en condiciones de emergencia cuando una unidad de un banco trifásico Y – Δ convencional se encuentre fuera de servicio. Esta puede considerarse como una conexión de emergencia en transformadores trifásicos, ya que si en un transformador se quema o sufre una avería cualquiera de sus fases, se puede seguir alimentando carga trifásica operando el transformador a dos fases sólo que su capacidad disminuye a un 57.7% aproximadamente.

En la figura 2.5 se muestra la forma de realizar la conexión básica estrella abierta - delta abierta.

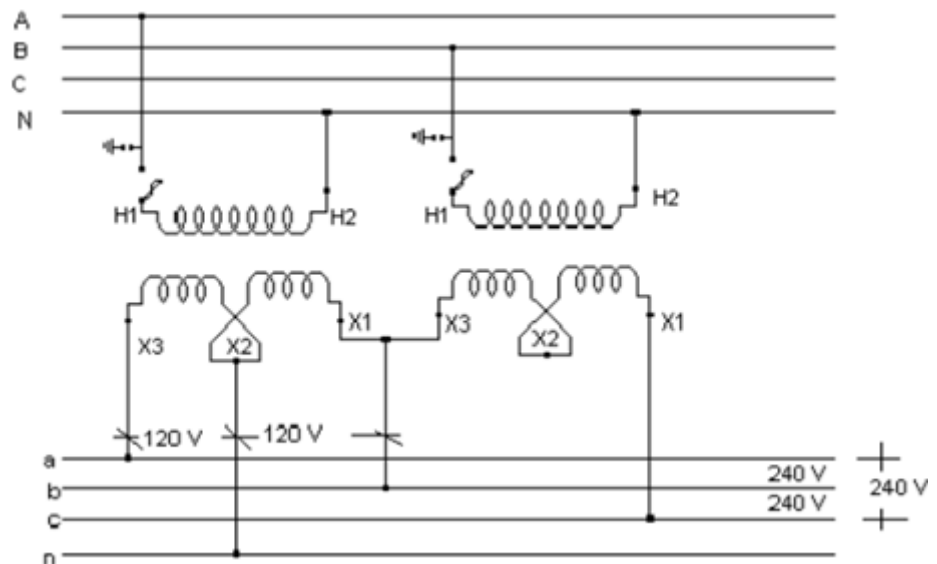


Figura 2.5. Banco estrella abierta – delta abierta

Así de esta manera podemos obtener un sistema trifásico de voltajes en el lado secundario; es decir se “genera” la otra fase; con un banco de transformadores monofásicos; dos en realidad;

conectados en Y abierta – Δ abierta, a partir de un sistema bifásico en lado de alta tensión.

Las compañías distribuidoras actuales utilizan tal conexión indistintamente en áreas residenciales y urbanas; es común encontrar un transformador más grande que el otro en este tipo de montaje.

Según (Empresa Publica de Medellín, 2011) indica que, el banco de transformadores está formado por dos transformadores monofásicos, los cuales serán de igual capacidad cuando alimenten solamente cargas trifásicas y tendrán capacidades diferentes cuando alimenten cargas monofásicas y trifásicas.

Cuando los transformadores alimenten cargas trifásicas únicamente, esta conexión reduce la capacidad de cada transformador monofásico al 86.6%, lo que equivale a reducir la capacidad del banco al 57.7%, respecto la capacidad del banco trifásico completo de tres unidades monofásicas.

Como se muestra en la figura se utiliza el tap central del secundario, del transformador monofásico de mayor capacidad, para suministrar potencia monofásica, como en el caso de un transformador monofásico trifilar.

2.6.2 Capacidad de carga del banco de transformadores en conexión Y abierta – Δ abierta

En la figura 2.6. se puede observar el banco de transformadores Y abierto – delta abierto, que puede suministrar energía trifásica aunque faltare un transformador en el banco.

Al analizar el voltaje línea V_{ca} que se presenta en los terminales c y a, observamos que es la suma vectorial de los voltajes secundarios de los transformadores existentes, así de esta manera, si los voltajes secundarios existentes son:

$$\mathbf{V}_{ab} = V\angle 0^\circ ;$$

$$\mathbf{V}_{bc} = V\angle -120^\circ ;$$

se tiene que el voltaje V_{ca} es como sigue:

$$\mathbf{V}_{ca} = -\mathbf{V}_{ab} - \mathbf{V}_{bc}$$

$$\mathbf{V}_{ca} = -V\angle 0^\circ - V\angle -120^\circ$$

$$\mathbf{V}_{ca} = V\angle 120^\circ$$

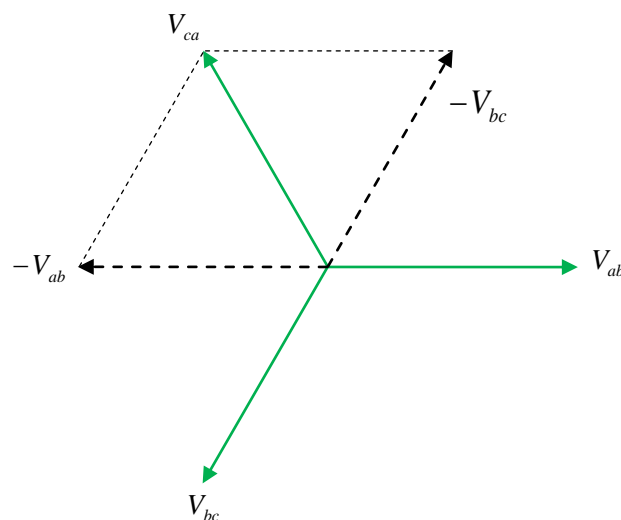


Figura 2.6. Diagrama vectorial de voltajes del secundario

La suma vectorial de $V_{ab} + V_{bc}$ da V_{ca} como se ve en la fig. 2.6. En consecuencia, mediante un sistema V-V se producen todavía 3 tensiones simples, desfasadas 120° entre sí.

El autor (Pulido, 2009) al respecto comenta que, se tiene entonces el mismo voltaje, en magnitud y fase, como si el tercer transformador no estuviera fuera de servicio formando el triángulo

en el secundario. A menudo, a la fase C se le llama fase fantasma o fase generada.

Se puede observar entonces que, la conexión delta-abierta hace posible que el sistema continúe suministrando potencia trifásica a las cargas conectadas en la red del secundario, sin ningún cambio en la tensión por las razones indicadas.

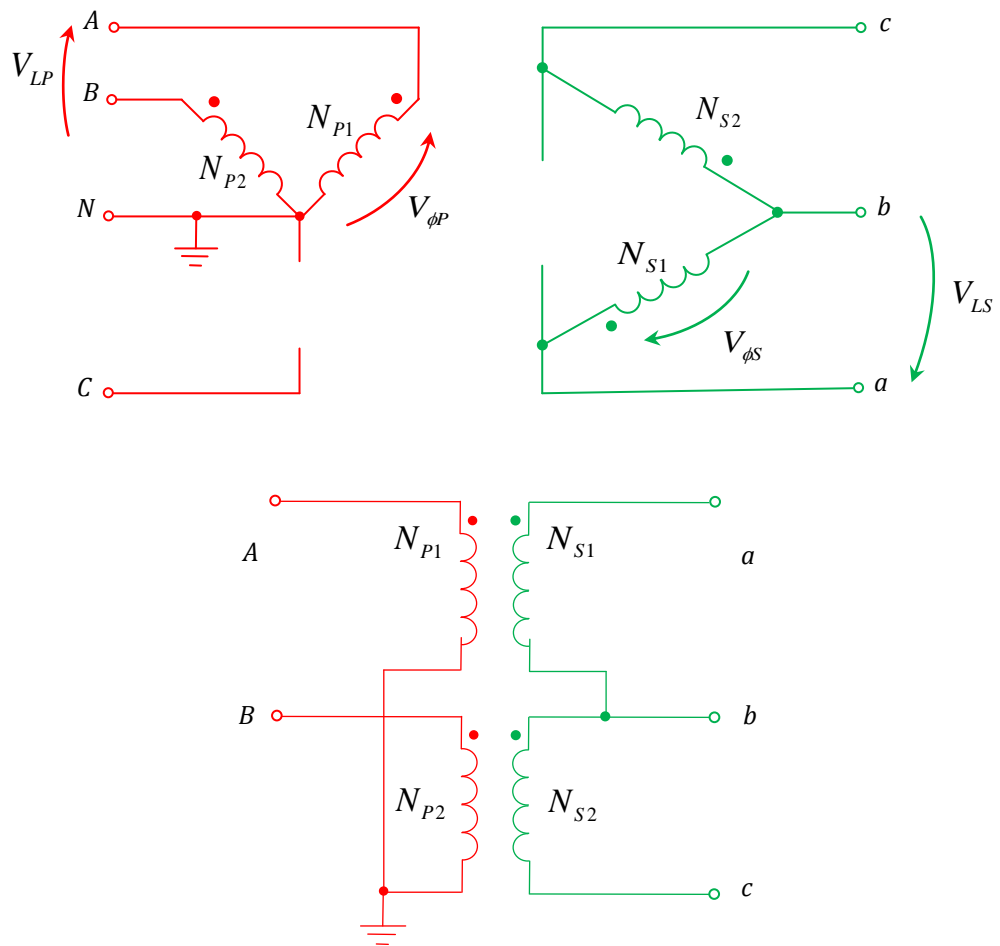


Figura 2.7. Diagrama de conexión Y abierta – Δ abierta

Conociendo que en el lado del secundario hay presentes voltajes trifásicos, el siguiente paso es conocer cuál es realmente la potencia que entrega el banco de transformadores a la carga, para

ello se conectara una carga puramente resistiva como se ilustra en las siguientes gráficas.

En la figura 2.8. Se puede observar un banco trifásico completo, con una carga resistiva en lado del secundario.

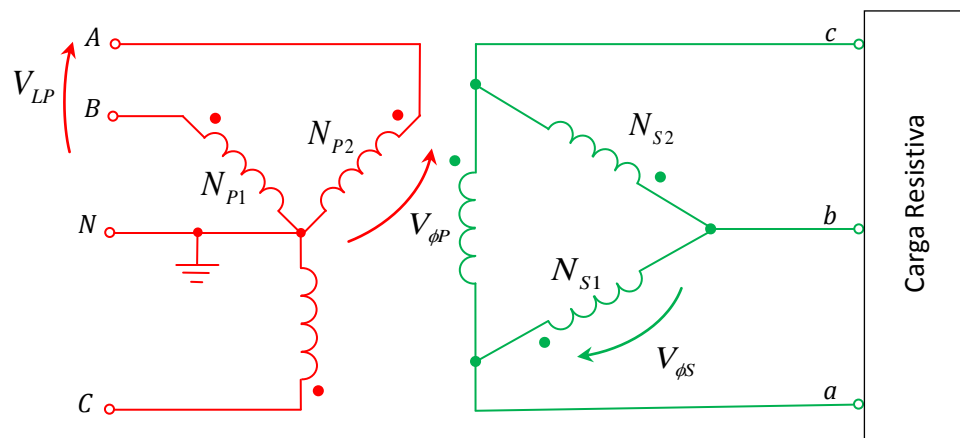


Figura 2.8. Banco trifásico Y – Δ con carga resistiva

Si el voltaje nominal del transformador en el banco es V_ϕ y la corriente nominal es I_ϕ entonces la potencia máxima que puede entregar a la carga es la siguiente:

$$P = V_\phi I_\phi \cos \theta$$

Debido a que la carga es puramente resistiva, la corriente y el voltaje están en fase por lo que; $\cos \theta = 1$. Entonces la potencia total suministrada por el banco es la suma de la potencia nominal de cada transformador monofásico:

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

$$P_T = 3V_\phi I_\phi$$

Entonces se determina que en un banco trifásico, la potencia máxima que entrega a la carga es la suma de las potencias nominales de cada transformador es decir el banco trifásico transfiere toda la capacidad de energía a voltaje y corrientes nominales.

Ahora nuestro interés es conocer cuanta potencia entrega el banco en delta abierto. En la figura 2.9. se muestra un banco conectado en delta abierto, conectado a él una carga resistiva. En esta condición, los ángulos entre los voltajes y las corrientes varían con respecto al banco delta, debido a que falta una de las fases del banco.

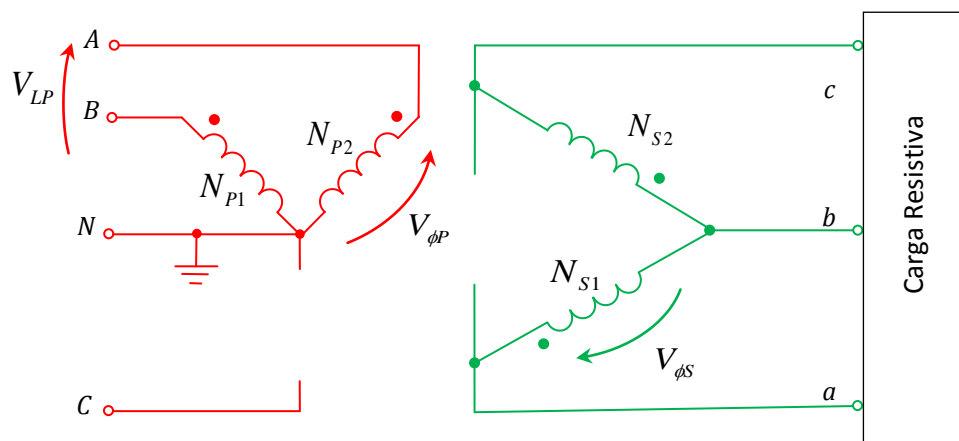


Figura 2.9. Banco Y abierto – Δ abierto con carga resistiva

En la figura 2.9 se puede observar que la corriente de retorno y/o corriente del neutro no es cero, sino que ahora la suma vectorial de las corrientes que circulan es de un valor elevado, lo que podría ser una de las desventajas de este tipo de conexiones.

Ahora en el secundario, las corrientes de línea tienen un ángulo de 30° que difiere del voltaje del transformador. Así para el transformador monofásico 1 se tiene que:

$$P_1 = V_\phi I_\phi \cos(150^\circ - 120^\circ)$$

$$P_1 = V_\phi I_\phi \cos 30^\circ$$

$$P_1 = \frac{\sqrt{3}}{2} V_\phi I_\phi$$

$$P_1 = 0,866 V_\phi I_\phi$$

En el transformador 2, el voltaje tiene un ángulo de 30° y la corriente un ángulo de 60° , así el valor de la potencia será:

$$P_2 = V_\phi I_\phi \cos(30^\circ - 60^\circ)$$

$$P_2 = V_\phi I_\phi \cos -30^\circ$$

$$P_2 = \frac{\sqrt{3}}{2} V_\phi I_\phi$$

$$P_2 = 0,866 V_\phi I_\phi$$

Entonces la potencia total entregada por el banco delta abierta es la suma de las potencias que entrega cada transformador:

$$P_t = \frac{\sqrt{3}}{2} V_\phi I_\phi + \frac{\sqrt{3}}{2} V_\phi I_\phi$$

$$P_t = \sqrt{3} V_\phi I_\phi$$

$$P_t = 1,732 V_\phi I_\phi$$

La corriente nominal es la misma en cada transformador, sin importar si son dos o tres, y el voltaje es el mismo en cada transformador, por lo que la razón entre la potencia d salida disponible dl banco delta abierta y la potencia de salida disponible del banco trifásico normal es:

$$\frac{P_{abierto\Delta}}{P_{3FASES}} = \frac{\sqrt{3}V_{\phi} I_{\phi}}{3V_{\phi} I_{\phi}} = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.577$$

Ósea que la potencia que entrega en delta abierto es solo 57.7% del valor de un banco trifásico completo. Entonces se tiene una capacidad instalada que corresponde a 2/3 del banco total, es decir se tiene 66.6% de potencia total al eliminar a un transformador, pero los dos transformadores solo entregan un 57.7%, del total.

La respuesta se encuentra al analizar la potencia reactiva del banco delta abierta. La potencia reactiva del transformador 1 es:

$$Q_1 = V_{\phi} I_{\phi} \text{sen}(150^{\circ} - 120^{\circ})$$

$$Q_1 = V_{\phi} I_{\phi} \text{sen}30^{\circ}$$

$$Q_1 = \frac{1}{2} V_{\phi} I_{\phi}$$

$$Q_1 = 0,5V_{\phi} I_{\phi}$$

La potencia reactiva del transformador 2 es:

$$Q_2 = V_{\phi} I_{\phi} \text{sen}(30^{\circ} - 60^{\circ})$$

$$Q_2 = V_{\phi} I_{\phi} \text{sen} - 30^{\circ}$$

$$Q_2 = -\frac{1}{2} V_{\phi} I_{\phi}$$

$$Q_2 = -0,5V_{\phi} I_{\phi}$$

Lo que quiere decir que un transformador produce potencia reactiva que consume el otro transformador por lo que debido a

este intercambio de energía entre los dos transformadores es lo que limita la potencia de salida al 57.7% del valor nominal del banco completo en lugar del deseado 66.6%.

Entonces se tiene que la potencia suministrada por cada transformador en un sistema Y-V no es la mitad (50%) de la potencia total sino aproximadamente del 57,7%. Esto también puede demostrarse como sigue:

Corno cada transformador en Y-V suministra ahora corriente compuesta y no simple, la potencia suministrada por cada transformador en triángulo abierto comparada con la potencia trifásica total es:

$$\frac{S_{transformador.\Deltaabierto}}{S_{trifasicaptal}} = \frac{V_{\phi} I_{\phi} \cos \theta}{\sqrt{3} V_L I_L \cos \theta} = \frac{V_L I_L \cos \theta}{\sqrt{3} V_L I_L \cos \theta} = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.577$$

Según esta relación se puede decir también que si 3 transformadores en $\Delta-\Delta$ están alimentando una carga nominal y se elimina un transformador, la sobrecarga en cada uno de los transformadores restantes es del 173% puesto que la inversa de $1/\sqrt{3}$ es $\sqrt{3}$; y esta es la relación de la carga total a la carga por transformador.

Finalmente, la relación anterior también implica que si dos transformadores están funcionando en V-V y están cargados a la capacidad nominal, la adición de un tercer transformador aumenta la capacidad total en 173,2 % (o en $\sqrt{3}$). Así, con un incremento en el costo del 50% para un tercer transformador, la capacidad del sistema se eleva en un 73,2% al convertir un sistema Y- Δ en un sistema Y-V.

2.6.3 Determinación de la capacidad de los dos transformadores del banco en conexión Y abierta – Δ abierta

Dentro de las normativas eléctricas que posee Epm, que se refiere a las Empresas Públicas de Medellín, la cual es la Empresa Industrial y Comercial del Estado, propiedad de la alcaldía de Medellín, que provee de energía eléctrica, agua potable, saneamiento y gas por red a los municipios donde tiene presencia, indica lo siguiente.

Al formar el sistema Y abierta – Δ abierta, se tiene dos transformadores monofásicos, de los cuales se denomina, "columna de iluminación" al transformador monofásico que alimenta la carga monofásica, es decir al transformador del cual se utiliza el tap central y "columna de potencia" al otro transformador.

El transformador denominado "columna de iluminación" se instala entre las fases más adelantadas según la secuencia RST o ABC de la red trifásica, usualmente entre las fases R y S. Esta conexión se denomina "conexión en adelanto" y de esta forma se optimiza la capacidad de éste transformador.

Si la carga es exclusivamente trifásica y equilibrada, se utilizan dos transformadores monofásicos de mayor capacidad en KVA, comparado con los KVA de los transformadores del banco trifásico completo.

Para determinar la capacidad de estos transformadores en la tabla 1 se ubica el valor de carga trifásica (KVA) - columna 1 y se busca la capacidad de los dos transformadores en la columna 2 donde dice carga monofásica igual a cero. En este caso la capacidad del transformador llamado "columna de iluminación" y el llamado "columna de potencia" son iguales.

A continuación se presenta la tabla 2.3.

CARGA TRIFASICA KVA	CARGA MONOFASICA KVA																		
	0	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
10	10	15	25	25	37,5	37,5	50	50	50	75	75	75	75	75	100	100	100	100	100
20	15	25	25	37,5	37,5	50	50	50	75	75	75	75	75	100	100	100	100	100	-
30	25	37,5	37,5	37,5	50	50	50	75	75	75	75	75	100	100	100	100	100	-	-
40	25	37,5	37,5	50	50	50	75	75	75	75	75	100	100	100	100	100	-	-	-
50	37,5	37,5	50	50	75	75	75	75	75	75	100	100	100	100	100	-	-	-	-
60	37,5	50	50	75	75	75	75	75	75	100	100	100	100	100	-	-	-	-	-
70	50	50	75	75	75	75	75	100	100	100	100	100	100	-	-	-	-	-	-
80	50	75	75	75	75	75	100	100	100	100	100	100	-	-	-	-	-	-	-
90	75	75	75	75	75	100	100	100	100	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-
100	75	75	75	75	100	100	100	100	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
110	75	75	100	100	100	100	100	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
120	75	100	100	100	100	100	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
130	100	100	100	100	100	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
140	100	100	100	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
150	100	100	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
160	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
170	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 2.3. Determinación de la capacidad de los transformadores del banco Y abierta – Δ abierta

Si la carga está compuesta de una componente monofásica y otra trifásica, se deberán utilizar transformadores con diferentes capacidades nominales.

En la tabla 2.3 se ubica el valor de la carga trifásica (KVA) - columna 1 y el valor de la carga monofásica (KVA) en la fila superior. La capacidad del transformador denominado "columna de iluminación" será la intersección de estos valores en la tabla 2.3. La capacidad del transformador denominado "columna de potencia" se determina igual como en el caso de ser únicamente trifásica y equilibrada. En este caso la capacidad de los dos transformadores será diferente.

La figura a continuación muestra el lado secundario de la conexión Delta Abierta:

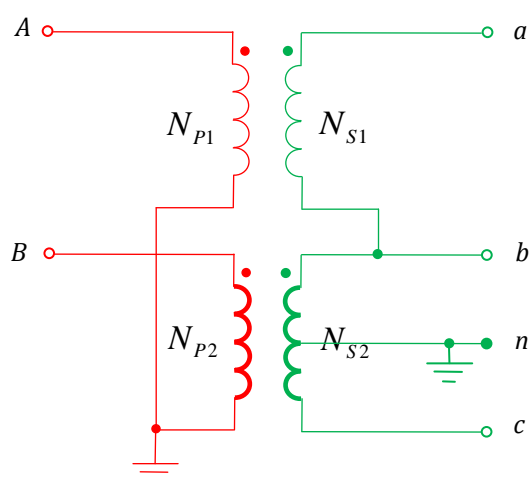


Figura 2.10. Transformadores del banco Y abierta – Δ abierta

Otra forma de obtener las capacidades de los transformadores, se puede encontrar dentro de las normativas eléctricas, que posee C.A. La Electricidad de Caracas, que es una empresa venezolana encargada de suministrar energía eléctrica a la ciudad de Caracas y sus alrededores. En la norma (IIC) 1- 2006

que se refiere a “conexiones normales de transformadores de distribución” establece lo siguiente.

Los bancos de dos transformadores monofásicos conectados en delta abierta, 4 hilos, en el lado secundario pueden alimentar simultáneamente cargas monofásicas y trifásicas; pero cada uno de los transformadores del banco se cargará en función de la combinación de cargas. Observando solo el secundario del triangulo abierto tenemos el siguiente grafico simplificado:

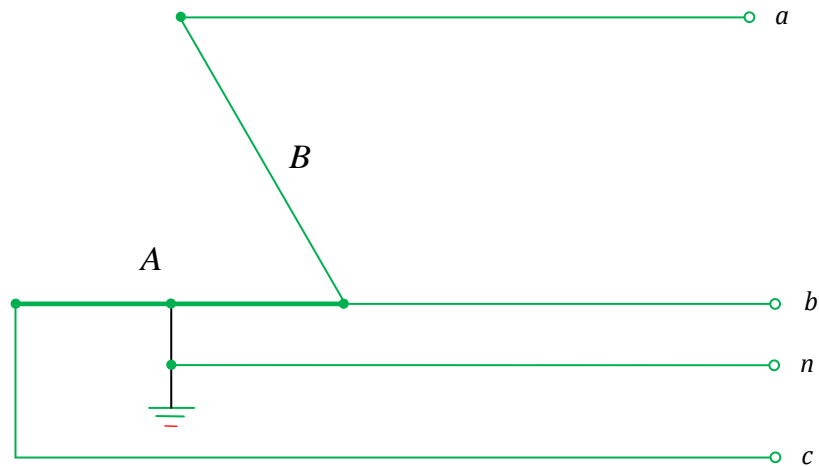


Figura 2.11. Diagrama simplificado del banco Y abierta – Δ abierta

La carga en cada transformador será:

1.- Conexión Adelantada

$$L_A = \sqrt{\left[M^2 + \frac{T^2}{3} + \frac{2}{\sqrt{3}} M * T * \cos(\theta_T - \theta_M + 30^0) \right]}$$

$$L_B = \frac{\sqrt{3}}{3} T$$

2.- Conexión Atrasada

$$L_A = \sqrt{\left[M^2 + \frac{T^2}{3} + \frac{2}{\sqrt{3}} M * T * \cos(\theta_T - \theta_M - 30^\circ) \right]}$$

$$L_B = \frac{\sqrt{3}}{3} T$$

A continuación se presenta la tabla de capacidad nominal de transformadores en conexión delta abierta para alimentar cargas combinadas trifásicas y monofásicas.

CARGA MONOFASIC KVA	TRANSFORMADOR B KVA											
	3	5	10	10	15	15	25	25	25	25	25	37,5
	TRANSFORMADOR A KVA											
0	3	5	10	10	15	15	25	25	25	25	25	37,5
5	5	10	10	15	15	25	25	25	25	25	37,5	37,5
10	10	10	15	15	25	25	25	25	25	37,5	37,5	37,5
15	15	15	25	25	25	25	25	37,5	37,5	37,5	50	50
20	15	15	25	25	25	25	25	37,5	37,5	37,5	50	50
25	25	25	25	25	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	50	50	50
30	25	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	50	50	50
35	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	50	50	50	50	75
40	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	50	50	50	50	50	75	75
45	37,5	37,5	50	50	50	50	50	50	50	50	75	75
50	50	50	50	50	50	50	50	75	75	75	75	75
60	50	50	75	75	75	75	75	75	75	75	75	100
75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	100
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	167
	CARGA TRIFASICA KVA											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	75

Tabla 2.4. Capacidad nominal de transformadores en conexión delta abierta para alimentar cargas combinadas trifásicas y monofásicas

Las capacidades nominales de los transformadores A y B son las mismas para las cargas indicadas. La tabla 2.4 está basada en un factor de potencia de 0.8 para las cargas trifásicas y 0.95

para las monofásicas en las cuales el transformador A puede estar cargado al 130% de su capacidad nominal.

Cuando la relación entre la carga monofásica y la trifásica es superior a 1,5 se recomienda la conexión adelantada.

Además de estas dos formas de obtener la capacidad de los transformadores, también se la puede calcular de la siguiente manera. Por ejemplo, para una carga monofásica de 7 KVA y una carga trifásica de 5 KVA, donde las cargas tienen el mismo factor de potencia, los tamaños de los transformadores son determinados así:

	Transformador Grande	Transformador Pequeño
Carga Monofásica	7 KVA	
Carga trifásica (0,58 x 5)	0,58 x 5 = 2.9KVA 7KVA + 2.9KVA = 9.9KVA	0,58 x 5 = 2,9KVA 2.9KVA
Capacidad Total	9.9KVA	2.9KVA
Capacidad requerida del transformador	10KVA	3KVA

Tabla 2.5. Ejemplo de cálculo de las capacidades de los transformadores delta-abierto

2.6.4 Consideraciones generales del conexionado del banco de transformadores Y abierta – Δ abierta

En la gráfica 2.12 se puede observar el diagrama de conexión de este tipo de bancos de transformación en los cuales se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Al realizar este tipo de conexiones se debe verificar que las dos fases sean diferentes, es decir R-S, S-T, o T-R por precaución de no alimentar los dos transformadores con una sola fase, ya que se puede presentar, una tensión de dos veces el voltaje línea-línea en el secundario.

