

# UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI



## UNIDAD ACADEMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERIA ELECTRICA EN SISTEMAS ELECTRICOS DE  
POTENCIA

### TESIS DE GRADO

#### TEMA:

“ESTUDIO TECNICO PARA LA REPOTENCIACION DE LA  
SUBESTACION EN LA PLANTA DE PRODUCCION ADELCA C.A. A  
NIVEL DE 138 KV UBICADO EN EL SECTOR DE ALOAG  
PERTENECIENTE A LA PROVINCIA DE PICHINCHA, EN EL PERIODO  
2014”.

**TESIS PRESENTADA PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE  
INGENIERO ELECTRICO EN SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA**

#### Autores:

Oñate Guanochanga Pedro José

Changoluisa Gualotuña Wilmer Alexis

#### Director:

Ing. Medina Franklin

Latacunga - Ecuador

Noviembre 2014





## FORMULARIO DE LA APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi y por la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, l@s postulantes:

- OÑATE GUANOCHANGA PEDRO JOSE
- CHANGOLUISA GUALOTUÑA WILMER ALEXIS

Con la tesis, cuyo título es: **ESTUDIO TECNICO PARA LA REPOTENCIACION DE LA SUBESTACION EN LA PLANTA DE PRODUCCION ADELCA C.A. A NIVEL DE 138 KV UBICADO EN EL SECTOR DE ALOAG PERTENECIENTE A LA PROVINCIA DE PICHINCHA EN EL PERIODO 2014.**

Han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúnen los méritos suficientes para ser sometidos al **Acto de Defensa de Tesis** en la fecha y hora señalada.

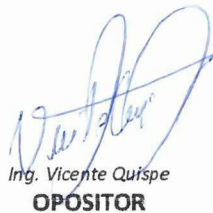
Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, a 12 de Noviembre del 2014

Para constancia firman:

  
Ing. Angel León  
**PRESIDENTE**

  
Dr. Marcelo Bautista  
**MIEMBRO**

  
Ing. Vicente Quispe  
**OPOSITOR**

  
Ing. Franklin Medina  
**TUTOR (DIRECTOR)**

Alóag, 18 de Noviembre de 2014

**CERTIFICADO DE AUTORIZACION**

El Departamento de Recursos Humanos y el departamento de Ingeniería Eléctrica de la Empresa Acería del Ecuador C.A., ADELCA, preocupada por el desarrollo del País y en busca de constante apoyo a la comunidad, autoriza a los estudiantes Pedro José Oñate Guanochanga, portador de la C.I: 172116081-8 y Wilmer Alexis Changoluisa Gualotuña, portador de la C.I: 1721177280-2 estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, de la Especialidad de Ingeniería Eléctrica en Sistemas Eléctricos de Potencia, para el desarrollo de la tesis cuyo tema es: “ESTUDIO TECNICO PARA LA REPOTENCIACION DE LA SUBESTACION EN LA PLANTA DE PRODUCCION ADELCA C.A. A NIVEL DE 138 KV UBICADO EN EL SECTOR DE ALOAG PERTENECIENTE A LA PROVINCIA DE PICHINCHA, EN EL PERIODO 2014”.

Atentamente,

ACERIA DEL ECUADOR C.A. ADELCA



.....  
DPTO. RECURSOS HUMANOS

Lcda. Daniela Acurio  
dacuriol@adelca.com  
RECURSOS HUMANOS  
ACERIA DEL ECUADOR C.A.



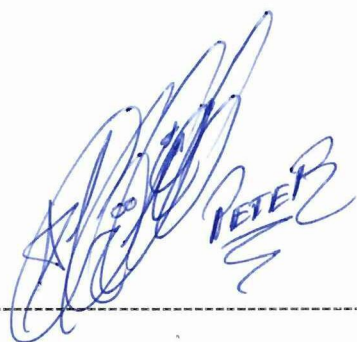
.....  
Acería del Ecuador C.A.  
**Adelca**

Ing. Miguel Bastidas  
mbastidasg@adelca.com  
JEFE DEPARTAMENTO ELECTRICO  
ACERIA DEL ECUADOR C.A.

## AUTORIA

Oñate Guanochanga Pedro José y Changoluisa Gualotuña Wilmer Alexis declaramos bajo juramento que el trabajo de investigación elaborado es de nuestra completa autoría; que no ha sido previamente presentado por ningún grado o calificación profesional, y que, hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo a la Universidad Técnica de Cotopaxi, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.



Oñate Guanochanga Pedro José

CI. 172116081-8



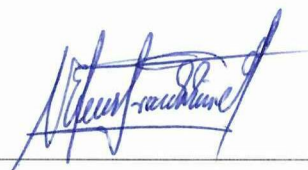
Changoluisa Gualotuña Wilmer Alexis

CI. 172177280-2

## CERTIFICACION DEL DIRECTOR DE TESIS

Cumpliendo con lo estipulado en el Capítulo V, Artículo 27. Literal h) del Reglamento de Graduación en el Nivel de Pregrado de la Universidad Técnica de Cotopaxi, es grato informar que los Señores Oñate Guanochanga Pedro José y Changoluisa Gualotuña Wilmer Alexis, desarrollaron su trabajo de investigación de grado bajo mi dirección, de acuerdo a los planteamientos formulados en el Proyecto de Tesis.

En virtud de lo antes expuesto, considero que está habilitado para presentarse al acto de Defensa de Tesis, cuyo tema es: “ESTUDIO TECNICO PARA LA REPOTENCIACION DE LA SUBESTACION EN LA PLANTA DE PRODUCCION ADELCA C.A. A NIVEL DE 138 KV UBICADO EN EL SECTOR DE ALOAG PERTENECIENTE A LA PROVINCIA DE PICHINCHA, EN EL PERIODO 2014”.



---

**Ing. Franklin Medina**  
**DIRECTOR DE TESIS**

Latacunga, Noviembre del 2014

## **AGRADECIMIENTO**

*El presente trabajo de tesis me gustaría agradecerles a mis padres Pedro Oñate y Rosa Guanochanga que me han apoyado a lo largo de mi carrera para poder llegar hasta donde he llegado, porque gracias a ellos pude culminar este sueño anhelado.*

*A la UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.*

*A mi director de tesis, Ing. Franklin Medina por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.*

*También me gustaría agradecer a todos los docentes durante toda mi carrera profesional porque todos han aportado con un granito de arena a mi formación.*

*Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por su apoyo incondicional en todo momento.*

**PETER**

## AGRADECIMIENTO

*Por la culminación de la tesis agradezco a mis padres y abuelitos, porque creyeron en mí y me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque en gran parte gracias a ellos, hoy puedo ver alcanzada una meta más, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera, y porque el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final.*

*A mi universidad y a todos los ingenieros, en especial a mi director de tesis el Ingeniero Franklin Medina, que me ayudaron con las inquietudes durante todo el desarrollo de la misma, y a la empresa que me brindo toda la información necesaria para hacer posible este proyecto y a las demás personas que de una u otra manera aportaron para el desarrollo de este proyecto de tesis.*

*Y gracias a todos los que nos brindaron su ayuda en este proyecto.*

**WILMER**

## **DEDICATORIA**

*La culminación de este proyecto de tesis está dedicada a mis padres Pedro y Rosa, pilares fundamentales en mi vida, que han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento de mi inteligencia y capacidad. Su tenacidad y lucha incansable han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir, no solo para mí, sino para mi hermano Jimmy a quien también le dedico este trabajo ya que más que mi hermano es como un hijo para mí. También dedico este proyecto a mis amigos quienes fueron un gran apoyo emocional a lo largo de mi carrera, y que con el paso del tiempo más que amigos se convirtieron en hermanos, y por último se la dedico a una persona muy especial e importante en mi vida, Jiss, representó una gran motivación y pilar fundamental en la culminación de esta tesis, es un ejemplo a seguir en todo momento, sentó en mi las bases de responsabilidad, perseverancia y deseos de superación, gracias a sus palabras de aliento que me ayudaron cuando más lo necesitaba, logrando que no decayera en los momentos más difíciles, le agradezco a la vida por tenerte a mi lado esperando poder contar contigo mucho tiempo más. A ellos dedico este proyecto, ya que sin ellos, no hubiese podido ser.*

**PETER**

## DEDICATORIA

*Esta tesis se la dedico al creador de todas las cosas, quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, gracias Dios.*

*Con todo mi cariño y mi amor para las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.*

*Papá Ángel*

*Mamá Anita*

*Abuelito Alfonso*

*Abuelita María*

*Tía Ligia*

*“La dicha de la vida consiste siempre en tener algo que hacer, alguien a quien amar y alguna cosa que esperar”*

**WILMER**

## INDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
FORMULARIO DE APROBACION DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	ii
AUTORIA.....	iii
CERTIFICACION DEL DIRECTOR DE TESIS .....	iv
CERTIFICACION DE LA EMPRESA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
DEDICATORIA .....	viii
DEDICATORIA .....	ix
INDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	x
INDICE DE GRAFICOS .....	xvii
INDICE DE TABLAS .....	xix
INDICE DE ECUACIONES .....	xxii
INDICE DE ANEXOS.....	xxiii
RESUMEN EJECUTIVO .....	xxvi
ABSTRACT .....	xxvii
AVAL DEL CENTRO DE IDIOMAS .....	xxviii
INTRODUCCION .....	xxix

## CAPITULO I

1.1.- ESTUDIO TECNICO .....	1
1.2.- REPOTENCIACION.....	1
1.2.1.- Cargas.....	2
1.2.2.- Potencia Eléctrica.....	3
1.2.2.1.- <i>Potencia Aparente</i> .....	6
1.2.2.2.- <i>Potencia Activa</i> .....	6
1.2.2.3.- <i>Potencia Reactiva</i> .....	7
1.2.3.- Energía .....	8
1.3.- PROTECCIONES ELECTRICAS .....	9
1.3.1.- Protecciones por Relés de Sobrecorriente .....	11
1.3.2.- Ajustes de los Relés de Sobrecorriente .....	11
1.4.- SUBESTACION ELECTRICA.....	13
1.4.1.- Elementos Constitutivos de una Subestación .....	14
1.4.1.1.- <i>Elementos Principales</i> .....	14
1.4.1.2.- <i>Elementos Secundarios</i> .....	15
1.4.2.- Distancias Mínimas de Seguridad .....	16
1.5.- TRANSFORMADOR.....	19
1.5.1.- Conexión de Transformadores .....	19
1.5.1.1.- Conexión Delta - Delta.....	19
1.5.1.2.- Conexión Delta - Estrella .....	20
1.5.1.3.- Conexión Estrella - Estrella.....	21
1.5.1.4.- Conexión Estrella - Delta .....	22
1.5.1.5.- Conexión Delta Abierta- Delta Abierta.....	22
1.5.2.- Transformador de Corriente .....	23
1.5.3.- Transformador de Potencial .....	24
1.6.- SECCIONADORES .....	25

1.7.- INTERRUPTORES .....	26
1.8.- DISYUNTORES.....	26
1.8.1.- Criterios Para Dimensionar un Disyuntor .....	27
1.9.- TABLEROS DE TRANSFERENCIA.....	28
1.10.- DEMANDA ELECTRICA.....	29
1.10.1.- Proyección de la Demanda Eléctrica.....	30
1.10.1.1.- Análisis Histórico de las Proyecciones de la Demanda.....	30
1.10.2.- Proyección de la Demanda de Energía Anual.....	31
1.10.2.1.- Metodología de Proyección de la Demanda de Energía Anual.....	31
1.10.2.2.- Proyección de la Demanda de Energía Total del Sistema.....	32
1.10.2.3.- Proyección de la Demanda de Energía por Empresas Distribuidoras.....	33
1.10.2.3.1.- Métodos Simples .....	33
1.10.2.3.2.- Modelos Econométricos .....	34
1.10.2.4.- Proyección de la Demanda de Energía de Consumidores No regulados y Grandes Demandas .....	35
1.10.2.5.- Proyección de la Demanda de Energía de Nuevas Cargas Especiales.....	35
1.10.2.6.- Proyección de la Demanda de Energía Mensual .....	36
1.10.2.7.- Proyección de la Demanda Máxima Mensual .....	37
1.10.2.8.- Proyección de la Demanda Máxima Coincidental Mensual .....	37
1.11.- MANEJO DE CARGAS FUTURAS .....	38
1.11.1.- Cargas Futuras Determinadas .....	38
1.11.2.- Ampliación de Cargas Determinadas.....	38
1.11.3.- Ampliación de Cargas Indeterminadas .....	38
1.12.- DESCRIPCION DEL SOFTWARE NEPLAN .....	39
1.12.1.- Introducción al Software .....	39
1.12.2.- Características Generales .....	40
1.12.3.- Módulos de Flujos de Potencia .....	40

1.12.3.1.- Características Generales del Módulo de Flujo de Potencia .....	41
1.13.- DESCRIPCION DEL SOFTWARE CYMTCC .....	41

## **CAPITULO II**

2.1.- ANTECEDENTES HISTORICOS DE ADELCA .....	43
2.2.- FILOSOFIA INSTITUCIONAL .....	45
2.2.1.- Misión .....	45
2.2.2.- Visión .....	45
2.3.- ANALISIS DE LA INFRAESTRUCTURA TECNOLOGICA DE ADELCA .....	46
2.3.1.- Recepción y Distribución de Chatarra .....	46
2.3.2.- Procesamiento de Chatarra .....	46
2.3.3.- Fundición en el Horno Eléctrico .....	46
2.3.4.- Afino del Acero en Horno Cuchara .....	47
2.3.5.- Laminación .....	47
2.3.6.- Trefilación (Laminado en frio).....	47
2.3.7.- Subestación .....	47
2.4.- ANALISIS DE RESULTADOS .....	48
2.5.- ANALISIS, RESULTADOS Y COMPROBACION DE LA HIPOTESIS .....	49
2.5.1.- Análisis e interpretación de los resultados de las encuestas realizadas a los empleados pertenecientes al departamento eléctrico del área de fundición de chatarra de la planta de producción ADELCA C.A .....	49
2.5.2.-Comprobacion de la Hipótesis .....	59
2.5.2.1.- Nivel de Significación .....	59
2.5.2.2.- Argumentación .....	60

2.5.2.2.1.- Estadístico de Prueba .....	60
2.5.2.2.2.- Resolución de la Formula .....	62
2.5.2.2.3.- Regla de Decisión .....	64
2.5.3.-Decision .....	66
2.6.- FLUJOS DE CARGA Y CORTOCIRCUITO .....	66
2.6.1.- Antecedentes .....	66
2.6.1.1.- Generación .....	67
2.6.1.2.- Transformadores .....	68
2.6.1.3.- Cables subterráneos de medio voltaje (23 kV, tipo XLPE (polietileno reticulado)) .....	69
2.6.1.4.- Cargas Consideradas .....	71
2.6.2.- CASO 1.- Condición Inicial .....	71
2.6.3.- CASO 2.- Sistema con Planta Shredder y Carga en Chatarra .....	72
2.6.4.- CASO 3.- Sistema con Nuevo Transformador de 50MVA .....	73
2.6.5.- CASO 4.- Sistema con la Proyección de la Demanda .....	73

### **CAPITULO III**

3.1.- DESARROLLO DE LA PROPUESTA .....	75
3.1.1.-Tema .....	75
3.1.2.- Presentación de la Propuesta .....	75
3.1.3.- Justificación de la Propuesta .....	77
3.2.-OBJETIVOS .....	78
3.2.1.- Objetivo General .....	78
3.2.2.- Objetivo Especifico .....	78
3.3.- ANALISIS DE FACTIBILIDAD .....	79
3.3.1.- Factibilidad Técnica .....	79
3.3.2.- Factibilidad Económica .....	80
3.3.2.- Factibilidad Operativa .....	81

3.4.- REDISEÑO DE LA SUBESTACION MEDIANTE LA ELABORACION DE PLANOS DEL SISTEMA ELECTRICO Y DE CONTROL .....	82
3.4.1.- Rediseño de la Subestación en la Planta de Producción ADELCA .....	82
3.4.2.- Planos Eléctricos y de Control del Transformador de Potencia de la Subestación al Tablero de Transferencia .....	83
3.5.- DEMANDA .....	84
3.5.1.- Demanda de Energía Eléctrica de ADELCA .....	84
3.5.2.- Evolución Histórica de la Demanda Eléctrica de ADELCA .....	85
3.6.- INFORMACION DETALLADA DE LA PROYECCION DE LA DEMANDA EN BASE A LA EXPANSION DE LA PLANTA DE PRODUCCION ADELCA.....	87
3.6.1.- Nuevas Demandas .....	88
3.7.- ANALISIS DE FLUJOS DE CARGA .....	95
3.7.1.- Máxima Carga en ADELCA .....	96
3.7.2.- Mínima Carga en ADELCA .....	98
3.7.3.- Corridas de Flujo con Contingencia en la Planta .....	99
3.8.- ANALISIS DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO.....	104
3.8.1.- Simulación del Cortocircuito .....	104
3.8.2.- Resultados de la Simulación de Cortocircuito que Alimentan a los Hornos EAF y LF en Condiciones de Carga Inicial .....	106
3.8.3.- Resultados de la Simulación de Cortocircuito en Carga Proyectada	108
3.9.- SISTEMAS DE PROTECCIONES .....	112
3.9.1.- Situación Actual de los Sistemas de Protecciones .....	112
3.9.2.- Selección de Protecciones Propuesto .....	114
3.9.3.- Criterios de Protección de Sobrecorriente para Fallas entre Fases y Tierra .....	115
3.9.4.- Cálculo del TC para los Transformadores .....	116
3.9.5.- Coordinación de Protecciones .....	118
3.10.- CONCLUSIONES .....	125

3.10.- RECOMENDACIONES.....	128
3.11.- GLOSARIO DE TERMINOS BASICOS.....	130
3.12.- BIBLIOGRAFIA .....	133
3.12.1.- Bibliografía Textual .....	133
3.12.1.1.- Bibliografía Textual Citada .....	133
3.12.1.2.- Bibliografía Textual Consultada.....	134
3.12.2.- Bibliografía Virtual .....	135
3.13.- ANEXOS .....	137

## INDICE DE GRAFICOS

GRAFICO N°1.1.- POTENCIA APARENTE .....	6
GRAFICO N°1.2.- POTENCIA ACTIVA .....	7
GRAFICO N°1.3.- POTENCIA REACTIVA .....	8
GRAFICO N°1.4.- COMPONENTES DE UN SISTEMA DE PROTECCION..	10
GRAFICO N°1.5.- CONSTANTES DE LA NORMA IEC PARA RELES DE SOBRECORRIENTE .....	12
GRAFICO N°1.6.- ZONA DE SEGURIDAD.....	17
GRAFICO N°1.7.- ZONA DE SEGURIDAD PARA TRABAJOS SOBRE EQUIPOS O SOBRE CONDUCTORES .....	18
GRAFICO N°1.8.- CONEXION DELTA – DELTA .....	20
GRAFICO N°1.9.- CONEXION DELTA – ESTRELLA .....	21
GRAFICO N°1.10.- CONEXION ESTRELLA – ESTRELLA .....	21
GRAFICO N°1.11.- CONEXION DELTA ABIERTA – DELTA ABIERTA.....	22
GRAFICO N°1.12.- TRANSFORMADOR DE CORRIENTE.....	23
GRAFICO N°1.13.- TRANSFORMADOR DE POTENCIAL .....	24
GRAFICO N°1.14.- TABLEROS DE TRANSFERENCIAS .....	29
GRAFICO N°2.1.- ANALISIS Y RESULTADOS PREGUNA N° 1 .....	50
GRAFICO N°2.2.- ANALISIS Y RESULTADOS PREGUNA N° 2.....	51
GRAFICO N°2.3.- ANALISIS Y RESULTADOS PREGUNA N° 3.....	52
GRAFICO N°2.4.- ANALISIS Y RESULTADOS PREGUNA N° 4.....	53
GRAFICO N°2.5.- ANALISIS Y RESULTADOS PREGUNA N° 5.....	54
GRAFICO N°2.6.- ANALISIS Y RESULTADOS PREGUNA N° 6.....	55
GRAFICO N°2.7.- ANALISIS Y RESULTADOS PREGUNA N° 7.....	56
GRAFICO N°2.8.- ANALISIS Y RESULTADOS PREGUNA N° 8.....	57

GRAFICO N°2.9.- ANALISIS Y RESULTADOS PREGUNA N° 9.....	58
GRAFICO N°3.1.- DEMANDA DE ADELCA PERIODO 2008 - 2014.....	85
GRAFICO N°3.2.- REGRESION LINEAL PERIODO 2008 - 2014.....	86
GRAFICO N°3.3.- ANALISIS DE COEFICIENTE DE CORRELACION ENTRE DOS VARIABLES .....	87
GRAFICO N°3.4.- DEMANDA PROYECTADA HASTA EL 2020.....	94
GRAFICO N°3.5.- REGRESION LINEAL PERIODO 2015 - 2020.....	95
GRAFICO N°3.6.- DIAGRAMA UNIFILAR DEL CIRCUITO DE HORNOS EAF Y LF.....	105
GRAFICO N°3.7.- DIAGRAMA UNIFILAR DE PROTECCIONES DEL CIRCUITO HORNO EAF .....	119
GRAFICO N°3.8.- DIAGRAMA UNIFILAR DE PROTECCIONES DEL CIRCUITO HORNO LF .....	120

## INDICE DE TABLAS

TABLA N°1.1.- VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA REPOTENCIACION .....	2
TABLA N°1.2.- CONSTANTES DE LA NORMA IEC PARA RELES DE SOBRECORRIENTE .....	12
TABLA N°2.1.- ANALISIS Y RESULTADOS PREGUNA N° 1 .....	50
TABLA N°2.2.- ANALISIS Y RESULTADOS PREGUNA N° 2 .....	51
TABLA N°2.3.- ANALISIS Y RESULTADOS PREGUNA N° 3 .....	52
TABLA N°2.4.- ANALISIS Y RESULTADOS PREGUNA N° 4 .....	53
TABLA N°2.5.- ANALISIS Y RESULTADOS PREGUNA N° 5 .....	54
TABLA N°2.6.- ANALISIS Y RESULTADOS PREGUNA N° 6 .....	55
TABLA N°2.7.- ANALISIS Y RESULTADOS PREGUNA N° 7 .....	56
TABLA N°2.8.- ANALISIS Y RESULTADOS PREGUNA N° 8 .....	57
TABLA N°2.9.- ANALISIS Y RESULTADOS PREGUNA N° 9 .....	58
TABLA N°2.10.- DATOS DE LA ENCUESTA OBSERVADA .....	60
TABLA N°2.11.- RESULTADOS DE LA FRECUENCIA ESPERADA .....	61
TABLA N°2.12.- CALCULO DEL CHI-CUADRADO .....	62
TABLA N°2.13.- DISTRIBUCION CHI-CUADRADO .....	65
TABLA N°2.14.- EQUIVALENTE DEL S.N.I .....	68
TABLA N°2.15.- TRANSFORMADORES DEL SERVICIO ELECTRICO DE ADELCA .....	68
TABLA N°2.16.- CALIBRE Y LONGITUD DE CABLE SUBTERRANEOS POR TRAMOS .....	70
TABLA N°2.17.- PARAMETROS DE LOS CABLES SUBTERRANEOS ( $\Omega$ /KM) .....	71
TABLA N°2.18.- DEMANDA EN CONDICION INICIAL .....	72

TABLA N°2.19.- SISTEMA CON PLANTA SHREDDER Y CARGA EN CHATARRA .....	72
TABLA N°2.20.- SISTEMA CON NUEVO TRANSFORMADOR 50 MVA.....	73
TABLA N°2.21.- CALIBRE Y LONGITUD DE CABLE SUBTERRANEOS POR TRAMOS DE LOS TABAJOS PROYECTADOS.....	74
TABLA N°2.22.- SISTEMA CON LA PROYECCION DE LA DEMANDA.....	74
TABLA N°3.1.- DEMANDA MENSUAL PERIODO 2008-2014 (KW).....	86
TABLA N°3.2.- PROYECTO SHREDDER .....	89
TABLA N°3.3.- SERVICIOS PROYECTO SHREDDER .....	90
TABLA N°3.4.- SERVICIOS PLANTA OXIGENO .....	90
TABLA N°3.5.- PROYECTO INDURA.....	91
TABLA N°3.6.- SERVICIOS DE ACERIA ADELCA .....	91
TABLA N°3.7.- PROYECTO COLADA CONTINUA.....	92
TABLA N°3.8.- RESUMEN DE LA DEMANDA TOTAL PROYECTADA .....	92
TABLA N°3.9.- DEMANDA PROYECTADA HASTA EL AÑO 2020 .....	93
TABLA N°3.10.- DEMANDA PROMEDIO PERIODO 2008 – 2014 (KW).....	93
TABLA N°3.11.- PROYECCION DE LA DEMANDA ACTUAL INCORPORANDO LAS NUEVAS DEMANDAS .....	93
TABLA N°3.12.- RESUMEN DE FLUJOS PARA CARGA MAXIMA .....	97
TABLA N°3.13.- VOLTAJE EN LAS BARRAS PARA MAXIMA CARGA ....	97
TABLA N°3.14.- RESUMEN DE FLUJOS PARA MNIMA CARGA .....	98
TABLA N°3.15.- VOLTAJE EN LAS BARRAS PARA MINIMA CARGA ....	99
TABLA N°3.16.- RESULTADOS DE FLUJOS PARA CONTINGENCIAS....	100
TABLA N°3.17.- NIVELES DE VOLTAJE PARA CONTINGENCIAS.....	100
TABLA N°3.18.- PERDIDAS EN EL SISTEMA ACTUAL .....	101
TABLA N°3.19.- CARGABILIDAD EN EL SISTEMA ACTUAL MAXIMA CARGA.....	102

TABLA N°3.20.- CARGABILIDAD EN EL SISTEMA ACTUAL MINIMA CARGA.....	102
TABLA N°3.21.- CARGABILIDAD EN EL SISTEMA PROYECTADO .....	103
TABLA N°3.22.- PERDIDAS EN EL SITEMA PROYECTADO .....	103
TABLA N°3.23.- CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO TRIFASICO MAXIMO EN NODOS DE CARGA DE LOS HORNOS EAF y LF.....	106
TABLA N°3.24.- CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO TRIFASICO MINIMO EN NODOS DE CARGA DE LOS HORNOS EAF y LF .....	107
TABLA N°3.25.- CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO MONOFASICO MAXIMO .....	107
TABLA N°3.26.- CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO MONOFASICO MINIMO .....	108
TABLA N°3.27.- CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO TRIFASICO MAXIMO EN NODOS DE CARGA DE LOS PROYECTOS A FUTURO .....	109
TABLA N°3.28.- CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO TRIFASICO MINIMO EN NODOS DE CARGA DE LOS PROYECTOS A FUTURO .....	110
TABLA N°3.29.- CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO MONOFASICO MAXIMO EN LOS PROYECTOS A FUTURO .....	110
TABLA N°3.30.- CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO MONOFASICO MINIMO EN LOS PROYECTOS A FUTURO .....	111
TABLA N°3.31.- AJUSTE DE PROTECCIONES DE SOBRECORRIENTE DE CIRCUITO HORNO EAF .....	112
TABLA N°3.32.- AJUSTE DE PROTECCIONES DE SOBRECORRIENTE DE CIRCUITO HORNOS LF .....	113
TABLA N°3.33.- AJUSTE DE PROTECCIONES DE SOBRECORRIENTE DEL HORNO EAF .....	121
TABLA N°3.34.- AJUSTE DE PROTECCIONES DE SOBRECORRIENTE DEL HORNO LF .....	123

## INDICE DE ECUACIONES

ECUACION 1.1 .....	4
ECUACION 1.2 .....	4
ECUACION 1.3 .....	4
ECUACION 1.4 .....	5
ECUACION 1.5 .....	5
ECUACION 1.6 .....	5
ECUACION 1.7 .....	5
ECUACION 1.8 .....	7
ECUACION 1.9 .....	8
ECUACION 1.10 .....	9
ECUACION 1.11 .....	33
ECUACION 1.12 .....	34
ECUACION 1.13 .....	36
ECUACION 1.14 .....	36
ECUACION 1.15 .....	37
ECUACION 1.16 .....	37
ECUACION 2.1 .....	61
ECUACION 2.2 .....	62
ECUACION 2.3 .....	64

## INDICE DE ANEXOS

Encuesta .....	ANEXO 1
Ficha de Observación.....	ANEXO 2
Proceso de Manufacturación de ADELCA.....	ANEXO 3
Plano Eléctrico de la Alimentación 440 Vac .....	ANEXO 4
Plano Eléctrico de la Alimentación 230 Vac Ventilador – Celda – Auxiliar .....	ANEXO 5
Plano Eléctrico Señal al PLC .....	ANEXO 6
Plano Eléctrico de la Alimentación Celda 110 Vdc .....	ANEXO 7
Plano Eléctrico Iluminación del Panel .....	ANEXO 8
Plano Eléctrico de la Medición de Voltaje y Corriente Media Tensión ...	ANEXO 9
Plano Eléctrico de la Medición de Corriente Transformador Nuevo .....	ANEXO 10
Plano Eléctrico Analizador de Relé Transformador Nuevo.....	ANEXO 11
Plano Eléctrico Relé de Corriente Transformador Nuevo .....	ANEXO 12
Plano Eléctrico Final de Carrera Seccionador, Interruptor del Transformador Nuevo .....	ANEXO 13
Plano Eléctrico Contacto Seccionador – Interruptor del Transformador Nuevo .....	ANEXO 14
Plano Eléctrico Alarma del Transformador Nuevo.....	ANEXO 15
Plano Eléctrico Condición de Apertura Interruptor 152 Transformador Nuevo .....	ANEXO 16
Plano Eléctrico de la Alimentación 110 Vdc .....	ANEXO 17
Plano Eléctrico PLC E01 .....	ANEXO 18
Plano Eléctrico PLC E02 .....	ANEXO 19

Plano Eléctrico PLC E03 .....	ANEXO 20
Plano Eléctrico PLC E04 .....	ANEXO 21
Plano Eléctrico PLC E05 .....	ANEXO 22
Plano Eléctrico PLC E06 .....	ANEXO 23
Plano Eléctrico PLC E07 .....	ANEXO 24
Plano Eléctrico PLC E08 .....	ANEXO 25
Plano Eléctrico Apertura Cierre Interruptor 152 Transformador Nuevo .....	ANEXO 26
Plano Eléctrico Conexión Contactos Alarmas .....	ANEXO 27
Simulación de Flujos para Máxima Carga en ADELCA .....	ANEXO 28
Simulación de Flujos para Máxima Carga Proyectada en ADELCA .....	ANEXO 29
Simulación de Flujos para Mínima Carga en ADELCA.....	ANEXO 30
Simulación de Flujos para Mínima Carga Proyectada en ADELCA.....	ANEXO 31
Simulación de Flujos con Contingencia en ADELCA.....	ANEXO 32
Simulación de Cortocircuito en ADELCA .....	ANEXO 33
Simulación de Cortocircuito Proyectado en ADELCA .....	ANEXO 34
Protección de Fase (51F) a 23kV para el Horno EAF .....	ANEXO 35
Protección de Fase (51F) a 138kV para el Horno EAF .....	ANEXO 36
Protección de Falla a Tierra (51N) a 23kV para el Horno EAF.....	ANEXO 37
Protección de Falla a Tierra (51N) a 138kV para el Horno EAF .....	ANEXO 38
Protección de Fase (51F) a 23kV para el Horno LF .....	ANEXO 39
Protección de Fase (51F) a 138kV para el Horno LF .....	ANEXO 40
Protección de Falla a Tierra (51N) a 23kV para el Horno LF .....	ANEXO 41
Protección de Falla a Tierra (51N) a 138kV para el Horno LF .....	ANEXO 42
Comunicado de Confidencialidad de ADELCA C.A .....	ANEXO 43
Diagrama Actual de la Subestación de ADELCA .....	ANEXO 44

Diagrama Rediseñado de la Subestación de ADELCA .....ANEXO 45

Diagrama Unifilar Actual del Área de Fundición de Chatarra .....ANEXO 46

Diagrama Unifilar Rediseñado del Área de Fundición de Chatarra .....ANEXO 47

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo investigativo se elaboró con el propósito de describir las causas, efectos y soluciones del incremento de producción, expansión de la planta y renovación de maquinarias, por lo que se realizó el estudio para la repotenciación de los transformadores de potencia de ADELCA C.A. ubicada en el sector de Alóag, provincia de Pichincha.

El estudio se inició con la proyección de la demanda eléctrica, para lo cual se consideró la demanda histórica de la acería desde sus inicios, teniendo como referencia las potencias de los distintos departamentos del área de fundición de chatarra, con este antecedente se realizarán algunos proyectos hasta el año 2020 conociendo la demanda que el área de fundición de chatarra consume, se logró obtener un dato real de la demanda de cada sección de esta área, puesto que los proyectos a realizarse son réplicas de trabajos realizados, con estos datos se efectuó el cálculo de la proyección de la demanda en base a datos reales facilitados por la empresa.

Una vez concebida la proyección de la demanda eléctrica se consiguió estabilizar cada una de las cargas que se van a instalar en las diferentes áreas de fundición de chatarra, esto se lo logró mediante un análisis en base a la simulación de corrida de flujos de carga y cortocircuitos para las conexiones del nuevo transformador, mediante el software NEPLAN y la calibración de las protecciones utilizando el software CYMTCC; se rediseño la subestación, ubicando los nuevos equipos, empleando las respectivas normas de seguridad en base al espacio físico limitante que posee la subestación; como consecuencia de la adquisición de un nuevo transformador, se realizó el diseño del sistema eléctrico y control para dicho transformador y la elaboración de planos eléctricos.

## ABSTRACT

The present research work was developed with the purpose of describing the causes, effects and solutions of increasing of the production, manufactured expansion and renovation of machinery, so that the study for the repowering of power transformers of ADELCA CA located in the area of Alóag, Province of Pichincha was made.

The study began with the projection of electrical demand, for which the historical demand of the mill was considered, taking as reference the powers of the different departments of the scrap melting area, with this antecedent will be made some projects until 2020 will know the demand that area melting of scrap consumed, to get a real data of demand of each section of this area was achieved, since the projects to be implemented are replicas of works done, once these data were obtained the calculating of the projected demand based on real data provided by the company was made.

Once conceived the projection of electrical demand was achieved to stabilize each one of the loads that will be installed in different areas of melting scrap, this was achieved through an analysis based on the simulation run load flows and short-circuit to the connections of new transformer, through software NEPLAN and the calibration of the protections using software CYMTCC; the substation was redesigned, placing new equipment, using the respective safety standards based on limiting physical space that has the substation; as consequence of the acquisition of a new transformer, the design of the electrical and control system was made for at transformer and the development of electrical drawings.

## **AVAL DEL CENTRO DE IDIOMAS**

En calidad de Docente del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica De Cotopaxi, yo Msc. Erika Cecilia Borja con la C.I. 050216109-4 CERTIFICO que he realizado la respectiva revisión del Abstract; con el tema: “ESTUDIO TECNICO PARA LA REPOTENCIACION DE LA SUBESTACION EN LA PLANTA DE PRODUCCION ADELCA C.A. A NIVEL DE 138 KV UBICADO EN EL SECTOR DE ALOAG PERTENECIENTE A LA PROVINCIA DE PICHINCHA, EN EL PERIODO 2014” cuyos autores son: Oñate Guanochanga Pedro José y Changoluisa Gualotuña Wilmer Alexis y director de tesis Ing. Franklin Medina

Latacunga, Noviembre del 2014

Docente:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Erika Borja', is written over a horizontal dashed line.

Msc. Erika Borja

C.I. 050216109-4

## INTRODUCCION

El presente estudio está orientado y desarrollado para la repotenciación de la subestación de la planta de producción ADELCA.C.A., y se analizan los siguientes aspectos: proyección de la demanda, simulación de flujos de potencia en condiciones actuales y proyectadas, determinación de corrientes de cortocircuito, coordinación de protecciones eléctricas, rediseño de la subestación en base al espacio físico limitante y finalmente la elaboración de planos eléctricos y de control del nuevo transformador hacia los tableros de transferencia.

La investigación consta de tres capítulos:

El Primer Capítulo contiene el MARCO TEÓRICO que describe de manera general, la teoría para desarrollar la investigación, enunciando los conceptos básicos relacionados con la proyección de la demanda, estudio de coordinación y ajuste de protecciones, flujos de carga y cortocircuitos, información del software a utilizar entre otros.

En el Segundo Capítulo se encuentra la METODOLOGÍA del trabajo de investigación, considerando una investigación de campo, in situ con investigación documental, descriptiva y proyectiva, con la que se analiza y evalúa las condiciones actuales de la subestación de ADELCA.C.A.

En el Tercer Capítulo se presenta la PROPUESTA alcanzada para estabilizar cada una de las cargas mediante los flujos de potencia y la coordinación de protecciones de los transformadores, en esta se planteará la reconfiguración idónea para el correcto funcionamiento de la planta una vez instalado el nuevo transformador.

Por último se presentan conclusiones y recomendaciones sugeridas en el desarrollo de la investigación.

# CAPITULO I

## 1.1.- ESTUDIO TECNICO

**ROSALES; (Capítulo del Estudio Técnico; pág. 3. 2005)** Menciona que: “Un estudio técnico permite proponer y analizar las diferentes opciones tecnológicas para producir los bienes o servicios que se requieren, lo que además admite verificar la factibilidad técnica de cada una de ellas. Este análisis identifica los equipos, la maquinaria, la materia prima y las instalaciones necesarias para el proyecto, los costos de inversión y de operación requeridos, así como el capital de trabajo que se necesita. El estudio técnico es aquel que presenta la determinación del tamaño y localización óptima de la planta, ingeniería del proyecto y análisis organizativo, administrativo y legal.”

## 1.2.- REPOTENCIACION

**ANTONIO VALERO; (Repotenciación de Centrales Termoeléctricas; pág. 20. 2008)** Menciona que: “La repotenciación consiste en incorporar potencia a la planta mediante modificaciones razonables para así:

- Aumentar la potencia eléctrica de la planta
- Aumentar la eficiencia energética de la planta



Todo ello con el fin de recuperar la vida útil de los componentes de un equipo y por consecuencia la prolongación de grandes beneficios a su propietario. Si se toman en cuenta los conceptos de costo + beneficio, la repotenciación de la subestación juega un papel preponderante en la producción de la empresa.”

**TABLA N° 1.1**  
**VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA REPOTENCIACION**

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Aumento de la vida útil de los equipos eléctricos y electrónicos	Inversión elevada
Ofrece un mayor aumento de rendimiento	Suspensión de la producción mientras se realiza el cambio de equipos en la subestación
Ofrece un mayor aumento de potencia	

**ELABORADO: Investigadores**

En conclusión la repotenciación es el incremento de la capacidad efectiva de una unidad generadora existente.

### 1.2.1.- Cargas

**VAN VALKENBURGH, NOOGER & NEVILLE; (Electricidad Básica; pág. 36. 2009)** Afirma que: “La carga es la propiedad intrínseca de los electrones y protones, se manifiesta con un exceso o déficit de electrones con respecto a los protones. Los cuerpos pueden cargarse positiva o negativamente dependiendo de si ganan o pierden electrones, es decir, si un cuerpo balanceado gana electrones se carga positivamente y si los pierde se carga negativamente.”

Todos los átomos se encuentran unidos entre sí por fuerzas poderosas de atracción entre el núcleo y sus electrones. Sin embargo, los electrones de las órbitas exteriores de un átomo, son atraídos hacia su núcleo más débilmente que los electrones cuyas órbitas están más cerca del núcleo.

En ciertos materiales (se les conoce como conductores eléctricos), estos electrones exteriores están tan débilmente unidos al núcleo, que pueden ser expulsados todos ellos con facilidad y dejarlos vagar dispersos entre otros átomos. A dichos electrones se les llama electrones libres.

El movimiento dirigido de los electrones libres es lo que produce una corriente eléctrica. Los electrones que han sido expulsados de sus órbitas crean un déficit de éstos en los átomos que abandonan y producirán un exceso de electrones en la zona a la que se han trasladado. Un material con un déficit de electrones está cargado positivamente: otro que posee un exceso de electrones está cargado negativamente.

### **1.2.2.- Potencia Eléctrica**

**RICARDO ANTONIO MARTIN BARRIO; (Guía Práctica de Electricidad y Electrónica, pág.15. 1995)** Señala que: “La potencia eléctrica se define como la cantidad de trabajo realizado por una corriente eléctrica.”

- ***Potencia en corriente continua***

Cuando se trata de corriente continua (DC) la potencia eléctrica desarrollada en un cierto instante por un dispositivo de dos terminales es el producto de la diferencia

de potencial entre dichos terminales y la intensidad de corriente que pasa a través del dispositivo. Esto es:

$$P = V \cdot I$$

Ec. 1.1

**Dónde:**

**I:** es el valor instantáneo de la corriente.

**V:** es el valor instantáneo del voltaje.

Si I se expresa en amperios y V en voltios, P estará expresada en vatios.

Igual definición se aplica cuando se consideran valores promedio para I, V y P.

Cuando el dispositivo es una resistencia de valor R o se puede calcular la resistencia equivalente de dispositivo, la potencia también puede calcularse como:

$$P = R \cdot I^2 = \frac{V^2}{R}$$

Ec. 1.2

- **Potencia en corriente alterna**

Cuando se trata de corriente alterna (A.C.) sinusoidal, el promedio de potencia eléctrica desarrollada por un dispositivo de dos terminales es una función de los valores eficaces o valores cuadráticos medios, de la diferencia de potencial entre los terminales y de la intensidad de corriente que pasa a través del dispositivo.

En el caso de un receptor de carácter inductivo (caso más común) al que se aplica una tensión  $v(t)$  de pulsación  $\omega$  y valor de pico  $V_0$  resulta:

$$V(t) = V_0 \cdot \sin(\omega t)$$

Ec. 1.3

Esto provocará una corriente  $i(t)$  retrasada un ángulo  $\varphi$  respecto al voltaje aplicado.

$$i(t) = I_0 \cdot \sin(\omega t - \varphi)$$

Ec. 1.4

La potencia instantánea vendrá dada como el producto de las expresiones anteriores:

$$p(t) = V_0 \cdot I_0 \cdot \sin(\omega t) \cdot \sin(\omega t - \varphi)$$

Ec. 1.5

Mediante relaciones trigonométricas, la anterior expresión puede transformarse en la siguiente:

$$p(t) = V_0 \cdot I_0 \frac{\cos(\varphi) - \cos(2\omega t - \varphi)}{2}$$

Ec. 1.6

Y sustituyendo los valores de pico por los eficaces:

$$p(t) = V \cdot I \cos(\varphi) - V \cdot I \cos(2\omega t - \varphi)$$

Ec. 1.7

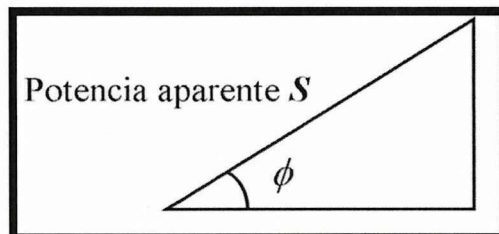
Se obtiene así para la potencia un valor constante,  $V I \cos(\varphi)$  y otro variable con el tiempo,  $V I \cos(2\omega t - \varphi)$ . Al primer valor se le denomina potencia activa y al segundo potencia fluctuante.

### ***1.2.2.1.- Potencia Aparente***

La potencia aparente (también llamada compleja) de un circuito eléctrico de corriente alterna es la suma de la energía que disipa dicho circuito en cierto tiempo en forma de calor o trabajo y la energía utilizada para la formación de los campos eléctricos y magnéticos de sus componentes.

Esta potencia no es la realmente consumida, salvo cuando el factor de potencia es la unidad ( $\cos \phi=1$ ), y señala que la red de alimentación de un circuito no sólo ha de satisfacer la energía consumida por los elementos resistivos, sino que también ha de contarse con la que van a "almacenar" bobinas y condensadores. Se la designa con la letra (S) y se mide en voltiamperios (VA).

**GRAFICO N° 1.1**  
**POTENCIA APARENTE**



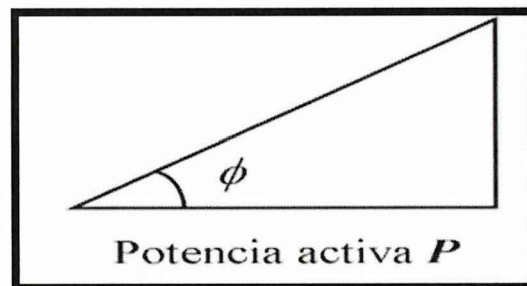
**ELABORADO: Investigadores**

### ***1.2.2.2.- Potencia Activa***

Es la potencia que representa la capacidad de un circuito para realizar un proceso de transformación de la energía eléctrica en trabajo. Los diferentes dispositivos eléctricos existentes convierten la energía eléctrica en otras formas de energía

tales como: mecánica, lumínica, térmica, química, etc. Esta potencia es, por lo tanto, la realmente consumida por los circuitos. Cuando se habla de demanda eléctrica, es esta potencia la que se utiliza para determinar dicha demanda.

