

**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO- MECÁNICA CON  
MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL

TEMA:

**"Análisis y Diseño de una Subestación Eléctrica reductora de  
69KV/13.8KV para la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil."**

AUTOR:

Gorky Jorge Medina

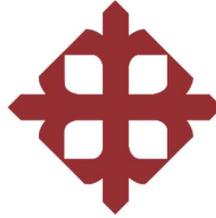
Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de  
**INGENIERO EN ELÉCTRICO-MECÁNICA CON MENCIÓN EN GESTIÓN  
EMPRESARIAL.**

TUTOR:

Ing. Luis Orlando Philco Asqui

**Guayaquil, Ecuador**

**14 de Septiembre del 2018**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO- MECÁNICA CON  
MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Gorky Jorge Medina**, como requerimiento para la obtención del Título de **Ingeniería en Eléctrico-Mecánica con Mención en Gestión Empresarial**.

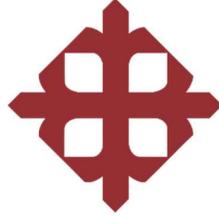
**TUTOR**

f. \_\_\_\_\_  
**ING. LUIS ORLANDO PHILCO ASQUI, M.Sc.**

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

f. \_\_\_\_\_  
**ING. MIGUEL ARMANDO HERAS SANCHEZ, M.Sc.**

**Guayaquil, a los 14 días del mes de Septiembre del año 2018**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO- MECÁNICA CON  
MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **GORKY JORGGE MEDINA**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación, **Análisis y Diseño de una Subestación Eléctrica reductora de 69KV/13.8KV para la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil**, previo a la obtención del Título de **Ingeniería en Eléctrico-Mecánica con Mención en Gestión Empresarial**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

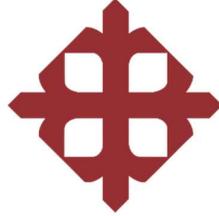
En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 14 días del mes de Septiembre del año 2018**

**EL AUTOR**

---

**GORKY JORGGE MEDINA**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO- MECÁNICA CON  
MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **GORKY JORGGE MEDINA**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Análisis y Diseño de una Subestación Eléctrica reductora de 69KV/13.8KV para la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

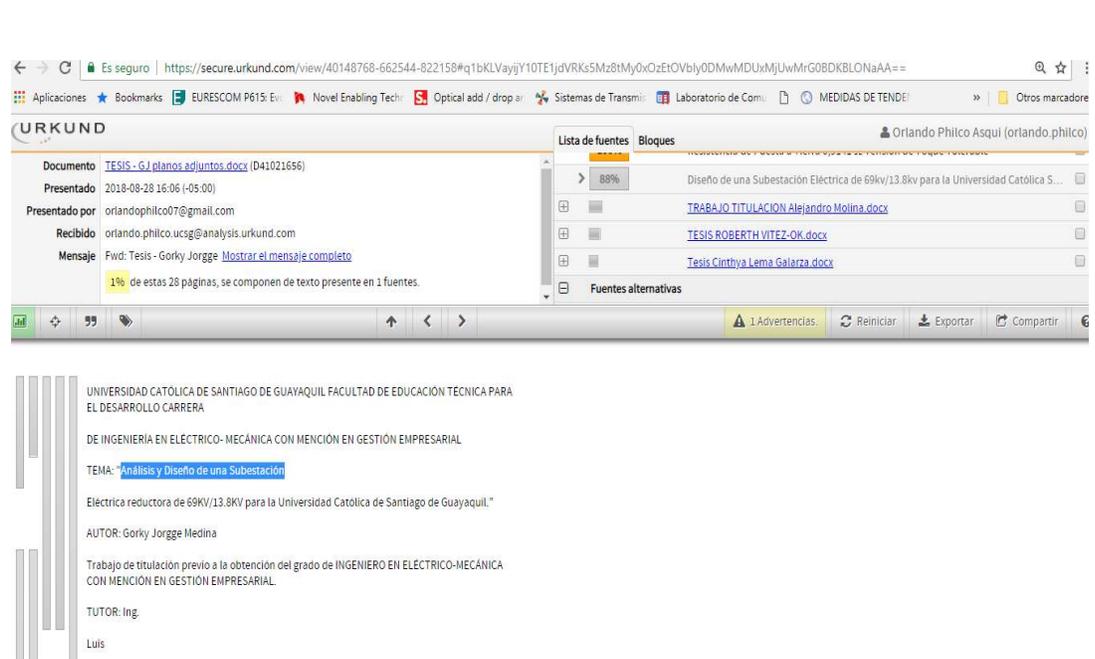
**Guayaquil, a 14 días del mes de Septiembre del año 2018**

**EL AUTOR:**

---

**GORKY JORGGE MEDINA**

## REPORTE URKUND



The screenshot displays the URKUND web interface. The browser address bar shows the URL: <https://secure.orkund.com/view/40148768-662544-822158#q1bKLVayijY10TE1jdVRk5SMz8tMy0xOze1OVblyODMwMDUxMjUwMrG0BDKBLONaAA==>. The interface includes a navigation bar with 'URKUND' and a user profile 'Orlando Philco Asqui (orlando.philco)'. The main content area shows document details: 'Documento: TESIS - GJ planos adjuntos.docx (D41021656)', 'Presentado: 2018-08-28 16:06 (-05:00)', 'Presentado por: orlandophilco07@gmail.com', 'Recibido: orlando.philco.ucsg@analysis.orkund.com', and 'Mensaje: Fwd: Tesis - Gorky Jorgege Mostrar el mensaje completo'. A progress bar indicates '1% de estas 28 páginas, se componen de texto presente en 1 fuentes.' On the right, a 'Lista de fuentes' (List of sources) is visible, showing a match with '88%' for 'Diseño de una Subestación Eléctrica de 69kv/13.8kv para la Universidad Católica S...'. Below the list are links for 'TRABAJO TITULACION Alejandro Molina.docx', 'TESIS ROBERTH VITEZ-OK.docx', and 'Tesis Cinthya Lema Galarza.docx'. The bottom of the interface features a toolbar with icons for 'Advertencias', 'Reiniciar', 'Exportar', and 'Compartir'.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE EDUCACION TECNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA  
DE INGENIERIA EN ELECTRICO-MECÁNICA CON MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL  
TEMA: [Análisis y Diseño de una Subestación](#)  
Eléctrica reductora de 69KV/13.8KV para la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil."  
AUTOR: Gorky Jorge Medina  
Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de INGENIERO EN ELECTRICO-MECÁNICA CON MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL.  
TUTOR: Ing.  
Luis

Reporte Urkund del Trabajo de Titulación denominado: **Análisis y Diseño de una Subestación Eléctrica reductora de 69KV/13.8KV para la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil** del estudiante Gorky Jorge Medina. Se encuentra al 1% de coincidencias.

Atentamente

**Ing. Orlando Philco Asqui, MSc.**

Revisor del Trabajo de Titulación

## **AGRADECIMIENTO**

A mis hermanos por enseñarme a compartir una sonrisa cada día con sus ocurrencias y travesuras.

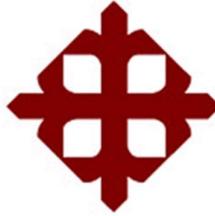
A mis amigos y compañeros, quienes le han dado color a los días grises y me han mostrado que debemos confiar y apoyarnos para así lograr un trabajo unido y en equipo.

A mis profesores, a quienes les tengo admiración por su gran trabajo y me han compartido su conocimiento de la mejor manera posible.

A mi tutor por brindarme seguridad y su apoyo a lo largo de toda mi carrera.

## **DEDICATORIA**

A los autores de mis días, mis padres quienes han sido mi soporte y motivación en este arduo camino; en especial a mi mamá quien nunca ha dudado en mí, gracias por hacerme saber que todo se puede lograr con seguridad y paciencia, por tu amor que es indescriptible e inigualable.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACION TECNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA:**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

**ING. MANUEL ROMERO PAZ, M.Sc.  
DECANO**

f. \_\_\_\_\_

**ING. MIGUEL ARMANDO HERAS SANCHEZ, M.Sc.  
DIRECTOR DE CARRERA**

f. \_\_\_\_\_

**ING. LUIS ORLANDO PHILCO ASQUI, M.Sc.  
COORDINADOR DEL ÁREA**

# ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1.....	2
INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 Justificación y alcance.....	2
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
1.4 Tipo de Investigación.....	3
PARTE I MARCO TEÓRICO.....	4
CAPÍTULO 2.....	4
CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DE UNA SUBESTACION.....	4
2.1 Descripción de los equipos principales de una S/E.....	4
2.1.1 Seccionador de tres polos para operación en grupo a 69 KV .	4
2.1.2 Descargador a 60 KV.....	5
2.1.3 Disyuntor en SF6 para 69 KV.....	7
2.1.4 Transformador de poder.....	10
2.1.5 Descargadores a 12 KV.....	14
2.1.6 Transformadores de Medición y Protección.....	15
2.2 Tableros de control y protección.....	19
2.3 Celdas de Media Tensión.....	23
2.4 Tableros de Medición.....	23
2.5 Conductores.....	24

2.6	Hilo de Guarda .....	28
2.7	Estructuras Metálicas .....	28
2.7.1	Galvanizado .....	29
2.8	Servicios auxiliares DC.....	33
2.9	Servicios auxiliares AC.....	35
2.10	Obras civiles y cuarto de control .....	35
2.10.1	Cerramiento .....	35
2.10.2	Caseta o Cuarto de Control .....	36
2.10.3	Bases de los Equipos .....	36
2.10.4	Cisterna .....	36
2.11	Tubería.....	37
2.12	Sistema de Puesta a Tierra.....	38
2.13	Sistema de Iluminación .....	38
CAPÍTULO 3.....		39
NORMATIVAS DE CONSTRUCCION .....		39
3.1	Normas de protección contra descargas atmosféricas.....	39
3.2	Normas para la Coordinación de protecciones.....	39
3.3	Normas de Coordinación de Aislamiento .....	39
3.4	Normas para la distancia de fuga .....	40
3.5	Normas para la malla de Tierra .....	40
3.6	Normas para la selección de transformadores .....	40
3.7	Normas para la selección de servicios auxiliares DC .....	41
3.8	Normas para la seguridad y sistemas contra incendios .....	41

PARTE II APORTACIONES .....	42
CAPÍTULO 4.....	42
UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	42
4.1 Introducción .....	42
4.2 Ubicación.....	43
CAPÍTULO 5.....	44
CALCULOS Y DISENOS PARA LA S/E UCSG.....	44
5.1 Sistema de Protección contra descargas atmosféricas .....	44
5.1.1 Diseño de protección .....	44
5.1.2 Datos de Calculo.....	47
5.2 Coordinación de Protecciones.....	50
5.2.1 Cálculos de las corrientes de Cortocircuito .....	50
5.2.2 Descripción del sistema de protecciones de la subestación UCSG	53
5.2.3 Coordinación de las Protecciones de la S/E UCSG.....	53
5.2.4 Criterios usados para la coordinación de las protecciones ...	54
5.2.5 Grafica de la coordinación de protecciones .....	55
5.2.6 Resumen de ajustes .....	57
5.3 Distancia de Fuga.....	58
5.4 Malla de Tierra.....	60
5.4.1 Mediciones de suelo .....	60
5.4.2 Criterios de Diseño .....	60
5.4.3 Cálculos .....	61

5.5	Servicios Auxiliares DC .....	67
5.5.1	Selección del cargador de baterías.....	69
5.6	Calculo de servicios auxiliares AC.....	71
5.6.1	Introducción .....	71
5.6.2	Tabla de valores .....	71
5.6.3	Selección del transformador .....	73
CAPÍTULO 6.....		74
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		74
6.1	CONCLUSIONES .....	74
6.2	RECOMENDACIONES .....	75
ANEXOS.....		76
7.1	VISTA LATERAL DE LA SUBESTACIÓN .....	76
7.2	VISTA FRONTAL DE LA SUBESTACIÓN.....	76
7.3	IMPLANTACION DE LA SUBESTACIÓN.....	76
7.4	BASES DE LA SUBESTACIÓN.....	76
7.5	ILUMINACION Y CIRCUITOS DE LA SUBESTACIÓN .....	76
7.6	DUCTERIA DE LA SUBESTACIÓN .....	76
7.7	CUARTO DE CONTROL DE LA SUBESTACIÓN .....	76
7.8	DIAGRAMA UNIFILAR DE LA SUBESTACIÓN .....	76
7.9	DIAGRAMA UNIFILAR DE SISTEMAS AUXILIARES .....	76
7.10	DIAGRAMA UNIFILAR DE CELDAS DE MEDIA TENSIÓN ....	76
7.11	MALLA DE TIERRA DE LA SUBESTACIÓN .....	76
7.12	PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS.....	76

7.13	DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL.....	76
7.14	IMPLANTACIÓN GENERAL .....	76
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	91

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Equipos principales de una subestacion.....	4
Figura 2.2 Seccionadores tripolares .....	5
Figura 2.3 Descargadores a 60 KV.....	6
Figura 2.4 Interruptor en SF6 .....	7
Figura 2.5 Principales usos del SF6 .....	8
Figura 2.6 Partes externas de interruptor en sf6.....	9
Figura 2.7 Partes internas de interruptor en sf6.....	10
Figura 2.8 Transformador de poder .....	11
Figura 2.9 Refrigeracion ONAF .....	12
Figura 2.10 Refrigeracion OFAF.....	12
Figura 2.11 Refrigeracion ODAF .....	13
Figura 2.12 Refrigeracion OFWF.....	13
Figura 2.13 Descargadores a 10 KV.....	14
Figura 2.14 Transformadores de corriente .....	16
Figura 2.15 Transformador de corriente de tipo dona.....	17
Figura 2.16 Transformadores de potencial .....	18
Figura 2.17 Tableros de cuarto de control .....	19
Figura 2.18 Rele de protección diferencial .....	20
Figura 2.19 Rele de protección de sobrecorriente .....	21
Figura 2.20 Botonera .....	22
Figura 2.21 Celdas de media tension .....	23
Figura 2.22 Medidor ion 7550.....	24

Figura 2.23 Hilo de guarda en una subestación .....	28
Figura 2.24 Galvanización en caliente.....	29
Figura 2.25 Capas creadas por la galvanización .....	30
Figura 2.26 Proceso de galvanización en caliente.....	31
Figura 2.27 Tablero de servicios auxiliares DC .....	34
Figura 2.28 Banco de baterías.....	34
Figura 2.29 Cisterna de Aceites.....	36

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1 Potencial de calentamiento global de los GEI .....	8
TABLA 2.2 Materiales y sus características de aleacion .....	25
TABLA 2.3 Características del cobre y aluminio.....	26
TABLA 2.4 Ampacidad de los conductores .....	27
TABLA 2.5 Configuracion de servicios auxiliares .....	33
TABLA 2.6 Tabla de conductores en tuberias .....	37
TABLA 5.1 Proteccion contra descargas atmosfericas a nivel de 13.8 KV, descargas a conductores y el suelo.....	47
TABLA 5.2 Proteccion contra descargas atmosfericas a nivel de 13.8 KV, descargas a mastiles .....	48
TABLA 5.3 Proteccion contra descargas atmosfericas a nivel de 69 KV, descargas a conductores y el suelo.....	48
TABLA 5.4 Proteccion contra descargas atmosfericas a nivel de 69 KV, descargas a mastiles .....	49
TABLA 5.5 Resumen de distancia de descargas .....	49
Tabla 5.6 Corrientes de cortocircuito a nivel de 69 KV.....	51
TABLA 5.7 Corrientes de cortocircuito a nivel de 13.8 KV.....	52
TABLA 5.8 Ajustes de funcion 51 Y 50 a nivel de 69 KV y 13.8 KV .....	57
TABLA 5.9 Niveles de contaminacion y distancias de fuga .....	58
TABLA 5.10 Calculo de tensiones tolerables.....	61
TABLA 5.11 Calculo de tensiones de paso y de contacto en caso de falla .....	62

TABLA 5.12 Datos del terreno .....	64
TABLA 5.13 Datos de conexion de malla .....	65
TABLA 5.14 Malla de tierra.....	65
TABLA 5.15 Resultados obtenidos para la malla.....	66
TABLA 5.16 Cargas continuas DC .....	67
TABLA 5.17 Cargas momentaneas DC .....	67
TABLA 5.18 Alarmas del cargador de baterias.....	70
TABLA 5.19 Equipos de patio.....	72
TABLA 5.20 Cuarto de control .....	72

## RESUMEN

En la República del Ecuador cualquier usuario regulado al exceder 1 MVA de consumo de energía eléctrica deberá ser suministrado por medio de una acometida a un nivel de tensión de 69KV. Es por esto que es necesaria la instalación de una subestación en la UCSG debido a que su carga supera los 1000 KVA. Esta subestación deberá ser diseñada e instalada por la UCSG y cumplir con todos los lineamientos requeridos por las entidades reguladoras. El diseño de la subestación además de cumplir con las normas y regulaciones debe garantizar seguridad y ser capaz de proveer energía de manera constante y minimizando cualquier tipo de fallas. Este proyecto proveerá el diseño de una subestación de 69 KV / 13.8 KV, describiendo de manera breve los elementos que conforman de manera general a una subestación, las normas requeridas nacional e internacionalmente para los elementos y materiales utilizados y los cálculos utilizados en el diseño de la subestación.

***Palabras Claves:*** SUBESTACIÓN, ACOMETIDA, DISEÑO, CARGA, TENSION, NORMAS, REGULACIONES, CÁLCULOS.

## **ABSTRACT**

*In the Republic of Ecuador, any regulated user exceeding 1 MVA of electric power consumption must be supplied with a connection at a voltage level of 69KV. Therefore, it is necessary to install a substation in the UCSG because its load exceeds 1000 KVA. This substation must be designed and installed by the UCSG and comply with all the guidelines required by the regulatory entities. The design of the substation in addition to complying with the rules and regulations must guarantee safety and be able to provide energy in a constant manner and minimizing any type of failures. This project will provide the design of a substation of 69 KV / 13.8 KV, briefly describing the elements that conform a substation, the national and international standards required for the elements and materials used in a substation and the calculations used in the design of the substation.*

***Keywords:*** *SUBSTATION, CONNECTION, DESIGN, LOAD, TENSION, STANDARDS, REGULATIONS, CALCULATIONS.*

## **CAPÍTULO 1**

### **INTRODUCCIÓN**

#### **1.1 Justificación y alcance**

En la República del Ecuador cualquier usuario regulado, en este caso una educativa privada, al exceder 1 MVA de consumo de energía eléctrica su alimentación deberá ser suministrada por medio de una acometida a un nivel de tensión de 69KV.

Esto implica que el usuario deberá ser el encargado de transformar la energía al nivel que se requiera, lo cual se logra con una subestación eléctrica reductora.

El constante crecimiento poblacional en el mundo implica un consumo mayor de recursos, siendo la energía eléctrica uno de ellos. En este caso la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil es un claro ejemplo de esto, su demanda de energía eléctrica se ha incrementado en la última década de tal manera que ya no puede ser suministrada al nivel de voltaje actual lo que implica de manera necesaria el uso de una subestación eléctrica reductora para abastecer toda la demanda requerida por la UCSG.

#### **1.2 Planteamiento del problema**

Actualmente el consumo de energía eléctrica en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil excede los 1000 KVA, debido a la expansión que ha tenido en los últimos años estos valores se están incrementando. Actualmente esta es suministrada por medio de una acometida a 13800 V, según el reglamento de CNEL EP Unidad de Negocio de Guayaquil toda carga eléctrica mayor a 1MVA deberá abastecer su carga con una subestación.

Esta subestación deberá ser instalada por el usuario y cumplir con todos los lineamientos requeridos por las entidades reguladoras y el estado. El

diseño de la subestación además de cumplir con las normas y regulaciones debe garantizar seguridad al usuario, y ser capaz de proveer energía de manera constante y minimizando cualquier tipo de fallas.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Diseñar una Subestación Eléctrica de 69 KV/ 13.8KV para abastecer la demanda requerida de manera constante y eficiente cumpliendo con las normas requeridas.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar los elementos que conforman a una Subestación de 69 KV/ 13.8 KV
- Describir las normas requeridas para los elementos y materiales que se utilizan en el montaje de una subestación
- Calcular y diseñar la subestación

### **1.4 Tipo de Investigación**

La investigación realizada es de tipo documentada, al estar basadas en investigaciones, libros, revistas, archivos, entre otras fuentes de información.

Se aplica también la investigación de tipo descriptiva ya que se analizan los elementos más importantes de una subestación.

De manera parcial se realiza también una investigación de campo por la necesidad de conocer datos para el diseño de la subestación y su ubicación.

## PARTE I MARCO TEÓRICO

### CAPÍTULO 2

#### CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DE UNA SUBESTACION

##### 2.1 Descripción de los equipos principales de una S/E

Se expondrá brevemente los elementos principales que conforman una Subestación de Distribución de corriente alterna.

