

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

TEMA:

"Diseño eléctrico de subestación de 5 MVA 69/13.8 KV en La Universidad Estatal de
Milagro"

AUTOR:

Díaz Ordoñez David Fernando

Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de

INGENIERO EN ELECTRICIDAD

TUTOR:

Ing. Celos Bayardo Bohórquez Escobar, M.Sc.

Guayaquil, Ecuador

16 de febrero del 2023



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Díaz Ordoñez David Fernando**, como requerimiento para la obtención del Título de **Ingeniería en Electricidad**.

TUTOR

f. _____

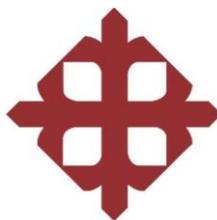
ING. CELSO BAYARDO BOHÓRQUEZ ESCOBAR, M.Sc.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____

ING. CELSO BAYARDO BOHÓRQUEZ ESCOBAR, M.Sc.

Guayaquil, a los 16 días del mes de febrero del año 2023



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **DÍAZ ORDOÑEZ DAVID FERNANDO**

DECLARO QUE:

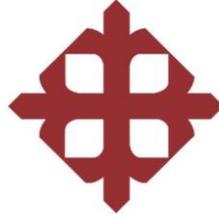
El Trabajo de Titulación, "**Diseño eléctrico de subestación de 5 MVA 69/13.8 KV en La Universidad Estatal de Milagro.**", previo a la obtención del Título de **Ingeniería en Electricidad**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, 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 16 días del mes de Febrero del año 2023

EL AUTOR

DÍAZ ORDOÑEZ DAVID



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

AUTORIZACIÓN

Yo, **DÍAZ ORDOÑEZ DAVID FERNANDO**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Diseño eléctrico de subestación de 5 MVA 69/13.8 KV en La Universidad Estatal de Milagro**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a 16 días del mes de febrero del año 2023

AUTOR

DÍAZ ORDOÑEZ DAVID

REPORTE URKUND

Reporte Urkund del Trabajo de Titulación denominado: **Diseño eléctrico de subestación de 5 MVA 69/13.8 KV en La Universidad Estatal de Milagro** del estudiante **DÍAZ ORDOÑEZ DAVID FERNANDO**. Se encuentra al 3% de coincidencias.

Document Information

Analyzed document	Díaz Ordoñez David.docx (D158555252)
Submitted	2023-02-13 20:39:00
Submitted by	
Submitter email	efrain.velez@cu.ucsg.edu.ec
Similarity	3%
Analysis address	efrain.velez.ucsg@analysis.orkund.com

Atentamente



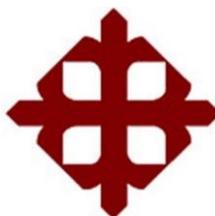
ING. CELSO BAYARDO BOHÓRQUEZ ESCOBAR, M.Sc.
Tutor

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a Dios mi creador por darme fuerza en todo momento para la realización de esta tesis. A mis padres que gracias a su apoyo moral me permitieron permanecer con empeño, dedicación y cariño, y a todos quienes contribuyeron con un granito de arena para culminar con éxito la meta propuesta.

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado va dedicado a Dios, quien como guía estuvo presente en el caminar de mi vida, bendiciéndome y dándome fuerzas para continuar con mis metas trazadas sin desfallecer. A mi familia y amigos por el apoyo incondicional para poder lograr culminar mi carrera profesional



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

CARRERA:

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

ING. JOHN ELOY FRANCO RODRIGUEZ, PhD.

DECANO

f. _____

ING. CELSO BAYARDO BOHORQUEZ ESCOBAR, M.Sc.

DIRECTOR DE CARRERA

f. _____

ING. EFRAIN OLIVERIO VELEZ TACURI, M.Sc.