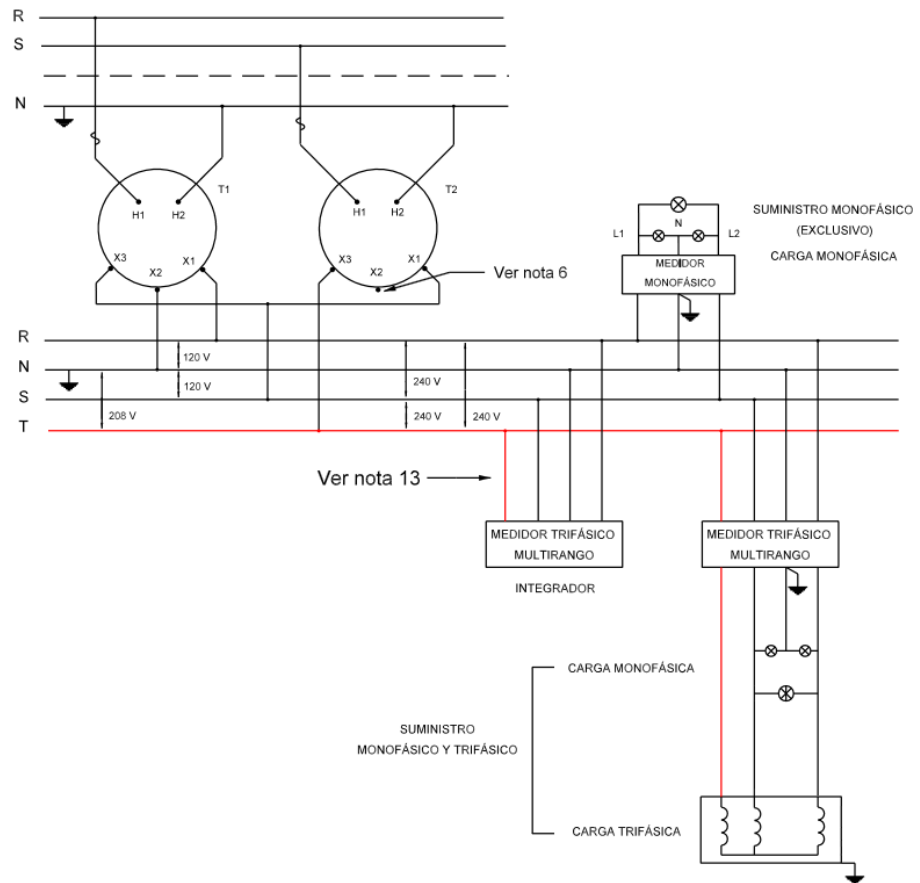


Figura 2.12. Diagrama de conexión banco delta abierto

- Se deberá tener cuidado con la polaridad de los transformadores; en la conexión del banco Y abierta - delta abierta. En el esquema de la gráfica 2.5.4.1 indica las conexiones en el caso para transformadores con polaridad aditiva, que es la condición normalizada para estas capacidades y niveles de tensión.
- Debido a que para las cargas trifásicas se tiene un neutro flotante, el voltaje fase-neutro en condiciones nominales de operación alcanza un valor del 13% superior, por lo que se recomienda el ajuste del tap, dos posiciones para aumentar la relación de transformación, respecto del valor nominal, en los

dos transformadores. De esta forma se reducen los voltajes secundarios a un nivel apropiado.

- La derivación del punto neutro del banco de transformadores utilizada para alimentar cargas monofásicas a 120 VAC, sólo debe hacerse en uno de los transformadores del banco, específicamente en el de mayor capacidad.
- El punto neutro del otro transformador, es decir del transformador de menor capacidad, deberá ser inhabilitado y señalado; bajo ninguna circunstancia se deberá utilizar este punto neutro, para evitar conexiones inapropiadas y consecuentes riesgo de corto circuito.
- No se deberá conectar el punto neutro del banco de transformadores, que es el punto neutro de las cargas monofásicas, con el punto neutro de las cargas trifásicas, ya que se presentarían altos desbalances en voltajes y corrientes, en estado estacionario. Esto aplica principalmente para cargas trifásicas conectadas en Y, como por ejemplo motores de inducción con estator devanado en Y. De esta manera, el punto neutro de las cargas trifásicas se debe dejar flotando.
- Se deberán marcar apropiadamente los tableros e indicar que el suministro proviene de un banco de transformadores Y abierta - Delta abierta.
- También se recomienda la utilización de un color diferente para la fase "generada". Lo anterior con el propósito de disminuir la probabilidad de fallas o conexiones inseguras como consecuencia de errores de cableado.
- Por ninguna razón, se debe conectar cargas monofásicas entre la fase generada y el neutro monofásico, ya que aparecerá una tensión no normalizada, superior a la tensión

nominal entre fase -neutro que puede dañar las cargas comunes.

- Se deberá recomendar al cliente la instalación de un relé de desbalance de tensión o similar que desconecte las cargas, monofásicas y trifásicas, en condiciones de falla, ya que bajo diversas condiciones de falla posibles, no se preserva el balance en las tensiones trifásicas, magnitud y fase y también se afectan las tensiones monofásicas.
- En el ajuste de este relé se deberá incluir un % apropiado de desbalance y una temporización (delay), para evitar disparos frecuentes por condiciones normales en la tensión de operación. Esta es una recomendación de protección y de seguridad que es independiente de la conexión del banco de transformadores.

2.7 Montaje de transformadores en postes

2.7.1 Generalidades

Los transformadores tipo convencional de poste, se muestra en la figura 2.13., constan de núcleo y bobinas montados, de manera segura, en un tanque cargado con aceite; llevan hacia fuera las terminales necesarias que pasan a través de bujes apropiados.

(Gallo, 2011) señala que, los bujes de alto voltaje pueden ser dos, pero lo más común es usar un solo buje además de una terminal de tierra en la pared del tanque conectada al extremo de tierra del devanado de alto voltaje para usarse en circuitos de varias tierras.

El tipo convencional incluye solo la estructura básica del transformador sin equipo de protección alguna. La protección deseada por sobre voltaje, sobrecarga y cortocircuito se obtiene usando pararrayos e interrupciones primarias de fusibles

montados separadamente en el poste o en la cruceta muy cerca del transformador.



Figura 2.13. Transformador monofásico convencional tipo poste



Figura 2.14. Transformador monofásico auto-protegido tipo poste

La interrupción primaria del fusible proporciona un medio para detectar a simple vista los fusibles quemados en el sistema primario, y sirve también para sacar el transformador de la línea de alto voltaje, ya sea manual, cuando así se desee, o automáticamente en el caso de falla interna de las bobinas.

También existe el transformador auto-protegido, mostrado en la figura 2.4.1.2, que tiene un circuito secundario de protección por sobrecarga y cortocircuito, controlado térmicamente y montado en su interior; un eslabón protector de montaje interno conectado en serie con el devanado de alto voltaje para desconectar el transformador de la línea en caso de falla interna de las bobinas, y uno o más pararrayos montados en forma integral en el exterior del tanque para protección por sobre-voltaje.

En casi todos estos transformadores, excepto algunos con capacidad de 5KVA, el corta-circuito opera una lámpara de señal cuando se llega a una temperatura de devanado predeterminada, a manera de advertencia antes del disparo. Si no se atiende la señal y el circuito de protección se dispara, puede restablecerse este y restaurarse la carga por medio de un asa externa.

Es común que esto se logre con el ajuste normal del circuito de protección, pero si la carga se ha sostenido por un tiempo prolongado tal que haya permitido al aceite alcanzar una temperatura elevada, el circuito de protección podrá dispararse de nuevo en breve o podrá ser imposible restablecerlo para que permanezca cerrado. En tales casos, puede ajustarse la temperatura de disparo por medio de un asa externa auxiliar de control para que pueda volverse a cerrar el circuito por la emergencia hasta que pueda instalarse un transformador más grande.

Los transformador auto-protegidos trifásicos son similares a las unidades monofásicas, con la excepción de que emplea un circuito de protección de tres polos. El circuito de protección está dispuesto de tal manera que abra los tres polos en caso de una sobrecarga seria o de falla en alguna de las fases. A continuación se presentan varias estructuras.

2.7.2 Montaje de transformador monofásico convencional en poste (Sigde)

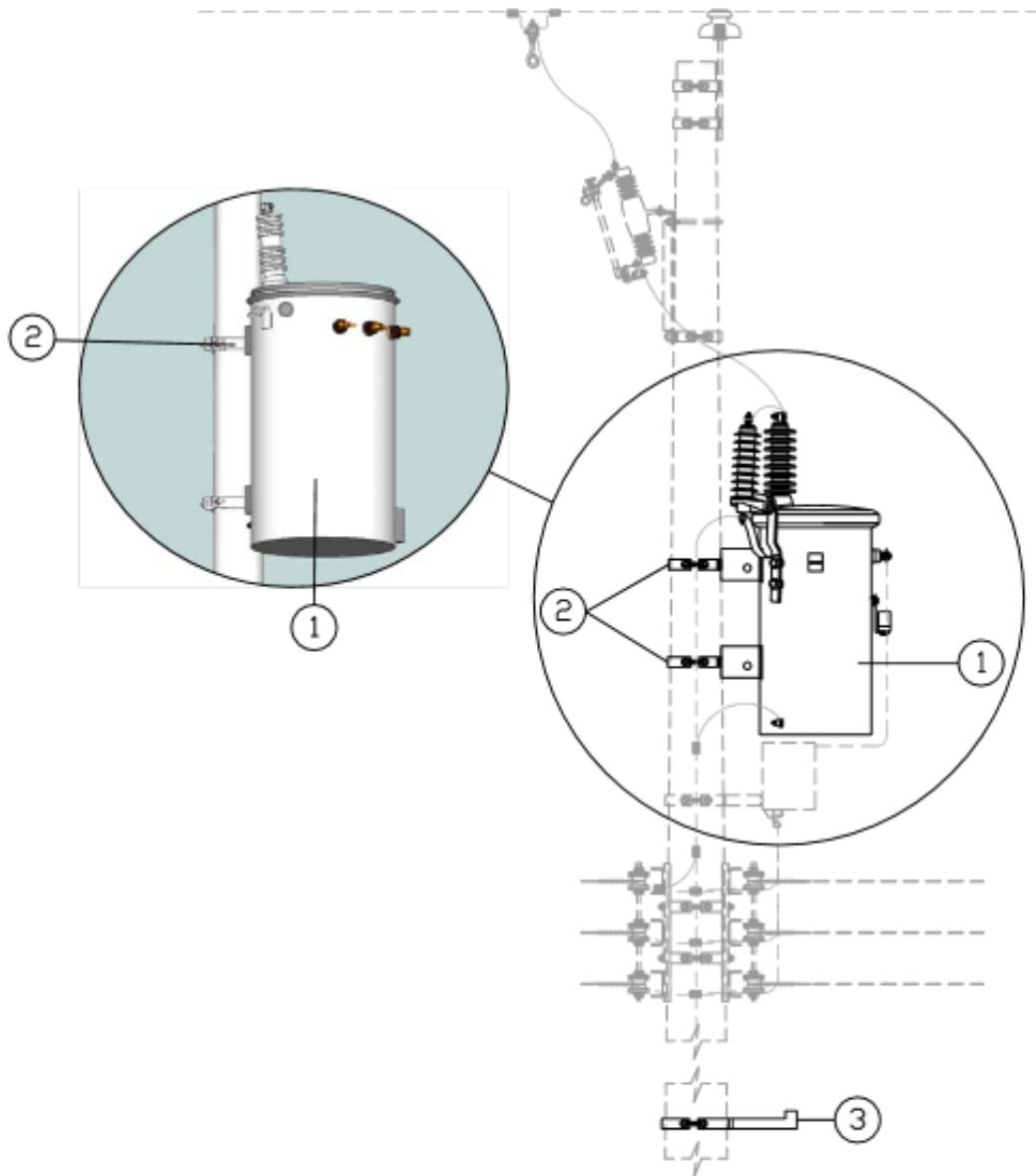


Figura 2.15. Montaje de transformador monofásico en poste

En tabla 2.6 se detallan los herrajes usados:

LISTA DE MATERIALES			
Ref.	Unid.	Descripción	Cantidad
1	c/u	Transformador monofásico convencional, 13200 GRDY / 7620 V -120 / 240 V ó 13800 GRDY/7967 V-120/240V	1
2	c/u	Abrazadera de acero galvanizado, pletina, 3 pernos, 38 x 6x160 mm(11/2x1/4x 61/2")	2
3	c/u	Abrazadera de acero galvanizado, pletina, 2 pernos, extensión escalón, 30 x 8 x 200 mm (1 3/16x1/4x77/8")	8

Tabla 2.6. Materiales para montaje de transformador monofásico en poste

Notas:

- El quinto campo está conformado por la capacidad del transformador (3=3 kVA. 5=5 kVA, 10=10 kVA, 15=15KVA. 25=25 kVA,37.5=37.5 kVA, 50=50 kVA. 75=75 kVA)
- Esta estructura se instalará en un poste de H.C (hormigón centrifugado) con una carga de rotura horizontal de 500 kg
- Es opcional el uso de la abrazadera para escalones de revisión.

2.7.3 Montaje de transformador trifásico en poste (Epm)

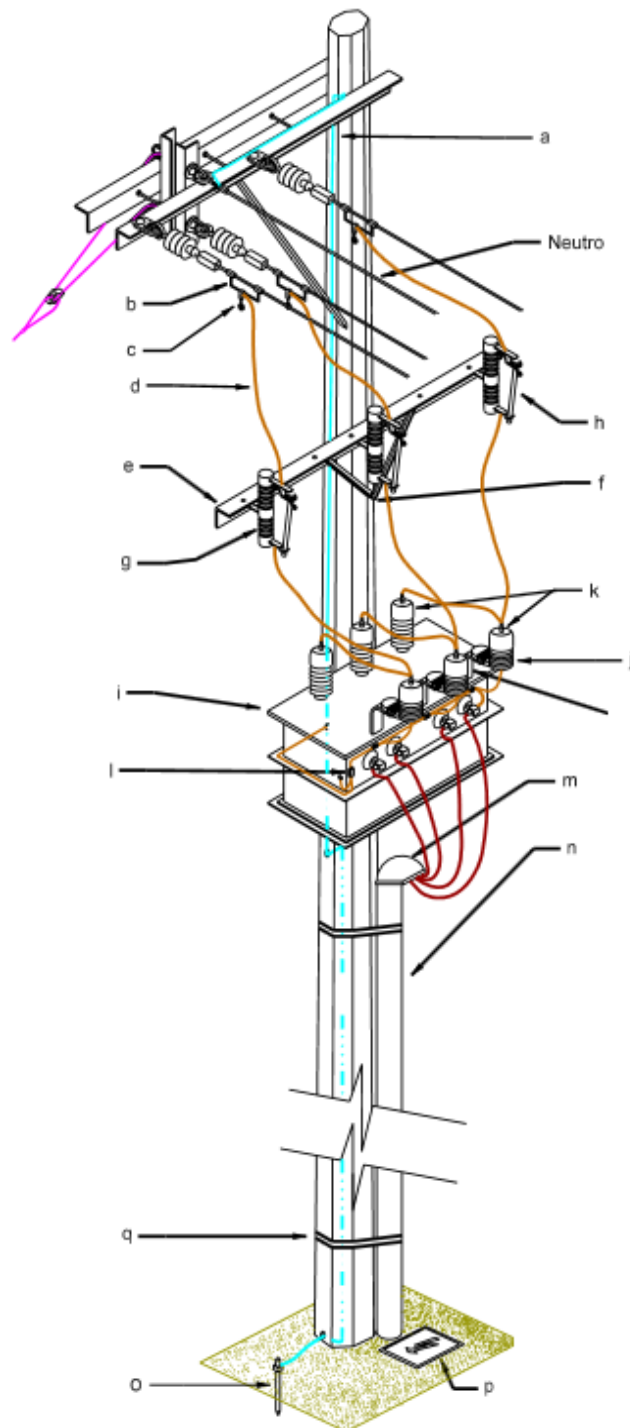


Figura 2.16. Montaje de transformador trifásico en poste

En tabla 2.7. Se detallan los herrajes usados:

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.
a	Puesta a tierra: alambre de acero recubierto de cobre N° 4. aislado a 600 V	17m
b	Estribo (incluye conector de compresión universal)	3
c	Conector transversal universal	3
d	Cable de aluminio recubierto de cobre N°6. cubierto para 15 kV	25 m
e	Cruceta metálica de 2400 mm (ver nota 7)	1
f	Tiranta en V de 48"	1
g	Cortacircuitos primario y sus herrajes para sujeción al poste 100 A ó 200 A - 15 kV Capacidad de interrupción según proyecto	3
h	Portafusibles con fusible tipo K según capacidad del transformador	3
i	Transformador trifásico (incluye el sujetador de los DPS. ver nota 4)	1
i	DPS óxido metálico 12 kV. MCOV-10.2 kV. 10 kA (con sus herrajes)	3
k	Buje protector de vida silvestre	6
l	Conector de compresión derivación tipo C de Cu N° 4 - 6	8
m	Boquilla o capacete, según proyecto	1
n	Tubo metálico galvanizado, según capacidad (ver tabla)	1
o	Varilla para puesta a tierra de 2400 mm (incluye grapa)	:
P	Caja de unión o de distribución, según proyecto	1
q	Cinta de acero inoxidable de 1/2" con hebillas	3
	Tornillo de 5/8" x 38mm	3
	Tornillo espaciador de 5/8" x 300 mm	2
	Anillo collarín 9"	2

Tabla 2.7. Materiales para montaje de transformador trifásico en poste

CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR KVA	BARRAJE Cu (AWG)		DIAMETRO DEL BAJANTE EN TMG [PULGADA]
	CALIBRE FASE	CALIBRE NEUTRO	
30	1 xN°2	1 xN°4	T
45	1 X N° 2/0	1 X N° 1/0	3'
75	2 X N° 2/0	2 x N° 1/0	3'
112.5	2 X N° 4/0	2 x N° 2/0	4'
150	3 X N° 4/0	3 x N° 2/0	Dos bajantes: 4'y 3'

Tabla 2.8. Barraje y diámetro de bajante según Capacidad del transformador.

Notas:

- La capacidad máxima del transformador trifásico que se puede instalar en poste es de 150 KVA. siempre y cuando tenga un peso menor a 700 kg y la carga de ruptura del poste sea no inferior a 750 kgf
- Consular especificaciones y características técnicas garantizadas de EPM.
- Los bajantes deberán tener como mínimo los diámetros especificados según la capacidad del transformador trifásico Los factores de ajuste de acuerdo a las notas de las tablas 310 -16 a 310 -19 de la NTC 2050
- El sujetador de los DPS deben ser integrado al transformador desde la fábrica
- Los transformadores trifásicos se pueden instalar en soporte hasta una capacidad de 75 KVA y en un poste con carga de ruptura no inferior a 750 kgf.
- El buje protector de vida silvestre debe garantizar un buen cierre y no debe dejar panes vivas expuestas
- Cuando las protecciones se ubiquen en cruceta volada se deben instalar 2 crucetas con sus respectivos pie amigos.

2.7.4 Montaje de banco delta - abierto en poste (Epm, Epm)

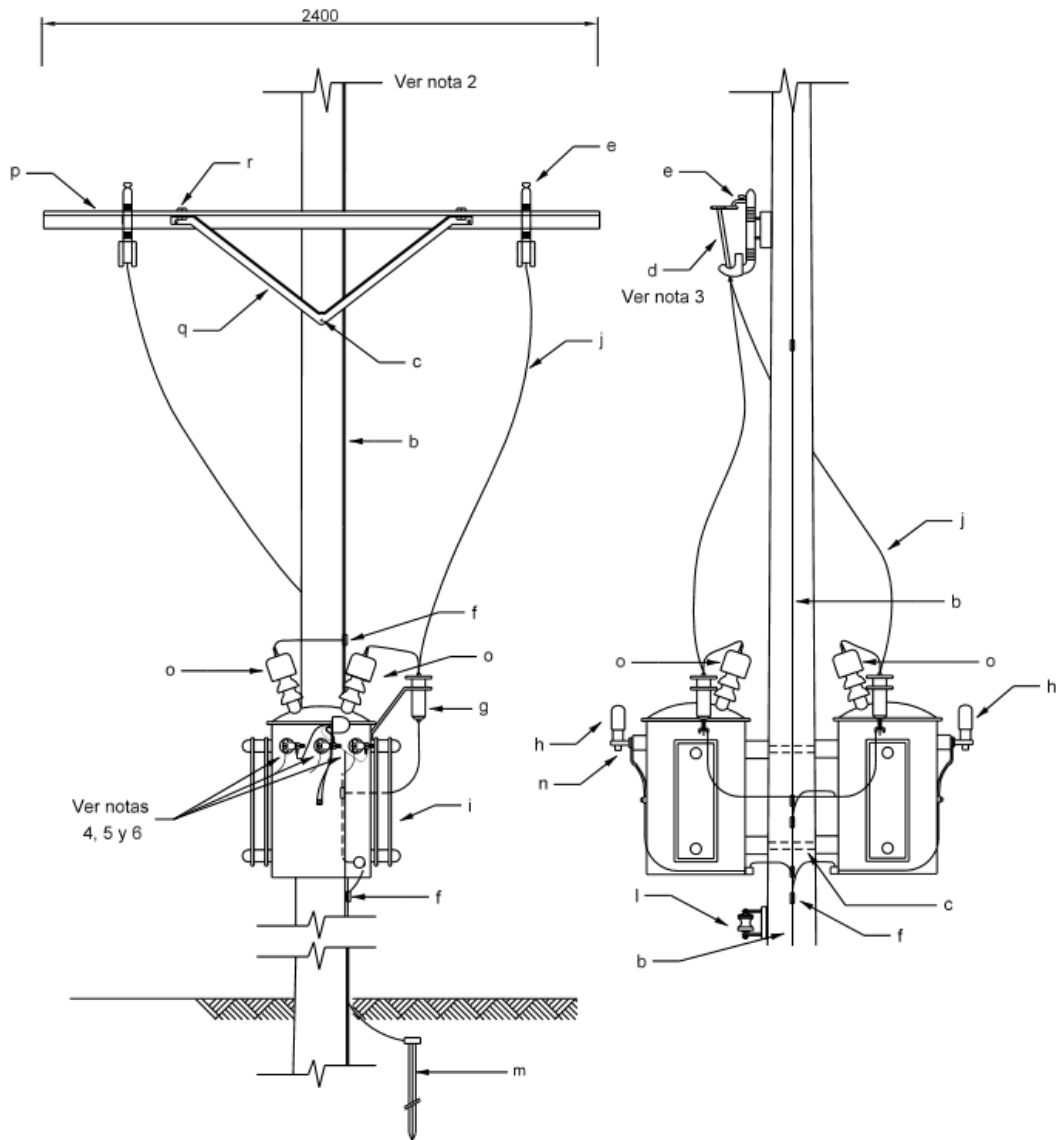


Figura 2.17. Montaje de banco delta - abierto en poste

En tabla 2.9 se detallan los herrajes usados:

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT
a	Instalación de estribo	2
b	Puesta a tierra, alambre de acero recubierto de cobre N° 4 (cubierto)	17m
c	Tornillo espaciador de 15.9 mm (5/8") x 300 mm.	4
d	Portafusible con fusible dual según capacidad transformador	2
e	Cortacircuito primario y sus herrajes para sujeción al poste: -100 A ó 200 A, 15 kV. Capacidad de interrupción según proyecto	2
f	Conector de compresión de Cu tipo derivación N" 4-6	7
g	DPS óxido metálico: 12 kV, MCOV: 10.2 kV, 10 kA (con sus herrajes)	2
h	DPS secundario	2
i	Transformador monofásico con capacidad según proyecto.	2
j	Cable de aluminio recubierto de cobre N° 6, cubierto para 15 kV	15m
k	Conector transversal universal	2
l	Percha	1
m	Varilla de puesta a tierra (L = 2.40 m)	1
n	Tornillo de fijación para DPS galvanizado al caliente (12.7 mm x 38 mm)	2
o	Buje protector de vida silvestre	4
P	Cruceta metálica de 2400 mm	1
q	Tiranta en V de 48"	1
r	Tomillo de 5/8" x 38 mm	2

Tabla 2.9. Materiales para montaje de banco delta – abierto en poste

2.7.5 Montaje de transformador trifásico convencional en poste tipo H (MEER)

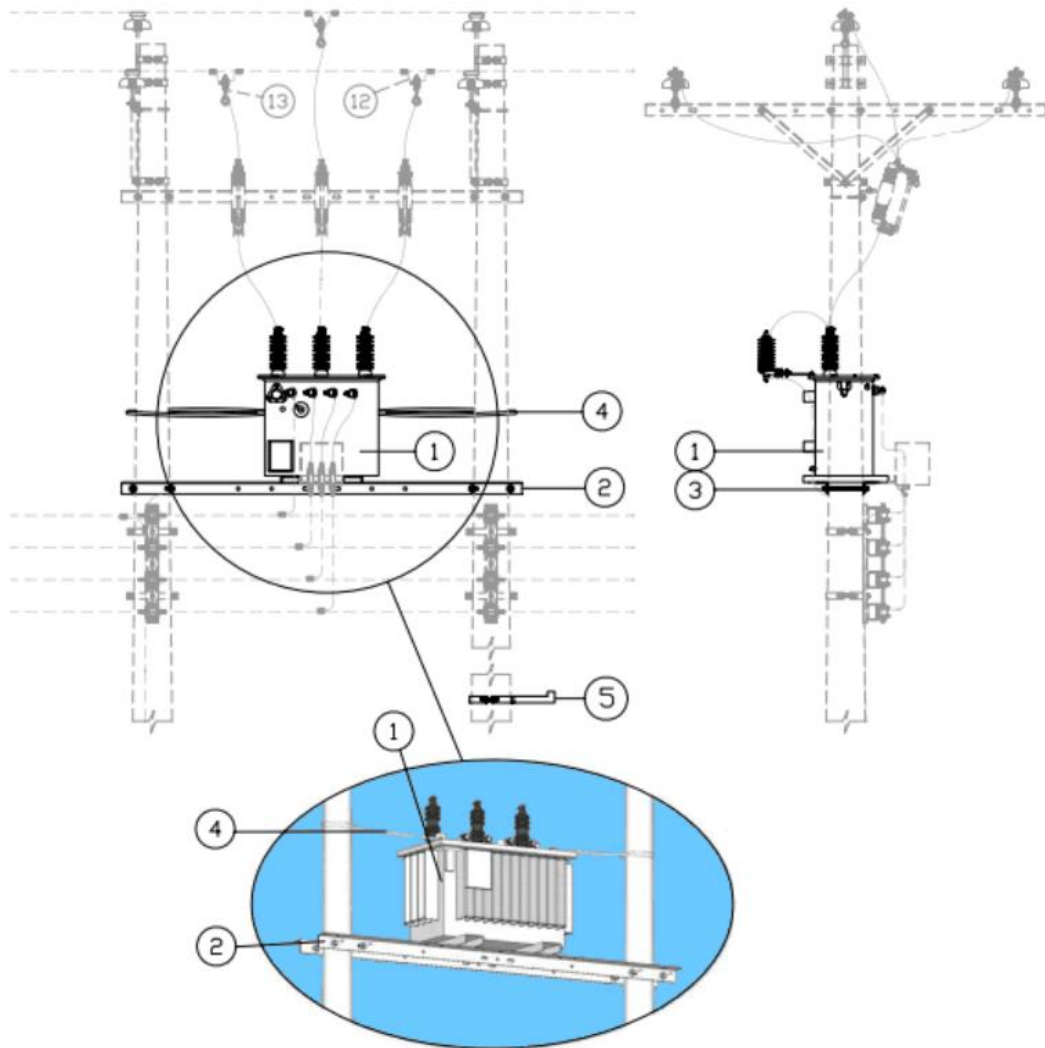


Figura 2.18. Montaje de transformador trifásico en poste tipo H

En tabla 2.10. se detallan los herrajes usados:

LISTA DE MATERIALES			
REF	UNI	DESCRIPCION	CANT
1	c/u	Transformador trifásico DYN5.13200 ó 13800 - 220/127 V	1
V	c/u	Cruceta de acero galvanizado. universal, perfil V 75 x 75 x 6 x 2 400 mm (3 x 3 x 1/4 x 95")	2
3	c/u	Perno rosca corrida de acero galvanizado 4 tuercas, 4 arandelas planas y 4de presión. 16 x 406mm (5/8x16')	4
4	m	Cable de acero galvanizado, grado Siemens Martin. 7 hilos. 9,52 mm (3/8"). 3155 kgf	4
5	c/u	Abrazadera de acero galvanizado, pletina. 2 pernos, extensión escalón, 30 x 6 x 200 mm (13/16 x 1/4 x 7 7/8")	8
SUSTITUTIVOS			
2	c/u	Cruceta de acero galvanizado, universal, perfil L 70 x 70 x 6 x 2 400 mm (2 3/4 x 2 3/4 x 1/4 x 95*)	2

Tabla 2.10. Materiales para montaje de transformador trifásico en poste tipo H

Notas:

- Tanto en la identificación como en la descripción de la unidad de construcción, la numeración en el paréntesis corresponde a la respectiva nota.
- El quinto campo está conformado por la capacidad del transformador (100 = 100 kVA. 112.5 - 112.5 kVA, 125 = 125 kVA. 150 = 150 kVA).
- Es opcional el uso de la abrazadera para escalones de revisión.
- Esta estructura se instalara en dos postes de H.C. con carga de rotura horizontal de 500 kg.