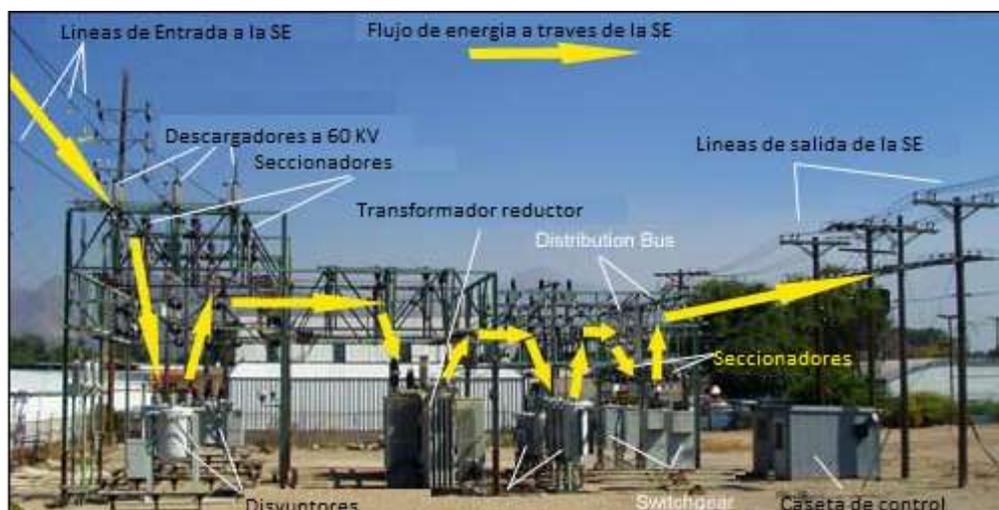


FIGURA 2.1 EQUIPOS PRINCIPALES DE UNA SUBESTACION  
FUENTE: (OSHA, 2018)

##### 2.1.1 Seccionador de tres polos para operación en grupo a 69 KV

El seccionador es muy importante en la subestación ya que es la que es el punto de conexión del suministro de energía a el nivel de tensión de 69 KV.

El seccionador es un equipo electromecánico que es capaz de interrumpir o establecer corrientes en el momento de su accionamiento, pero cuando este se encuentra operando, es decir en posición cerrada, debe soportar corrientes de elevada amplitud propias de los cortocircuitos. (WEG, 2018)

Estos seccionadores tienen la característica de poder ser verificados de manera visual, cuando esté en posición abierta y posición cerrada. Esto ayuda a confirmar que los equipos de nuestra subestación se encuentran aislados.



FIGURA 2.2 SECCIONADORES TRIPOLARES  
FUENTE: EL AUTOR

### **2.1.2 Descargador a 60 KV**

El descargador a 60 KV es un equipo que protegerá a la subestación de descargas atmosféricas, se lo conoce también como pararrayos o lightning arresters.

Cuando una subestación se encuentra en una instalación a campo abierto está expuesta de mayor a manera a agentes externos y fenómenos naturales. Los descargadores tendrán como función proteger a todos nuestros equipos

de uno de estos fenómenos conocido como rayo. El rayo es una descarga atmosférica capaz de causar graves daños a los equipos y personas. El descargador se ubica siempre en zonas estratégicas donde se considera que protegerá de manera más segura a los equipos elementos y usuarios. Es usual que en las subestaciones de 69 KV los descargadores se encuentren ubicados en el nivel más alto posible de la estructura de 69 KV donde se conecta con puentes o nodos a los seccionadores para su protección.

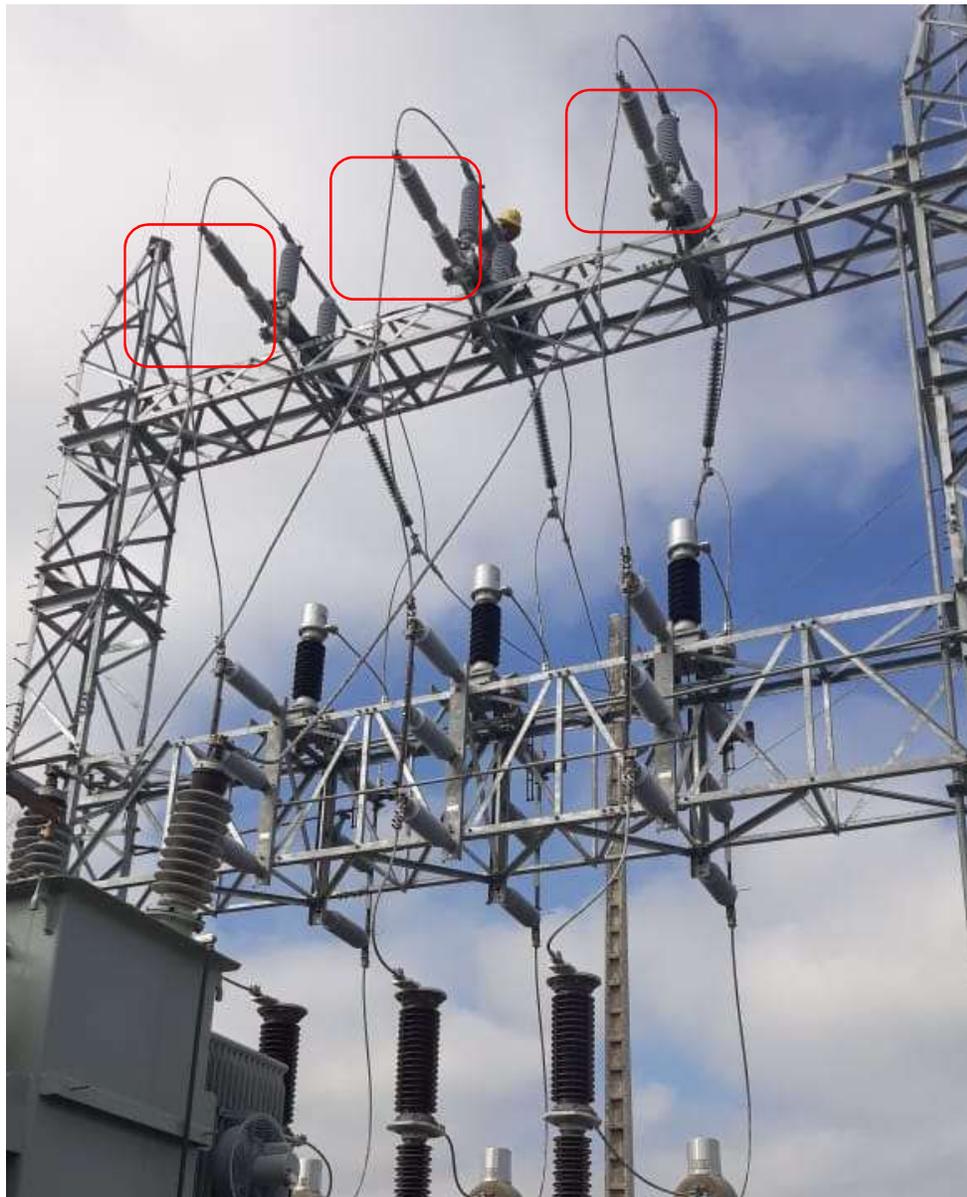


FIGURA 2.3 DESCARGADORES A 60 KV  
FUENTE: EL AUTOR

### 2.1.3 Disyuntor en SF6 para 69 KV



FIGURA 2.4 INTERRUPTOR EN SF6  
FUENTE: EL AUTOR

#### 2.1.3.1 SF6

El hexafluoruro de Azufre un gas conocido como SF6 es muy utilizado en el sector industrial y eléctrico por sus características aislantes. Gracias a sus características otorga seguridad a los equipos y usuarios.

El SF6 lo conforman un átomo de azufre y seis de flúor, es un gas sintetizado por medio de la reacción de azufre a una temperatura de 300°

centígrados y flúor en estado gaseoso. Este compuesto es muy estable lo que le da sus características y por lo que también es muy peligroso para el medio ambiente y el efecto invernadero, al no descomponerse puede pasar mucho tiempo en la atmosfera ayudando al calentamiento global. (Yucatan, 2018)

TABLA 2.1 POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL DE LOS GEI

Especie	Tiempo de vida (años)	Potencial de Calentamiento Global		
		20 años	100 años	500 años
CO <sub>2</sub>	variable	1	1	1
CH <sub>4</sub>	12+3	56	21	6.5
N <sub>2</sub> O	120	280	310	170
HFC-23	264	9,100	11,700	9,800
HFC-32	5.6	2,100	650	200
SF <sub>6</sub>	3200	16,300	23,900	3,4900
Perfluorometano	50000	4,400	6,500	10,000
Perfluorooctano	10000	6,200	9,200	14,000
Perfluorohexano	3200	5,000	7,400	10,700

FUENTE: (YUCATAN, 2018)

### 2.1.3.2 Potencial de calentamiento de los GEIs

Como se puede apreciar en la tabla, el SF<sub>6</sub> tiene un tiempo de vida muy alto y tiene el potencial de calentamiento global más elevado, el cual es calculado tomando como referencia al CO<sub>2</sub>, por lo que se puede entender que la contaminación de este GEI es muy peligrosa y debe ser controlada.

En este caso como se ha explicado el SF<sub>6</sub> es muy utilizado en la industria principalmente eléctrica, en la construcción de estos representando un %61 y en la generación de esta en un %20. (Yucatan, 2018)

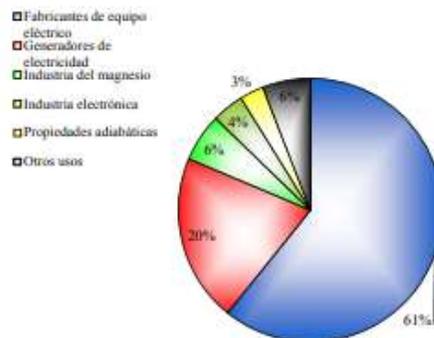


FIGURA 2.5 PRINCIPALES USOS DEL SF6

FUENTE: (YUCATAN, 2018)

### 2.1.3.3 Interruptores en SF6

Debido a las excelentes propiedades que el hexafluoruro de azufre posee como extinguidor y aislante su uso en los interruptores es muy común y comparándolos con otros tipos de interruptores su mantenimiento es mínimo.

A continuación se presentan las principales partes externas de un interruptor de SF6

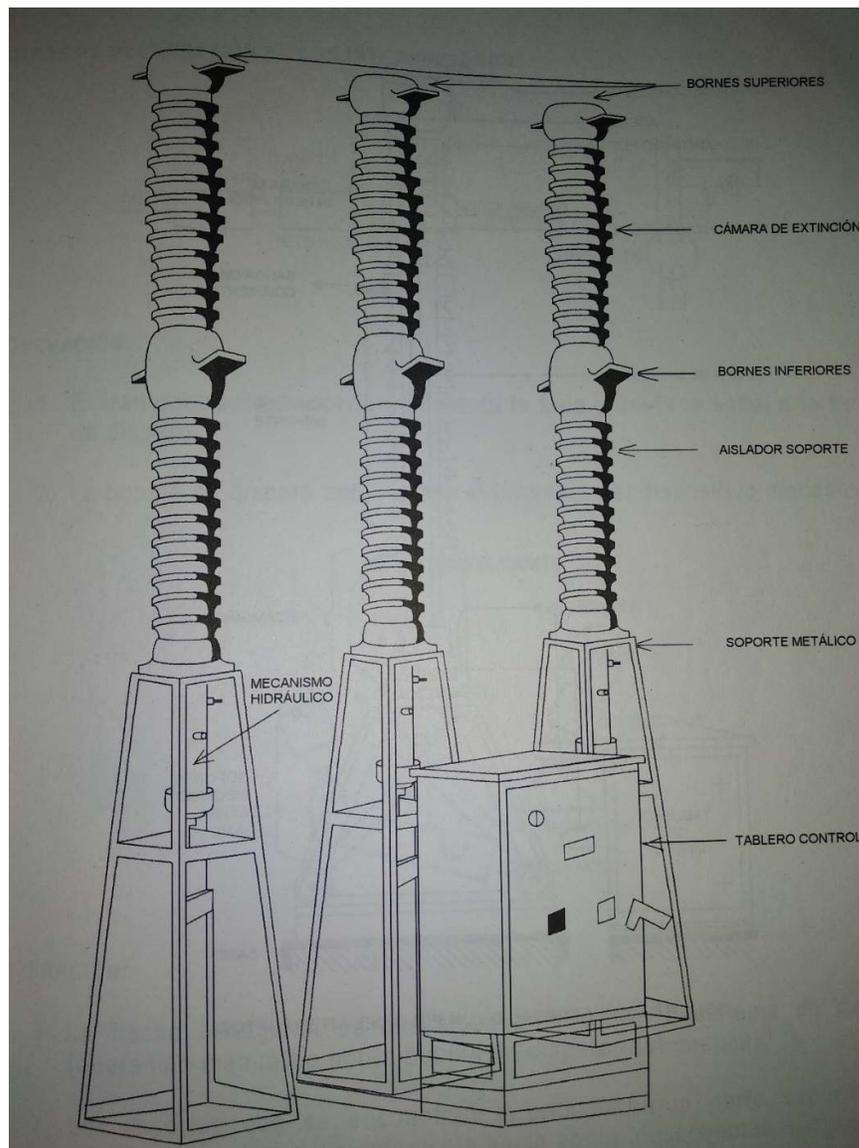


FIGURA 2.6 PARTES EXTERNAS DE INTERRUPTOR EN SF6

FUENTE: (HARPER, 2008)

A continuación se presentan las principales partes internas de un interruptor de SF6

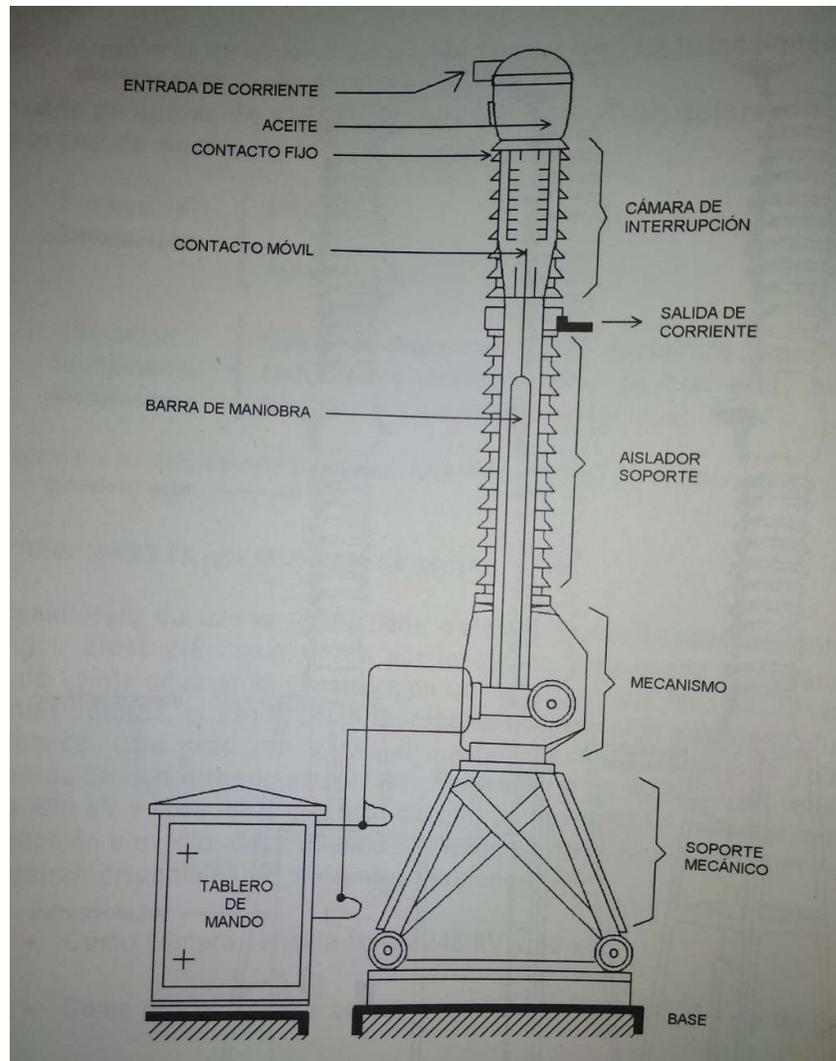


FIGURA 2.7 PARTES INTERNAS DE INTERRUPTOR EN SF6  
FUENTE: (HARPER, 2008)

#### 2.1.4 Transformador de poder

El transformador es una máquina estática o fija que se encarga mediante inducción electromagnética de elevar o disminuir un nivel de tensión de energía eléctrica. En una subestación el transformador de Potencia será el encargado de realizar la labor fundamental de disminuir el nivel de tensión de 69000 V a 13800 V para poder distribuirlos dentro del anillo.



FIGURA 2.8 TRANSFORMADOR DE PODER  
FUENTE: (WEG, 2018)

Dependiendo del fabricante y de las necesidades los transformadores de poder tienen ciertas características. Las potencias comúnmente encontradas son de 5/6.25, 7.5/9.375, 15/18.75, 20/25, 25/31.25, 40/50 MVA, estos equipos son siempre de alta performance ya que a diferencia de un transformador de distribución es común que estos trabajen a mayor carga. El mantenimiento de estos es más bajo y una vida útil muy larga. (ABB, 2018)

#### Tipos de Sistemas de refrigeración en transformadores de poder

Existen diversos tipos de sistemas de refrigeración, siendo más común el de tipo ONAN, estas siglas representan en inglés Aceite Natural, Aire Natural es decir que su sistema de refrigeración es con aceite y ventilación natural, se encuentran transformadores con sistema de refrigeración tipo ONAN en equipos de hasta 50 MVA. (ABB, 2018)

Otros tipos de sistema de refrigeración son

**ONAF:** Oil Natural, Air Forced

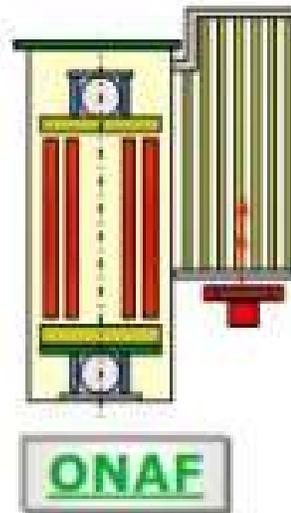


FIGURA 2.9 REFRIGERACION ONAF  
FUENTE: (ABB, 2018)

Refrigeración por aceite con circulación natural y con aire forzado

**OFAF:** Oil Forced, Air Forced

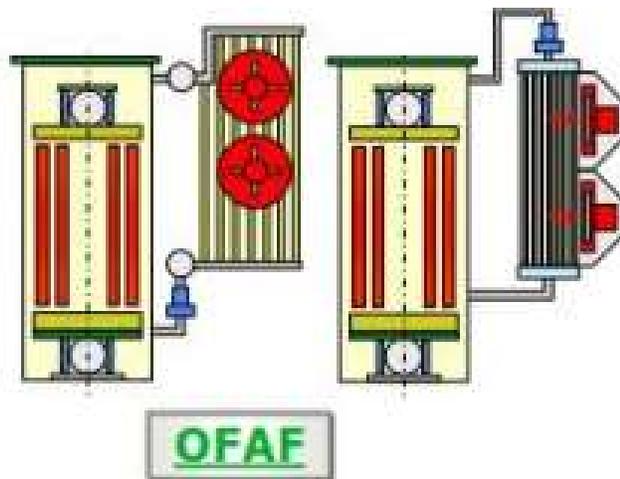


FIGURA 2.10 REFRIGERACION OFAF  
FUENTE: (ABB, 2018)

Refrigeración con circulación de aceite forzado y aire forzado

**ODAF:** Oil Direct, Air Forced

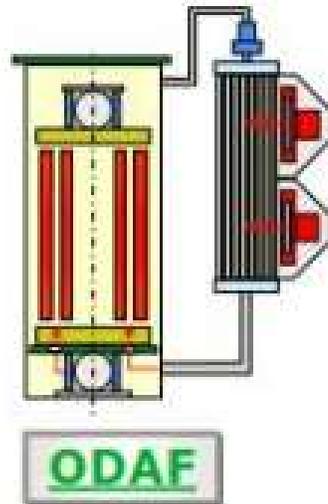


FIGURA 2.11 REFRIGERACION ODAF

FUENTE: (ABB, 2018)

Refrigeración con circulación de aceite forzado a los lugares con la temperatura más elevada y circulación de aire forzado

**OFWF:** Oil Forced, Water Forced

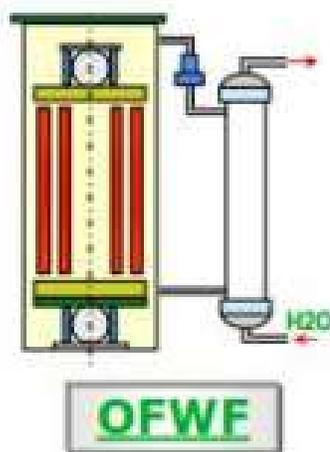


FIGURA 2.12 REFRIGERACION OFWF

FUENTE: (ABB, 2018)

Refrigeración con aceite de circulación forzado y agua forzada

### 2.1.5 Descargadores a 12 KV

Los descargadores tienen la función de proteger a todos nuestros equipos de niveles altos de tensión, los niveles o sobretensiones pueden tener dos orígenes o causas. Pueden ser originadas por alguna falla en el sistema o puede ser de origen atmosférico.

Las subestaciones de este tipo suelen estar instaladas en el exterior con exposición al medio, por lo que es común que las fallas más comunes que se presenten sean de origen atmosférico es por esto que los descargadores o pararrayos cumplirán la función de proteger a la instalación contra este tipo de descargas.



FIGURA 2.13 DESCARGADORES A 10 KV  
FUENTE : EL AUTOR

Existen diversos tipos de apartarrayos siendo los más comunes los del tipo de resistencia variable y los de tipo autovalvular. Los dos se basan en el mismo tipo de funcionamiento con explosores conectados a tierra.

En el caso de los pararrayos de resistencia variable su funcionamiento es con solo dos explosores utilizados generalmente en niveles medianos de tensión.