**GRAFICO N° 1.2**  
**POTENCIA ACTIVA**



**ELABORADO:** Investigadores

Se designa con la letra  $P$  y se mide en vatios (W). De acuerdo con su expresión, la ley de Ohm y el triángulo de impedancias:

$$P = V \cdot I \cos(\varphi) = I \cdot Z \cdot I \cos(\varphi) = I^2 \cdot Z \cdot \cos(\varphi) = I^2 \cdot R$$

**Ec. 1.8**

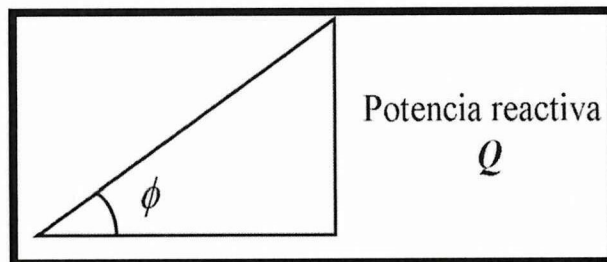
Resultado que indica que la potencia activa es debido a los elementos resistivos.

**1.2.2.3.- Potencia Reactiva**

Esta potencia no tiene tampoco el carácter realmente de ser consumida y sólo aparecerá cuando existan bobinas o condensadores en los circuitos. La potencia reactiva tiene un valor medio nulo, por lo que no produce trabajo útil.

Por ello que se dice que es una potencia desvatada (no produce vatios), se mide en voltamperios reactivos (VAR) y se designa con la letra Q.

**GRAFICO N° 1.3**  
**POTENCIA REACTIVA**



ELABORADO: Investigadores

A partir de su expresión,

$$Q = V \cdot I \sin(\varphi) = I \cdot Z \cdot I \sin(\varphi) = I^2 \cdot Z \cdot \sin(\varphi) = I^2 \cdot X$$

Ec. 1.9

Lo que reafirma en que esta potencia es debida únicamente a los elementos reactivos.

### 1.2.3.- Energía

**RICARDO ANTONIO MARTIN BARRIO; (Guía Práctica de Electricidad y Electrónica, pág.16. 1995)** Afirma que: “Se define como energía eléctrica al trabajo desarrollado en un circuito eléctrico durante un tiempo determinado. La energía eléctrica se representa por la letra E y su unidad es el Julio, que a su vez se representa de forma abreviada con la letra J. la formula la que la relaciona es la siguiente:”

$$E = P \times t$$

**Ec. 1.10**

**Dónde:**

**E:** Energía eléctrica (J)

**P:** Potencia eléctrica (W)

**T:** Tiempo (s)

Al ser el julio una unidad demasiado pequeña, otra de valor más elevado nos servirá para tomar medidas; esta es el kilowatio por hora (Kwh).

$1\text{Kw} \times \text{h} = 1000\text{w} \times 3600\text{s} = 3,6 \times 10^6$  Julies.

Los contadores de energía miden en Kwh

La energía eléctrica se puede transformar en otras formas de energía, por ejemplo:

- Energía Cinética.
- Energía Luminosa (luz)
- Energía Mecánica
- Energía Térmica.

### **1.3.- PROTECCIONES ELECTRICAS**

**JOHN J. GRAINGER, WILLIAM STEVENSON JR; (Sistemas Eléctricos de Potencia; pág. 51. 1996)** Afirman que: “Las protecciones eléctricas son los dispositivos que tienen como principal finalidad la de detectar condiciones anormales en la operación de un sistema eléctrico de potencia y tomar en forma automática las medidas que se requieran para restablecer la operación normal.”

El objetivo fundamental será proteger eficazmente al personal operativo y los elementos fundamentales del sistema de distribución contra averías y efectos que en ellos puedan ocurrir, diferenciando entre un régimen de avería intolerable y un régimen transitorio permisible desconectando el equipo o parte afectada del circuito de manera rápida, confiable, segura y al menor costo posible.

Los sistemas de protección deben tener las siguientes funciones selectividad, confiabilidad, rapidez, sensibilidad, simplicidad y economía. Necesarios para cumplir con el objetivo principal de los sistemas de protección, que tiene como funciones:

- Aislar rápidamente del servicio a cualquier elemento que afecte el sistema.
- Seccionar el sistema de potencia en el punto más adecuado.
- Registrar el tipo de falla que ha ocurrido.
- Llevar un registro del número de fallas.

#### GRAFICO N° 1.4

##### COMPONENTES DE UN SISTEMA DE PROTECCION



FUENTE: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2093/13/UPS-GT000155.pdf>.



### **1.3.1.- Protección por Relés de Sobrecorriente**

**CORPORACION “CENACE”; (Operación de Sistemas Eléctricos de Potencia; pág. 2. 2001)** Mencionan que “Normalmente las fallas en los sistemas de potencia eléctricos causan niveles muy elevados de corrientes. Estas corrientes pueden usarse para determinar la presencia de las mismas y operar dispositivos de protección, que pueden variar en el diseño dependiendo de la complejidad y la exactitud requerida.”

Entre los tipos más comunes de protección encontramos la llave termomagnética, el interruptor de circuito, fusibles, reconectores, seccionalizadores y relés de sobrecorriente.

### **1.3.2.- Ajuste de los Relés de Sobrecorriente**

Los relés de sobrecorriente normalmente están provistos de un elemento instantáneo y un elemento de retardo de tiempo o de temporización dentro de la misma unidad. En los antiguos relés electromagnéticos la protección de sobrecorriente está compuesta de unidades monofásicas separadas. El relé microprocesado más moderno tiene una unidad de sobrecorriente trifásica y una unidad de falla a tierra dentro del mismo encapsulado.

El ajuste de los relés de sobrecorriente involucra la selección de parámetros los cuales definen las corrientes de arranque requerida tanto para la unidad temporizada y para la unidad instantánea, y el tiempo de retardo de la unidad temporizada y la unidad instantánea.

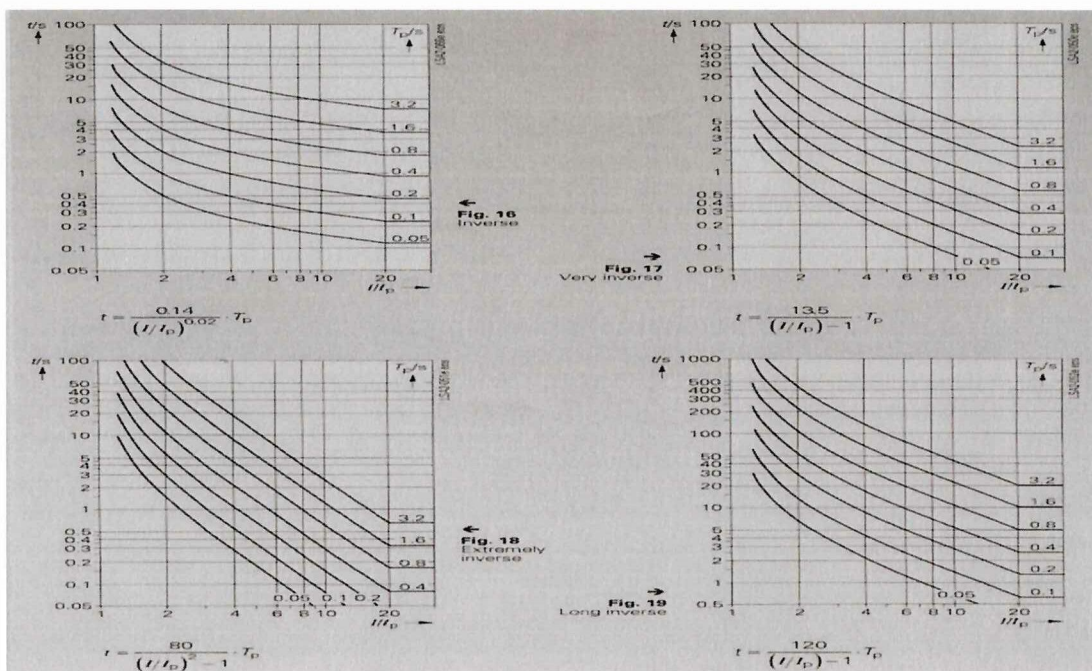
Este proceso tiene que ser llevado a cabo dos veces, una vez para los relés de fase y repetirlo para el relé de falla a tierra. Aunque los dos procesos son similares, la corriente de cortocircuito trifásica debe usarse para el ajuste de los relés de fase pero la corriente de falla de fase a tierra debe usarse para los relés de falla a tierra.

**TABLA N° 1.2**  
**CONSTANTES DE LA NORMA IEC PARA RELES DE**  
**SOBRECORRIENTE**

TIPOS DE RELES	CONSTANTE $\alpha$	CONSTANTE $\beta$
Inverso	0.02	0.14
Muy inverso	1.00	13.50
Extremadamente inverso	2.00	80.00
Inversa larga	1.00	120.00

FUENTE: Corporación "CENACE"

**GRAFICO N° 1.5**  
**CONSTANTES DE LA NORMA IEC PARA RELES DE**  
**SOBRECORRIENTE**



FUENTE: Corporación "CENACE"

## 1.4.- SUBESTACION ELECTRICA

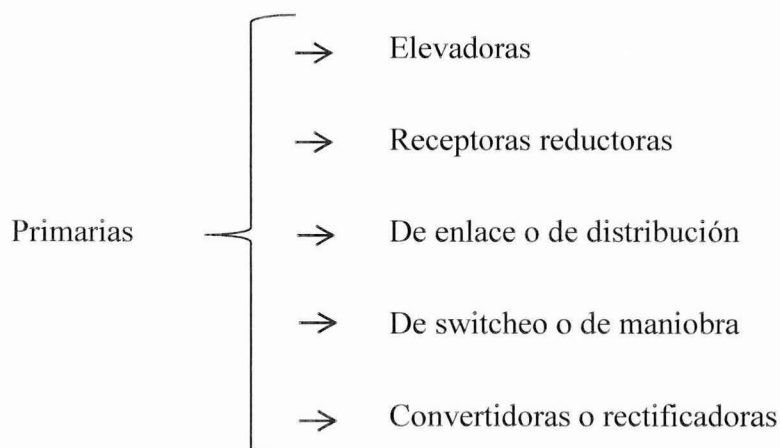
**GILBERTO ENRIQUEZ HARPER; (Fundamentos de Instalaciones Eléctricas de Medio y Alto Voltaje; pág. 11. 1975)** Menciona que: “Una subestación eléctrica es una instalación destinada a modificar y establecer los niveles de voltaje de una infraestructura eléctrica, para facilitar el transporte y distribución de la energía eléctrica. Su equipo principal es el transformador.”

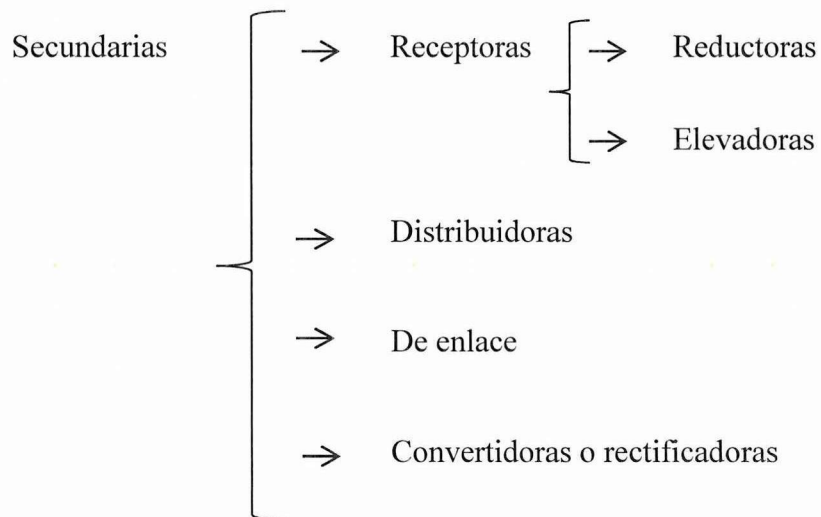
Se clasifican en:

### A.- Por su operación

- 1.- De corriente alterna
- 2.- De corriente continua

### B.- Por su servicio.





### **C.- Por su construcción**

- 1.- Tipo intemperie
- 2.- Tipo interior
- 3.- Tipo blindado

## **1.4.1.- Elementos Constitutivos de una Subestación**

Los elementos que constituyen una subestación se pueden clasificar en elementos principales y elementos secundarios.

### ***1.4.1.1.- Elementos Principales***

- 1.- Transformador
- 2.- Interruptor de potencia

- 3.- Restaurador
- 4.- Cuchillas fusibles
- 5.- Cuchillas desconectoras y cuchillas de pruebas
- 6.- Apartarrayos
- 7.- Tableros dúplex de control
- 8.- Condensadores
- 9.- Transformadores de instrumentos

#### ***1.4.1.2.-Elementos Secundarios***

- 1.- Cables de potencia
- 2.- Cables de control
- 3.- Alumbrado
- 4.- Estructura
- 5.- Herrajes
- 6.- Equipo contra incendio
- 7.- Equipo de filtrado de aceite
- 8.- Sistemas de tierras
- 9.- Carrier

10.- Intercomunicación

11.- Trincheras, ductos, conducto, drenajes

12.- Cercas

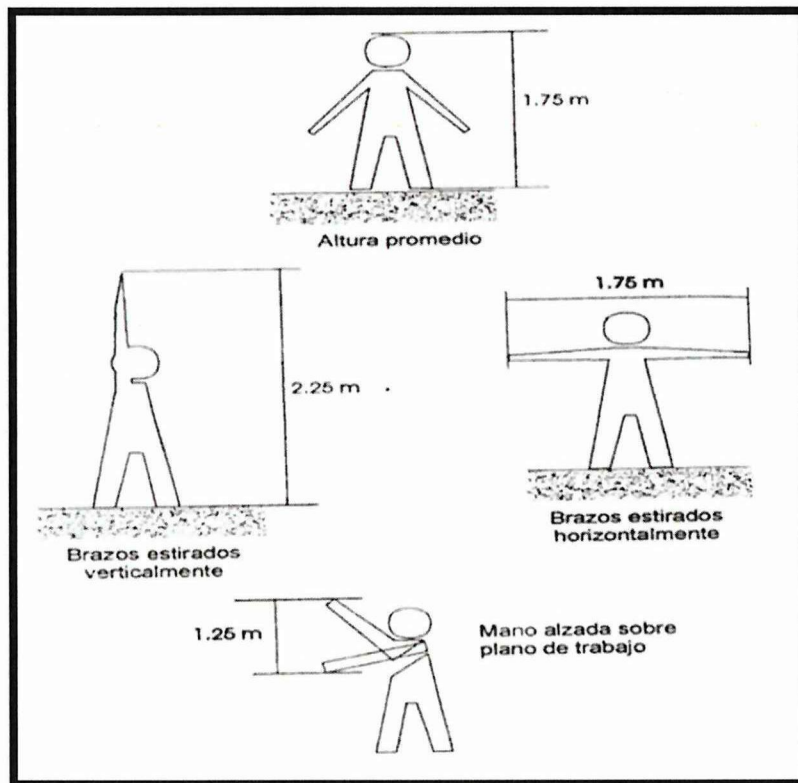
### 1.4.2.- Distancias Mínimas de Seguridad

**ALEXANDRA SASHENKA PEREZ SANTOS; (Subestaciones de Potencia, pág. 13. 2006)** Describe que: “Las distancias de seguridad en una subestación hacen referencia a las distancias mínimas que deben mantenerse entre partes energizadas y tierra, o entre equipos donde se lleva cabo algún mantenimiento y tierra, para evitar posibles accidentes por contacto humano con equipos energizados. Al determinar las distancias mínimas de seguridad se tienen en cuenta dos aspectos claves:”

- **Valor Básico de Seguridad:** Es una distancia mínima entre fase y tierra, empleada para el diseño de una subestación, este valor nos ofrece un espaciamiento seguro (Zona de guarda) entre fase y tierra, evitando posibles accidentes, aún bajo condiciones críticas.

- **Zona de Seguridad:** Es una zona segura, cuyas medidas se obtienen de acuerdo a estudios de movimientos de personal de mantenimiento y dentro de la cual, están eliminados riesgos de acercamiento eléctrico. Los valores estándar para delimitar una zona de seguridad son los siguientes:

## GRAFICO N° 1.6 ZONA DE SEGURIDAD



FUENTE: Distancias mínimas y de seguridad [en línea]  
e-groups technology s.a. 2008

- **Zona de Seguridad para la Circulación de Personal:**

Para la circulación de personal en una subestación sin empleo de escaleras o cualquier objeto que lo pueda acercar a las partes energizadas, se debe manejar una distancia entre tierra y la parte energizada más baja del valor básico más 2.25 metros.

- **Zona de Seguridad para la Circulación de Vehículos:**

En los casos en los cuales es necesario el empleo de grúa, se debe manejar una distancia de circulación del perímetro del vehículo más 0.7 metros.

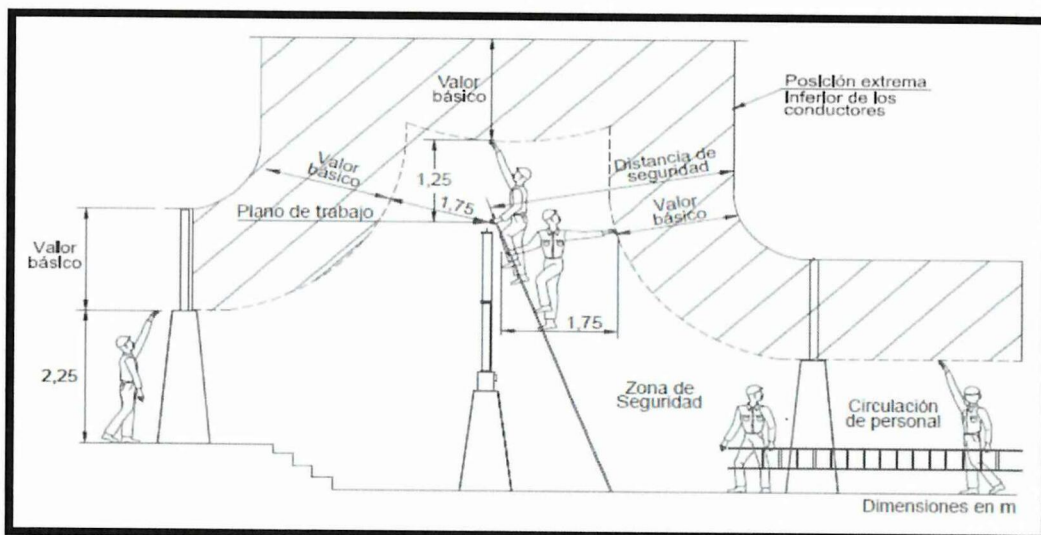
- **Zona de seguridad para trabajos sobre equipos o sobre conductores:**

Para la realización de algún trabajo en una subestación con los equipos energizados es necesario delimitar una zona de seguridad la cual nunca será inferior a 3 metros, la distancia se determina con el valor básico más una constante que depende del equipo en el que se va a trabajar, el trabajo a realizar, el vehículo y el tipo de herramienta a utilizar; por ejemplo, para un mantenimiento de rutina, la constante horizontal corresponde al valor estándar de un operario con los brazos estirados, es decir 1.75 metros y la constante vertical será 1.25 metros sobre el plano del trabajo.

Según el **Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE 181294, 2008** las zonas de seguridad laterales en una subestación son señaladas en el piso, especialmente para la circulación de vehículos y las verticales son demarcadas con banderas, mallas, barreras o con avisos de peligro.

### GRAFICO N° 1.7

#### ZONA DE SEGURIDAD PARA TRABAJOS SOBRE EQUIPOS O SOBRE CONDUCTORES



FUENTE: Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE 181294, 2008

## **1.5.- TRANSFORMADOR**

**GILBERTO ENRIQUEZ HARPER; (Fundamentos de Instalaciones Eléctricas de Medio y Alto Voltaje; pág. 14. 1975)** Dice que: “Un transformador es un dispositivo que:

- a.- Transfiere energía eléctrica de un cortocircuito a otro conservando la frecuencia constante.
- b.- Lo hace bajo el principio de inducción electromagnética.
- c.- Tiene circuitos eléctricos que están eslabonados magnéticamente y aislados eléctricamente.
- d.- Usualmente lo hacen con un cambio de voltaje aunque esto no es necesario.

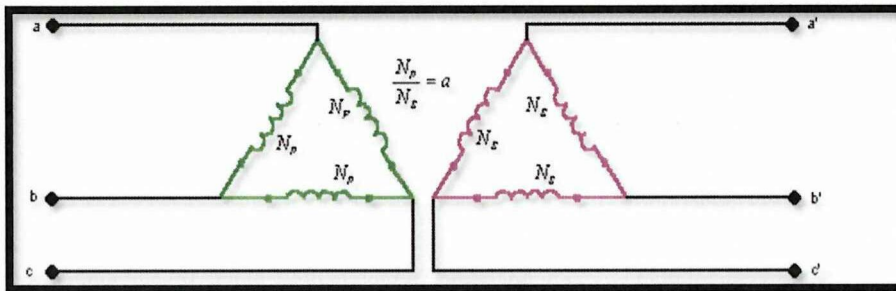
Técnicamente al transformador podemos describirlo con un aparato estático en el que se varía el valor de la fuerza electromotriz y el de la intensidad de la corriente permaneciendo constante su producto.”

### **1.5.1.- Conexión de Transformadores**

#### ***1.5.1.1.- Conexión Delta –Delta***

La conexión delta- delta en transformadores trifásicos se emplea normalmente en lugares donde existen voltajes relativamente bajas; en sistemas de distribución se utiliza para alimentar cargas trifásicas a 3 hilos.

**GRAFICO N° 1.8**  
**CONEXION DELTA – DELTA**



ELABORADO: Investigadores

**1.5.1.2.- Conexión Delta – Estrella**

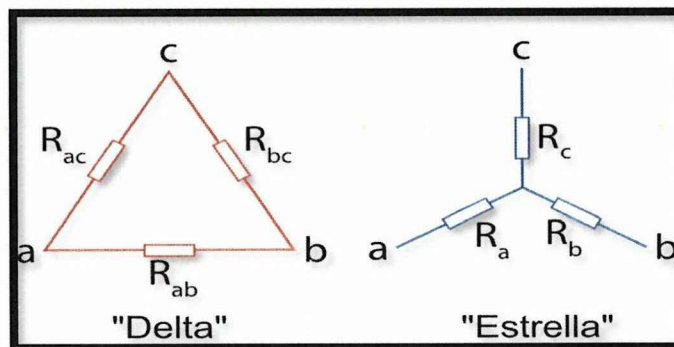
Esta conexión se emplea en aquellos sistemas de transmisión en que es necesario elevar voltajes de generación. En sistemas de distribución es conveniente su uso debido a que se puede tener dos voltajes diferentes (entre fase y neutro).

Los transformadores monofásicos se conectan en bancos trifásicos principalmente en dos tipos de circuitos:

- a.- En circuitos de muy alto voltaje
- b.- En circuitos en que se requiera continuidad en el servicio normalmente se dispone de cuatro transformadores monofásicos, tres en operación y uno de reserva.

Las conexiones se hacen en transformadores monofásicos para formar bancos trifásicos son en general las mismas que se llevan a cabo en los transformadores trifásicos.

**GRAFICO N° 1.9**  
**CONEXION DELTA – ESTRELLA**

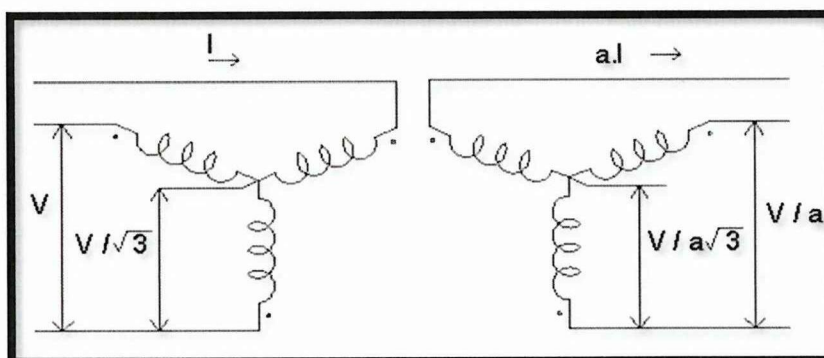


ELABORADO: Investigadores

**1.5.1.3.- Conexión Estrella – Estrella**

Esta conexión se emplea en voltajes muy elevadas, ya que se disminuye la cantidad de aislamiento. Tiene la desventaja de no presentar oposición a las armónicas impares; en cambio puede conectarse a hilos de retorno.

**GRAFICO N° 1.10**  
**CONEXION ESTRELLA – ESTRELLA**



ELABORADO: Investigadores

### 1.5.1.4.- Conexión Estrella – Delta

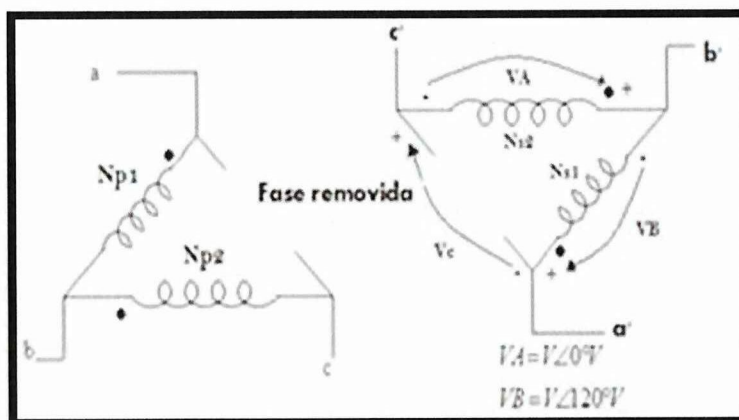
Se utiliza esta conexión en los sistemas de transmisión de las subestaciones receptoras cuya función es reducir voltajes. En sistemas de distribución es poco usual; se emplea en algunas ocasiones para distribución rural a 20 kV.

### 1.5.1.5.- Conexión Delta Abierta – Delta Abierta

Esta puede considerarse como una conexión de emergencia en transformadores trifásicos, ya que si un transformador se quema o sufre una avería cualquiera de sus fases, se puede seguir alimentando carga trifásica operando el transformador a las fases, solo que su capacidad disminuye a un 58,8% aproximadamente. Los transformadores trifásicos en V-V se emplea en sistemas de baja capacidad y usualmente operan como autotransformadores.

GRAFICO N° 1.11

CONEXION DELTA ABIERTA – DELTA ABIERTA



ELABORADO: Investigadores

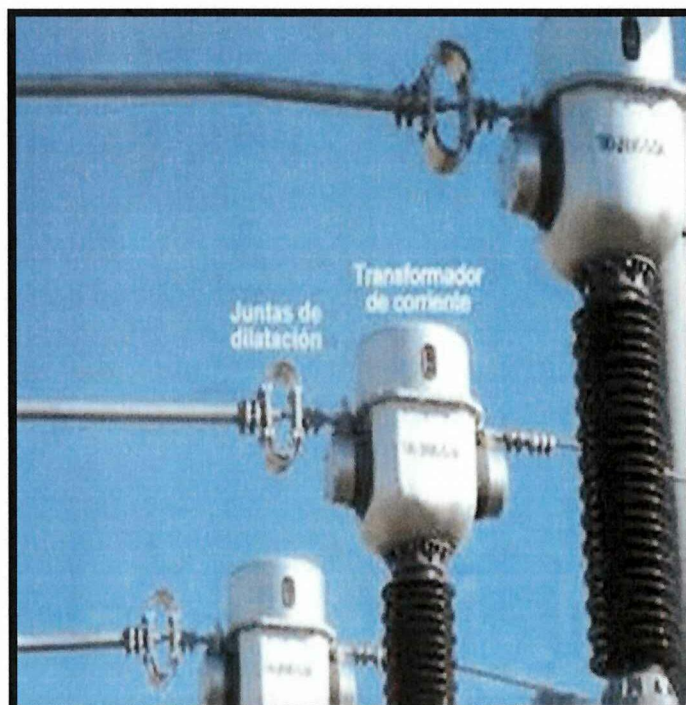
## 1.5.2.- Transformador de Corriente

**CUTLER HAMMER; (Serie Básica “Transformadores”, pág. 23, 24, 2007)**

Señala que: “Es el transformador diseñado para suministrar la corriente adecuada a los instrumentos de medición como los amperímetros, wattímetros, así como a los aparatos de protección como los relevadores; en el cual la corriente secundaria es proporcional a la corriente primaria y desfasada respecto a ella un ángulo cercano a cero. El devanado primario del transformador de corriente se conecta en serie con el circuito donde circula la corriente que se desea medir, mientras que los aparatos de medición se conectan en serie a su devanado secundario.”

**GRAFICO N° 1.12**

### **TRANSFORMADOR DE CORRIENTE**



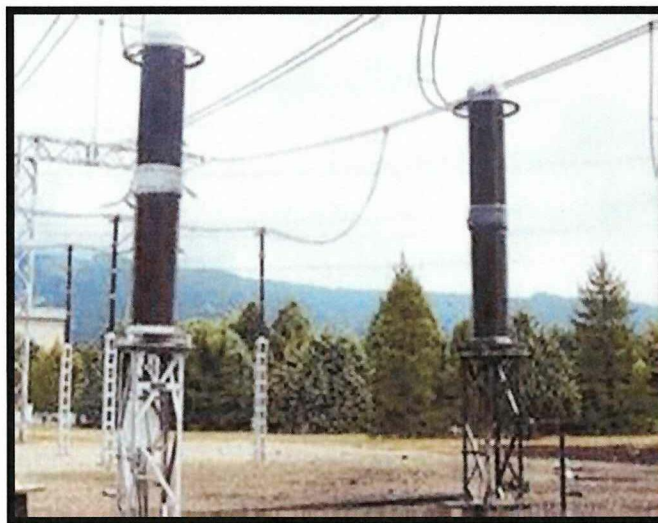
**FUENTE:**<http://www.royalsearch.com/?q=transformador+de+corriente+de+una+subestaciones+el\u00e9ctricas>.

### 1.5.3.- Transformador de Potencial

Es el transformador diseñado para suministrar voltajes adecuados a los instrumentos de medición como los voltímetros, frecuencímetros, wattímetros, etc., así como a los aparatos de protección como los relevadores; en el cual la tensión secundaria es proporcional a la tensión primaria y desfasada respecto a ella un ángulo cercano a cero.

Las terminales del devanado primario del transformador de potencial se conectan a las dos líneas del sistema donde se necesita medir el alto voltaje y los instrumentos de medición se conectan en paralelo a las terminales del secundario. Su función es brindar una imagen proporcional en magnitud con el mismo ángulo de voltaje existente en el circuito de potencia conectado. Existen 2 tipos uno de tipo inductivo y otro de tipo capacitivo.

**GRAFICO N° 1.13**  
**TRANSFORMADOR DE POTENCIAL**



FUENTE:<http://www.royal.search.com/?q=transformador+de+POTENCIAL+de+una+subestaciones+el\u00e9ctricas>.

## 1.6.- SECCIONADORES

**GILBERTO ENRIQUEZ HARPER;** (Fundamentos de Instalaciones Eléctricas de Medio y Alto Voltaje; pag. 29 - 54. 1975) Dice que: “La cuchilla desconectadora o seccionador es un elemento que sirve para desconectar físicamente un circuito eléctrico. Por lo general se opera sin carga pero con algunos aditamentos se puede operar con carga, hasta ciertos límites.”

Clasificación de las cuchillas desconectadoras (seccionadores)

### **Por su operación:**

- a.- Con carga (con voltaje nominal)
- b.- Sin carga (sin voltaje nominal)

### **Por su tipo de accionamiento:**

- a.- Manual
- b.- Automático

### **Por su forma de desconexión:**

- a.- Con tres aisladores, dos fijos y un giratorio al centro (horizontal), llamado también de doble arco
- b.- Con dos aisladores (accionados con pértiga), operación vertical
- c.- Con dos aisladores, uno fijo y otro giratorio en el plano horizontal
- d.- Pantógrafo o separador de tijera
- e.- Cuchilla tipo “AV”
- f.- Cuchilla de tres aisladores, el del centro movible por cremallera
- g.- Cuchilla desconectadoras con cuernos de arqueado
- h.- Cuchilla tripolar de doble aislador giratorio

## **1.7.- INTERRUPTORES**

Un interruptor es un dispositivo cuya función es interrumpir y restablecer la continuidad en un circuito eléctrico. Si la operación se efectúa sin carga (corriente), el interruptor recibe el nombre de desconectador o cuchilla desconectadora. Si la operación de apertura o de cierre la efectúa con carga (corriente nominal), o con corriente de corto circuito (en caso de alguna perturbación), el interruptor recibe el nombre de disyuntor o interruptor de potencia. Los interruptores en caso de apertura, deben asegurar el aislamiento eléctrico del circuito.

Existen distintas formas de clasificar a los interruptores, una de ellas, es por medio de extinción, pudiendo ser: interruptores en aceite (que ya no se utilizan), interruptores neumáticos, interruptores en vacío e interruptores en hexafluoruro de azufre. También se clasifican los interruptores como de construcción de "Tanque muerto" o de "Tanque vivo". De tanque muerto significa que el tanque del interruptor y todos sus accesorios se mantienen al potencial de tierra y que la fuente externa y conexiones a la carga se hacen por medio de boquillas convencionales. De tanque vivo significa que las partes metálicas y de porcelana que contienen el mecanismo de interrupción se encuentran montadas sobre columnas de porcelana aislante y están, por lo tanto, al potencial de línea.

## **1.8.- DISYUNTORES**

La utilización de este término puede variar en distintas regiones para referirse a interruptores automáticos accionados por sobrecargas de un circuito o para interruptores automáticos accionados por pérdidas de energía fuera del circuito.

Un disyuntor, interruptor automático (España), breaker o pastilla (México) es un aparato capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por él circula excede de un determinado valor o, en el que se ha producido un cortocircuito, con el objetivo de no causar daños a los equipos eléctricos.

A diferencia de los fusibles, que deben ser reemplazados tras un único uso, el disyuntor puede ser rearmado una vez localizado y reparado el daño que causó el disparo o desactivación automática. Se fabrican disyuntores de diferentes tamaños y características lo cual hace que sea ampliamente utilizado en viviendas, industrias y comercios.

### **1.8.1.-Criterios Para Dimensionar un Disyuntor**

Para determinar las características eléctricas que debe poseer un disyuntor de potencia para su correcta operación en un determinado sistema eléctrico, la norma IEEE Std. C37.04-1999 “IEEE Standard Rating Structure for AC High- Voltage Circuit Breakers” generaliza las normas asociadas como también enumera y precisa conceptos a ser tomados en cuenta para cálculos de los parámetros eléctricos, los cuales se reflejan en tablas de valores estandarizados del elemento a dimensionar.

Las normas internacionales recomiendan que como mínimo se deban especificar las siguientes características nominales de un interruptor:

- Voltaje nominal y de diseño.
- Corriente nominal.

- Frecuencia nominal.
- Capacidades de interrupción simétrica y asimétrica.
- Capacidad de cierre en cortocircuito.
- Ciclo de operación nominal
- Voltaje transitorio de restablecimiento (TRV).
- Nivel Básico de Aislamiento.

## **1.9.- TABLEROS DE TRANSFERENCIA**

**ABB; (Tableros de Transferencia, pág. 4, 2012)** Describen que: “El tablero de transferencia es un equipo que permite que la planta eléctrica opere en forma totalmente automática supervisando la corriente eléctrica de la red comercial. Sus funciones son:

- Censar el voltaje de alimentación.
- Dar la señal de arranque a la planta cuando el voltaje falta, baja o sube de un nivel adecuado.
- Realizar la transferencia de la carga de la red comercial a la planta y viceversa.
- Dar la señal a la unidad de fuerza para que haga el cambio cuando se normaliza la alimentación (re transferencia).
- Retardar la re transferencia para dar tiempo a la compañía suministradora de normalizar su alimentación.
- Retardar la señal de paro al motor para lograr su enfriamiento.
- Mandar la señal de paro al motor a través del control maestro.
- Permitir un simulacro de falla de la compañía suministradora.”

**GRAFICO N° 1.14**  
**TABLEROS DE TRANSFERENCIAS**



FUENTE:[http://www.royalsearch.com/?s=img&babsrc=SP\\_ss\\_din2g&rlz=0&sd=1&q=tabletos+de+trnasferencia](http://www.royalsearch.com/?s=img&babsrc=SP_ss_din2g&rlz=0&sd=1&q=tabletos+de+trnasferencia)

## 1.10.- DEMANDA ELECTRICA

**INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, INC;**  
**(The IEEE Standard Dictionary of Electrical and Electronics; pág. 35. 1996)**

Nos dicen que: “La demanda eléctrica es la potencia requerida por un sistema o parte de él promediada en un intervalo de tiempo previamente establecido. Los valores instantáneos tienen un interés limitado en el análisis de un sistema de distribución cabe recalcar que lo que realmente sirve para dimensionar un sistema es la demanda.

El periodo durante el cual se toma el valor promedio se denomina intervalo de demanda, la duración que se fije en este intervalo dependerá del valor de demanda que se desee conocer, el intervalo más empleado es de 15 minutos. Para establecer una demanda es indispensable indicar el intervalo de demanda ya que sin él no tendría sentido práctico. La demanda se puede expresar en kVA, kW, kVAR, A, etc. La variación de la demanda en el tiempo para una carga dada origina el ciclo de carga que es una curva de carga (demanda vs tiempo).”

### **1.10.1.- Proyección de la Demanda Eléctrica**

**MINISTERIO DE HIDROCARBUROS & ENERGIA; (Plan Optimo de Expansión del Sistema Interconectado Nacional 2012-2022; pág. 32, 2012)**

Menciona que: “El pronóstico de la demanda de energía eléctrica se realiza utilizando métodos de cointegración, métodos econométricos, métodos basados en la interpolación de la tasa de crecimiento y métodos basados en la evolución del consumo específico por categorías, de acuerdo al comportamiento histórico de las Empresas Distribuidoras y Consumidores No Regulados. Adicionalmente, en la proyección se considera la incorporación de sistemas aislados y de nuevos emprendimientos productivos y mineros.”

#### ***1.10.1.1.- Análisis Histórico de las Proyecciones de la Demanda***

En el proceso de elaboración de la demanda de energía eléctrica y potencia del SIN, durante las dos últimas décadas se han empleado una combinación de diferentes escenarios y modelos a fin de obtener la mejor aproximación a través del horizonte de pronóstico.



## **1.10.2.- Proyección de la Demanda de Energía Anual**

### ***1.10.2.1.- Metodología de Proyección de la Demanda de Energía Anual***

La proyección de la demanda de largo plazo se obtiene a partir de los siguientes pasos:

- a) Se proyecta la demanda de energía anual total del SIN utilizando la relación de cointegración de la demanda eléctrica con el PIB. Esta demanda se complementa con las nuevas demandas.
- b) Se proyecta la demanda energía anual de cada empresa distribuidora, en cada nodo de retiro, utilizando métodos econométricos, métodos basados en la interpolación de tasa de crecimiento o métodos basados en la evolución del consumo específico por categorías.
- c) Se proyecta la demanda energía anual de los Consumidores No Regulados, utilizando la información suministrada por los Agentes.
- d) Se proyecta la demanda energía anual de los nuevos proyectos declarados por empresas públicas o privadas, utilizando la información suministrada por los mismos y verificando su consistencia.
- e) Se agrega la demanda obtenida en los puntos b, c y d.
- f) Se compara la proyección agregada obtenida en el punto e, con la proyección de la demanda total obtenida en el punto a. De los resultados de esta comparación, se procesa uno de los siguientes puntos:
- g) Si la demanda total del SIN (a) es mayor que la demanda agregada (e), se distribuye esta diferencia como nuevos proyectos en los diferentes nodos de consumo.

- h) Si la demanda total del SIN (a) es menor que la demanda agregada (e), se utiliza la demanda total obtenida en los puntos b, c y d. El resultado de este proceso, es la demanda de energía anual de largo plazo del SIN, compuesta por la demanda de las Empresas Distribuidoras, Consumidores No Regulados y nuevas demandas.

#### ***1.10.2.2.- Proyección de la Demanda de Energía Total del Sistema (Método de Cointegración)***

Esta proyección se basa en la relación de cointegración que existe entre el PIB y la demanda de energía. Esta relación supone un equilibrio de largo plazo entre la tasa de crecimiento del PIB y la demanda de energía eléctrica. Dos variables o series no estacionarias como la energía y el PIB pueden tener una relación entre ellas que es estacionaria, en cuyo caso se dice que están cointegradas de orden cero, es decir, que se mueven conjuntamente en el largo plazo.

Para ello se requiere que las variables sean integradas del mismo orden y que además estén cointegradas, que posean una relación lineal estable, es decir, se puede construir modelos macroeconómicos con variables no estacionarias de modo que sus resultados sean estadísticamente válidos. Para la estimación de la relación de cointegración se utiliza el modelo Vector de Corrección de Errores (VEC). La especificación funcional de este modelo supone que la tasa de crecimiento de la demanda eléctrica se explica por el crecimiento del PIB, ello bajo un modelo VEC con rezagos en las variables.

### ***1.10.2.3.- Proyección de la Demanda de Energía por Empresas Distribuidoras.***

Las proyecciones de demanda de energía de los agentes se realizan analizando el comportamiento histórico de cada uno de ellos. Se agruparon los nodos por zonas geográficas para cada Distribuidor y se consideraron en forma separada las cargas de proyectos industriales.

Para proyectar la demanda de cada empresa distribuidora, que puede estar compuesta por uno o más nodos de retiro del SIN, se consideró la energía para el período de proyección utilizando métodos simples o modelos econométricos.

#### ***1.10.2.3.1.- Métodos Simples***

##### **✓ Método basado en la tasa de crecimiento**

Está basado en las tasas de crecimiento históricas de la demanda, bajo el supuesto de que las mismas son representativas del comportamiento futuro de la demanda.

$$D_t = D_0 \times (1 + r_d)^t$$

**Ec 1.11**

**Dónde:**

**rd:** Tasa de crecimiento de la demanda

**Do:** Demanda de energía del año base

**t:** Año

✓ **Método basado en el consumo específico por escenarios**

Este método toma en cuenta previsiones de crecimiento de la población, número de viviendas cobertura del servicio eléctrico y consumo específico por categorías de consumo.

**1.10.2.3.2.- Modelos Econométricos**

✓ **Métodos de suavizamiento exponencial o doble suavizamiento.**

Es un método simple de proyecciones que suele ser útil cuando se cuenta con pocos datos históricos.

✓ **Modelos ARMA**

El modelo utilizado para estimar la demanda tiene la siguiente estructura en forma general:

$$E_t = f(\text{PIB}_{t-1}, D, \text{AR}_n, E_{n-1}) + \varepsilon$$

**Ec 1.12**

**Dónde:**

**E<sub>t</sub>:** Energía en el año “t”

**PIB<sub>t-1</sub>:** Producto Interno Bruto en el año “t-1”

**AR<sub>n</sub>:** Autocorrelación en los errores de orden “n”

**D:** Variables dummy utilizadas opcionalmente

**ε:** Error Aleatorio

Una vez realizada la estimación se debe validar el modelo tomando en cuenta los siguientes factores:

- ✓ Significancia de los coeficientes del modelo mediante el estadístico “t”
- ✓ No existencia de auto correlación en los errores
- ✓ Prueba de normalidad
- ✓ Coherencia de las proyecciones con la teoría económica

Debido a la relación que existe entre el PIB y el consumo de electricidad, es frecuente que en las regresiones se encuentre correlación serial en los errores, Por esta razón, se utilizan variables autoregresivas (AR) y de medias móviles (MA) que garantizan estimadores insesgados. Para el tratamiento de datos atípicos en la estadística se utilizan variables Dummy (D).

#### ***1.10.2.4.- Proyección de la Demanda de Energía de Consumidores No Regulados y Grandes Demandas***

Para proyectar esta demanda se revisaron las declaraciones realizados por los Agentes en la Programación de Mediano Plazo, verificando la consistencia de la información. En todos los casos se ha supuesto que los valores se mantienen constantes al extenderlos durante el período de análisis.

#### ***1.10.2.5.- Proyección de la Demanda de Energía de Nuevas Cargas Especiales***

De acuerdo a la metodología de Proyección de la Demanda de Energía Anual, se calcula la demanda de Nuevas Cargas Especiales a partir de la demanda agregada obtenida por el método de cointegración y los proyectos, de la cual se resta la

demanda de las Empresas Distribuidoras, de los Consumidores No Regulados y la demanda de los Proyectos.

### ***1.10.2.6.- Proyección de la Demanda de Energía Mensual***

Para estimar los retiros mensuales de cada centro de demanda durante el período proyectado, inicialmente se calcula un factor de distribución mensual de energía con respecto a la energía anual, utilizando la siguiente relación:

$$\mathbf{Factormes(i)año(j) = \frac{ENERGIA\ mes(i)año(j)}{ENERGIA\ año(j)}}$$

**Ec 1.13**

Se observa que los valores de este factor siguen una estacionalidad típica que refleja la variabilidad mensual del consumo en cada centro. En la proyección se utilizó como factor el promedio de los últimos cinco años. La energía mensual se obtiene multiplicando el factor mensual por la energía anual previamente estimada.

$$\mathbf{ENERGIA\ mes(i)año(j) = Factormes(i)año(j) * ENERGIA\ año(j)}$$

**Ec 1.14**

### ***1.10.2.7.- Proyección de la Demanda Máxima Mensual***

La demanda máxima mensual por centro de consumo se calcula dividiendo la energía horaria promedio del mes entre el factor de carga.

$$\mathbf{DMax\ mes\ (i)año(j) = \frac{ENERGIA\ mes(i)año(j)}{N^\circ\ días\ mes(i)*24hrs} = \frac{Energia\ Promedio\ Hora\ mes(i)año(j)}{FC\ mes(i)\ año(j)}}$$

**Ec. 1.15**

La proyección se realizó para cada mes considerando una tasa de crecimiento para el factor de carga.