CAPITULO III

3. INVESTIGACION DE CAMPO

3.1 Descripción de la situación actual de los cuartos de transformación eléctricos de la Facultad de Medicina

La Facultad de Medicina comprenden los edificios de Odontología, edificio nuevo, edificio antiguo y Biomedicina. Actualmente existen tres cuartos de transformación, situados en distintos lugares que se encuentran indicados en el plano de implantación. (También existen dos transformadores monofásicos tipo convencionales de 50 KVA, 220/127V, ubicados en el poste # 39 que entregan energía eléctrica al anfiteatro).

3.1.1 Cuarto de transformador de Odontología



Figura 3.1. Cuarto de transformador de Odontología

3.1.1.1 Ubicación actual y características del cuarto de transformación

- El cuarto del transformador está situado en Odontología en la parte externa frente al parqueadero y al anfiteatro (edificio antiguo).



Figura 3.2. Ubicación del cuarto de transformador de Odontología

- Su estructura es de hormigón armado tiene 1,20m de ancho x 2,20m de largo x 2.5m de alto, la puerta de ingreso al cuarto es metálica abatible hacia afuera de 0.9m de ancho x 2m de alto.
- Posee ventilación forzada en la parte superior, para lo cual se ha construido dos orificios redondos de diámetro 0.5m.
- El transformador se encuentra asentado directamente sobre el piso terminado.

3.1.1.2 Especificaciones técnicas de equipos:

- Caja porta fusible tipo abierto sin rompe carga de 100Amp, 15kV
- Fusible de protección de media tensión de 10Amp, tipo K

- Acometida de media tensión conformada por 1#2 AWG Cu. tipo XLPE 15KV.



Figura 3.3. Acometida de media tensión al cuarto de transformador de Odontología

- Breaker principal del tablero de distribución 2P-250Amp tipo caja moldeada.



Figura 3.4. Breaker principal del tablero de distribución del cuarto de transformador de Odontología

- Acometida de baja tensión conformada por 2#4/0 THW +1N#2 THW.
- Un transformador monofásico de distribución tipo convencional de 50KVA, GRDY/7620V - 220/127 V.

3.1.1.3 Inspección visual del cuarto de transformación

- Hay una leve fuga de aceite dieléctrico del tanque, podría ser por bushings flojos, empaques averiados o posible recalentamiento del transformador.
- Al interior del cuarto junto al transformador se observa equipos de limpieza, pancartas, los cuales son un peligro para el personal de mantenimiento.
- La puerta está disponible para cualquier persona el ingreso ya que no posee ninguna seguridad.



Figura 3.5. Puerta de acceso sin seguridad al cuarto de transformador de Odontología

- Las salidas de los conductores del secundario del transformador van hacia el tablero de distribución por vía aérea dando un impacto visual no agradable por el desorden de los conductores.
- No hay señalización eléctrica en el cuarto de transformador.
- No se observa extinguidor de emergencia.
- El tablero de distribución se encuentra del otro lado de la pared junto al cuarto de transformación, el cual entrar al sitio no es viable porque actualmente es usado como bodega de oficina donde se encuentra cartones, hojas y demás siendo un peligro constante por posibles fallas eléctricas en el sistema.
- Existen cables que están conectados a la entrada del breaker principal, no están bien apretados porque se ve recalentamiento y además son de aluminio.

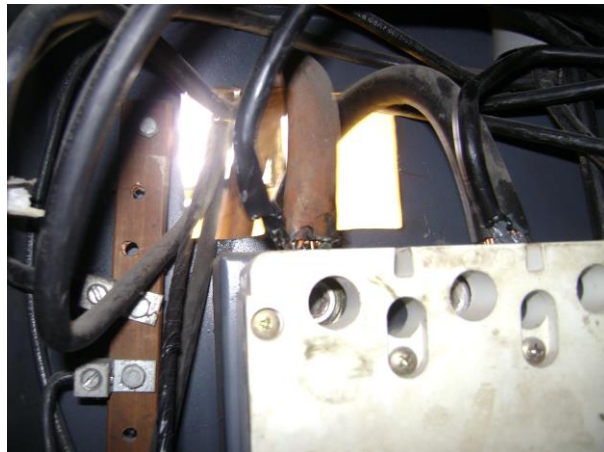


Figura 3.6. Punto caliente en breaker de tablero principal del cuarto de transformador de Odontología

- Hay un panel principal distante de 1mt del tablero de distribución bajo las mismas condiciones.

- El breaker principal del tablero presenta un ruido al interior que no es normal en estos casos.
- El ultimo poste (Poste # 38) tiene una inclinación de 10° (+/-) debido a que el cable tensor se encuentra sin funcionar (está suelto), por esta situación la catenaria está más pronunciada siendo un peligro en caso de fuertes vientos.

3.1.2 Cuarto de banco de transformadores del Edificio Antiguo), conexión Y abierto aterrizado - Δ abierto aterrizado



Figura 3.7. Puerta de acceso al banco de transformadores Y abierto aterrizado - Δ abierto aterrizado

3.1.2.1 Ubicación actual y características del cuarto de transformación

- El cuarto de transformadores está situado junto al bar de la Facultad de Medicina dentro del Edificio Antiguo.
- Su estructura es de hormigón armado tiene 3,15m de ancho x 3,45m de largo x 2,90 m de alto, la puerta de

ingreso al cuarto es de metal abatible hacia afuera tipo baraja de 2,38m de ancho x 2m de alto.

- No posee ventilación el cuarto de transformadores, pero existe un problema porque el cuarto es cerrado y el único lugar para expulsar el aire caliente es por la puerta que da al bar.
- El transformador se encuentra asentado directamente sobre el piso terminado.

3.1.2.2 Especificaciones técnicas de equipos

- Dos cajas porta fusibles tipo abierto sin rompe carga de 100Amp, 15kV
- Fusible de protección de media tensión de 10Amp, tipo k para el transformador de 50KVA.
- Fusible de protección de media tensión de 20Amp, tipo K para el transformador de 100 KVA



Figura 3.8. Acometida de media tensión al banco de transformadores Y abierto aterrizado - Δ abierto aterrizado

- Acometida de media tensión conformada por 2#2 AWG Cu. tipo XLPE 15KV

- Acometida baja tensión 2F3#4/0+1F1#4/0+2N#4/0TW Cu
- Dos transformadores monofásicos tipos convencionales de 100KVA – 50KVA respectivamente.
- Tensión de entrada 13.2KV, tensión de salida 220/127V.
- Conexión Y abierto aterrizado - Δ abierto aterrizado
- Breaker principal del tablero de distribución 3P-600Amp tipo caja moldeada.



Figura 3.9. Breaker principal del banco de transformadores Y abierto aterrizado - Δ abierto aterrizado

3.1.2.3 Inspección visual del cuarto de transformación

- No hay señalización eléctrica en el cuarto de transformador.
- No se observa extinguidor de emergencia.
- La puerta está disponible para cualquier persona el ingreso ya que no posee ninguna seguridad.
- Las salidas de los conductores del secundario de los transformadores de conexión delta abierto que van hacia

el tablero de distribución están en parrillas metálicas forma ordenada.

- Al interior del cuarto junto a los transformadores se observa luces de emergencia para alumbrado cuando existan apagones pero estas no están en funcionamiento.



Figura 3.10. Luces de alumbrado de emergencia del banco de transformadores Y abierto aterrizado - Δ abierto aterrizado

- Al interior del cuarto los dos transformadores están cercados por una malla metálica con puerta de acceso a los mismos para seguridad de personal de mantenimiento.
- El tablero de distribución se encuentra dentro del cuarto de transformadores, no posee puertas de seguridad debe ser por problemas de espacio, además se encuentran cables flojos, recalentados, dos breakers de derivación no están sujetos a las bases y los conductores están desordenados.

- El ingreso al cuarto de transformadores es incómodo debido a que junto a la puerta existen congeladores en funcionamiento los cuales no permiten el libre acceso.
- En la parte superior a la entrada al banco de transformación está el medidor de energía eléctrica del bar, el cual es de clase 100
- Hay un panel principal distante de 3mts del tablero de distribución bajo las mismas condiciones.
- En la tubería rígida de 4pulg no se observa el reversible y en la caja de paso está la tapa averiada.

3.1.3 Cuarto de banco de transformadores trifásicos del Edificio de Laboratorios (Nuevo)



Figura 3.11. Banco de transformadores trifásicos del edificio nuevo

3.1.3.1 Ubicación actual y características del cuarto de transformación

- Su estructura es de hormigón armado tiene 7.7m de ancho x 4,5m de largo x 3,15mts de alto, la puerta de ingreso al cuarto es de metal abatible hacia adentro de 1,17m de ancho x 2m de alto.

- Poseen ventilación en la parte superior del cuarto de transformadores, dos extractores de 0,45m x 0,45m.
- Los transformadores se encuentran asentados directamente sobre el piso terminado.

3.1.3.2 Especificaciones técnicas de equipos

- Tres cajas porta fusibles tipo abierto sin rompe carga de 100Amp, 15kV
- Fusibles de protección de media tensión de 30Amp, tipo K
- Acometida de media tensión de 3#2 tipo XLPE 15KV
- Acometida de baja tensión conformada: 3(3#500MCM)+ N (2#500)MCM TW
- Tres transformadores monofásicos tipo convencional de 167KVA, 7620- Y13200/ 220/127V.(conexión Y- Y)



Figura 3.12. Acometida de media tensión al banco de transformadores trifásicos del edificio nuevo

- Tensión de entrada 13.2KV, tensión de salida 220V/ 127V.
- Conexión estrella aterrizada, estrella aterrizada.

- Breaker principal del tablero de distribución 3P, 1200Amp tipo caja moldeada.

3.1.3.3 Inspección visual del cuarto de transformación

- Los transformadores a diferencia de los anteriores, estos poseen radiadores que sirven para enfriar el tanque (aceite dieléctrico, bobinas).
- Al interior del cuarto de los transformadores hay un generador de emergencia de 100KW, 220/127V, 328A, 1800RPM, $F_p=0,8$ el cual no se encuentra en funcionamiento porque no se observa conexión del tablero de transferencia al tablero principal de distribución.



Figura 3.13. Generador de emergencia ubicado en el cuarto del banco de transformadores trifásicos del edificio nuevo

- No presentan fugas de aceite dieléctrico.
- Se encuentra exceso de polvo sobre los tanques y el cuarto en general.
- El tablero de distribución se encuentra dentro del cuarto de transformadores, posee puertas de seguridad, el

recorrido de los conductores van de una manera uniforme, se encuentra correcto a la salida de las barras.



Figura 3.14. Breaker principal del banco de transformadores trifásicos del edificio nuevo

- Los conductores tanto de media tensión como de baja se encuentran en un correcto recorrido, están ordenados.
- En el cuarto de transformadores se encuentran instaladas seis cajas porta fusibles (parte superior de los tanques) de las cuales tres están en servicio y los restantes están sin uso.
- La pared que está más próxima a los transformadores se encuentra húmeda por filtraciones de agua.
- No hay luces de emergencia en el cuarto de transformadores.
- No hay señalización eléctrica en el cuarto de transformador.
- No se observa extinguidor de emergencia.
- Las salidas de los conductores del secundario de los transformadores van hacia el tablero de distribución por parrillas metálicas para sujetar los conductores de forma ordenada.

3.2 Dos transformadores idénticos monofásicos de distribución tipos convencionales de 50KVA, 13200V GRDY/7620V - 220/127V, ubicados en el poste # 39 que entregan energía eléctrica al Anfiteatro



Figura 3.15. Transformadores idénticos monofásicos de distribución en el poste #39

3.2.1 Especificaciones técnicas de los transformadores

- Dos cajas porta fusibles tipo abierto sin rompe carga de 100Amp, 15kV.
- Dos fusibles de protección de media tensión de 10Amp, tipo K.
- Acometida de media tensión conformada por 2#2 AWG Cu, tipo XLPE, 15KV.
- Acometida de baja tensión conformada por 2#2/0 THW +1N#1/0 THW.
- Dos transformadores monofásicos de distribución tipo convencional de 50KVA, GRDY/7620V - 220/127V.
- Dos breakers principales que alimentan a tableros de distribución independientes, de 2P- 250Amp tipo caja moldeada respectivamente.



Figura 3.16. Breaker principal del Transformador_1 de 50KVA en Poste #39

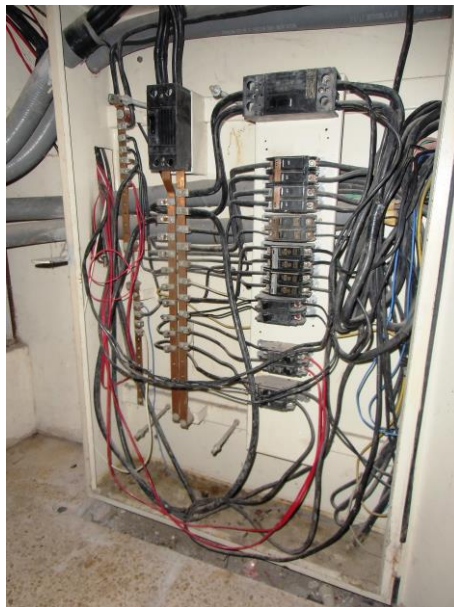


Figura 3.17. Breaker principal del Transformador_2 de 50KVA en Poste #39

3.2.2 Inspección visual de los transformadores

- Los transformadores están instalados en el Poste de hormigón #39 de 11mts.
- No presentan fugas de aceite dieléctrico
- La acometida de media tensión va de forma subterránea desde el Poste de hormigón #38.
- Las dos acometidas en baja tensión va de forma aérea a los tableros de distribución independientemente.



Figura 3.18. Líneas de distribución en baja tensión de los transformadores en poste #39

- Se observa falta de mantenimientos a los transformadores.
- Los tableros de distribución se encuentran juntos dentro del cuarto del anfiteatro.

3.3 Diagrama unifilar del sistema eléctrico e implantación física de equipos y recorridos de líneas de media tensión

A continuación se enumeran los planos correspondientes al Diagrama unifilar del sistema eléctrico y a la implantación física de equipos y recorridos de líneas de media tensión:

- Plano 1 Implantación existente de equipos eléctricos de media y baja tensión de la Facultad de Medicina y Odontología
- Plano 2 Implantación existente de equipos eléctricos de media y baja tensión de la Facultad de Medicina y Odontología
- Plano 3 Diagrama unifilar eléctrico existente de media y baja tensión de Facultades de Medicina y Odontología.

3.4 Cargabilidad de los transformadores de la Facultad de Medicina utilizando el analizador de redes (Medidor ION 7600)

Mediante la aplicación del analizador de redes (Medidor ION 7600), se obtienen datos reales del consumo de energía del banco de transformadores.

3.4.1 Cargabilidad utilizando el analizador de redes (Medidor ION 7600)

- Banco de transformadores en delta abierto
- Banco de transformadores trifásicos en edificio nuevo
- Dos transformadores monofásicos ubicados en el poste #39

3.4.1.1 Medición de voltajes y corrientes en baja tensión del banco de transformadores delta-abierto

Los valores máximos y mínimos de voltajes y corrientes medidos durante los siete días se presentan en la siguiente tabla:

Parámetros eléctricos	Máximo	Mínimo
Vab	130.32785	118.145264
Vbc	225.465302	206.749893
Vca	261.335205	235.352844
Ia	531.865967	13.526834
Ib	527.088501	25.864614
Ic	89.719894	0
kW total	74.042717	1.291164
kVA total	76.569168	1.291164

Tabla 3.1. Valores máximos y mínimos de medición semanal del banco delta – abierto

Fecha: Martes 05 /11/2013

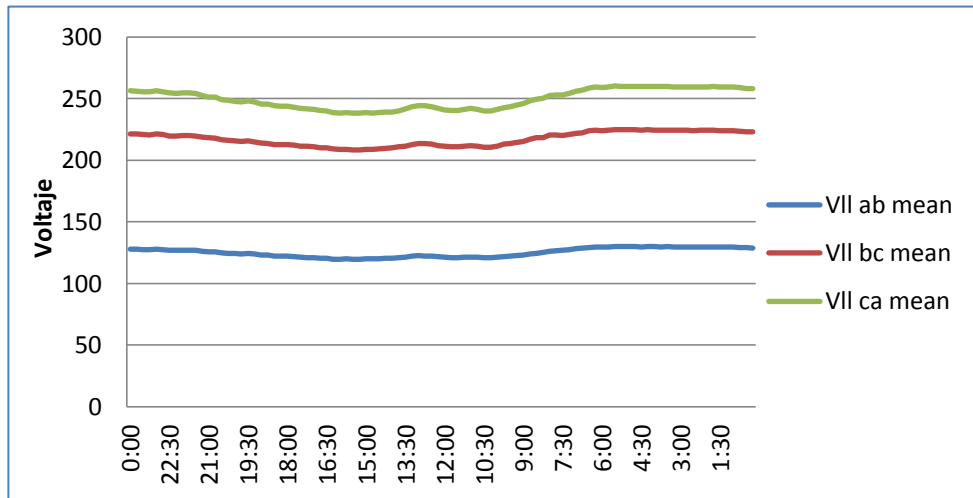


Figura 3.19. Grafica Voltaje vs tiempo del banco delta-abierto, Martes 05/11/2013

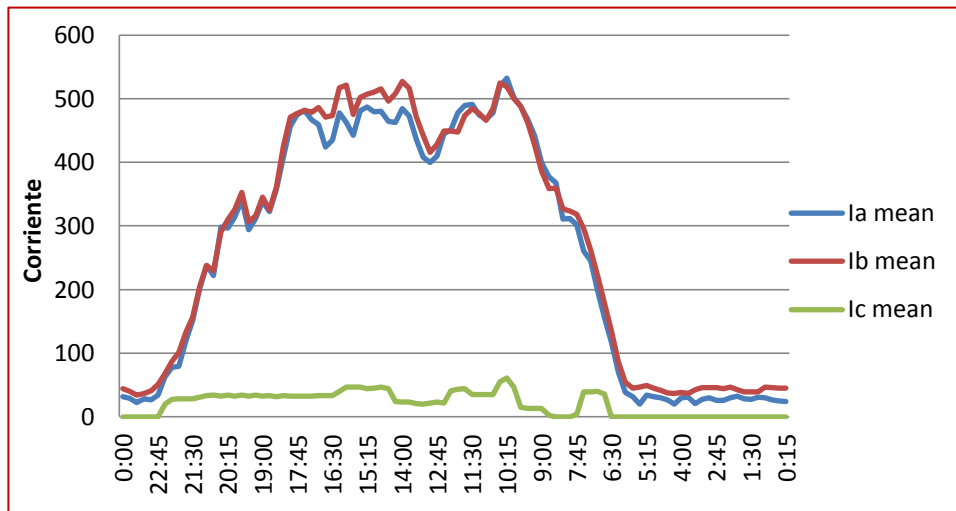


Figura 3.20. Grafica Corriente vs tiempo del banco delta-abierto, Martes 05/11/2013

	Vab	Vbc	Vca	Ia	Ib	Ic
Máximo	130,009827	224,853989	260,083374	519,314941	524,857178	54,813232
Mínimo	119,611382	208,220993	238,026672	19,44286	36,946426	0

Tabla3.2. Valores máximos y mínimos de voltajes y corrientes del banco delta-abierto, Martes 05/11/2013

Fecha: Miércoles, 06 /11/2013

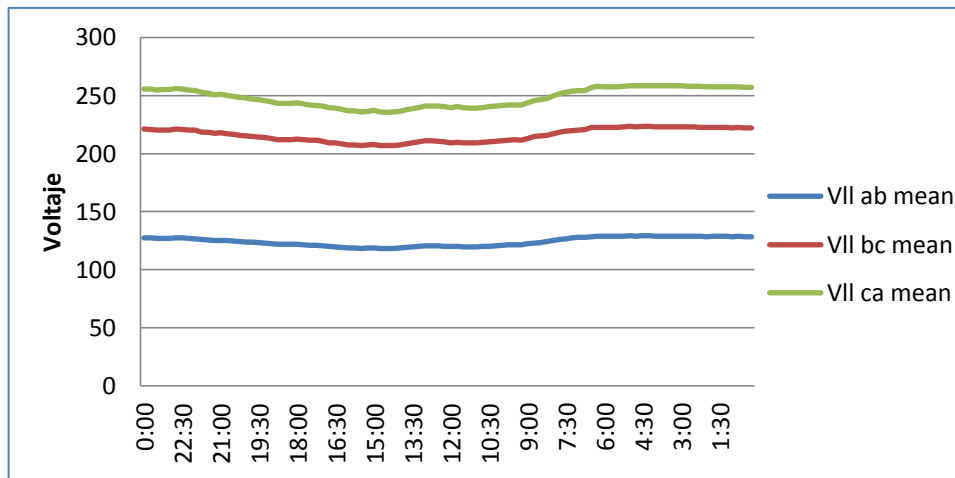


Figura 3.21. Grafica Voltaje vs tiempo del banco delta-abierto, Miércoles 06/11/2013

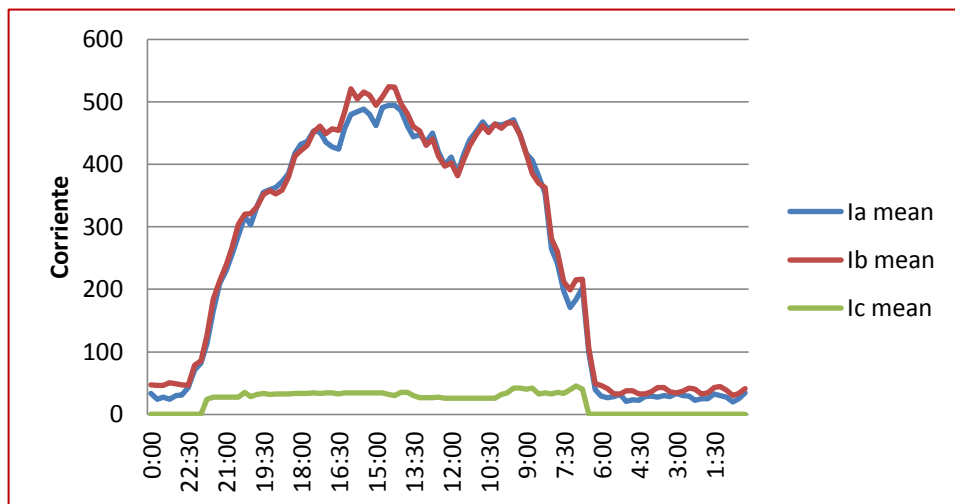


Figura 3.22. Grafica Corriente vs tiempo del banco delta-abierto, Miércoles 06/11/2013

	Vab	Vbc	Vca	Ia	Ib	Ic
Máximo	129,097198	223,39856	258,593567	494,824341	524,033752	45,291973
Mínimo	118,145264	206,749893	235,352844	20,216385	30,264458	0

Tabla3.3. Valores máximos y mínimos de voltajes y corrientes del banco delta-abierto, Miércoles 06/11/2013

Fecha: Jueves, 07/11/2013

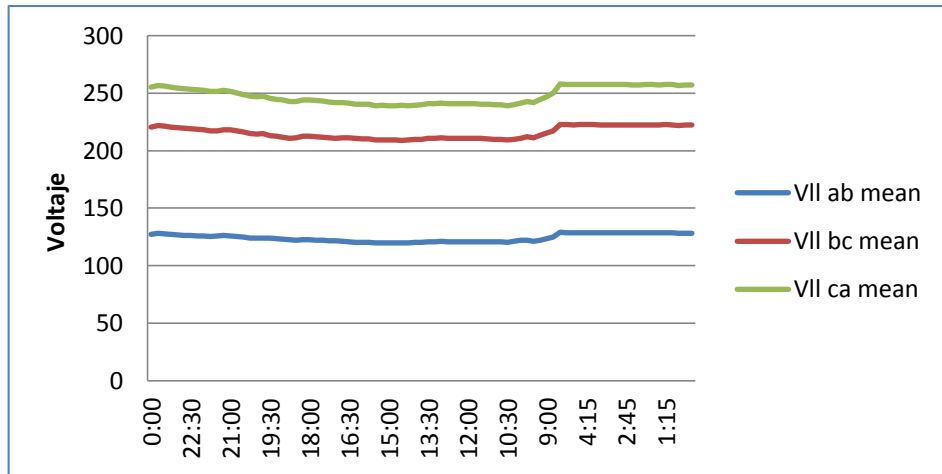


Figura 3.23. Grafica Voltaje vs tiempo del banco delta-abierto, Jueves 07/11/2013

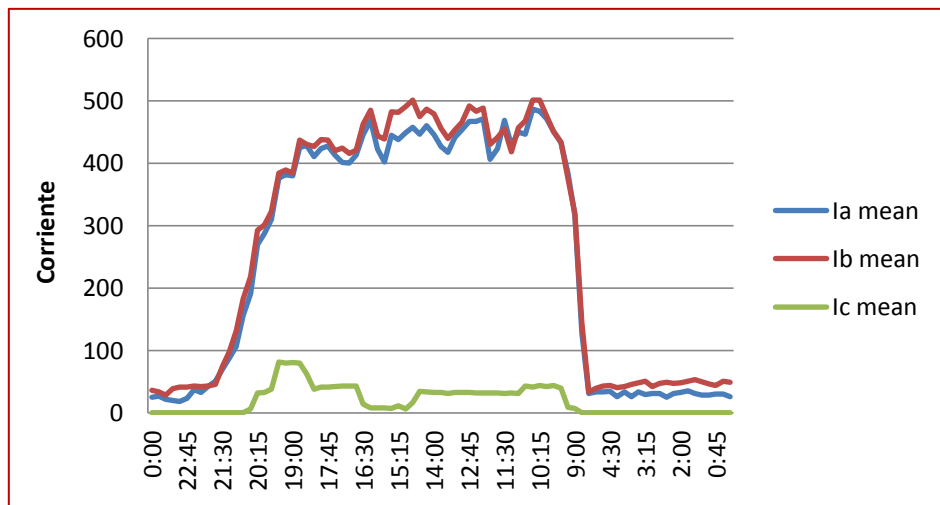


Figura 3.24. Grafica Corriente vs tiempo del banco delta-abierto, Jueves 07/11/2013