Los pararrayos de tipo autovalvular funcionan más explosores conectados en serie lo que lo hace mucho más sensible aumentando su nivel de precisión, esos se utilizan generalmente en tensiones más altas por su característica de precisión.

## **2.1.6 Transformadores de Medición y Protección**

Estos transformadores se los conoce como transformadores para instrumento ya que se utilizan para la alimentación de los diversos equipos de una subestación como lo son:

- Control
- Medición
- Protección

Los transformadores de instrumento son de dos tipos, los TP y TC.

### **2.1.6.1 Transformadores de Corriente**

Los transformadores de corriente o TC's son utilizados para variar el valor de la corriente a otro proporcional al de la fuente y así poder alimentar los instrumentos de control, medición y protección.



FIGURA 2.14 TRANSFORMADORES DE CORRIENTE  
FUENTE: EL AUTOR

Los transformadores de corriente tienen la misma estructura que un transformador común, un devanado primario y un secundario. La capacidad de estos se da en base a los instrumentos que alimentara, los más comunes son los de 15, 30, 50, 60 y 70 VA. (Harper, 2008)

Los transformadores de corriente son de menor tamaño comparándolos con un transformador de distribución, pero su aislamiento no deja de ser de

una calidad alta, por lo general se utilizan materiales sintéticos y aceites. Algunos de estos transformadores carecerán del devanado primario debido a que su nivel de corriente es muy bajo.



FIGURA 2.15 TRANSFORMADOR DE CORRIENTE DE TIPO DONA  
FUENTE: (ELECTRONICAEMBAJADORES, 2018)

Los transformadores de corriente tienen diversos tipos de relaciones teniendo en común la del secundario, entregando siempre 5 amperios.

### 2.1.6.2 Transformadores de Potencial

Los transformadores de potencial o TP's son utilizados para variar el valor de la tensión a otro proporcional al de la fuente y así poder alimentar los instrumentos de control, medición y protección que necesiten una señal de tensión.

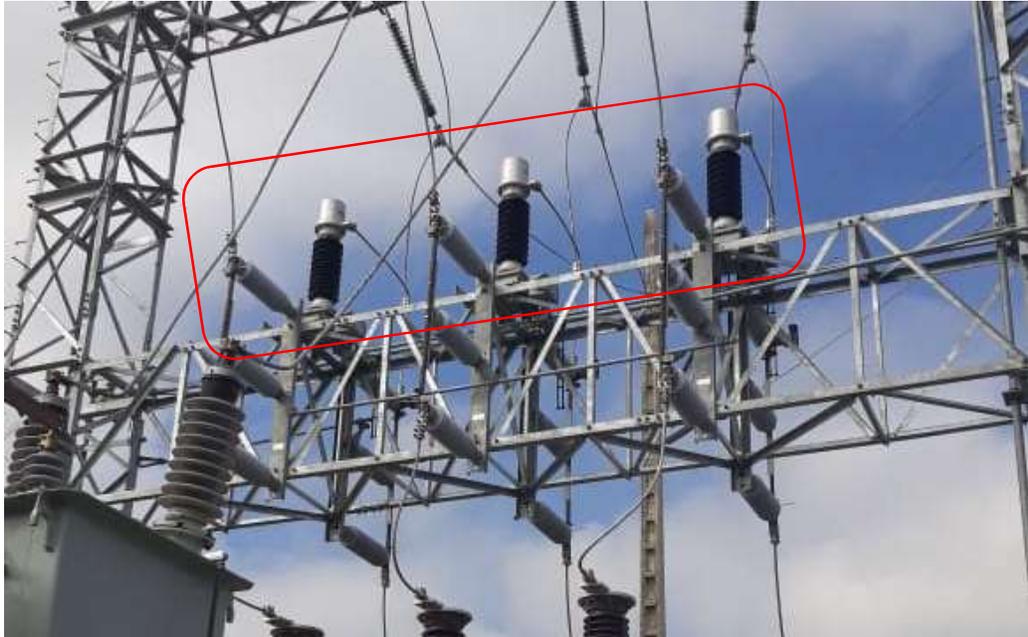


FIGURA 2.16 TRANSFORMADORES DE POTENCIAL  
FUENTE: EL AUTOR

Estos transformadores tienen una construcción similar a un transformador común con dos devanados, primario y secundario. La capacidad de estos TP's son de niveles bajos variando entre los 15 y 60 VA. Estos valores son dados dependiendo de los instrumentos que van a ser alimentados. Los materiales aislantes utilizados al momento de la construcción de estos transformadores son del mismo tipo que los utilizados en los TC's. (Harper, 2008)

Al igual que los transformadores de corriente, sus valores de relación de transformación son variados, pero usualmente se encuentra un valor de 115 V en el devanado secundario del transformador de potencial. (Harper, 2008)

## 2.2 Tableros de control y protección

Dependiendo de los requerimientos del usuario y de la entidad reguladora los tableros de control y protección tendrán dentro de ellos diversos equipos. Por lo general dentro de estos tableros se encuentran los siguientes equipos



FIGURA 2.17 TABLEROS DE CUARTO DE CONTROL  
FUENTE: EL AUTOR

### 2.2.1.1 Relé de protección diferencial



FIGURA 2.18 RELE DE PROTECCIÓN DIFERENCIAL

FUENTE: (LABORATORIES, 2018)

Este es un relé de protección diferencial (87), su función es de supervisar de manera continua al transformador de poder y sus parámetros para su protección, al estar siempre en funcionamiento este relé puede almacenar todos los registros dentro y fuera de rango que ha tenido y realizar cálculos por medio del software integrado para facilitar los mantenimientos y otorgando seguridad y un tiempo de vida útil más prolongado sin interrupciones no programadas, generalmente se utiliza un SEL 487 como el observado en la figura.

### 2.2.1.2 Relé de protección de sobre corriente



FIGURA 2.19 RELE DE PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE  
FUENTE: (LABORATORIES, 2018)

Este relé protegerá de sobre corriente de fase (50 y 51) y de sobre corrientes de neutro (50N Y 51N), generalmente se utiliza un SEL 551

### 2.2.1.3 Relé de bloqueo

Este es un relé actuador de disparo y bloqueo (86). La función de este es bloquear como su nombre lo dice cualquier maniobra para volver a energizar el sistema después de haber realizado el bloqueo sin antes realizar un reset a este habiendo despejado la falla que ocasiono el disparo.

### 2.2.1.4 Anunciador de Alarmas

Se utiliza generalmente un anunciador SEL 2523

### 2.2.1.5 Interruptores de Apertura y Cerrado

Estos interruptores controlaran los disyuntores

### 2.2.1.6 Luces indicadoras de estado

Se colocan en el exterior de los tableros de control. Generalmente incluidas en las botoneras para facilitar la visualización del estado de estas.

### 2.2.1.7 Botonera

Se instalan botoneras en el tablero de control, se puede realizar paradas de emergencia si la situación lo amerite.

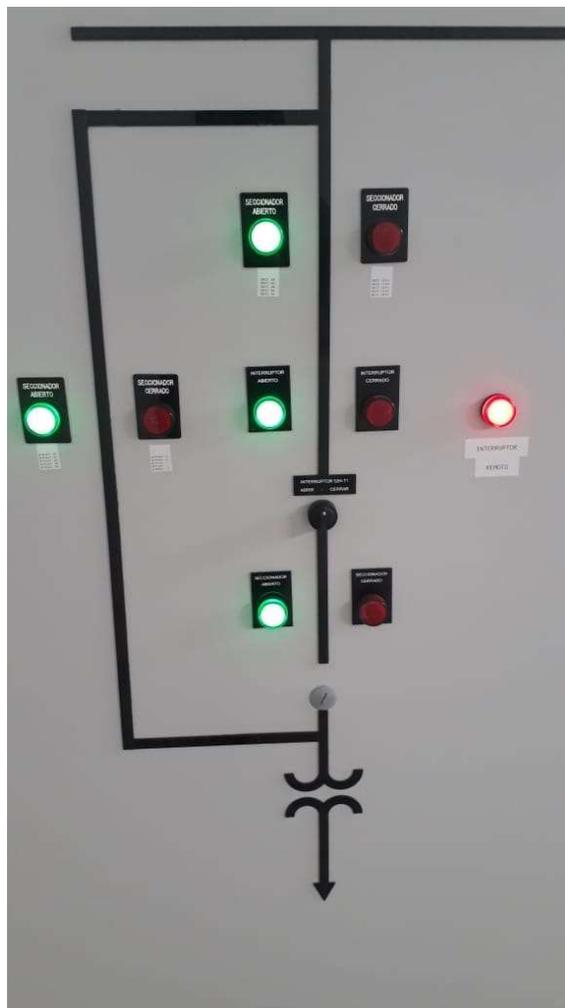


FIGURA 2.20 BOTONERA  
FUENTE: EL AUTOR

### 2.3 Celdas de Media Tensión

Dentro de la subestación habrá celdas de media tensión para recibir la alimentación del transformador de poder e interconectar los centros de carga a esta celda.



FIGURA 2.21 CELDAS DE MEDIA TENSION

FUENTE: EL AUTOR

También existirán celdas de medición que serán las que alojarán a los medidores y entradas de los TC's y TP's.

La celda principal con interruptor se acopla a la celda de remonte con el fin de proteger al sistema de 13.8 KV, en esta celda el interruptor debe de poder ser extraído cuando esto se requiera.

### 2.4 Tableros de Medición

En el cuarto de control deben ser instalados tableros para la medición a 13.8 KV y 69 KV. Los parámetros deben ser analizados de manera continua

a la salida de la subestación y a la llegada de la línea de alimentación de esta, comparándolos de manera precisa para poder captar oscilaciones ayudando al mismo tiempo para diagnosticar cualquier falla o problema dentro de la subestación o fuera de ella. También ayudara para poder controlar las cargas y poder realizar verificaciones internas de consumo, medición y factor de potencia.



FIGURA 2.22 MEDIDOR ION 7550  
FUENTE: (ELECTRIC, 2018)

## 2.5 Conductores

Estos tendrán la función de transmitir la energía eléctrica de un punto a otro, la transferencia de energía debe ser de manera eficiente con la menor cantidad de pérdidas posibles de acuerdo a las normas para los conductores seleccionados.

Los materiales más utilizados en el sector eléctrico para fabricar conductores son:

- Cobre, Cu
- Aluminio, Al

A partir de estos se realizan aleaciones dependiendo del uso y calidad que se requieran, con el fin de tener las mejores características de ambos conductores dejando de un lado sus desventajas.

TABLA 2.2 MATERIALES Y SUS CARACTERISTICAS DE ALEACION

Elemento de Aleación	Efecto
Hierro	- Aumenta la resistencia mecánica
Aluminio	- Aumenta la resistencia mecánica
	- Aumenta la resistencia a la corrosión
	- Aumenta la resistencia al desgaste
	- Aumenta la dureza
	- Disminuye la ductilidad
Manganeso	- Aumenta la resistencia a la tracción
	- Aumenta la dureza
	- Inhibe el crecimiento de grano
	- Aumenta la cantidad de hierro que se puede disolver
	- Disminuye la ductilidad
Cromo	- Aumenta las propiedades mecánicas
Telurio	- Aumenta las propiedades mecánicas
Berilio	- Aumenta la dureza
Fósforo	- Aumenta la resistencia a la tracción
	- Aumenta el límite de fatiga
	- Disminuye la conductividad

FUENTE: (INGEMECANICA, 2018)

El cobre y el aluminio cumplen la misma función, transmitir energía de un punto a otro, pero al tener propiedades diferentes se puede entender gracias a la siguiente tabla que lo hacen con diferentes magnitudes. Es por esto que cada uno de ellos se utiliza en diferentes aplicaciones, las cuales explican después de revisar la siguiente tabla.

TABLA 2.3 CARACTERÍSTICAS DEL COBRE Y ALUMINIO

Características	Cobre	Aluminio
Resistencia eléctrica	1	1.56
Resistencia mecánica	1	0.45
Para igual volumen : Relación de pesos.	1	0.30
Para igual conductancia : Relación de áreas.	1	1.64
: Relación de diámetros.	1	1.27
: Relación de pesos.	1	0.49
Para igual diámetro : Relación de resistencias.	1	1.61
: Capacidad de corriente.	1	0.78

FUENTE:(ELECTRICIDAD, 2018)

En esta tabla todas las características del cobre están representadas con la unidad y las del aluminio en relación a las propiedades del cobre para facilitar la comparación. Se puede entender que el aluminio tiene mayor resistencia al flujo de electrones y que es menos resistente a los esfuerzos mecánicos, tomando en cuenta estas características se podría decir que el aluminio como conductor eléctrico no es una buena opción, pero al comparar la masa de este con la del cobre se puede encontrar una de las características más importantes después del costo de este material. El peso de este es muy inferior al del cobre, aunque el cobre tenga una conductividad superior a la del aluminio; para transmitir la misma cantidad de energía el cobre necesita el doble de la masa del aluminio, esto se resume en un costo mayor si se lo ve del punto de vista de distribución ya que se necesitaría mayor cantidad de estructuras, las estructuras más fuertes y el mismo conductor en sí ya que el cobre es aproximadamente tres veces mayor al aluminio. (SectorElectricidad, 2018) Debido a esto todas las redes aéreas que se ven son en base a aluminio y desnudas.

Las redes de media tensión que salen de la subestación suelen ser subterráneas como lo serán en este caso. Este tipo de red necesita tener una protección contra energizaciones en zonas no deseadas, es decir la red debe ser aislada. Estos aislamientos de los conductores se fabrican en base a:

- PVC, Cloruro de polivinilo
- PE, Polietileno
- Caucho

- Neopreno
- Nylon

(SectorElectricidad, 2018)

Como se aprecia en la tabla anterior el aluminio necesitara una menor masa para transmitir la misma cantidad de energía, lo cual sigue siendo una buena característica para este uso, el problema es que esta menor cantidad de peso se da con un volumen mucho mayor esto quiere decir que se necesitara una cantidad de material aislante mucho mayor, lo que se traduce a mayores costos y mayor espacio. Es por esto por lo que en las redes subterráneas se utiliza al cobre como medio conductor.

En la siguiente tabla se da el calibre de los conductores de acuerdo al material, temperatura y ampacidad.

TABLA 2.4 AMPACIDAD DE LOS CONDUCTORES

SIZE AWG OR kcmil	Copper Conductors						Aluminum Conductors						SIZE AWG OR kcmil		
	Temperature Rating of Conductor						Temperature Rating of Conductor								
	60°C		75°C		90°C		60°C		75°C		90°C				
	TYPES	TYPES	TYPES	TYPES	TYPES	TYPES	TYPES	TYPES	TYPES	TYPES	TYPES				
TW LF	RHW T1W T1WLN	T1HW X1HW USE	RHH XHHW-2 XHHW-2 XHH	T1HW T2HW-2 T1HW-2 T1HW	TW LF	RHW T1W T1WLN	T1HW X1HW USE	RHH XHHW-2 XHHW-2 XHH	T1HW T2HW-2 T1HW-2 T1HW	TW LF	RHW T1W T1WLN	T1HW X1HW USE	RHH XHHW-2 XHHW-2 XHH		
14**	20		20		25	-		-		-			-		-
12**	25		25		30	20		20		25			25		12**
10**	30		35		40	25		30		35			35		10**
8	40		50		55	30		40		45			45		8
6	55		65		75	40		50		60			60		6
4	70		85*		95*	55		65		75			75		4
3	85		100*		110*	65		75		85			85		3
2	95		115*		130*	75		90*		100*			100*		2
1	110		130*		150*	85		100*		115*			115*		1
1/0	125		150*		170*	100		120*		135*			135*		1/0
2/0	145		175*		195*	115		135*		150*			150*		2/0
3/0	165		200*		225*	130		155*		175*			175*		3/0
4/0	195		230*		260*	150		180*		205*			205*		4/0
250	215		255*		290*	170		205*		230*			230*		250
300	240		285		320	190		230*		255*			255*		300
350	260		310*		350*	210		250*		280*			280*		350
400	280		335*		380*	225		270		305			305		400
500	320		380		430	260		310*		350*			350*		500
600	355		420		475	285		340*		385*			385*		600
700	385		460		520	310		375		420			420		700
750	400		475		535	320		385		435			435		750
800	410		490		555	330		395		450			450		800
900	435		520		585	355		425		480			480		900
1000	455		545		615	375		445		500			500		1000
1250	495		590		665	405		485		545			545		1250
1500	520		625		705	435		520		585			585		1500
1750	545		650		735	455		545		615			615		1750
2000	560		665		750	470		560		630			630		2000

FUENTE: (MILLER, 2018)

## 2.6 Hilo de Guarda

El hilo de guarda es un conductor que se instala en los puntos más altos de las torres o estructuras de las redes y son aterrizadas en cada punto de ellas, este conductor no está energizado y al estar aterrizado en cada estructura se crea un equipotencial de tierra con una resistencia mínima.

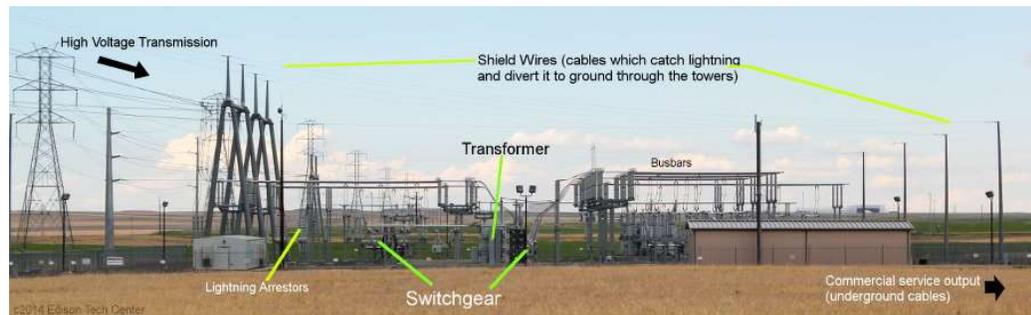


FIGURA 2.23 HILO DE GUARDA EN UNA SUBESTACIÓN  
FUENTE: (CENTER, 2018)

Estos conductores (shield wires) crean un apantallamiento sobre la subestación protegiéndola de cualquier descarga atmosférica y transmitiéndola a tierra por la estructura más cercana al punto de descarga.

## 2.7 Estructuras Metálicas

Las estructuras metálicas en una subestación son instaladas de acuerdo a las características de los equipos que serán instalados en ellas, en base a estos equipos se determinara la magnitud de todas las fuerzas externas que actúan sobre la estructura (CELEC, 2018) el peso de todos los elementos las tensiones de los cables y de las barras.

Se consideran las cargas:

- Carga muerta por equipos
- Carga por conductores
- Carga viva
- Carga producida por el viento
- Carga producida por sismos
- Carga dinámica

Las estructuras serán de acero estructural y deberán pasar por un proceso de galvanización muy riguroso ya que de ello depende su resistencia al medio. La galvanización a la que se someterán las estructuras deberá de ser de tipo caliente. Las estructuras no deben ser sometidas a ningún tipo de soldadura por lo que sus uniones deben ser por medio de tuercas pernos y arandelas.

### **2.7.1 Galvanizado**

La galvanización es un proceso electroquímico por medio del cual se recubre un metal con otro.

#### **2.7.1.1 Galvanización en caliente**

La galvanización en caliente es un tipo de galvanización en el cual la pieza a proteger es sumergida en un baño de Zinc a 450°C (Caliente, 2018)



**FIGURA 2.24 GALVANIZACIÓN EN CALIENTE**  
FUENTE: (CALIENTE, 2018)

Este proceso tiene algunas ventajas:

- Vita útil prolongada
  - La galvanización prolonga el tiempo de vida útil del elemento al mantenerlo aislado del medio. Se calcula que en ambientes agresivos puede durar por más de 20 años (Caliente, 2018)
- Protección Doble
  - Barrera:
    - La aleación formada por el acero y el Zinc crea una capa que protege al metal contra la acción corrosiva del medio (Caliente, 2018)
  - Catódica:
    - El recubrimiento de Zinc se convierte en un ánodo de sacrificio
- Tenacidad
  - Debido a la aleación creada, esta crea capas de aleación que le otorgan mayor tenacidad al elemento dándole además de darle mayor protección contra golpes y abolladuras.

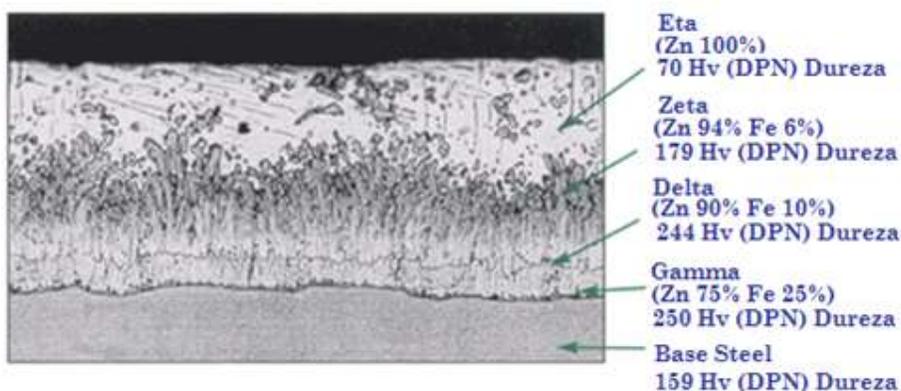


FIGURA 2.25 CAPAS CREADAS POR LA GALVANIZACIÓN  
FUENTE: (CALIENTE, 2018)

- Mantenimiento nulo
  - La calidad de este tipo de galvanizado garantiza un mantenimiento innecesario a los elementos
- Confiabilidad
  - El galvanizado en caliente esta normado por la ASTM como un proceso de protección del acero.