### ***1.10.2.8.- Proyección de la Demanda Máxima Coincidental Mensual***

La demanda máxima coincidental es la demanda que se registra en el centro de demanda en el momento en que se produce la demanda máxima del sistema para un centro de demanda, el Factor de Coincidentalidad es la relación que existe entre su demanda coincidental y su demanda máxima.

$$\mathbf{Fcoin\ mes\ (i)año(j) = \frac{Dcoincidental\ mes(i)año(j)}{Dmax\ mes(i)año(j)}}$$

**Ec. 1.16**

## **1.11.- MANEJO DE CARGAS FUTURAS**

### **1.11.1.- Cargas Futuras Determinadas**

**CEDENAR S.A E.S.P;** (Normas de Diseño y Construcción de Sistemas de Distribución Eléctricos, pág. 49, 2010) Redacta que “Son aquellas cargas que se instalaran en un futuro y su capacidad a instalar o capacidad nominal está plenamente identificada”

### **1.11.2.- Ampliación de Cargas Determinadas**

Esto significa que el proyecto además de lo instalado en la fecha de presentación y aprobación, contempla una futura ampliación de sus instalaciones eléctricas y por ende de su capacidad instalada, la cual está plenamente identificada y forma parte del cálculo de la capacidad de los transformadores a instalar. Este tipo de ampliación deberá calcularse de acuerdo a la Norma de Diseño y Construcción de sistemas de distribución eléctricos de CEDENAR S.A. E.S.P.

### **1.11.3.- Ampliación de Cargas Indeterminadas**

En este caso el diseñador propone (a solicitud del dueño del proyecto) incremento de carga en un futuro, carga esta que no está definida, el diseñador da un valor en kVA posible de la carga futura a instalar. En este caso el proyectista no deberá diversificar esta carga futura para el cálculo de la capacidad del transformador

## **1.12.- DESCRIPCION DEL SOFTWARE NEPLAN**

### **1.12.1.- Introducción al Software.**

**LENIN JAVIER ARCOS GUERRÓN, IVAN SANTIAGO FLORES GOMEZ;** (Análisis de Estabilidad Transitorio del Sistema Nacional Interconectado del Ecuador; pág. 90 - 94. 2007) Describen que: “Es un sistema de información y planeamiento de redes eléctricas, gas y agua.

NEPLAN *Power System Analysis* es un software de planeamiento, optimización y simulación de redes eléctricas de transmisión, distribución e industriales, que incluye 19 módulos de cálculo entre ellos: Flujo de Potencia Óptimo, Estabilidad Transitoria, Estabilidad de Voltaje, De Pequeña Señal, EMT/RMS Simulación Dinámica, Confiabilidad, Armónicos, Contingencias, Cortocircuito.”

NEPLAN es utilizado en más de 80 países alrededor del mundo por más de 600 empresas, entre las que se cuentan grandes y pequeñas compañías del servicio de electricidad, industrias, firmas de ingeniería y universidades. Esta herramienta para estudios de redes eléctricas, fue desarrollado por BCP Busarello + Cott + Partner Inc. con la cooperación de ABB Utilities GmbH y Swiss Federal Institute of Technology, y se está reforzando y mejorando continuamente gracias a la retroalimentación permanente entre los usuarios y NEPLAN que se ha producido desde 1989.

NEPLAN se utiliza para analizar, planear, optimizar y administrar redes de potencia, se puedan montar e ingresar un sistema, calcular y evaluar rápida e

interactivamente, con diferentes niveles de voltaje y con la cantidad de nodos a medida de las necesidades de planeamiento.

### **1.12.2.- Características Generales.**

Esta herramienta presenta una serie de facilidades entre las que se puede citar las siguientes:

- Facilidad de administración de datos incluyendo exportación a programas externos.
- Capacidad de generar los diagramas unifilares a través de sistemas CAD.
- Disponibilidad de funciones de importación/exportación de datos de topología y datos de carga.
- Conexión integrada a bases de datos ampliamente utilizadas.
- Exploración de datos SQL para MS-Access, Oracle.
- Administración y manejo de diferentes variantes de red.
- Técnicas multi-capa.
- Opciones flexibles para desplegar resultados.
- Extensas librerías de elementos de red y dispositivos de protección.
- Interfase directa con sistemas de información geográfica (GIS) y sistemas SCADA.

### **1.12.3.- Módulo de Flujo de Potencia.**

Constituye el modelo básico de NEPLAN, y es el módulo base para la aplicación de los restantes módulos de NEPLAN.



### ***1.12.3.1.- Características Generales del Módulo de Flujo de Potencia.***

- Métodos de cálculo: Inyección de Corrientes, Newton Raphson, Newton Raphson Extendido.
- Verificación de límites y apropiada conversión automática del tipo de nodo.
- Control de flujo y voltaje por medio de transformadores de desplazadores de fase y transformadores de tres devanados controlables.
- Dispositivos FACTS: SVC, STATCOM, TCSC, UPFC.
- Tipos de nodo: slack, PQ, PV, PC, SC, PI, IC. Permite más de un nodo slack.
- Intercambio de potencia entre áreas/zonas (control de intercambio de área). Elementos y cargas de la red asimétricos.
- Factores de escalamiento predefinidos y definidos por el usuario para variaciones rápidas de carga y generación.
- Nodo slack distribuido.
- Balance de carga.
- Cálculo de sensibilidad de pérdidas.
- Control de convergencia de longitud de paso.
- Archivo de inicialización de entrada/salida.

## **1.13.- DESCRIPCION DEL SOFTWARE CYMTCC**

CYMTCC aborda coordinación de las protecciones para dispositivos industriales, comerciales y sistemas de distribución de energía.

- Se usa para producir Parcelas curva tiempo- corriente y el establecimiento de informes de dispositivos utilizando cualquier de los 15.000 dispositivos almacenados en la biblioteca.

- Si es necesario, se puede añadir nuevos dispositivos a la biblioteca, y editar las curvas y ajuste rangos de los dispositivos existentes.
- Curvas de trazado en el estándar Keuffel y Esser log-log formas, o en papel normal. Exportar el diagrama de una línea o la curva tiempo – corriente parcelas a los archivos para su inclusión en los informes.

CYMTCC proporciona una Editor - CAD como para los diagramas de una sola línea, haga clic y arrastre dispositivo símbolos de un menú en el surfac dibujo e (“lienzo ”), donde se puede mover, rotar y conectar los símbolos. Usted puede también dibujar circuitos paralelos.

- Examinar y cambiar la configuración de cualquier dispositivo en cualquier momento.
- Medida de los márgenes de coordinación en la pantalla con el ratón o el margen de dispositivos función.
- Pregunte a CYMTCC para verificar la coordinación de forma automática de acuerdo con sus criterios.

Usted tiene control sobre los detalles tales como escala de intensidad, tensión trazado, bloque de título, curva colores, grosor de línea y de identificación de dispositivo.

- Personaliza la curva etiquetas de identificación y moverlos en la parcela.
- Insertar detalles especiales tales como logotipos de empresa, bloques de título y globos de texto flotantes para mejorar sus dibujos.

El Asistente de Coordinación propone ajustes para uno o todos los dispositivos de protección de un circuito dado. Los ajustes propuestos garantizan que los dispositivos de protección son coordinados, es decir, que el dispositivo más cercano operará la falla antes que el dispositivo aguas arriba.

## **CAPITULO II**

### **2.1.- ANTECEDENTES HISTORICOS DE ADELCA.**

ADELCA C.A. fue fundada en 1963 por un grupo de empresarios ecuatorianos con el objetivo de proveer al país de productos de acero para la construcción, que hasta ese entonces provenían exclusivamente del extranjero. Geográficamente ADELCA C.A. se ubica desde sus comienzos en la Parroquia de Alóag, inicia sus operaciones con un tren laminador manual con una capacidad de 250 toneladas al mes aproximadamente.

La primera producción de varilla laminada en caliente se realiza en 1966.

En 1971 se crea la empresa Heliacero y Preformados S.A. Hepresa que opera también en Alóag y cuenta con dos máquinas trefiladoras, una máquina electrosoldadora y dos máquinas enderezadoras de varilla trefilada con una capacidad de 400 toneladas al mes aproximadamente hasta antes de 1973.

ADELCA C.A se caracteriza por la renovación continua en sus procesos y la inversión en tecnología por lo que en 1977 el tren manual es reemplazado por uno semi-automatizado, ya en el año 1981 se disponía de dos trenes semi-automatizados, uno para varilla delgada con una capacidad de 8000 toneladas al mes

aproximadamente y el otro para varilla gruesa de 4000 toneladas al mes aproximadamente y un tren manual recuperador.

Con la inversión en maquinaria para la fabricación de clavos y alambre, Hepresa es fusionada comercialmente con ADELCA en el año de 1993, dejando de existir como compañía y pasando a ser una unidad de negocio de ADELCA que se dedica a la fabricación de productos trefilados.

En 1993 tiene lugar la modificación de los trenes de laminación de varilla, en donde se aumenta la longitud de los hornos y la capacidad de los equipos desbastadores.

En 1997 se da una nueva modificación la más representativa hasta el presente, de los trenes de laminación de varilla para mejorar la productividad, en la cual se aumentó la capacidad de los hornos y se implementó el desbaste continuo. En el año 2005 comenzó el proyecto de la Acería o planta de reciclaje de chatarra que inicio su operación en Junio del 2008.

Comercialmente ADELCA empieza su evolución con las oficinas en Guayaquil que existen desde antes de 1981. En 1993 se completa la canasta de productos de acero al fusionarse con Hepresa. En el 2003 nace la primera oficina regional en Cuenca, en el 2005 las oficinas regionales en Portoviejo y Santo Domingo y en el 2008 la oficina regional en Ambato.

A partir del 2009 se realiza un proceso de expansión con la implementación de una bodega satélite en la ciudad de Loja, bajo la gerencia de la oficina regional de Cuenca y la regional en Machala. Estas oficinas regionales son centro de distribución de los productos fabricados en la planta de Alóag.

Actualmente la empresa cuenta aproximadamente con 1300 empleados distribuidos:

- 1.- Planta de reciclaje de chatarra para fabricación de palanquilla de acero.
- 2.- Planta de productos laminados.
- 3.- Planta de productos trefilados.

## **2.2.- FILOSOFIA INSTITUCIONAL**

ADELCA C.A. dentro de sus prioridades esta la satisfacción del cliente, la seguridad y la salud de sus colaboradores, la conservación y preservación del ambiente y el compromiso de responsabilidad social, protegiendo el entorno y cumpliendo las leyes aplicables a la empresa.

### **2.2.1.- Misión**

Líderes en el reciclaje para la producción de acero, con excelencia en el servicio, calidad, tecnología, sistemas de gestión, recursos humanos, seguridad industrial, protección ambiental y responsabilidad social.

### **2.2.2.- Visión**

Siempre pensando en el CLIENTE, con el mejor servicio y los mejores productos de acero.

## **2.3.- ANALISIS DE LA INFRAESTRUCTURA TECNOLOGICA DE ADELCA C.A.**

### **2.3.1.- Recepción y Distribución de Chatarra**

Al día de hoy, a nivel nacional se reciben en promedio de 20000 toneladas de chatarra mensual. Trabajan con 20 mayoristas y aproximadamente 6000 minoritarios. En este proceso están involucradas 120 personas de planta a nivel nacional.

La materia prima para su proceso de manufacturación de acero es la chatarra, la cual es recibida en la planta.

### **2.3.2.- Procesamiento de Chatarra**

Con la tecnología y maquinaria, se logra procesar aproximadamente 25000 toneladas de chatarra mensuales involucrando a 400 trabajadores de planta.

### **2.3.3.- Fundición en el Horno Eléctrico**

El horno eléctrico tiene la capacidad de fundir aproximadamente 25000 toneladas de chatarra mensuales y generar palanquilla para nuestro siguiente proceso de laminación.

### **2.3.4.- Afino del Acero en Horno Cuchara**

Proceso por el cual se eliminan las impurezas y se mejora las propiedades del acero con la adición de materiales para entregar un producto de calidad.

### **2.3.5.- Laminación**

Es un proceso de formación volumétrico en la que se reduce el espesor del material trabajado, mediante las fuerzas de compresión que ejerce el rodillo sobre el material de trabajo. Se laminan aproximadamente 20000 toneladas mensuales en la planta, con aproximadamente 300 empleados durante tres turnos laborales.

### **2.3.6.- Trefilación (Laminado en frío)**

Es el estiramiento del alambro a través de una hizera cónica, sin pérdida de material. En esta planta se producen clavos, grapas, alambre de púas, alambre galvanizado entre otros, con una producción aproximada a 4500 toneladas mensuales.

### **2.3.7.- Subestación**

El sistema eléctrico de ADELCA C.A. es alimentado desde la subestación Santa Rosa con una línea de 138 kV de 14.5 km con conductor 350 MCM ACAR.

Este sistema tiene tres niveles de voltaje 138, 23 y 6.6, 2.4 0.44 kV y barras con voltaje variable que alimentan a los Hornos EAF Y LF.

El presente estudio se refiere a un análisis de la coordinación de las protecciones del sistema actual, para posteriormente hacer las correcciones necesarias para el ingreso de las etapas de ampliación.

## **2.4.- ANALISIS DE RESULTADOS**

La presente investigación muestra el criterio del 10% de empleados pertenecientes al departamento eléctrico del área de fundición de chatarra de la planta de producción ADELCA C.A ubicada en el sector de Alóag perteneciente a la Provincia de Pichincha.

Mostrando así la factibilidad que posee el estudio técnico para así poder llevar a cabo una repotenciación de la subestación en la planta de producción ADELCA C.A. que trabaja a nivel de 138 kV, previamente realizando una proyección de la demanda eléctrica que ayudará a lograr el objetivo principal que es la repotenciación.

Para el desarrollo del proyecto se utilizó la investigación descriptiva donde se logró conocer los problemas que aquejan a la subestación de ADELCA C.A. ya que debido al aumento de producción y a la expansión de la fábrica se ha visto en la necesidad de contratar a préstamo una subestación móvil de la E.E.Q.S.A., para poder abastecer la carga que tiene actualmente.

Razón por la cual se debe realizar una repotenciación, con la cual se pueda determinar la estabilidad ideal del sistema contando con los nuevos transformadores que serán adquiridos por ADELCA, para ya no prescindir los servicios de la subestación móvil.

Además se utilizó la investigación de campo porque fue desarrollada en el sitio, es decir, en la subestación de la planta de producción de ADELCA C.A. en la cual se pudo observar todos los inconvenientes que están relacionados con la misma y tras realizar esta investigación poder encontrar las posibles soluciones.

La técnica utilizada en la investigación fue la Encuesta, con el fin de recopilar información muy útil que proporcionarán los empleados pertenecientes al departamento eléctrico del área de fundición de chatarra de la planta de producción ADELCA C.A., la cual se encuentra en el **ANEXO 1**. Esta fue la base para establecer si la investigación era factible de realizarla.

## **2.5.- ANALISIS, RESULTADOS Y COMPROBACION DE LA HIPOTESIS**

### **2.5.1.- Análisis e interpretación de los resultados de las encuestas realizadas a los empleados pertenecientes al departamento eléctrico del área de fundición de chatarra de la planta de producción ADELCA C.A.**

1.- ¿Marque con una X la carga eléctrica que se considera la más grande de ADELCA?

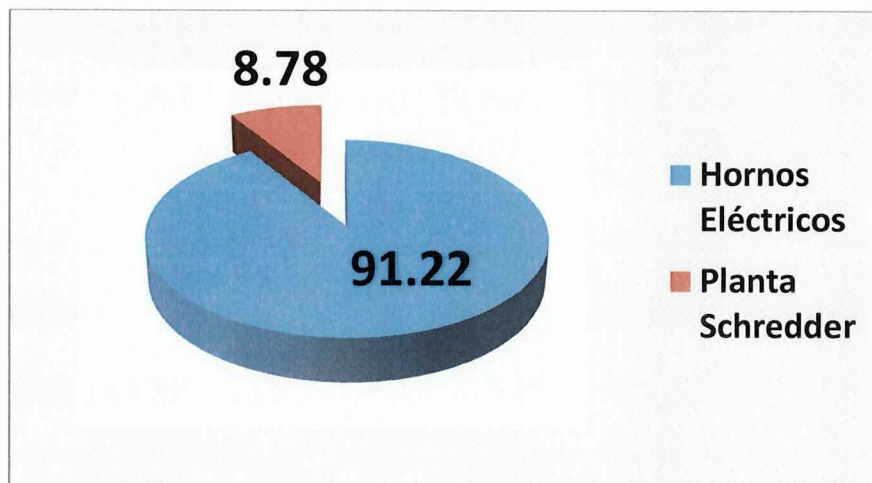
**TABLA N° 2.1**

<b>PREGUNTA 1</b>	<b>N° ENCUESTADOS</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
Hornos eléctricos	52	91,22
Planta schredder	5	8,78
<b>TOTAL</b>	<b>57</b>	<b>100</b>

ELABORADO: Investigadores

**GRAFICO N° 2.1**

**ANALISIS Y RESULTADOS PREGUNTA N° 1**



ELABORADO: Investigadores

La mayoría de los trabajadores del departamento eléctrico del área de fundición de chatarra tienen conocimiento de cuáles son las cargas más grandes de ADELCA, estos trabajadores consideran que las cargas más grandes que posee la planta son los hornos eléctricos.

2.- ¿Marque con una x la causa más relevante, por la que cree usted que se origina la sobrecarga del transformador de la subestación de ADELCA C.A.?

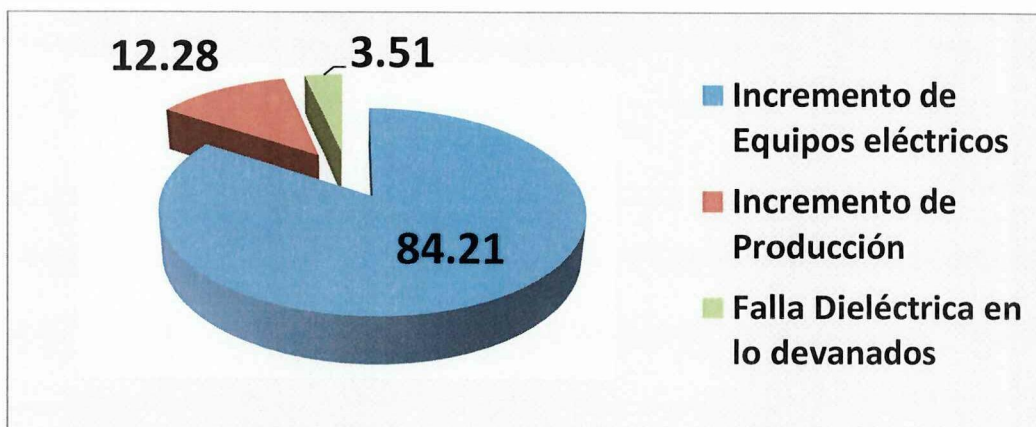
**TABLA N° 2.2**

<b>PREGUNTA 2</b>	<b>N° ENCUESTADOS</b>	<b>PORCENTAJE(%)</b>
Incremento de equipos eléctricos	48	84,21
Incremento de producción	7	12,28
Falla dieléctrica en lo devanados	2	3,51
<b>TOTAL</b>	<b>57</b>	<b>100</b>

ELABORADO: Investigadores

**GRAFICO N° 2.2**

**ANALISIS Y RESULTADOS PREGUNTA N° 2**



ELABORADO: Investigadores

En esta pregunta los trabajadores del departamento eléctrico del área de fundición de chatarra tienen un criterio de cuál es la razón por la cual se produce la sobrecarga del transformador de la subestación perteneciente a ADELCA, los trabajadores consideran que la sobrecarga puede ser por el incremento de equipos eléctricos instalados que poseen una gran cantidad de carga.

3.- ¿Marque con una X los periodos que se consideran los más productivos de ADELCA C.A.?

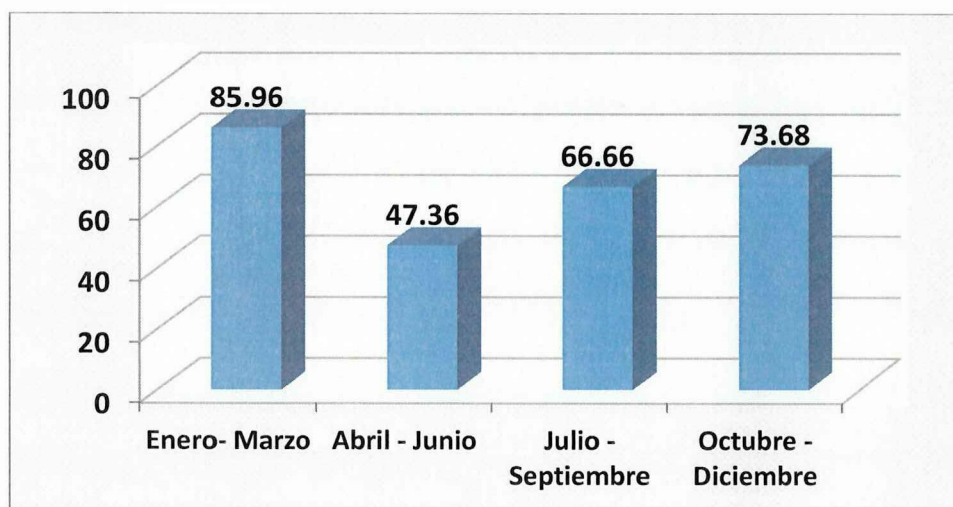
**TABLA N° 2.3**

<b>PREGUNTA 3</b>	<b>N° ENCUESTADOS</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Enero- Marzo	49	85,96
Abril - Junio	27	47,36
Julio - Septiembre	38	66,66
Octubre - Diciembre	42	73,68

ELABORADO: Investigadores

**GRAFICO N° 2.3**

**ANALISIS Y RESULTADOS PREGUNTA N° 3**



ELABORADO: Investigadores

La mayoría de los trabajadores encuestados describen que el periodo más productivo de ADELCA es de Enero - Marzo, lo consideran así ya que el mes de Diciembre lo utilizan para hacer un mantenimiento total de la planta, por lo cual en este periodo la planta trabaja sin ninguna interrupción.

4.- ¿Cree Ud. Que es necesario realizar el estudio para la repotenciación de la subestación?

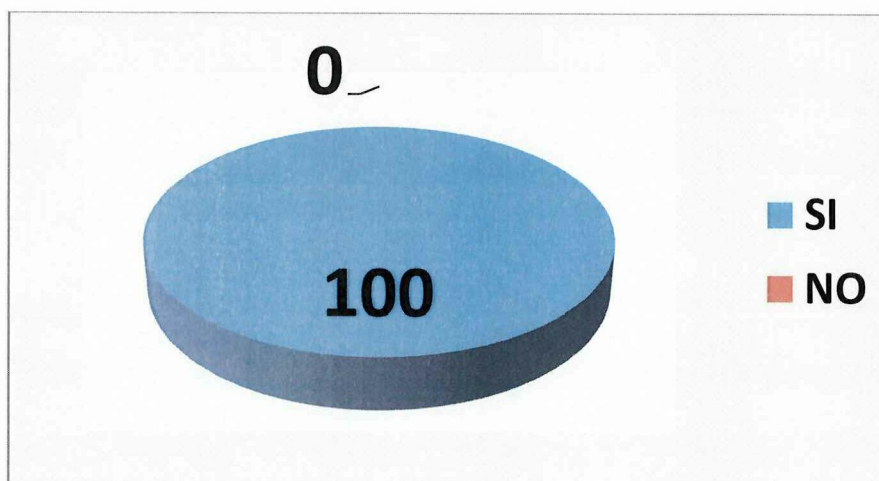
**TABLA N° 2.4**

<b>PREGUNTA 4</b>	<b>N° ENCUESTADOS</b>	<b>PORCENTAJE</b>
SI	57	100
NO	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>57</b>	<b>100</b>

ELABORADO: Investigadores

**GRAFICO N° 2.4**

**ANALISIS Y RESULTADOS PREGUNTA N° 4**



ELABORADO: Investigadores

Al igual que en la pregunta anterior todos los trabajadores encuestados están de acuerdo en que se realice un estudio técnico para la repotenciación de la subestación ya que creen que será de gran ayuda para evitar inconvenientes cuando se realice la expansión de la fábrica.

5.- ¿Cree Ud. Que la instalación de un nuevo transformador ayudará a abastecer la demanda actual y futura de la planta de producción ADELCA C.A.?

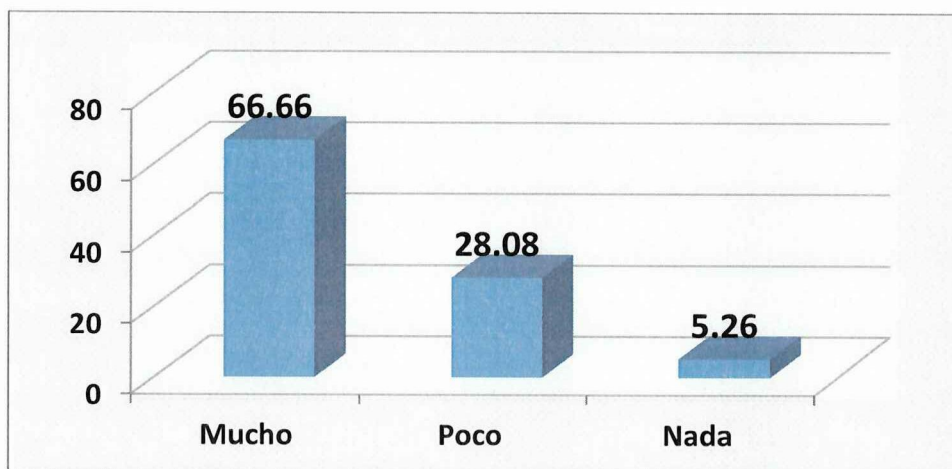
**TABLA N° 2.5**

<b>PREGUNTA 5</b>	<b>N° ENCUESTADOS</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Mucho	38	66,66
Poco	16	28,08
Nada	3	5,26
<b>TOTAL</b>	<b>57</b>	<b>100</b>

ELABORADO: Investigadores

**GRAFICO N° 2.5**

**ANALISIS Y RESULTADOS PREGUNTA N° 5**



ELABORADO: Investigadores

Con respecto a esta pregunta los trabajadores encuestados se encuentran algo divididos en sus respuestas ya que el 66,66 % piensa que con un transformador es suficiente para abastecer la demanda que tendrá ADELCA mientras que el resto piensa que con un solo transformador no será suficiente para poder abastecer las nuevas cargas que va a tener ADELCA.

6.- ¿Marque con una X los parámetros que cree usted, que se consideran más importantes para la proyección de la demanda?

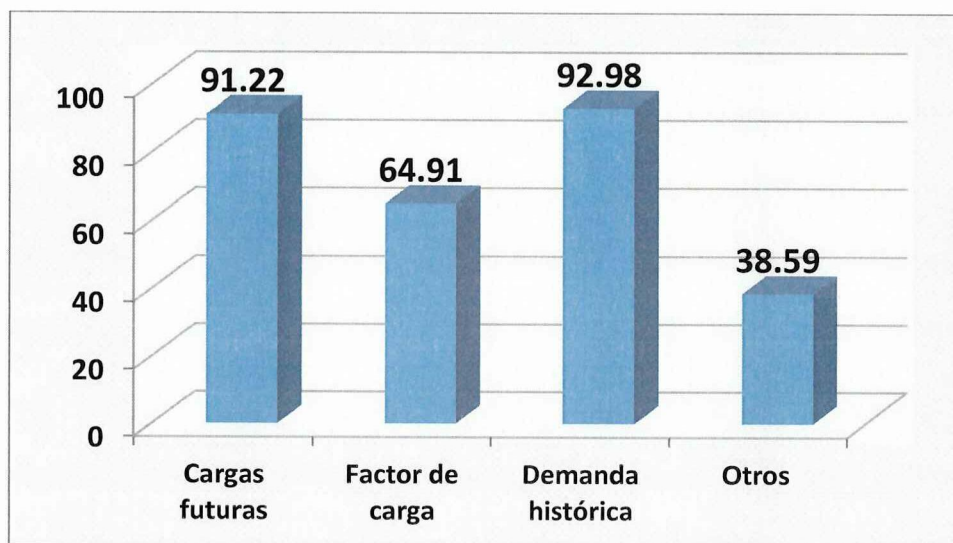
**TABLA N° 2.6**

<b>PREGUNTA 6</b>	<b>N° ENCUESTADOS</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Cargas futuras	52	91,22
Factor de carga	37	64,91
Demanda histórica	53	92,98
Otros	22	38,59

ELABORADO: Investigadores

**GRAFICO N° 2.6**

**ANALISIS Y RESULTADOS PREGUNTA N° 6**



ELABORADO: Investigadores

El 91% de los encuestados manifiestan que las cargas futuras es el parámetro más importante para realizar la proyección de la demanda, el resto tiene una idea, considerando parámetros como: Cargas futuras, Factor de carga y otros.

7.- ¿Marque con una X la causa más importante por la cual la demanda ha incrementado en los últimos años en la planta?

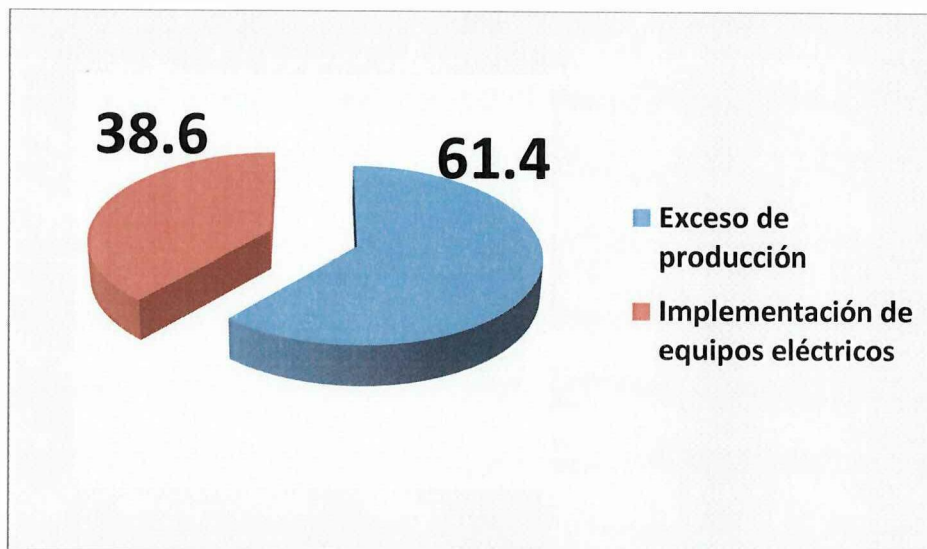
**TABLA N° 2.7**

<b>PREGUNTA 7</b>	<b>N° ENCUESTADOS</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Exceso de producción	35	61,4
Implementación de equipos eléctricos	22	38,6
<b>TOTAL</b>	<b>57</b>	<b>100</b>

ELABORADO: Investigadores

**GRAFICO N° 2.7**

**ANALISIS Y RESULTADOS PREGUNTA N° 7**



ELABORADO: Investigadores

Los trabajadores señalan en su totalidad que la demanda se ha incrementado considerablemente, por el exceso de producción y la implementación de algunos equipos eléctricos.

8.- ¿Sabe Ud. Si la subestación cuenta con suficiente espacio físico para la implementación de nuevos equipos? Justifique su respuesta?

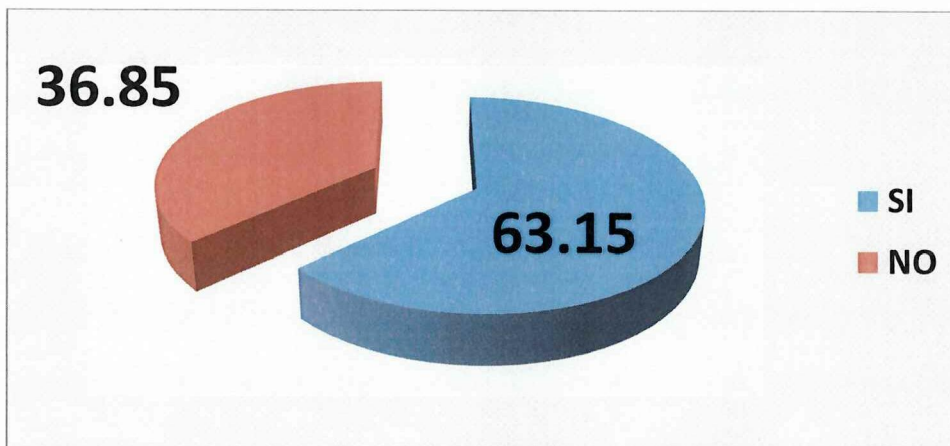
**TABLA N° 2.8**

<b>PREGUNTA 9</b>	<b>N° ENCUESTADOS</b>	<b>PORCENTAJE</b>
SI	36	63,15
NO	21	36,85
<b>TOTAL</b>	<b>57</b>	<b>100</b>

**ELABORADO: Investigadores**

**GRAFICO N° 2.8**

**ANALISIS Y RESULTADOS PREGUNTA N° 8**



**ELABORADO: Investigadores**

Una gran parte de los trabajadores encuestados creen que el espacio físico que posee la subestación de ADELCA es lo suficientemente grande para poder implementar más equipos tomando en cuenta las distancias de seguridad que esta debe poseer, mientras que el resto cree que no tiene suficiente espacio, lo que obligaría a extender el perímetro de la subestación y eso implicaría la reducción de las vías anexas a la subestación por donde circula el transporte interno de la fábrica.

9.- ¿Marque con una X la causa más importante que considera, que no es recomendable utilizar el rendimiento máximo de todos los equipos eléctricos para lograr una mayor producción?

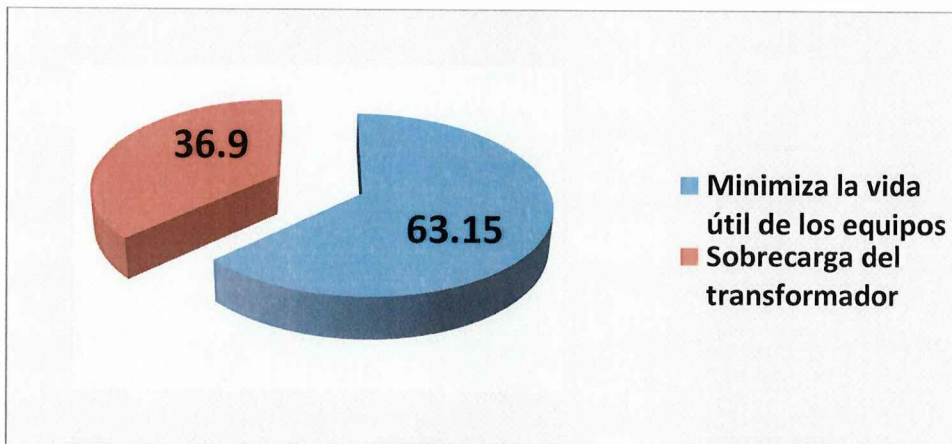
**TABLA N° 2.9**

<b>PREGUNTA 10</b>	<b>N° ENCUESTADOS</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Minimiza la vida útil de los equipos	36	63,15
Sobrecarga del transformador	21	36,9
<b>TOTAL</b>	<b>57</b>	<b>100</b>

**ELABORADO: Investigadores**

**GRAFICO N° 2.9**

**ANALISIS Y RESULTADOS PREGUNTA N° 9**



**ELABORADO: Investigadores**

La mayoría del personal encuestado considera que no es recomendable utilizar la maquinaria a su máxima capacidad ya que esto reduciría la vida útil de los equipos, aparte esto incrementaría el consumo de carga lo que no es bueno para los transformadores ya que se sobrecargarían.

## 2.5.2.- Comprobación de la Hipótesis

Para realizar el presente trabajo de investigación se planteó las siguientes hipótesis:

### a) Modelo Lógico

El análisis y simulación de la proyección de la demanda en la planta de producción ADELCA C.A. a nivel de 138 kV, permitirá repotenciar la subestación.

**h<sub>0</sub>**= El análisis y simulación de la proyección de la demanda en la planta de producción ADELCA C.A. a nivel de 138 kV, **NO** permitirá repotenciar la subestación.

**h<sub>a</sub>**= El análisis y simulación de la proyección de la demanda en la planta de producción ADELCA C.A. a nivel de 138 kV, **SI** permitirá repotenciar la subestación.

### b) Modelo Matemático

**Hipótesis nula h<sub>0</sub>**= Respuestas observadas = Respuestas Esperadas

**Hipótesis alternativa h<sub>a</sub>**= Respuestas observadas  $\neq$  Respuestas Esperadas.

### 2.5.2.1.- Nivel de significación

La probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando es falsa es de 5%, es decir, el nivel de confianza es del 95%.

## 2.5.2.2.- Argumentación

### 2.5.2.2.1.- Estadístico de Prueba

Para la verificación de la hipótesis se toma la fórmula del Chi-cuadrado, se utilizó la encuesta como técnica de investigación, escogiendo dos preguntas como se muestra en la **Tabla 2.10**

**TABLA N° 2.10**  
**DATOS DE LA ENCUESTA OBSERVADA**

Items	Pregunta	Opción	SI (fo)	NO (fo)	TOTAL
1	2	Incremento de equipos eléctricos	48	9	57
2	2	Incremento de producción	7	50	57
3	2	Falla dieléctrica en lo devanados	2	55	57
1	3	Enero - Marzo	49	8	57
2	3	Abril - Junio	27	30	57
3	3	Julio - Septiembre	38	19	57
4	3	Octubre - Diciembre	42	15	57
1	5	Mucho	38	19	57
2	5	Poco	16	41	57
3	5	Nada	3	54	57
1	6	Cargas futuras	52	5	57
2	6	Factor de carga	37	20	57
3	6	Demanda histórica	53	4	57
4	6	Otros	22	35	57
<b>TOTAL</b>			<b>434</b>	<b>364</b>	<b>798</b>

ELABORADO: Investigadores



Aplicando la fórmula de la frecuencia esperada

$$fe = \frac{tf * tc}{tg}$$

Ec. 2.1

**Dónde:**

**fe**= frecuencia esperada

**tf**= total filas

**tc**= total columnas

**tg**= total general

De las dos preguntas se obtuvo el cálculo de la frecuencia esperada y se detalla en la **Tabla 2.11**

**TABLA N° 2.11**  
**RESULTADOS DE LA FRECUENCIA ESPERADA**

Ítems	N° Pregunta	SI ( <i>fe</i> )	NO ( <i>fe</i> )	TOTAL
1	2	31	26	57
2	2	31	26	57
3	2	31	26	57
1	3	31	26	57
2	3	31	26	57
3	3	31	26	57
4	3	31	26	57
1	5	31	26	57
2	5	31	26	57
3	5	31	26	57
1	6	31	26	57
2	6	31	26	57
3	6	31	26	57
4	6	31	26	57

**ELABORADO:** Investigadores

Aplicando la fórmula de Chi-cuadrado

$$X_c = \frac{(fo - fe)^2}{fe}$$

Ec. 2.2

**Dónde:**

**Xc**= Valor a calcularse de Chi-cuadrado

**fo** = frecuencia observada

**fe** = frecuencia esperada

**2.5.2.2.2.- Resolución de la fórmula**

**TABLA N° 2.12  
CALCULO DEL CHI-CUADRADO**

$X_c = \frac{(fo - fe)^2}{fe}$		<i>Fo</i>	<i>fe</i>	<i>(fo - fe)</i>	<i>(fo - fe)<sup>2</sup></i>	$\frac{(fo - fe)^2}{fe}$
Enero - Marzo	SI	49	31	18	324	10,45
	NO	8	26	-18	324	12,46
Incremento de equipos eléctricos	SI	48	31	17	289	9,32
	NO	9	26	-17	289	11,11
Incremento de producción	SI	7	31	-24	576	18,58
	NO	50	26	24	576	22,15
Falla dieléctrica en lo devanados	SI	2	31	-29	841	27,12
	NO	55	26	29	841	32,34

Abril - Junio	SI	27	31	-4	16	0,51
	NO	30	26	4	16	0,61
Julio - Septiembre	SI	38	31	7	49	1,58
	NO	19	26	-7	49	1,88
Octubre - Diciembre	SI	42	31	11	121	3,90
	NO	15	26	-11	121	4,65
Mucho	SI	38	31	7	49	1,58
	NO	19	26	-7	49	1,88
Poco	SI	16	31	-15	225	7,25
	NO	41	26	15	225	8,65
Nada	SI	3	31	-28	784	25,29
	NO	54	26	28	784	30,15
Cargas futuras	SI	52	31	21	441	14,22
	NO	5	26	-21	441	16,96
Factor de carga	SI	37	31	6	36	1,16
	NO	20	26	-6	36	1,38
Demanda histórica	SI	53	31	22	484	15,61
	NO	4	26	-22	484	18,61
Otros	SI	22	31	-9	81	2,61
	NO	35	26	9	81	3,11
						<b>305,12</b>

**ELABORADO: Investigadores**

El valor total una vez aplicado el cálculo del chi-cuadrado es de 305,12 lo cual nos servirá para poder establecer la decisión final y saber si la hipótesis es factible o no es factible, caso contrario se debe volver a aplicar una diferente encuesta.

### 2.5.2.2.3.- Regla de Decisión

Si  $X_{2c} > X_{2t}$  rechazo  $H_0$  y acepto  $H_1$

### Grados de libertad

Aplicando la fórmula para el calcular el grado de Libertad

$$gl = (nr - 1) * (nc - 1)$$

Ec. 2.3

### Dónde:

**gl**= grado de libertad

**nr** = Número de filas

**nc** =Número de columnas

$$gl = (14 - 1) * (2 - 1)$$

$$gl = 13$$

Con un nivel de significación de 5% y 13 grado de libertad  $X_{2p} = 22,06$

TABLA N° 2.13

DISTRIBUCION CHI-CUADRADO

Ji cuadrada/ chi cuadrada / $\chi^2$

Grados libertad	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005
1	2,71	3,84	5,02	6,63	7,88
2	4,61	5,99	7,38	9,21	10,60
3	6,25	7,81	9,35	11,34	12,84
4	7,78	9,49	11,14	13,28	14,86
5	9,24	11,07	12,83	15,09	16,75
6	10,64	12,59	14,45	16,81	18,55
7	12,02	14,07	16,01	18,48	20,28
8	13,36	15,51	17,53	20,09	21,95
9	14,68	16,92	19,02	21,67	23,59
10	15,99	18,31	20,48	23,21	25,19
11	17,28	19,68	21,92	24,73	26,76
12	18,55	21,03	23,34	26,22	28,30
<b>13</b>	19,81	<b>22,06</b>	24,74	27,69	29,82
14	21,06	23,68	26,12	29,14	31,32
15	22,31	25,00	27,49	30,58	32,80
16	23,54	26,30	28,85	32,00	34,27
17	24,77	27,59	30,19	33,41	35,72
18	25,99	28,87	31,53	34,81	37,16
19	27,20	30,14	32,85	36,19	38,58
20	28,41	31,41	34,17	37,57	40,00
21	29,62	32,67	35,48	38,93	41,40
22	30,81	33,92	36,78	40,29	42,80
23	32,01	35,17	38,08	41,64	44,18
24	33,20	36,42	39,36	42,98	45,56
25	34,38	37,65	40,65	44,31	46,93
26	35,56	38,89	41,92	45,64	48,29
27	36,74	40,11	43,19	46,96	49,65
28	37,92	41,34	44,46	48,28	50,99
29	39,09	42,56	45,72	49,59	52,34
30	40,26	43,77	46,98	50,89	53,67
40	51,81	55,76	59,34	63,69	66,77
50	63,17	67,50	71,42	76,15	79,49
60	74,40	79,08	83,30	88,38	91,95
70	85,53	90,53	95,02	100,43	104,21
80	96,58	101,88	106,63	112,33	116,32
90	107,57	113,15	118,14	124,12	128,30
100	118,50	124,34	129,56	135,81	140,17

FUENTE: <http://crisrina92sm.files.wordpress.com/2011/05/tabla-chi-cuadrado.jpg>

### **2.5.3.- Decisión**

El valor de  $X^2_c = 305,12 > X^2_p = 22,06$  y de conformidad a lo establecido en la regla de decisión, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, es decir, El análisis y simulación de la proyección de la demanda en la planta de producción ADELCA C.A. a nivel de 138 kV, **SI** permitirá repotenciar la subestación.

De manera que la hipótesis que se ha planteado es factible, ya que ha permitido ser una parte primordial de este trabajo investigativo, que ha llegado a ser comprobada satisfactoriamente por medio del Método de Chi-cuadrado.