	Vab	Vbc	Vca	Ia	Ib	Ic
Máximo	128,874252	222,883667	257,94516	486,473938	501,696411	80,93383
Mínimo	118,145264	206,749893	235,352844	18,676516	28,488035	0

Tabla3.4. Valores máximos y mínimos de voltajes y corrientes del banco delta-abierto, Jueves 07/11/2013

Fecha: Viernes, 08/11/2013

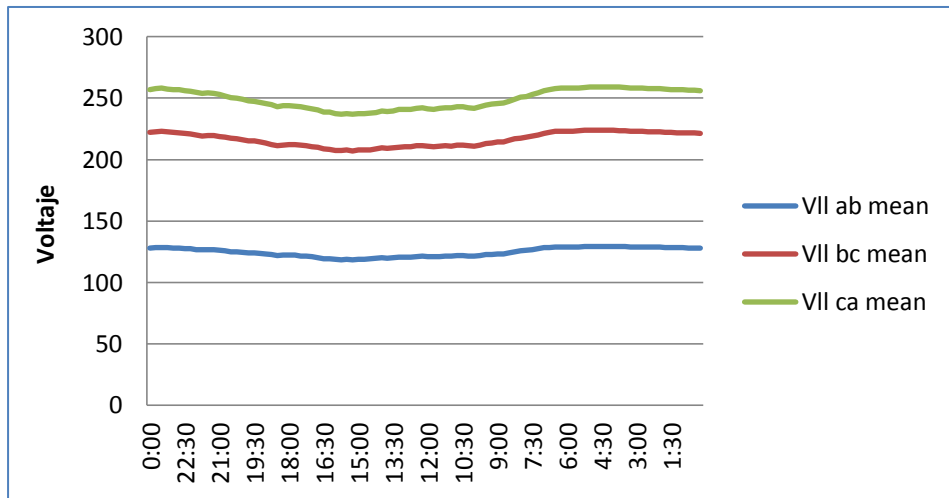


Figura 3.25. Grafica Voltaje vs tiempo del banco delta-abierto, Viernes 08/11/2013

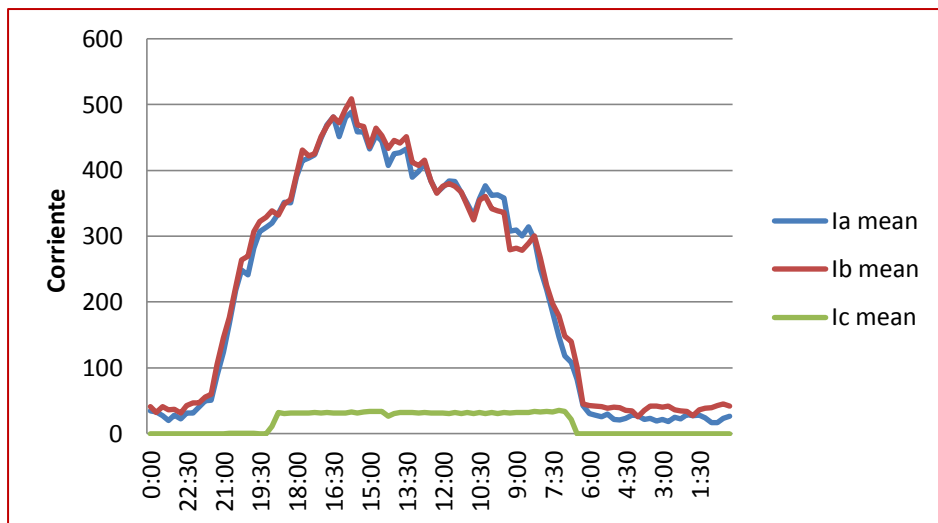


Figura 3.26. Grafica Corriente vs tiempo del banco delta-abierto, Viernes 08/11/2013

	Vab	Vbc	Vca	Ia	Ib	Ic
Máximo	129,40213	223,999084	259,093811	488,300568	508,729401	35,352615
Mínimo	118,490799	207,127441	236,674515	16,491142	25,864614	0

Tabla3.5. Valores máximos y mínimos de voltajes y corrientes diarios del banco delta-abierto, Viernes 08/11/2013

Fecha: Sábado 09/11/2013

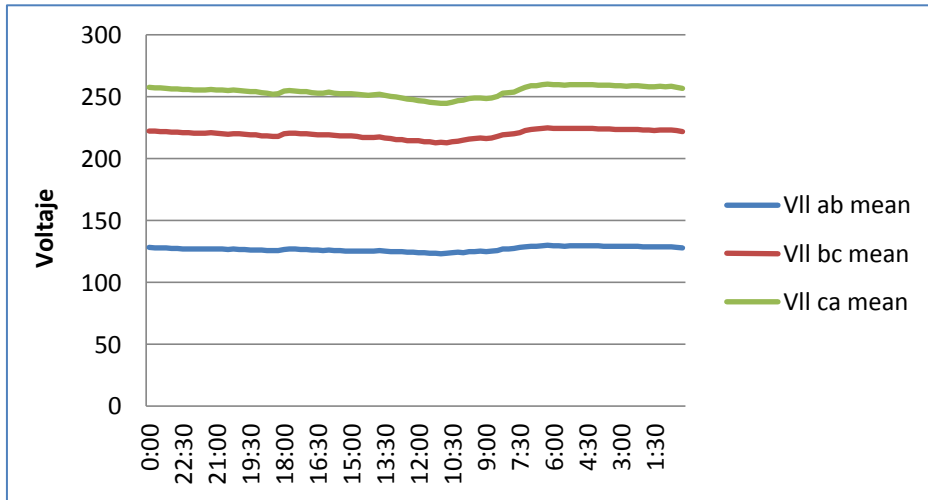


Figura 3.27. Grafica Voltaje vs tiempo del banco delta-abierto, Sábado 09/11/2013

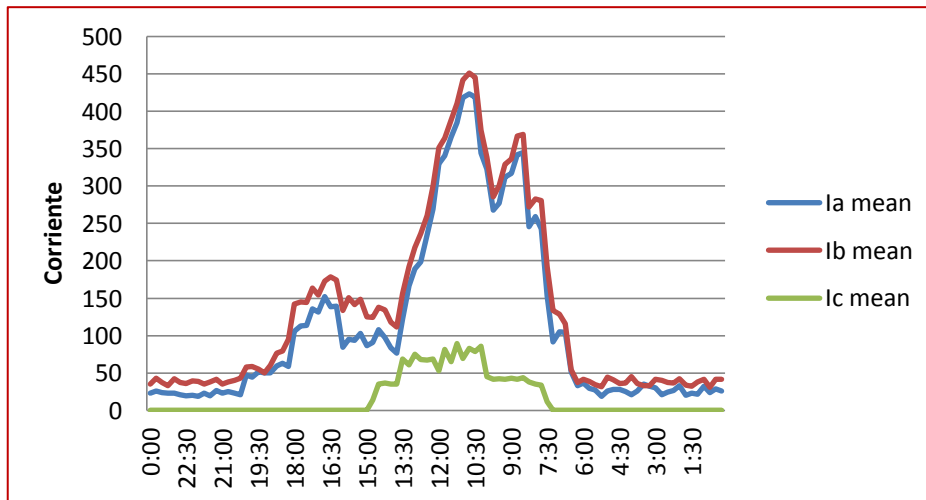


Figura 3.28. Grafica Corriente vs tiempo del banco delta-abierto, Sábado 09/11/2013

	Vab	Vbc	Vca	Ia	Ib	Ic
Máximo	129,877991	224,7995	260,347626	423,000092	451,110901	89,719894
Mínimo	123,294403	212,800995	244,586136	18,48678	31,151365	0

Tabla3.6. Valores máximos y mínimos de voltajes y corrientes del banco delta-abierto, Sábado 09/11/2013

Fecha: Domingo 10/11/2013

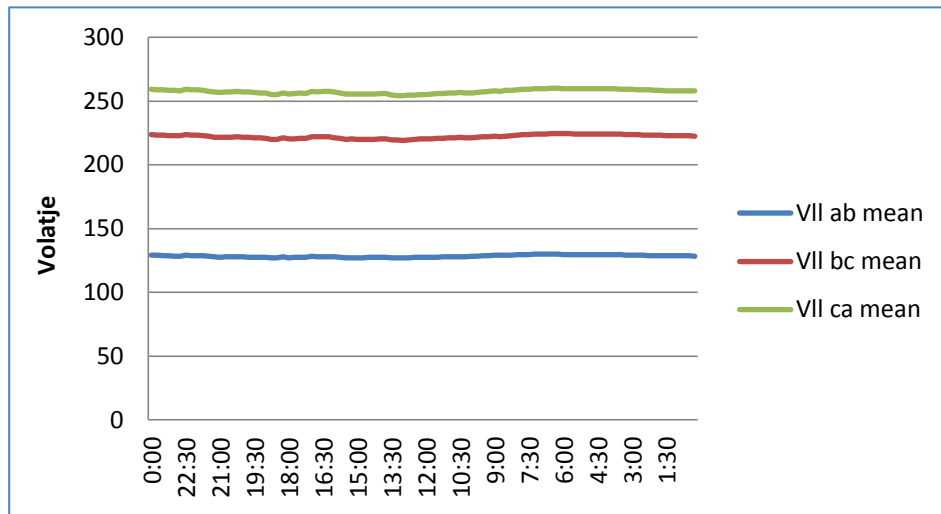


Figura 3.29. Grafica Voltaje vs tiempo del banco delta-abierto, Domingo 10/11/2013

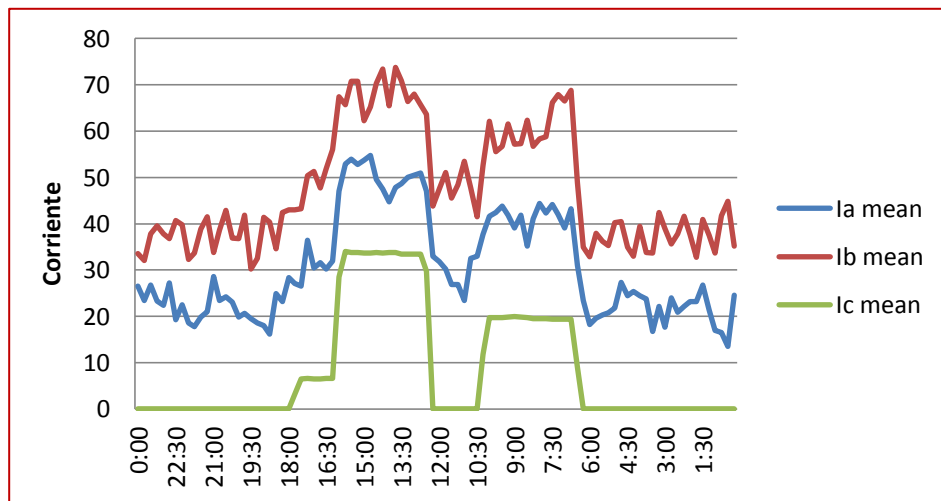


Figura 3.30. Grafica Corriente vs tiempo del banco delta-abierto, Domingo 10/11/2013

	Vab	Vbc	Vca	Ia	Ib	Ic
Máximo	130,010193	224,681229	260,207733	54,764725	73,760651	33,979454
Mínimo	126,873688	219,213989	254,064133	13,526834	30,166813	0

Tabla 3.7. Valores máximos y mínimos de voltajes y corrientes del banco delta-abierto, Domingo 10/11/2013

Fecha: Lunes 11/11/2013

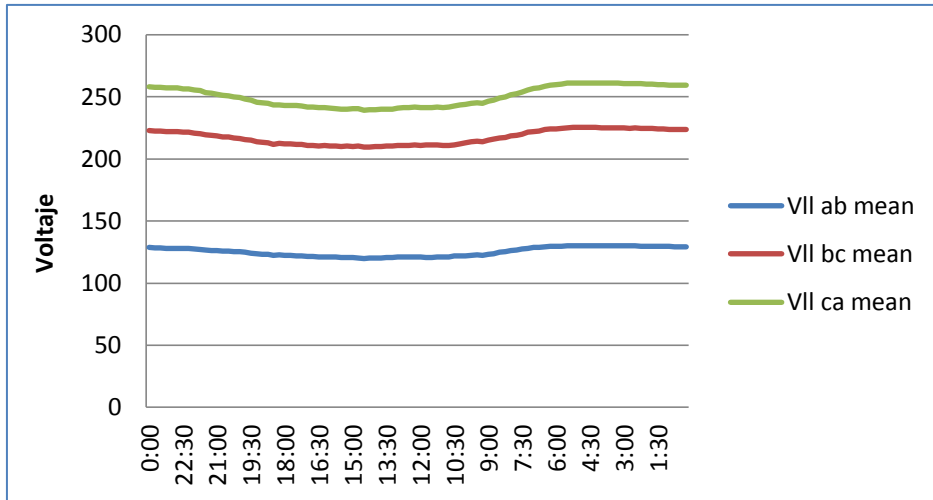


Figura 3.31. Grafica Voltaje vs tiempo del banco delta-abierto, Lunes 11/11/2013

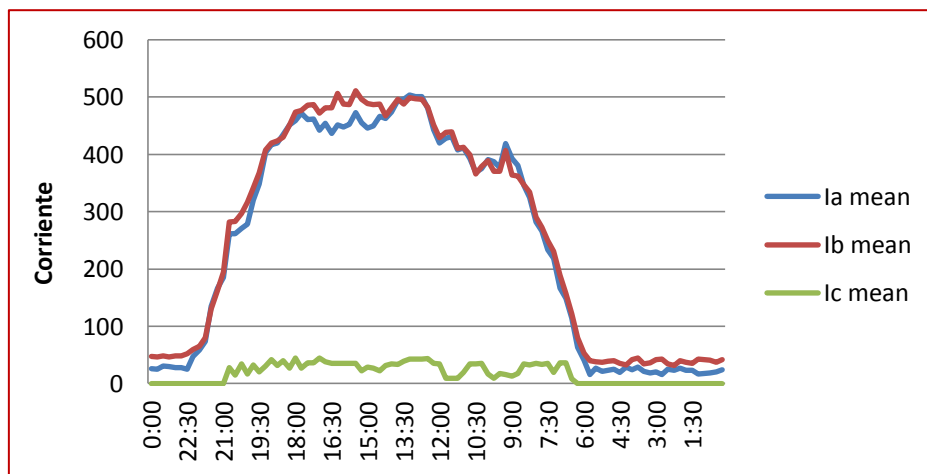


Figura 3.32. Grafica Corriente vs tiempo del banco delta-abierto, Lunes 11/11/2013

	Vab	Vbc	Vca	Ia	Ib	Ic
Máximo	130,32785	225,465302	261,335205	503,491455	510,7565	44,474861
Mínimo	119,946632	209,568039	239,387558	15,464435	31,866955	0

Tabla 3.8. Valores máximos y mínimos de voltajes y corrientes del banco delta-abierto, Lunes 11/11/2013

3.4.1.2 Medición de voltajes y corrientes en baja tensión del transformador_1 de 50KVA en poste#39

Los valores máximos y mínimos de voltajes, corrientes y potencias, en baja tensión del transformador_1 medidos durante los cuatro días se presentan en la siguiente tabla:

Parámetros eléctricos	Máximo	Mínimo
Vab	252.429993	230.4991
Ia	162.746307	9.07504
Ib	144.819519	6.751344
kW total	35.166534	1.197461
kVA total	35.467411	1.809351

Tabla 3.9. Valores máximos y mínimos, medidos en el transformador_1 en poste #39

Fecha: Jueves 21/11/2013 (Tablero 1)

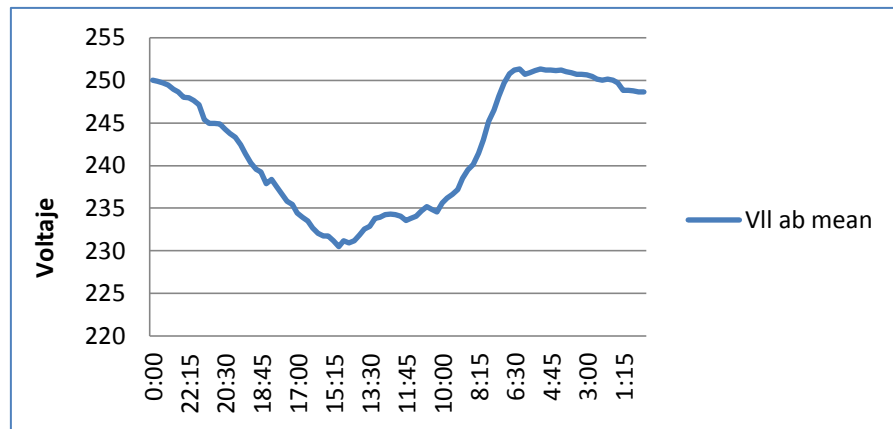


Figura 3.33. Grafica Voltaje vs tiempo del Transformador_1 en poste #39, Jueves 21/11/2013

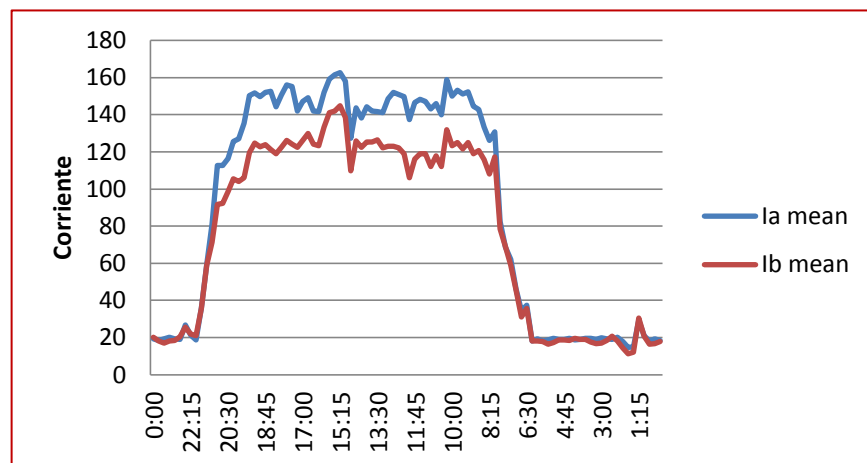


Figura 3.34. Grafica Corriente vs tiempo del Transformador_1 en poste #39, Jueves 21/11/2013

	Vab	Ia	Ib
Máximo	251,354187	162,746307	144,819519
Mínimo	230,4991	14,84479	11,211176

Tabla 3.10. Valores máximos y mínimos de voltajes y corrientes del Transformador_1 en poste #39, Jueves 21/11/2013

Fecha: Viernes 22/11/2013 (Tablero 1)

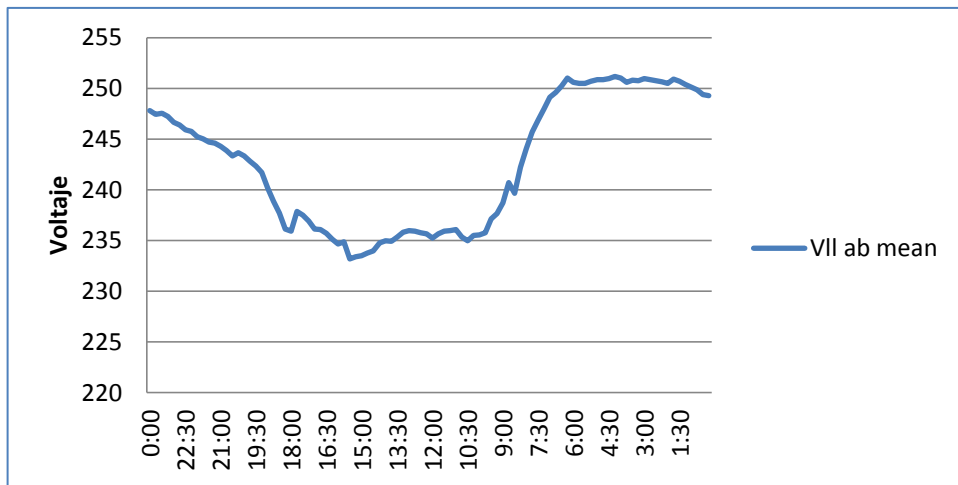


Figura 3.35. Grafica Voltaje vs tiempo del Transformador_1 en poste #39, Viernes 22/11/2013

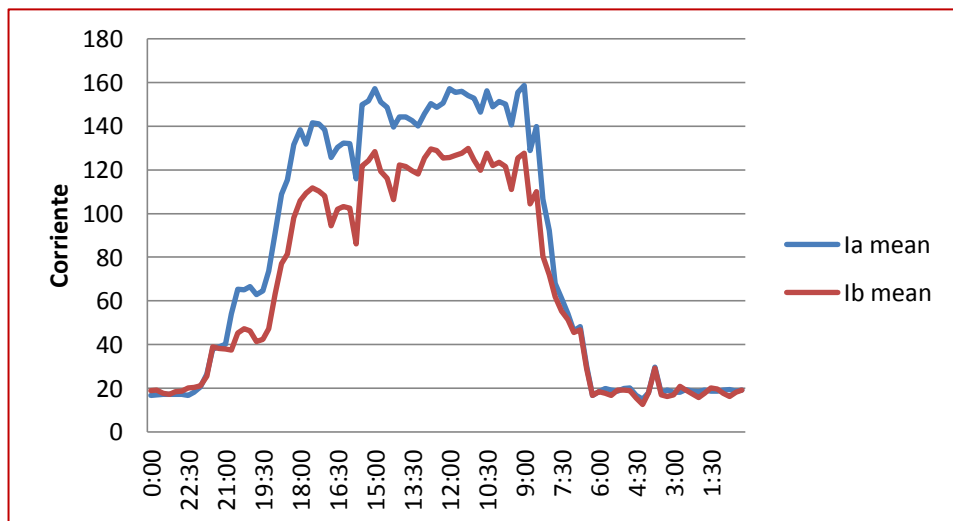


Figura 3.36. Grafica Corriente vs tiempo del Transformador_1 en poste #39, Viernes 22/11/2013

	Vab	Ia	Ib
Máximo	251,181564	158,692795	129,709412
Mínimo	233,224472	14,971721	12,621102

Tabla 3.11. Valores máximos y mínimos de voltaje y corrientes del Transformador_1 en poste, Viernes 22/11/2013

Fecha: Sábado 23/11/2013 (Tablero 1)

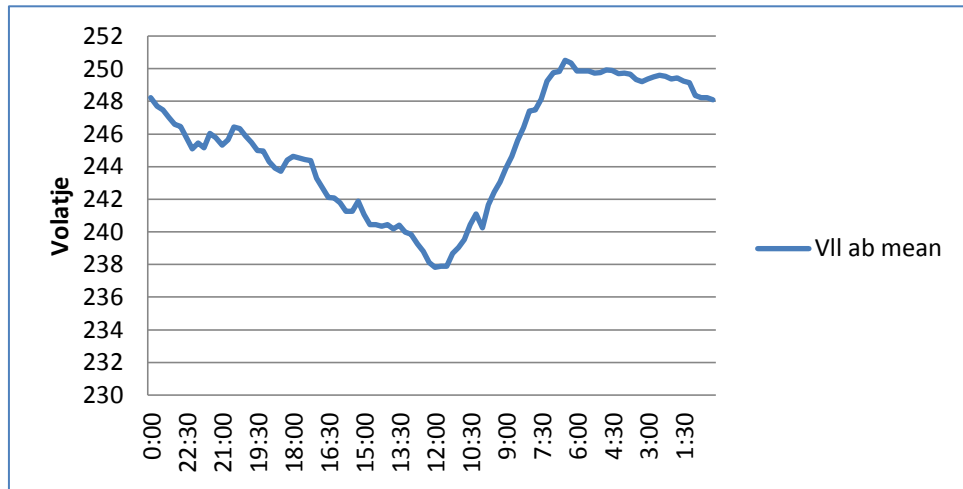


Figura 3.37. Grafica Voltaje vs tiempo del Transformador_1 en poste #39, Sábado 23/11/2013

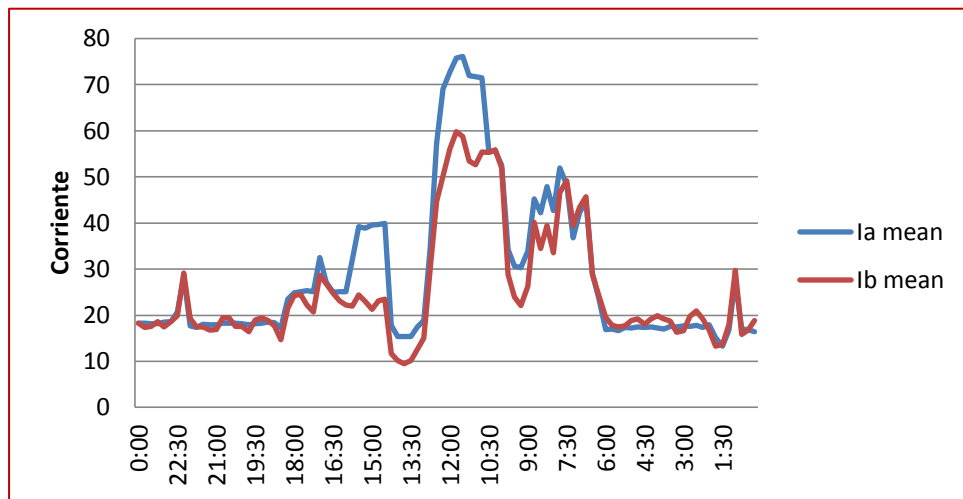


Figura 3.38. Grafica Corriente vs tiempo del Transformador_1 en poste #39, Sábado 23/11/2013

	Vab	Ia	Ib
Máximo	250,508865	76,129837	59,785198
Mínimo	237,812927	13,328712	9,48731

Tabla 3.12. Valores máximos y mínimos de voltaje y corrientes del Transformador_1 en poste #39, Sábado 23/11/2013

Fecha: Domingo 24/11/2013 (Tablero 1)

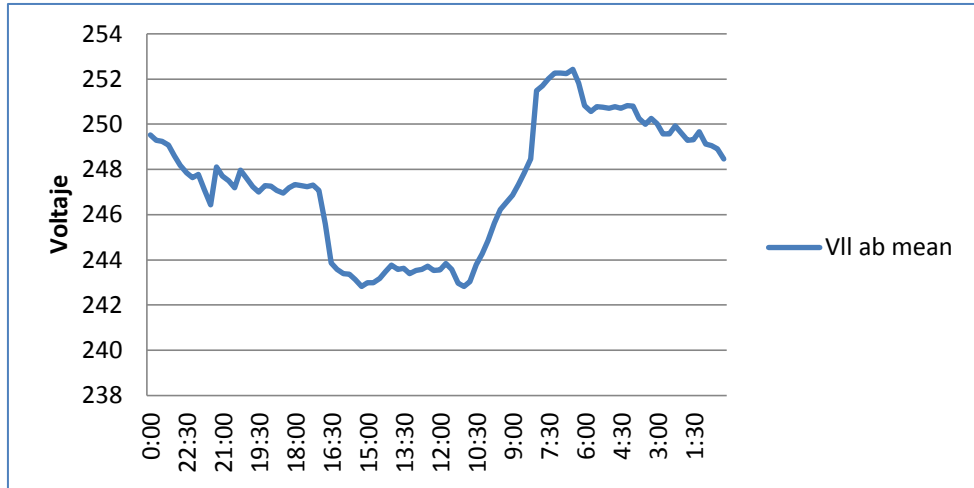


Figura 3.39. Grafica Voltaje vs tiempo del Transformador_1 en poste #39, Domingo 24/11/2013