### 2.7.1.2 Proceso de Galvanización en Caliente

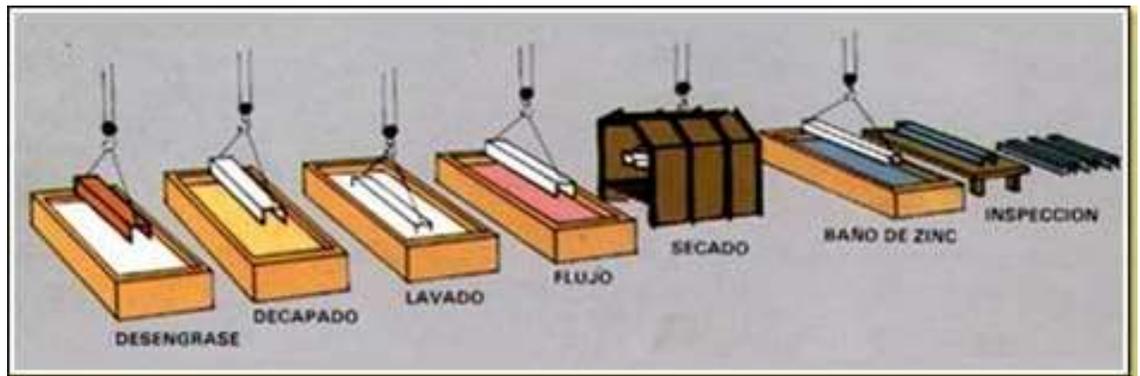


FIGURA 2.26 PROCESO DE GALVANIZACIÓN EN CALIENTE

FUENTE: (LATIZA, 2018)

El proceso de galvanización en caliente consta de los siguientes pasos:

- Desengrasado
- Decapado
- Enjuagado
- Baño Fundente
- Secado
- Baño de Zinc
- Enfriamiento
- Inspección

#### **Desengrasado:**

En esta etapa se sumerge al elemento en una solución acida en la cual todas las impurezas orgánicas se eliminan de la superficie metálica.

#### **Decapado:**

En esta etapa se sumerge al elemento en una solución de ácido más concentrada, se utiliza ácido clorhídrico diluido, aquí todas las impurezas inorgánicas son eliminadas de la superficie metálica.

#### **Enjuagado:**

En esta etapa se sumerge al elemento en agua para limpiar cualquier residuo que se haya quedado en la superficie del elemento después de los anteriores procesos.

**Baño fundente:**

En esta etapa se sumerge al elemento en un compuesto químico, fundente, formado por cloruro de zinc y amonio (LATIZA, 2018) por el cual se remueve y se previene cualquier vestigio de óxido sobre el elemento.

**Secado:**

En esta etapa el elemento es preparado antes de sumergirse en el baño de zinc, se debe esperar a que el elemento seque los restos de fundente que tenga en la superficie.

**Baño de Zinc:**

En esta etapa el elemento es sumergido en Zinc fundido a 450°C con una pureza de 99.9% (LATIZA, 2018)

**Enfriamiento:**

En esta etapa el elemento es sumergido en agua después del baño de Zinc para disminuir su temperatura y facilitar su manipulación.

**Inspección:**

En esta etapa el elemento es inspeccionado de manera visual, se verifica el acabado del galvanizado, este debe recubrir completa y uniformemente todo el material, si esto no es así el elemento debe someterse otra vez al proceso de galvanizado.

## 2.8 Servicios auxiliares DC

Los servicios auxiliares de corriente continua son de gran importancia ya que estos alimentan a equipos imprescindibles para un correcto funcionamiento de la subestación.

El sistema de servicios auxiliares en una subestación deberá alimentar a los equipos de control, protección, medición y scada.

El sistema de corriente continua puede ser de diferentes configuraciones, manteniendo siempre a estos elementos:

- Cargadores de baterías
- Baterías

A continuación, se mostrará un cuadro comparativo de las configuraciones que se pueden utilizar en los sistemas DC.

TABLA 2.5 CONFIGURACION DE SERVICIOS AUXILIARES

TIPO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Una batería 100% Un Cargador 100%	✓ Costo Bajo	✓ Pérdida total de la fuente DC en caso de daño. ✓ Ante un mantenimiento es necesario aislar la combinación Cargador/Baterías.
Dos baterías 50% Dos Cargadores 100%	✓ Costo medio. ✓ Ante la pérdida de un cargador, la fuente DC no es interrumpida. ✓ Cada banco de batería puede ser aislado sin afectar la salida de voltaje DC.	✓ 50% de pérdida de la capacidad ante una pérdida de un banco de batería durante una falla.
Dos baterías 100% Dos Cargadores 100%	✓ 100% de capacidad ante la salida de un banco de batería.	✓ Alto costo. ✓ Mayor espacio. ✓ Incremento en los costos de mantenimiento.

FUENTE: EL AUTOR



FIGURA 2.27 TABLERO DE SERVICIOS AUXILIARES DC  
FUENTE: EL AUTOR



FIGURA 2.28 BANCO DE BATERIAS  
FUENTE: EL AUTOR

En la imagen se puede apreciar un banco de 10 baterías que suplen la carga demandada por los equipos de control, protección, medición y SCADA este banco es controlado por el tablero de servicios auxiliares mostrado en la imagen 2.27

## 2.9 Servicios auxiliares AC

Los servicios auxiliares de corriente alterna deben ser calculados independientemente en cada subestación, ya que estos alimentan una cantidad de equipos y elementos más grande, como lo son:

- Ventiladores del Transformador de Poder
- Calentadores de los equipos
- Iluminación de los paneles
- Iluminación de la Subestación
- Caseta o cuarto de control
  - Alimentación del sistema DC
    - Cargador de Baterías
  - Climatización
    - Ventiladores
    - Sistemas AC
  - Toma corrientes

## 2.10 Obras civiles y cuarto de control

Las obras civiles deberán ser realizadas por un ingeniero civil y deberán contener toda la parte estructural de la subestación, es conformada por:

- Cerramiento
- Estructura de Caseta o cuarto de control
- Base para los Equipos
- Cisterna

### 2.10.1 Cerramiento

El cerramiento estará ubicada en los perímetros de la subestación y deberá estar compuesta por:

- Plintos
- Columnas
- Riostras
- Vigas

En el caso de la entrada de la subestación habrán dos columnas que sostendrán las puertas de la entrada, la cual deberá tener una dimensión suficiente para la entrada de personal y equipo de mantenimiento.

### 2.10.2 Caseta o Cuarto de Control

El cuarto de control o caseta tendrá una estructura hecha con plintos, columnas, riostras y vigas de hormigón armado. Su cubierta deberá estar conformada por vigas y correas metálicas.

### 2.10.3 Bases de los Equipos

Las bases de todos los equipos serán de hormigón armado y cumpliendo con las normas del NEC. (Construcción), 2018)

- $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$
- $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$

### 2.10.4 Cisterna

La cisterna debe ser de hormigón armado con encofrados totales o parciales deberá tener un  $f'c$  mínimo de  $210 \text{ Kg/cm}^2$  (Construcción), 2018)

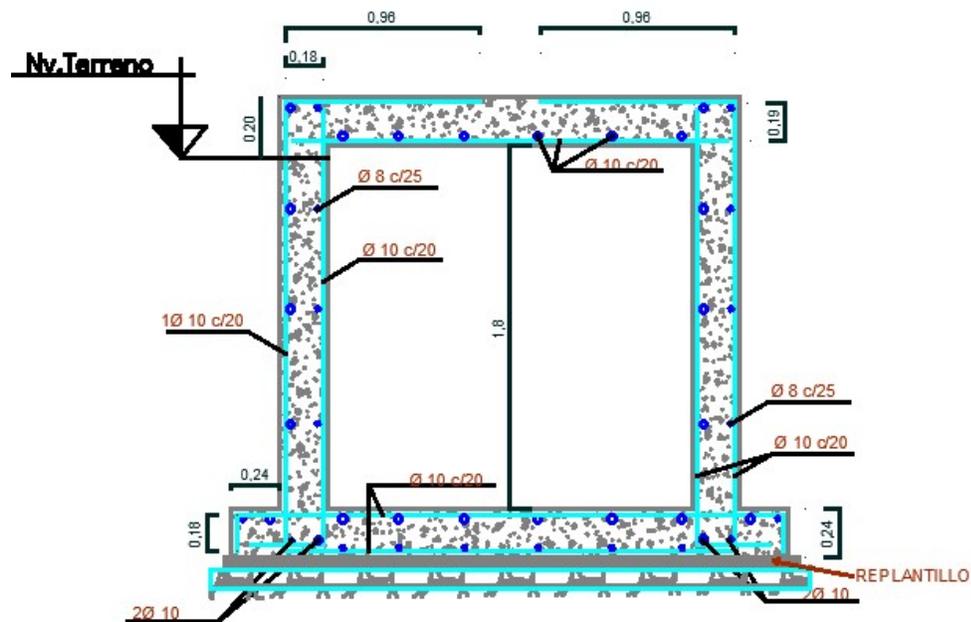


FIGURA 2.29 CISTERNA DE ACEITES  
FUENTE: EL AUTOR

## 2.11 Tubería

La tubería o ductería del diseño se basa en las normas NFPA – NEC del año 2017. Las tuberías dentro la subestación deben ser de tipo rígidas cuando se encuentren soterradas con hormigón y de policloruro de vinilo cuando estén soterradas. Las dimensiones de estas se hallan de acuerdo a la siguiente tabla.

TABLA 2.6 TABLA DE CONDUCTORES EN TUBERIAS

Trade Size in Inches		Wire Size (THWN, THHN) Conductor Size AWG/kcmil																				
		14	12	10	8	6	4	3	2	1	1/0	2/0	3/0	4/0	250	300	350	400	500	600	700	750
1/2	<a href="#">1/2 in EMT</a>	12	9	5	3	2	1	1	1	1	1											
	<a href="#">1/2 in IMC</a>	14	10	6	3	2	1	1	1	1	1	1										
	<a href="#">1/2 in GALV</a>	13	9	6	3	2	1	1	1	1	1											
3/4	<a href="#">3/4 in EMT</a>	22	16	10	6	4	2	1	1	1	1	1	1	1								
	<a href="#">3/4 in IMC</a>	24	17	11	6	4	3	2	1	1	1	1	1	1								
	<a href="#">3/4 in GALV</a>	22	16	10	6	4	2	1	1	1	1	1	1	1								
1	<a href="#">1 in EMT</a>	35	26	16	9	7	4	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1					
	<a href="#">1 in IMC</a>	39	29	18	10	7	4	4	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1				
	<a href="#">1 in GALV</a>	36	26	17	9	7	4	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
1 1/4	<a href="#">1 1/4 in EMT</a>	61	45	28	16	12	7	6	5	4	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	<a href="#">1 1/4 in IMC</a>	68	49	31	18	13	8	6	5	4	3	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	<a href="#">1 1/4 in GALV</a>	63	46	29	16	12	7	6	5	4	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1 1/2	<a href="#">1 1/2 in EMT</a>	84	61	38	22	16	10	8	7	5	4	3	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1
	<a href="#">1 1/2 in IMC</a>	91	67	42	24	17	11	9	7	5	4	4	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1
	<a href="#">1 1/2 in GALV</a>	85	62	39	22	16	10	8	7	5	4	3	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1
2	<a href="#">2 in EMT</a>	138	101	63	36	26	16	13	11	8	7	6	5	4	3	3	2	1	1	1	1	1
	<a href="#">2 in IMC</a>	149	109	69	39	28	17	15	12	9	8	6	5	4	3	3	2	2	1	1	1	1
	<a href="#">2 in GALV</a>	140	102	64	37	27	16	14	11	8	7	6	5	4	3	3	2	2	1	1	1	1
2 1/2	<a href="#">2 1/2 in EMT</a>	241	176	111	64	46	28	24	20	15	12	10	8	7	6	5	4	4	3	2	2	1
	<a href="#">2 1/2 in IMC</a>	211	154	97	56	40	25	21	17	13	11	9	7	6	5	4	4	3	3	2	1	1
	<a href="#">2 1/2 in GALV</a>	200	146	92	53	38	23	20	17	12	10	8	7	6	5	4	3	3	2	1	1	1
3	<a href="#">3 in EMT</a>	364	266	167	96	66	43	36	30	22	19	16	13	11	9	7	6	6	5	4	3	3
	<a href="#">3 in IMC</a>	326	238	150	86	62	38	32	27	20	17	14	12	9	8	7	6	5	4	3	3	3
	<a href="#">3 in GALV</a>	309	225	142	82	59	36	31	26	19	16	13	11	9	7	6	5	5	4	3	3	3
3 1/2	<a href="#">3 1/2 in EMT</a>	476	347	219	126	91	56	47	40	29	25	20	17	14	11	10	9	8	6	5	4	4
	<a href="#">3 1/2 in IMC</a>	436	318	200	115	83	51	43	36	27	23	19	16	13	10	9	8	7	6	5	4	4
	<a href="#">3 1/2 in GALV</a>	412	301	189	109	79	48	41	34	25	21	18	15	12	10	8	7	7	5	4	4	4
4	<a href="#">4 in EMT</a>	608	443	279	161	116	71	60	51	37	32	26	22	18	15	13	11	10	8	7	6	5
	<a href="#">4 in IMC</a>	562	410	258	149	107	66	56	47	35	29	24	20	17	13	12	10	9	7	6	5	5
	<a href="#">4 in GALV</a>	531	387	244	140	101	62	53	44	33	27	23	19	16	13	11	10	8	7	6	5	5

FUENTE: (ELLIOTELECTRIC, 2018)

## 2.12 Sistema de Puesta a Tierra

El sistema de puesta a tierra se diseña con la malla de tierra, para esto se utiliza la corriente de falla suministrada la cual se obtiene por el departamento de planificación y de las medidas que se han tomado en el terreno de resistividad. (CELEC, 2018)

El diseño de la malla de tierra tiene como fin proveer de seguridad al personal y los equipos que se encuentren dentro del área de la subestación, esto se logra con un diseño capaz de distribuir de manera eficiente las corrientes a tierra. (CELEC, 2018)

Los cálculos de este diseño deben ser en base a las normas requeridas por la Suministradora de Energía, CNEL EP:

- ANSI IEEE Std. 80 de 2000 “Guía para la seguridad o protección en aterramiento de Subestaciones de Corriente Alterna”
- ANSI IEEE Std. 142 de 1991 “Práctica recomendada para el aterramiento de sistemas industriales y comerciales de poder”

## 2.13 Sistema de Iluminación

Debido a sus características se utilizan lámparas de sodio de alta presión

- Alta eficiencia
- Bajo costos de mantenimiento
- Larga vida útil

## **CAPÍTULO 3**

### **NORMATIVAS DE CONSTRUCCION**

#### **3.1 Normas de protección contra descargas atmosféricas**

Las especificaciones de ingeniería y consideraciones de cálculo deberán de estar basadas en la siguiente norma internacional:

IEEE STD. 998 – 1996

(Guide for Direct Lightning Stroke Shielding of Substation, 'Guía para protección de subestaciones contra descargas atmosféricas').

#### **3.2 Normas para la Coordinación de protecciones**

Las especificaciones de ingeniería y consideraciones de cálculo deberán estar basadas en la siguiente norma internacional:

IEEE STD. 242 – 2001

(IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems, 'Práctica recomendada para la Protección y Coordinación de los Sistemas Eléctricos Industriales y Comerciales').

#### **3.3 Normas de Coordinación de Aislamiento**

La teoría y cálculos realizados en el presente documento deberán estar basados en las siguientes normas:

IEC 60071 1-2

(Insulation Coordination).

IEEE STD 1427-2006

(IEEE Guide for Recommended Electrical Clearances).

IEEE STD 1313.1-1996

(Standard for Insulation Coordination - Definitions, Principles, and Rules).

#### **3.4 Normas para la distancia de fuga**

La teoría y cálculos realizados en el presente documento deberán estar basados en la siguiente norma:

IEC 60071 1-2

(Insulation Coordination).

#### **3.5 Normas para la malla de Tierra**

La teoría y cálculos realizados en el presente documento deberán estar basados en las siguientes normas:

IEEE STD 80-2000.

Guide for Safety in A.C. Substations Grounding (Guía para Protección de Tierras en Subestaciones).

IEEE STD 142-1991.

Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems.

#### **3.6 Normas para la selección de transformadores**

Las normas a utilizarse para la selección de transformadores serán las siguientes:

IEC 60044-1.

Instrument Transformers Part-1 Current Transformers.

IEC 60044-2.

Instrument Transformers Part-2 Voltage Transformers.

IEEE Std C57.13-1993.

Standard Requirements for Instrument Transformers.

### **3.7 Normas para la selección de servicios auxiliares DC**

Los cálculos mostrados para los cálculos de los servicios auxiliares deberán estar basados en las siguientes normas:

IEEE 1013-2000

Recommended Practice for Sizing Lead-Acid Batteries for Photovoltaic (PV) Systems.

IEEE 1115-2000

Recommended practice for Sizing Nickel- Cadmium Batteries for stationary applications.

### **3.8 Normas para la seguridad y sistemas contra incendios**

La teoría y cálculos realizados en el presente documento deberán estar basados en las siguientes normas:

IEEE STD 979-1994

(Guide for Substation FIRE Protection).

IEEE STD 980-1994

(Guide for Containment and Control of Oil Spills in Substations).

## **PARTE II APORTACIONES**

### **CAPÍTULO 4**

#### **UBICACIÓN DEL PROYECTO**

##### **4.1 Introducción**

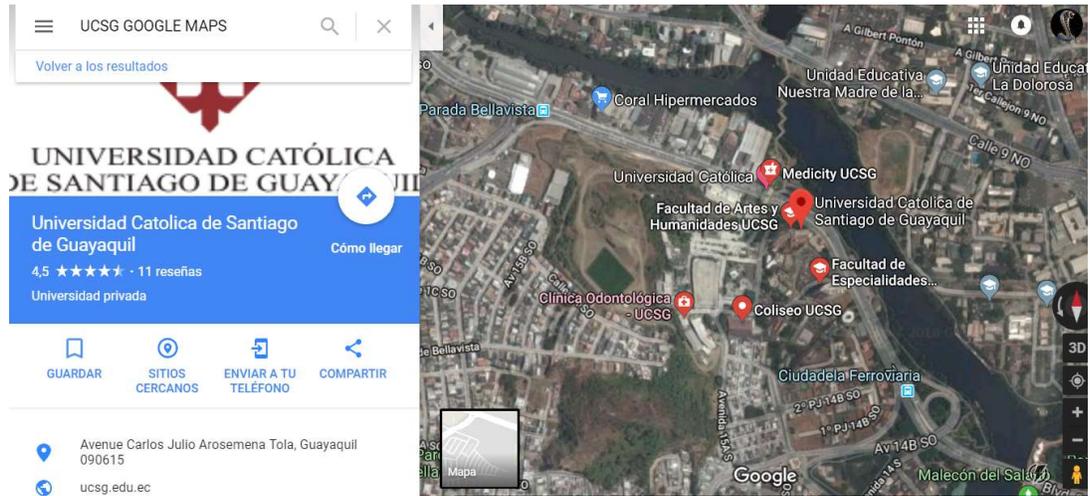
El proyecto subestación UCSG fue concebido como parte del plan de expansión de carga de esta prestigiosa Institución Educativa. La subestación se conectará a la línea de Subtransmisión “Norte” a 69 kV.

El diseño de esta subestación tomó como base el análisis de la proyección de carga en el futuro de la institución, además se buscó cumplir con el reglamento de la CNEL EP UN Guayaquil. Este último indica que para cargas eléctricas mayores a 1 MVA será necesario abastecer dicha carga por medio de una subestación eléctrica.

La capacidad máxima de la subestación será de 7.5 MVA, la cual le dará al proyecto una vida útil estimada de veinte años. Como beneficio adicional la conexión directa a la línea Norte, perteneciente a la CNEL EP UN Guayaquil, dará a la Universidad una mejora en cuanto a la calidad y confiabilidad de la energía eléctrica que reciben.

## 4.2 Ubicación

El proyecto subestación UCSG se localiza en la ciudad de Guayaquil, dentro de las instalaciones de la Universidad. Esta planta está ubicada en la avenida Carlos Julio Arosemena Tola Km 1.5, Guayaquil.



## CAPÍTULO 5

### CALCULOS Y DISEÑOS PARA LA S/E UCSG

#### 5.1 Sistema de Protección contra descargas atmosféricas

Siendo una construcción que va a operar a la intemperie, una subestación eléctrica requiere una adecuada protección atmosférica. Se puede obtener un modelo estadístico del cambio del clima a través del tiempo en una región específica, y los índices de descargas por unidad de superficie y unidad de tiempo. Con estas variables se puede determinar una relación probabilística entre una posible corriente de descarga, y la distancia apropiada a un sumidero lo suficientemente robusto para captarla y desviarla con seguridad.

Las relaciones mencionadas anteriormente, han definido un modelo matemático cuya eficiencia ha sido demostrada a través del tiempo, en muchas investigaciones. Estas permitirán calcular las distancias de seguridad y estructuras de protección en una subestación.

Si bien el clima no sigue modelos matemáticos de predicción sino aleatorios, los estudios basados en experiencia e implementación conducen a obtener índices de éxito que han dado resultados adecuados alrededor del mundo.

El estándar utilizado para calcular las protecciones referidas es la “Guía para la Protección contra Descargas Atmosféricas en Subestaciones” IEEE Std. 998-1996 (Guide for Direct Lightning Stroke Shielding of Substations).