## **2.6.- FLUJOS DE CARGA Y CORTOCIRCUITO**

### **2.6.1.- Antecedentes**

El sistema eléctrico de ADELCA es alimentado desde la subestación Santa Rosa con una línea de 138 kV, una longitud de 14,5 Km con conductor 350 MCM ACAR, este sistema tiene varios niveles de voltaje 138, 23, 6.6, 2.4 y 0.44 kV y barras con voltaje variable que alimentan a los hornos EAF y LF.

En el **ANEXO 46** se indica el diagrama unifilar del sistema en el que se indica el equivalente Thevenin del Sistema Nacional Interconectado, los transformadores, cables y cargas.

El presente estudio se refiere a un análisis de flujo de potencia, cortocircuito simétrico, asimétrico y la coordinación de las protecciones del sistema actual, para posteriormente realizar las correcciones necesarias para el ingreso de un transformador de 50 MVA que dará servicio a los hornos EAF Y LF.

### **Los flujos de carga se realizará con tres condiciones**

- Sistema en condición original.
- Sistema con un nuevo transformador de 50 MVA que alimentan a los hornos EAF y LF.
- Sistema con demanda proyectada.

Considerando, que en el sistema eléctrico de ADELCA, exista una condición de demanda máxima, demanda mínima y demanda proyectada para realizar los respectivos flujos de potencia y cortocircuito para cada caso antes mencionado se tendrán los siguientes datos:

#### ***2.6.1.1.- Generación.***

El sistema es alimentado desde la red del sistema nacional interconectado (S.N.I) a nivel de 138 Kv.

Los datos del equivalente Thevenin del S.N.I en la barra de 138 kV de ADELCA suministrado por el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) son los siguientes:

**TABLA N° 2.14**  
**EQUIVALENTE DEL S.N.I**

Generación	Impedancia de Secuencia Positiva y Cero (0)			
	% de Z en 100 MVA base			
	R1	X1	R0	X0
MAXIMA	1.57	7.88	3.71	1.51
MINIMA	1.69	7.79	3.72	1.53

FUENTE: ADELCA

ELABORADO POR: Investigadores

### 2.6.1.2.- Transformadores.

En la **Tabla 2.15** se muestran los principales parámetros de funcionamiento de los transformadores de los diferentes proyectos instalados en la empresa ADELCA.

**TABLA N° 2.15**  
**TRANSFORMADORES DEL SERVICIO ELECTRICO DE ADELCA**

Nombre	Referencia	Volt Alta (kV)	Volt Baja (kV)	Sn (MVA)	Ubicación del Tap	Zcc (%)	Conexión	Rt (□)
TR1	Servicios	138	23	50	Tap 3 en 23 kV	13.21	Dy1	-
TR2	Hornos	138	23	50	Tap 3 en 138 kV	11.8	Dy1	-
TR3	Hornos EAF	23	(0.401) (0.649)	25	OTLC	8.56	Dd	-
TR3-N	Hornos EAF	23	(0.633) (1)	50	OTLC	8.38	Dd	-
TR4	Horno LF	23	(0.115) (0.38)	10.5	OTLC	8.92	Dd	-
TR5	Servicio Acería	23	0.44	3.2	Tap 2 en 23 kV	6	Dyn11	0

TR6	Planta de humos	23	0.44	2.5	Tap 3 en 23 kV	5.78	Dyn11	0
TR7	Oxigeno	23	0.44	2.5	Tap 3 en 23 kV	5.78	Dyn11	0
TR8	Chatarra	23	0.44	2.5	Tap 3 en 23 kV	5.78	Dyn11	0
TR9	Indura	23	2.4	2	Tap 3 en 23 kV	5.7	Dyn11	0
TR10	Planta Shredder	23	6.6	5	Tap 3 en 23 kV	9	Dyn11	20

FUENTE: ADELCA

ELABORADO POR: Investigadores

- Transformadores de interconexión con el S.N.I: TR1 y TR2
- Transformadores de alimentación de servicios: TR5 y TR10
- Transformadores de alimentación a los hornos: TR3, TR3-N y TR4

Con excepción de los transformadores de los hornos eléctricos, que tienen taps bajo carga, todos tienen taps fijos de  $\pm 2 \times 2.5$ .

### ***2.6.1.3.- Cables subterráneos de medio voltaje (23 kV, tipo XLPE (polietileno reticulado)).***

Las instalaciones de medio voltaje de la planta ADELCA son en su mayoría subterráneos. En la **Tabla 2.16** se indica la longitud de los tramos y el calibre de los cables que los componen. Se recomiendan revisar el **ANEXO 46** (Diagrama unifilar) para mayor referencia

**TABLA N° 2.16**

**CALIBRE Y LONGITUD DE CABLE SUBTERRANEOS POR TRAMOS**

<b>TRAMO</b>	<b>CALIBRE</b>	<b>LONGITUD (m)</b>
TR1-B.QMT1	3x(1x240 mm <sup>2</sup> )	46
B.QMTR1 – B.QMTR5	3x35 mm <sup>2</sup>	80
B.QMTR5 – TR5	3x35 mm <sup>2</sup>	10
B. QMTR1 – B.QMTR6	3x35 mm <sup>2</sup>	300
B.QMTR6 – TR6	3x35 mm <sup>2</sup>	10
B.QMTR1 – TR7	3x35 mm <sup>2</sup>	15
B.QMTR1 – TR8	3x35 mm <sup>2</sup>	200
B.QMTR1 – B.QMTR10	3x70 mm <sup>2</sup>	200
B.QMTR10 – TR10	3x70 mm <sup>2</sup>	10
B.QMTR1 – TR9	3x35 mm <sup>2</sup>	100
TR2 – B.QMTR2	3x(3x240 mm <sup>2</sup> )	40
B.QMTR2 - FILTRO	3x150 mm <sup>2</sup>	15
B.QMTR2 - REACTOR	3x(3x240 mm <sup>2</sup> )	18
REACTOR – B.QMTR3	3x(3x240 mm <sup>2</sup> )	80
B.QMTR2 – B.QMTR4	3x(1x240 mm <sup>2</sup> )	100

FUENTE: ADELCA

ELABORADO POR: Investigadores

Los datos de los cables, necesarios para realizar un estudio de cortocircuitos, se obtuvieron mediante cálculos basados en el manual técnico de cables de energía eléctrica, en el cual se muestra la impedancia de secuencia positiva e impedancia de secuencia cero y se indican en la **Tabla 2.17**.

**TABLA N° 2.17**  
**PARAMETROS DE LOS CABLES SUBTERRANEOS ( $\Omega$ /KM)**

	Impedancia de secuencia		Impedancia de secuencia	
	R1	X1	R0	X0
<b>3x(1x240 mm<sup>2</sup>)</b>	0.09095	0.15718	0.26870	2.95321
<b>3x(3x240 mm<sup>2</sup>)</b>	0.03032	0.05494	0.20807	2.15883
<b>3x35 mm<sup>2</sup></b>	0.62099	0.16078	0.79467	3.43138
<b>3x70 mm<sup>2</sup></b>	0.32104	0.76398	0.49374	3.33936
<b>3x150 mm<sup>2</sup></b>	0.15454	0.69602	0.32526	3.21402

FUENTE: ADELCA

ELABORADO POR: Investigadores

#### *2.6.1.4.- Cargas consideradas.*

La demanda instantánea de energía de la planta ADELCA tiene un comportamiento muy variable, debido principalmente a la operación de los hornos de fundición. Las cargas máximas se presentan cuando los dos hornos trabajan simultáneamente y se presentan en las **Tabla 2.18 - 2.19 y 2,20.**

#### **2.6.2.- CASO 1.- Condición Inicial**

En la **Tabla 2.18** se presentan los datos de la condición actual del Sistema Eléctrico de ADELCA, el cual consta de la potencia de los transformadores de cada proyecto que posee actualmente la empresa.



**TABLA N° 2.18**  
**DEMANDA EN CONDICION INICIAL**

<b>NOMBRE</b>	<b>VOLTAJE (V)</b>	<b>TRANSFORMADOR</b>	<b>P(MW)</b>	<b>Q(MVAR)</b>
Horno EAF	401-649	TR3 (25 MVA)	24	12.8
Horno LF	115 – 380	TR4	5.3	2.8
SERVICIO ACERIA	440	TR5	2	1.5
PLANTA HUMOS	440	TR6	1.2	0.9
OXIGENO	440	TR7	1.2	0.9
CHATARRA	440	TR8	0.5	0.375
INDURA	2400	TR9	1.05	0.78

FUENTE: ADELCA

ELABORADO POR: Investigadores

### 2.6.3.- CASO 2.- Sistema con Planta Shredder y Carga en Chatarra

A este caso se le incluye la potencia del transformador de la planta Shredder y aumenta la carga en Chatarra, todo se detalla en la **Tabla 2.19**.

**TABLA N° 2.19**  
**SISTEMA CON PLANTA SHREDDER Y CARGA EN CHATARRA**

<b>NOMBRE</b>	<b>VOLT. (V)</b>	<b>TRANSFORMADOR</b>	<b>P(MW)</b>	<b>Q(MVAR)</b>
Horno EAF	401-649	TR3 (25 MVA)	24	12.8
Horno LF	115 – 380	TR4	5.3	2.8
SERVICIO ACERIA	440	TR5	2	1.5
PLANTA HUMOS	440	TR6	1.2	0.9
OXIGENO	440	TR7	1.2	0.9
CHATARRA	440	TR8	1.5	1.125
INDURA	2400	TR9	1.05	0.78
PLANTA SHREDDER	6600	TR10	2.984	1.927

FUENTE: ADELCA

ELABORADO POR: Investigadores

### 2.6.4.- CASO 3.- Sistema con Nuevo Transformador de 50 MVA

Para este caso lo único que va a variar con respecto a las dos condiciones anteriores es la potencia del transformador del horno EAF que aumenta de 25 a 50 MVA y se muestra en la **Tabla 2.20**.

**TABLA N° 2.20**  
**SISTEMA CON NUEVO TRANSFORMADOR 50 MVA.**

<b>NOMBRE</b>	<b>VOLT. (V)</b>	<b>TRANSFORMADOR</b>	<b>P(MW)</b>	<b>Q(MVAR)</b>
Horno EAF	633-1000	TR3 (50 MVA)	26.4	19.8
Horno LF	115 – 380	TR4	5.3	2.8
SERVICIO ACERIA	440	TR5	2	1.5
PLANTA HUMOS	440	TR6	1.2	0.9
OXIGENO	440	TR7	2.2	1.65
CHATARRA	440	TR8	0.5	0.375
INDURA	2400	TR9	1.05	0.78
PLANTA SHREDDER	6600	TR10	2.984	1.927

FUENTE: ADELCA

ELABORADO POR: Investigadores

### 2.6.5.- CASO 4.- Sistema con la Proyección de la Demanda

Para la proyección de la demanda al igual que en la condición inicial se debe considerar los parámetros del conductor que es calibre y longitud de los tramos que va a existir para los nuevos proyectos a implementarse en ADELCA, estos se detallan en la **Tabla 2.21**. Así como también se debe considerar las nuevas potencias que van a tener los nuevos proyectos que se detallan en la **Tabla 2.22**.

**TABLA N° 2.21**  
**CALIBRE Y LONGITUD DE CABLE SUBTERRANEOS POR TRAMOS**  
**DE LOS TABAJOS PROYECTADOS**

TRAMO	CALIBRE	LONGITUD (m)
TR3-B.QMT3/01	3x(1x240 mm <sup>2</sup> )	46
B.QMTR3/02 – B.QMTR10/01	3x70 mm <sup>2</sup>	200
B.QMTR10/02 – TR10	3x70 mm <sup>2</sup>	10
B.QMTR3/03 – TR11	3x35 mm <sup>2</sup>	15
B. QMTR3/04 – TR12	3x35 mm <sup>2</sup>	100
B.QMTR3/05 – TR13	3x35 mm <sup>2</sup>	200
B.QMTR3/06 – TR14	3x35 mm <sup>2</sup>	10
B.QMTR3/07 – B.QMTR10/03	3x70 mm <sup>2</sup>	200
B.QMTR10/04 – TR15	3x70 mm <sup>2</sup>	10

FUENTE: ADELCA

ELABORADO POR: Investigadores

**TABLA N° 2.22**  
**SISTEMA CON LA PROYECCION DE LA DEMANDA.**

NOMBRE	VOLTAJE (V)	TRANSFORMADOR	P(MW)	Q(MVAR)
Horno EAF	633-1000	TR3 (50 MVA)	26.4	19.8
Horno LF	115 – 380	TR4	5.3	2.8
SERVICIO ACERIA	440	TR14	2	1.5
OXIGENO	440	TR11	2.2	1.65
COLADA CONT.	440	TR13	0.5	0.375
INDURA	2400	TR12	1.05	0.78
PLANTA SHREDDER NUEVA	6600	TR15	2.984	1.927
PLANTA SHREDDER	6600	TR10	2.984	1.927

FUENTE: ADELCA

ELABORADO POR: Investigadores

## **CAPITULO III**

### **3.1 DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

#### **3.1.1 Tema:**

Estudio técnico para la repotenciación de la subestación en la planta de producción ADELCA C.A. a nivel de 138 kV ubicado en el sector de Alóag perteneciente a la Provincia de Pichincha, en el periodo 2014.

#### **3.1.2 Presentación de la Propuesta**

La planta de producción ADELCA C.A. es una de las principales entidades comerciales a nivel nacional y que ya es reconocida como una de las empresas más importantes de América , que se dedica a la producción de acero y todos sus derivados tales como: varillas de construcción, perfiles, trefilados, ángulos, barras entre otras, establece dentro de sus prioridades de negocio: la satisfacción al cliente, la seguridad y la salud de sus colaboradores, la conservación y preservación del ambiente y el compromiso de responsabilidad social.

La empresa se encuentra dividida en cuatro áreas, las cuales son: fundición de chatarra, proceso de laminación, proceso de trefilados, almacenamiento y clasificación de la chatarra, siendo el área de fundición de chatarra su principal fuente de producción, la que está destinada como su nombre lo indica a fundir la chatarra mediante diferentes procesos, siendo estos el horno eléctrico el que mayor carga consume ya que este funde la chatarra mediante electrodos los cuales trabajan con corrientes sumamente altas.

El horno cuchara es el proceso a continuación del horno eléctrico aquí se le adicionan compuestos para que tenga flexibilidad y resistencia el acero igualmente trabajan con electrodos que tienen una carga considerable, finalmente pasa al proceso de colada continua aquí el acero ya finalizado pasa por un embudo a unos moldes en el cual finaliza su producción en forma de una viga.

Este es el motivo por el cual esta área tiene un mayor consumo de carga comparadas con las otras áreas, lo que provocan la sobrecarga del transformador, esto a su vez producen daños a los equipos eléctricos y electrónicos, que en esta última temporada han sufrido percances con equipos altamente costosos debido al incremento de producción y a la expansión de la empresa, lo que ha ocasionado pérdidas económicas y demoras en el tiempo de elaboración del producto para ser entregado al consumidor final.

Con la realización del estudio técnico para la repotenciación de la subestación en la planta de producción ADELCA C.A. Se tendrá la oportunidad de aplicar los conocimientos adquiridos en la universidad para solucionar el problema anteriormente mencionado.

### 3.1.3 Justificación de la Propuesta

La situación actual de ADELCA, cuenta con un transformador de 45 MVA que abastece al área de la fundición de chatarra no tiene la suficiente potencia para soportar la demanda pico que oscila entre 45 y 50 MVA, que genera el área de fundición, razón por la cual en la actualidad se cuenta con los servicio de una subestación móvil facilitada por la Empresa Eléctrica Quito S.A. (EEQSA). Es el principal motivo por el que la institución se ha visto en la necesidad de adquirir nuevos transformadores para evitarse el préstamo de la subestación móvil.

Razón por la cual se ha propuesto realizar la repotenciación de los transformadores de ADELCA C.A. mediante la corrida de flujos de carga y cortocircuito adicionalmente la calibración de sus protecciones para poder estabilizar cada una de las cargas que genera las diferentes áreas de fundición de chatarra, también se realizará una proyección de la demanda por el incremento de su producción y la expansión que la fábrica tendrá en los próximos años, para lo cual la empresa facilita todos los datos técnicos-operativos para que se pueda realizar esta proyección con datos reales mas no datos ficticios que no ayuden a obtener una demanda precisa.

Debido a esta expansión también se ha considerado realizar el rediseño de la subestación en base al espacio físico limitante, respetando las distancias de seguridad que debe existir en una subestación , además la elaboración de planos eléctricos y de control para el nuevo transformador que se tiene previsto instalar a finales de año

## **3.2.- OBJETIVOS**

### **3.2.1.-Objetivo General**

Realizar un estudio técnico en la planta de producción ADELCA C.A. a nivel de 138 kV cuya ubicación se encuentra en el sector de Alóag perteneciente a la Provincia de Pichincha, mediante la proyección de la demanda y la simulación de flujos de potencia, para la repotenciación de sus transformadores.

### **3.2.2.-Objetivos Específicos**

- ❖ Rediseñar la subestación ADELCA, adicionando los nuevos equipos que se consideran implementar a finales de año, además de la elaboración de los planos eléctricos y de control, para la instalación del nuevo transformador en la subestación.
- ❖ Proyectar la demanda, basada en una base de datos facilitados por la empresa ADELCA, la cual contiene la demanda desde los inicios de fundición de chatarra, hasta la actualidad.
- ❖ Realizar simulaciones mediante el software NEPLAN que permita obtener las corridas de flujos de carga y cortocircuitos, en base a una carga mínima, máxima y proyectada, para determinar el estado actual del sistema con la implementación del nuevo transformador de 50MVA.

- ❖ Determinar el estudio de cortocircuito simétrico y asimétrico en las barras que alimentan a los hornos EAF y LF, con el transformador principal de 50 MVA que se va a implementar.
- ❖ Determinar los ajustes que deben tener los relés de protección de los equipos que alimentan a los hornos EAF y LF, de manera que, ante una falla, estos operen en forma selectiva, aislando solamente la parte dañada y no afecte a la continuidad del servicio eléctrico del resto de sus instalaciones.

### **3.3.- ANALISIS DE FACTIBILIDAD**

#### **3.3.1.- Factibilidad Técnica**

Para el desarrollo de la tesis se dispone de los siguientes recursos como son:

- Encuestas realizadas a los trabajadores del departamento eléctrico.
- Software para poder realizar los planos y las simulaciones de flujos de potencia y cortocircuito, adicional la calibración de protecciones para el transformador nuevo.
- Datos históricos de la demanda de ADELCA, para realizar la proyección de la demanda.

Para la elaboración de lo descrito anteriormente se cuenta con el suficiente conocimiento, habilidades y experiencias adquiridas durante la etapa como estudiantes, y ahora como profesionales. Las investigaciones realizadas servirán

para analizar, rediseñar, desarrollar e implementar este proyecto de tesis en la subestación de la planta de producción ADELCA.

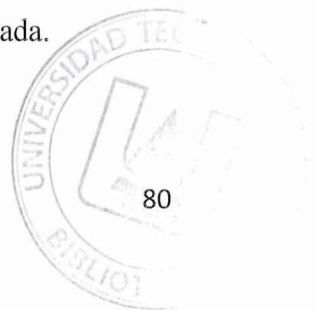
### **3.3.2 Factibilidad Económica:**

El Estudio Técnico para la Repotenciación de la Subestación en la Planta de Producción ADELCA C.A. a nivel de 138 kV ubicado en el sector de Alóag perteneciente a la Provincia de Pichincha, en el periodo 2014, tiene un enfoque técnico mas no un análisis económico o financiero.

La empresa ADELCA C.A., no facilita los datos financieros por políticas internas los mismos que son considerados confidenciales y solo se presentan en casos de estudio de auditorías financieras.

Por lo que no se puede conocer el valor inicial de inversión que es la base fundamental para determinar una factibilidad económica, al ser este un proyecto técnico se puede conocer básicamente de manera porcentual los materiales, equipos, obra civil o infraestructura, y otros gastos a ser utilizados en la repotenciación y la proyección de la demanda.

Para lo cual se puede efectuar una cotización de los materiales a implementar, mismos que son artículos de exportación, sin embargo dichas cotizaciones y permisos para manejar las situaciones financieras de la empresa, tendrían que haber sido consideradas desde el inicio del estudio del proyecto, ya que el departamento eléctrico de la Acería presentaba la necesidad de realizar un estudio, técnico porque la viabilidad económica ya la tenían considerada.



El costo-beneficio que obtiene la empresa ADELCA es evitar el gasto incurrido en el alquiler de la subestación móvil facilitada por la Empresa Eléctrica Quito S.A. (EEQSA). Logrando tener equipos eléctricos como activos fijos depreciables de la empresa, que además de sustituir a la subestación móvil también contribuyen a la ejecución de los proyectos propuestos hasta el 2020, obteniendo una tasa interna de retorno de capital de inversión para años posteriores.

Como respaldo de lo que se plantea en la factibilidad económica, la institución facilito un comunicado en el cual se indica el motivo por el cual no pueden facilitar los datos financieros. **ANEXO 43**

### **3.3.3 Factibilidad Operativa:**

Debido a la implementación de un nuevo transformador en la subestación de la planta de producción ADELCA, se ha considerado realizar simulaciones de flujos de carga y de cortocircuito en el software NEPLAN y la coordinación de protecciones en el software CYMTCC.

Para poder simular se utilizaron los datos de demanda, potencia del transformador, corrientes e impedancias de cortocircuito, equivalente Thevenin de la red, calibre de conductores, diagrama unifilar de la subestación, entre otros, que fueron facilitados por el departamento eléctrico de ADELCA, todo esto para garantizar el óptimo funcionamiento de la subestación evitando cualquier tipo de inconveniente en el sistema eléctrico de la planta, con el fin de lograr el objetivo planteado en esta tesis, que es la repotenciación de la subestación basado en la proyección de la demanda.

### **3.4.- REDISEÑO DE LA SUBESTACION MEDIANTE LA ELABORACION DE PLANOS DEL SISTEMA ELECTRICO Y DE CONTROL**

#### **3.4.1.- Rediseño de la Subestación en la Planta de Producción ADELCA.**

Debido a la implementación del nuevo transformador en los patios de la subestación se ha visto la necesidad de rediseñar la subestación en base al espacio físico limitante y respetando las normas de seguridad establecido por el **Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE 181294, 2008** que se debe tener dentro de una subestación, se ha rediseñado ubicando los nuevos equipos del transformador como son los apartarrayos, los transformadores de potencia, los interruptores y seccionadores, junto a los dos transformadores con los que ya contaba la fábrica.

El espacio físico que posee la subestación tiene un inconveniente ya que no puede ser ampliada ya que en sus extremos se encuentran vías por las cuales circula tanto el personal como el transporte interno de la fábrica, es por esta razón que el espacio físico para la subestación es un limitante que obliga a que la torre de alta tensión sea reubicada ya que si se respetan las normas de seguridad el espacio entre la torre y los equipos del nuevo transformador es muy corto, por lo que es necesario que sea reubicada a una distancia mínima normalizada entre equipos y circulación del personal eléctrico de la fábrica.

El diagrama del rediseño de la subestación se encuentra en el **ANEXO 45**.

### **3.4.2.- Planos Eléctricos y de Control del Transformador de Potencia de la Subestación al Tablero de Transferencia**

El transformador que se va a implementar en la subestación de la planta de producción ADELCA es un transformador trifásico marca WEG cuya potencia es de 40/50 MVA, tiene una elevación de temperatura hasta 55 °C, su voltaje es de 138 kV y en bajo voltaje es de 23/13,279 kV, la corriente de cortocircuito en alto voltaje de 0,97 kA (simétrica) y 2,46 kA (asimétrica) a su vez en media voltaje es de 10,04 kA (simétrica) y 25,56 kA (asimétrica), la conexión que presenta el transformador es (Dyn1).

Las conexiones del transformador hacia el tablero de transferencia se realizará con diferentes voltajes y de acuerdo a la capacidad que se requiera como por ejemplo la conexión de la alimentación a 440 Vac para el ventilador del transformador, la alimentación a 230 Vac para la celda, el ventilador y el interruptor del transformador, señales al PLC, alimentación a 110V de la celda, el interruptor, el seccionador del transformador además del seccionador general, iluminación del panel, la medición de voltaje y corriente en medio voltaje, la medición de la corriente del transformador, analizador del relé del transformador, relé de corriente del transformador, final de carrera del seccionador y del interruptor del transformador, contactos del interruptor y del seccionador del transformador, alarmas del transformador, condiciones de apertura y cierre del interruptor del transformador.

Todo lo detallado anteriormente se encuentra en los **ANEXOS 4 al 27**.

## **3.5.- DEMANDA**

### **3.5.1.- Demanda de Energía Eléctrica de ADELCA**

La demanda en el área de Fundición de Chatarra está compuesta por la demanda de los servicios que se detallan a continuación: Servicios de Acería, Planta de Humos, Planta de Oxígeno, Chatarra, Planta Indura, Planta Shredder, y los que mayor demanda presentan son los Hornos Eléctricos, Horno de Arco Eléctrico EAF (Electric Arc furnace) y Horno Cuchara LF (Ladle Furnace).

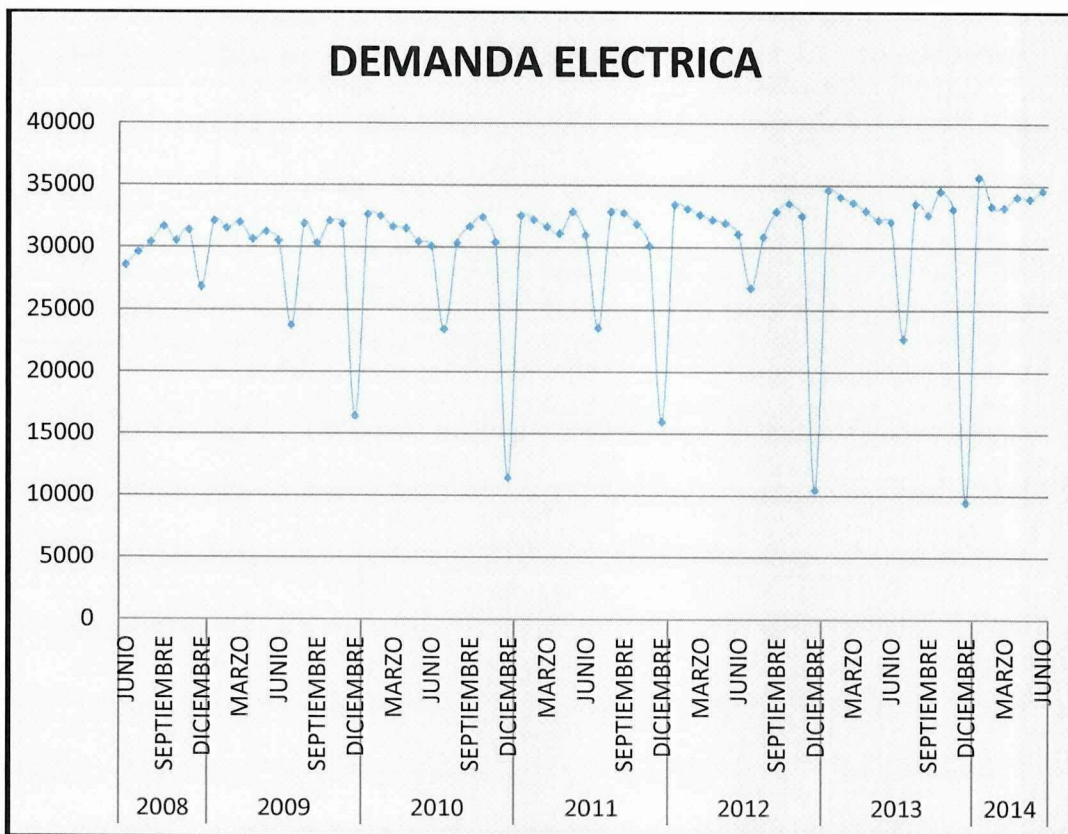
Hasta el año 2020 se integrarán al Sistema eléctrico de ADELCA varios proyectos eléctricos adicionales para el área de fundición de chatarra, que ayudaran en la producción de acero, este incremento ocasiona que la demanda crezca de una manera significativa por lo que se prevé realizar la proyección de la demanda en base a los datos históricos de la demanda eléctrica de ADELCA, estos proyectos vendrían a ser Colada Continua, Servicios Aceria, Indura, Planta de Oxígeno, Planta Shredder, todos estos proyectos son réplicas de trabajos ya instalados en la Planta de Produccion.

Con el fin de pronosticar el crecimiento de la demanda ya que generalmente es complejo porque no solo inciden los factores económicos, se deben considerar también en forma importante otros, como: el crecimiento de la Empresa, las innovaciones tecnológicas, automatización de procesos, aspectos ambientales, etc.

### 3.5.2.- Evolución Histórica de la Demanda Eléctrica de ADELCA

En el período 2008 - 2014, la demanda de energía eléctrica permaneció constante ya que la planta no ha sufrido ningún cambio en sus instalaciones, apenas creció un 0.5% promedio anual, esto debido al incremento de producción más no al aumento de equipos eléctricos o expansión de la planta. La evolución histórica de la misma se presenta en el **Gráfico N° 3.1**.

**GRAFICO N° 3.1**  
**DEMANDA DE ADELCA PERIODO 2008 - 2014**



FUENTE: ADELCA

ELABORADO POR: Investigadores

La distribución mensual de esta demanda se presenta en la siguiente tabla:

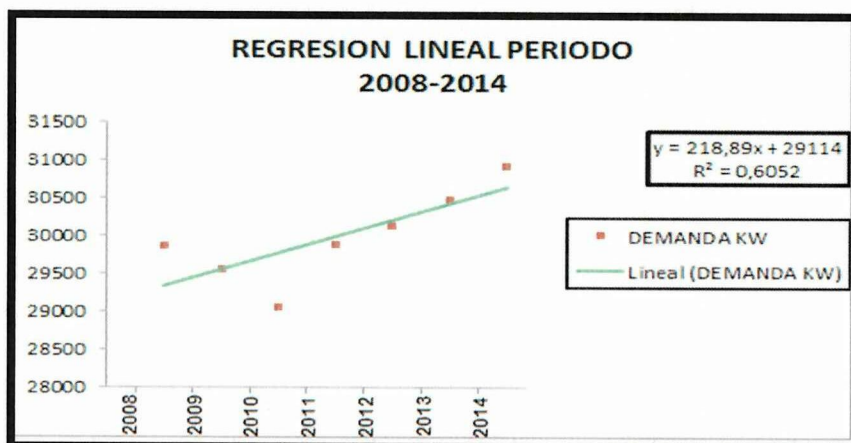
**TABLA N° 3.1**  
**DEMANDA MENSUAL PERIODO 2008-2014 (KW)**

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>ENERO</b>	#	32132,54	32657,87	32567,56	33456,65	34652,78	35654,43
<b>FEBRERO</b>	#	31542,23	32543,54	32234,54	33127,75	34122,43	33345,56
<b>MARZO</b>	#	31998,85	31654,23	31654,76	32654,78	33654,77	33234,67
<b>ABRIL</b>	#	30654,76	31543,64	31123,76	32234,67	32987,56	34120,34
<b>MAYO</b>	#	31243,87	30473,75	32876,98	31987,98	32234,32	33954,76
<b>JUNIO</b>	28564,76	30543,65	30123,47	30987,65	31111,76	32112,24	34635,62
<b>JULIO</b>	29601,27	23765,76	23456,78	23567,34	26789,45	22675,89	#
<b>AGOSTO</b>	30435,65	31894,75	30345,45	32876,87	30875,26	33546,64	#
<b>SEPTIEMBRE</b>	31678,47	30346,34	31677,54	32765,87	32897,65	32654,87	#
<b>OCTUBRE</b>	30534,51	32132,65	32451,65	31876,89	33564,67	34567,34	#
<b>NOVIEMBRE</b>	31382,84	31876,65	30432,65	30143,76	32564,89	33132,89	#
<b>DICIEMBRE</b>	26856,76	16467,89	11435,67	15989,98	10456,46	9456,56	#
<b>TOTAL</b>	<b>209054,26</b>	<b>354599,94</b>	<b>348796,24</b>	<b>358665,96</b>	<b>361721,97</b>	<b>365798,29</b>	<b>204945,38</b>

FUENTE: ADELCA

ELABORADO POR: Investigadores

**GRAFICO N° 3.2**  
**REGRESION LINEAL PERIODO 2008 - 2014**

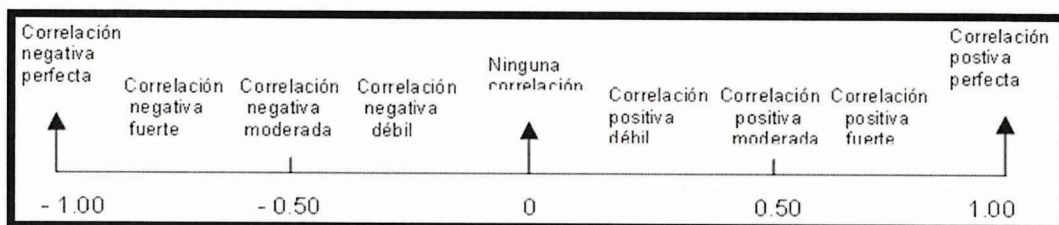


FUENTE: ADELCA

ELABORADO POR: Investigadores

Mediante la ecuación de la pendiente  $y=218,89x + 29114$ , se puede interpretar que en cada año se incrementa la demanda en 218,89 kW. Como el coeficiente de correlación de Pearson  $R^2=0,6052$  se acerca a uno, se sabe que en ésta regresión lineal existe una buena correlación entre las variables, por lo tanto es un modelo confiable que justifica el pronóstico anterior, según el **Gráfico 3.3**.

**GRAFICO N° 3.3**  
**ANALISIS DE COEFICIENTE DE CORRELACION ENTRE DOS VARIABLES**



FUENTE: <http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/RegresionLineal.pdf>

### 3.6.- INFORMACION DETALLADA DE LA PROYECCION DE LA DEMANDA EN BASE A LA EXPANSION DE LA PLANTA DE PRODUCCION ADELCA C.A.

Para la planificación de la expansión de la demanda en la planta de producción ADELCA se baso en el **Plan Optimo de Expansión del Sistema Interconectado Nacional 2012-2022**, y se cuenta con la siguiente información básica:

### 3.6.1.- Nuevas Demandas

Las nuevas demandas, que se incorporara a futuro en la planta de producción ADELCA C.A. Representaran un gran incremento en la demanda que posee actualmente, por lo que es necesario detallar los equipos que se integraran al sistema eléctrico de la subestación.

#### ❖ Proyecto Shredder

Para poder proyectar las nuevas demandas se ha planteado utilizar la **Ec. 1.14** sobre la proyección de la demanda de energía mensual:

$$\text{ENERGIA mes(i)año(j)} = \text{Factormes(i)año(j)} * \text{ENERGIA año (j)}$$

La tasa de incremento mensual en el área de distribución es el 2% y en una subestación es de 85, razón por la cual el factor mensual es de 0,08.

Teniendo:

$$\text{ENERGIA} = 2387 \text{ kWh}$$

$$\text{Tiempo (año)} = 360 * 24 = 8640$$

$$\text{Factor(mes)(año)} = 0,08$$

Por lo tanto:

$$\text{ENERGIA mes(i)año(j)} = (0,08) (20623680 \text{ kW}) = \mathbf{1649894,2 \text{ [kWh/año]}}$$

Y para proyectar la demanda máxima mensual se ha planteado utilizar la **Ec. 1.15**.

$$D_{\text{Max mes (i) año(j)}} = \frac{\frac{\text{ENERGIA mes(i) año(j)}}{\text{N}^\circ \text{ días mes(i) * 24hrs}}}{\text{FC mes(i) año(j)}} = \frac{\text{Energía Promedio Hora mes(i) año(j)}}{\text{FC mes(i) año(j)}}$$

Teniendo:

**ENERGIA (mes)(año) = 1649894,2 [kWh/año]**

**FC (mes)(año) = 0,8**

Dando como resultado lo siguiente:

$$D_{\text{Max mes (i) año(j)}} = \frac{\frac{1649894,2}{30 * 24}}{0,8} = \frac{2291,51}{0,8} = 2864,39 \text{ kW}$$

Con el procedimiento detallado anteriormente se ha procedido a realizar el cálculo de todos los proyectos involucrados en la proyección de la demanda, resumiéndolos en tablas que estarán detalladas a continuación:

**TABLA N° 3.2**  
**PROYECTO SHREDDER**

Potencia del Motor	Potencia total		Potencia al 80%
	4000 HP	100% → 2984 kW	80% → 2387 kW
<b>INCREMENTO DE ENERGIA</b>			
Tiempo	24 h * 360 días		
Factor mensual	0,08		20623680 kW
<b>Energía Promedio Anual</b>			<b>1649894,2 kWh</b>
<b>INCREMENTO DE DEMANDA</b>			
Factor de coincidencia	0.8		
<b>Demanda Promedio Anual</b>			<b>2864,39 kW</b>

FUENTE: ADELCA

ELABORADO POR: Investigadores

**TABLA N° 3.3**  
**SERVICIOS PROYECTO SHREDDER**

Potencia Servicios	Potencia total	Potencia al 80%
	100% → 515 kW	80% → 412 kW
<b>INCREMENTO DE ENERGIA</b>		
Tiempo	24 h * 360 días	
Factor mensual	0,08	3559680 kW
<b>Energía Promedio Anual</b>		<b>284774,4 kWh</b>
<b>INCREMENTO DE DEMANDA</b>		
Factor de coincidencia	0.8	
<b>Demanda Promedio Anual</b>		<b>494,4 kW</b>

FUENTE: ADELCA

ELABORADO POR: Investigadores

**TABLA N° 3.4**  
**SERVICIOS PLANTA OXIGENO**

Potencia Servicios	Potencia total	Potencia al 80%
	100% → 1000 kW	80% → 800 kW
<b>INCREMENTO DE ENERGIA</b>		
Tiempo	24h * 360 días	
Factor mensual	0,08	6912000 kW
<b>Energía Promedio Anual</b>		<b>552960 kWh</b>
<b>INCREMENTO DE DEMANDA</b>		
Factor de coincidencia	0.8	
<b>Demanda Promedio Anual</b>		<b>960 kW</b>

FUENTE: ADELCA

ELABORADO POR: Investigadores

**TABLA N° 3.5**  
**PROYECTO INDURA**

Potencia Servicios	Potencia total	Potencia al 80%
	100%→1300 kW	80%→1040 kW
<b>INCREMENTO DE ENERGIA</b>		
Tiempo	24h * 360 días	
Factor mensual	0,08	8985600 kW
<b>Energía Promedio Anual</b>		<b>718848 kWh</b>
<b>INCREMENTO DE DEMANDA</b>		
Factor de coincidencia	0.8	
<b>Demanda Promedio Anual</b>		<b>1248 kW</b>

FUENTE: ADELCA

ELABORADO POR: Investigadores

**TABLA N° 3.6**  
**SERVICIOS DE ACERIA ADELCA**

Potencia Servicios	Potencia total	Potencia al 80%
	100%→3000 kW	80%→2400 kW
<b>INCREMENTO DE ENERGIA</b>		
Tiempo	24h * 360 días	
Factor mensual	0,08	20736000 kW
<b>Energía Promedio Anual</b>		<b>1658880 kWh</b>
<b>INCREMENTO DE DEMANDA</b>		
Factor de coincidencia	0.8	
<b>Demanda Promedio Anual</b>		<b>2880 kW</b>

FUENTE: ADELCA

ELABORADO POR: Investigadores



**TABLA N° 3.7**  
**PROYECTO COLADA CONTINUA**

Potencia Servicios	Potencia total	Potencia al 80%
	100%→500 kW	80%→400 kW
<b>INCREMENTO DE ENERGIA</b>		
Tiempo	24h * 360 días	
Factor mensual	0,08	3456000 kW
<b>Energía Promedio Anual</b>		<b>276480 kWh</b>
<b>INCREMENTO DE DEMANDA</b>		
Factor de coincidencia	0.8	
<b>Demanda Promedio Anual</b>		<b>480 kW</b>

FUENTE: ADELCA

ELABORADO POR: Investigadores

**TABLA N° 3.8**  
**RESUMEN DE LA DEMANDA TOTAL PROYECTADA**

ITEMS	ENERGIA (kWh/año)	DEMANDA (kW)
Proyecto INDURA	718848	1248
Servicios Planta de Oxigeno	552960	960
Proyecto Schredder	1649894,2	2864,39
Servicios Proyecto Shredder	284774,4	494,4
Servicios Extras de Acería ADELCA	1658880	2880
Proyecto Colada Continua	276480	480
<b>TOTAL PROYECTADO</b>	<b>5141836,6</b>	<b>8926,79</b>

FUENTE: ADELCA

ELABORADO POR: Investigadores

**TABLA N° 3.9**  
**DEMANDA PROYECTADA HASTA EL AÑO 2020**

<b>AÑO</b>	<b>PUESTA EN SERVICIO</b>	<b>DEMANDA (kW)</b>
<b>2015</b>	Proyecto Colada Continua	480
<b>2016</b>	Servicios Planta de Oxigeno	960
<b>2017</b>	Servicios Proyecto Shredder	494,4
<b>2018</b>	Proyecto Schredder	2864,39
<b>2019</b>	Proyecto INDURA	1248
<b>2020</b>	Servicios Extras de Acería ADELCA	2880

**FUENTE: ADELCA**

**ELABORADO POR: Investigadores**

**TABLA N° 3.10**  
**DEMANDA PROMEDIO PERIODO 2008 – 2014 (KW)**

<b>AÑO</b>	<b>DEMANDA</b>
2008	29864,8943
2009	29549,995
2010	29066,3533
2011	29888,83
2012	30143,4975
2013	30483,1908
2014	30926,6433

**FUENTE: ADELCA**

**ELABORADO POR: Investigadores**

**TABLA N° 3.11**  
**PROYECCION DE LA DEMANDA ACTUAL INCORPORANDO LAS NUEVAS DEMANDAS**

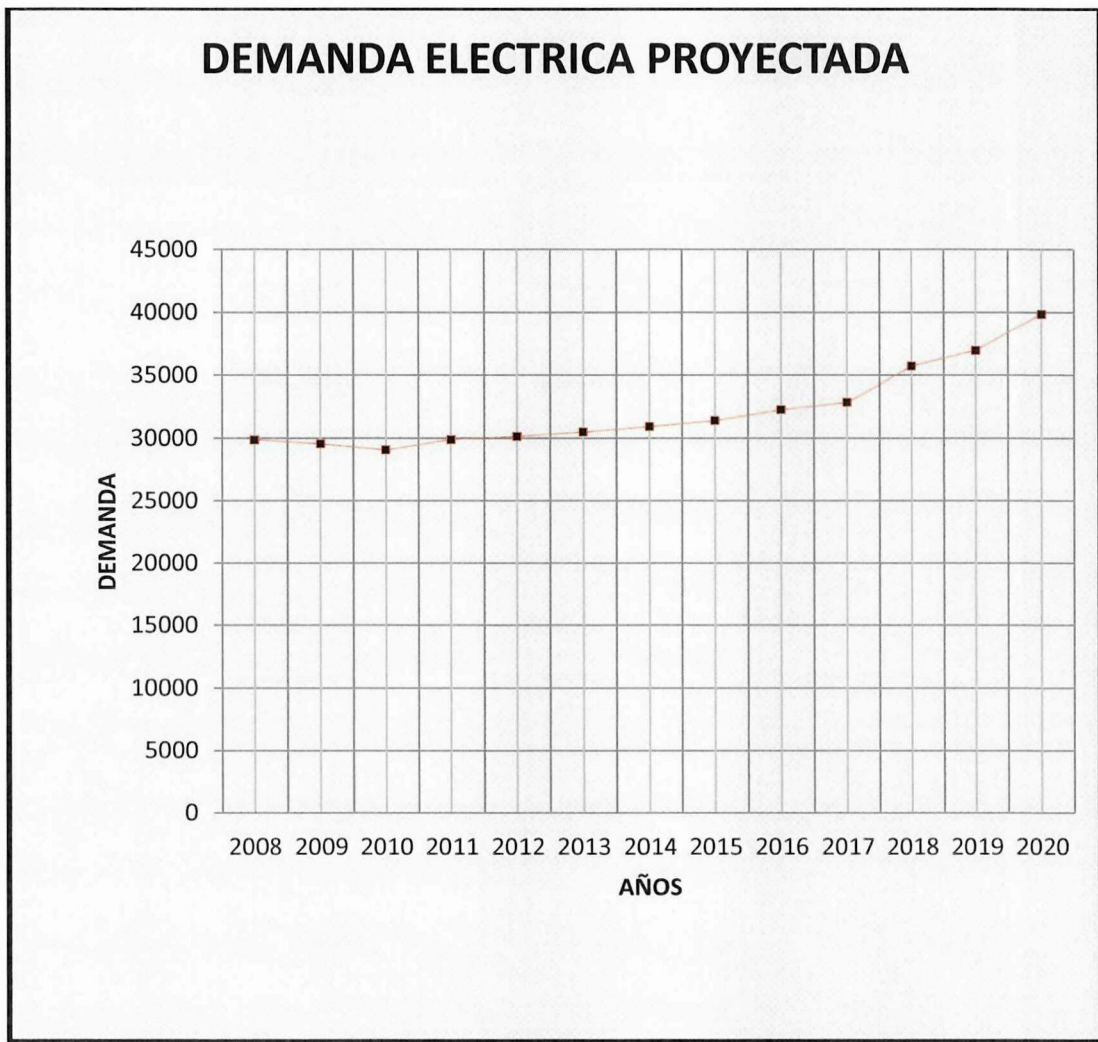
<b>PROYECTOS A INCORPORARSE</b>	<b>DEMANDAS KW</b>	<b>DEMANDA TOTAL KW</b>
2015 + Proyecto Colada Continua	30926,6433 + 480	<b>31406,6433</b>
2016 + Servicios Planta de Oxigeno	31406,6433 + 960	<b>32266,6433</b>

2017 + Servicios Proyecto Shredder	32366,6433 + 494,4	<b>32861,0433</b>
2018 + Proyecto Schredder	32861,0433 + 2864,39	<b>35725,4333</b>
2019 + Proyecto INDURA	35725,4333 + 1248	<b>36973,4333</b>
2020 + Servicios Extras de Acería ADELCA	36973,4333 + 2880	<b>39853,4333</b>

FUENTE: ADELCA

ELABORADO POR: Investigadores

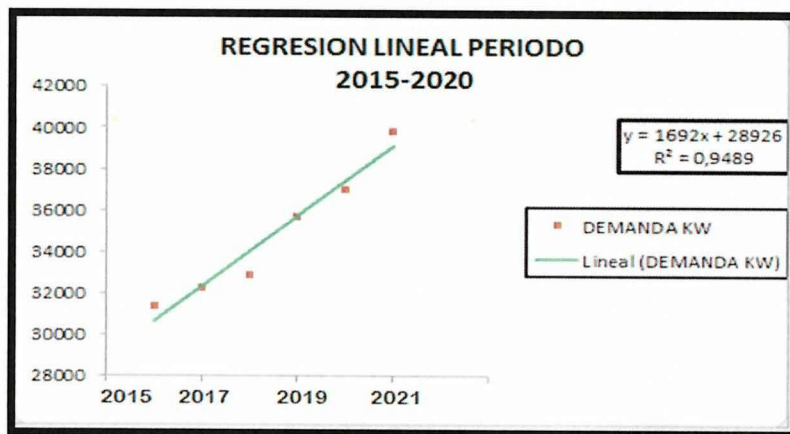
**GRAFICO N° 3.4**  
**DEMANDA PROYECTADA HASTA EL 2020**



FUENTE: ADELCA

ELABORADO POR: Investigadores

**GRAFICO N° 3.5**  
**REGRESION LINEAL PERIODO 2015 - 2020**



FUENTE: ADELCA

ELABORADO POR: Investigadores

Mediante la ecuación de la pendiente  $y=1692x + 28926$ , se puede interpretar que en cada año se incrementa la demanda en 1692 kW. Como el coeficiente de correlación de Pearson  $R^2=0,9489$  se acerca a uno, se sabe que en ésta regresión lineal existe una buena correlación entre las variables, por lo tanto es un modelo confiable que justifica el pronóstico anterior, según el **Gráfico 3.3**.