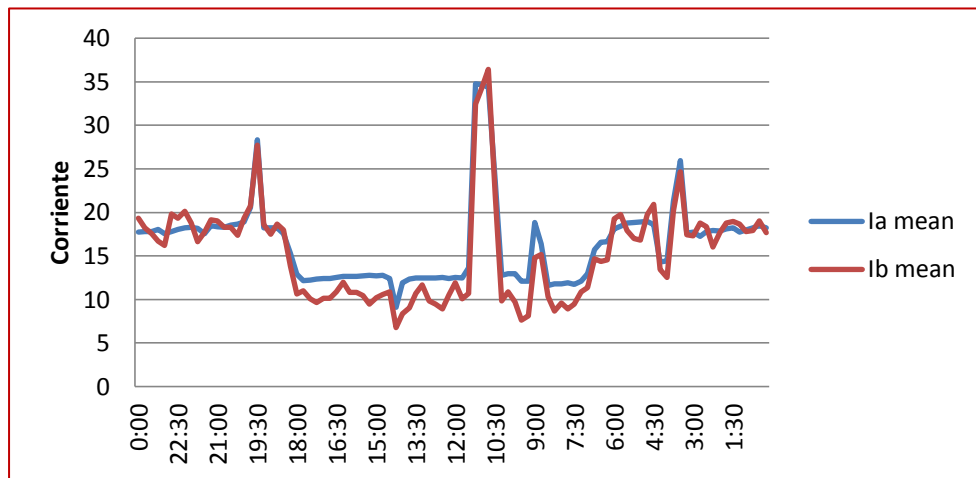


Figura 3.40. Grafica Corriente vs tiempo del Transformador_1 en poste #39, Domingo 24/11/2013

	Vab	Ia	Ib
Máximo	252,429993	34,739208	36,419979
Mínimo	242,812454	9,07504	6,751344

Tabla 3.13. Valores máximos y mínimos de voltaje y corrientes del Transformador_1 en poste #39, Domingo 24/11/2013

3.4.1.3 Medición de voltajes y corrientes en baja tensión del transformador_2 de 50KVA en poste #39

Los valores máximos y mínimos de voltajes, corrientes y potencias medidos durante tres días se presentan en la siguiente tabla:

Parámetros eléctricos	Máximo	Mínimo
Vab	258.638641	235.640396
Ia	191.714233	7.869696
Ib	180.551758	0
kW total	42.819546	0.878571
kVA total	43.604347	0.898926

Tabla 3.14. Valores máximos y mínimos medidos en el transformador_2 en poste #39

Fecha: Martes 26/11/2013 (Tablero 2)

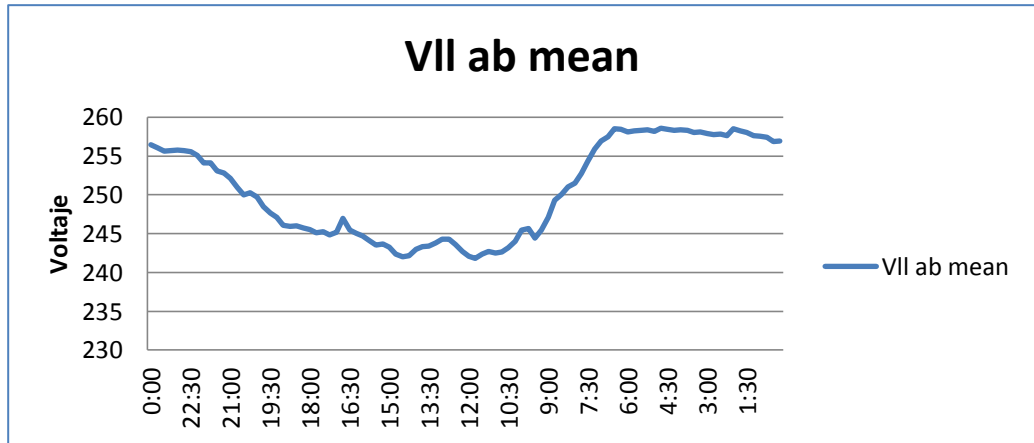


Figura 3.41. Grafica Voltaje vs tiempo del Transformador_2 en poste #39, Martes 26/11/2013

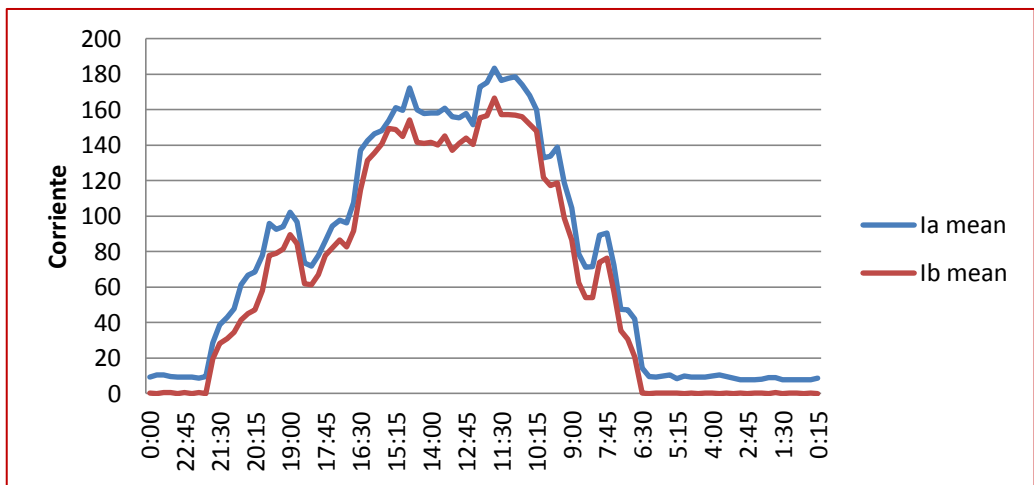


Figura 3.42. Grafica Corriente vs tiempo del Transformador_2 en poste # 39, Martes 26/11/2013

	Vab	la	lb
Máximo	258,586365	183,348969	166,585587
Mínimo	241,825241	7,869696	0

Tabla 3.15. Valores máximos y mínimos de voltaje y corrientes del Transformador_2 en poste # 39, Martes 26/11/2013

Fecha: Miércoles 27/11/2013 (Tablero 2)

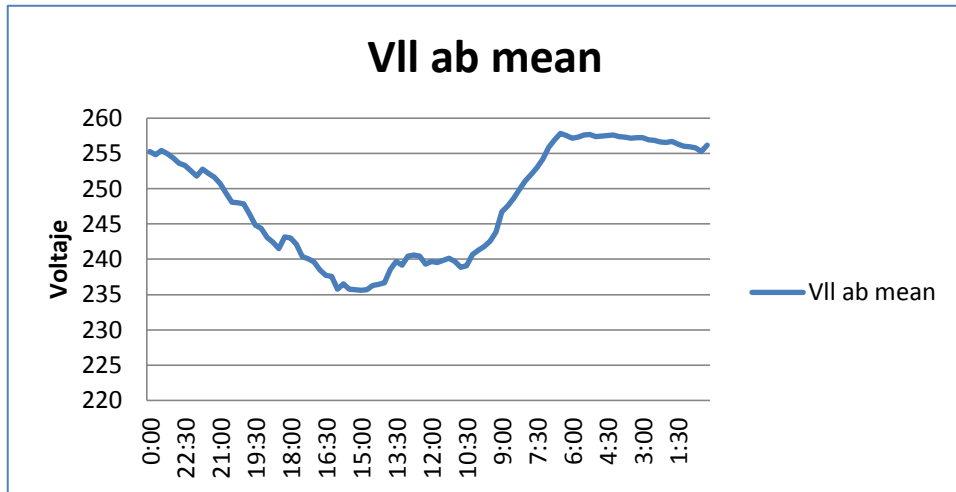


Figura 3.43. Grafica Voltaje vs tiempo del Transformador_2 en poste # 39, Miércoles 27/11/2013

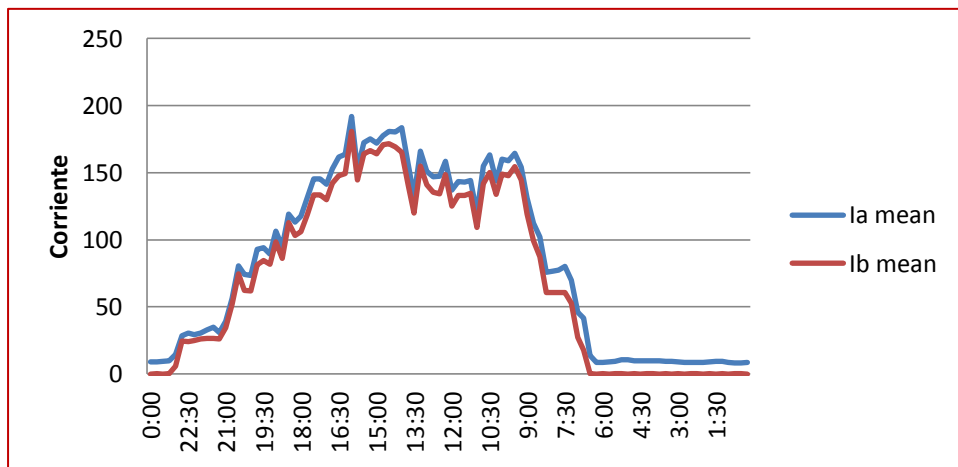


Figura 3.44. Grafica Corriente vs tiempo del Transformador_2 en poste # 39, Miércoles 27/11/2013

	Vab	Ia	Ib
Máximo	257,872528	191,714233	180,551758
Mínimo	235,640396	8,319571	0

Tabla 3.16. Valores máximos y mínimos de voltaje y corrientes del Transformador_2 en poste # 39, Miércoles 27/11/2013

Fecha: Jueves 28/11/2013 (Tablero 2)

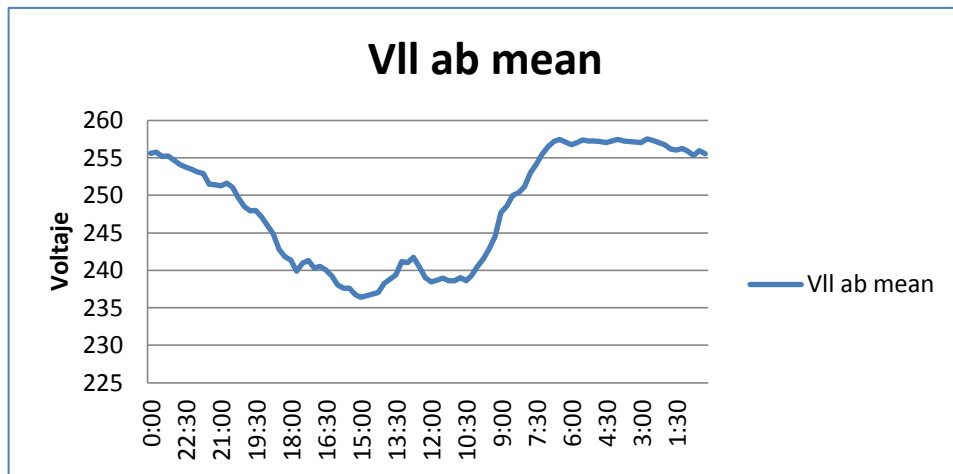


Figura 3.45. Grafica Voltaje vs tiempo del Transformador_2 en poste #39, Jueves 28/11/2013

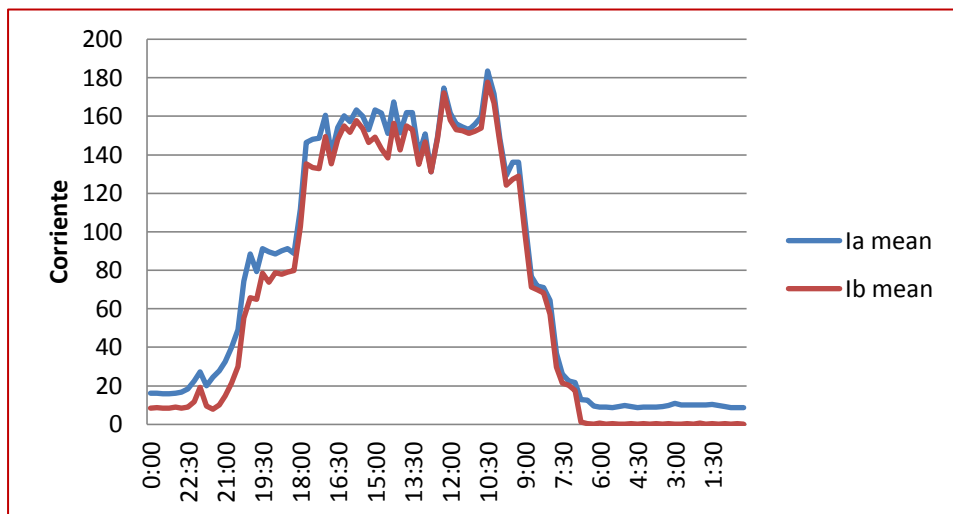


Figura 3.46. Grafica Corriente vs tiempo del Transformador_2 en poste #39, Jueves 28/11/2013

	Vab	Ia	Ib
Máximo	257,516937	183,63092	177,62915
Mínimo	236,407837	8,740477	0

Tabla 3.17. Valores máximos y mínimos de voltaje y corrientes del Transformador_2 en poste #39, Jueves 28/11/2013

3.4.1.4 Medición de voltajes y corrientes en baja tensión del banco trifásico del edificio nuevo

Los valores máximos y mínimos de voltajes y corrientes medidos durante los siete días se presentan en la siguiente tabla

Parámetros eléctricos	Máximo	Mínimo
Vab	224.918747	85.96936
Vbc	225.4879	107.553535
Vca	224.333313	206.889954
Ia	384.706329	31.261234
Ib	305.953857	0
Ic	334.929382	10.014882
kW total	118.429474	7.886094
kVA total	120.338745	7.947174

Tabla 3.18. Valores máximos y mínimos medidos en el banco trifásico del Edificio de Laboratorios

Fecha: Martes 05 /11/2013

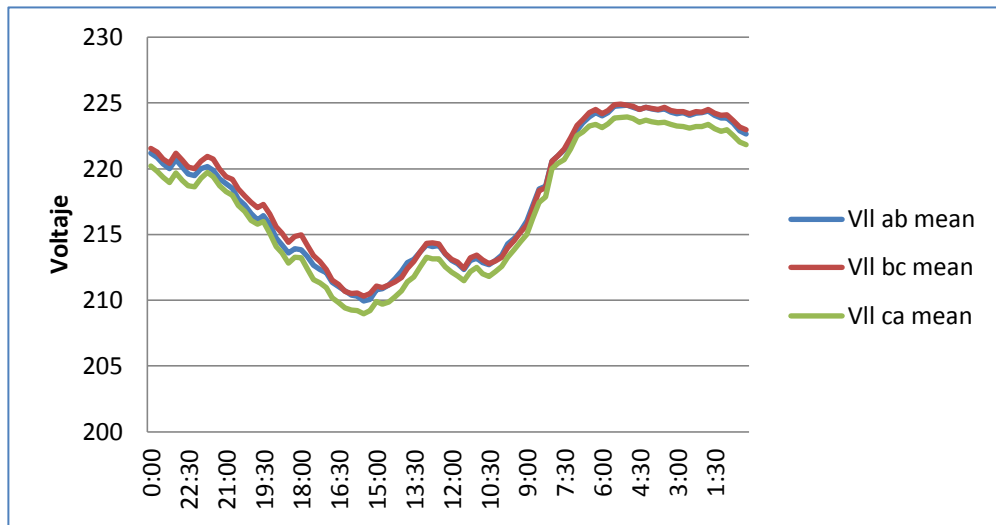


Figura 3.47. Grafica Voltaje vs tiempo del banco trifásico, del Edificio de Laboratorios, Martes 05 /11/2013

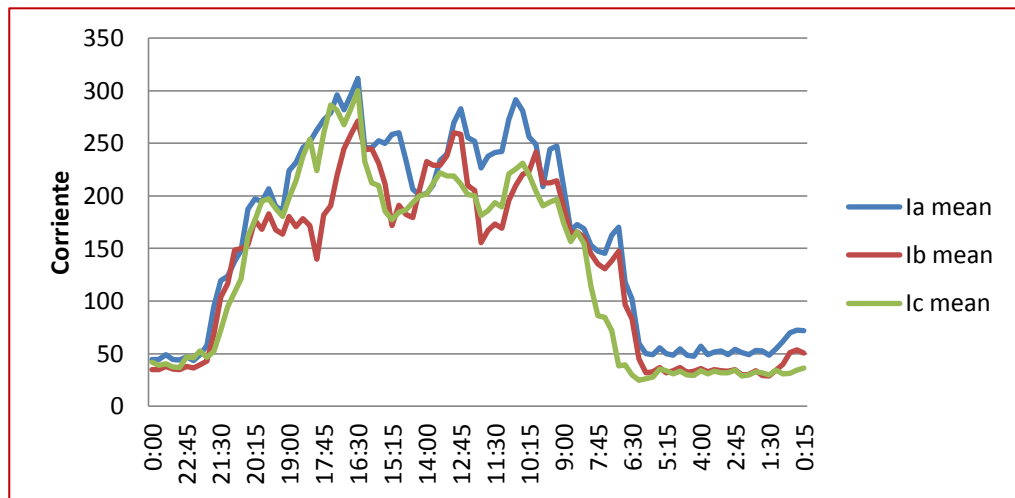


Figura 3.48. Grafica Corriente vs tiempo del banco trifásico, del Edificio de Laboratorios, Martes 05 /11/2013

	Vab	Vbc	Vca	Ia	Ib	Ic
Máximos	224,813766	224,910126	223,9543	311,602631	271,035095	299,84024
Mínimos	209,964142	210,291931	208,986038	43,671005	28,93857	24,794207

Tabla 3.19. Valores máximos y mínimos de voltajes y corrientes del banco trifásico, del Edificio de Laboratorios, Martes 05 /11/2013

Fecha: Miércoles 06 /11/2013

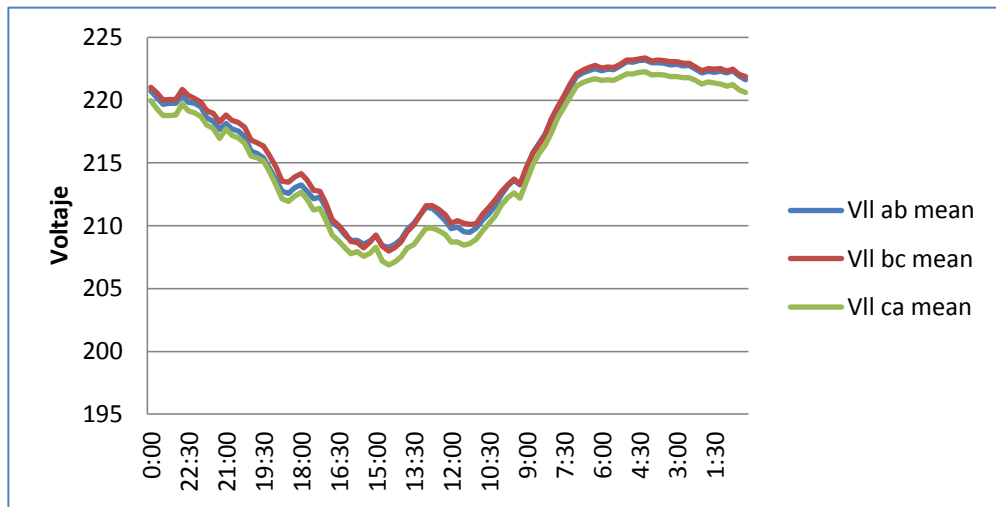


Figura 3.49. Grafica Voltaje vs tiempo del banco trifásico, del Edificio de Laboratorios, Miércoles 06 /11/2013

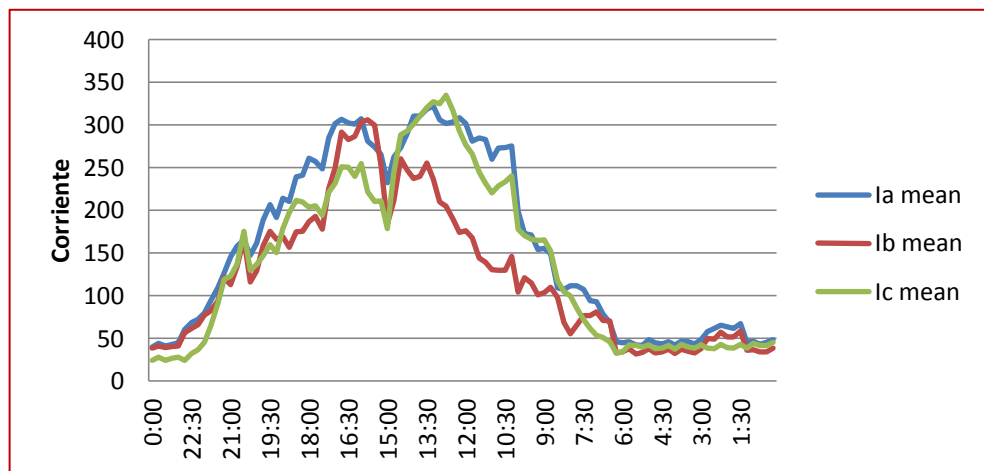


Figura 3.50. Grafica Corriente vs tiempo del banco trifásico, del Edificio de Laboratorios, Miércoles 06 /11/2013

	Vab	Vbc	Vca	Ia	Ib	Ic
Máximos	223,215546	223,366776	222,245834	322,489227	305,953857	334,929382
Mínimos	208,267807	207,977905	206,889954	41,05862	31,795448	24,521463

Tabla 3.20. Valores máximos y mínimos de voltajes y corrientes del banco trifásico, del Edificio de Laboratorios, Miércoles 06 /11/2013

Fecha: Jueves 07 /11/2013

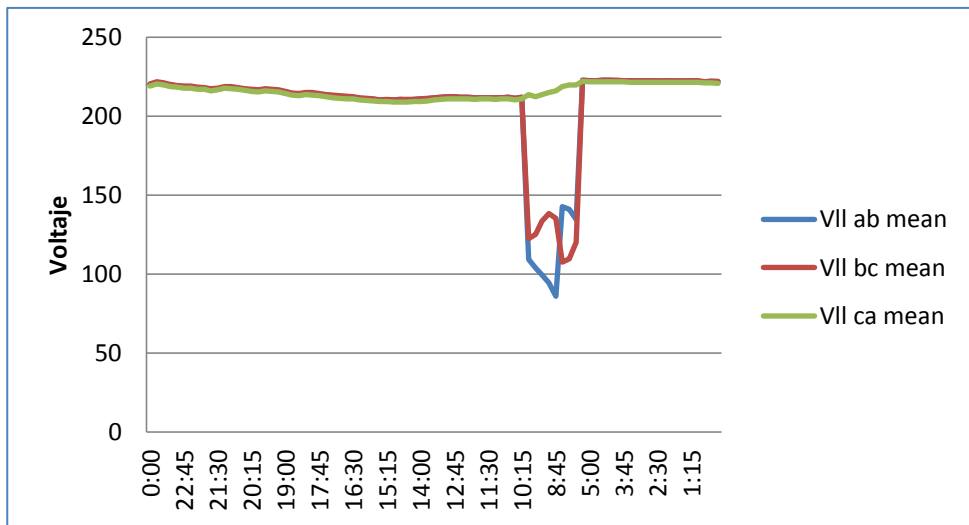


Figura 3.51. Grafica Voltaje vs tiempo del banco trifásico, del Edificio de Laboratorios, Jueves 07 /11/2013

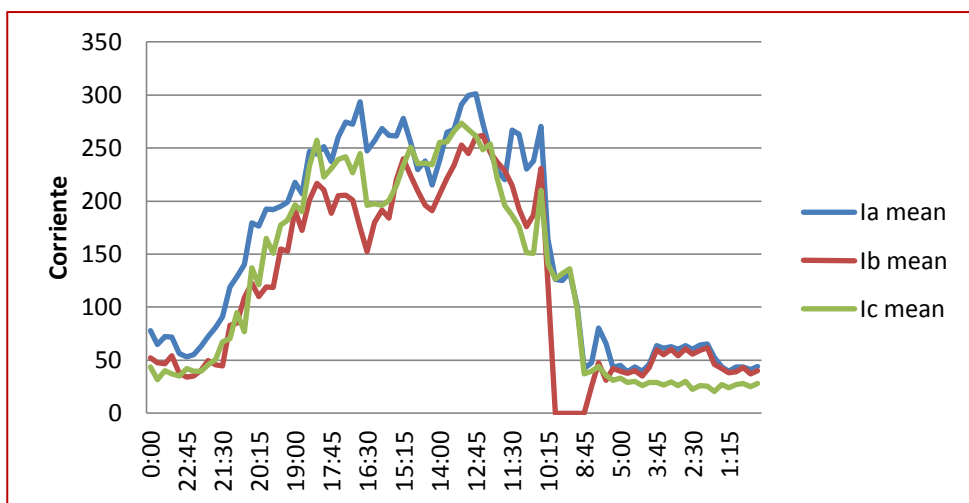


Figura 3.52. Grafica Corriente vs tiempo del banco trifásico, del Edificio de Laboratorios, Jueves 07 /11/2013

	Vab	Vbc	Vca	Ia	Ib	Ic
Máximos	222,873245	222,964172	222,005554	301,152985	262,032593	273,357269
Mínimos	85,96936	107,553535	208,95285	39,141716	0	20,778095

Tabla 3.21. Valores máximos y mínimos de voltajes y corrientes del banco trifásico, del Edificio de Laboratorios, Jueves 07 /11/2013

Fecha: Viernes 08 /11/2013

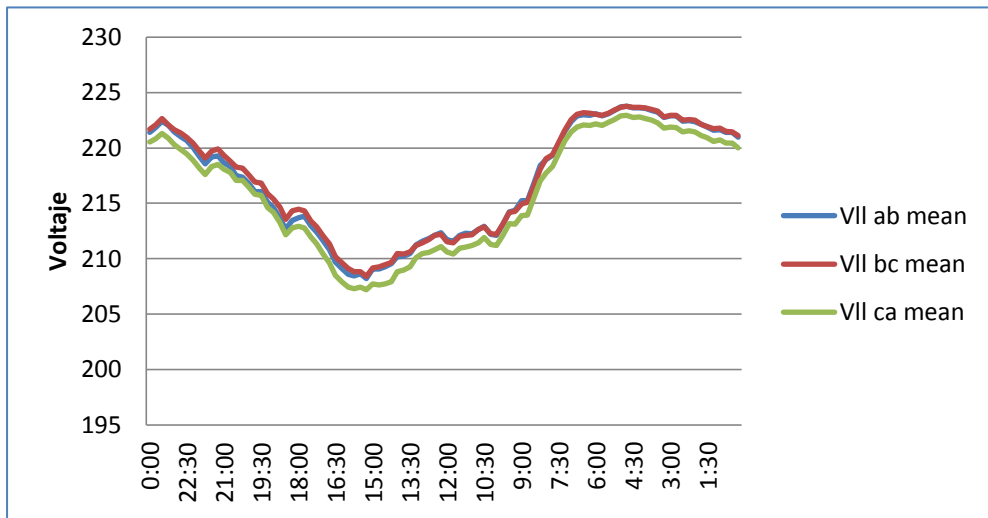


Figura 3.53. Grafica Voltaje vs tiempo del banco trifásico, del Edificio de Laboratorios, Viernes 08 /11/2013