##### 5.1.1 Diseño de protección

El presente diseño de protección contra descargas atmosféricas está basado en el Modelo Electro-Geométrico (EGM por sus siglas en inglés). Se diferencia de los modelos de diseño clásicos en que no utiliza ángulos fijos de protecciones ni curvas de distancias de protección empíricas. Entre las principales consideraciones del modelo están las siguientes:

- Las descargas se asumen perpendiculares en su punto de incidencia.

- Se obtienen distancias diversas de descarga para distintos niveles de voltaje, diferenciando mástiles, conductores de energía eléctrica y el suelo.
- Se puede asumir una corriente de descarga promedio de 24 KA.
- Este modelo no se restringe a una forma específica de la ecuación de distancia de descarga.

Se necesitan introducir algunas relaciones adicionales previas a la aplicación del Modelo Electro-Geométrico. Tales relaciones toman en cuenta los valores críticos de BIL (*Basic Lightning Impulse Level*) y CFO (*Negative Polarity Impulse Critical Flashover*). La ecuación que los agrupa es:

$$I_s = \frac{2,2(BIL)}{Z_s} \quad (1) \quad ; \quad \text{o también} \quad I_s = \frac{2,068(CFO)}{Z_s} \quad (2)$$

$I_s$  = corriente de descarga disponible en kA

BIL = Basic Lightning impulse level, en kV

$Z_s$  = impedancia transiente del conductor en ohmios

Esta relación para obtener  $I_s$  requiere un estudio detallado de los componentes de protección atmosférica para la obtención de la impedancia  $Z_s$ .

La evaluación práctica del Modelo Electro-Geométrico es concebida mediante el método de la Esfera Rodante. Este método permite realizar el estudio gráfico que revele los volúmenes protegidos cuando existan corrientes de descarga menores a  $I_s$ , iguales a  $I_s$  y mayores a  $I_s$ .

Como conclusión general, puede decirse que una protección basada en el valor de  $I_s$  será apropiada tanto para corrientes de descarga iguales o mayores a  $I_s$ . En cambio, cuando existan corrientes de descarga menores a  $I_s$  será necesario reconsiderar su selección, teniendo como referencia al mínimo valor de nivel de aislamiento de los equipos de la subestación. Esto

asegura que una descarga directa en el equipo cuyo valor sea menor que  $I_s$  no lo dañe.

El radio de la esfera utilizada en el método será igual a la distancia de descarga  $S$  dado por la siguiente relación:

$$S = 8kI_s^{0.65} \quad (3)$$

$S$  = distancia de descarga en metros.

$k$  = coeficiente que considera diferentes distancias de descarga.

$I_s$  = corriente de descarga en kA.

Además de las relaciones expuestas en (1) y (2) la magnitud de la corriente de descarga también puede obtenerse de la relación probabilística:

$$P(I) = \frac{1}{1 + \left(\frac{I}{24}\right)^{2.6}} \quad (4)$$

$P(I)$  = probabilidad de que un pico de corriente en cualquier descarga exceda la corriente  $I$ .

$I$  = es el pico de corriente específico (kA) de descarga.

Esta relación considera una corriente de descarga promedio de 24kA para descargas a tierra, según las mejores correlaciones obtenidas en observaciones en el campo. Una corriente de descarga que exceda 2 kA tiene una probabilidad de 99.8 % de caer en estructuras de protección de una subestación según la relación expuesta. Corrientes de descarga más altas tienen probabilidades más bajas de atacar una subestación. Un diseño no puede proteger al 100% contra cualquier magnitud de descarga, pero puede asegurar una protección confiable con una corriente promedio debidamente justificada.

Habiendo obtenido los radios de las esferas, el método hace recorrer la esfera (o las esferas) por encima de todas las estructuras de la subestación.

La condición ideal de protección encierra todos los equipos de potencia dentro del volumen creado por el recorrido de las esferas. Sin embargo, en la mayoría de los casos existen equipos que no están totalmente protegidos y se debe llegar a un consenso entre la disposición de los mismos y sus estructuras, de forma que el proyecto sea económicamente viable asegurando una adecuada protección. Generalmente los llamados ‘puntos débiles’ no están totalmente desprotegidos, ya que la probabilidad de incidencia en tales puntos es baja. Una protección del 95% es suficientemente adecuada en la práctica.

### 5.1.2 Datos de Calculo

#### 5.1.2.1 Nivel de Voltaje: 13.8 KV

TABLA 5.1 PROTECCION CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS A NIVEL DE 13.8 KV,  
DESCARGAS A CONDUCTORES Y EL SUELO

<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>VALOR</i>
<i>KV BIL</i> (menor valor de los equipos)	110 kV
<i>I<sub>s</sub></i> (corriente de descarga)	2 kA
<i>P(I)</i> (probabilidad)	99.8%
<i>S</i> (distancia de descarga) ( <i>k=1</i> )	12.55 m

FUENTE: EL AUTOR

TABLA 5.2 PROTECCION CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS A NIVEL DE 13.8 KV,  
DESCARGAS A MASTILES

<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>VALOR</i>
<i>KV BIL</i> (menor valor de los equipos)	110 kV
<i>I<sub>s</sub></i> (corriente de descarga)	2 kA
<i>P(I)</i> (probabilidad)	99.8%
<i>S</i> (distancia de descarga) ( <i>k=1,2</i> )	15,06 m

FUENTE: EL AUTOR

#### 5.1.2.2 Nivel de Voltaje: 69 KV

TABLA 5.3 PROTECCION CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS A NIVEL DE 69 KV,  
DESCARGAS A CONDUCTORES Y EL SUELO

<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>VALOR</i>
<i>KV BIL</i> (menor valor de los equipos)	350 kV
<i>I<sub>s</sub></i> (corriente de descarga)	2 kA
<i>P(I)</i> (probabilidad)	99.8%
<i>S</i> (distancia de descarga) ( <i>k=1</i> )	12.55 m

FUENTE: EL AUTOR

TABLA 5.4 PROTECCION CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS A NIVEL DE 69 KV,  
DESCARGAS A MASTILES

<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>VALOR</i>
<i>KV BIL</i> (menor valor de los equipos)	350 kV
<i>I<sub>s</sub></i> (corriente de descarga)	2 kA
<i>P(I)</i> (probabilidad)	99.8%
<i>S</i> (distancia de descarga) ( <i>k=1,2</i> )	15.06 m

FUENTE: EL AUTOR

### 5.1.2.3 Resumen de distancias de descarga

TABLA 5.5 RESUMEN DE DISTANCIA DE DESCARGAS

<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>VALOR</i>
<i>Descarga a conductores (13,8kV)</i>	12.55 m
<i>Descarga a mástiles (13,8kV)</i>	15.06 m
<i>Descarga a conductores (69kV)</i>	12.55 m
<i>Descarga a mástiles (69kV)</i>	15.06 m

FUENTE: EL AUTOR

## 5.2 Coordinación de Protecciones

Su objetivo principal es el de establecer los ajustes de cada uno de los elementos de protección para que estos operen de forma adecuada y coordinada en el momento que sean requeridos. Para cumplir con este objetivo, los cálculos y los criterios utilizados fueron basados en normas internacionales, siendo principalmente utilizadas las normas de la IEEE y de la IEC.

El estándar utilizado para el cálculo y la coordinación de las protecciones referidas es la “Práctica recomendada para la Protección y Coordinación de los Sistemas Eléctricos Industriales y Comerciales” IEEE Std. 242-2001 (IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems).

### 5.2.1 Cálculos de las corrientes de Cortocircuito

El cálculo de estas corrientes se realizó a nivel de la barra de 13.8 KV, puesto que a nivel de 69 KV los datos fueron entregados por la CNEL EP UN Guayaquil.

Para la obtención de las diversas corrientes de cortocircuito, se utilizó el programa Power World en conjunto con los criterios que de manera estándar se aplican en este tipo de cálculos. Al programa se ingresaron los siguientes datos:

- Datos de la capacidad de cortocircuito del sistema. Es decir, la información que fue proporcionada por la Empresa Eléctrica local. En resumen, esta información corresponde a las corrientes y los MVA de cortocircuito del sistema equivalente (representación de todo el Sistema Nacional Interconectado por medio de una fuente y una impedancia), en el punto de interconexión de la planta con la empresa eléctrica.
- Impedancia del transformador. Este valor fue tomando de los valores de placa como base para un transformador de 7.5 MVA, su valor es de 8%. Los valores nominales tomados como base fueron: Potencia = 7.5

MVA, voltaje en alta = 69 KV, voltaje en baja = 13.8 KV. La conexión de los devanados es delta en alta tensión y estrella en baja tensión, con una diferencia de ángulo entre alta y baja de 30 grados (Dyn1). El transformador deberá ser de marca ABB o similar.

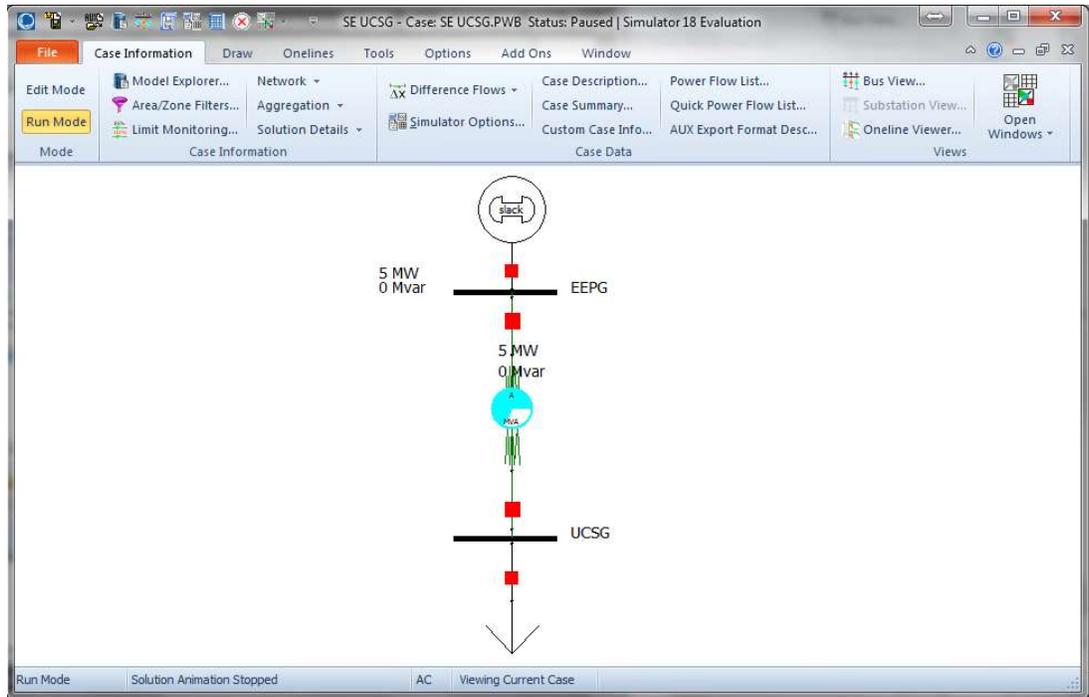


FIGURA 2.30 CÁLCULO DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO A NIVEL DE 13.8 KV  
FUENTE: EL AUTOR

### 5.2.1.1 Corrientes de corto circuito a nivel de 69 KV

Los datos de cortocircuito calculados a nivel de 69 KV, en el punto de interconexión con la Subestación UCSG son:

TABLA 5.6 CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO A NIVEL DE 69 KV

I FALLA	Icc a 69 KV en [A]	MVA Cortocircuito
TRIFÁSICA	6328	756
1 FASE	3664	483
L-L	5480	655
L-L-T	5539	861

FUENTE: EL AUTOR

Observando la tabla, se puede decir que la corriente de falla de mayor magnitud es la trifásica (6328 amperios), y la menor es la de una línea a tierra (3664 amperios). Estos valores deben ser evitados con la operación instantánea (50) de los equipos de protección correspondientes. Esta consideración se debe tener debido a que la permanencia por tiempos prolongados de estas corrientes, dañarían gravemente los elementos de red a nivel de 69 KV.

Estas corrientes no afectarán para nada a la red de baja tensión de las instalaciones de la UCSG (13.8 KV). Esto se debe a que las corrientes de falla siempre se dirigen desde las fuentes hacia el punto de falla. Estas a su vez retornan a la fuente por la tierra o el neutro del sistema.

#### 5.2.1.2 Corrientes de corto circuito a nivel de 13,8 KV

Las corrientes de cortocircuito a nivel de 13.8 KV, fueron calculadas mediante el programa PowerWorld. Los resultados fueron los siguientes:

TABLA 5.7 CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO A NIVEL DE 13.8 KV

Falla Ocurrida a 13.8 KV		
Corriente Observada [A]		
I FALLA	En baja	En alta
TRIFÁSICA	3492	698
1 FASE	3624	725
L-L	3024	605
L-L-T	3550	710

FUENTE: EL AUTOR

### **5.2.2 Descripción del sistema de protecciones de la subestación UCSG**

El sistema de protecciones que incluye la subestación UCSG es el siguiente:

1. Un relé GE Multilin D60, perteneciente a la CNEL EP UN Guayaquil, para protección del alimentador a nivel de 69 KV.
2. Un relé SEL/487E o similar, para protección del transformador de poder de la subestación.
3. Un relé 86, que controla la función 87 para protección del transformador.
4. Un relé SEL/551 o similar, para protección de las alimentadoras a nivel de 13.8 KV que suministran la energía a UCSG.
5. Un anunciador de alarmas SEL /2523 o similar, para el monitoreo y sistemas de alarmas de la subestación.

### **5.2.3 Coordinación de las Protecciones de la S/E UCSG**

La coordinación de protecciones tiene la finalidad proteger el sistema de manera eficaz evitando disparos no deseados de interruptores (o quema de fusibles) durante algún evento que suceda en la red. Entre las operaciones erróneas que puede ocasionar una mala coordinación, se tiene:

1. Operación de las protecciones en zonas no afectadas por una falla.
2. Operación de las protecciones durante la conexión de transformadores.
3. Operación de las protecciones durante arranques de motores.
4. Operación de las protecciones durante la inserción de banco de capacitores.
5. No operación de las protecciones de respaldo ante la falla de una protección principal.

Los puntos del 1 al 4 tienen como consecuencia la pérdida del servicio eléctrico de manera innecesaria. En cuanto al punto 5 podría ocasionar daños de algún equipo y/o elemento de la red. Todo esto se evitaría con una buena coordinación de las protecciones.

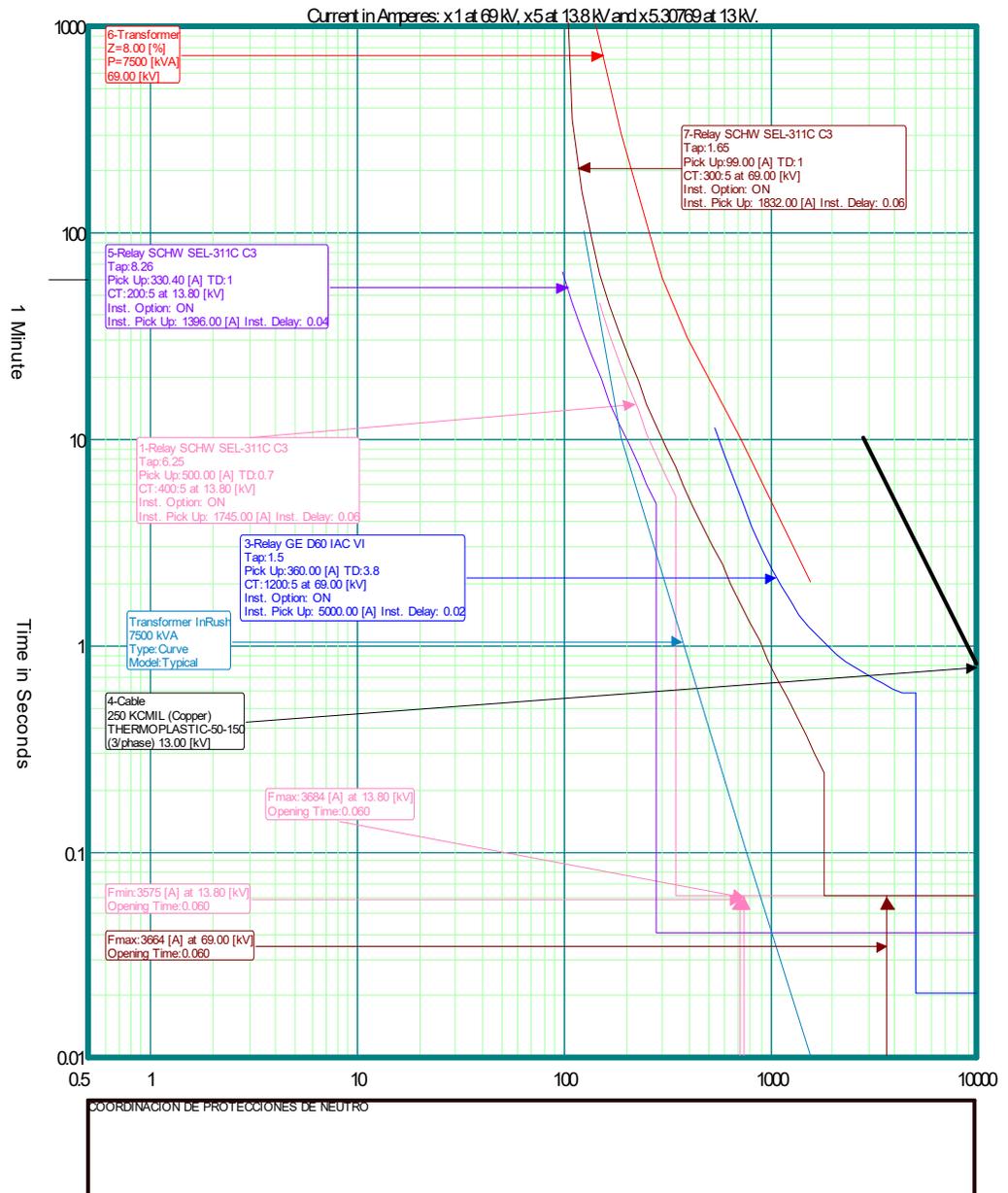
#### **5.2.4 Criterios usados para la coordinación de las protecciones**

Para el caso de la subestación UCSG, se consideraron los siguientes criterios durante su análisis:

1. La coordinación de las protecciones se las ha realizado con un retardo de tiempo entre relés de 0,2 segundos a 0,3 segundos, de esta manera se asegura que exista selectividad y velocidad en la coordinación.
2. El relé principal de la subestación (SEL 487E), servirá como una protección de respaldo a los relés del alimentador a 13.8 KV de la UCSG (SEL 551). Además, este relé actuará como protección primaria para fallas en la entrada al transformador de poder. Para fallas internas del transformador existe la protección diferencial suministrada por el mismo relé.
3. Las protecciones existentes en las instalaciones de la UCSG son coordinadas con el relé SEL 551 para que ofrezcan su protección como respaldo.
4. La sobrecarga permisible para el ajuste de los relés será del 20% de la carga nominal ya que con esto se aseguran operaciones no deseadas de los relés.
5. Las curvas de corriente de energización y de daño del transformador se muestran en el gráfico de la sección 6.2 en conjunto con las curvas de los relés de protección, así como las curvas de daño de los correspondientes conductores.