### 3.7.- ANALISIS DE FLUJOS DE CARGA

Con los valores obtenidos en las **Tablas 3.16, 3.17, 3.18 y 3.20** se han realizado los análisis de flujos de carga utilizando el programa NEPLAN V. 543.

En vista que los equivalentes Thevenin del Sistema Nacional Interconectado en la barra de 138 kV de la empresa ADELCA, para las condiciones de máxima, mínima y proyectada de generación son iguales, los resultados de los estudios de

flujos de carga para las condiciones de generación serán similares. Por lo tanto para cada caso se analizará las siguientes corridas de flujos de carga:

- a) Máxima carga en ADELCA.- carga con operación simultánea en los Hornos
- b) Mínima carga en ADELCA.- carga sin la operación de los Hornos
- c) Máxima y Mínima carga en ADELCA.- para la demanda proyectada

Para todos los flujos se considera como barras de referencia a ADELCA 138 kV, con voltaje 1.00 pu. Además, las barras mencionadas en las tablas de resultados son aquellas a las que se conectan directamente las cargas.

### **3.7.1.- Máxima Carga en ADELCA**

En la **Tabla 3.12** se presenta el resumen de los resultados de las corridas de flujos de cargas para los cuatro casos cuando los dos hornos están trabajando simultáneamente (**ANEXO 29 y 30**).

#### **Caso 1: Condición Inicial**

- 1.- El factor de potencia en la frontera con el S.N.I es inductivo.
- 2.- Las caídas de voltaje en las barras de las cargas son inferiores al 5%. En los hornos, debido a su principio de funcionamiento, el valor de voltaje normalmente tiene rangos de operación más amplios al 5%.

3.- Debido a que se realizó el flujo de carga con el transformador TR2 que es de 50 MVA no existe cargabilidad en los transformadores que alimentan a los hornos EAF y LF.

**TABLA N° 3.12**  
**RESUMEN DE FLUJOS PARA CARGA MAXIMA**

<b>Barra 138 kV ADELCA</b>	<b>Caso 1</b>	<b>Caso 2</b>	<b>Caso 3</b>	<b>Caso 4</b>
Potencia Activa	36.53 MW	39.234	42.634	52.368
Potencia Reactiva	16.92 MVAR	22.732	30,482	37.464
Factor de potencia	0.91 ind	0.86 ind	0.8135 ind	0.8134 ind

FUENTE: ADELCA

ELABORADO POR: Investigadores

**TABLA N° 3.13**  
**VOLTAJE EN LAS BARRAS PARA MAXIMA CARGA**

<b>Barra</b>	<b>Caso 1</b>	<b>Caso 2</b>	<b>Caso 3</b>	<b>Caso 4</b>
Servicio Acería	0.92	0.9458	0.943	0.9474
Planta de Humos	0.91	0.9545	0.9517	0.9561
Planta de Oxígeno	0.91	0.9550	0.9296	0.9550
Chatarra	0.92	0.9480	0.9452	0.9496
Indura	0.91	0.9531	0.9503	0.9547
Horno EAF	0.86	0.8949	0.8758	0.8791
Horno LF	0.95	0.9501	0.9295	0.9299
Planta Shredder	-	0.9517	0.9489	0.9503
Servicio Acería Proyectada	-	-	-	0.9443
Oxígeno Proyectada	-	-	-	0.931
Colada Continua Proyectada	-	-	-	0.9466
Indura Proyectada	-	-	-	0.9516
Planta Shredder Proyectada	-	-	-	0.9503

FUENTE: ADELCA

ELABORADO POR: Investigadores

### 3.7.2.- *Mínima carga en ADELCA*

En la **Tabla 3.14** se presentan el resumen de los resultados de las corridas de flujos de cargas para cuando los dos hornos no están trabajando (**ANEXO 31 y 32**). En esta condición las conclusiones son:

#### **Caso 1: Condición Inicial**

- 1.- El factor de potencia en la frontera con el S.N.I es capacitivo.
- 2.- Las caídas de voltaje en las barras de las cargas son inferiores a 10% en los hornos EAF y LF.

#### **Caso 2 y Caso 3: Sistema con Planta Shredder y Carga en Chatarra y Transformador de 50 MVA**

- 1.- En los resultados de los niveles de voltaje de la **Tabla 3.15**, se evidencia una particularidad del sistema de ADELCA. Debido a que la topología de la red es de tipo radial, para la condición de demanda mínima considerando, el nivel de voltaje en las cargas alimentadas por el TR1 no se ve afectado. Es decir, es similar a la demanda máxima.
- 2.- No existe los problemas de sobrecarga.

**TABLA N° 3.14**

#### **RESUMEN DE FLUJOS PARA MINIMA CARGA.**

<b>Barra 138 kV</b>	<b>Caso 1</b>	<b>Caso 2</b>	<b>Caso 3</b>	<b>Caso 4</b>
Potencia activa (MW)	7.38	9.9334	10.934	20,668
Potencia reactiva (MVAR)	9.33	7.132	7.882	14,864
Factor de potencia	0.62 cap	0.81 cap	0.81 cap	0.812 cap

FUENTE: ADELCA

ELABORADO POR: Investigadores

**TABLA N° 3.15**  
**VOLTAJE EN LAS BARRAS PARA MINIMA CARGA**

<b>Barra</b>	<b>Caso 1</b>	<b>Caso 2</b>	<b>Caso 3</b>	<b>Caso 4</b>
Servicio Acería	0.92	0.9458	0.9430	0.9443
Planta de Humos	0.91	0.9545	0.9517	0.9561
Planta de Oxigeno	0.91	0.9550	0.9296	0.9341
Chatarra	0.92	0.9480	0.9452	0.9496
Indura	0.91	0.9531	0.9503	0.9547
Horno EAF	1.04	1.345	1.345	1.345
Horno LF	1.04	1.345	1.345	1.345
Planta Shredder	-	0.9517	0.9489	0.9503
Servicio Acería Proyectada	-	-	-	0.9443
Colada Continua Proyectada	-	-	-	0.9466
Oxigeno Proyectada	-	-	-	0.931
Schredder Proyectada	-	-	-	0.9503
Indura Proyectada	-	-	-	0.9516

FUENTE: ADELCA

ELABORADO POR: Investigadores

### 3.7.3.- Corridas de Flujo con Contingencia en la Planta

Se ha considerado dos situaciones que pueden presentarse en el funcionamiento del sistema, para verificar que no afecte la correcta operación del mismo (ANEXO 33), en la **Tabla 3.16 y 3.17** se muestran los resultados para las dos contingencias.

- a. **Contingencia 1:** Salida de los filtros de armónicos de 9.82 MVA y 4.65 MVA
- b. **Contingencia 2:** Planta Shredder sin su banco de capacitores de 900 KVAR

**TABLA N° 3.16**  
**RESULTADOS DE FLUJOS PARA CONTINGENCIAS**

	Máxima demanda		Mínima demanda	
	Cont 1	Cont 2	Cont 1	Cont 2
<b>Barra 138 Kv ADELCA</b>				
<b>Potencia activa (MW)</b>	42.634	42.634	10.934	10.934
<b>Potencia reactiva (MVAR)</b>	30.482	30.482	7.882	7.882
<b>Factor de potencia</b>	0.8134	0.8134	0.81 ind	0.81 ind

FUENTE: ADELCA

ELABORADO POR: Investigadores

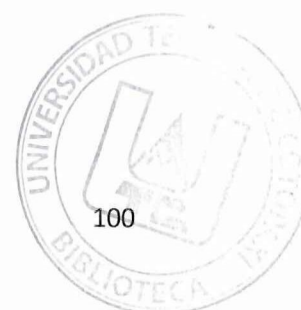
**TABLA N° 3.17**  
**NIVELES DE VOLTAJE PARA CONTINGENCIAS**

	Magnitud de voltaje en (PU)					
	Máxima demanda			Mínima demanda		
	Caso 3	Cont.1	Cont.2	Caso 3	Cont.1	Cont. 2
Barra						
Servicio de acería	0.943	0.9430	0.9406	0.9430	0.9430	0.9406
Planta de humus	0.9517	0.9517	0.9493	0.9517	0.9517	0.9493
Oxigeno	0.9296	0.9296	0.9272	0.9296	0.9296	0.9272
Chatarra	0.9452	0.9452	0.9428	0.9452	0.9452	0.9428
Indura	0.9503	0.9503	0.9479	0.9503	0.9503	0.9308
Horno EAF	0.8758	0.8357	0.8758	1.00	1.00	1.03
Horno LF	0.9295	0.8924	0.9295	1.00	1.00	1.03
Planta Shredder	0.9489	0.9489	0.9308	0.9489	0.9489	0.9308

FUENTE: ADELCA

ELABORADO POR: Investigadores

En la contingencia 1 (salida de filtros), los voltajes en las cargas de TR1 no varían y las barras de los hornos disminuyen. El factor de potencia en la frontera con el sistema nacional varía de la siguiente manera:



- En demanda máxima cambia de 0,89 ind a 0.73 ind.
- En demanda mínima cambia de 0.90 cap a 0.73 ind

En la contingencia 2 (salida capacitancias Shredder), los voltajes en las cargas del TR1 disminuyen y las barras de los hornos se mantienen. El factor de potencia en la frontera con el sistema nacional varía de la siguiente manera:

- En demanda máxima cambia de 0.89 ind. A 0.88 ind.
- En demanda mínima cambia de 0.90 cap. A 0.93 cap.

En la **Tabla 3.18** se detalla las pérdidas que tiene el sistema actual, mientras que en la **Tabla 3.19** se detalla la cargabilidad que tiene el sistema actual de ADELCA.

**TABLA N° 3.18**  
**PERDIDAS EN EL SISTEMA ACTUAL**

<b>Transformadores</b>	<b>Perdidas P(MW)</b>	<b>Perdidas Q (Mvar)</b>
Servicio Acería	0,0118	0,1318
Planta de Humos	0,0056	0,0574
Planta de Oxígeno	0,0196	0,2023
Chatarra	0,0088	0,091
Indura	0,0054	0,054
Horno EAF	0,048	1,4367
Horno LF	0,0189	0,335
Planta Shredder	0,0157	0,2042
<b>Pérdidas totales de la Red</b>	<b>0,532</b>	<b>6,528</b>

FUENTE: ADELCA

ELABORADO POR: Investigadores

**TABLA N° 3.19**  
**CARGABILIDAD EN EL SISTEMA ACTUAL MAXIMA CARGA**

<b>Transformadores</b>	<b>Caso 1</b>	<b>Caso 2</b>	<b>Caso 3</b>
TR1	78.03	68.67	75.56
TR2	72.43	65.89	71.65
TR3	<b>125.85</b>	<b>111.73</b>	79.67
TR4	60.27	56.64	62.00
TR5	86.68	82.83	83.26
TR6	66.07	62.37	71.00
TR7	66.03	62.32	<b>133.77</b>
TR8	27.10	87.36	<b>115.62</b>
TR9	72.46	76.09	77.88
TR10	-	73.99	75.97

**FUENTE: ADELCA**

**ELABORADO POR: Investigadores**

**TABLA N° 3.20**  
**CARGABILIDAD EN EL SISTEMA ACTUAL MINIMA CARGA**

<b>Transformadores</b>	<b>Caso 1</b>	<b>Caso 2</b>	<b>Caso 3</b>
TR1	78.03	<b>130.40</b>	<b>148.51</b>
TR2	33.39	33.39	33.39
TR3	-	-	-
TR4	-	-	-
TR5	86.68	82.83	83.26
TR6	66.07	62.37	71.00
TR7	66.03	62.32	<b>133.77</b>
TR8	27.10	87.36	<b>115.62</b>
TR9	72.46	76.09	77.88
TR10	-	73.99	75.97

**FUENTE: ADELCA**

**ELABORADO POR: Investigadores**

**TABLA N° 3.21**  
**CARGABILIDAD EN EL SISTEMA PROYECTADO**

<b>Transformadores</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
TR1	63,14	65,15	68,18	64,11	64,11	64,11
TR2	87,06	87,06	87,06	87,06	87,06	87,06
TR3	92,10	92,10	92,10	92,10	92,10	92,11
TR4	72,56	72,56	72,56	72,56	72,56	72,56
TR5	72,13	73,16	76,13	74,13	74,13	74,13
TR6	62,45	63,46	65,65	64,25	64,25	64,25
TR7	79,34	79,94	80,24	75,84	75,84	75,84
TR8	62,34	63,36	66,64	64,76	64,76	64,76
TR9	73,69	74,76	76,52	74,89	74,89	74,89
TR10	26,42	34,66	42,76	50,54	58,43	69,62
TR11	-	63,97	68,14	70,34	73,84	78,19
TR12	-	-	-	-	69,78	74,98
TR13	42,56	49,87	51,86	56,26	58,54	62,81
TR14	-	-	-	-	-	77,34
TR15	-	-	84,17	86,74	89,64	91,27

FUENTE: ADELCA

ELABORADO POR: Investigadores

**TABLA N° 3.22**  
**PERDIDAS EN EL SISTEMA PROYECTADO**

<b>Transformadores</b>	<b>Perdidas P (MW)</b>	<b>Perdidas Q (Mvar)</b>
Servicio Acería	0,0117	0,1306
Planta de Humos	0,0055	0,0569
Planta de Oxígeno	0,0194	0,2004
Chatarra	0,0087	0,0901
Indura	0,0053	0,0535
Horno EAF	0,0451	2,2562
Horno LF	0,0198	0,353
Planta Shredder	0,0156	0,2035
Servicio Acería Proyectada	0,0117	0,1314
Colada Continua Proyectada	0,0088	0,0907
Oxígeno Proyectada	0,0195	0,2017
Schredder Proyectada	0,0156	0,2035
Indura Proyectada	0,0053	0,0538
<b>Pérdidas Totales de la Red</b>	<b>0,828</b>	<b>10,112</b>

FUENTE: ADELCA

ELABORADO POR: Investigadores

### **3.8.- ANALISIS DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO**

El estudio de cortocircuitos se realizó solo para los hornos EAF y LF debido a que la empresa ADELCA está implementando la capacidad del transformador principal a 50 MVA. El análisis de cortocircuito se realizó en el software NEPLAN, con el transformador de 50 MVA que se pretende instalar. Partiendo del diagrama unifilar de ADELCA mostrado en el **Gráfico 3.6** se realizó el análisis de cortocircuito (**ANEXO 34**), para dicho sistema eléctrico.

Los niveles de cortocircuito en las barras del Sistema Nacional Interconectado (S.N.I) en el punto de entrega de energía eléctrica en la empresa ADELCA son conocidos como equivalente de red y fue proporcionado por la corporación CELEC- EP TRANSELECTRIC.

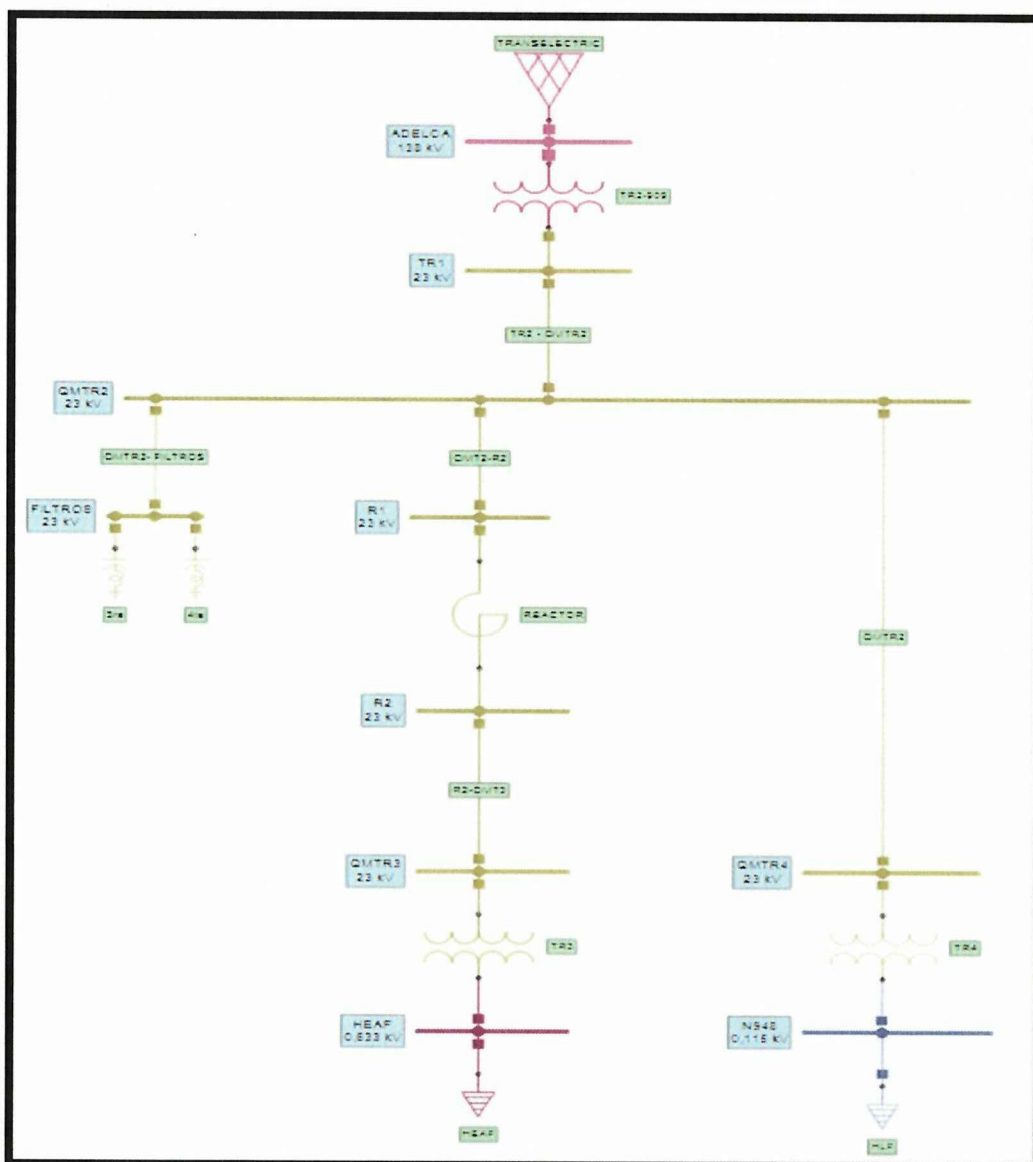
Los datos de transformadores, alimentadores o líneas eléctricas, filtros, reactor son proporcionados por los propios técnicos eléctricos de la empresa ADELCA. En las **Tablas 2.14, 2.15, 2.16, 2.17** se muestran los respectivos equipos instalados en la empresa y los datos técnicos.

#### **3.8.1.- Simulación del Cortocircuito**

La simulación del circuito que alimentan a los hornos EAF y LF es simulada en el software NEPLAN versión 5.43, donde presentan módulos de cortocircuitos y tiene varios métodos de cálculo dependiendo de la Norma que se quiera aplicar al estudio.

Para el estudio de cortocircuito se realizará en base a la Norma Internacional IEC 60909 en donde se obtuvieron los resultados de: corriente de interrupción simétrica ( $I_b$ ), corriente de interrupción asimétrica ( $I_{asi}$ ), corriente pico ( $i_p$ ), corriente de cortocircuito inicial ( $I_k''$ ) y potencia de cortocircuito inicial ( $S_{cc}''$ ).

**GRAFICO N° 3.6**  
**DIAGRAMA UNIFILAR DEL CIRCUITO DE HORNOS**  
**EAF Y LF**



FUENTE: SOFTWARE NEPLAN V543  
 ELABORADO POR: Investigadores

### 3.8.2.- Resultados de la Simulación de Cortocircuito que Alimentan a los Hornos EAF y LF en Condiciones de Carga Inicial.

- 1) El cortocircuito se realizó con las siguientes condiciones de voltaje en las barras de carga del Horno EAF con voltaje de 0.633 kV, potencia activa de 26,4 MW y la potencia reactiva de 19.8 MVAR.
- 2) El cortocircuito se realizó con las siguientes condiciones de voltaje en las barras de carga del Horno LF voltaje de 0.115 kV, potencia activa de 5.30 MW y la potencia reactiva de 2.8 MVAR.

**TABLA N° 3.23**  
**CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO TRIFASICO MAXIMO EN**  
**NODOS DE CARGA DE LOS HORNOS EAF y LF**

TIPO	CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO MAXIMO					
	Ik" (kA)	Ib (kA)	Idc (kA)	Ip (kA)	Ib asi (kA)	Sec" MVA
<b>Horno EAF</b>	161.967	161.967	104.658	398.00	192.834	177.579
<b>Horno LF</b>	474.778	474.778	419.981	1230.81	633.875	94.569

FUENTE: ADELCA

ELABORADO POR: Investigadores

En la **Tabla 3.23** se indican los resultados de la simulación de cortocircuito trifásico máximo en las barras de carga de hornos EAF y LF, donde se puede verificar que la máxima corriente de cortocircuito en la barra EAF es de 161.967 kA, y la máxima corriente de cortocircuito en la barra LF es de 474.778 kA.

**TABLA N° 3.24**  
**CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO TRIFASICO MINIMO EN**  
**NODOS DE CARGA DE LOS HORNOS EAF y LF**

TIPO	CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO MINIMO					
	I <sub>k</sub> "(kA)	I <sub>b</sub> (kA)	I <sub>dc</sub> (kA)	I <sub>p</sub> (kA)	I <sub>b asi</sub> (kA)	Sec" MVA
<b>Horno EAF</b>	141.742	141.742	90.444	347.58	168.140	155.404
<b>Horno LF</b>	412.931	412.931	363.953	1069.38	549.903	82.250

FUENTE: ADELCA

ELABORADO POR: Investigadores

En la **Tabla 3.24**, indica los resultados de la simulación de cortocircuito trifásico mínima en las barras de carga de hornos EAF y LF, donde se puede verificar que la mínima corriente de cortocircuito en la barra EAF es de 141.742 kA, y la mínima corriente de cortocircuito en la barra LF es de 412.931 kA.

**TABLA N° 3.25**  
**CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO MONOFASICO MAXIMO**

TIPO	CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO MAXIMO					
	I <sub>k</sub> "(kA)	I <sub>b</sub> (kA)	I <sub>dc</sub> (kA)	I <sub>p</sub> (kA)	I <sub>b asi</sub> (kA)	Sec" MVA
<b>QMTR3</b>	6.382	6.382	3.385	15.195	7.225	84.753
<b>QMTR4</b>	9.192	9.192	7.221	23.343	11.689	122.067
<b>REACTOR</b>	6.44	6.44	3.422	15.335	6.44	85.512
<b>QMTR2</b>	9.409	9.409	7.479	23.941	12.019	124.941

FUENTE: ADELCA

ELABORADO POR: Investigadores

En la **Tabla 3.25** indican los resultados de la simulación de cortocircuito monofásico máximo en las barras de carga QMTR3, QMTR4, QMTR2, REACTOR, donde se puede verificar que la máxima corriente de cortocircuito en la barra QMTR3 es de 6.382 kA, la máxima corriente de cortocircuito en la barra QMTR4 es de 9.192 kA, la máxima corriente de cortocircuito en la barra del REACTOR es de 6.44 kA y la máxima corriente de cortocircuito en la barra QMTR2 es de 9.409 kA.

**TABLA N° 3.26**  
**CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO MONOFASICO MINIMO**

TIPO	CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO MINIMO					
	I <sub>k</sub> " (kA)	I <sub>b</sub> (kA)	I <sub>dc</sub> (kA)	I <sub>p</sub> (kA)	I <sub>b asi</sub> (kA)	S <sub>cc</sub> " MVA
QMTR3	5.875	5.875	3.051	13.940	6.620	78.014
QMTR4	8.51	8.51	6.521	21.518	10.721	113.002
REACTOR	5.929	5.929	3.090	14.075	6.866	78.728
QMTR2	8.715	8.715	6.812	22.112	11.062	115.728

FUENTE: ADELCA

ELABORADO POR: Investigadores

En la **Tabla 3.26** indican los resultados de la simulación de cortocircuito mínimo en las barras de carga QMTR3, QMTR4, QMTR2, REACTOR, donde se puede verificar que la mínima corriente de cortocircuito en la barra QMTR3 es de 5.875 kA, la mínima corriente de cortocircuito en la barra QMTR4 es de 8.51 kA, la mínima corriente de cortocircuito en la barra del REACTOR es de 5.929 kA y la mínima corriente de cortocircuito en la barra QMTR2 es de 8.715 kA.

### **3.8.3.- Resultados de la Simulación de Cortocircuito en Carga Proyectada**

- 1) El cortocircuito se realizó con las siguientes condiciones de voltaje en las barras de carga de Servicios de Acería proyectada con voltaje de 0.440 kV, potencia activa de 2 MW y la potencia reactiva de 1,5 MVAR.
- 2) El cortocircuito se realizó con las siguientes condiciones de voltaje en las barras de carga de Planta Oxígeno proyectada con voltaje de 0.440 kV, potencia activa de 2,2 MW y la potencia reactiva de 1,65 MVAR.

- 3) El cortocircuito se realizó con las siguientes condiciones de voltaje en las barras de carga de Colada Continua proyectada con voltaje de 0.440 kV, potencia activa de 1,5 MW y la potencia reactiva de 1,125 MVAR.
- 4) El cortocircuito se realizó con las siguientes condiciones de voltaje en las barras de carga de Planta Shredder proyectada con voltaje de 0.440 kV, potencia activa de 2,984 MW y la potencia reactiva de 1,927 MVAR..
- 5) El cortocircuito se realizó con las siguientes condiciones de voltaje en las barras de carga de Indura proyectada voltaje de 2,4 kV, potencia activa de 1,05 MW y la potencia reactiva de 0,78 MVAR. **ANEXO 34**

**TABLA N° 3.27**  
**CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO TRIFASICO MAXIMO EN**  
**NODOS DE CARGA DE LOS PROYECTOS A FUTURO**

TIPO	CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO MAXIMO					
	Ik" (kA)	Ib (kA)	Idc (kA)	Ip (kA)	Ib asi (kA)	Sec" MVA
Colada Cont. Proy.	54,660	54,660	35,424	134,382	65,135	41,656
Indura Proy.	8,317	8,317	5,589	20,570	10,020	34,573
Oxigeno Proy.	54,821	54,821	37,756	136,142	66,564	41,779
Shredder Proy.	7,067	6,675	4,974	17,614	8,324	80,790
Planta Shredder	7,067	6,675	4,974	17,614	8,324	80,790
Serv. Aceria Proy.	65,943	65,938	46,388	164,343	80,621	50,255

FUENTE: ADELCA

ELABORADO POR: Investigadores

En la **Tabla 3.27** se indican los resultados de la simulación de cortocircuito trifásico máximo en las barras de carga de los nuevos proyectos, donde se puede verificar que la máxima corriente de cortocircuito en la barra de Colada Continua es de 54,660 kA, la máxima corriente de cortocircuito en la barra de Indura es de 8,317 kA, la máxima corriente de cortocircuito en la barra de Oxigeno es de 54,821 kA, la máxima corriente de cortocircuito en la barra de la Planta Shredder Actual y Proyectada es de 7,067kA, y la máxima corriente de cortocircuito en la barra de Servicios Acería es de 65,943 kA.

**TABLA N° 3.28**  
**CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO TRIFASICO MINIMO EN**  
**NODOS DE CARGA DE LOS PROYECTOS A FUTURO**

TIPO	CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO MINIMO					
	Ik"(kA)	Ib (kA)	Idc(kA)	Ip (kA)	Ib asi(kA)	Sec"MVA
Colada Cont. Proy.	46,757	46,757	29,224	114,27	55,138	35,633
Indura Proy.	7,504	7,504	5,020	18,545	9,028	31,193
Oxigeno Proy.	46,916	46,916	32,240	116,46	56,926	35,755
Shredder Proy.	4,146	4,146	2,858	10,297	5,035	47,395
Planta Shredder	4,146	4,146	2,858	10,297	5,035	47,395
Serv. Aceria Proy.	56,319	56,319	38,843	139,89	68,415	42,920

FUENTE: ADELCA

ELABORADO POR: Investigadores

En la **Tabla 3.28** se indican los resultados de la simulación de cortocircuito trifásico mínimo en las barras de carga de los nuevos proyectos, donde se puede verificar que la mínima corriente de cortocircuito en la barra de Colada Continua es de 46,757 kA, la mínima corriente de cortocircuito en la barra de Indura es de 7,504 kA, la mínima corriente de cortocircuito en la barra de Oxigeno es de 46,916 kA, la mínima corriente de cortocircuito en la barra de la Planta Shredder Actual y Proyectada es de 4,146 kA, y la mínima corriente de cortocircuito en la barra de Servicios Acería es de 56,319 kA.

**TABLA N° 3.29**  
**CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO MONOFASICO MAXIMO EN**  
**LOS PROYECTOS A FUTURO**

TIPO	CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO MAXIMO					
	Ik"(kA)	Ib(kA)	Idc(kA)	Ip (kA)	Ib asi(kA)	Sec"MVA
Colada Cont. Proy.	56,772	56,772	36,793	139,575	67,652	14,422
Indura Proy.	8,576	8,576	5,763	21,210	10,332	11,883
Oxigeno Proy.	56,887	56,887	39,179	141,274	69,073	14,451
Shredder Proy.	6,397	6,397	4,502	15,943	7,822	24,375
Planta Shredder	6,397	6,397	4,502	15,943	7,822	24,375
Serv. Aceria Proy.	68,990	68,990	48,531	171,93	84,350	17,526

FUENTE: ADELCA

ELABORADO POR: Investigadores

En la **Tabla 3.29** se indican los resultados de la simulación de cortocircuito monofásico máximo en las barras de carga de los nuevos proyectos, donde se puede verificar que la máxima corriente de cortocircuito en la barra de Colada Continua es de 56,772 kA, la máxima corriente de cortocircuito en la barra de Indura es de 8,576 kA, la máxima corriente de cortocircuito en la barra de Oxígeno es de 56,887 kA, la máxima corriente de cortocircuito en la barra de la Planta Shredder Actual y Proyectada es de 6,397 kA, y la máxima corriente de cortocircuito en la barra de Servicios Acería es de 68,990 kA.

**TABLA N° 3.30**  
**CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO MONOFASICO MINIMO EN LOS**  
**PROYECTOS A FUTURO**

TIPO	CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO MINIMO					
	Ik" (kA)	Ib (kA)	Idc (kA)	Ip (kA)	Ib asi(kA)	Sec"MVA
<b>Colada Cont. Proy.</b>	48,707	48,707	30,443	119,038	57,438	12,373
<b>Indura Proy.</b>	7,755	7,755	5,188	19,167	9,331	10,746
<b>Oxígeno Proy.</b>	48,821	48,821	49,683	121,197	59,237	12,402
<b>Shredder Proy.</b>	4,367	4,367	3,010	10,846	5,304	16,640
<b>Planta Shredder</b>	4,367	4,367	3,010	10,846	5,304	16,640
<b>Serv. Aceria Proy.</b>	59,120	59,120	40,775	146,853	71,817	15,018

FUENTE: ADELCA

ELABORADO POR: Investigadores

En la **Tabla 3.30** se indican los resultados de la simulación de cortocircuito monofásico mínimo en las barras de carga de los nuevos proyectos, donde se puede verificar que la mínima corriente de cortocircuito en la barra de Colada Continua es de 48,707 kA, la mínima corriente de cortocircuito en la barra de Indura es de 7,755 kA, la mínima corriente de cortocircuito en la barra de Oxígeno es de 48,821 kA, la mínima corriente de cortocircuito en la barra de la Planta Shredder Actual y Proyectada es de 4,367 kA, y la mínima corriente de cortocircuito en la barra de Servicios Acería es de 59,120 kA.

### 3.9.- SISTEMAS DE PROTECCIONES

#### 3.9.1.- Situación Actual de los Sistemas de Protecciones

En la empresa ADELCA actualmente se realiza, la investigación para el caso de estudio del circuito para los hornos EAF y LF, ya que es la parte de este análisis, en la **Tabla 3.31** muestra el TAP, DIAL y la relación de transformación de corrientes para los (TC).

**TABLA N° 3.31**  
**AJUSTE DE PROTECCIONES DE SOBRECORRIENTE DE CIRCUITO**  
**HORNO EAF**

Ubicación		Relé	RTC	Norm-Inv		Ext- Inv		MVA
				I>	t>	I>>	t>>	
				tap	dial	tap	dial	
1	Tablero T2 138 kV	SPAJ 140C	200/5	280	13.0	450	0.3	66.93
2	Tablero QMTR2/02	SPAJ 140C	2000/5	1680	12.0	2700	0.2	66.93
3	Tablero QMTR2/06	SPAJ 140C	1250/5	1140	11.0	1950	0.15	45.41
4	Tablero QMTR4/01	SPAJ 140C	1000/5	900	10.0	1950	0.1	35.85

FUENTE: ADELCA - TECNICOS

ELABORADO POR: Investigadores

En la **Tabla 3.31** indican los ajustes de las protecciones de sobrecorriente de la empresa ADELCA de la parte del circuito del horno EAF, la misma que opera a un nivel de voltaje de 138/23 kV en el transformador, los dispositivos de protección de fase (51F) y de falla a tierra (51N) son de fabricación ABB de modelo SPAJ 140C con una relación de transformación de corriente y calibración mostradas en las tablas, las curvas que presentan son extremadamente inversas.

**TABLA N° 3.32**  
**AJUSTE DE PROTECCIONES DE SOBRECORRIENTE DE CIRCUITO**  
**HORNO LF**

Ubicación	Relé	RTC	Norm-Inv		Ext-Inv		MVA	
			I>	t>	I>>	t>>		
			tap	dial	tap	dial		
1	Tablero T2 138 kV	SPAJ 140C	200/5	280	13.0	450	0.3	66.93
2	Tablero QMTR2/02	SPAJ 140C	2000/5	1680	12.0	2700	0.2	66.93
3	Tablero QMTR2/06	SPAJ 140C	1250/5	375	11.0	1950	0.15	14.94
4	Tablero QMTR4/01	SPAJ 140C	400/5	375	10.0	1950	0.1	14.94

FUENTE: ADELCA - TECNICOS

ELABORADO POR: Investigadores

En la **Tabla 3.32** indican los ajustes de las protecciones de sobrecorriente de la empresa ADELCA de la parte del circuito del horno LF, la misma que opera a un nivel de voltaje de 138/23 kV en el transformador, los dispositivos de protección de fase (51F) y de falla a tierra (51N) son de fabricación ABB de modelo SPAJ 140C con una relación de transformación de corriente y calibración, mostradas en las tablas, las curvas que estas presentan son extremadamente inversas.

### **3.9.2.- Selección de Protecciones Propuesto**

Se realizó un estudio de coordinación de protecciones determinando las características y ajustes óptimos de los elementos de protecciones del circuito que alimenta a los hornos EAF y LF de la empresa ADELCA. Los ajustes son elegidos para obtener interrupciones de la mínima parte de los sistemas durante condiciones de falla. Estos ajustes tienen como objetivo primordial proteger al circuito perteneciente a los hornos EAF y LF dando prioridad a los transformadores de potencia.

La función primordial de un dispositivo de protección, es la detección de las condiciones de falla y aislamiento del problema tan rápido como sea posible. El objetivo de la coordinación de los dispositivos de protecciones en la empresa ADELCA es debido a la implementación de la capacidad del transformador principal que alimenta a los circuitos de los Hornos EAF y LF.

Un sistema eléctrico de potencia industrial ideal, debe ser un sistema “selectivo”. Para poder cumplir con este requisito, los dispositivos de protección son dimensionados y coordinados con otro dispositivo que protegen a varios equipos que se encuentran en el circuito eléctrico de los hornos EAF Y LF de tal manera que, opere primero solo el dispositivo de protección que se encuentre más cercano al punto fallado, si por alguna razón el dispositivo de protección no opera o falla durante su operación, entonces deberán operar el siguiente dispositivo de protección y así sucesivamente hasta llegar a la fuente de alimentación o equivalente de red.

### **3.9.3.- Criterios de Protección de Sobrecorriente para Fallas entre Fases y Tierra**

La coordinación entre los diversos elementos de protección de sobrecorriente se ha realizado mediante la definición de sus ajustes, tanto de corriente como de tiempo, de modo tal que se obtenga la mejor selectividad posible. Para los ajustes mencionados, se siguió la siguiente metodología:

- a) Todos los ajustes se ha verificado, para dos condiciones extremas, que corresponden a las corrientes de falla máxima y mínima posible. Como una corriente de falla máxima para los ajustes de los dispositivos de protección de fallas entre fases, se consideró el suceso de un cortocircuito trifásico en la condición de máxima generación del sistema. Los ajustes de estos dispositivos de protección de fallas entre fases han sido además verificados para que no operen con la corriente de carga de los equipos y circuitos que protegen.
  
- b) Para el caso de fallas a tierra se han simulado fallas en diferentes puntos de la red en estudio. Para fallas en zonas relativamente alejadas del punto de ubicación del Relé de Protección, las corrientes toman valores relativamente pequeños. En los casos más críticos estos valores de corrientes de falla a tierra son sensiblemente menores a las corrientes de carga. Por lo expuesto se ha tomado como criterio de ajuste para este tipo particular de fallas el escoger valores de arranque menores que las corrientes de carga.

- c) Para el ajuste de sobrecorriente de fases y tierra se han escogido la curva de extremadamente inversa (Extremely Inverse EI) de operación en el circuito de los Hornos EAF y LF.
- d) El intervalo de tiempo de coordinación entre dispositivos de protección es aproximadamente de 200ms a 400ms, determinado principalmente por el tiempo de actuación del relé más interruptor, con un margen de seguridad para compensar los errores que pudieran haber en los valores estimados de corriente de falla, tiempo de operación de los relés y errores en los transformadores de corriente.

### 3.9.4.- Cálculo del TC para los Transformadores

**Para el transformador (TR2)**

**50 MVA**

**138 KV**

**%Z= 11.8**

$$I_{pc} = \frac{\text{Capacidad maxima MVA}}{kV * \sqrt{3}} \quad \therefore I_{pc} = \frac{50000000}{138000 * 1.73} = 209.184 \text{ A}$$

$$I_n = I_{pc} = (209.184)(1.2) = 251.020 \text{ A}$$

De acuerdo a la norma internacional IEC 60044-1 de transformadores de corrientes se selecciona un TC de 300/5 que va a soportar una corriente máxima de cortocircuito de 20 veces la capacidad nominal. Para garantizar su funcionamiento al 120%.

**Para el transformador (TR3)**

**50 MVA**

**23 KV**

**%Z= 8.38**

$$I_{pc} = \frac{\text{Capacidad maxima MVA}}{kV * \sqrt{3}} \quad \therefore I_{pc} = \frac{50000000}{23000 * 1.73} = 1255.109 A$$

$$I_n = I_{pc} = (1255.109)(1.2) = 1506.13 A$$

De acuerdo a la norma internacional IEC 60044-1 de transformadores de corrientes se selecciona un TC de 1500/5 que va a soportar una corriente máxima de cortocircuito de 20 veces la capacidad nominal. Para garantizar su funcionamiento al 120%.

**Para el reactor y el cable de alimentación.**

**50 MVA**

**23 KV**

**%Z= 8.38**

$$I_{pc} = \frac{\text{Capacidad maxima MVA}}{kV * \sqrt{3}} \quad \therefore I_{pc} = \frac{50000000}{23000 * 1.73} = 1255.109 A$$
$$I_n = I_{pc} = (1255.109)(1.2) = 1506.130 A$$

De acuerdo a la norma internacional IEC 60044-1 de transformadores de corrientes se selecciona un TC de 1500/5 que va a soportar una corriente máxima de cortocircuito de 20 veces la capacidad nominal. Para garantizar su funcionamiento al 120% esto debido a que existe el cable de alimentación y el reactor que alimenta al horno EAF.

**Para el transformador (TR4)**

**10.5 MVA**

**23 KV**

**%Z= 8.92**

$$I_{pc} = \frac{\text{Capacidad maxima MVA}}{kV * \sqrt{3}} \quad \therefore I_{pc} = \frac{10500000}{23000 * 1.73} = 263.579 A$$
$$I_n = I_{pc} = (263.579)(1.2) = 316.287$$

De acuerdo a la norma internacional IEC 60044-1 de transformadores de corrientes se selecciona un TC de 500/5 que va a soportar una corriente máxima de cortocircuito de 20 veces la capacidad nominal. Para garantizar su funcionamiento al 120%.

- **Para el cable de alimentación del Horno LF**

Debido a que la distancia del cable de alimentación al horno LF es de 100 m la relación de transformación será la misma TC de 500/5 que va a soportar una corriente máxima de cortocircuito de 20 veces la capacidad nominal. Para garantizar su funcionamiento al 120%.

### **3.9.5.- Coordinación de Protecciones**

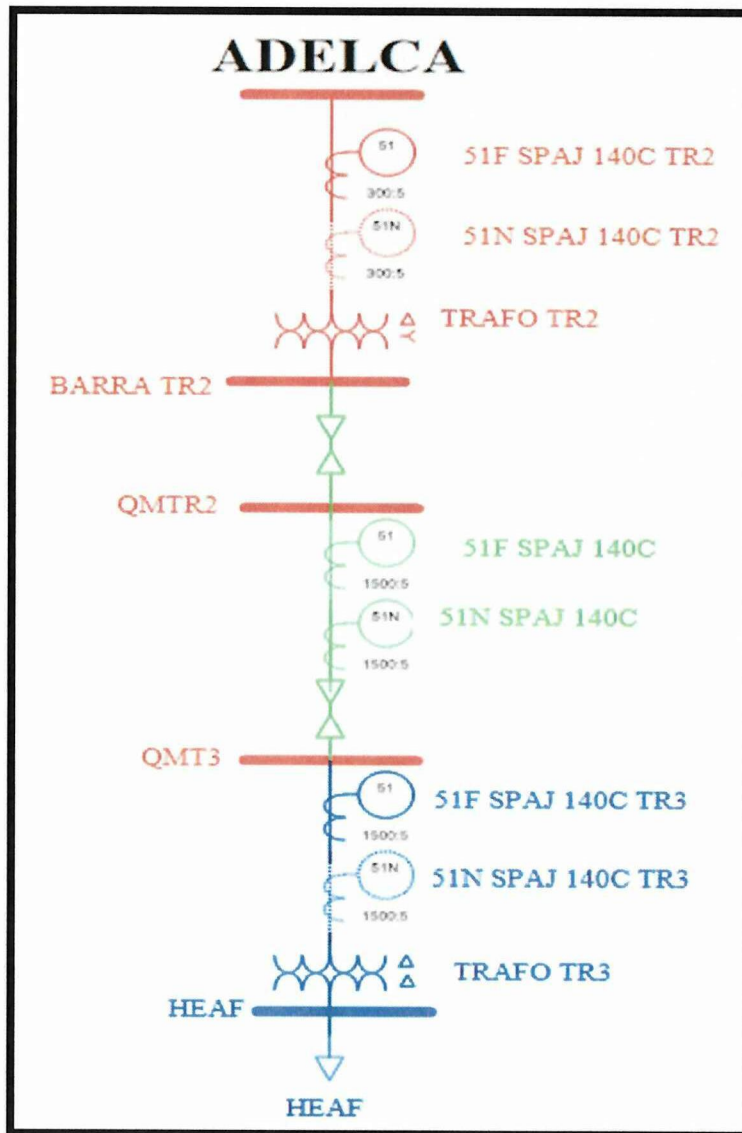
A partir del diagrama unifilar de la empresa ADELCA presentado en el **Gráfico 3.6**, se procedió a realizar la aplicación de los dispositivos de protección bajo la numeración ANSI, esto para los componentes eléctricos que intervienen en el sistema eléctrico. El **Gráfico 3.7 y 3.8** muestran los dispositivos de protección a cada componente eléctrico del circuito de los hornos EAF y LF.