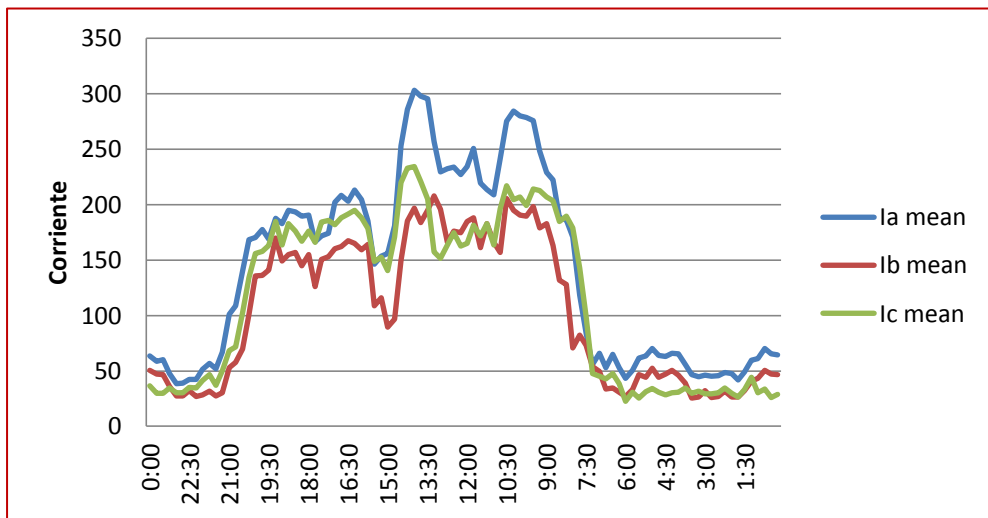


Figura 3.54. Grafica Corriente vs tiempo del banco trifásico, del Edificio de Laboratorios, Viernes 08 /11/2013

	Vab	Vbc	Vca	Ia	Ib	Ic
Máximos	223,781982	223,771057	222,948013	303,07077	207,985916	234,072281
Mínimos	208,225266	208,397507	207,192871	38,490005	25,468618	22,822222

Tabla 3.22. Valores máximos y mínimos de voltaje y corrientes del banco trifásico, del Edificio de Laboratorios, Viernes 08 /11/2013

Fecha: Sábado 09 /11/2013



Figura 3.55. Grafica Voltaje vs tiempo del banco trifásico, del Edificio de Laboratorios, Sábado 09 /11/2013

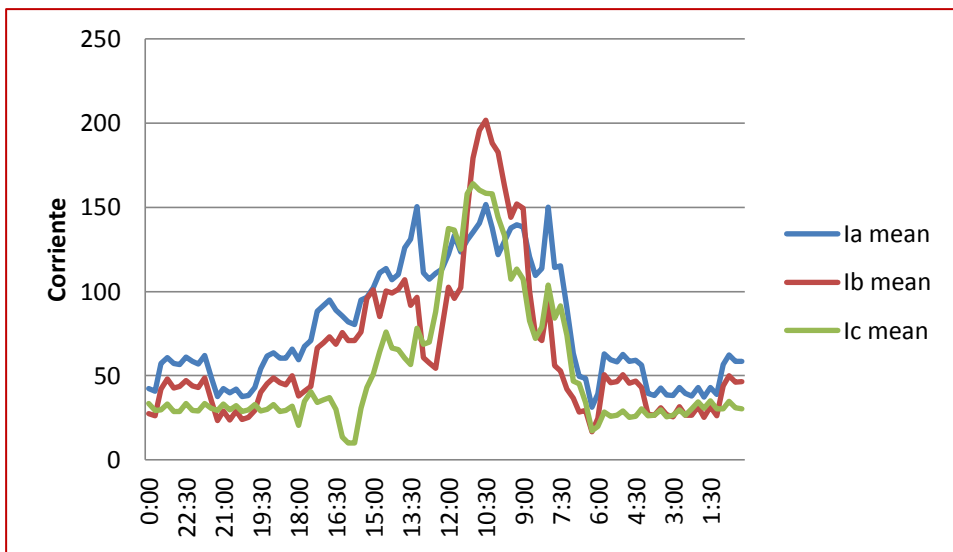


Figura 3.56. Grafica Corriente vs tiempo del banco trifásico, del Edificio de Laboratorios, Sábado 09 /11/2013

	Vab	Vbc	Vca	Ia	Ib	Ic
Máximos	224,483795	224,679214	223,802017	151,591019	201,767059	163,987061
Mínimos	215,769485	216,360367	215,050156	31,261234	16,675943	10,014882

Tabla 3.23. Valores máximos y mínimos de voltajes y corrientes del banco trifásico, del Edificio de Laboratorios, Sábado 09 /11/2013

Fecha: Domingo 10 /11/2013

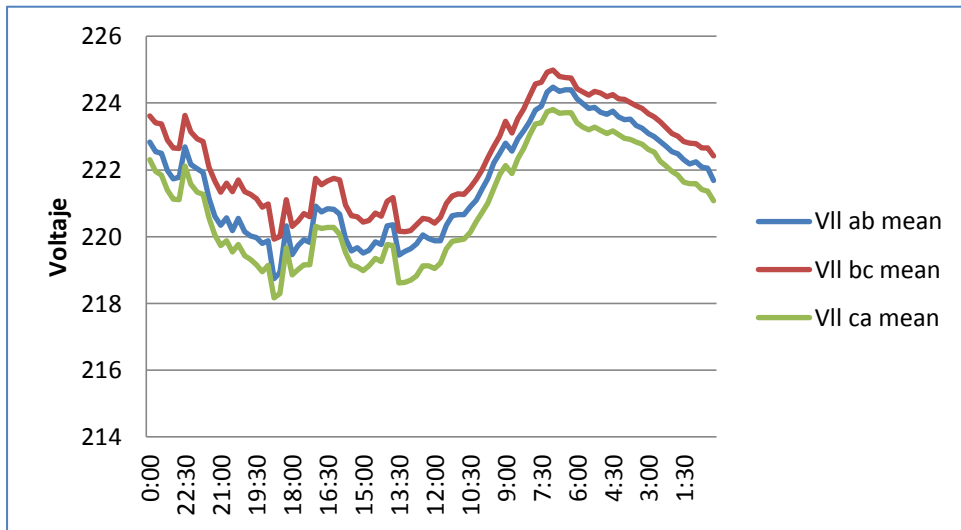


Figura 3.57. Grafica Voltaje vs tiempo del banco trifásico, del Edificio de Laboratorios, Domingo 10 /11/2013

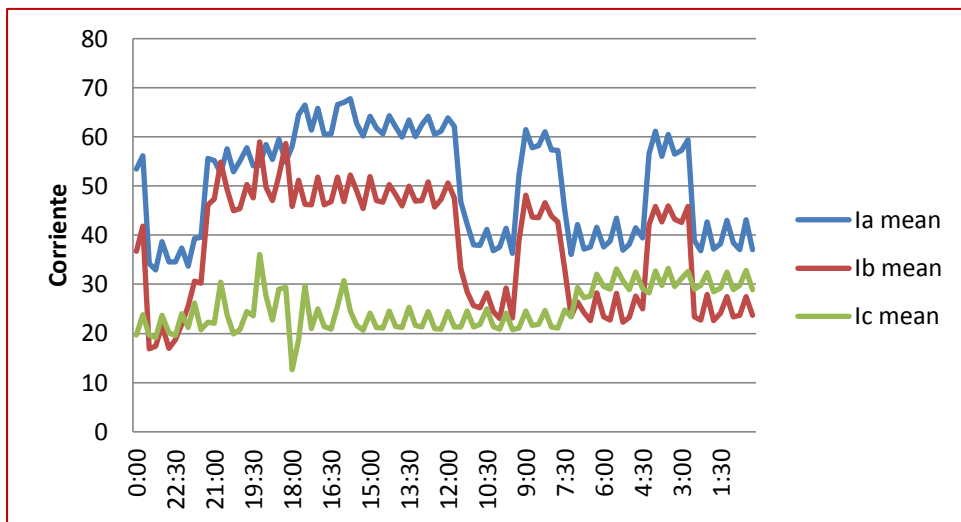


Figura 3.58. Grafica Corriente vs tiempo del banco trifásico, del Edificio de Laboratorios, Domingo 10 /11/2013

	Vab	Vbc	Vca	Ia	Ib	Ic
Máximos	224,468033	224,984238	223,798111	67,825615	58,956863	36,077976
Mínimos	218,746674	219,929337	218,169388	32,964378	16,90254	12,635693

Tabla 3.24. Valores máximos y mínimos de voltaje y corrientes del banco trifásico, del Edificio de Laboratorios, Domingo 10 /11/2013

Fecha: Lunes 11 /11/2013



Figura 3.59. Grafica Voltaje vs tiempo del banco trifásico, del Edificio de Laboratorios, Lunes 11 /11/2013

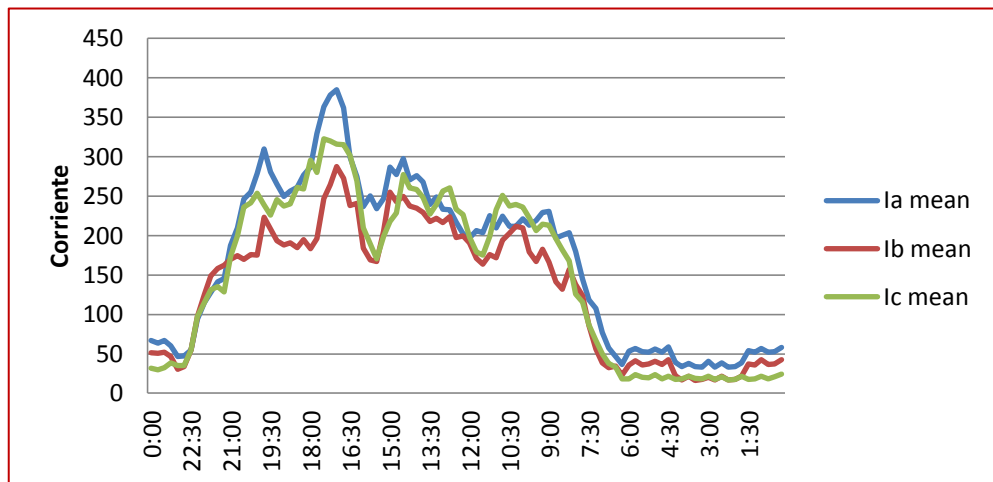


Figura 3.60. Grafica Corriente vs tiempo del banco trifásico, del Edificio de Laboratorios, Lunes 11 /11/2013

	Vab	Vbc	Vca	Ia	Ib	Ic
Máximos	224,918747	225,4879	224,333313	384,706329	287,613708	322,421448
Mínimos	210,56926	210,753235	209,333511	33,183556	16,526295	16,983932

Tabla 3.25. Valores máximos y mínimos de voltajes y corrientes del banco trifásico, del Edificio de Laboratorios, Lunes 11 /11/2013

3.4.2 Cargabilidad utilizando el amperímetro (Fluke322)

- Transformador de Odontología
- Banco de transformadores en delta abierto
- Banco de transformadores trifásicos en edificio nuevo
- Dos transformadores monofásicos ubicados en el poste #39

3.4.2.1 Medición de corrientes en baja tensión del transformador de Odontología

DATOS DE CARGA		
Fecha:	Lunes, 20 de Enero del 2014	
Lugar:	Odontología	
Transformador:	Monofásico tipo convencional	
Capacidad:	50KVA	
Voltaje:	13,2KV / 240 -120V	
Horas	I1	I2
09H00	145,1	137,7
11H00	153,3	147,4
13H00	165,3	156,8
14H00	156,8	151,6
18H00	153,6	142,8
Observaciones		

Tabla 3.26. Mediciones de corrientes de línea en baja tensión del transformador de Odontología, Lunes 20 /01/2014

DATOS DE CARGA		
Fecha:	Viernes, 24 de Enero del 2014	
Lugar:	Odontología	
Transformador:	Monofásico tipo convencional	
Capacidad:	50KVA	
Voltaje:	13.2KV / 240-120V	
Horas	I1	I2
09H00	130,6	124,8
11H00	135,3	130,3
13H00	139,7	128,6
14H00	141,3	137,6
18H00	147,1	141,5
Observaciones		

Tabla 3.27. Mediciones de corrientes de línea en baja tensión del transformador de Odontología, Viernes 24 /01/2014

DATOS DE CARGA		
Fecha:	Martes, 04 de Febrero del 2014	
Lugar:	Odontología	
Transformador:	Monofásico tipo convencional	
Capacidad:	50KVA	
Voltaje:	13.2KV / 240-120V	
Horas	I1	I2
09H00	147,2	139,7
11H00	160,6	155,1
13H00	177,3	165,4
14H00	191,7	182,8
18H00	182,7	173,5
Observaciones		
Se observa incremento de corriente en el transcurso del día debido al aumento de carga.		

Tabla 3.28. Mediciones de corrientes de línea en baja tensión del transformador de Odontología, Martes 04 /02/2014

3.4.2.2 Medición de corrientes en baja tensión del banco delta - abierto

DATOS DE CARGA			
Fecha:	Martes, 21 de Enero del 2014		
Lugar:	Edificio Antiguo		
Transformador:	Banco Delta Abierta		
Capacidad:	100KVA - 50KVA		
Voltaje:	13.2KV / 240-120V		
Horas	I1	I2	I3
09H00	78,4	420,7	397,5
11H00	85,1	440,4	420,1
13H00	81,8	454,6	425,5
14H00	83,1	445,9	423,3
18H00	88,8	460,2	431,8
Observaciones			

Tabla 3.29. Mediciones de corrientes de línea en baja tensión del banco delta abierto, Martes 21 /01/2014

DATOS DE CARGA			
Fecha:	Lunes, 27 de Enero del 2014		
Lugar:	Edificio Antiguo		
Transformador:	Banco Delta Abierta		
Capacidad:	100KVA - 50KVA		
Voltaje:	13.2KV / 240-120V		
Horas	I1	I2	I3
09H00	80,8	428,2	404,6
11H00	80,4	436,6	411,5
13H00	83,1	439,9	417,7
14H00	84,3	441,6	422,3
18H00	87,5	453,1	425,1
Observaciones			

Tabla 3.30. Mediciones de corrientes de línea en baja tensión del banco delta abierto, Lunes 27 /01/2014

DATOS DE CARGA			
Fecha:	Miércoles, 5 de Febrero del 2014		
Lugar:	Edificio Antiguo		
Transformador:	Banco Delta Abierta		
Capacidad:	100KVA - 50KVA		
Voltaje:	13.2KV / 240-120V		
Horas	I1	I2	I3
09H00	82,3	428,6	405,1
11H00	80,3	432,5	411,9
13H00	87,6	447,8	424,3
14H00	83,3	438,3	417,2
18H00	88,5	452,7	431,3
Observaciones			

Tabla 3.31. Mediciones de corrientes de línea en baja tensión del banco delta abierto, Miércoles 05 /02/2014

3.4.2.3 Medición de corrientes en baja tensión del banco de transformadores del Edificio de Laboratorios (Edificio Nuevo)

DATOS DE CARGA			
Fecha:	Miércoles, 22 de Enero del 2014		
Lugar:	Edificio de Laboratorios (Edificio Nuevo)		
Transformador:	Banco Trifásico		
Capacidad:	500KVA		
Voltaje:	13.2KV / 240-120V		
Horas	I1	I2	I3
09H00	380,6	303,6	339,9
11H00	370,5	290,8	318,2
13H00	391,7	305,2	330,6
14H00	376,4	312,4	310,2
18H00	360,3	290,3	300,5
Observaciones			

Tabla 3.32. Mediciones de corrientes de línea en baja tensión del banco trifásico de Edificio Nuevo, Miércoles 22 /01/2014

DATOS DE CARGA			
Fecha:	Martes, 28 de Enero del 2014		
Lugar:	Edificio de Laboratorios (Edificio Nuevo)		
Transformador:	Banco Trifásico		
Capacidad:	500KVA		
Voltaje:	13.2KV / 240-120V		
Horas	I1	I2	I3
09H00	370,4	290,4	320,4
11H00	385,4	325,6	350,6
13H00	391,6	340,3	366,9
14H00	376,4	312,5	340,3
18H00	360,8	292,3	333,1
Observaciones			

Tabla 3.33. Mediciones de corrientes de línea en baja tensión del banco trifásico de Edificio Nuevo, Martes 28 /01/2014

DATOS DE CARGA			
Fecha:	Jueves, 06 de Febrero del 2014		
Lugar:	Edificio de Laboratorios (Edificio Nuevo)		
Transformador:	Banco Trifásico		
Capacidad:	500KVA		
Voltaje:	13.2KV / 240-120V		
Horas	I1	I2	I3
09H00	340,3	260,3	290,5
11H00	345,2	266,5	299,3
13H00	355,3	270,4	306,4
14H00	380,9	310,1	345,2
18H00	391,6	330,3	368,1
Observaciones			

Tabla 3.34. Mediciones de corrientes de línea en baja tensión del banco trifásico de Edificio Nuevo, Jueves 06 /02/2014

3.4.2.4 Medición de corrientes en baja tensión del transformador_1 de 50KVA en poste #39

DATOS DE CARGA		
Fecha:	Jueves,23 de Enero del 2014	
Lugar:	Poste de Hormigón #39	
Transformador:	Monofásico tipo convencional	
Capacidad:	50KVA	
Voltaje:	13.2KV / 240-120V	
Horas	I1	I2
09H00	191,8	180,2
11H00	172,2	162,5
13H00	190,4	179,4
14H00	180,6	178,4
18H00	165,8	155,3
Observaciones		

Tabla 3.35. Mediciones de corrientes de línea en baja tensión del transformador_1 en poste #39, Jueves 23 /01/2014

DATOS DE CARGA		
Fecha:	Miércoles, 29 de Enero del 2014	
Lugar:	Poste de Hormigón #39	
Transformador:	Monofásico tipo convencional	
Capacidad:	50KVA	
Voltaje:	13.2KV / 240-120V	
Horas	I1	I2
09H00	170,5	162,5
11H00	166,3	156,6
13H00	180,4	171,9
14H00	176,5	169,4
18H00	192,3	184,3
Observaciones		

Tabla 3.36. Mediciones de corrientes de línea en baja tensión del transformador_1 en poste #39, Miércoles 29 /01/2014

DATOS DE CARGA		
Fecha:	Viernes, 07 de Febrero del 2014	
Lugar:	Poste de Hormigón #39	
Transformador:	Monofásico tipo convencional	
Capacidad:	50KVA	
Voltaje:	13.2KV / 240-120V	
Horas	I1	I2
09H00	172,4	160,9
11H00	180,6	173,2
13H00	166,5	159,4
14H00	175,4	166,3
18H00	190,3	182,9
Observaciones		

Tabla 3.37. Mediciones de corrientes de línea en baja tensión del transformador_1 en poste #39, Viernes 07 /02/2014

3.4.2.5 Medición de corrientes en baja tensión del transformador_2 de 50KVA en poste #39

DATOS DE CARGA		
Fecha:	Jueves, 23 de Enero del 2014	
Lugar:	Poste de Hormigón #39	
Transformador:	Monofásico tipo convencional	
Capacidad:	50KVA	
Voltaje:	13.2KV / 240-120V	
Horas	I1	I2
09H00	162,4	144,4
11H00	144,1	129,6
13H00	152,6	136,4
14H00	156,3	139,2
18H00	142,4	126,3
Observaciones		

Tabla 3.38. Mediciones de corrientes de línea en baja tensión del transformador_2 en poste #39, Jueves 23 /01/2014

DATOS DE CARGA		
Fecha:	Miércoles, 29 de Enero del 2014	
Lugar:	Poste de Hormigón #39	
Transformador:	Monofásico tipo convencional	
Capacidad:	50KVA	
Voltaje:	13.2KV / 240-120V	
Horas	I1	I2
09H00	152,4	134,6
11H00	160,2	143,9
13H00	162,3	140,7
14H00	150,4	133,1
18H00	155,9	136,7
Observaciones		

Tabla 3.39. Mediciones de corrientes de línea en baja tensión del transformador_2 en poste #39, Miércoles 29 /01/2014

DATOS DE CARGA		
Fecha:	Viernes, 7 de Febrero del 2014	
Lugar:	Poste de Hormigón #39	
Transformador:	Monofásico tipo convencional	
Capacidad:	50KVA	
Voltaje:	13.2KV / 240-120V	
Horas	I1	I2
09H00	163,9	142,4
11H00	156,4	138,6
13H00	146,2	134,3
14H00	162,3	137,9
18H00	166,5	142,2
Observaciones		

Tabla 3.40. Mediciones de corrientes de línea en baja tensión del transformador_2 en poste #39, Viernes 07 /02/2014

3.4.3 Proyección de cargas a futuro

Descripción	Cargas Totales (KVA)	Demanda Requerida (KVA)
TPD del Edificio Antigo	95	76
TPD Poste # 39 Transformador # 1	52,5	42
TPD Poste # 39 Transformador # 2	50	40
Cargas futuras del Anfiteatro	125	100
Cargas futuras del Edificio de Biomedicina	93,75	75
Total		333
Demanda Total Requerida		333
Reserva de carga 25%		83,25
Total Potencias		416,25
Transformador de reemplazo trifásico tipo Padmounted de 500KVA		

3.5 Generador de emergencia situado en el edificio nuevo



Figura 3.61. Generador de emergencia

La placa que presenta el generador es la siguiente:

MARCA: CATERPILLAR BRASIL LTDA	AÑO: 2009
MODEL	P110E2
SERIAL NUMBER	PEPB1CBC400431
RATED POWER- STANBY	125 KVA
	100KW
	0,8 fp
RATED VOLTAGE	220/127V
PHASE	3
RATED FREQUENCY	60 Hz
RATED CURRENT	328 A
RATED R.P.M.	1800
MAXIMUM AMBIENT TEMPERATURE	27°C

Tabla 3.41. Placa del generador de emergencia

En el edificio nuevo de la facultad de medicina, se encuentra instalado un banco trifásico de 500KVA, que satisface la demanda de carga de este edificio. En el mismo cuarto de transformación está ubicado generador de emergencia, para alimentar las cargas principales en caso de falla de energía eléctrica.

- El generador actualmente no se encuentra en funcionamiento, no tiene todo su acoplamiento completo, como la salida del escape, reservorio adicional para el diesel.



Figura 3.62. Generador sin salida de escape instalado

- El radiador del generador posee ventilación externa a través de una ventana en la pared al mismo nivel.



Figura 3.63. Ventilación externa del radiador del generador

- La batería se encuentra descargada marca 5.6V.
- En la parte superior del generador, se encuentra empotrado en la pared un extractor de aire.
- El generador está montado sobre una base de hormigón armado.
- El generador está conectado con el panel de transferencia, pero no con el tablero principal de distribución.



Figura 3.64. Panel de transferencia del generador sin conexión

- Actualmente se encuentra cableado desde el generador hasta el Tablero de Transferencia Automática (T.T.A.).
- El generador se encuentra montado sobre una base de hormigón de dimensiones 2.60 x 1.1 m. Se observa lo siguiente:
 - No está instalado el silenciador
 - No existe cargador de baterías

Las dimensiones generales del cuarto de transformación del edificio nuevo de la Facultad de Medicina son 6.1m x 4.2m y en su interior están instalados los siguientes equipos:

CANT.	DESCRIPCION DE EQUIPOS INSTALADOS	ESTADO ACTUAL DE EQUIPOS
3	Transformadores monofásicos de distribución de 167 KVA de relación 7620/13200 – 120/240 V. conectados en Y aterrizado - Y	Funcionando
1	Estructura metálica de soporte de las cajas fusibles	Habilitada
6	Cajas fusibles tipo abierto sin rompecarga de 15 KV 100 Amp.	Funcionando (3) Deshabilitadas (3)
1	Tablero de Distribución Principal (3 Módulos)	Funcionando
1	Tablero de Distribución Secundario	Funcionando
1	Electrocanales y parillas portacables	Funcionando
1	Generador de Emergencia	No Funciona (DESHABILITADO)
1	Tablero de Transferencia Automática (T.T.A.)	No funciona (DESHABILITADO)
1	Lote de cables de media y baja tensión	Funcionando
2	Extractores de aire	1 Funcionando + 1 Deshabilitado
2	Barras de puesta a tierra	Conectadas
2	Puntos de luz 120 V. (sistema de tuberías EMT sobrepuesto)	Funcionando
1	Punto de tomacorriente 120 V (sistema de tuberías EMT sobrepuesto)	Funcionando

Tabla 3.42. Equipos instalados en cuarto de transformadores de edificio nuevo

El generador tiene como accesorios, entre otros:

DESCRIPCION	OBSERVACIONES
Tanque (propio) de combustible	(diesel) en la parte inferior del generador
Batería	BOSCH, 12V, 115 Ah, modelo S3
Silenciador	DESMONTADO. Se encuentra en el suelo
Tablero de Control	Módulo de Control POWER WIZARD
Breaker Principal	Marca ABB SACE Tmax, 3P-400A

Tabla 3.43. Accesorios del generador de emergencia

El Tablero de Transferencia Automática tiene como accesorios principales:

DESCRIPCION	OBSERVACIONES
Detector de voltaje de fases	Marca ICM CONTROLS, modelo ICM 450, (1U)
Módulo de Control	Marca SIEMENS modelo LOGO 2 (1U)
Contactores	Marca SCHNEIDER, modelo LC1F265 (2U)
Breakers de Control	Marca CAMSCO
Barras de fases de cobre	
Relés auxiliares	

Tabla 3.44. Accesorios del tablero de transferencia automática

CAPITULO IV

4. PLAN DE MEJORAS INMEDIATO

4.1 Mantenimiento de transformador monofásico tipo convencional de Odontología de 50KVA, 13200V GRDY/7620V-220/127V

Para tener acceso al cuarto de transformación se baja el breaker principal, de 250Amp, 2P, luego con una pértiga se desconecta la vela (protección del transformador) ubicada en el poste #38.

4.1.1 Trabajos realizados en el cuarto de transformación

- Limpieza del área, y de la acometida del transformador.
- Se abre la tapa del tanque del transformador para ajustar en el interior todos los terminales debido a fuga de aceite dieléctrico.



Figura 4.1. Ajuste de terminales de baja tensión del transformador de Odontología

- Desconexión de los conductores de media tensión para pruebas de aislamiento.
- Aislamiento fase-tierra: superior a 2000 mega ohmios (punto crítico menor a 200 mega ohmios).

- Ajuste exterior de los terminales en baja tensión del transformador y de la acometida a los bushings de alta tensión.
- Se realizan orificios en la puerta metálica de ingreso al cuarto del transformador, para ayudar a reducir la temperatura en el interior del cuarto, logrando la inducción de flujo de aire a través de los orificios de la puerta.



Figura 4.2. Inducción de flujo de aire en puerta de ingreso al transformador de Odontología

- Debido a que el transformador monofásico tipo convencional se encontraba ubicado a nivel del piso, se colocaron pertinentemente dos ángulos de $1\frac{1}{2}$ x $\frac{1}{8}$ de 60cm como bases del transformador.
- Se sujeta la acometida de forma ordenada, al igual que los conductores del secundario.
- Pintado del cuarto de transformación.
- Energizado el transformador se registro los voltajes suministrados.



Figura 4.3. Acabado del mantenimiento del cuarto del transformador de Odontología

Transformador Odontología	50KVA		
	AT-T (mgh)	BT-T(mgh)	AT-BT(mgh)
30seg	1800	1500	1600
60seg	2000	1600	1800

Tabla 4.1 Pruebas de aislamientos de Transformador de Odontología

4.1.2 Trabajos realizados en el tablero principal de distribución

- Se realiza la correcta conexión de un breaker de derivación de 60Amp, 2P, que se encontraba conectado a la entrada del breaker principal.
- Cambio de terminales de talón para conductor #6 de un solo servicio por dobles #6 para conectar a la barra de distribución.
- Cambio de conductores de aluminio por conductores de cobre para alimentar el breaker de 60Amp, 2P.
- Se colocan los conductores en forma ordenada.