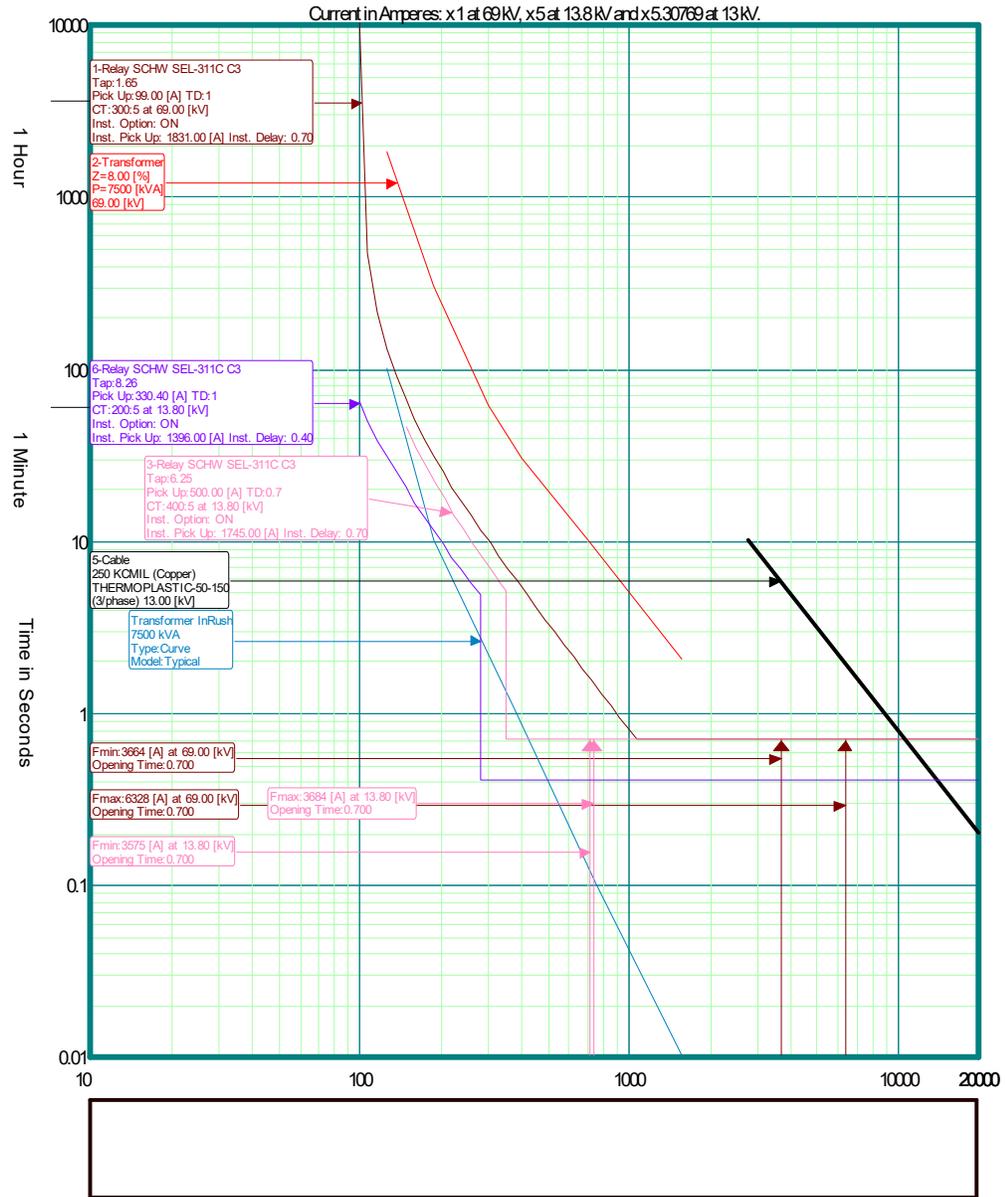
## 5.2.5 Grafica de la coordinación de protecciones

### 5.2.5.1 Coordinación de las protecciones de Neutro vistas a nivel de 69 KV



Study: C:\Users\rsandoval\Documents\Cachu\UCSG\UCSG\_Neutro.toc

### 5.2.5.2 Coordinación de las protecciones de Fase vistas a nivel de 69 KV



Study: C:\Users\insandoval\Documents\Cachu\UCSG\UCSG\_CoordProt.tcc

## 5.2.6 Resumen de ajustes

Los relés deberán ajustarse de la siguiente forma:

TABLA 5.8 AJUSTES DE FUNCION 51 Y 50 A NIVEL DE 69 KV Y 13.8 KV

Func 51 69 kV			Func 51 13,8 kV		
Curva	C3		Curva	C3	
I <sub>pn</sub>	300		I <sub>pn</sub>	400	
I <sub>sn</sub>	5		I <sub>sn</sub>	5	
Primary Pick Up	99,153633	A	Primary Pick Up	495,7682	
Tap L	1,6525606	As	Tap L	6,197102	
TD	1		TD	0,7	

Func 50 69 kV			Func 50 13,8 kV		
I <sub>falla menor</sub>	3663,7	A	I <sub>falla menor</sub>	3491,818	A
Instantaneous	1831,85	A	Instantaneous	1745,909	A
Tap I	30,530833		Tap I	21,82387	
Delay	0,6	s	Delay	0,6	s

FUENTE: EL AUTOR

### 5.3 Distancia de Fuga

TABLA 5.9 NIVELES DE CONTAMINACION Y DISTANCIAS DE FUGA

<i>Nivel de Contaminación</i>	<i>Ejemplos típicos de ambiente</i>	<i>Mínima distancia de fuga específica Nominal mm/kV (1)</i>
<i>Zona I Ligera</i>	<p><i>Zonas sin industrias y con baja densidad de viviendas equipadas con instalaciones de calefacción.</i></p> <p><i>Las áreas con baja densidad de industrias o casas, pero sometido a los vientos frecuentes y / o lluvias</i></p> <p><i>Zonas Agrícolas (2)</i></p> <p><i>Áreas Montañasas</i></p> <p><i>Todas estas áreas deberán estar situados al menos a 10 km a 20 km del mar y no debe ser expuesto a los vientos directamente del mar (3)</i></p>	16
<i>Zona II Media</i>	<p><i>Las zonas con industrias que no producen humo especialmente contaminante y / o con una densidad media de viviendas equipadas con instalaciones de calefacción.</i></p> <p><i>Las áreas con alta densidad de viviendas y / o industrias, pero sometidas a vientos y / o lluvias frecuentes.</i></p> <p><i>Zonas expuestas al viento del mar, pero no demasiado cerca de las costas ( al menos varios kilómetros de distancia) (3)</i></p>	20
<i>Zona III Pesada</i>	<p><i>Áreas con alta densidad de plantas que producen contaminación por calentamiento, Las áreas con alta densidad de industrias y suburbios de las grandes ciudades.</i></p> <p><i>Las áreas cercanas al mar o en cualquier caso expuestas a vientos relativamente fuertes desde el mar (3)</i></p>	25
<i>Zona IV Muy Pesada</i>	<p><i>Áreas en general de forma moderada, sometidas a polvos conductores y al humo industrial que produce depósitos conductores particularmente gruesos.</i></p> <p><i>Áreas generalmente de grado moderado, muy cerca de la costa y expuestos a la mar o vientos muy fuertes y contaminantes del mar.</i></p>	31

*Zonas desérticas, caracterizadas por no llover durante períodos prolongados, expuestos a fuertes vientos llevar a la arena y sal, y sometido a condensación regular.*

*NOTA - Esta tabla se debe aplicar sólo para aislamiento de vidrio o porcelana, y no cubre algunas situaciones ambientales tales como la nieve y el hielo en una fuerte contaminación, fuertes lluvias, las zonas áridas, etc.*

*1) Según la norma IEC 815, la distancia de fuga mínima de aisladores entre fase y tierra están asociados a la tensión más alta del sistema (fase a fase).*

*2) El uso de fertilizantes por aspersión, o la quema de residuos de los cultivos puede dar lugar a un nivel más alto debido a la contaminación dispersa por el viento.*

*3) Las distancias de la costa del mar depende de la topografía de la zona costera y en las condiciones de viento extremas.*

FUENTE: (IEC, 2018)

Determinar el máximo voltaje fase-fase del sistema.

$$U_{F-F} = U_{\max}$$

$$U_{F-F} = 72.5 \text{ KV}$$

Determinar la distancia de fuga requerida.

$$d_f = U_{F-F} * d_{\min}$$

$$d_f = 72.5 \text{ KV} * 31 \frac{\text{mm}}{\text{KV}}$$

$$d_f = 2247.5 \text{ mm}$$

**$U_m$  (KV)** .- Voltaje máximo para un equipo.

**$D_{\min}$  (kV/mm)** .- Mínima distancia de fuga específica Nominal mm/Kv.

**$d_f$  (mm)** .- Mínima distancia de fuga Nominal.

## **5.4 Malla de Tierra**

### **5.4.1 Mediciones de suelo**

La resistencia promedio obtenida sobre la base de cuatro mediciones realizadas en el área de la Subestación es de 10.75 Ohm.m, mismo que de acuerdo al método de cálculo de Wenner corresponde a una resistividad de 270.17 Ohm.m, valor bastante alto que está acorde con el tipo de suelo rocoso de la zona.

Por lo anterior y para mejorar las características conductivas del suelo se considera el uso de Gel conductor mejorador de tierra, produciéndose de acuerdo a la experiencia una mejora en resistividad hasta en un 75%, por cuestiones de seguridad se manejará un valor conservador de 50% que lleva a un nuevo valor de 135.09 Ohm.m.

### **5.4.2 Criterios de Diseño**

Para el diseño de la malla de tierra se se debe tomar a consideración lo siguiente:

#### **5.4.2.1 Resistencia máxima de puesta a tierra**

Los valores recomendados por el IEEE STD 142-2007 para subestaciones de este tipo son de 1 a 5 ohmios.

#### **5.4.2.2 Calibre del Conductor**

En cuanto a la selección del calibre del conductor se utilizará como mínimo 4/0 debido a razones mecánicas.

#### **5.4.2.3 Voltajes máximos permisibles**

Tensiones de toque, paso y Potencial máximo de malla. Estos valores se calcularán en base a la normativa IEEE STD 80-2000.

#### 5.4.2.4 Distancia entre varillas

La distancia entre varillas no será menor a 2.5 metros. Distancias menores a estas podrían provocar interferencia entre los gradientes de potencial reduciendo así la efectividad individual de las varillas.

#### 5.4.2.5 Tipo de conexión

La conexión deberá ser de tipo exotérmica.

#### 5.4.3 Cálculos

TABLA 5.10 CALCULO DE TENSIONES TOLERABLES

	FORMULAS	RESULTADO
Tensión de Paso Tolerable	$\frac{((1000 + 6 * C_s * \rho_s) * 0,116)}{\sqrt{T_c}}$	<b>2446.18 V</b>
Tensión de Toque Tolerable	$\frac{((1000 + 1,5 * C_s * \rho_s) * 0,116)}{\sqrt{T_c}}$	<b>739.58 V</b>
Cs	$1 - \frac{0,09 * \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s}\right)}{2 * h_s + 0,09}$	<b>0.7796</b>

FUENTE: EL AUTOR

Donde:

$C_s$ : Factor de Reducción del Terreno.

$\rho_s$ : Resistividad aparente de la capa superficial. (Ohmios – metros).

$\rho$ : Resistividad promedio del terreno. (Ohmios – metros).

$T_c$ : Tiempo máximo de despeje de falla.

$h_s$ : Espesor de la capa superficial.

TABLA 5.11 CALCULO DE TENSIONES DE PASO Y DE CONTACTO EN CASO DE FALLA

	FÓRMULAS	RES.
Tensión de Toque	$\frac{\rho * I_g * K_m * K_i}{L_c + \left[ 1,55 + 1,22 * \left( \frac{L_v}{\sqrt{L_1^2 + L_2^2}} \right) \right] * N * L_v}$	630.37 V
Tensión de Paso	$\frac{\rho * I_g * K_s * K_i}{0,75 * L_c + 0,85 * N * L_v}$	981.01 V
R <sub>G</sub>	$\rho * \left[ \frac{1}{L_T} + \frac{1}{\sqrt{20 * A}} * \left( 1 + \frac{1}{1 + h * \sqrt{20/A}} \right) \right]$	2.292 Ω
I <sub>G</sub>	$1,026 * I_o * S_f *$	3270 A
GPR	$I_G * R_G$	7495 V
n <sub>a</sub>	$\frac{2 * L_c}{L_p}$	11,92
n <sub>b</sub>	$\sqrt{\frac{L_p}{4 * \sqrt{A}}}$	1.002
n <sub>c</sub>	$\frac{(L_1 * L_2)}{A}$	1
K <sub>s</sub>	$\frac{1}{\pi} * \left[ \frac{1}{2 * h} + \frac{1}{D + h} + \frac{1}{D} * (1 - 0,5^{n-2}) \right]$	0.495

K <sub>m</sub>	$\frac{1}{2 * \pi} * \left[ \ln \left[ \frac{D^2}{16 * h * d} + \frac{(D + 2 * h)^2}{8 * D * d} - \frac{h}{4 * d} \right] + \frac{K_{ii}}{K_h} * \ln \left[ \frac{8}{\pi * (2 * n - 1)} \right] \right]$
K <sub>m</sub>	0.4384

FUENTE: EL AUTOR

*Donde:*

*A: Área de la puesta a Tierra.*

*RG: Resistencia de Puesta a Tierra calculada.*

*Tc: Tiempo máximo de despeje de falla.*

*I0: Máxima corriente de Falla a Tierra en el sistema.*

*IG: Corriente de diseño del espaciamiento.*

*n: Número efectivo de conductores paralelos de la cuadrícula.*

*Lc: Longitud del conductor horizontal.*

*Lp: Longitud del perímetro.*

*Km: Factor de Espaciamiento para tensión de malla.*

*Ki: Factor de Corrección por geometría de la malla.*

*Kii: Factor de corrección por ubicación de electrodos tipo varilla.*

*Kh: Factor de corrección por la profundidad de enterramiento de la malla.*

*Ks: Factor de espaciamiento para tensión de paso.*

*Sf: Factor divisor de corriente.*

TABLA 5.12 DATOS DEL TERRENO

CARACTERISTICA	UNIDADES	VALORES
Lado Mayor de la Malla	m	30
Lado Menor de la Malla	m	25,5
Resistividad de la 1ª Capa	$\Omega$ -m	No aplica
Resistividad de la 2ª Capa	$\Omega$ -m	No aplica
Espesor de la 1ª Capa	m	No aplica
Resistividad equivalente del terreno	$\Omega$ -m	135,09
Resistividad Capa Superficial $h_s$	$\Omega$ -m	3000
Espesor Capa Superficial $h_s$	m	0.15
Área de la Malla A	m <sup>2</sup>	765
Profundidad de la Malla h	m	0.6

FUENTE: EL AUTOR

TABLA 5.13 DATOS DE CONEXION DE MALLA

CARACTERISTICA	UNIDADES	VALORES
Tiempo de Despeje de la Falla $t_f$	Seg.	0,5
Temperatura Máxima de Operación	°C	450
Temperatura Ambiente	°C	40
Maxima Corriente de Falla a Tierra $I_f$	A	3663,7

FUENTE: EL AUTOR

TABLA 5.14 MALLA DE TIERRA

CARACTERISTICA	UNIDADES	VALORES
Espacio Entre Conductores Paralelos D	m	2.5
N° de Conductores Paralelos al Lado Mayor	-	11
N° de Conductores Paralelos al Lado Menor	-	13
Longitud Total del Conductor de la Malla $L_c$	m	661.5
Número de varillas		20
Detalle de la varilla		5/8"x8'

FUENTE: EL AUTOR

TABLA 5.15 RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA MALLA

CARACTERISTICA	UNIDADES	VALORES
Resistencia de Puesta a Tierra	$\Omega$	2.29
Tensión de Toque Tolerable	v	739.58
Tensión de Paso tolerable	v	2466.18
GPR (máximo potencial a tierra)	v	7495
Tensión de Toque calculado	v	630.37
Tensión de Paso calculado	v	981.01

FUENTE: EL AUTOR

## 5.5 Servicios Auxiliares DC

TABLA 5.16 CARGAS CONTINUAS DC

CARGA	Cantidad	Potencia W	Corriente A	Horas/Día	Amperios Horas
Luces Indicadoras	20	20	0.16	24	3.84
Foco para Iluminación	3	180	1.44	24	34.56
Anunciador de Alarma	3	60	0.48	24	11.52
Rele de Protección	3	75	0.6	24	14.4
Medidor 7650	2	105	0.84	24	20.16
Alarma	1	100	0.8	0	0
Sirena	1	100	0.8	0	0
<b>TOTAL</b>			<b>3.52</b>	<b>24</b>	<b>84.48</b>

FUENTE: EL AUTOR

TABLA 5.17 CARGAS MOMENTANEAS DC

CARGA	Cantidad	Potencia W	Corriente A	Horas/Día	Amperios Horas
Arranque del Motor Disyuntor 69 KV	1	2572	20.58	4.63E-05	0.000952
Carga del Resorte Disyuntor 69 KV	1	735	5.88	0.002777	0.016333
Bobina de Disparo del Disyuntor 69KV	1	500	4	4.63E-05	0.000185
Bobina de cierre	1	500	4	4.63E-05	0.000185

Disyuntor 69 KV					
Arranque del Motor Disyuntor Principal 13.8 KV	1	2100	16.8	4.63E-05	0.000777
Carga del Resorte Disyuntor Principal 13.8 KV	1	600	4.8	0.002777	0.01333
Bobina de Disparo Disyuntor Principal 13.8KV	1	500	4	4.63E-05	0.000185
Bobina de Disparo Disyuntor Principal 13.8KV	1	500	4	4.63E-05	0.000185
Arranque del Motor Disyuntor DeliSoda 13.8 KV	1	2100	16.8	4.63E-05	0.000777
Carga del Resorte Disyuntor DeliSoda 13.8 KV	1	600	4.8	0.002777	0.01333
Bobina de Disparo Disyuntor DeliSoda 13.8KV	1	500	4	4.63E-05	0.000185
Bobina de Disparo Disyuntor DeliSoda 13.8KV	1	500	4	4.63E-05	0.000185

Arranque del Motor Disyuntor Cristaltech 13.8 KV	1	2100	16.8	4.63E-05	0.000777
Carga del Resorte Disyuntor Cristaltech 13.8 KV	1	600	4.8	0.002777	0.01333
Bobina de Disparo Disyuntor Cristaltech 13.8KV	1	500	4	4.63E-05	0.000185
Bobina de Disparo Disyuntor Cristaltech 13.8KV	1	500	4	4.63E-05	0.000185
<b>TOTAL</b>			<b>123.26</b>	<b>0.0117</b>	<b>0.061087</b>

FUENTE: EL AUTOR

### 5.5.1 Selección del cargador de baterías

El cargador de baterías será monofásico con opción de funcionamiento a 120/208/220 VAC. Su salida será a 125 VDC y su capacidad de 25 amperios. Este deberá ser adecuado para el tipo Plomo-Ácido. Además, deberá tener opciones de salida de voltaje flotante, voltaje ecualizante y selección automática.

Para confirmar el valor de 25 A como corriente de carga, a continuación se calculará la capacidad de carga mínima del cargador de baterías. Para ello se utilizará la siguiente fórmula:

$$A = L + \frac{1.1 C}{H} \text{ (Amperios)}$$

Donde:

A =Capacidad de carga (amperios)

L =Carga continua (amperios)

C =Descarga (amperios-hora)

H =Tiempo de recarga (horas)

La carga continua de las baterías sería de 3.22 A, los AH serán de 100 y el tiempo de recarga se estimo en 8 horas. Por ello el cargador de batería debería tener una capacidad mínima de 16.97 A. Con ello se confirma que la capacidad de carga seleccionada para el cargador de baterías (25 A), es correcta. Este valor incluso cubre los amperios horas de reserva con los que se seleccionó el banco de baterías.

#### 5.5.1.1 Alarmas del cargador de baterías

TABLA 5.18 ALARMAS DEL CARGADOR DE BATERIAS

<b>ALARMAS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Falla de Fuente AC	Detección de pérdida de la fuente A.C
Operación de las Protecciones	Operación de la protección principal.
Falla Baterías	Voltaje por celda inferior al programado.
Falla Cargador	Falla en la calidad de la señal rectificada.
Voltaje DC	Detección de bajo y altos voltajes DC.
Sobretemperatura	Auto-apagado y auto restauración ante temperaturas criticas.
Sobrecarga	Presencia de altas corrientes en el equipo.
Polaridad Inversa	Detección de polaridad inversa en las baterías.

FUENTE: EL AUTOR

## **5.6 Cálculo de servicios auxiliares AC**

### **5.6.1 Introducción**

En el sistema auxiliar de corriente continua es posible normalizar algún esquema de alimentación, pero esto es prácticamente imposible en el sistema de servicios auxiliares de corriente alterna. Cada sistema es un caso particular, que debe ser cuidadosamente estudiado, con la meta de obtener la más alta confiabilidad justificable desde el punto de vista económico.

El sistema de servicio auxiliar será utilizado para la alimentación de las siguientes cargas:

- Casa de control:
  - ❖ Iluminación.
  - ❖ Ventilación.
  - ❖ Alimentación del cargador de baterías.
  - ❖ Toma corrientes generales.
- Ventiladores del Transformador de Poder.
- Calentadores de los equipos en general.
- Iluminación de los gabinetes de los equipos.
- Iluminación General de la Subestación.

### **5.6.2 Tabla de valores**

Se detallan los circuitos auxiliares AC para la subestación tanto los equipos de patio como los del cuarto de control y se detalla la fase en la cual deben estar conectados cada uno de los circuitos para el balance de carga.

### 5.6.2.1 Equipos de patio

TABLA 5.19 EQUIPOS DE PATIO

EQUIPOS DE PATIO	FASE	Potencia W	Factor de Coincidencia	Potencia Total
Calentadores e Iluminación Disyuntor 69 KV	A	90	1	90
Alimentación AC – Ventiladores- Transformador de Poder	AB	1450	1	1450
<b>TOTAL</b>		<b>1540</b>		<b>1540</b>

FUENTE: EL AUTOR

### 5.6.2.2 Cuarto de control

TABLA 5.20 CUARTO DE CONTROL

CASA DE CONTROL	FASE	Potencia W	Factor de Coincidencia	Potencia Total
Calentadores e Iluminación Tablero de Medición	A	90	1	90
Calentadores e Iluminación Tablero de Control	B	90	1	90
Iluminación Exterior	AB	1250	1	1250
Cargador de Baterías	AB	3500	1	3500
Central de A/A	AB	6000	1	6000
Iluminación Interior	A	500	1	500
Tomacorrientes	B	900	1	900
Luces de Emergencia	A	100	0	0
<b>TOTAL</b>		<b>12430</b>		<b>12330</b>

FUENTE: EL AUTOR

### **5.6.3 Selección del transformador**

El transformador a seleccionar es monofásico tipo padmounted autoenfriado, sumergido en aceite dieléctrico. Fabricado bajo la norma IEC-60076.

Voltaje 13,8 KV: 220/127 VAC. El transformador será del tipo radial.

El transformador deberá ser aterrizado sólidamente a la malla de puesta a tierra.

Su capacidad es 25 KVA. Se encontrará ubicado a una distancia cercana a la casa de control (ver planos de implantación).

Contará con un conmutador de tomas en vacío que permita variar la tensión +/- 5% sobre su voltaje nominal.

## **CAPÍTULO 6**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **6.1 CONCLUSIONES**

Se concluye que la subestación diseñada cumplirá con todas las normas requeridas de manera local e internacionalmente. Se garantiza de esta manera la entrega de energía de manera segura y constante para el usuario.