Una vez establecidos los dispositivos de protección de fase y de neutro respectivamente, se realizarán la coordinación de protecciones de sobrecorriente para la fase del sistema eléctrico y posteriormente esta misma será realizada para el neutro del sistema de los hornos EAF y LF

En el **Gráfico 3.7** se muestra el diagrama unifilar correspondiente al circuito del horno de fundición EAF, con un transformador principal TR2 de 50 MVA con

conexión delta-estrella (Dy1), línea trifásica de 0,50m, reactor y el transformador TR3 de 50 MVA conexión (Dd), debido que la conexión es delta – delta (Dd) las corrientes en las barras de carga es cero.

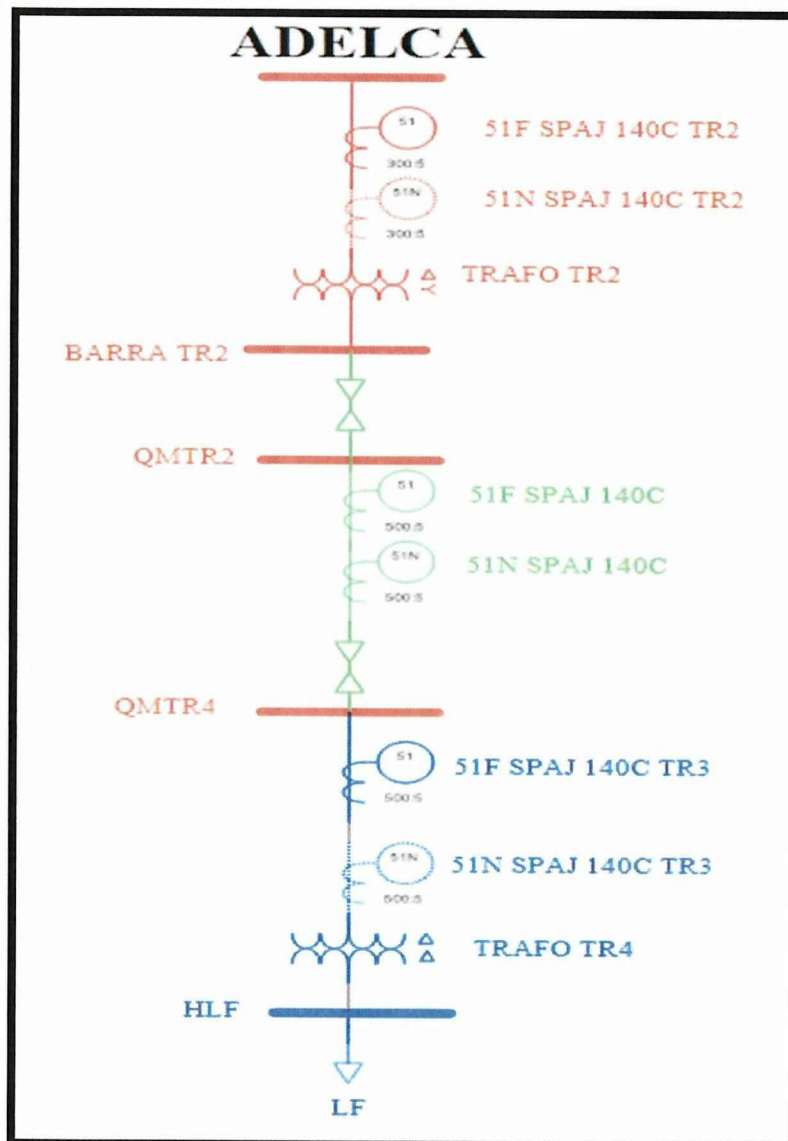
**GRAFICO N° 3.7**  
**DIAGRAMA UNIFILAR DE PROTECCIONES DEL CIRCUITO HORNO**  
**EAF**



FUENTE: SOFTWARE CYMTCC  
 ELABORADO POR: Investigadores

En la **Grafico 3.8** se indica el diagrama unifilar correspondiente al circuito del horno de fundición LF, con un transformador principal TR2 de 50 MVA con conexión Dy1, línea trifásica de 100 m y el transformador TR4 de 10.5 MVA con conexión Dd, debido que la conexión es delta – delta Dd, las corrientes en las barras de carga es cero

**GRAFICO N° 3.8**  
**DIAGRAMA UNIFILAR DE PROTECCIONES DEL CIRCUITO HORNO**  
**LF**



FUENTE: SOFTWARE CYMTCC  
 ELABORADO POR: Investigadores



**TABLA N° 3.33**  
**AJUSTES DE PROTECCION DE SOBRECORRIENTE DEL HORNO**  
**EAF**

<b>AJUSTES DE LOS HORNOS EAF</b>									
Equipo	Nivel de voltaje (kV)	Protección	Designación	Relé de Sobrecorriente		RTC	Ajustes		Tipo de curva
				Fabricante	Modelo		Tap (A)	Dial	
<b>TR2</b>	138	Fase	51 F	ABB	SPAJ 140 C	300/5	6.83	0.3	Extremadamente inversa
<b>Reactor</b>	23	Fase	51 F	ABB	SPAJ 140 C	1500/5	3.16	0.1	Extremadamente inversa
<b>TR3</b>	23	Fase	51 F	ABB	SPAJ 140 C	1500/5	8.33	0.3	Extremadamente inversa
<b>TR2</b>	138	Neutro	51 N	ABB	SPAJ 140 C	300/5	1.04	0.4	Extremadamente inversa
<b>Reactor</b>	23	Neutro	51 N	ABB	SPAJ 140 C	1500/5	0.81 6	0.1	Extremadamente inversa
<b>TR3</b>	23	Neutro	51 N	ABB	SPAJ 140 C	1500/5	1.66	0.05	Extremadamente inversa

**FUENTE: CYMTCC**

**ELABORADO POR: Investigadores**

En la **Tabla 3.33** describen los ajustes de las protecciones de sobrecorriente del circuito correspondiente al horno EAF, el mismo que opera a un nivel de voltaje de 138 y 23 kV vigilado por el dispositivo de protección de fase (51F) y de falla a tierra (51N) del fabricante Asea Brown Boveri (ABB) de modelo SPAJ 140C para el dispositivo 51F se tiene una relación de transformación de corriente de 300/5, ajustes en el TAP en 6,83 y un DIAL de 0.3.

Para el dispositivo 51N se tiene una relación de transformación de corriente de 300/5, ajustes en el TAP en 1.04 y un dial de 0.4 correspondiente al transformador TR2.

En el lado de 23 kV, para el dispositivo 51F se tiene una relación de transformación de corriente de 1500/5, ajustes en el TAP en 13,16 y un DIAL de 0.1. Para el dispositivo 51N tiene un ajuste en el TAP en 0.816 y un DIAL de 0.1. Para el reactor y las líneas que alimentan el horno EAF **(ANEXO 36 Y 38)**.

En el lado de 23 kV , para el dispositivo 51F se tiene una relación de transformación de corriente de 1500/5, ajustes en el TAP en 8,33 y un DIAL de 0.3. Para el dispositivo 51N tiene un ajuste en el TAP en 1.66 y un DIAL 0.05 del transformador TR3 las curvas son extremadamente inversas, con un relé ABB SPAJ 140C EI **(ANEXO 35 Y 37)**.

En los anexos mencionados anteriormente se muestra el comportamiento de las curvas de coordinación de fase y neutro de los relés 51F y 51N correspondiente al circuito de horno EAF.

Para poder coordinar las protecciones se ha escogido la curva extremadamente inversa debido a que presenta mayor flexibilidad al momento de calibrar el tap y dial del transformador, por lo que fue más fácil realizar los respectivos ajustes de protección de sobrecorriente en los hornos eléctricos del área de fundición de chatarra de la planta de producción ADELCA C.A.

**TABLA 3.34**  
**AJUSTES DE PROTECCION DE SOBRECORRIENTE DEL HORNO LF**

<b>AJUSTES DE LOS HORNOS LF</b>									
Equipo	Nivel de voltaje (kV)	Protección	Designación	Relé de Sobrecorriente		RTC	Ajustes		Tipo de curva
				Fabricante	Modelo		Tap (A)	Dial	
<b>TR2</b>	138	Fase	51 F	ABB	SPAJ 140 C	300/5	9.30	0.3	Extremadamente inversa
<b>Línea</b>	23	Fase	51 F	ABB	SPAJ 140 C	500/5	0.8	0.2	Extremadamente inversa
<b>TR4</b>	23	Fase	51 F	ABB	SPAJ 140 C	1500/5	8	0.1	Extremadamente inversa
<b>TR2</b>	138	Neutro	51 N	ABB	SPAJ 140 C	300/5	2.66	0.4	Extremadamente inversa
<b>Línea</b>	23	Neutro	51 N	ABB	SPAJ 140 C	500/5	0.95	0.2	Extremadamente inversa
<b>TR4</b>	23	Neutro	51 N	ABB	SPAJ 140 C	500/5	1.7	0.1	Extremadamente inversa

FUENTE: CYMTCC

ELABORADO POR: Investigadores

En la **Tabla 3.34** describen los ajustes de las protecciones de sobrecorriente del circuito correspondiente al horno LF, el mismo que opera a un nivel de voltaje de 138 y 23 kV vigilado por el dispositivo de protección de fase (51F) y de falla a tierra (51N) del fabricante Asea Brown Boveri (ABB) de modelo SPAJ 140C

Para el dispositivo 51F se tiene una relación de transformación de corriente de 300/5, ajustes en el TAP en 9.30 y un DIAL de 0.3. Para el dispositivo 51N se tiene una relación de transformación de corriente de 300/5, ajustes en el TAP en 2.66 y un dial de 0.4 correspondiente al transformador TR2.

En el lado de 23 kV, para el dispositivo 51F se tiene una relación de transformación de corriente de 500/5, ajustes en el TAP en 0.8 y un DIAL de 0.2. Para el dispositivo 51N tiene un ajuste en el TAP en 0.95 y un DIAL de 0.2. Para las líneas que alimentan el horno LF **(ANEXO 40 Y 42)**.

En el lado de 23 kV , para el dispositivo 51F se tiene una relación de transformación de corriente de 500/5, ajustes en el TAP en 8 y un DIAL de 0.1. Para el dispositivo 51N tiene un ajuste en el TAP en 1.7 y un DIAL 0.1 del transformador TR4 las curvas son extremadamente inversas, con un relé ABB SPAJ 140C EI. **(ANEXO 39 Y 41)**.

En los anexos mencionados anteriormente se muestra el comportamiento de las curvas de coordinación de fase y neutro de los relés 51F y 51N correspondiente al circuito de horno LF.

### 3.10.- CONCLUSIONES

- Con el trabajo de campo realizado se verifico y actualizó los planos y diagramas unifilares del sistema eléctrico de ADELCA. , rediseñando la subestación, lo que implica la implementación de los nuevos equipos y sus respectivas conexiones, además de la reestructuración del diagrama unifilar una vez incluidos los proyectos que se llevaran a cabo hasta el año 2020.
- Se realizó la proyección de la demanda en base a los datos históricos facilitados por la empresa, lo que sirvió de ayuda para poder establecer la demanda de los proyectos que van a ejecutarse, ya que estos proyectos son réplicas de trabajos ya realizados en ADELCA, una vez determinada la demanda de cada uno de estos trabajos se pudo establecer la demanda de 39,89 MW y energía proyectada de 5,14 GWh, que es que se incorporara hasta el 2020.
- Los resultados analizados en la simulación de flujos de potencia, mediante el software NEPLAN V543, fue de gran ayuda, ya que se pudo comprobar el estado actual del sistema eléctrico de ADELCA. Y como quedaría el sistema una vez implementado el nuevo transformador de 50 MVA, para lo cual se realizó un flujo de potencia para cada caso, el cual se estableció para: carga máxima las caídas de voltajes son inferiores al 5%, para carga mínima las caídas de voltaje son inferiores al 10% en los hornos.
- De la simulación de flujos de potencia se obtuvo los siguientes parámetros: voltajes, potencia activa, reactiva y factor de potencia para cada caso establecido. en las diferentes barras del sistema eléctrico de

ADELCA, constatando que no exista caídas de voltaje que este inferiores a 0,8 pu ya que estaría por debajo de los niveles permitidos.

- Para el correcto funcionamiento del sistema, y que no afecte la operación del mismo se realizó un plan de contingencia, el cual incluye un caso que fue la salida de los filtros de armónicos de 9,82 y 4,65 MVA, y un caso en el que la Planta Shredder quede sin su banco de capacitores de 900 KVAR, para el primer caso se verificó que los voltajes en las cargas del transformador no varían y los voltajes de las barras de los hornos disminuyen, el fp para demanda máxima cambia de 0,89 ind a 0,73 ind, en demanda mínima el fp cambia de 0,90 cap a 0,73 ind, para el segundo caso los voltajes en las cargas del transformador disminuyen y los voltajes en las barras de los hornos no varían, el fp para máxima carga cambia de 0,89 ind a 0,88 ind ,y en demanda mínima cambia de 0,90 cap a 0,93 cap.
- El análisis de cortocircuitos se realizó solo para los hornos EAF y LF debido a que la empresa ADELCA está aumentando la capacidad del transformador principal a 50 MVA, el cual afecta solamente a los hornos, este análisis se realizó en el software NEPLAN, donde se verificando la corriente máxima de cortocircuito trifásico en la barra del horno EAF de 161,967 kA y en la barra del horno LF de 474,778 kA.
- Al realizar las protecciones de sobrecorriente de fase 51F en el lado de 138kV y 23kV del transformador de potencia del horno eléctrico se verifico que en el sistema no existe selectividad ya que la potencia del transformador principal es la misma potencia que tiene el transformador del horno EAF, para lo cual el ajuste de protecciones del horno EAF va tener un tap de 9,30 y dial de 0,1, con una relación de transformación de

300/5 y se utilizó la curva extremadamente inversa, ya que presenta mayor flexibilidad para la coordinación.

- En el ajuste de las protecciones de sobrecorriente 51F de fase y 51N de tierra para el circuito del horno LF existe selectividad debido a que la potencia de los transformadores son distintas al igual que sus impedancias de cortocircuito, , para lo cual el ajuste de protecciones del horno EAF va tener un tap de 9,30 y dial de 0,3, con una relación de transformación de 300/5 y se utilizó la curva extremadamente inversa, ya que presenta mayor flexibilidad para la coordinación, cumpliendo con el criterio de tiempo que es de 200ms con los relés que se encuentran aguas arriba de la falla simétrica o asimétrica.

### 3.11.- RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio del sistema eléctrico que es alimentado desde la subestación santa rosa hacia la subestación ADELCA. Con el propósito de verificar la cargabilidad de la línea, niveles de cortocircuito trifásico y monofásico y sus respectivas protecciones.
- Es necesario contar con datos reales sobre la evolución de la demanda, mediante componentes como la energía, cargas, factor eficiencia y tiempo, con lo cual se puede realizar la proyección de la demanda.
- Se debe considerar que el relé que protege el circuito afectado, deberá aislar la falla sin que las otras protecciones tengan que dispararse, y no perjudique el resto sistema eléctrico, lo cual conllevaría a una pérdida en la producción de la planta.
- Una vez que se vayan implementando cada uno de los trabajos proyectados se debe verificar los parámetros de voltaje, pérdidas, cargabilidad, potencia activa y reactiva, en base a los flujos de potencia simulados, con el objetivo de precautelar cualquier contingencia en el sistema.
- Para la coordinación de protecciones es recomendable tener un criterio personal acorde a las experiencias y normas, la cual nos ayudará que las protecciones actúen de mejor manera en forma selectiva, así como también utilizar las curvas extremadamente inversa, ya que este tipo de curva nos ayuda a coordinar de mejor manera las protecciones.

- Con el estudio realizado y los parámetros establecidos en la coordinación de protecciones, se garantiza el aumento de nuevas cargas las cuales serán implementadas a futuro sin que se presente cualquier anomalía en el sistema eléctrico.
- Al incorporarse el transformador de (50 MVA) y al ser este el único transmisor de energía para la alimentación de los hornos EAF y LF y de los proyectos que se incorporaran a la planta, es necesario realizar periódicamente el mantenimiento del nuevo Sistema de Protecciones, para verificar que se encuentra operando normalmente dentro de lo programado y no se presenten ningún tipo de anomalía cuando exista una falla.
- La empresa debe realizar un análisis económico en relación a la capacidad de inversión o endeudamiento en nuevos activos fijos, para la ejecución de nuevos proyectos y con esto poder conocer cuándo va a recuperar la inversión de cada uno de los proyectos que se va a implementar, y desde que año va a ser rentable, ya que por falta de información nosotros no podemos realizar este análisis.

### 3.12.- GLOSARIO DE TERMINOS BASICOS

- **Arco eléctrico:** Se denomina arco eléctrico o también arco voltaico a la descarga eléctrica que se forma entre dos electrodos sometidos a una diferencia de potencial y colocados en el seno de una atmósfera gaseosa enrarecida, normalmente a baja presión, o al aire libre.
- **Autovalvular:** Un descargador autovalvular AEG está constituido por un explosor o espinterómetro y una resistencia en serie. El explosor está ajustado para que salte la descarga entre sus electrodos a cierta tensión denominada tensión de encebamiento del pararrayos, lo que establece la conexión con tierra a través de la resistencia.
- **Aislamiento eléctrico:** El aislamiento eléctrico se produce cuando se cubre un elemento de una instalación eléctrica con un material que no es conductor de la electricidad, es decir, un material que resiste el paso de la corriente a través del elemento que alberga y lo mantiene en su desplazamiento a lo largo del semiconductor. Dicho material se denomina aislante eléctrico.
- **Aparamenta:** Es el conjunto de aparatos de maniobra, de regulación y control, de medida, incluidos los accesorios de las canalizaciones eléctricas, utilizados en las instalaciones eléctricas, cualquiera que sea su tensión.
- **Carga:** Es una propiedad física intrínseca de algunas partículas subatómicas que se manifiesta mediante fuerzas de atracción y repulsión entre ellas. La materia cargada eléctricamente es influida por los campos electromagnéticos, siendo a su vez, generadora de ellos.
- **Cortocircuitos:** Se denomina cortocircuito al fallo en un aparato o línea eléctrica por el cual la corriente eléctrica pasa directamente del conductor activo o fase al neutro o tierra en sistemas monofásicos de corriente alterna, entre dos fases o igual al caso anterior para sistemas polifásicos, o entre polos opuestos en el caso de corriente continua.



- **Calibración:** Es una operación que, bajo condiciones específicas, establece en una primera etapa una relación entre los valores y las incertidumbres de medida provistas por estándares e indicaciones correspondientes con las incertidumbres de medida asociadas y, en un segundo paso, usa esta información para establecer una relación para obtener un resultado de la medida a partir de una indicación.
- **Explosores:** Dispositivo que tiene dos o más electrodos entre los que se inicia una descarga eléctrica en unas condiciones determinadas.
- **Electromagnética:** Fenómeno en el que los campos eléctricos y los magnéticos se interrelacionan.
- **Electrodo:** Es un conductor eléctrico utilizado para hacer contacto con una parte no metálica de un circuito, por ejemplo un semiconductor, un electrolito, el vacío (en una válvula termoiónica), un gas (en una lámpara de neón).
- **Espinterómetro:** Es un aparato que sirve para medir la rigidez dieléctrica de un material, la cual se mide por la cantidad de voltios que producen la perforación del material.
- **Flujo de carga:** Es una herramienta importante que involucra análisis numérico aplicado a un sistema de potencia. En el estudio del flujo de potencia usualmente se usa una notación simplificada tal como el diagrama unifilar y el sistema por unidad, y se centra en varias formas de la potencia eléctrica.
- **Laminación:** Se conoce como laminación o laminado al proceso industrial por medio del cual se reduce el espesor de una lámina de metal o de materiales semejantes con la aplicación de presión mediante el uso de distintos procesos, como la laminación de anillos o el laminado de perfiles.
- **Metalúrgica:** Se aplica para extraer, purificar y trabajar los metales, especialmente el hierro y el acero.
- **Potencia:** Es la relación de paso de energía de un flujo por unidad de tiempo; es decir, la cantidad de energía entregada o absorbida por un elemento en un tiempo determinado. La unidad en el Sistema Internacional de Unidades es el vatio (watt).

- **Repotenciación:** Aumentar o Disminuir las Potencias.
- **Subestación:** Conjunto de aparata eléctrica y edificios necesarios para transformar la tensión y conectar dos o más circuitos.
- **Software:** Se conoce como software al equipamiento lógico o soporte lógico de un sistema informático, que comprende el conjunto de los componentes lógicos necesarios que hacen posible la realización de tareas específicas, en contraposición a los componentes físicos que son llamados hardware.
- **Simulación:** Es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de largos períodos.
- **Trefilados:** Se entiende por trefilar a la operación de conformación en frío consistente en la reducción de sección de un alambre o varilla haciéndolo pasar a través de un orificio cónico practicado en una herramienta llamada hilera o dado.

## 3.13.- BIBLIOGRAFIA

### 3.13.1.- Bibliografía Textual

#### 3.13.1.1.- Bibliografía Textual Citada

- ❖ ABB. *Tableros de Transferencia*. (ed. ABB); 2012. 4 p.
- ❖ CEDENAR S.A E.S.P. *Normas de Diseño y Construcción de Sistemas de Distribución Eléctricos*. 2010. 49 p.
- ❖ CORPORACIÓN “CENACE”. *Operación de Sistemas Eléctricos de Potencia*. (ed. CENACE); 2001. 2. p.
- ❖ GABRIEL A. JARAMILLO MORALES, ALFONSO A. *Electricidad y Magnetismo*. ( ed. Trillas); 1ª ed. 2000 18 p.
- ❖ HARPER Gilberto Enríquez. *Fundamentos de Instalaciones Eléctricas de Media y Alta Tensión*. (ed. Limusa); 1975. 11 p.
- ❖ INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, INC. *The IEEE Standard Dictionary of Electrical and Electronics*. 1996. 35 p.
- ❖ MARTIN BARRIO Ricardo Antonio. *Guía Práctica de Electricidad y Electrónica*. (ed. Cultural); 1995.15-16 p.
- ❖ MINISTERIO DE HIDROCARBUROS &. ENERGIA. *Plan Óptimo de Expansión del Sistema Interconectado Nacional 2012-2022*. 2012. 32.p.
- ❖ PEREZ SANTOS Alexandra Sashenka. *Subestaciones de Potencia*. (ed. Francisco José de Caldas); 2006. 13 p.
- ❖ RAMIREZ VAZQUEZ. *Estaciones de Transformación, Distribución y Protección de Sistemas Eléctricos de la CEAC* (ed. CEAC); 1995. 26.p.
- ❖ ROSALES. *Capítulo del Estudio Técnico*. ( ed. Fermín Toño); 2005. 47 p.
- ❖ STEVENSON D Williams. *Análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia*. (ed. Mc Graw-Hill); 2ª ed. 2002. 51 p.
- ❖ VALERO Antonio. *Repotenciación de Centrales Termoeléctricas*. (ed. Universidad Zaragoza); 2008. 20 p.

- ❖ VAN VALKENBURGH, NOOGER & NEVILLE. *Electricidad Básica*. (ed. Continental); 5ª ed. 2009 36 p.

### 3.13.1.2.- Bibliografía Textual Consultada

- ❖ AENOR. Asociación Española de Normalización y Certificación. *Corrientes de Cortocircuito en Sistemas Trifásicos de Corriente Alterna*. 2002. 46-58 p.
- ❖ BROCKERING Walter. *Los Sistemas Eléctricos de Potencia*. (ed. Mc Graw-Hill); 3ª ed. 2008. 67, 68 p.
- ❖ CORPORACIÓN “CENACE”. *Operación de Sistemas Eléctricos de Potencia*. (ed. CENACE); 2001. 12-13. p.
- ❖ ENRÍQUEZ, Humberto. *Fundamentos de instalaciones eléctricas de mediana y alta tensión*. (ed. Limusa); 2005. 32 - 34p.
- ❖ GRAINGER John. *Análisis de Sistemas de Potencia*. (ed. Mc Graw-Hill); 5ª ed. 2001. 86 p.
- ❖ GABRIEL A. JARAMILLO MORALES, ALFONSO A. *Electricidad y Magnetismo*. ( ed. Trillas); 1ª ed. 2000 20 – 25 p.
- ❖ HARPER Gilberto Enríquez. *Fundamentos de Instalaciones Eléctricas de Media y Alta Tensión*. (ed. Limusa); 1975. 13-18 p.
- ❖ HARPER Geovanny. *Manual de instalaciones eléctricas industriales*. (ed. Limusa.); México. 2005. 28 – 30 p.
- ❖ HARPER, Geovanny. *Elementos de diseño de subestaciones eléctricas* (ed. Limusa.). México, 2005. 48, 49 p.
- ❖ LERMA GONZÁLEZ, Héctor Daniel. *Metodología de la investigación, propuesta, anteproyecto y proyecto* (ed. Universidad Tecnológica Pereira).Colombia, 1999.42 p.
- ❖ LENIN JAVIER ARCOS GUERRÓN, IVAN SANTIAGO FLORES GOMEZ. *Análisis de Estabilidad Transitorio del Sistema Nacional Interconectado del Ecuador*. 2007. 90 – 94 p.

- ❖ MARTIN BARRIO Ricardo Antonio. *Guía Práctica de Electricidad y Electrónica*. (ed. Cultural); 1995.17-18p.
- ❖ MINISTERIO DE HIDROCARBUROS & ENERGIA. *Plan Óptimo de Expansión del Sistema Interconectado Nacional 2012-2022*. 2012. 28-32.p.
- ❖ PEREZ SANTOS Alexandra Sashenka. *Subestaciones de Potencia*. (ed. Francisco José de Caldas); 2006. 14-15 p.
- ❖ RAMIREZ VAZQUEZ. *Estaciones de Transformación, Distribución y Protección de Sistemas Eléctricos de la CEAC* (ed. CEAC); 1995. 27-30. p.
- ❖ RAMÍREZ Samuel. *Control y Protección de Sistemas Eléctricos de Potencia*. (ed. Universidad Nacional ); 1ª ed. 2009. 36 p.
- ❖ STEVENSON D Williams. *Análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia*. (ed. Mc Graw-Hill); 2ª ed. 2002. 33 p.

### 3.13.2.- Bibliografía Virtual

- ❖ AVELINO,P. *Transformadores de distribución: Teoría, cálculo, construcción y pruebas*. [ en.línea].Marzo2001 .[ref.de3deFebrero20 14].Disponibl en:<<http://www.monografias.com/trabajos90/equipo-primario-subestacion-electrica/equipo-primario-subestacion-electricashtml#ixzz2sZNDTZww>>
- ❖ BOHÓRQUEZ OJEDA William Alberto, BERMÚDEZ RODRÍGUEZ Claudia Milena, *Manual de Presentación de Subestaciones de Distribución*[en línea]. y, Abril 2009 [ref.de.11Febrero2014]. Disponible .en :<[http:// gemini. udistrital. edu. co/comunidad/grupos/gispud/redes electricas/site/ cap2 / c2 tsu bestaciones25.php](http://gemini.udistrital.edu.co/comunidad/grupos/gispud/redes electricas/site/cap2/c2tsu_bestaciones25.php)>
- ❖ CONELEC. *Distancias de seguridad (Regulación N° CONELEC 002/10)*. [en línea]. Mayo 2010. Disponible en:< [http://www.conelec.gov.ec/normativa /REGULACION %20002-10.pdf](http://www.conelec.gov.ec/normativa/REGULACION%20002-10.pdf)>

- ❖ ESPINOZA Jaime. *Guía de Selección de Protección en subestaciones por medio de relés basados en microprocesadores aplicados en Subestaciones de Transmisión*. [en línea].Marzo 2010.Disponible en:<<http://dspace.upsedu.ec/bitstream/123456789/2093/13/UPS-GT000155.pdf>>
- ❖ NÚÑEZ Saúl, *Banco de capacitores*, [en línea], 10 de Marzo 2011.[ref. de 18 de Enero 2014]. Disponible en:< <http://circuitos2eo.wordpress.com/>>
- ❖ OTROS, *Elementos De Una Subestación Eléctrica*. [En línea] Buenas Tareas.com.Octubre2010.[ref.12deFebrero2014].Disponible.en:<<http://www.buenastareas.com/ensayos/Elementos-De-Una-Subestacion-Elctrica/848835.html>>.
- ❖ OTROS, *Tableros de transferencia*. [en línea] Editel (S.F.), Marzo 2010.[ref. de 25 de Enero2014].Disponible en:<<http://www.editel.com.mx/pages/PagsProductos/PlantasEmergencia.htm>>
- ❖ OTROS,*Sistema de puesta a tierra en las subestaciones eléctricas de 13,2 kv 34,5 kv*. [en línea] BuenasTareas.com,Marzo2012.Disponible en:< <http://www.buenastareas.com/ensayos/Sistema-De-PuestaaTierraEn/3775952.html>> .
- ❖ SOTELO LAGOS José Richard. *Dimensionamiento de subestaciones eléctricas de media tensión aplicativo en java: Distancias mínimas y de seguridad*. [en línea] e-groups technology s.a.2008.Disponible en:<<http://bdigital.uao.edu.co/bitstream/10614/1375/1/TEL00509.pdf>>
- ❖ OTROS, *Transformador de corriente de una subestación*. [en línea]. Abril 2012 [ref. 17defebrero2014].Disponible en:<http://www.royalsearch.com/?q=transformador+de+corriente+de+una+subestaciones+electricas>>
- ❖ OTROS. *Transformador de potencial de una subestación*. [en línea] Abril 2012[ref17defebrero2014].Disponible.en:<<http://www.royal.search.com/?q=transformador+de+POTENCIAL+de+una+subestaciones+electricas>>
- ❖ OTROS. *Tableros de Transferencia*. [en línea] Mayo 2011 [ref, 17 de febrero2014].Disponible.en:<[http://www.royalsearch.com/?s=img&babsrc=SP\\_ss\\_din2g&rlz=0&sd=1&q=tableros+de+trnasferencia](http://www.royalsearch.com/?s=img&babsrc=SP_ss_din2g&rlz=0&sd=1&q=tableros+de+trnasferencia)>

**ALEXOS**

# ANEXO 1



**UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD ACADEMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERIA ELECTRICA**

Los postulantes del proyecto, solicitamos muy comedidamente se digne contestar la presente encuesta con toda la sinceridad posible.

## OBJETIVO

La presente encuesta tiene como objetivo recopilar información para el emprendimiento de un proyecto que está basado en el estudio técnico para la repotenciación de la subestación en la planta de producción ADELCA C.A. a nivel de 138 kv ubicado en el sector de Alóag Provincia de Pichincha.

### 1.- ¿Marque con una X la carga eléctrica que se considera la más grande de ADELCA?

Hornos eléctricos \_\_\_\_\_ Colada continua \_\_\_\_\_ Servicios acería \_\_\_\_\_  
Planta de Humos \_\_\_\_\_ Planta de oxígeno \_\_\_\_\_ Planta schredder \_\_\_\_\_

### 2.- ¿Marque con una x la causa más relevante, por la que cree usted que se origina la sobrecarga del transformador de la subestación de ADELCA C.A.?

Incremento de equipos eléctricos \_\_\_\_\_ Incremento de producción \_\_\_\_\_  
Falla dieléctrica en lo devanados \_\_\_\_\_ Situaciones climáticas \_\_\_\_\_  
Espacio físico \_\_\_\_\_

### 3.- ¿Marque con una X los periodos que se consideran los más productivos de ADELCA C.A.?

Enero- Marzo \_\_\_\_\_ Abril – Junio \_\_\_\_\_ Julio – Septiembre \_\_\_\_\_  
Octubre – Diciembre \_\_\_\_\_

4.- ¿Cree Ud. Que es necesario realizar el estudio para la repotenciación de la subestación?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

5.- ¿Cree Ud. Que la instalación de un nuevo transformador ayudará a abastecer la demanda actual y futura de la planta de producción ADELCA C.A.?

Mucho \_\_\_\_\_ Poco \_\_\_\_\_ Nada \_\_\_\_\_

6.- ¿Marque con una X los parámetros que cree usted, que se consideran más importantes para la proyección de la demanda?

Cargas futuras \_\_\_\_\_ Factor de carga \_\_\_\_\_ Demanda histórica \_\_\_\_\_ Otros \_\_\_\_\_

7.- ¿Marque con una X la causa más importante por la cual la demanda ha incrementado en los últimos años en la planta?

Exceso de producción \_\_\_\_\_ Implementación de equipos eléctricos \_\_\_\_\_

Incremento de espacio físico \_\_\_\_\_ Aumento de armónicos \_\_\_\_\_

8.- ¿Sabe Ud. Si la subestación cuenta con suficiente espacio físico para la implementación de nuevos equipos? Justifique su respuesta?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

9.- ¿Marque con una X la causa más importante que considera, que no es recomendable utilizar el rendimiento máximo de todos los equipos eléctricos para lograr una mayor producción?

Reducción de la demanda \_\_\_\_\_ Minimiza la vida útil de los equipos \_\_\_\_\_

Reduce en consumo de energía \_\_\_\_\_ Sobrecarga del transformador \_\_\_\_\_

ELABORADO POR: PEDRO OÑATE  
WILMER CHANGOLUISA



## ANEXO 2



**UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD ACADEMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERIA ELECTRICA**

DESCRIPCION	SI	NO
La subestación cuenta con suficiente espacio físico para la implementación de nuevos equipos?		
El transformador de potencia de la subestación se encuentra sobrecargado.		
La contaminación que genera la empresa afecta a los equipos eléctricos de la subestación?		
Debido a las altas corrientes que consume el horno eléctrico se produce las variaciones de voltaje?		
Realizan el mantenimiento frecuente de la subestación?		
Se encuentran en buen estado físico los equipos eléctricos de la subestación?		
La protecciones se encuentran calibradas de acuerdo a la demanda actual que presenta la planta?		
Existe puntos calientes en las líneas y barras o en algún equipo eléctrico de la subestación?.		

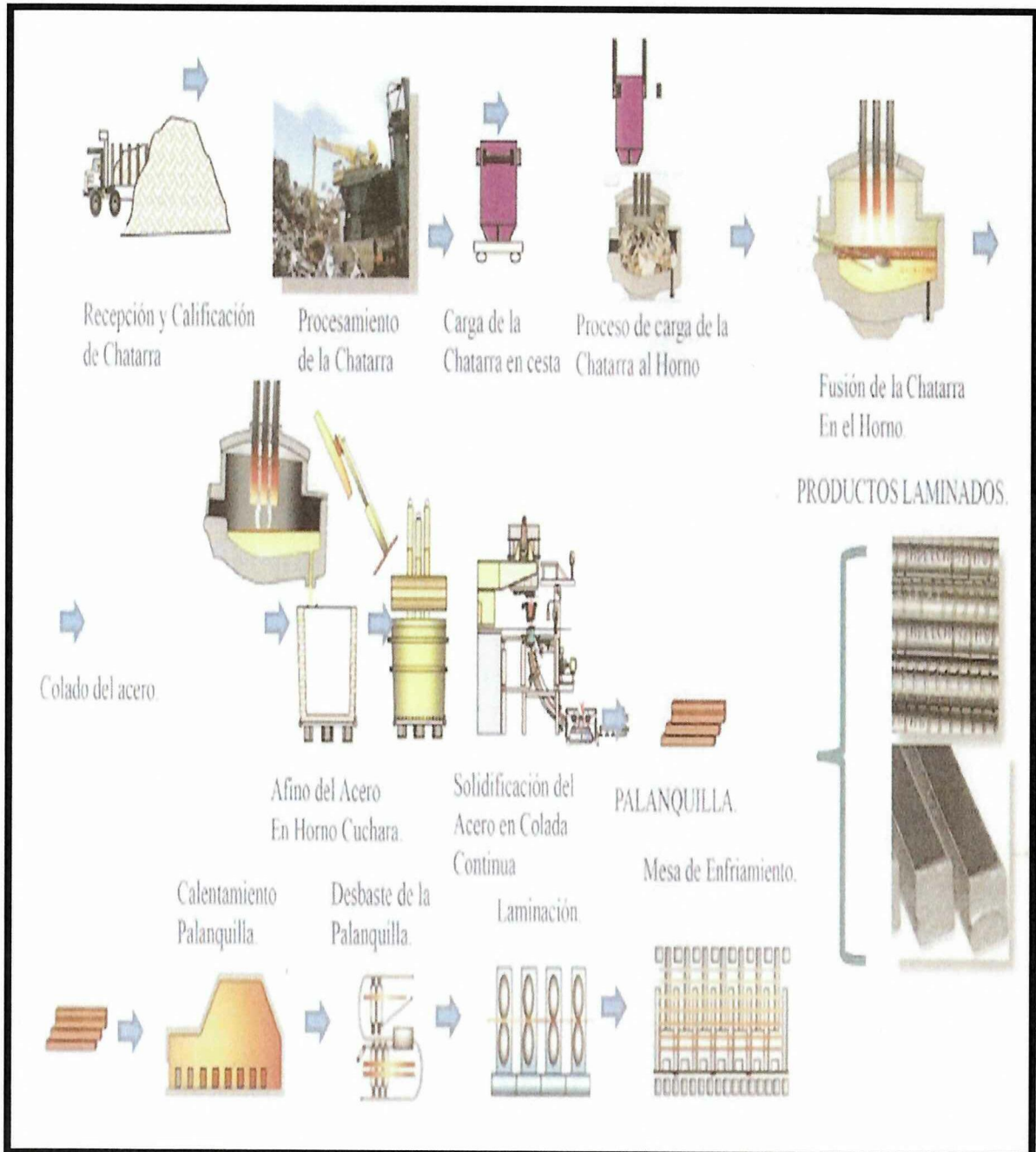
### FICHA DE LA OBSERVACION

ELABORADO POR: PEDRO OÑATE

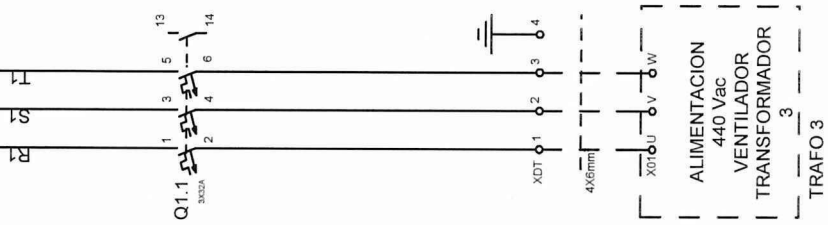
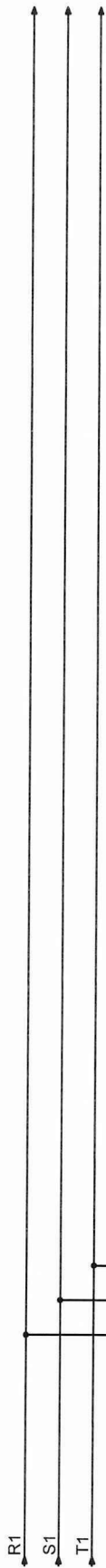
WILMER CHANGOLUISA

### ANEXO 3

## PROCESO DE MANUFACTURACION



FUENTE: Revista informativa ADELCA 2012



UNIVERSIDAD  
TECNICA DE COTOPAXI  
Luzcanán - Ecuador

ALIMENTACION 440 Vac

SUBESTACION ADELCA C.A.  
Provincia: Pichincha - Canton: Mejía - Parroquia: Abaig

REALIZADO:  
ING. GUSTAVO  
WILMER CHANGOLUISA

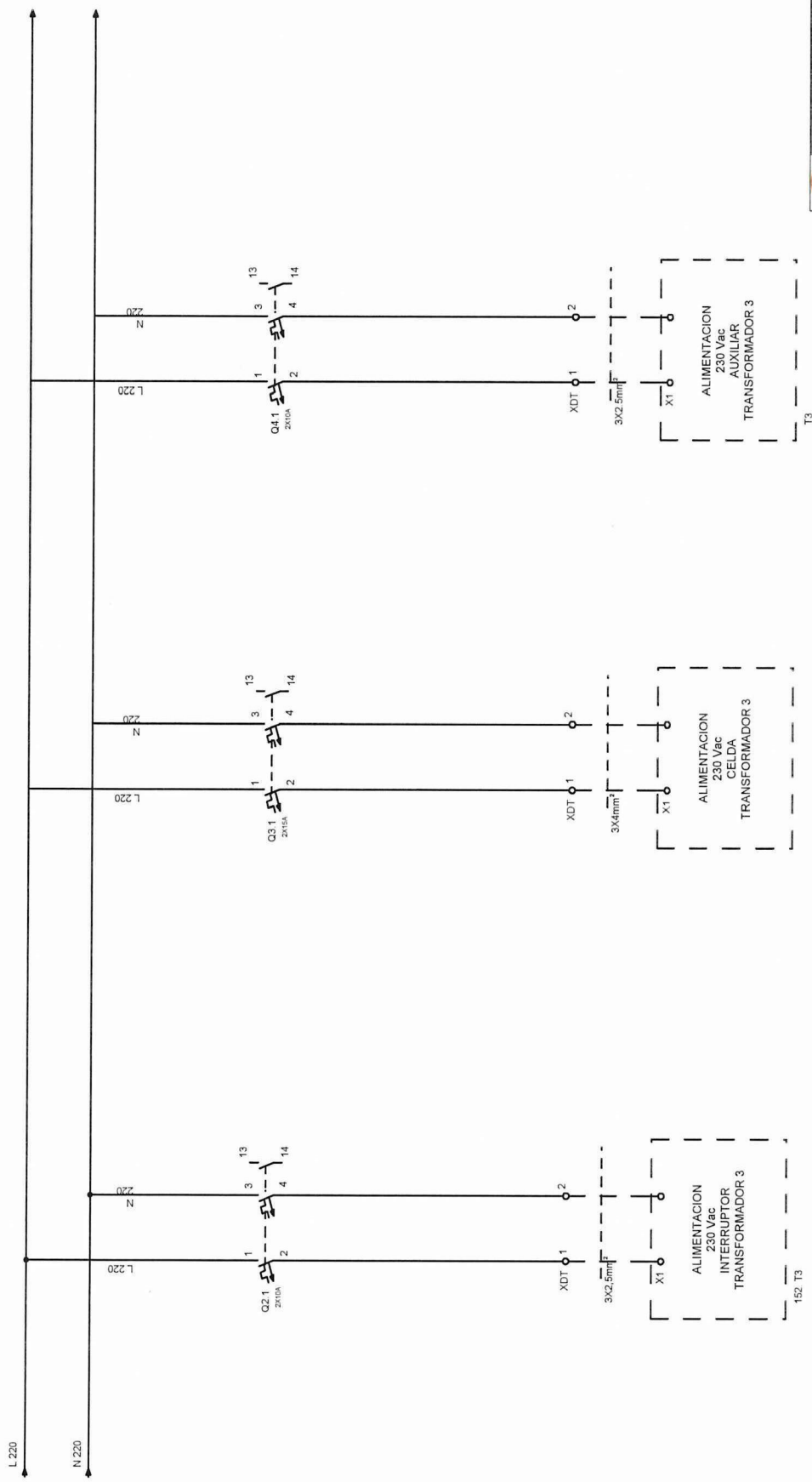
REVISADO:  
ING. MIGUEL BASTIDAS



ESCALA: 1: 1.500

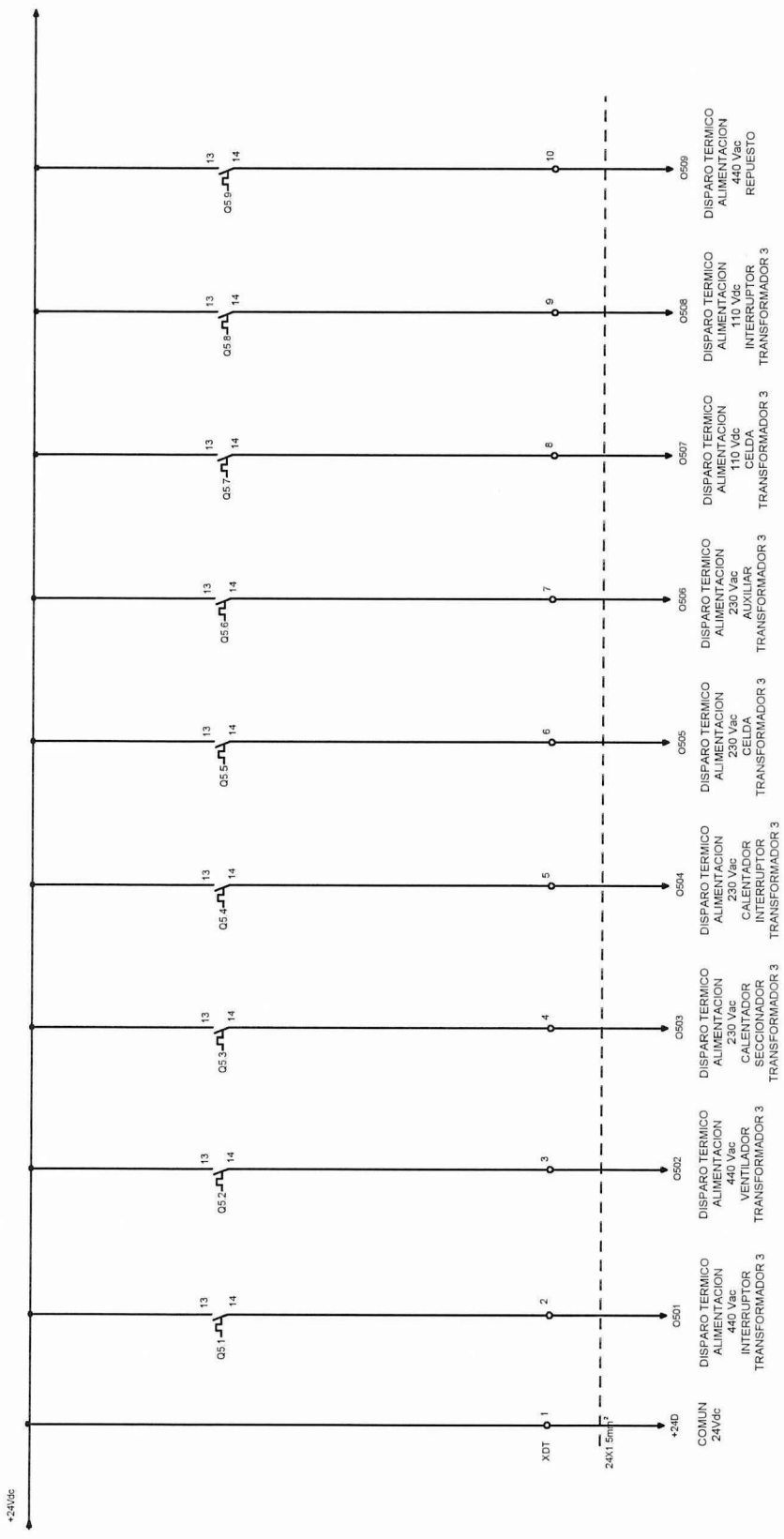
FECHA: JUNIO 2014

ANEXO 4

ALIMENTACION  
440 Vac  
VENTILADOR  
TRANSFORMADOR  
TRAFO 3



 <b>UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI</b> LAVACANCA - ECUADOR	<b>ALIMENTACION 230 Vac</b>	
	<b>VENTILADOR - CELDA - AUXILIAR</b>	
 <b>SUBESTACION ADELCA C.A.</b> Provincia: Pichincha - Canton: Mejía - Parroquia: Alagá	<b>ALIMENTACION 230 Vac</b>	
	<b>TRANSFORMADOR 3</b>	
<b>REALIZADO:</b> PEDRO ORATE WILMER CHANGOLUISA	<b>REVISADO:</b> ING MIGUEL BASTIDAS	
<b>ESCALA:</b> 1: 1.500	<b>FECHA:</b> JUNIO 2014	
		<b>ANEXO 5</b>