- Cambio de un conductor recalentado en un breaker de derivación de 50Amps, 2P.
- Limpieza y ajuste de todos los terminales de los breakers del tablero principal.



Figura 4.4. Breaker principal del cuarto del transformador de Odontología

4.2 Mantenimientos de transformadores monofásicos tipos convencionales de 100KVA-50KVA, 13200V GRDY/7620V-220/127V (conexión Y abierto aterrizado - Δ abierto aterrizado)

Para tener acceso al cuarto de transformación se baja el breaker principal, de 600Amps, 3P, luego con una pértiga se desconectan las velas correspondientes.

4.2.1 Trabajos realizados en el cuarto de transformación

- Limpieza del área, y de la acometida de los transformadores.
- Desconexión de los conductores de media tensión para pruebas de aislamiento.
- Aislamiento fase-tierra: superior a 2000 megaohmios.

- Ajuste exterior de los terminales en baja tensión de los transformadores y de la acometida a los bushings de alta tensión.
- Colocación de cuatro ángulos de 11/2x1/8 de 60cm para bases de los transformadores.



Figura 4.5. Colocación de bases para banco de transformadores Y abierto aterrizado - Δ abierto aterrizado

- Pintado del cuarto de transformación.
- Energizado el transformador se registro los voltajes suministrados.

Transformador del Edificio Antigo	100KVA(1)		
	AT-T(mgh)	BT-T(mgh)	AT-BT(mgh)
30seg	1600	1200	1500
60seg	2000	2000	2000

Tabla 4.2 Pruebas de aislamientos de Transformador (1) del Edificio Antigo

Transformador del Edificio Antiguo	50KVA (2)		
	AT-T(mgh)	BT-T(mgh)	AT-BT(mgh)
30seg	1700	1400	1600
60seg	2000	2000	2000

Tabla 4.3 Pruebas de aislamientos de Transformador (2) del Edificio Antiguo

4.2.2 Trabajos realizados en el tablero principal de distribución

- Se colocan los conductores en forma ordenada.
- Cambio de un conductor recalentado en un breaker de derivación de 70Amps, 3P.
- Ajuste de todos los terminales de los breakers del tablero principal.
- Ajuste de todos los terminales de los breakers del tablero secundario situado a continuación del tablero principal.
- Instalación fija de un breaker de 125Amps, 2P, en tablero principal.
- Pintado de base de tablero principal.
- Limpieza general del tablero principal.
- Instalación fija de un breaker de 50A, 2P, en tablero secundario.



Figura 4.6. Breaker principal del banco de transformadores Y
abierto aterrizado - Δ abierto aterrizado

4.3 Mantenimientos de banco de transformadores trifásicos tipos convencionales de 500KVA, 13200V, GRDY/7620V, 220/127V

Para tener acceso al cuarto de transformación se baja el breaker principal, de 1250A, 3P, luego con una pértiga se desconectan las velas correspondientes.

4.3.1 Trabajos realizados en el cuarto de transformación

- Limpieza del área, y de la acometida de los transformadores.
- Desconexión de los conductores de media tensión para pruebas de aislamiento.
- Ajuste exterior de los terminales en baja tensión de los transformadores y de la acometida a los bushings de alta tensión.
- Aislamiento de bushings de los transformadores.

Transformador del Edificio Nuevo	167KVA (1)		
	AT-T(mgh)	BT-T(mgh)	AT-BT(mgh)
30seg	1650	1300	1400
60seg	2000	2000	2000

Tabla 4.4 Pruebas de aislamientos de Transformador del Edificio Nuevo 1

Transformador del Edificio Nuevo	167KVA (2)		
	AT-T(mgh)	BT-T(mgh)	AT-BT(mgh)
30seg	1850	1420	1550
60seg	2000	2000	2000

Tabla 4.5 Pruebas de aislamientos de Transformador del Edificio Nuevo 2

Transformador del Edificio Antiguo	167KVA (3)		
	AT-T(mgh)	BT-T(mgh)	AT-BT(mgh)
30seg	1740	1420	1680
60seg	2000	2000	2000

Tabla 4.6 Pruebas de aislamientos de Transformador del Edificio Nuevo 3

- Colocación de seis ángulos de 11/2x1/8 de 60cm para bases de los transformadores.



Figura 4.7. Colocación de bases para banco de transformadores trifásico

- La pared junto a los transformadores presentan humedad.
- Energizado el transformador se registró los voltajes suministrados.

4.3.2 Trabajos realizados en el tablero principal de distribución

- El tablero de distribución se encuentra en buen estado, es relativamente nuevo.
- Se realiza limpieza a los conductores que van en forma ordenada al tablero principal.
- Ajuste de todos los terminales de los breakers del tablero principal.
- Limpieza general del tablero principal.



Figura 4.8. Breaker principal del tablero de distribución del cuarto de transformadores trifásicos

CAPITULO V

5. PLAN DE MEJORAS A CORTO PLAZO DE LA FACULTAD DE MEDICINA

5.1 Reemplazo de los transformadores ubicados en el poste #39 y los transformadores del Edificio Antiguo, por un transformador trifásico Padmounted de 500KVA

A continuación se detallan los trabajos a realizarse en las obras eléctricas y civiles para el montaje electromecánico de 1 transformador Padmounted 3f de 500KVA exclusivo para el edificio nuevo de la facultad de medicina de la UCSG.

- Completar línea área bifásica existente.
- Línea trifásica subterránea aislada de media tensión.
- Sistema de puesta a tierra general.
- Transformador trifásico Padmounted de 500KVA totalmente nuevo.
- Acometida desde transformador Padmounted hasta tablero TDP nuevo en cuarto de tableros existente: 3(3F#500 MCM) + N(2# 500 MCM) - T# 4/0 AWG Cu, 600V.
- Tablero de distribución principal TDP-3f-220V (2 módulos), todo el tablero será construido en plancha de 2mm, (estructura de plafón falso, tapas y puertas) contendrá medidor de energía multifunción con mínimo 80k de memoria, puerto de comunicación RS-485; similar a PM820.
- Trabajos civiles varios.

5.1.1 Presupuesto

OBRAS ELECTRICAS y CIVILES PARA EL MONTAJE ELECTROMECHANICO DE 1 TRANSFORMADOR PADMOUNTED 3F DE 500 KVA EXCLUSIVO PARA EL EDIFICIO DE CIENCIAS MEDICAS DE LA FACULTAD DE MEDICINA DE LA UCSG									
ITEM	ACTIVIDAD / MATERIAL	UN	CANT	PRECIO MATERIAL	PRECIO MANO DE OBRA	PRECIO MAQUI. Y EQUIPOS	SUBT.	COSTOS INDIRECTOS TOTAL	PRECIO TOTAL
1	Completar línea área 2f existente	U	1	\$811,90	\$805,00	\$64,95	\$1.681,85	\$370,01	\$2.051,86
2	Línea 3f subterránea aislada de media tensión	GB	1	\$7.840,35	\$1.242,50	\$627,23	\$9.710,08	\$2.136,22	\$11.846,30
3	Sistema de puesta a tierra general	GB	1	\$2.729,80	\$1.065,00	\$218,38	\$4.013,18	\$882,90	\$4.896,08
4	Transformador 3f Padmounted de 500 kva totalmente nuevo	U	1	\$15.679,30	\$1.952,50	\$1.254,34	\$18.886,14	\$4.154,95	\$23.041,10
5	Acometida desde transf. padmounted hasta tablero tdp nuevo en cuarto de tableros existente): 3(3f#500 mcm) + n(2# 500 mcm) - t# 4/0 awg cu, 600 v.	GB	1	\$10.763,50	\$1.597,50	\$861,08	\$13.222,08	\$2.908,86	\$16.130,94
6	Tablero de distribución principal tdp-3f-220v (2 módulos). todo el tablero será construido en plancha de 2mm. (estructura, plafón falso, tapas y puertas). contendrá medidor de energía multifunción.	U	1	\$12.347,44	\$1.065,00	\$987,80	\$14.400,24	\$3.168,05	\$17.568,29
7	Trabajos civiles	GB	1				\$3.181,60	\$699,95	\$3.881,55
PRECIOS TOTALES				\$50.172,30	\$7.727,50	\$4.013,78	\$65.095,18	\$14.320,94	\$79.416,12

Tabla 5.1. Presupuesto de montaje del transformador Padmounted

5.1.2 Planos de mejoras propuestas

Para el desarrollo de la propuesta del reemplazo de los transformadores ubicados en el poste #39 (dos de 50KVA) y los transformadores delta – abierto (100KVA – 50KVA), por un transformador trifásico Padmounted de 500KVA se han realizados tres planos que contienen todos los detalles necesarios, los cuales se enumeran a continuación:

- Plano 5 Implantación propuesta de equipos eléctricos de media y baja tensión de la Facultad de Medicina y Odontología (Alternativa A) PADMOUNTED.
- Plano 5.1 Diagrama unifilar eléctrico propuesto de media y baja tensión de Facultades de Medicina y Odontología (Alternativa A).
- Plano 5.2 Ubicación de transformador 3 ϕ 500KVA tipo PADMOUNTED y detalles del cuarto de transformador (Alternativa A).
- Plano 5.3 Detalles constructivos de base de transformador Padmounted trifásico de 500KVA, Malla de puesta a tierra y circuitos de alumbrado de cuarto de tableros

5.2 Reemplazo del transformador ubicados en el poste #39 y los transformadores del Edificio Antiguo por un transformador trifásico tipo distribución de 500KVA

A continuación se detallan los trabajos a realizarse en las obras eléctricas y civiles para el montaje electromecánico de 1 transformador trifásico de 500KVA tipo distribución exclusivo para el edificio nuevo de la facultad de medicina de la UCSG.

- Completar línea área bifásica existente
- Línea trifásica subterránea aislada de media tensión.
- Sistema de puesta a tierra general.
- Transformador trifásico tipo distribución de 500KVA totalmente nuevo.
- Acometida desde transformador trifásico tipo distribución hasta tablero TDP nuevo en cuarto de tableros existente: 3(3F#500 MCM) + N (2# 500 MCM) - T# 4/0 AWG Cu, 600V.
- Tablero de distribución principal TDP-3F-220V (2 módulos), todo el tablero será construido en plancha de 2mm, (estructura, plafón falso, tapas y puertas), contendrá medidor de energía multifunción con mínimo 80K de memoria, puerto de comunicación RS-485; similar a PM820
- Trabajos civiles varios.
 - 1.- Trabajos varios según diseños.
 - 2.- Construcción de cuarto para el transformador trifásico tipo distribución de 500KVA. El cuarto de transformador será construido con paredes de hormigón o de mampostería y columnas de hormigón armado. El cuarto tendrá una losa superior de hormigón, ubicada a una altura libre mínima de

2,5m. Para evitar la corrosión de la base del transformador, se deberá construir sobre el piso una base de hormigón de por lo menos 10cm. de espesor, diseñada para soportar el transformador de 500 KVA. El cuarto deberá tener ventilación adecuada. Las aberturas de ventilación se situarán en las paredes laterales, cerca del techo y estarán cubiertas de rejas permanentes, bloques ornamentales, o persianas resistentes. La puerta de entrada tendrá dimensiones mínimas de 2,20 m de alto por 1,20 m de ancho, construida en plancha metálica de 1/16" de espesor, con abatimiento hacia el exterior y con una resistencia al fuego, 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. Dentro del cuarto de transformación 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 1F 2-4 espacios.

5.2.1 Presupuesto

OBRAS ELECTRICAS y CIVILES PARA EL MONTAJE ELECTROMECANICO DE 1 TRANSFORMADOR 3F DE 500 KVA TIPO DISTRIBUCION EXCLUSIVO PARA EL EDIFICIO DE CIENCIAS MEDICAS DE LA FACULTAD DE MEDICINA DE LA UCSG										
ITE	ACTIVIDAD / MATERIAL	UN	CANT	PRECIO MATERIAL	PRECIO MANO DE OBRA	PRECIO MAQUI. Y EQUIPOS	SUBTOTAL	COSTOS INDIRECTOS TOTAL	PRECIO TOTAL	PRECIO TOTAL
1	Completar línea área 2f existente	U	1	\$811,90	\$805,00	\$64,95	\$1.681,85	\$370,01	\$2.051,86	\$2.051,86
2	Línea 3f subterránea aislada de media tensión	GB	1	\$7.564,14	\$1.242,50	\$605,13	\$9.411,77	\$2.070,59	\$11.482,36	\$11.482,36
3	Sistema de puesta a tierra general	GB	1	\$2.729,80	\$1.065,00	\$218,38	\$4.013,18	\$882,90	\$4.896,08	\$4.896,08
4	Transformador 3f tipo distribución de 500 KVA totalmente nuevo	U	1	\$12.739,00	\$1.952,50	\$1.019,12	\$15.710,62	\$3.456,34	\$19.166,96	\$19.166,96
5	Acometida desde transf. 3f tipo distribución hasta tablero TD-P nuevo en cuarto de tableros existente): 3(3f#500 MCM) + n(2# 500 MCM) - t# 4/0 AWG Cu, 600 V	GB	1	\$10.763,50	\$1.597,50	\$861,08	\$13.222,08	\$2.908,86	\$16.130,94	\$16.130,94
6	Tablero de distribución principal TD-P-3f-220V (2 módulos).	U	1	\$12.347,44	\$1.065,00	\$987,80	\$14.400,24	\$3.168,05	\$17.568,29	\$17.568,29
7	Trabajos civiles varios	GB	1				\$14.181,60	\$3.119,95	\$17.301,55	\$17.301,55
PRECIOS TOTALES				\$46.955,79	\$7.727,50	\$3.756,46	\$72.621,35	\$15.976,70	\$88.598,04	\$88.598,04

Tabla 5.2. Presupuesto de montaje del transformador trifásico tipo distribución

5.2.2 Planos de mejoras propuestas

Para el desarrollo de la propuesta del Reemplazo transformador ubicado en el poste #39 (dos de 50KVA) y los transformadores delta – abierto (100KVA – 50KVA), por un transformador trifásico tipo distribución de 500KVA se han realizados tres planos que contienen todos los detalles necesarios, los cuales se enumeran a continuación:

- Plano 6 Implantación propuesta de equipos eléctricos de media y baja tensión de la Facultad de Medicina Y Odontología (Alternativa B) 3 ϕ TIPO DISTRIBUCION.
- Plano 6.1 Diagrama unifilar eléctrico propuesto de media y baja tensión de Facultades de Medicina y Odontología (Alternativa B).
- Plano 6.2 Ubicación de transformador 3 ϕ 500KVA tipo distribución y detalles del cuarto del transformador. (Alternativa B).

5.3 Reemplazo del transformador ubicados en el poste #39 y los transformadores del Edificio Antiguo, por un banco de transformadores trifásico tipo convencionales

A continuación se detallan los trabajos a realizarse en las obras eléctricas y civiles para el montaje electromecánico de 3 transformadores monofásicos de 167KVA cada uno para el edificio nuevo de la Facultad de Medicina de la UCSG.

- Completar línea área bifásica existente
- Línea trifásica subterránea aislada de media tensión.
- Sistema de puesta a tierra general.
- Transformador monofásico tipo distribución convencional, de 167kva totalmente nuevo.
- Acometida desde los 3 transformadores monofásicos tipo distribución hasta el tablero TDP nuevo en cuarto de tableros existente: 3(3F#500 MCM) + N (2# 500 MCM - T# 4/0 AWG Cu, 600V.
- Tablero de distribución principal TDP-3F-220V (2 módulos), todo el tablero será construido en plancha de 2mm, (estructura, plafón falso, tapas y puertas), contendrá medidor de energía multifunción con mínimo 80K de memoria, puerto de comunicación RS-485; similar a PM820
- Trabajos civiles varios.
 - 1.- Trabajos varios según diseños.
 - 2.- Construcción de cuarto para el transformador trifásico tipo distribución de 500KVA. El cuarto de transformador será construido con paredes de hormigón o de mampostería y columnas de hormigón armado. El cuarto tendrá una losa superior de hormigón, ubicada a una altura libre mínima de

2,5m. Para evitar la corrosión de la base del transformador, se deberá construir sobre el piso una base de hormigón de por lo menos 10cm. de espesor, diseñada para soportar el transformador de 500 KVA. El cuarto deberá tener ventilación adecuada. Las aberturas de ventilación se situarán en las paredes laterales, cerca del techo y estarán cubiertas de rejas permanentes, bloques ornamentales, o persianas resistentes. La puerta de entrada tendrá dimensiones mínimas de 2,20 m de alto por 1,20 m de ancho, construida en plancha metálica de 1/16" de espesor, con abatimiento hacia el exterior y con una resistencia al fuego, 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. Dentro del cuarto de transformación 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 1F 2-4 espacios.

5.3.1 Presupuesto

OBRAS ELECTRICAS y CIVILES PARA EL MONTAJE ELECTROMECANICO DE 3 TRANSFORMADORES 1F DE 167 KVA CADA UNO PARA EL EDIFICIO DE CIENCIAS MEDICAS DE LA FACULTAD DE MEDICINA DE LA UCSG										
ITEM	ACTIVIDAD / MATERIAL	UN	CANT	PRECIO MATERIALES	PRECIO MANO DE OBRA	PRECIO MAQUI. Y EQUIPOS	SUBTOTAL	COSTOS INDIRECTOS TOTAL	PRECIO TOTAL	PRECIO TOTAL
1	Completar línea área 2f existente	U	1	\$811,90	\$805,00	\$64,95	\$1.681,85	\$370,01	\$2.051,86	\$2.051,86
2	Línea 3f subterránea aislada de media tensión	GB	1	\$7.564,14	\$1.242,50	\$605,13	\$9.411,77	\$2.070,59	\$11.482,36	\$11.482,36
3	Sistema de puesta a tierra gral.	GB	1	\$2.729,80	\$1.065,00	\$218,38	\$4.013,18	\$882,90	\$4.896,08	\$4.896,08
4	Transformador 1f tipo distribución, convencional, de 167 KVA totalmente nuevo	U	1	\$15.250,00	\$2.130,00	\$1.220,00	\$18.600,00	\$4.092,00	\$22.692,00	\$22.692,00
5	Acometida desde los 3 transf. 1f tipo distribución hasta tablero TD-P nuevo en cuarto de tableros existente): 3(3f#500MCM) + n(2# 500 MCM) - t# 4/0 AWG Cu, 600V	GB	1	\$10.913,50	\$1.775,00	\$873,08	\$13.561,58	\$2.983,55	\$16.545,13	\$16.545,13
6	Tablero de distribución principal tdp-3f-220V (2 módulos).	U	1	\$12.347,44	\$1.065,00	\$987,80	\$14.400,24	\$3.168,05	\$17.568,29	\$17.568,29
7	Trabajos civiles varios	GB	1				\$14.181,60	\$3.119,95	\$17.301,55	\$17.301,55
PRECIOS TOTALES				\$49.616,79	\$8.082,50	\$3.969,34	\$75.850,23	\$16.687,05	\$92.537,28	\$92.537,28

Tabla 5.3. Presupuesto de tres transformadores monofásicos tipo distribución

5.3.2 Planos de mejoras propuestas

Para el desarrollo de la propuesta del Reemplazo del transformador ubicado en el poste #39 (dos de 50KVA) y los transformadores delta – abierto (100KVA – 50KVA), por un banco de transformadores trifásico tipo convencionales se han realizados tres planos que contienen todos los detalles necesarios, los cuales se enumeran a continuación:

- Plano 7 Implantación propuesta de equipos eléctricos de media y baja tensión de la Facultad de Medicina y Odontología (Alternativa C).
- Plano 7.1 Diagrama unifilar eléctrico propuesto de media y baja tensión de la Facultad de Medicina y Odontología (Alternativa C).
- Plano 7.2 Ubicación de 3 transformadores de 1 ϕ 167KVA tipo distribución y detalles del cuarto del transformador (Alternativa C).

En la siguiente tabla se encuentran las tres propuestas con su costo total y tiempo estimado del proyecto:

PROPUESTA DE PLAN DE MEJORA DE LA FACULTAD DE MEDICINA DE UCSG				
	# PERSONAL ELECTRICO	#PERSONAL CIVIL	TIEMPO DE ENTREGA	PRECIO TOTAL
ALTERNATIVA A	7	3	25	79.416,12
ALTERNATIVA B	7	7	55	88.598,04
ALTERNATIVA C	7	7	55	92.537.28

Tabla 5.4. Resumen de propuestas del plan de mejoras

- El sistema más óptimo por tiempo y costos de materiales es la alternativa A (transformador trifásico tipo Padmounted).
- En caso de no realizar las mejoras, se corre el riesgo de averías en los cuartos de transformadores de la facultad de medicina de odontología, de los transformadores ubicados en el poste #39 y del edificio de Ciencias Médicas (Antiguo), por el exceso de carga.

5.4 Reemplazo del transformador de 50KVA del cuarto de transformación de Odontología por uno de 100KVA

A continuación se detallan los trabajos a realizarse en las obras eléctricas y civiles para el cambio de un transformador monofásico de 50KVA existente por un transformador monofásico de 100KVA en la facultad de Odontología.

- Cambio de transformador de 50KVA existente por un transformador monofásico de 100KVA existente.
- Acometida desde transformador monofásico de 100KVA hasta el tablero TDP existente: 2(2#3/0 AWG) + N# 300 MCM) - T# 2 AWG Cu, 600V
- Cambio de ubicación de tablero principal y tablero secundario.
- Cambio de breaker principal existente por un breaker 3p-500A regulable, 80KA
- Trabajos civiles.

5.4.1 Presupuesto

OBRAS ELECTRICAS y CIVILES PARA EL CAMBIO DE 1 TRANSFORMADOR 1F DE 50 KVA EXISTENTE POR 1T 1F DE 100 KVA EN LA FACULTAD DE ODONTOLOGIA									
ITEM	ACTIVIDAD / MATERIAL	UN	CANT	PRECIO MATERIAL	PRECIO MANO DE OBRA	PRECIO MAQU. Y EQUIPOS	SUBTOTAL	COSTOS INDIRECTOS TOTAL	PRECIO TOTAL
1	Cambio de transformador de 50 KVA existente por 1t 1f de 100 KVA existente	G	1	\$644,50	\$710,00	\$51,56	\$1.406,06	\$309,33	\$1.715,39
2	Acometida desde transformador, 1f 100 KVA hasta tablero TD-P existente. 2(2#3/0 AWG) + N# 300 MCM - T# 2 AWG Cu, 600V	G	1	\$673,57	\$355,00	\$53,89	\$1.082,45	\$238,14	\$1.320,59
3	Cambio de ubicación de tablero principal y tablero secundario	G	1	\$463,00	\$887,50	\$37,04	\$1.387,54	\$305,26	\$1.692,80
4	Cambio de breaker principal existente por 1 breaker 3p-500A regulable, 80 KA	UN	1	\$671,71	\$355,00	\$53,74	\$1.080,45	\$237,70	\$1.318,15
5	Trabajos civiles	G	1				\$620,00	\$136,40	\$756,40
PRECIOS TOTALES				\$2.452,78	\$2.307,50	\$196,22	\$5.576,50	\$1.226,83	\$6.803,33

Tabla 5.5. Presupuesto de cambio de transformador monofásico tipo distribución

5.4.2 Planos de mejoras propuesta

Para el desarrollo de la propuesta del Reemplazo del transformador de 50KVA del cuarto de transformación de Odontología por uno de 100KVA se han realizados dos planos que contienen todos los detalles necesarios, los cuales se enumeran a continuación:

Plano 4 Implantación existente de cuartos de transformación de Facultades de Medicina y Odontología.

Plano 4.1 Implantación y detalles de cuarto de transformador existente y propuesto de Odontología.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES:

- Terminado la revisión de las condiciones físicas de los cuartos de transformación se concluye que estos no presentan seguridad para el personal de mantenimiento, y demás personas que transitan cerca de estos porque las puertas están en libre acceso para el ingreso.
- Los espacios de los cuartos de transformación son reducidos, siendo una causa para posibles fallas humanas cuando se requiera de alguna operación.
- Luego de las inspecciones de los cuartos de transformación y tableros de distribución principal, verificar los datos de corrientes, voltajes mediante el analizador y pruebas de consumo adicionales con el amperímetro, se concluye que los equipos eléctricos están en riesgo de posibles averías por el exceso de carga.
- Se encuentra puntos calientes en los tableros de distribución principal, siendo esto un grave problema para la continuidad de energía, y posibles averías en los equipos eléctricos.
- Se ha ido desarrollando el sistema eléctrico de la facultad de medicina de manera desordenada, porque no están balanceadas las cargas, los breaker de los paneles están sueltos en unos casos y en otros no están señalizados.
- Falta el control de un plan de mantenimientos a los bancos de transformadores de la facultad, porque se encontró conductores que no estaban bien ajustados, esto es causa para la discontinuidad de energía.
- En el cuarto de transformación del edificio de laboratorios (nuevo) se encuentra un generador trifásico de emergencia de 125kVA, el cual

no está en funcionamiento, no realiza la función para la que fue diseñado.

Banco de transformador de Odontología (50KVA)

El cuarto del transformador cumple con las normas NATSIM, (normas que recomienda la empresa eléctrica) en lo que respecta a dimensiones, pero en su operación está funcionando a plena carga, razón por la que existen fugas de aceite, recalentamientos.

En el interior del cuarto existen cartones, pancartas, siendo esto una situación de riesgo para el personal de mantenimiento y también para las personas que usan este cuarto como bodega.

El tablero principal de distribución presenta puntos calientes, y conductores de aluminio conectados directamente a la entrada del breaker principal.

Banco de transformadores delta-abierto del edificio de ciencias médicas (antiguo) (100KVA-50KVA)

El cuarto de transformadores no cumplen con las normas NATSIM, (normas que recomienda la empresa eléctrica) poseen espacios muy reducidos. Los transformadores tienen excesos de temperatura por situaciones de carga y además no posee ventilación forzada.

El tablero principal de distribución se encuentra si las tapas de seguridad, justamente por problemas de espacio.

El ingreso al cuarto de transformación no es viable porque a la entrada se encuentra un congelador que dificulta la entrada, cuando se presentare una situación de emergencia.

Banco de transformadores trifásicos del edificio de laboratorios (nuevo) (500KVA tipos convencionales)

El cuarto del transformador cumple con las normas NATSIM, (normas que recomienda la empresa eléctrica) en lo que respecta a

dimensiones. Posee un recorrido de conductores de media y baja tensión de forma ordenada, relativamente el sistema es nuevo.

El tablero principal de distribución esta ordenado, en este cuarto hay ubicado un generador de 125kVA, junto con un tablero de transferencia, los cuales no tienen conexión alguna.

RECOMENDACIONES:

- Los bancos de transformadores presentan problemas en sus funcionamientos urgentes de solucionarlos, por tal razón se recomienda una nueva reubicación, satisfaciendo las necesidades de cargabilidad.
- Realizar un estudio correcto de condiciones civiles, eléctricas para el normal funcionamiento.

A continuación se detallan las recomendaciones realizadas en este proyecto de tesis:

Banco de transformador de Odontología (50KVA)

- Realizar el cambio de transformador de 50kVA por uno de 100KVA.
- Aumentar la sección de los conductores del secundario al doble de capacidad por las características del transformador de 100 KVA.
- El cuarto del transformador se debe ampliar de 1.2m a 2.5m para cumplir con las normas NATSIM.
- El tablero principal de distribución se reubicará en la parte externa del cuarto junto con un tablero secundario.
- La acometida queda igual en media tensión.
- Cambiar breaker principal por uno 3P-500A.