Los elementos caracterizados en el presente trabajo son utilizados en las subestaciones reductoras de 69 KV a 13.8 KV, son seleccionados por sus características de construcción y funcionamiento, beneficiando a la UCSG por su relación (B/C) cumpliendo siempre los requerimientos mínimos establecidos.

Las normas descritas son internacionales y locales, estas son requeridas por CNEL-EP para los materiales y elementos usados en subestaciones; de esta manera se certifica que estos son diseñados, construidos y ensamblados cumpliendo todas las normas que se soliciten para cada elemento que conforme parte del sistema.

El diseño y los cálculos en el presente trabajo garantizará que CNEL-EP no será afectado de ninguna manera por la construcción de esta subestación y la UCSG abastecerá toda su demanda de manera eficiente y constante con una flexibilidad aproximada de un 50% facilitando así la implementación de cargas en la red de la universidad.

## 6.2 RECOMENDACIONES

Para asegurar que el diseño y funcionamiento de la subestación sea cumplido se recomienda exigir a los proveedores las certificaciones de todos los materiales a utilizar en el proyecto.

Durante el desarrollo de la obra se recomienda fiscalización externa que este a tiempo completo en el proyecto. En la ejecución pueden haber cambios por parte del constructor que no estén definidos o contemplados en el diseño, el fiscalizador deberá preservar los fines del diseño aprobando estos cambios sugeridos por el constructor de manera que la UCSG no sea afectada.

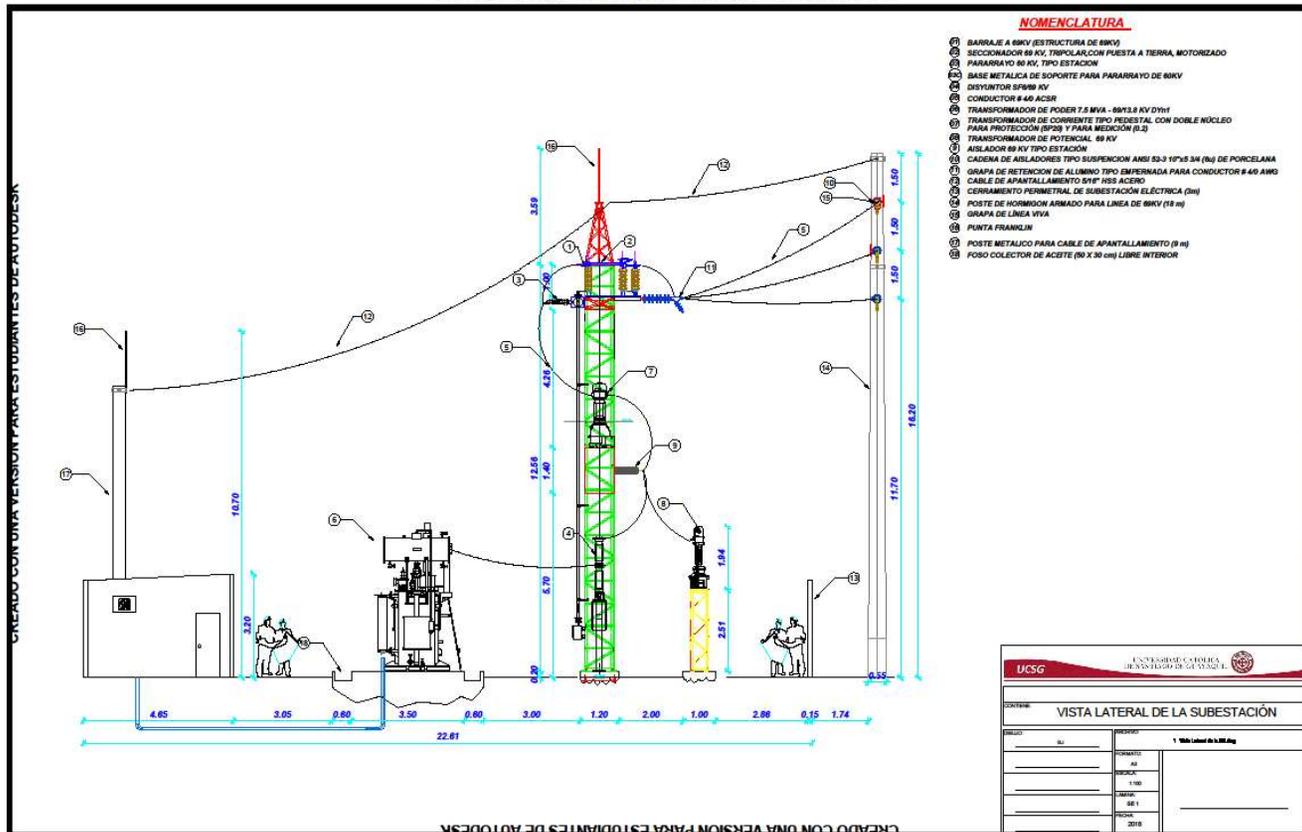
El personal encargado de la construcción del proyecto deberá ser calificado previamente, se sugiere exigir que este tenga experiencia en obras de este tipo o similares. Se sugiere que sea capacitado y supervisado de manera continua.

La construcción del proyecto puede presentar contratiempos, se recomienda realizar charlas periódicas a todo el personal que forme parte de la obra sobre seguridad y prevención de riesgos. Exigir siempre que dentro de la obra se utilice EPP.

## **ANEXOS**

- 7.1 VISTA LATERAL DE LA SUBESTACIÓN**
- 7.2 VISTA FRONTAL DE LA SUBESTACIÓN**
- 7.3 IMPLANTACION DE LA SUBESTACIÓN**
- 7.4 BASES DE LA SUBESTACIÓN**
- 7.5 ILUMINACION Y CIRCUITOS DE LA SUBESTACIÓN**
- 7.6 DUCTERIA DE LA SUBESTACIÓN**
- 7.7 CUARTO DE CONTROL DE LA SUBESTACIÓN**
- 7.8 DIAGRAMA UNIFILAR DE LA SUBESTACIÓN**
- 7.9 DIAGRAMA UNIFILAR DE SISTEMAS AUXILIARES**
- 7.10 DIAGRAMA UNIFILAR DE CELDAS DE MEDIA TENSIÓN**
- 7.11 MALLA DE TIERRA DE LA SUBESTACIÓN**
- 7.12 PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS**
- 7.13 DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL**
- 7.14 IMPLANTACIÓN GENERAL**

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



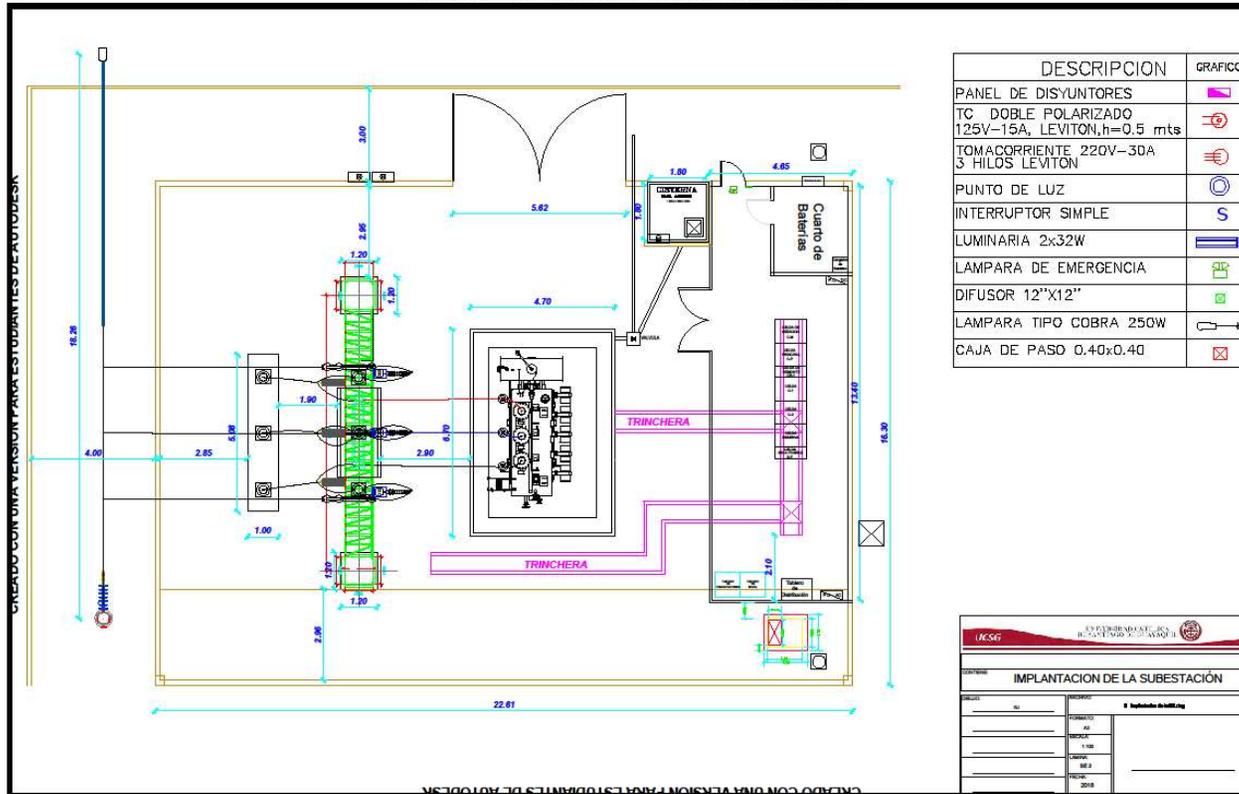
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

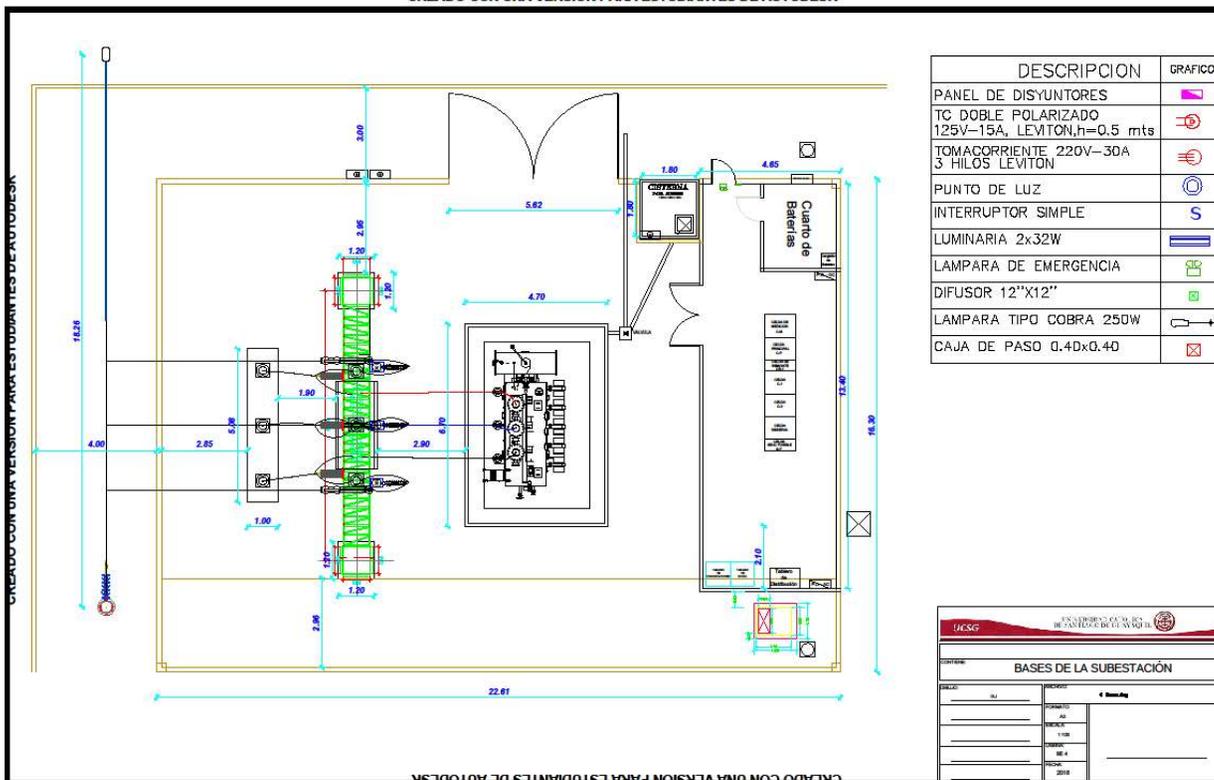


CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



DESCRIPCION	GRAFICO
PANEL DE DISYUNTORES	
TC DOBLE POLARIZADO 125V-15A, LEVITON,h=0,5 mts	
TOMACORRIENTE 220V-30A 3 HILOS LEVITON	
PUNTO DE LUZ	
INTERRUPTOR SIMPLE	
LUMINARIA 2x32W	
LAMPARA DE EMERGENCIA	
DIFUSOR 12"x12"	
LAMPARA TIPO COBRA 250W	
CAJA DE PASO 0.40x0.40	

UCSG

UNIVERSIDAD CATOLICA  
DE SANTO DOMINGO

TITULO: BASES DE LA SUBESTACION

PROFESOR:

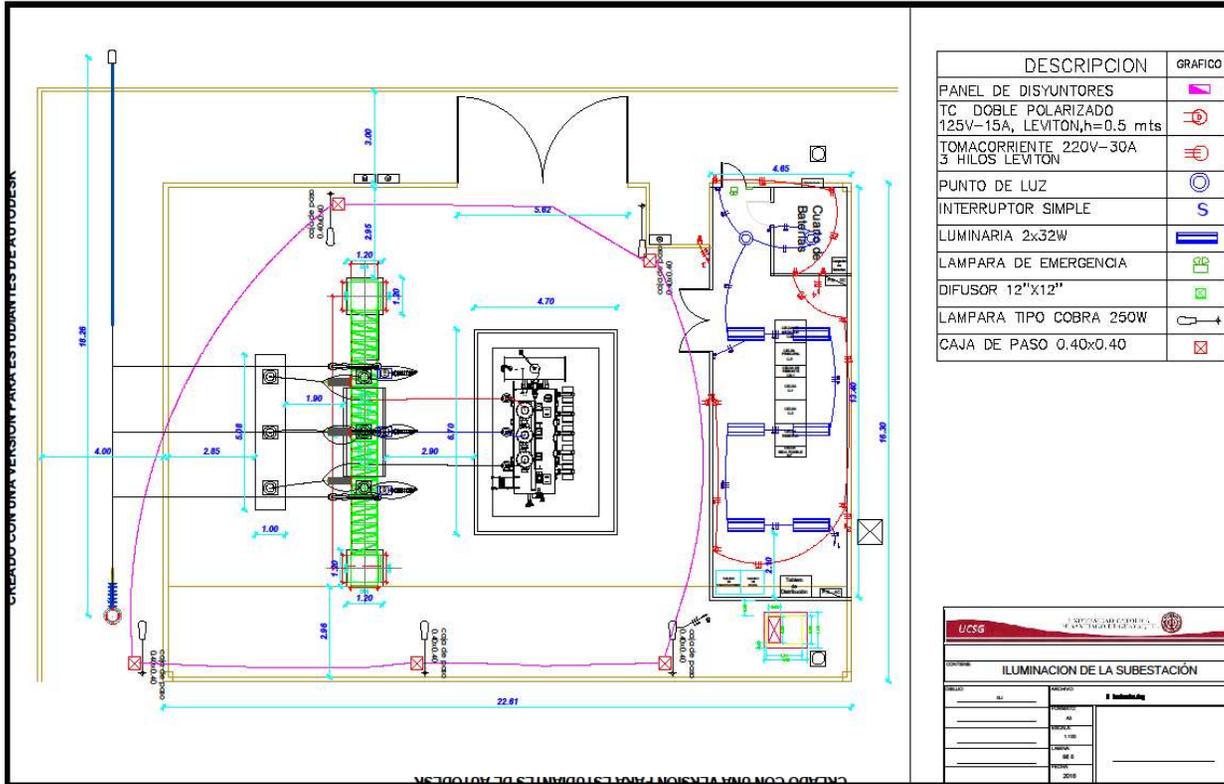
ALUMNO:

FECHA:

GRUPO:

2018

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



DESCRIPCION	GRAFICO
PANEL DE DISYUNTORES	
TC DOBLE POLARIZADO 125V-15A, LEVITON, h=0.5 mts	
TOMACORRIENTE 220V-30A 3 HILOS LEVITON	
PUNTO DE LUZ	
INTERRUPTOR SIMPLE	
LUMINARIA 2x32W	
LAMPARA DE EMERGENCIA	
DIFUSOR 12"x12"	
LAMPARA TIPO COBRA 250W	
CAJA DE PASO 0.40x0.40	

UCSS

UNIVERSIDAD CAYMAHUASI  
CAYMAHUASI

PROYECTO: ILUMINACION DE LA SUBESTACION

FECHA: \_\_\_\_\_

ELABORADO POR: \_\_\_\_\_

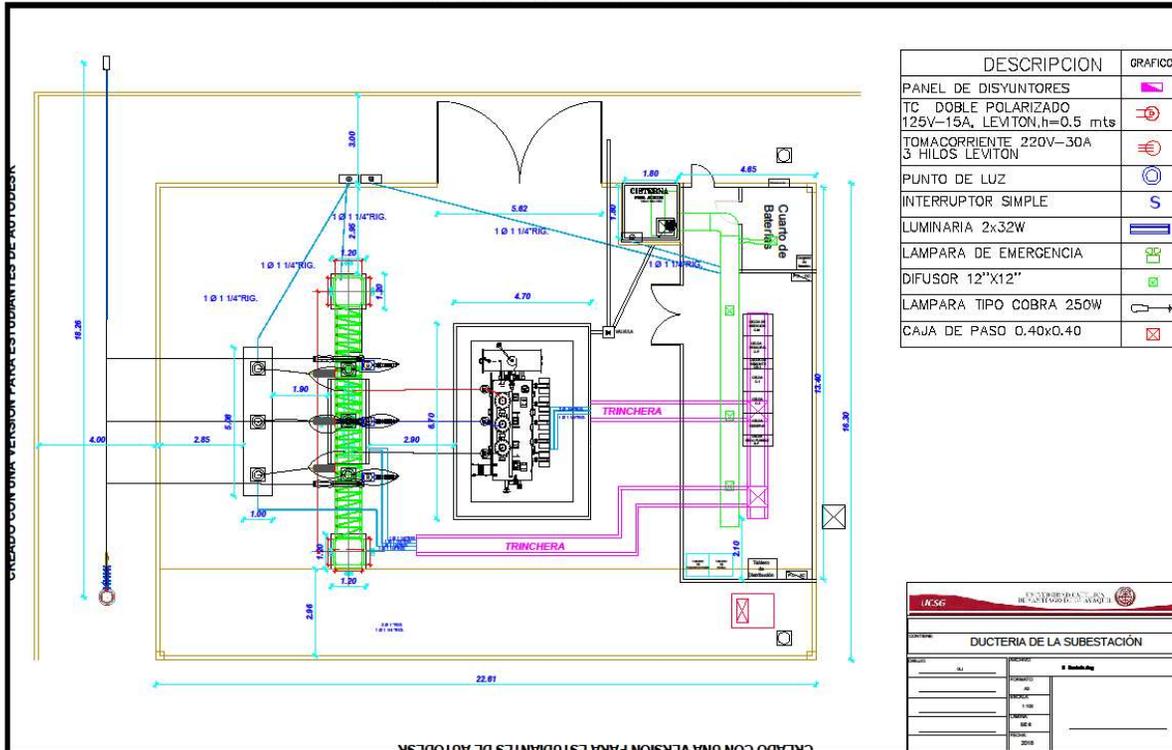
REVISADO POR: \_\_\_\_\_

PROFESOR: \_\_\_\_\_

ESTUDIANTE: \_\_\_\_\_

2015

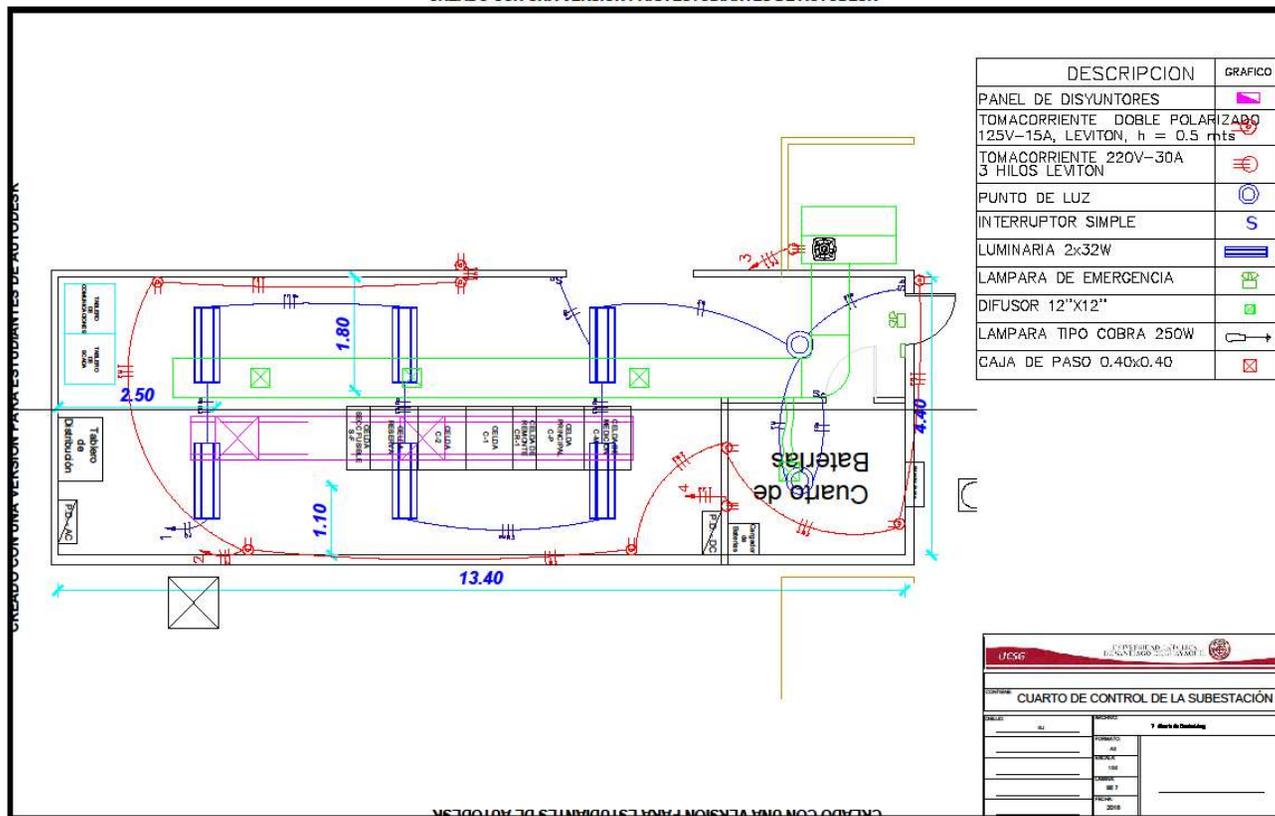
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