**UNIVERSIDAD  
TECNICA DE COTOPAXI**  
LATAKUNBA - ECUADOR

**SEÑAL AL PIC**

**SUBESTACION ADELCA C.A.**

Provincia: Pichincha - Cantón: Mejía - Parícutan: Abog

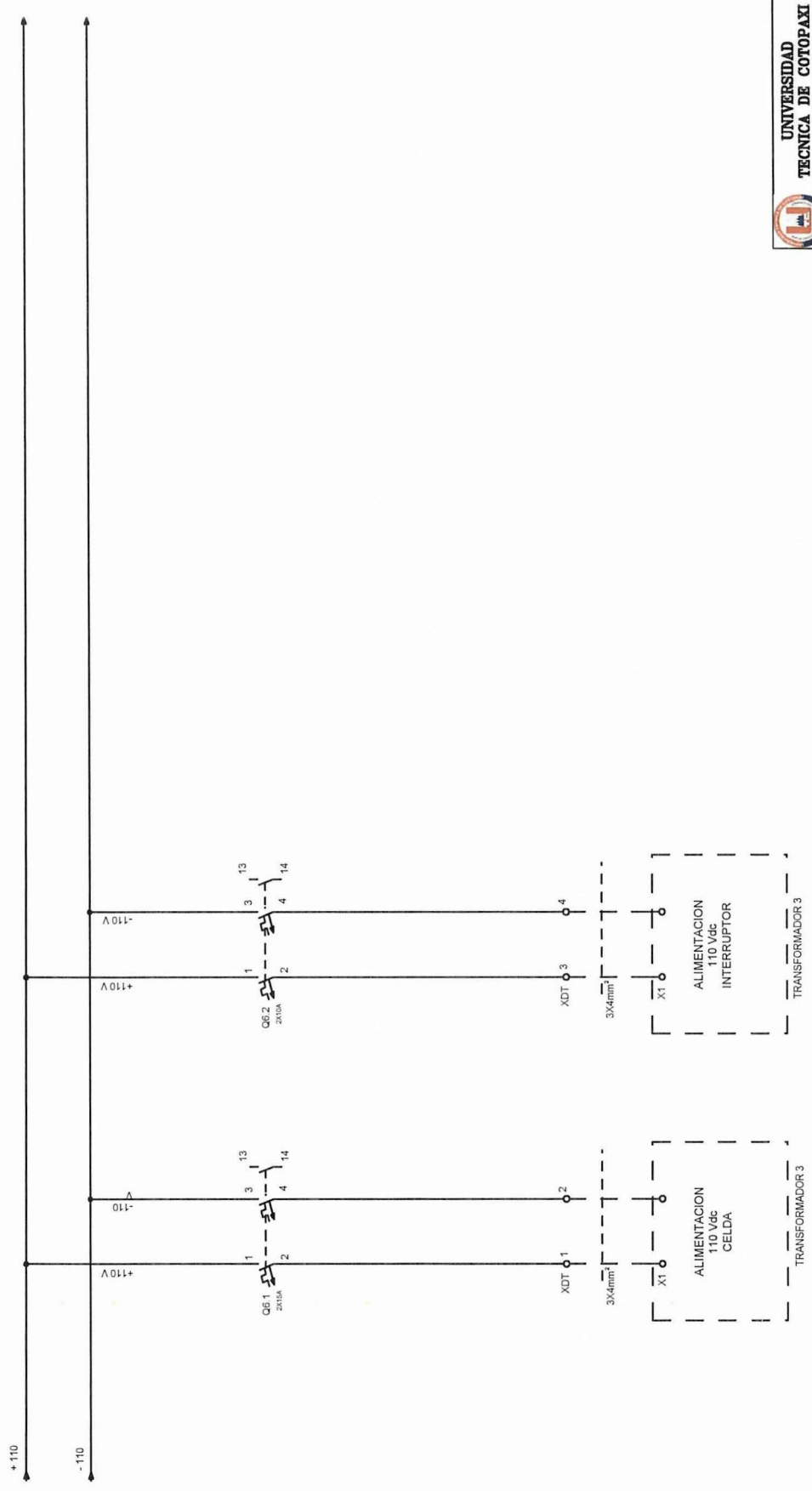
REALIZADO:  
**PEDRO ORTIZ  
WILMER CHANGOLUISA**

REVISADO:  
**ING MIGUEL BASTIDAS**

ESCALA: 1: 1.500

ANEXO 6

FECHA: JUNIO 2014



UNIVERSIDAD  
TECNICA DE COTOPAXI  
LATACUNGA - ECUADOR

ALIMENTACION CELDA 110 Vdc

SUBESTACION ADELCA C.A.

Provincia: Pichincha - Canton: Mejía - Parroquia: Abaig

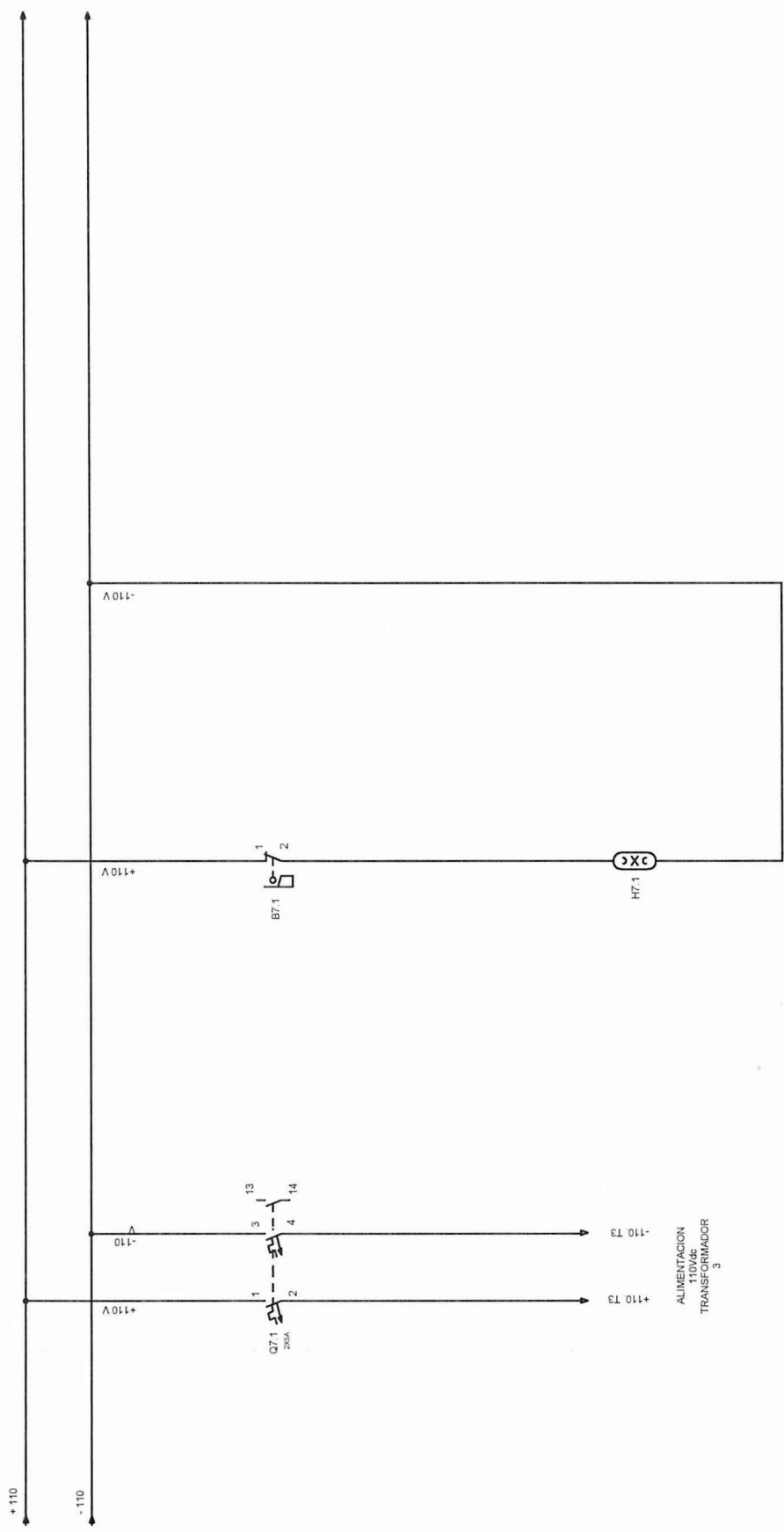
REALIZADO:  
PEDRO ORATE  
WILMER CHANGOLUISA


REVISADO:  
ING MIGUEL BASTIDAS

ESCALA: 1: 1,500

FECHA: JUNIO 2014

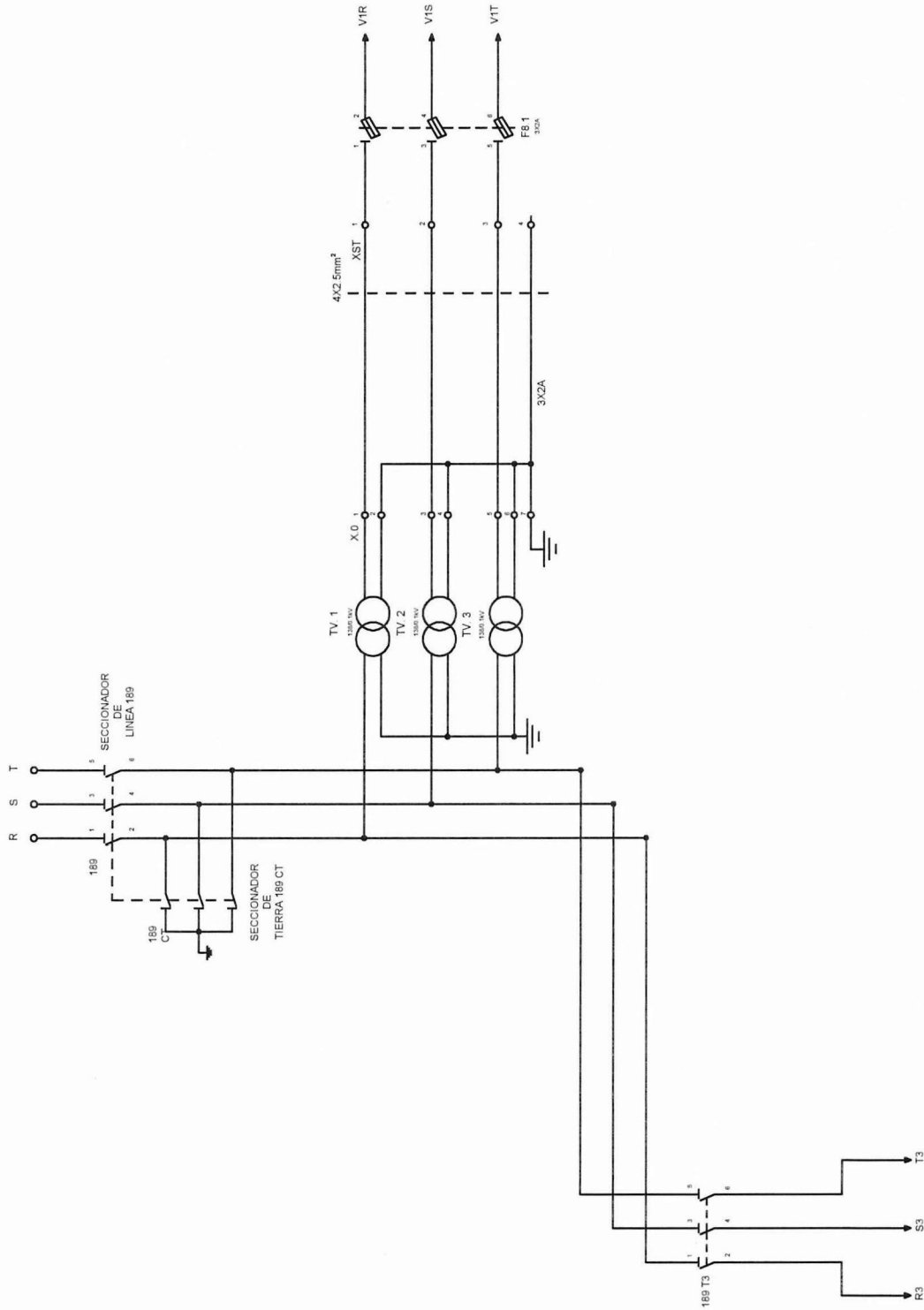
ANEXO 7



 <b>UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI</b> LAGUNA - ECUADOR	
<b>ILUMINACION DEL PANEL</b>	
<b>SUBESTACION ADEICA C.A</b> Provincia: Pichincha - Canton: Mejía - Parroquia: Abag	
<b>REALIZADO:</b> PEDRO ORTIZ WILMER CHANGOLUISA	<b>REVISADO:</b> ING. MIGUEL BASTIDAS
<b>ESCALA:</b> 1: 1.500	<b>ANEXO</b> 8
<b>FECHA:</b> JUNIO 2014	

138 KV  $\pm 5\%$  60 HZ

Icc 11,2 kA



UNIVERSIDAD  
TECNICA DE COTOPAXI  
Escuela - Educador

MEDICION DE VOLTAJE Y CORRIENTE  
MEDIA TENSION

SUBESTACION ADELCA C.A.  
Provincia: Pichincha - Canton: Mejilla - Parroquia: Alang

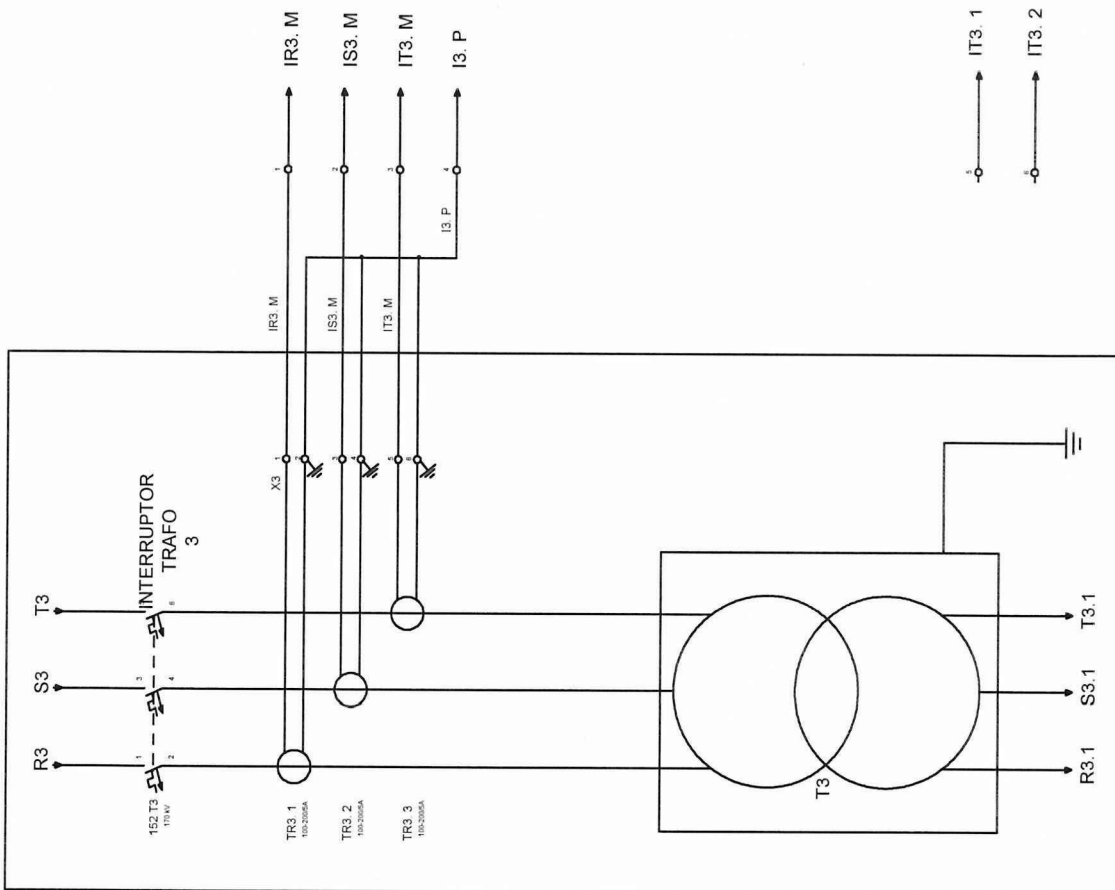
REALIZADO:  
ING. OSCAR  
WILMER CHANGOLUISA


REVISADO:  
ING. MIGUEL BASTIDAS

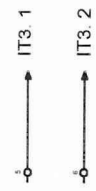
ESCALA: 1: 1.500

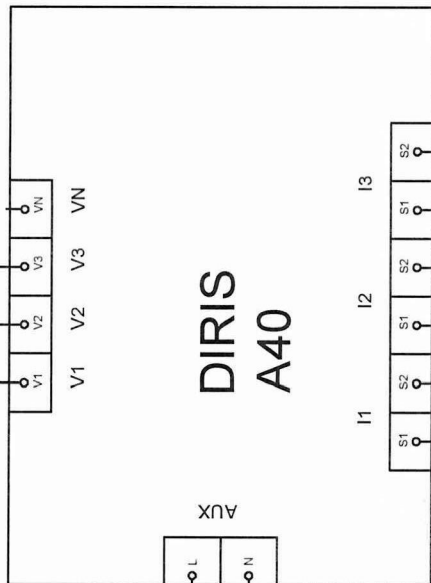
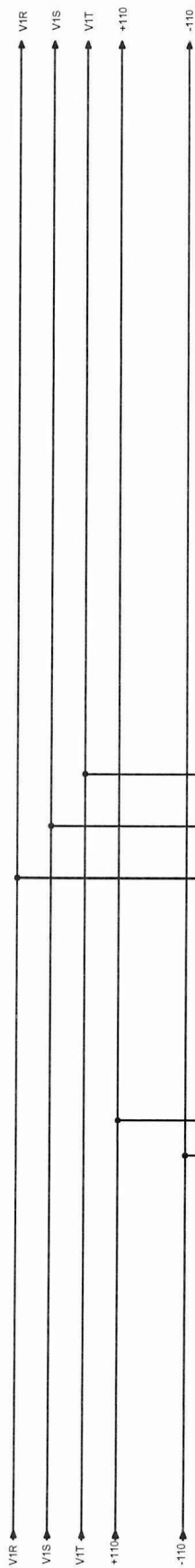
FECHA: JUNIO 2014

ANEXO 9



 <b>UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI</b> <small>LORCUBA - ECUADOR</small>	<b>MEDICION DE CORRIENTE TRANSFORMADOR NUEVO</b>	
	<b>SUBSTACION ADELCA C.A.</b> <small>Provincia: Pichincha - Canton: Mejía - Parroquia: Alajó</small>	
<b>REALIZADO:</b> <small>ING. GUSTAVO WILMER CHANGOLUSA</small>	<b>REVISADO:</b> <small>ING. MIGUEL BASTIDAS</small>	
<b>ESCALA:</b> 1: 1.500	<b>FECHA:</b> JUNIO 2014	
		<b>ANEXO 10</b>





UNIVERSIDAD  
TECNICA DE COTOPAXI  
LARCANELA - EQUADOR

ANALIZADOR DE RELE  
TRANSFORMADOR NUEVO  
SUBESTACION ADELCA C.A.

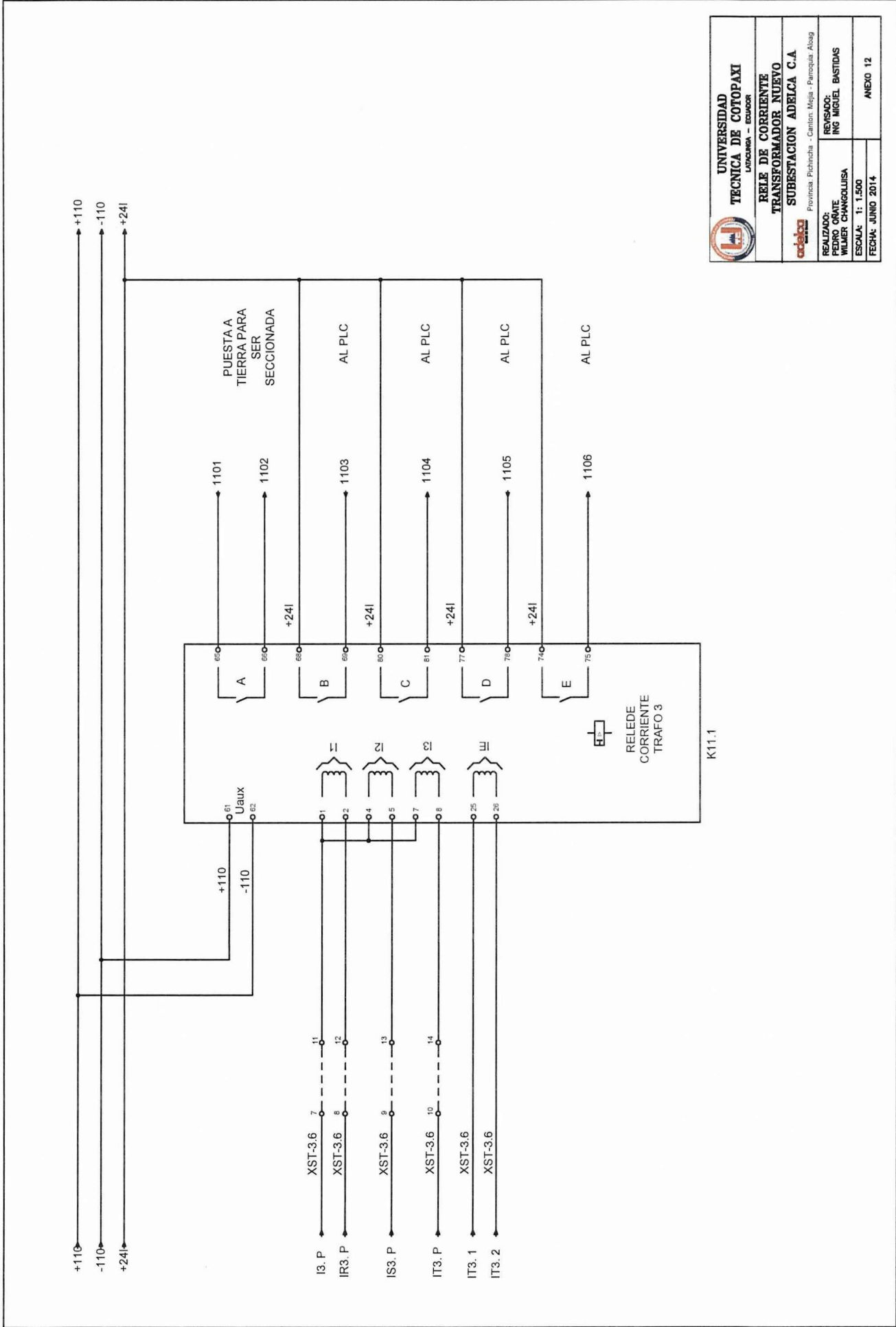
Provincia: Pichincha - Canton: Mejía - Parroquia: Alog


REALIZADO:  
PEDRO ORATE  
WILMER CHANGOLUISA

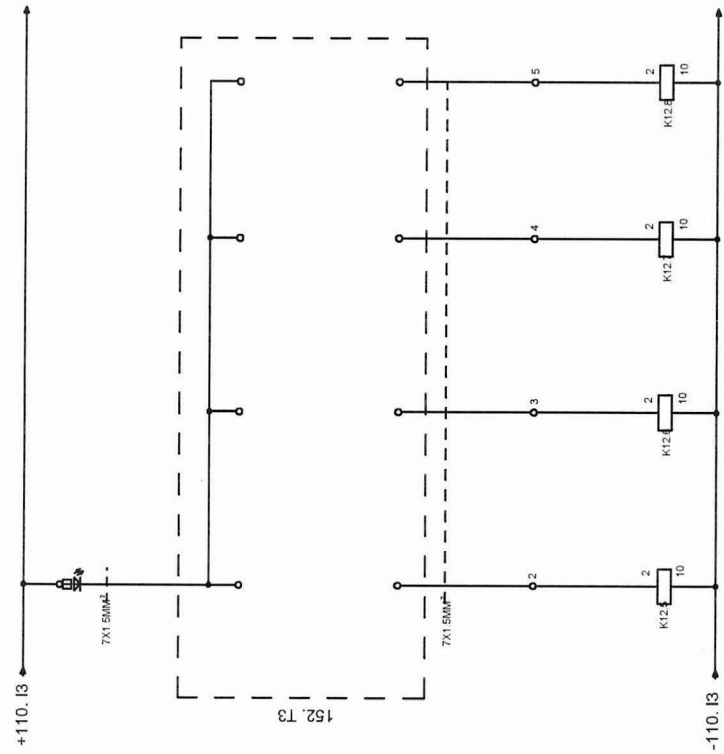
ESCALA: 1: 1.500

FECHA: JUNIO 2014

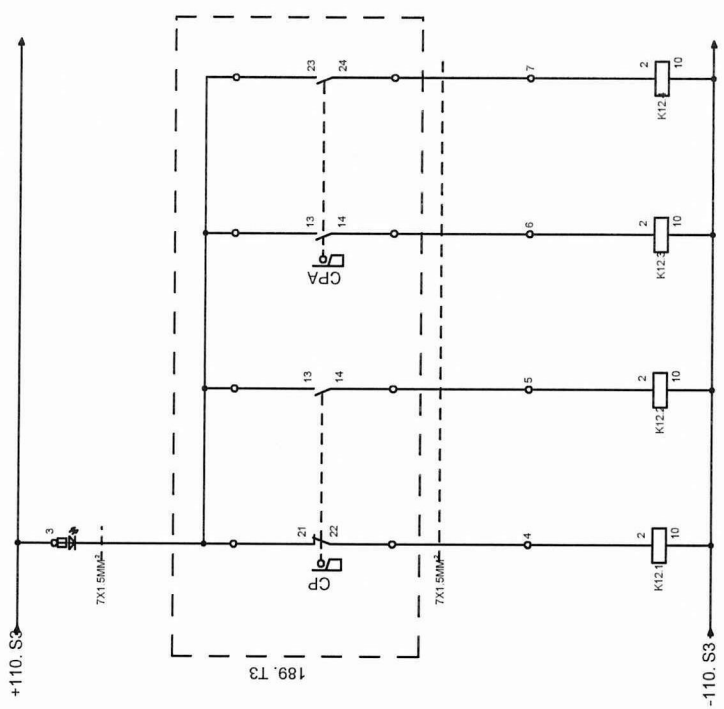
ANEXO 11



 <b>UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI</b> LUIS ALFARO - EDUCOR	
<b>RELE DE CORRIENTE TRANSFORMADOR NUEVO</b> <b>SUBESTACION ADELCA C.A.</b> <small>Provincia: Pichincha - Canton: Mejía - Parroquia: Alajó</small>	
<b>REVISADO:</b> PEDRO ORATE WILMER CHANGOLUISA	<b>REVISADO:</b> ING MIGUEL BASTIDAS
ESCALA: 1: 1.500	ANEXO 12
FECHA: JUNIO 2014	



CONTACTO MINIMA  
INTERRUPTOR NO  
PRESION GAS 152 T3  
MANIOBRABLE 152  
T3




FINAL DE CARRERA  
SECCIONADOR  
189 T3 APERTURA

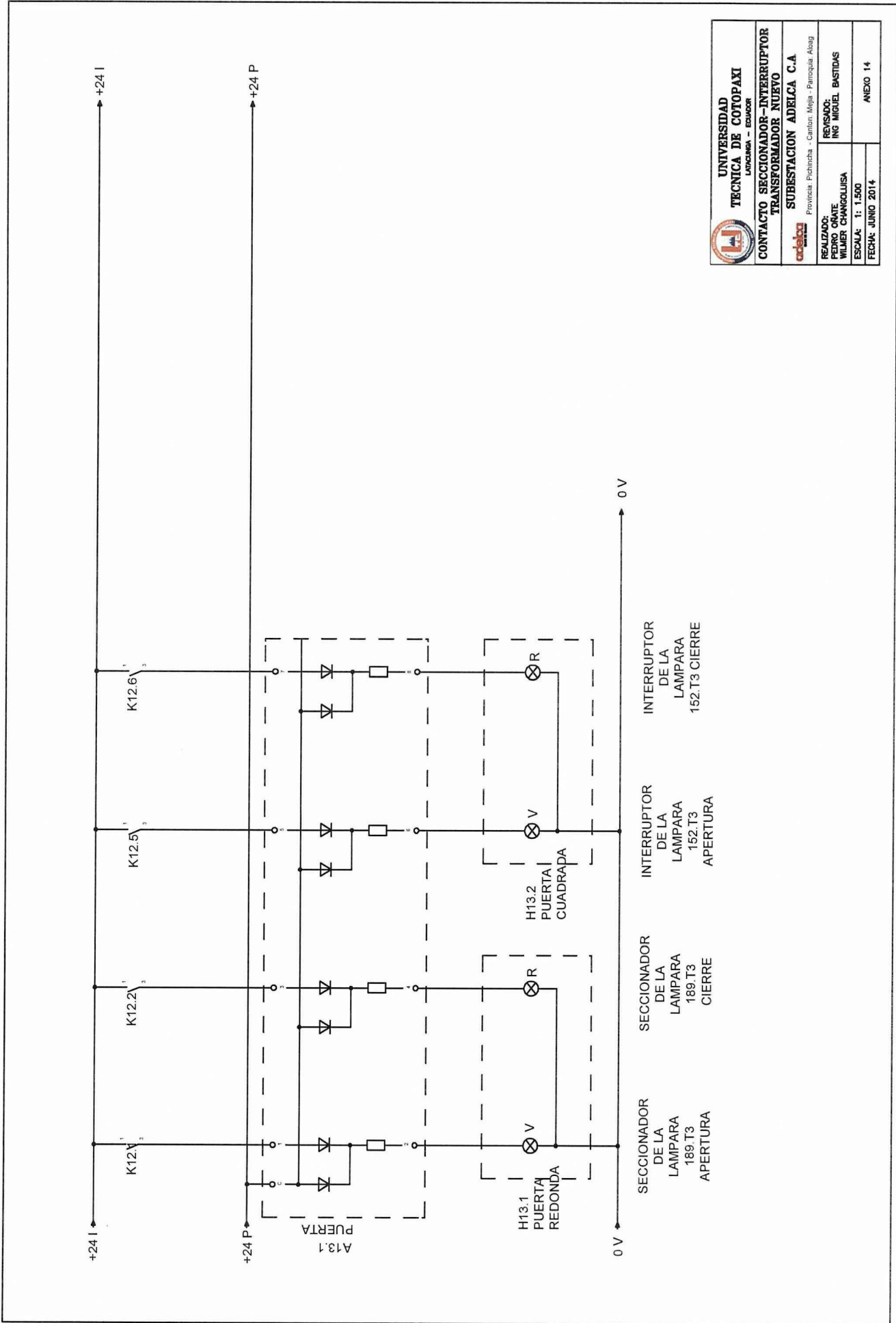
FINAL DE CARRERA  
SECCIONADOR  
189 T3 CIERRE

FINAL DE CARRERA  
SECCIONADOR  
ABIERTO  
189 T3 APERTURA

FINAL DE CARRERA  
SECCIONADOR  
ABIERTO  
189 T3 CIERRE



 <b>UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI</b> <small>Luzmila - Ecuador</small>	<b>FINAL DE CARRERA SECCIONADOR INTERRUPTOR TRANSFORMADOR NUEVO</b> <small>Subestacion Adelca C.A.</small>	
	<small>Provincia: Pichincha - Canton: Mejía - Parroquia: Abaig</small>	
<b>REALIZADO:</b> <small>PEREZ GONZALEZ WILMER CHANGOLUSA</small>	<b>REVISADO:</b> <small>ING MIGUEL BUSTIDAS</small>	
<b>ESCALA:</b> 1: 1.500	<b>FECHA:</b> JUNIO 2014	<b>ANEXO</b> 13



**UNIVERSIDAD  
TECNICA DE COTOPAXI**  
LARCACHEA - ESPAÑA

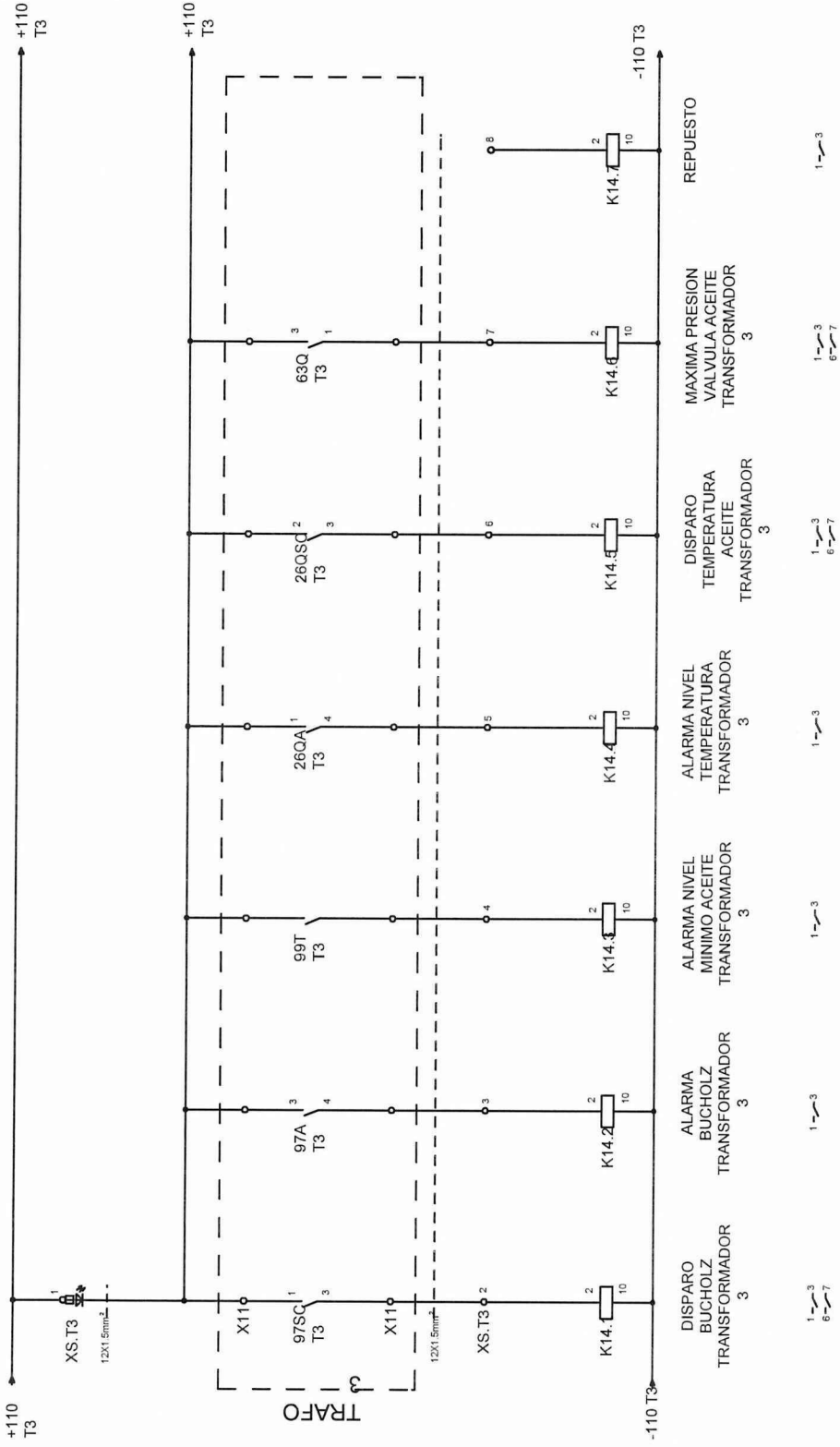
**CONTACTO SECCIONADOR-INTERRUPTOR  
TRANSFORMADOR NUEVO**

**SUBSTACION ADELCA C.A.**  
Provincia: Pichincha - Canton: Mejía - Paroquia: Acoag

**REALIZADO:**  
PEDRO ORTIZ  
WILMER CHANGOLUISA

**REVISADO:**  
ING. MIGUEL BASTIDAS

**ESCALA:** 1: 1.500  
**FECHA:** JUNIO 2014  
**ANEXO 14**



UNIVERSIDAD  
TECNICA DE COTOPAXI  
LARCAMBIA - ECUADOR

ALARMA TRANSFORMADOR NUEVO

SUBESTACION ADELCA C.A.