Banco de transformadores delta-abierto del Edificio de Ciencias Médicas (antiguo) (100KVA -50 KVA)

Cabe mencionar que en este edificio existe otra entrada de energía que va al anfiteatro a dos tableros principales de distribución, y vienen del poste #39 donde se encuentran ubicados dos transformadores monofásicos tipos convencionales de 50kVA respectivamente.

Entonces con esta referencia podemos recomendar que:

- Se debe reemplazar el banco delta -abierto y los transformadores ubicados en el poste#39 por un banco trifásico de 500kVA ubicado en la parte externa entre el edificio de laboratorios (nuevo) y el edificio de ciencias médicas (antiguo) a la altura del comedor.
- Se debe suministrar energía eléctrica al edificio de ciencias médicas con una sola fuente de poder, por la necesidad urgente de reubicar el cuarto y para establecer orden en todo el sistema eléctrico de baja tensión.
- Se instalará un nuevo tablero principal de distribución en el cuarto ya existente junto al bar en la parte externa, que va a controlar con breakers a cada piso de forma ordenada, incluyendo el subterráneo, el anfiteatro.

En las recomendaciones además se ha realizado un estudio detallado de tres alternativas de obtener energía trifásica y presupuestos, entregando diferentes opciones a los directivos de la universidad para su total ejecución:

Alternativa A:

Propuesta de banco trifásico de 500KVA tipo Padmounted. 13800/127-220V, estrella aterrizado-estrella (nuevo).

Alternativa B:

Propuesta de banco trifásico de 500kva tipo distribución 13800/127-220V, estrella aterrizado-estrella (nuevo)

Alternativa C:

Propuesta de banco trifásico de tres transformadores de 167kva tipo distribución, 13800/127-220V, estrella aterrizado-estrella (nuevo).

Los detalles de los precios de estas alternativas, como también de todo el sistema eléctrico, civil, traslado de acometida de media y baja tensión están detalladas en su totalidad en el capítulo v.

Banco de transformadores trifásicos del Edificio de Laboratorios (nuevo) (500KVA tipos convencionales)

La cargabilidad de este banco trifásico lo podemos observar en el capítulo iii, donde encontraremos que el banco está funcionando correctamente a un promedio de 30% de su capacidad, por tal razón no hay recomendaciones respecto a su función.

Respecto al estado del cuarto se recomienda solucionar problemas de humedad que existe en la pared para evitar la discontinuidad del servicio.

Además se debe realizar las conexiones del tablero de transferencia del generador al tablero de distribución principal .para tener energizados las áreas más sensibles de la Facultad de Medicina como se las describe a continuación:

- Laboratorio de enfermería
- Laboratorio de bio-química
- Anfiteatro
- Sala de cirugías
- Intervención odontológica

ANEXO A

**AUTORIZACION PARA REALIZAR MANTENIMIENTOS EN
LOS TRANSFORMADORES DE LA FACULTAD DE MEDICINA
DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE
GUAYAQUIL**



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTIAGO DE GUAYAQUIL - ECUADOR

UNIDAD DE MANTENIMIENTO
Teléfono: 2-206951
Ext.: 2711 - 2712

24 ENE 2014
11450
DIRECCIÓN ADMINISTRATIVA

UM-080-2014

DE: Arq. Carlos León S "COORD. INSTITUCIONAL ADMINISTRATIVO"
PARA: Ec. Pedro Martillo L. "DIRECTOR ADMINISTRATIVO"
ASUNTO: Personal autorizado para ingreso a la Universidad

FECHA: Enero-24-2014

Por medio de la presente, solicito Usted autorice el ingreso a la Universidad del siguiente personal quien tiene a cargo efectuar trabajos en cuarto de transformadores en Facultad de Medicina y Edificio Principal.

Edificio Principal-Cuarto de transformadores (Planta baja)

Fecha: Sábado 25-01-2014
Hora: 16:30

Facultad Medicina-Cuarto de transformadores (Edificio antiguo, Edificio nuevo y Odontología)

Fecha: Domingo 26-01-2014
Hora: 09:00

Responsable: Ing. Héctor Cedeño y su personal

Cabe indicar que el Sr. Héctor Ramírez estará a cargo de la supervisión de trabajos.

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente

Arq. Carlos León Serrano
Coord. Institucional Administrativo

Handwritten signature/initials

NOTAR EN
TRABAJO EL
(SABADO 1) Y DOMINGO 2
DE FEBRERO.-
HECTOR RAMIREZ
COORDINA LOS
TRABAJOS DE LAS
O.A.M.

24 ENE 2014

DIRECTOR ADMINISTRACION

PARA: *Arq. Carlos León Serrano*

ASUNTO: *Personal autorizado*

cc: *Ing. Héctor Cedeño*
Ar. Héctor Ramírez
ab. López J.A.

*Recibido
24/01/14*

*24/01/2014
15:52*

PEDRO MARTILLO L.
DIRECTOR ADMINISTRATIVO (E)

LR 01-2014

GUAYAQUIL 20 DE ENERO DEL 2014.



ARQ. CARLOS LEÓN S
COORDINADOR INSTITUCIONAL UCSG

REF. TESIS DE GRADO ANÁLISIS DE LOS TRANSFORMADORES DE LA FACULTAD DE MEDICINA Y PLAN DE MEJORAS.

POR EL PRESENTE INFORMO A USTED QUE DURANTE EL DÍA SÁBADO 18 DE ENERO SE REALIZARON LOS TRABAJOS QUE A CONTINUACIÓN SE DETALLAN Y QUE TIENEN RELACIÓN CON LA REFERENCIA DEL OFICIO.

FACULTAD DE MEDICINA (ODONTOLOGIA)
BANCO 50 KVA 13.200V/ 220-110V. (BANCO MONOFÁSICO)

TRABAJOS REALIZADOS:

- SE HIZO LA LIMPIEZA DEL ÁREA, Y DE LA ACOMETIDA AL TRANSFORMADOR.
- SE REALIZÓ EL AJUSTE DE LOS TERMINALES EN EL TRANSFORMADOR Y DE LA ACOMETIDA A LOS BUSHINGS DE ALTA TENSIÓN.
- SE INDUCE FLUJO DE AIRE EN LA PUERTA DE ENTRADA PARA EL CUARTO DEL TRANSFORMADOR.
- SE COLOCAN DOS ÁNGULOS DE 11/2 * 1/8 DE 60cm PARA BASES DE TRANSFORMADOR.
- SE REALIZA PRUEBAS EN ACEITE DIELECTRICO.

MUESTRAS:

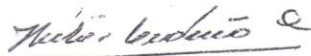
PRUEBA# 1: 38	PROMEDIO VALIDOS
PRUEBA# 1: 36	PRUEBA#2 AL 40% 14,4
PRUEBA# 1: 36	PRUEBA#3 AL 30% 10,8
PRUEBA# 1: 36	PRUEBA#4 AL 20% 7,2
PRUEBA# 1: 34	PRUEBA#4 AL 10% 3,4
POTENCIAL DIELECTRICO DE RUPTURA:	36 KV
PH:	6,2
TENSIÓN INTERFACIAL	32 dinas/cm
COLOR:	AMARILLO

- ENERGIZADO EL TRANSFORMADOR SE REGISTRO LOS VOLTAJES SUMINISTRADOS.

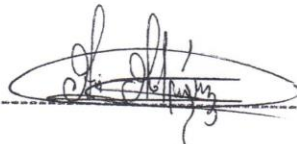
DE LAS MEDICIONES REGISTRADAS Y SU PRESENTACIÓN EXTERIOR AL TRANSFORMADOR SE DETERMINA UN ESTADO CONFIABLE DE FUNCIONAMIENTO HASTA SU PROXIMO MANTENIMIENTO ANUAL.

SIN OTRO PARTICULAR.

ATENTAMENTE,



ING. HECTOR CEDENO A.
Director de Tesis



LUIS RODRIGUEZ
Tesista

ANEXO B

**MANTENIMIENTO DEL BANCO DE TRANSFORMADORES
DELTA – ABIERTO 100KVA – 50KVA DEL EDIFICIO ANTIGUO
DE LA FACULTAD DE MEDCINA DE LA UNIVERSIDAD
CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**



LR 02-2014

GUAYAQUIL 23 DE ENERO DEL 2014.

ARQ. CARLOS LEÓN S
COORDINADOR INSTITUCIONAL UCSG

Universidad Católica de Santiago de Guayaquil
Dirección Administrativa

Arq. Carlos León Serrano
COORD. INSTITUCIONAL ADMINISTRATIVO

REF. TESIS DE GRADO ANÁLISIS DE LOS TRANSFORMADORES DE LA FACULTAD DE MEDICINA Y PLAN DE MEJORAS.

POR MEDIO DEL PRESENTE SOLICITAMOS SU AUTORIZACIÓN PARA PODER REALIZAR LOS TRABAJOS QUE A CONTINUACIÓN SE DESCRIBEN, ASÍ COMO LA DESIGNACIÓN DE UN SUPERVISOR, DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE LA UCSG, ESTOS TRABAJOS EN RELACIÓN A LA REFERENCIA DEBERÁN SER REALIZADOS EL DÍA DOMINGO 26 DE ENERO EN EL TIEMPO DE 10 HORAS,

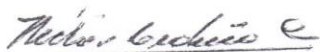
FACULTAD DE MEDICINA (EDIFICIO ANTIGUO)
BANCO: 100KVA, 50 KVA 13.200V/ 220-110V. (DELTA ABIERTO)

TRABAJOS POR REALIZAR:

- ABRIR DELTA PARA INDEPENDIZAR LAS CARGAS MONOFÁSICAS.
- LOCALIZACIÓN DE DOS BREAKERS TRIFÁSICOS INSTALADOS PARA CORREGIR A SISTEMA MONOFÁSICO.
- INSTALACIÓN DE PANEL DE BREAKERS MONOFÁSICOS, CUATRO BREAKERS DE 20A, 40A, Y DOS DE 50A, (2P), 220V, RESPECTIVAMENTE UBICADOS EN CUARTO EXTERIOR JUNTO AL EDIFICIO.
- CAMBIO DE BASES DE PANEL ELÉCTRICO TRIFÁSICO A MONOFÁSICO PARA SU RESPECTIVO CONTROL.
- DESMONTAJE DE BREAKER DE 200A, (2P) DE PANEL 1.
- CABLEADO PARA ALIMENTAR EL TRANSFORMADOR DE 50KVA, A BREAKER DE 200A, (2P), JUNTO AL PANEL 2.
- REALIZAR LIMPIEZA DEL ÁREA, Y DE LA ACOMETIDA AL TRANSFORMADOR.
- REALIZAR EL AJUSTE DE LOS TERMINALES EN LOS TRANSFORMADORES Y DE LA ACOMETIDA A LOS BUSHINGS DE ALTA TENSIÓN.
- SE INDUCE FLUJO DE AIRE EN LA PUERTA DE ENTRADA PARA EL CUARTO DE TRANSFORMADORES.
- COLOCAR CUATRO ÁNGULOS DE 1 1/2 * 1/8 DE 60cm PARA BASES DE TRANSFORMADOR.
- ANÁLISIS DE PRUEBAS EN ACEITE DIELECTRICO.

SIN OTRO PARTICULAR.

ATENTAMENTE,



ING. HECTOR CEDENO A.
Director de Tesis



LUIS RODRIGUEZ
Tesista

ANEXO C

**MANTENIMIENTO DEL BANCO DE TRANSFORMADORES
TRISFASICOS DE 500KVA – 13.2KV / 240-120; EN EDIFICIO
NUEVO DE LA FACULTAD DE MEDICINA DE LA
UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**



LR 03-2014

GUAYAQUIL 23 DE ENERO DEL 2014.

ARQ. CARLOS LEÓN S
COORDINADOR INSTITUCIONAL UCSG

REF. TESIS DE GRADO ANÁLISIS DE LOS TRANSFORMADORES DE LA FACULTAD DE MEDICINA Y PLAN DE MEJORAS.

POR MEDIO DEL PRESENTE SOLICITAMOS SU AUTORIZACIÓN PARA PODER REALIZAR LOS TRABAJOS QUE A CONTINUACIÓN SE DESCRIBEN, ASÍ COMO LA DESIGNACIÓN DE UN SUPERVISOR, DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE LA UCSG, ESTOS TRABAJOS EN RELACIÓN A LA REFERENCIA DEBERÁN SER REALIZADOS EL DÍA DOMINGO 26 DE ENERO EN EL TIEMPO DE 8 HORAS,

FACULTAD DE MEDICINA (EDIFICIO NUEVO)
BANCO: 500KVA 13.200V/ 220V. (SISTEMA TRIFÁSICO)

TRABAJOS POR REALIZAR:

- LIMPIEZA DEL ÁREA, Y DE LA ACOMETIDA A LOS TRANSFORMADORES.
- REALIZAR EL AJUSTE DE LOS TERMINALES EN LOS TRANSFORMADORES Y DE LA ACOMETIDA A LOS BUSHINGS DE ALTA TENSIÓN.
- VER POSIBLE INDUCCIÓN DE FLUJO DE AIRE EN EL CUARTO DE TRANSFORMADORES.
- SE COLOCAN SEIS ÁNGULOS DE 11/2 * 1/8 DE 60cm PARA BASES DE TRANSFORMADORES.
- REALIZAR PRUEBAS EN ACEITE DIELECTRICO.
- AISLAR LOS CONECTORES EN LOS BUSHINGS POR SEGURIDAD.
- AJUSTAR LOS TERMINALES DE LOS PORTA FUSIBLES, UBICADOS DENTRO DEL CUARTO DE TRANSFORMADORES.
- ENERGIZADO LOS TRANSFORMADORES SE REGISTRAN LOS VOLTAJES SUMINISTRADOS.

SIN OTRO PARTICULAR.

ATENTAMENTE,



ING. HECTOR CEDENO A.
Director de Tesis



LUIS RODRIGUEZ
Tesista

LR 04-2014

GUAYAQUIL 04 DE FEBRERO DEL 2014

ARQ. CARLOS LEÓN S

COORDINADOR ADMINISTRATIVO INSTITUCIONAL UCSG

REF. TESIS DE GRADO ANÁLISIS DE LOS CUARTOS DE TRANSFORMADORES DE LA FACULTAD DE MEDICINA Y PLAN DE MEJORAS.

POR MEDIO DE LA PRESENTE INFORMAMOS A USTED QUE EL DÍA DOMINGO 2 DE FEBRERO EN EL HORARIO DE 08H30 A 15H30 CON AUTORIZACION PREVIA Y LA SUPERVISION DEL SR. HECTOR RAMIREZ, EN LA FACULTAD DE MEDICINA SE REALIZARON LOS SIGUIENTES TRABAJOS.

1) FACULTAD DE MEDICINA (ODONTOLOGÍA)

BANCO DE 50KVA 13.200V/220-110V. (BANCO MONOFÁSICO)

TRABAJOS REALIZADOS:

- EL TRANSFORMADOR PRESENTABA FUGA DE ACEITE EN UNO DE LOS TERMINALES DEL SECUNDARIO, SE SACA LA TAPA PARA TENER ACCESO AL INTERIOR PARA AJUSTAR TUERCAS DE LOS TERMINALES DEL SECUNDARIO



*Mano
07/02/14*

- SE PINTA TODO EL CUARTO DEL TRANSFORMADOR



- SE LIMPIA EL PISO DEL DERRAME DE ACEITE.
- EN EL PANEL DE DISTRIBUCIÓN EXISTE UNA CONEXIÓN DE LA ENTRADA DEL BREAKER PRINCIPAL DE 250A A UN BREAKER DE 50A ,ESTO ES CORREGIDO UBICANDO NUEVOS CONDUCTORES DE COBRE #4 DE ENTRADA AL BREAKER DE 50A A LAS BARRAS DE DISTRIBUCIÓN.



- P

RUEBA DE AISLAMIENTOS ENTRE BOBINAS Y RESPECTO A TIERRA.



2) FACULTAD DE MEDICINA (EDIFICIO ANTIGUO)

BANCO DE 100KVA-50KVA 13.200V/220-110V. (DELTA ABIERTO)

TRABAJOS REALIZADOS:

- DESCONEXIÓN DE LAS DOS LÍNEAS DE MEDIA TENSIÓN.



- REAJUSTES DE TODOS LOS TERMINALES DEL PRIMARIO Y SECUNDARIO



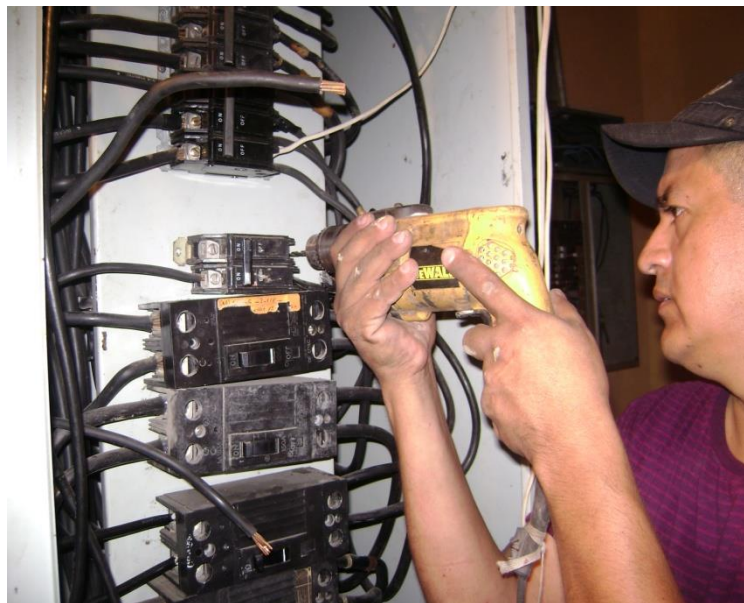
- PRUEBAS DE AISLAMIENTO ENTRE BOBINAS Y RESPECTO A TIERRA



- INSTALACIÓN DE BASES PARA LOS TRANSFORMADORES



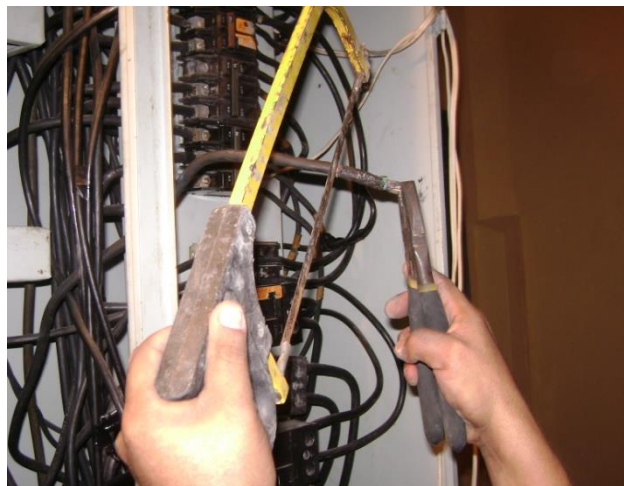
- MANTENIMIENTO DE PANEL PRINCIPAL DE DISTRIBUCIÓN



- MANTENIMIENTO DE PANEL SECUNDARIO UBICADO DENTRO DEL CUARTO DE TRANSFORMACIÓN



- CAMBIO DE HILO CONDUCTOR RECALENTADO POR TERMINAL FLOJO



- AJUSTE DE BREAKER DE 60A EN BASE DEL PANEL



- LIMPIEZA TOTAL DEL CUARTO DE TRANSFORMADORES
- PINTADO DEL CUARTO



- PINTADO BASE DE TABLERO PRINCIPAL
- RECONEXIÓN DE LÍNEAS DE MEDIA TENSIÓN



- MEDICIÓN DE VOLTAJES EN BAJA TENSIÓN

3) FACULTAD DE MEDICINA (EDIFICIO NUEVO)

BANCO DE 500KVA 13.200V/220V (SISTEMA TRIFÁSICO)

TRABAJOS REALIZADOS:

- DESCONEXIÓN DE LAS LÍNEAS DE MEDIA TENSIÓN.



- REAJUSTES DE TODOS LOS TERMINALES DEL PRIMARIO Y SECUNDARIO



- PRUEBAS DE AISLAMIENTO ENTRE BOBINAS Y RESPECTO A TIERRA



- INSTALACIÓN DE BASES PARA LOS TRANSFORMADORES



- MANTENIMIENTO DE PANEL PRINCIPAL DE DISTRIBUCIÓN



- LIMPIEZA TOTAL DEL CUARTO DE TRANSFORMADORES



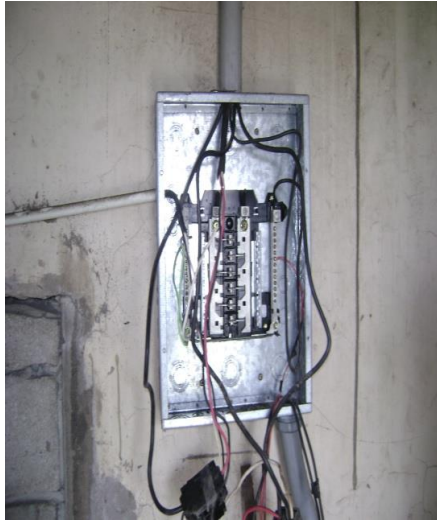
- RECONEXIÓN DE LÍNEAS DE MEDIA TENSIÓN
- MEDICIÓN DE VOLTAJES EN BAJA TENSIÓN



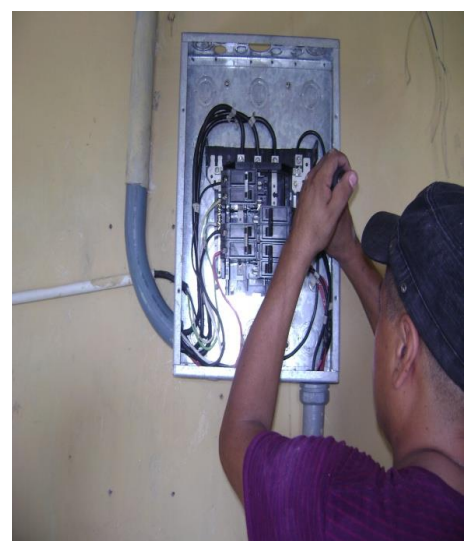
4) FACULTAD DE MEDICINA (EXTERIOR DEL COMEDOR)

TRABAJOS REALIZADOS:

- SE REEMPLAZA PANEL DE DISTRIBUCIÓN MONOFÁSICO, POR UNO TRIFÁSICO



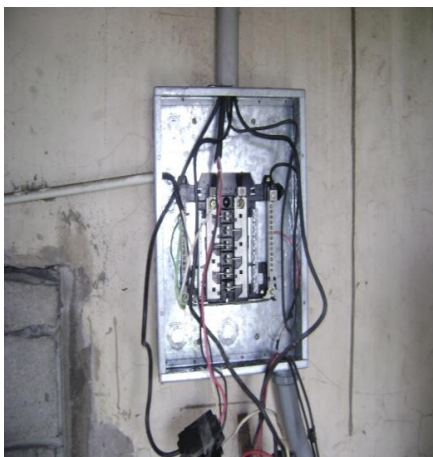
- SE REALIZA LAS RESPECTIVAS CONEXIONES PARA UNA CARGA EQUILIBRADA
- SE INSTALAN CUATRO BREAKERS NUEVOS (2 DE 50A ,1DE 40A , 1 DE 20A)



- LIMPIEZA TOTAL DEL CUARTO
- PINTADO DEL CUARTO



- EL TUBO DE PVC DE 2" QUE ENTRA AL PANEL SE ENCUENTRA ROTO, SE LLENA DE SILICÓN A FIN DE ELIMINAR LAS FILTRACIONES QUE LLEGAN AL PANEL.



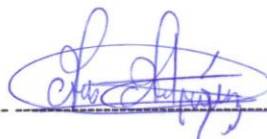
ES DE SENALAR QUE POR ASUNTOS TECNICOS DE BALANCEO DE CARGAS Y POR NO PERMITIRLO LAS NORMAS DE INSTALACIONES DE TRANSFORMADORES EN CUARTOS, LA DELTA ABIERTA UBICADA EN EL EDIFICIO ANTIGUO PERMANECE INALTERABLE, OPORTUNAMENTE EN EL DOCUMENTO DE LA REFERENCIA SE PRESENTARAN LAS ALTERNATIVAS DE MEJORAS.

SIN OTRO PARTICULAR.

ATENTAMENTE



ING. HECTOR CEDEÑO
DIRECTOR DE TESIS



LUIS RODRÍGUEZ
TESISTA



SR HECTOR RAMIREZ
POR UCSG
VTO.BNO.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Aldama, M. (2011). *Normas Electricas en el Cableado Estructurado*. Obtenido de http://www.simon.com/la/white_papers/08-10-17-normas-electricas.asp.
- [2] Carrasco, E. (2008). *Instalaciones eléctricas de baja tensión en edificios de viviendas*. Madrid: Tébar.
- [3] CPI Editors. (2009). *La Guia Completa sobre Instalaciones Electricas*. Mexico: CPI.
- [4] Empresa Publica de Medellín. (Enero de 2011). *Especificaciones electricas y Normas de 13.2 kV*. Recuperado el Enero de 2013, de https://www.epm.com.co/site/Portals/0/centro_de_documentos/proveedores_y_contratistas/normas_y_especificaciones/normas_aereas/grupo_2_Normas_de_13.2_kV/NormaRA2-027Final.pdf.
- [5] Gallo, M. (2011). *Tableros Electricos*. Recuperado el 7 de Enero de 2013, de http://www.conte.org.co/assets/evento_conte/files/memorias_del_evento/viernes/EINCE.pdf
- [6] INEN. (2001). *CÓDIGO DE PRACTICA ECUATORIANO CPE INEN 5:2001*. Obtenido de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.cpe.5.1.c12.2001.pdf>
- [7] Manzano, J. (2010). *MÁQUINAS ELÉCTRICAS*. Madrid: Paraninfo.
- [8] Norma Tecnica Colombiana. (Agosto de 2013). *CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO NORMA TECNICA COLOMBIANA 2050 NTC 2050*. Obtenido de [www.slideshare.net](http://www.slideshare.net/ALFMERA/ntc-2050-25118360): <http://www.slideshare.net/ALFMERA/ntc-2050-25118360>
- [9] Pulido, M. (2009). *Transformadores: Cálculo fácil de transformadores y autotransformadores*. Barcelona: Marcombo.
- [10] Sanz, J., & Toledano, J. (2007). *INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE ENLACE Y CENTROS DE TRANSFORMACIÓN*. Madrid: Paraninfo.
- [11] Viviana, C. (2011). *Instalación de una red*. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos82/instalacion-red/instalacion-red2.shtml>.
- [12] Wildi, T. (2007). *Máquinas eléctricas y sistemas de potencia*. Mexico: Pearson.

[13] A.J.Conejo, J.M.Arroyo, F.Milano, N.Alguacil, J.L.Polo, R. García Bertrand, J. Contreras, A. Clamagirand, L.Lopez, Instalaciones Eléctricas, España: McGraw-Hill, 2007, pp. 116-132.

[Otras fuentes:]

[14] http://www.fersva.com/gallery/index.php/Transformadores/Transformador_monofasico_poste.

[15] <http://www.diprelsa.com/producto/transformadores-autoprotegidos/>

[16] <http://www.unidadesdepropieda.com/pdf/2d/Secc2-Unid%20de%20Const/PDF%20TR/13.8KV/Materiales%20y%20graficos%20de%20traf%2013/TRT-1C%28%20%29R.pdf>.

[17] <http://www.energia.gob.ec>

[18] https://www.epm.com.co/site/Portals/0/centro_de_documentos/proveedores_y_contratistas/normas_y_especificaciones/normas_aereas/grupo_2_Normas_de_13.2_kV/RA2-026_003.pdf

[19] INEN, Código de Practica Ecuatoriano CPE INEN – 19:2001, Quito, INEN, 2001, pp 11.