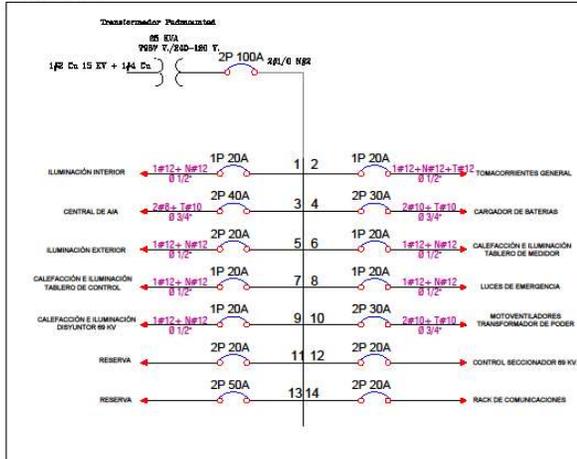
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

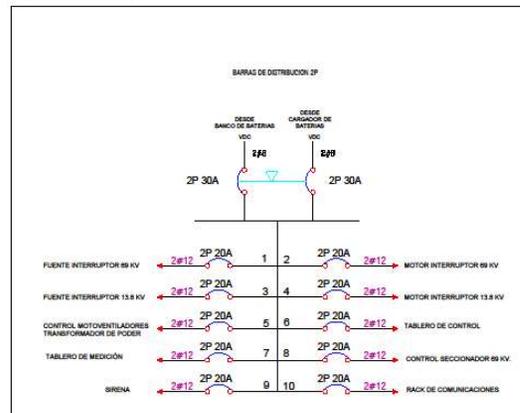


DISTRIBUCIÓN DE CORRIENTE ALTERNA Y CONTINUA

PANEL PDAC



TABLERO PDDC

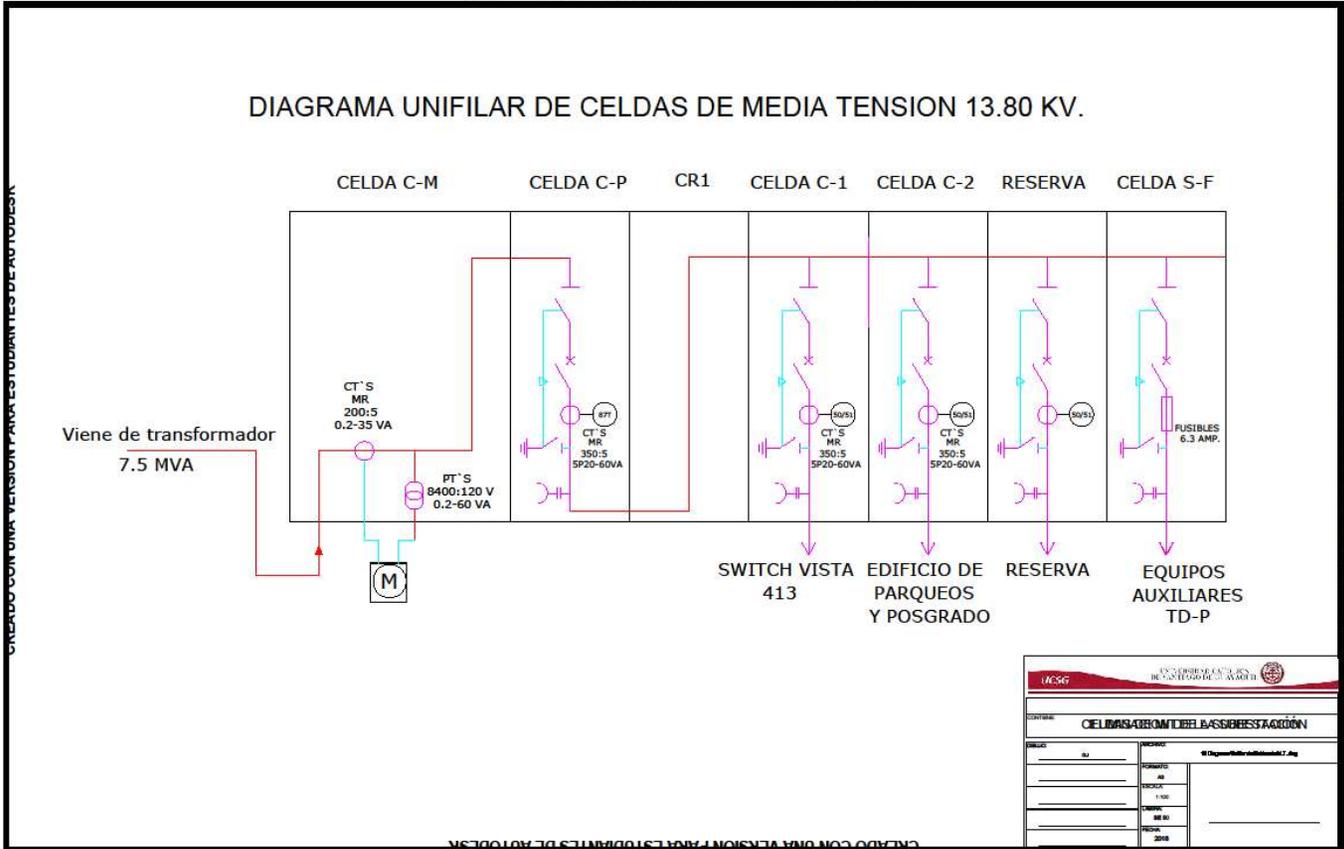


UCSG UNIVERSIDAD CATOLICA DEL SACRAMENTO

SISTEMAS AUXILIARES DE LA SUBSTACION

PROYECTO	FECHA	PROYECTISTA	REVISOR
CLIENTE	FECHA	PROYECTISTA	REVISOR
PROYECTO	FECHA	PROYECTISTA	REVISOR

### DIAGRAMA UNIFILAR DE CELDAS DE MEDIA TENSION 13.80 KV.



CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

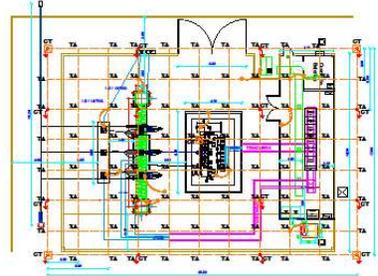
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

**DETALLE DE TIPO DE SOLDADURA CADWELD**

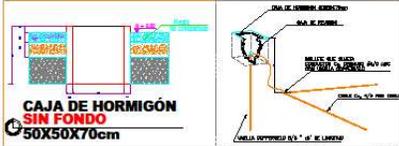


**MALLA DE TIERRA**

NOTA: ESTA MALLA DEBE DE ENTERRARSE MÍNIMO 80 cm. DE PROFUNDIDAD.  
TODA LA MALLA DEBE CONSTRUIRSE CON CABLE C4, 4/0 AWG DESPL.



**DETALLE CAJA DE REVISION**



**CAJA DE HORMIGÓN SIN FONDO 50X50X70cm**



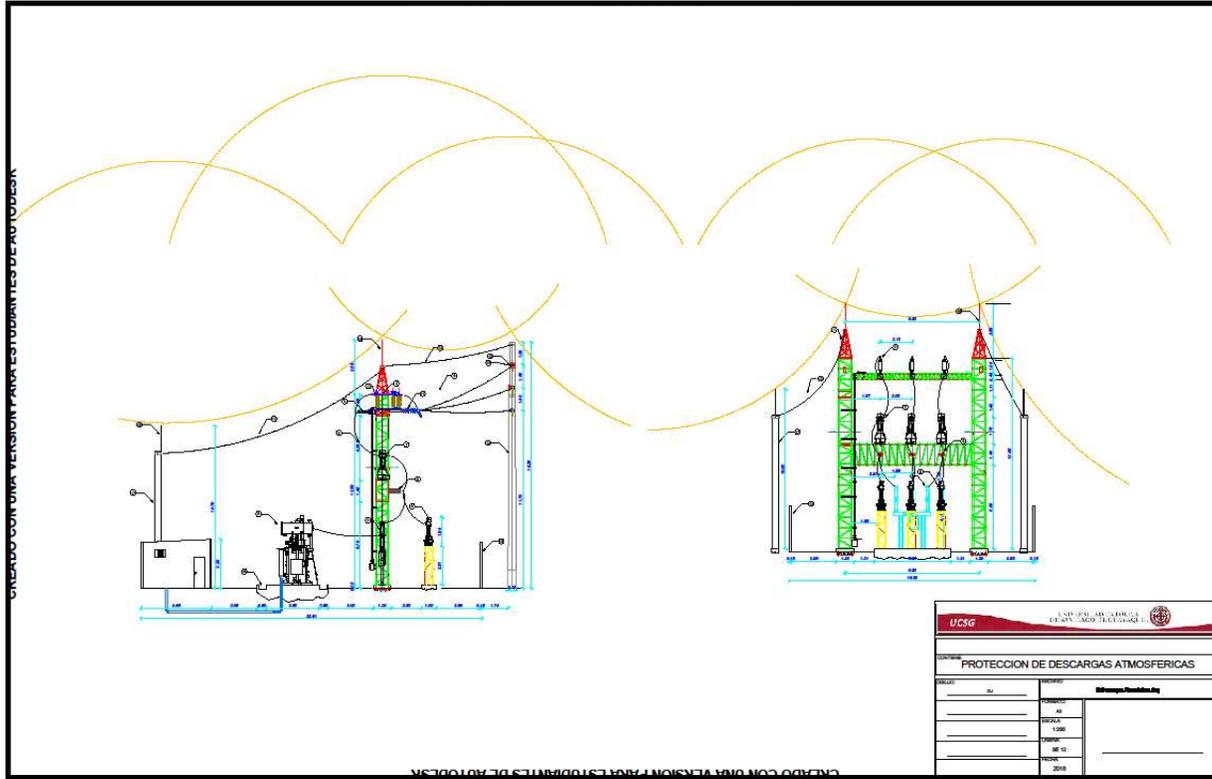
**UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL SACRAMENTO**

UCSG

CONTIENE: MALLA DE TIERRA DE LA SUBESTACIÓN

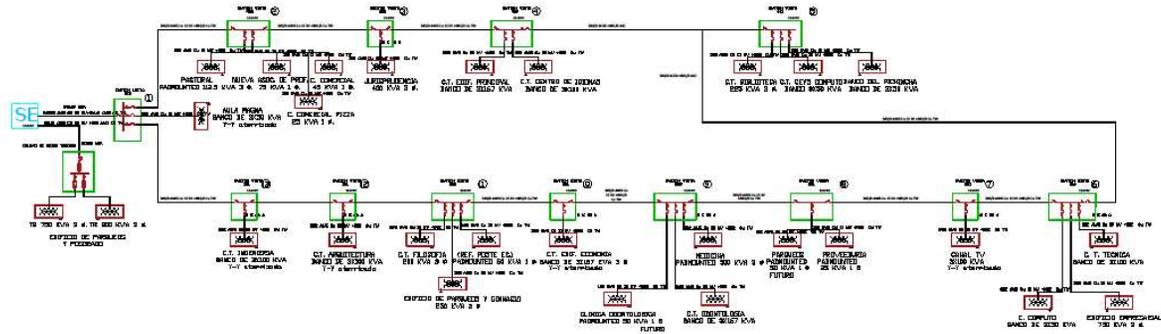
FECHA	NO.	REVISIÓN	TIPO DE REVISIÓN

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

DIAGRAMA UNIFILAR RED DE MEDIA TENSION  
DE LA U.C.S.G.



SIMBOLOGIA

-  TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION
-  SWITCH VISTA 321 (7 U)
-  SWITCH VISTA 422 (2 U)
-  SWITCH VISTA 413 (2U)
-  SWITCH VISTA 523 (1U)
-  SWITCH VISTA 514 (1U)

UCSG		UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR	
DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL			
FECHA:	01	REVISOR:	Wagner Villar Román Ing
ELABORADO:	01	PROYECTADO:	01
REVISADO:	01	REVISOR:	01
FECHA:	2018	FECHA:	2018

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABB. (18 de 06 de 2018). *https://new.abb.com/*. Obtenido de <https://new.abb.com/>:  
<https://new.abb.com/docs/librariesprovider78/eventos/jjts-2017/presentaciones-chile/como-especificar-transformadores-de-potencia-luiz-yamazaki.pdf?sfvrsn=2>
- Caliente, G. e. (25 de 07 de 2018). *galvanizadoencaliente*. Obtenido de <https://galvanizadoencaliente.wordpress.com/galvanizado/>
- CELEC. (15 de 07 de 2018). *celec.gob.ec*. Obtenido de [https://www.celec.gob.ec/transelectric/images/stories/baners\\_home/L-OTAIP\\_NEW/2016/04-2016/a3\\_Regulaciones%20y%20procedimientos/Resources/Disenio%20de%20Subestaciones.pdf](https://www.celec.gob.ec/transelectric/images/stories/baners_home/L-OTAIP_NEW/2016/04-2016/a3_Regulaciones%20y%20procedimientos/Resources/Disenio%20de%20Subestaciones.pdf)
- CENTER, E. T. (25 de 07 de 2018). *http://www.edisontechcenter.org*. Obtenido de <http://www.edisontechcenter.org/LightningSuppression.html>
- Construccion), N. (. (20 de 07 de 2018). *https://www.habitatyvivienda.gob.ec*. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-HM-Hormig%C3%B3n-Armado.pdf>
- Contaminantes, R. E. (14 de 05 de 2018). *Ministerio para la Transicion Ecologica*. Obtenido de <http://www.prtr-es.es/SF6-Hexafluoruro-de-azufre,15597,11,2007.html>
- ELECTRIC, S. (25 de 07 de 2018). *https://www.schneider-electric.com*. Obtenido de <https://www.schneider-electric.com.co/es/product-range-presentation/1460-ion7550-ion7650#tabs-top>

ELECTRICIDAD, S. (24 de 07 de 2018). <http://www.sectorelectricidad.com>.  
Obtenido de <http://www.sectorelectricidad.com/5669/conductores-electricos-seleccion/>

ElectronicaEmbajadores. (20 de 07 de 2018).  
[www.electronicaembajadores.com](http://www.electronicaembajadores.com). Obtenido de  
[www.electronicaembajadores.com](http://www.electronicaembajadores.com):  
<https://www.electronicaembajadores.com/es/Productos/Detalle/IP00T100/instrumentos-de-panel/accesorios-shunt-/transformador-de-corriente-100a-5a>

ElliotElectric. (25 de 07 de 2018). *ElliotElectric*. Obtenido de ElliotElectric:  
[http://www.elliotelectric.com/StaticPages/ElectricalReferences/ElectricalTables/Conduit\\_Fill\\_Table.aspx](http://www.elliotelectric.com/StaticPages/ElectricalReferences/ElectricalTables/Conduit_Fill_Table.aspx)

Harper, E. (2008). Fundamentos de INSTALACIONES ELECTRICAS de mediana y alta tension. En G. E. Harper, *FUNDAMENTOS DE INSTALACIONES ELECTRICAS DE MEDIANA Y ALTA TENSION* (pág. 509). México: EDITORIAL LIMUSA, S.A.

IEC. (12 de 08 de 2018). <http://www.iec.ch/>. Obtenido de <http://www.iec.ch/>:  
<http://www.iec.ch/>

INGEMECANICA. (22 de 07 de 2018). [ingemecanica.com](http://ingemecanica.com). Obtenido de  
<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn112.html>

Laboratories, S. E. (22 de 08 de 2018). [selinc.com](http://selinc.com). Obtenido de  
<https://selinc.com>

LATIZA. (25 de 07 de 2018). *LATIZA.COM*. Obtenido de LATIZA.COM:  
<http://www.latiza.com/zinc/uso-y-aplicaciones/galvanizado-proceso/>

Miller, C. (2018). *NFPA's Pocket Electrical References*. Ontario: Jones and Barret's.

OSHA. (1 de 06 de 2018). <https://www.osha.gov/>. Obtenido de  
[https://www.osha.gov/SLTC/etools/electric\\_power/illustrated\\_glossary/substation.html#Step-down](https://www.osha.gov/SLTC/etools/electric_power/illustrated_glossary/substation.html#Step-down)

SectorElectricidad. (15 de 07 de 2018). *www.sectorelectricidad.com*. Obtenido de <http://www.sectorelectricidad.com/5669/conductores-electricos-seleccion/>

WEG. (2018). [https://www.weg.net/catalog/weg/BR/es/Generaci%C3%B3n%20Transmisi%C3%B3n-y-Distribuci%C3%B3n/Seccionador/Seccionador-Monopolar-Tipo-Cuchilla-%28GB%29/Seccionador-Monopolar-Tipo-Cuchilla-%28WSFC%29/p/MKT\\_WTD\\_HOOK\\_STICK\\_DISCONNECTOR](https://www.weg.net/catalog/weg/BR/es/Generaci%C3%B3n%20Transmisi%C3%B3n-y-Distribuci%C3%B3n/Seccionador/Seccionador-Monopolar-Tipo-Cuchilla-%28GB%29/Seccionador-Monopolar-Tipo-Cuchilla-%28WSFC%29/p/MKT_WTD_HOOK_STICK_DISCONNECTOR).

Yucatan, R. A. (08 de 05 de 2018). <http://www.revista.ingenieria.uady.mx/ojs/index.php/ingenieria>. Obtenido de <http://www.revista.ingenieria.uady.mx/ojs/index.php/ingenieria>: <http://www.revista.ingenieria.uady.mx/ojs/index.php/ingenieria>



**Presidencia  
de la República  
del Ecuador**



**Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes**



**SENESCYT**  
Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Jorgge Medina Gorky**, con C.C: # **0930855697** autor del trabajo de titulación: **Análisis y Diseño de una Subestación Eléctrica reductora de 69KV/13.8KV para la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil** previo a la obtención del título de Ingeniería en Eléctrico-Mecánica con Mención en Gestión Empresarial. **Ingeniería en Eléctrico-Mecánica con Mención en Gestión Empresarial** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 14 de Septiembre del 2018

f. \_\_\_\_\_

Nombre: **Jorgge Medina, Gorky**

C.C: **0930855697**



## **REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

### **FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN**

<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Análisis y Diseño de una Subestación Eléctrica reductora de 69KV/13.8KV para la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>AUTOR</b>	Gorky Jorge Medina		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Luis Orlando Philco Asqui		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de educación técnica para el Desarrollo		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería Eléctrico Mecánica		
<b>TITULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero en Eléctrico Mecánica		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	14 de Septiembre de 2018	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	111
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Transmisión, Transformación, Eficiencia		
<b>PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:</b>	SUBESTACIÓN, ACOMETIDA, DISEÑO, CARGA, TENSION, NORMAS, REGULACIONES, CÁLCULOS		
<b>RESUMEN/ABSTRACT:</b>	<p>En la República del Ecuador cualquier usuario regulado al exceder 1 MVA de consumo de energía eléctrica deberá ser suministrado por medio de una acometida a un nivel de tensión de 69KV. Es por esto que es necesaria la instalación de una subestación en la UCSG debido a que su carga supera los 1000 KVA. Esta subestación deberá ser diseñada e instalada por la UCSG y cumplir con todos los lineamientos requeridos por las entidades reguladoras. El diseño de la subestación además de cumplir con las normas y regulaciones debe garantizar seguridad y ser capaz de proveer energía de manera constante y minimizando cualquier tipo de fallas. Este proyecto proveerá el diseño de una subestación de 69 KV / 13.8 KV, describiendo de manera breve los elementos que conforman de manera general a una subestación, las normas requeridas nacional e internacionalmente para los elementos y materiales utilizados y los cálculos utilizados en el diseño de la subestación.</p>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +59397805936	<b>E-mail:</b> gorkyjorgge@hotmail.com	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::</b>	<b>Nombre:</b> Philco Asqui, Luis Orlando		
	<b>Teléfono:</b> (04) 2 20933 ext 2007		
	<b>E-mail:</b> luis.philco@cu.ucsg.edu.ec/ute@cu.ucsg.edu.ec		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			