Provincia: Pichincha - Canton: Mejía - Parroquia: Acoy

REALIZADO:  
PEDRO ORTIZ  
WILNER CHANGOLUISA

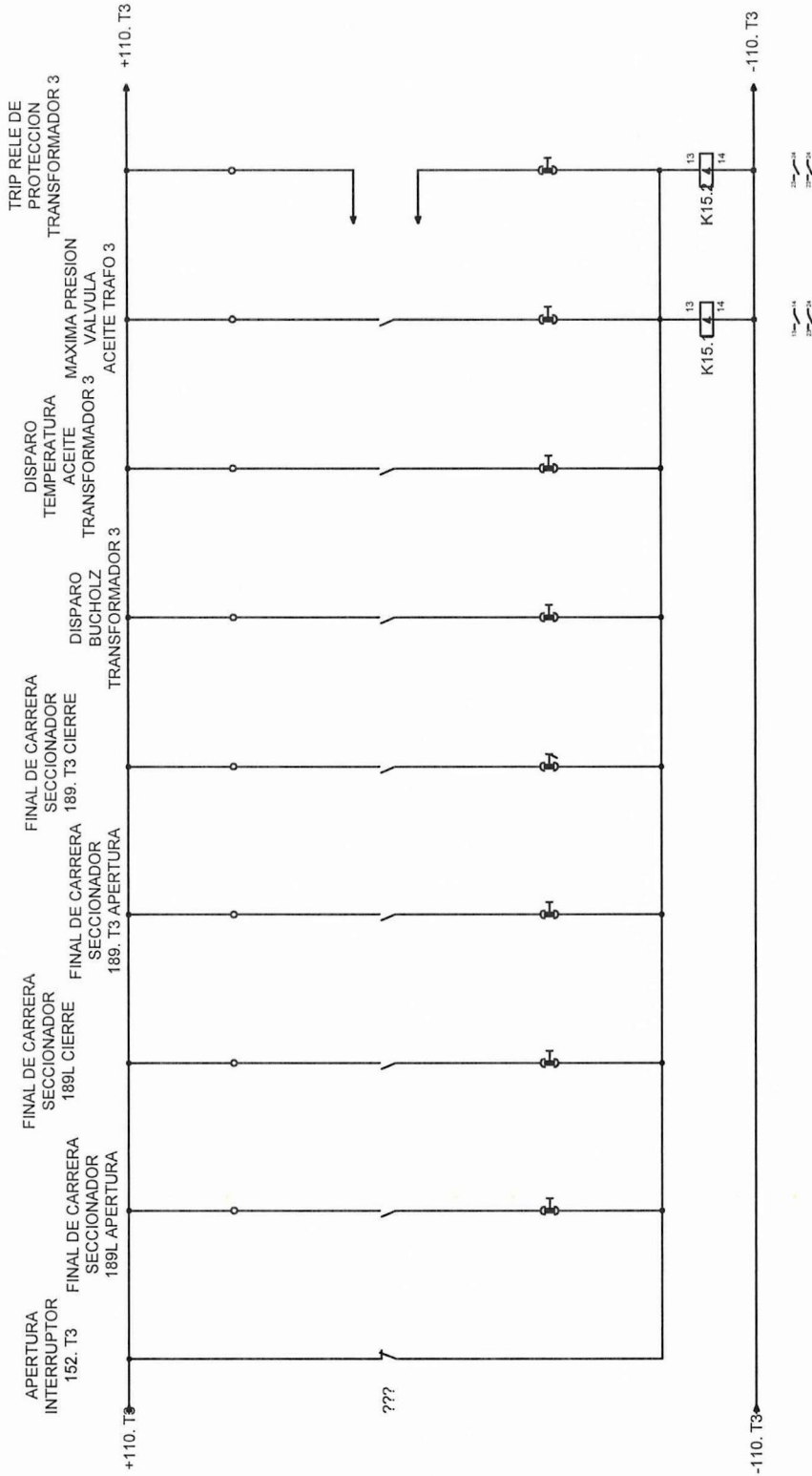
REVISADO:  
ING MIGUEL BASTIDAS

ESCALA: 1: 1.500

FECHA: JUNIO 2014

ANEXO 15

# SEÑAL EN PARALELO A LA BOBINA DE APERTURA DEL INTERRUPTOR 152. T3



**UNIVERSIDAD  
TECNICA DE COTOPAXI**  
LUCANA - ECUADOR

**CONDICION DE APERTURA  
INTERRUPTOR 152 TRAF0 NUEVO**

**SUBSTACION ADELCA C.A**

Provincia: Pichincha - Canton: Mejía - Parroquia: Alag

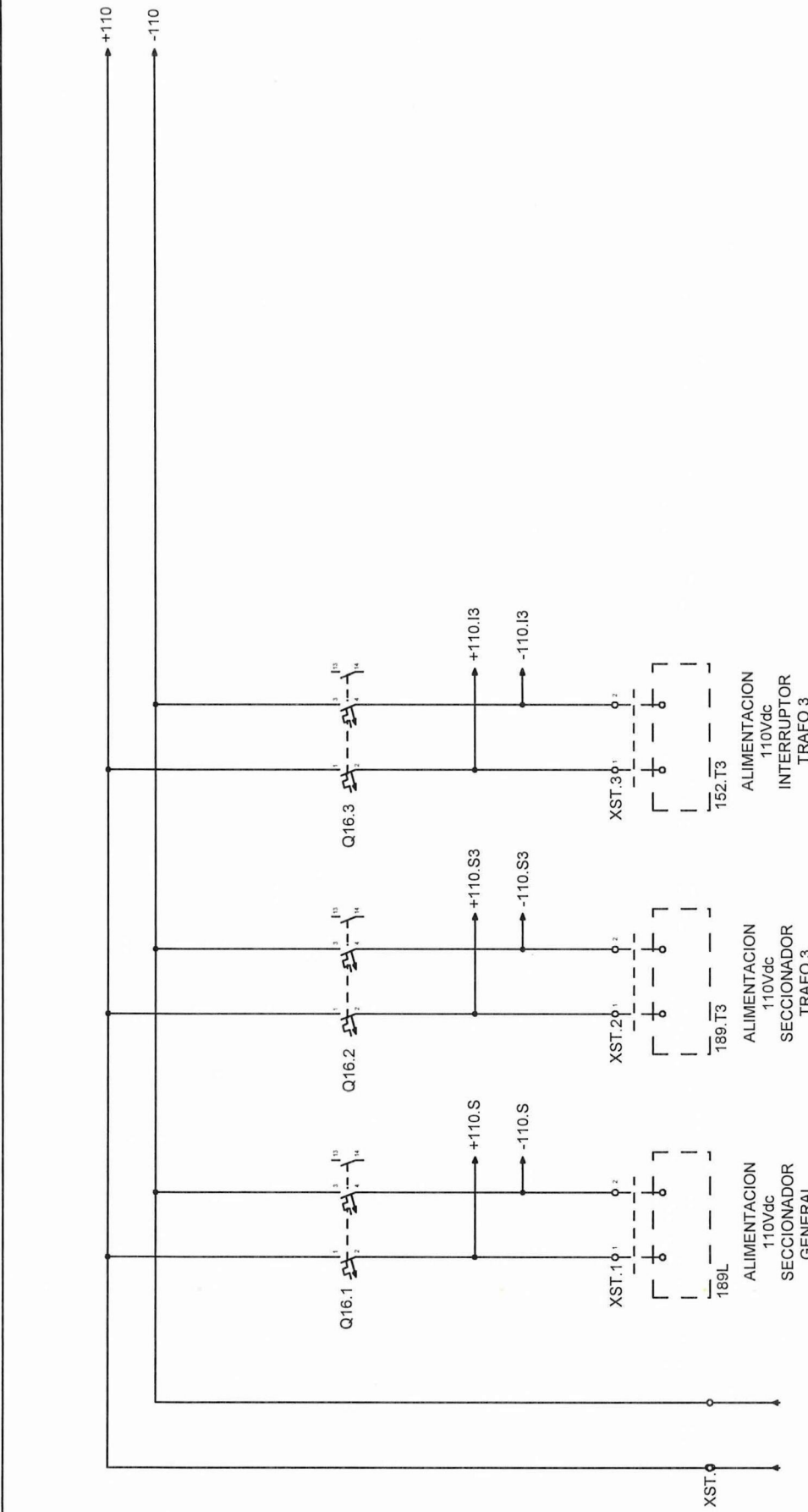
**REALIZADO:**  
PEDRO ORTIZ  
WILMER CHANGOLUISA

**REVISADO:**  
ING MIGUEL BASTIDAS

**ESCALA:** 1: 1.500

**FECHA:** JUNIO 2014

**ANEXO:** 16



UNIVERSIDAD  
TECNICA DE COTOPAXI  
LATAKUNGA - ECUADOR

ALIMENTACION 110 Vdc

SUBESTACION ADELCA C.A

Provincia: Pichincha - Canton: Mejía - Parroquia: Alabá

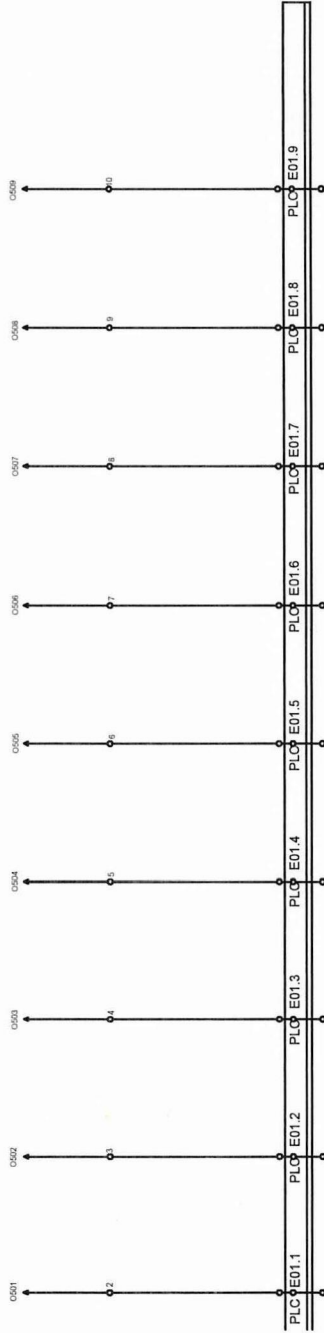
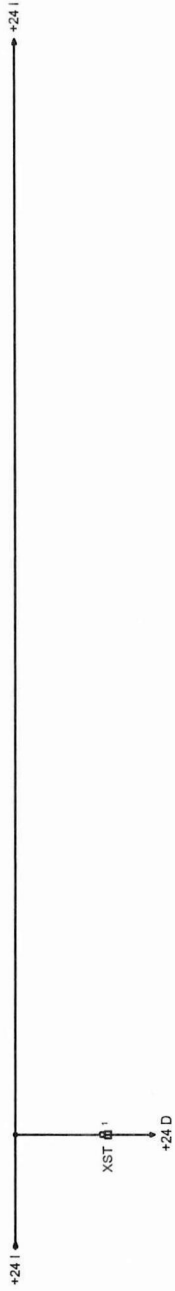
REALIZADO:  
PEDRO ORATE  
WILMER CHANGOLUISA

REVISADO:  
ING MIGUEL BASTIDAS

ESCALA: 1: 1.500

FECHA: JUNIO 2014

ANEXO 17



C001	DISPARO TERMICO ALIMENTACION 440 Vdc INTERRUPTOR TRANSFORMADOR 3	VENTILADOR	TRANSFORMADOR 3
C002	DISPARO TERMICO ALIMENTACION 440 Vdc INTERRUPTOR TRANSFORMADOR 3	CALENTADOR SECCIONADOR	TRANSFORMADOR 3
C003	DISPARO TERMICO ALIMENTACION 230 Vdc INTERRUPTOR TRANSFORMADOR 3	CALENTADOR SECCIONADOR	TRANSFORMADOR 3
C004	DISPARO TERMICO ALIMENTACION 230 Vdc INTERRUPTOR TRANSFORMADOR 3	CALENTADOR SECCIONADOR	TRANSFORMADOR 3
C005	DISPARO TERMICO ALIMENTACION 230 Vdc INTERRUPTOR TRANSFORMADOR 3	CALENTADOR SECCIONADOR	TRANSFORMADOR 3
C006	DISPARO TERMICO ALIMENTACION 230 Vdc INTERRUPTOR TRANSFORMADOR 3	CALENTADOR SECCIONADOR	TRANSFORMADOR 3
C007	DISPARO TERMICO ALIMENTACION 110 Vdc INTERRUPTOR TRANSFORMADOR 3	CALENTADOR SECCIONADOR	TRANSFORMADOR 3
C008	DISPARO TERMICO ALIMENTACION 110 Vdc INTERRUPTOR TRANSFORMADOR 3	CALENTADOR SECCIONADOR	TRANSFORMADOR 3
C009	DISPARO TERMICO ALIMENTACION 440 Vdc INTERRUPTOR TRANSFORMADOR 3	CALENTADOR SECCIONADOR	TRANSFORMADOR 3



UNIVERSIDAD  
TECNICA DE COTOPAXI  
LUCUMA - ECUADOR

PLC E01

SUBSTACION ADELCA C.A

Provincia: Pichincha - Canton: Mejía - Parroquia: Alag

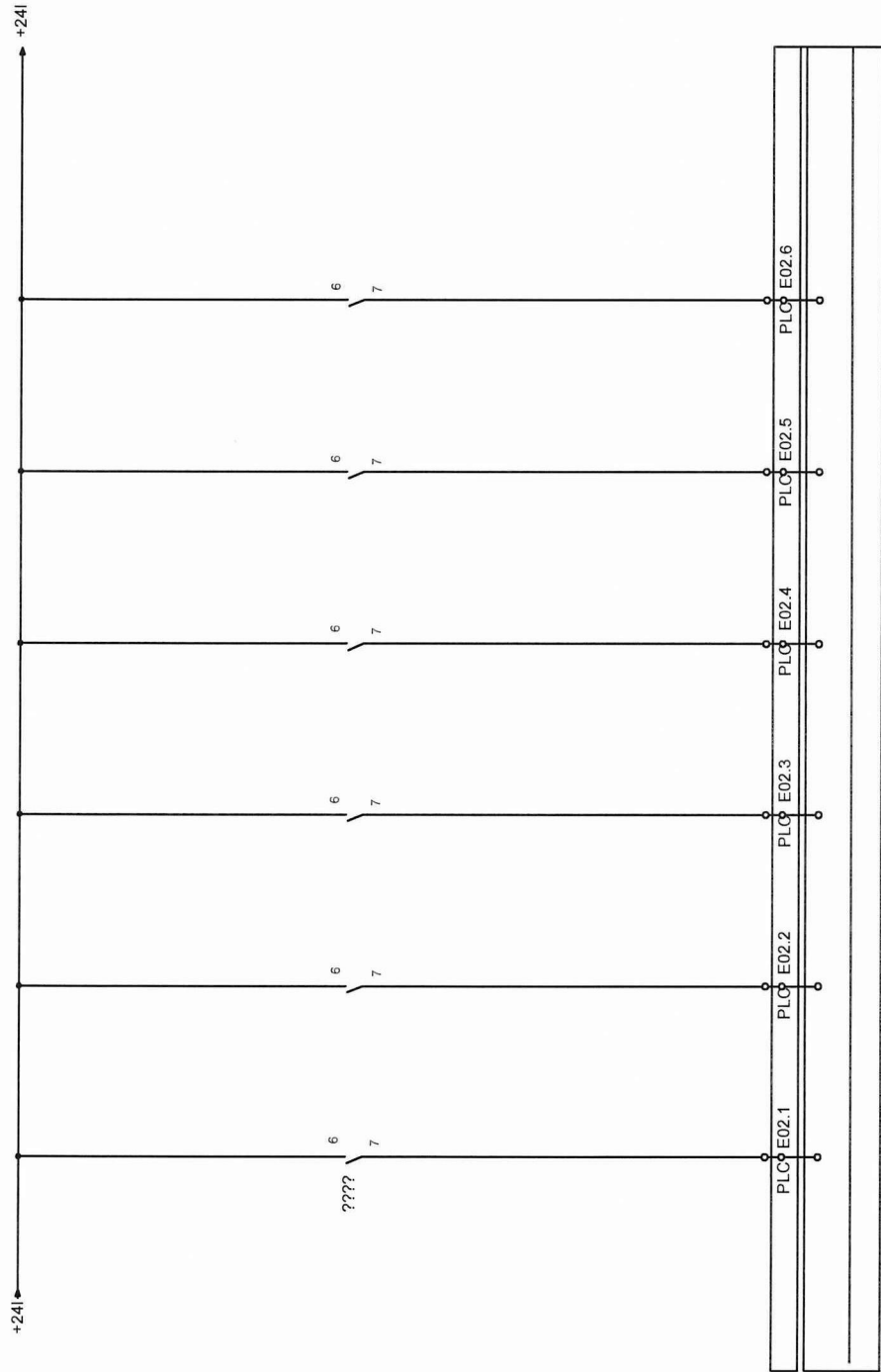
REALIZADO:  
PEDRO ORATE  
WILMER CHANGOLUISA

REVISADO:  
ING MIGUEL BASTIDAS

ESCALA: 1: 1.500

ANEXO 18

FECHA: JUNIO 2014

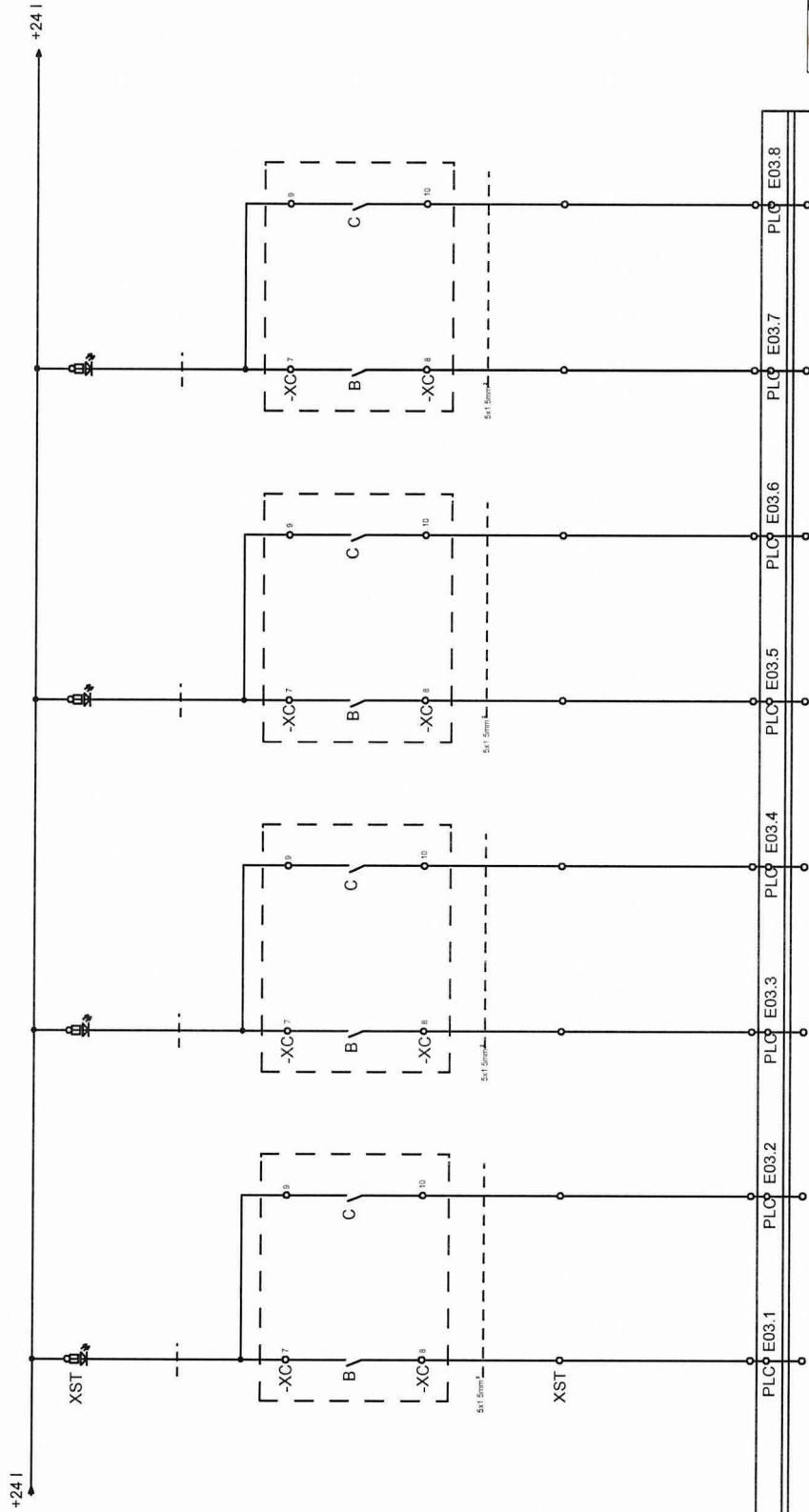



**UNIVERSIDAD  
TECNICA DE COTOPAXI**  
LAPACUNGA - ECUADOR

**PLC E02**

**SUBESTACION ADELCA C.A.**  
Provincia: Pichincha - Canton: Mejía - Parroquia: Abaig

<b>REALIZADO:</b> PEDRO ORATE WILMER CHANGOLUISA	<b>REVISADO:</b> ING MIGUEL BASTIDAS
<b>ESCALA:</b> 1: 1.500	<b>ANEXO</b> 19
<b>FECHA:</b> JUNIO 2014	




**UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI**  
 LATACUNGA - ECUADOR

**PLC E03**  
**SUBSTACION ADELCA C.A.**  
 Provincia Pichincha - Canton Mejía - Paraguarí, Alago

**REALIZADO:**  
 PEDRO ORATE  
 WILMER CHANGOLUSA

**REVISADO:**  
 ING. MIGUEL BASTIDAS

**ESCALA:** 1: 1.500  
**FECHA:** JUNIO 2014

DISPARO TERMICO PROTECCION SOBRECORRIENTE INTERRUPTOR 252/T3

DISPARO TERMICO PROTECCION SOBRECORRIENTE INTERRUPTOR 252/T3

DISPARO TERMICO PROTECCION SOBRECORRIENTE INTERRUPTOR 252/T3

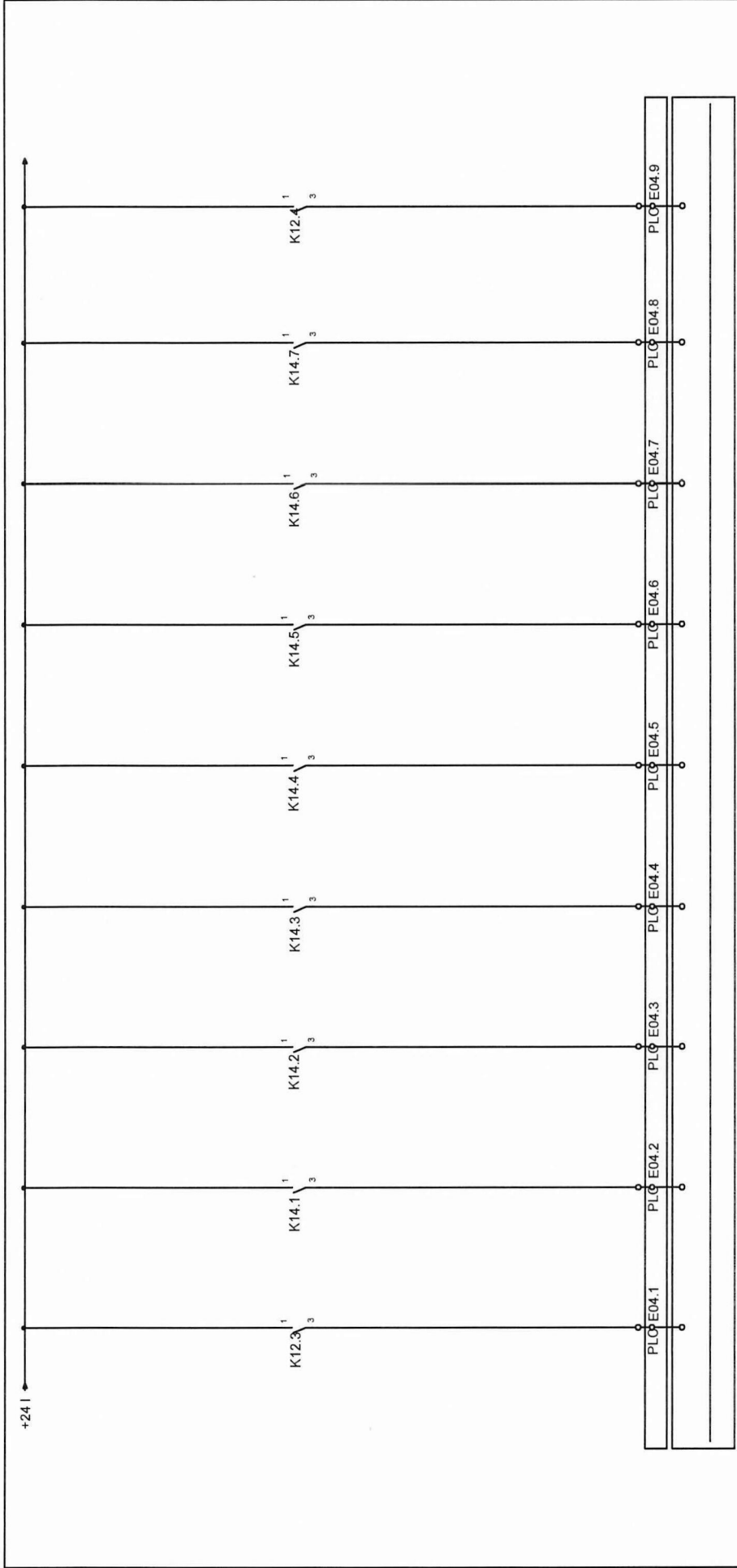
DISPARO TERMICO PROTECCION SOBRECORRIENTE INTERRUPTOR 252/T3

DISPARO TERMICO PROTECCION SOBRECORRIENTE INTERRUPTOR 252/T3


DISPARO TERMICO PROTECCION SOBRECORRIENTE INTERRUPTOR 252/T3

DISPARO TERMICO PROTECCION SOBRECORRIENTE INTERRUPTOR 252/T3

DISPARO TERMICO PROTECCION SOBRECORRIENTE INTERRUPTOR 252/T3



FINAL DE CARRERA SECCIONADOR ABIERTO	DISPARO BUCHOLZ TRANSFORMADOR	ALARMA NIVEL ACEITE MINIMO ACEITE TRANSFORMADOR	ALARMA NIVEL TEMPERATURA TRANSFORMADOR	DISPARO TEMPERATURA ACEITE TRANSFORMADOR	MAXIMA PRESION VALVULA ACEITE TRANSFORMADOR	REPUESTO	FINAL DE CARRERA SECCIONADOR ABIERTO
189 T3 APERTURA	3	3	3	3	3		189 T3 CIERRE



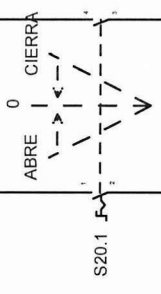
**UNIVERSIDAD  
TECNICA DE COTOPAXI**  
Educativa - Educar

**PIC E04**

**SUBESTACION ADELCA C.A.**  
Provincial Pichincha - Canton Mejia - Panoqueja Along

<b>REALIZADO:</b> ING. WILMER CHANGOLUISA	<b>REVISADO:</b> ING. MIGUEL BASTIDAS
<b>ESCALA:</b> 1: 1.500	<b>ANEXO:</b> 21
<b>FECHA:</b> JUNIO 2014	

+24 I →



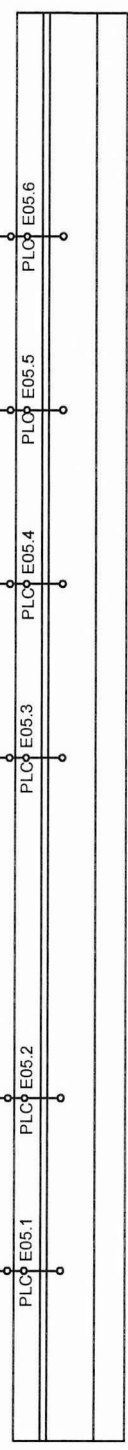
REPUESTO EN LA PUERTA

S20.4E


S20.3E

S20.2E

S20.1E



- SELECTOR INTERRUPTOR APERTURA 152.T3
- SELECTOR INTERRUPTOR CIERRE 152.T3
- PULSANTE DE REINICIO ALARMA
- PULSANTE DE PRUEBA LAMPARA
- PULSANTE DE ACTIVAR SIRENA
- REPUESTO

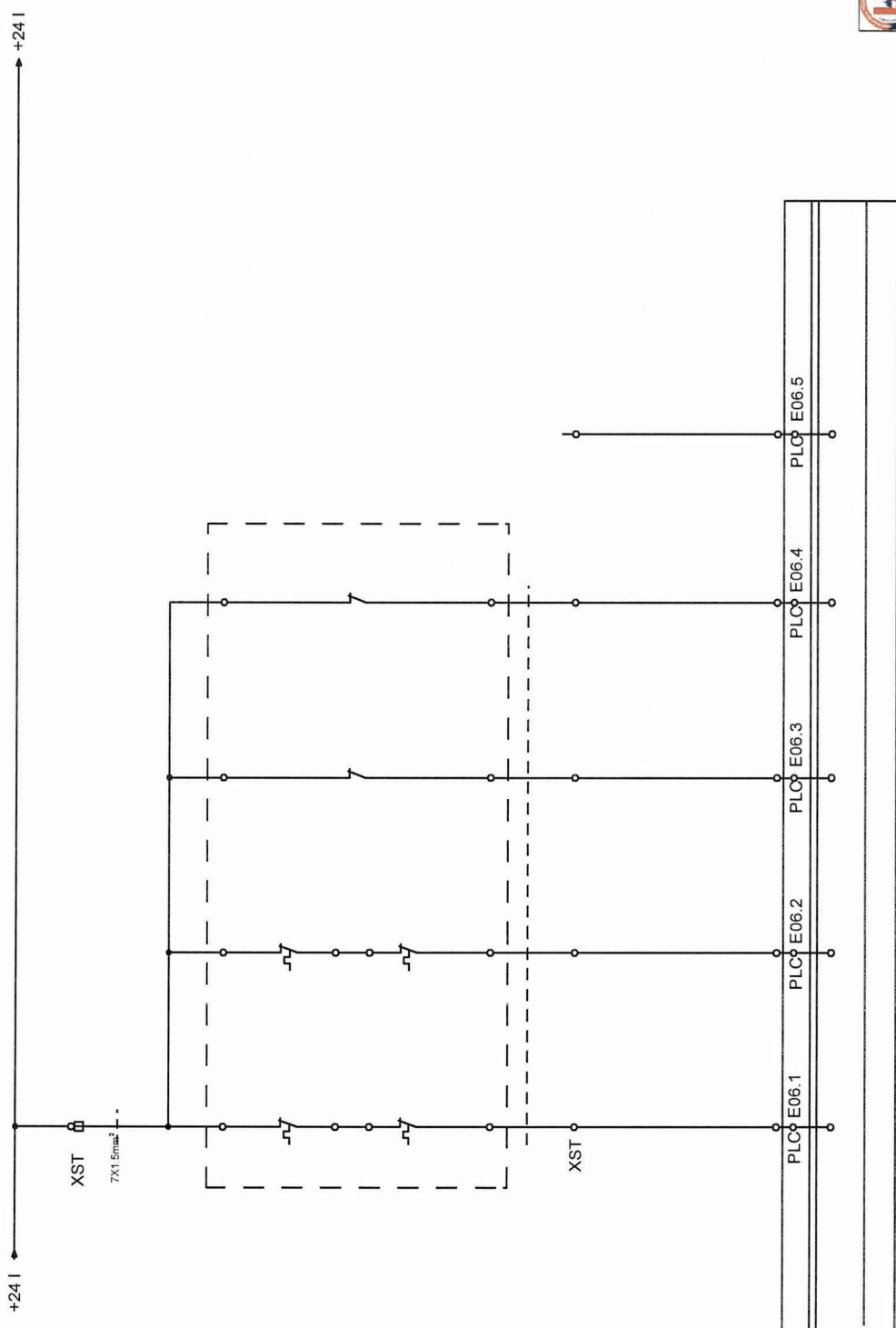



**UNIVERSIDAD  
TECNICA DE COTOPAXI**  
LADRONIA - ECUADOR

**PLC E05**

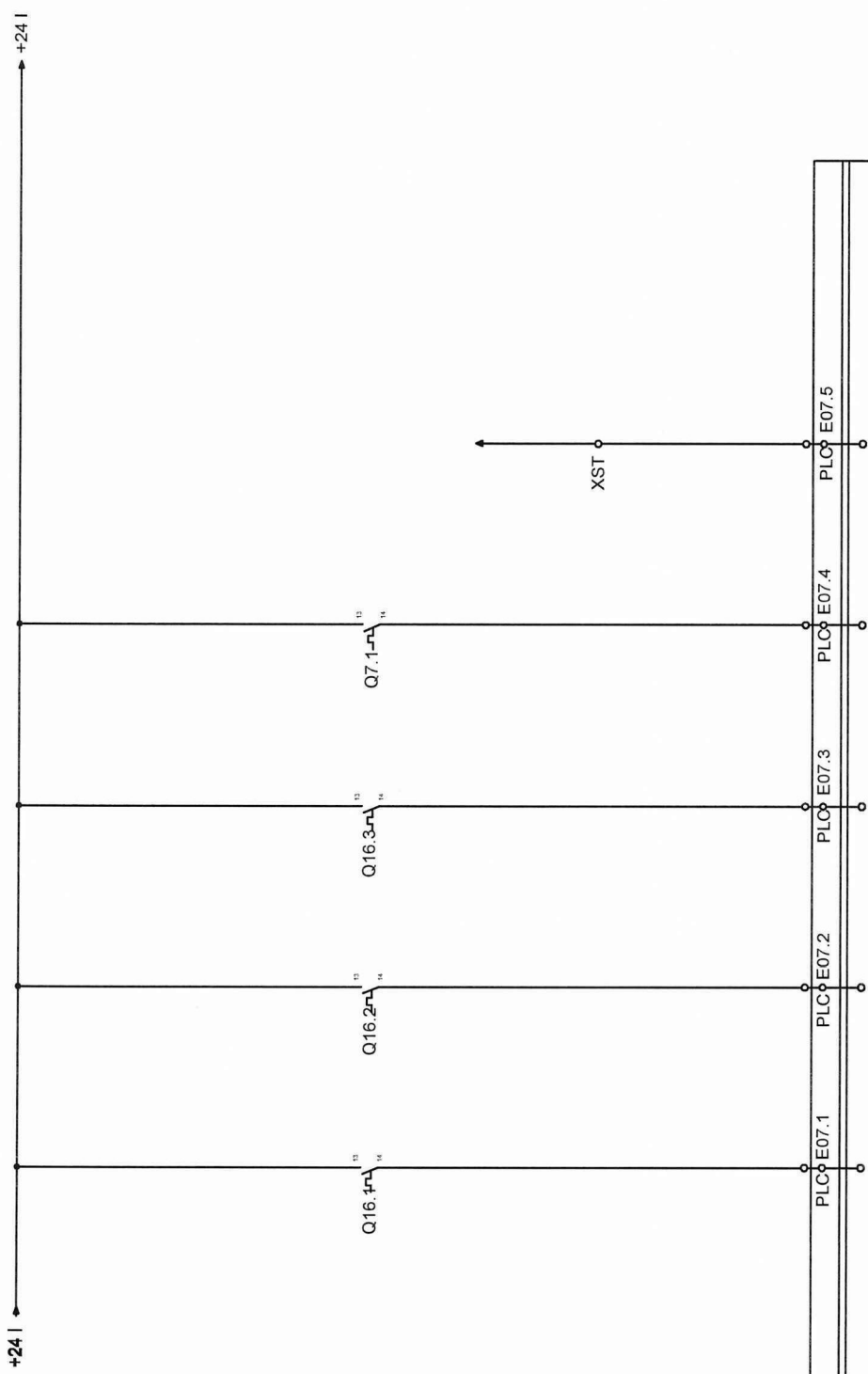
**SUBESTACION ADELCA C.A.**  
Provincia: Pichincha - Canton: Mejía - Parroquia: Akang

<b>REALIZADO:</b> PEDRO ORATE WILMER CHANGOLUISA	<b>REVISADO:</b> ING MIGUEL BASTIDAS
<b>ESCALA:</b> 1: 1.500	<b>ANEXO</b> 22
<b>FECHA:</b> JUNIO 2014	




 <b>UNIVERSIDAD</b> <b>TECNICA DE COTOPAXI</b> <small>LAFACENKA - EDUCOR</small>	<b>PLC E06</b>	
	<b>SUBESTACION ADELCA C.A.</b> <small>Provincia: Pichincha - Cantón: Mejía - Parroquia: Alog</small>	
<b>REALIZADO:</b> PEDRO ORATE WILMER CHANGOLUISA	<b>REVISADO:</b> ING MIGUEL BASTIDAS	<b>ANEXO 23</b>
<b>ESCALA:</b> 1: 1.500	<b>FECHA:</b> JUNIO 2014	

- |                               |   |                               |   |                          |   |                          |   |          |
|-------------------------------|---|-------------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|---|----------|
| DISPARO TERMICO TRANSFORMADOR | 3 | DISPARO TERMICO TRANSFORMADOR | 3 | VENTILADOR 1/2 EN MARCHA | 3 | VENTILADOR 3/4 EN MARCHA | 3 | REPUERTO |
| VENTILADOR 1/2 TRANSFORMADOR  | 3 | VENTILADOR 1/2 EN MARCHA      | 3 | VENTILADOR 3/4 EN MARCHA | 3 | VENTILADOR 3/4 EN MARCHA | 3 |          |




ALIMENTACION 110Vdc SECCIONADOR GENERAL	ALIMENTACION 110Vdc SECCIONADOR TRAFO 3	ALIMENTACION 110Vdc INTERRUPTOR TRAFO 3	ALIMENTACION 110Vdc TRANSFORMADOR 3	REPUESTO
--	--	--	--	----------



**UNIVERSIDAD  
TECNICA DE COTOPAXI**  
UNIONEN - EDUCAR

---

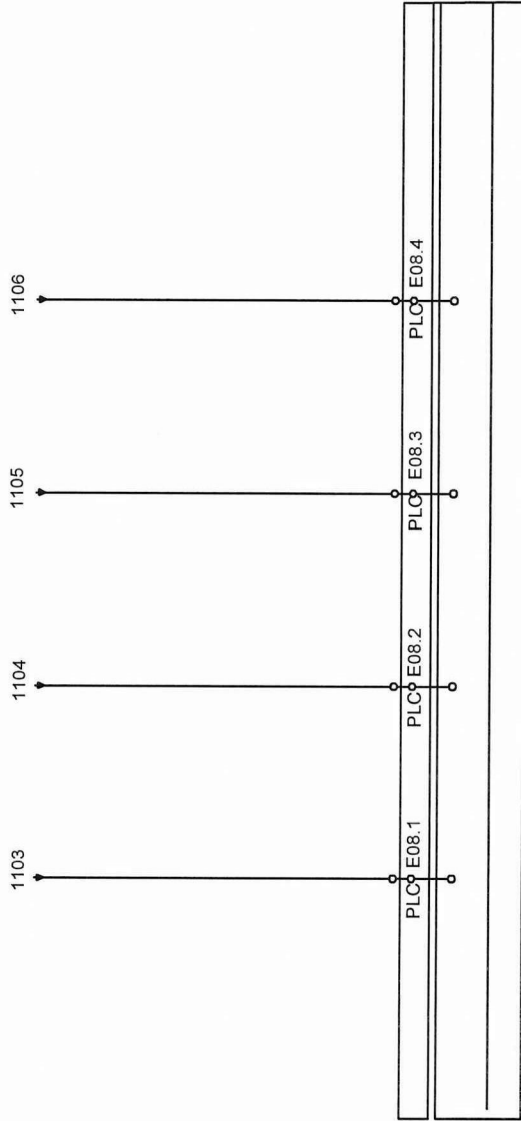


**PLC E07**

**SUBESTACION ADELCA C.A.**  
Provincia: Pichincha - Canton: Mejía - Parroquia: Abang

---

<b>REALIZADO:</b> ING. GUSTAVO WILMER CHANGOLUISA	<b>REVISADO:</b> ING. MIGUEL BASTIDAS
<b>ESCALA:</b> 1: 1.500	<b>ANEXO:</b> 24
<b>FECHA:</b> JUNIO 2014	



SEÑAL1 DEL RELE DE PROTECCION DE CORRIENTE TRANSFORMADOR	SEÑAL2 DEL RELE DE PROTECCION DE CORRIENTE TRANSFORMADOR	SEÑAL3 DEL RELE DE PROTECCION DE CORRIENTE TRANSFORMADOR	SEÑAL4 DEL RELE DE PROTECCION DE CORRIENTE TRANSFORMADOR
3	3	3	3



**UNIVERSIDAD  
TECNICA DE COTOPAXI**  
UNICOTOPAXI - Ecuador

**PLC E08**

**SUBESTACION ADELCA C.A.**

Provincia: Pichincha - Canton: Mijila - Parroquia: Alaoig

REALIZADO:  
ING. GABRIEL  
WILMER CHANGOLUISA

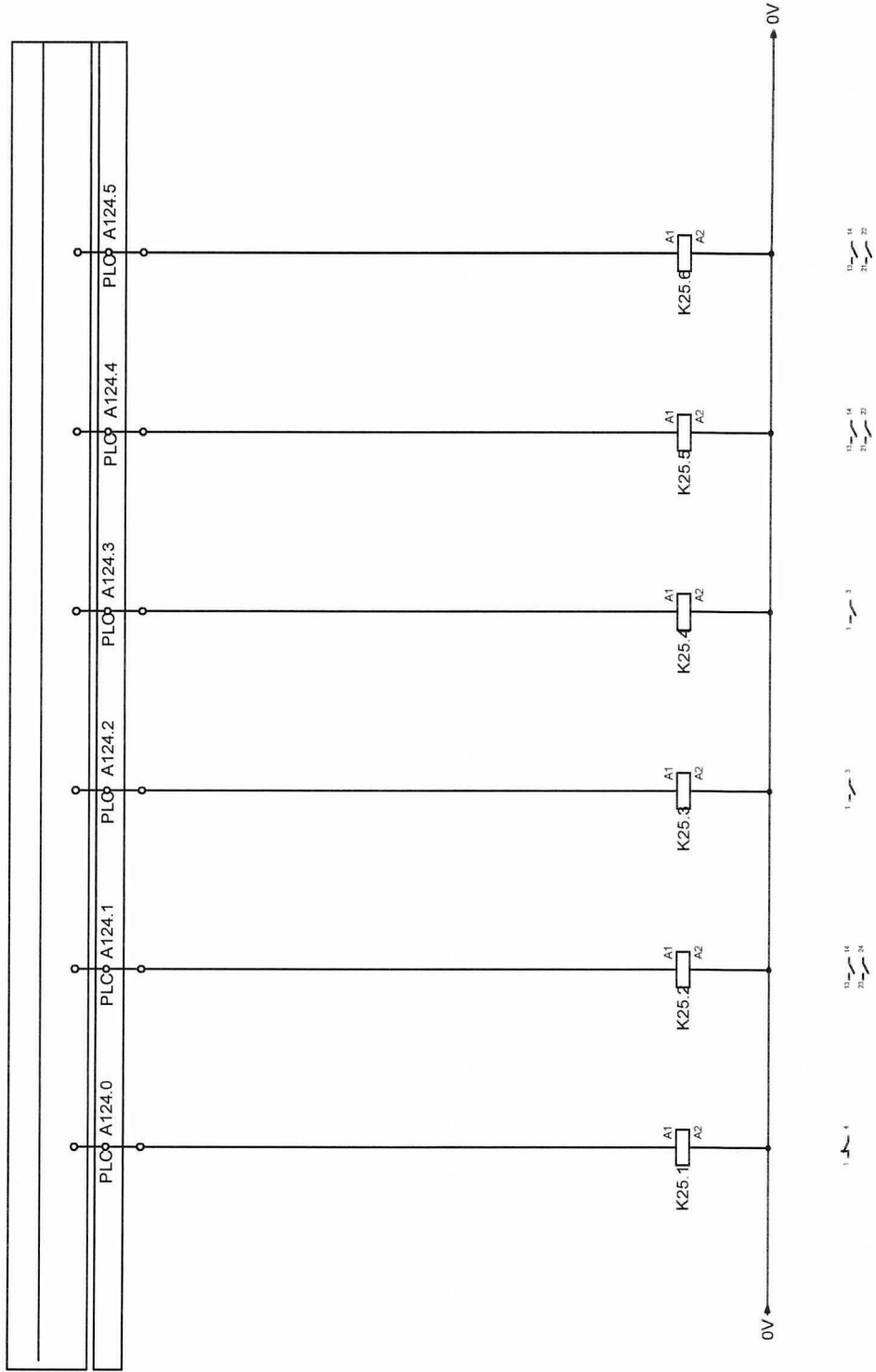
REVISADO:  
ING. MIGUEL BASTIDAS


ESCALA: 1: 1.500

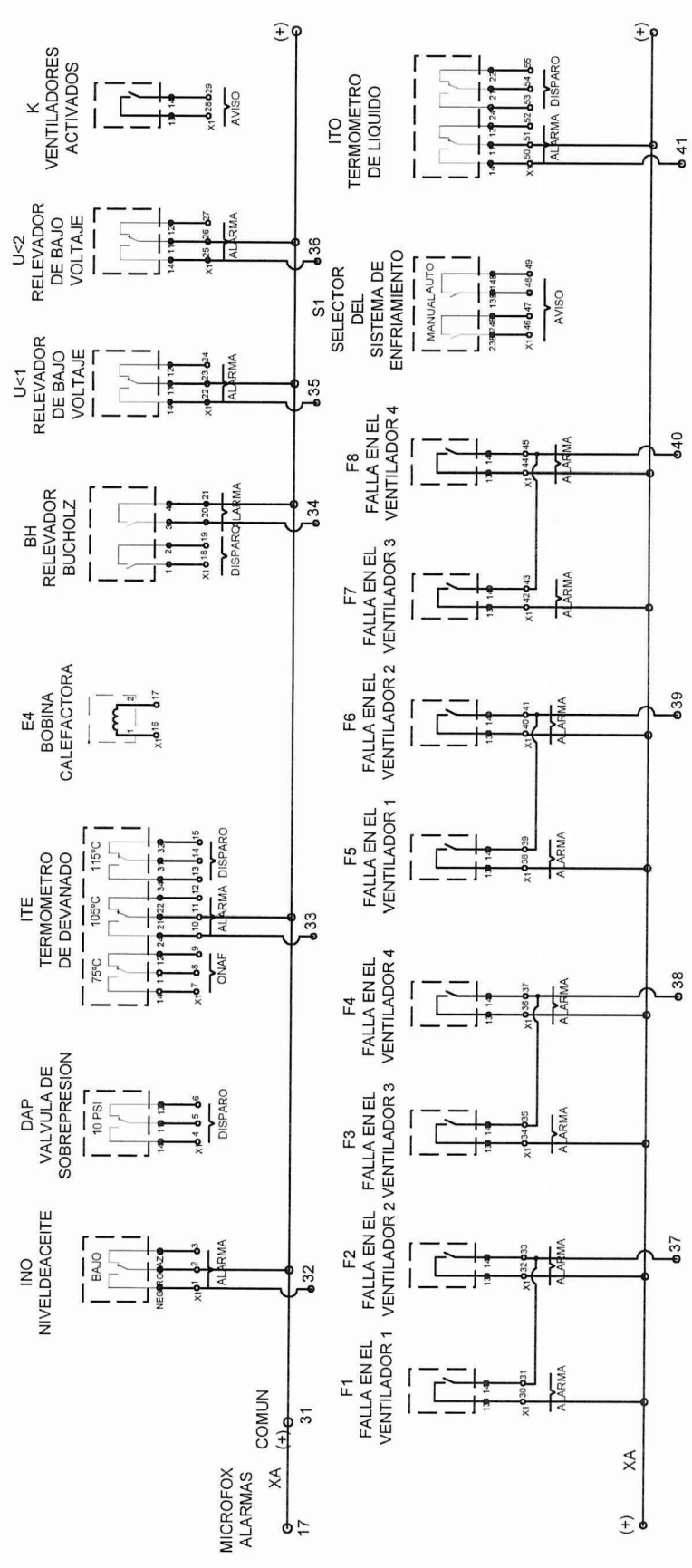
FECHA: JUNIO 2014

ANEXO 25

APERTURA INTERRUPTOR 152.T3      CIERRE INTERRUPTOR 152.T3      REPUESTO      REPUESTO      SIRENA ALARMA ACUSTICA      ALARMA GENERAL



 <b>UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI</b> LATACUNGA - ECUADOR	
<b>PLC A124</b>	
<b>SUBSTACION ADELCA C.A.</b> <small>Provincia: Pichincha - Canton: Mejía - Parroquia: Alajó</small>	
<b>REALIZADO:</b> PEDRO ORATE WILMER CHANGOLUISA	<b>REVISADO:</b> ING MIGUEL BASTIDAS
<b>ESCALA:</b> 1: 1.500	<b>FECHA:</b> JUNIO 2014
<b>ANEXO 26</b>	



**UNIVERSIDAD  
TECNICA DE COTOPAXI**  
LATACUNGA - ECUADOR

**CONEXION CONTACTOS ALARMAS**

**SUBESTACION ADELCA C.A.**

Provincia: Pichincha - Canton: Mejía - Parroquia: Abog

REALIZADO: PEDRO ORATE  
REVISADO: ING MIGUEL BASTIDAS

ESCALA: 1: 1.500  
FECHA: JUNIO 2014

ANEXO 27