COORDINADOR DEL ÁREA

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	XV
ABSTRACT	XVI
Capítulo 1	2
Introducción.....	2
1.1. Justificación y alcance	2
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
1.4. Tipo de Investigación.....	4
Capítulo 2.....	6
Marco Teórico	6
2. Características elementales de una subestación.....	6
2.1. Descripción de los elementos de una Subestación	6

2.2. Seccionador tripolar motorizado apertura central montaje vertical 69 kv.....	7
2.3. Pararrayos de 69 kv.....	9
2.4. Interruptor de protección 69kv	11
2.5. Transformador de poder 69/13.8 kv	13
2.6. Transformador combinado de potencial y corriente 69 kv (pts/cts combinado)	14
2.7. Transformador de servicios auxiliares ac.....	16
2.8. Tablero de control y protección de transformador de poder.....	17
2.9. Tablero de medición	18
2.10. Tablero de distribución servicios auxiliares ac	18
2.11. Tablero para proteccion de circuitos dc	19
2.12. Iluminación de interiores.....	19
2.13. Iluminación de emergencia	19
2.14. Sistema de puesta a tierra.....	19
Capítulo 3.....	20
Normativas de construcción	20
3. Normas de protección contra descargas atmosféricas.	20
3.1. Normas para la Coordinación de protecciones	21

3.2. Normas de coordinación de aislamiento	21
3.3. Normas para la distancia de fuga.....	21
3.4. Normas para la malla de Tierra	21
3.5. Normas para la selección de transformadores.....	22
3.6. Normas para la selección de servicios auxiliares DC	22
3.7. Normas para la seguridad y sistemas contra incendios.....	22
3.8. Estándares	22
Capítulo 4.....	24
Ubicación del proyecto	24
4. Tensión y frecuencia asignadas	24
4.1. Demanda de la subestación.....	25
4.2. Descripción del proyecto	25
4.3. Edificación perimetral de subestación.....	27
4.4. Estructuras metálicas y bases de hormigón	28
Capítulo 5.....	29
Cálculos y diseño	29
5. Datos de cálculo	29
5.1. Línea de alta tensión	29

5.3. Nivel de Voltaje: 13.8 KV	32
5.4. Nivel de Voltaje: 69 KV	32
5.5. Resumen de distancias de descarga	33
5.6. Aislador tipo pasamuro con barra primaria 69kv	33
5.7. Malla de Tierra	33
5.8. Hilo de guarda	34
5.9. Conductores aéreos alta tensión.....	35
5.10. Servicios eléctricos auxiliares dc – baterías y cargador de baterías.	36
Capítulo 6.....	37
Conclusiones y recomendaciones	37
6. Conclusión	37
6.1. Recomendación	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Principales elementos que componen una estación de Subestación de corriente alterna.....	6
Figura 2.2. Seccionador tripolar de 69KV	8
Figura 2.3. Pararrayos de 69 KV	10
Figura 2.4. Partes externas de interruptor en sf6.....	11
Figura 2.5. Transformador de poder 69/13.8 kv	14
Figura 2.6. Tableros de cuarto de control.....	19
Figura 2.7. Sistema puesto en Tierra	20

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>características técnicas principales</i>	8
Tabla 2. Características del pararrayos de 69 KV	10
Tabla 3. <i>Corrientes de Corto Circuito para máxima generación</i>	12
Tabla 4. Características principales del interruptor	12
Tabla 5. Transformador de poder de 69/13.8KV	14
Tabla 6. Normas para disyuntor	23
Tabla 7. Coordenadas de la subestación en la UNEMI	24
Tabla 8. Protección contra descargas atmosféricas a nivel de 13.8 kv, descargas a conductores y el suelo	32
Tabla 9. Protección contra descargas atmosféricas a nivel de 13.8 kv, descargas a mástiles	32
Tabla 10. Protección contra descargas atmosféricas a nivel de 69 kv, descargas a conductores y el suelo	32
Tabla 11. Protección contra descargas atmosféricas a nivel de 69 kv, descargas a mastiles	33
Tabla 12. Características del hilo de guarda	35
Tabla 13. Características eléctricas del conductor 4/0 ACAR	35

RESUMEN

Las Instituciones Universitarias utilizan con frecuencia voltajes más altos de los necesarios, por lo que tratan de alimentar todas las facultades, laboratorios y sitios de relajación de los estudiantes, así como los equipos de cómputo, plasmas, iluminarias o cualquier otro equipo eléctrico que se instale en el campus universitario. Una forma de lograr estos voltajes es utilizar subestaciones eléctricas. En el transformador de voltaje, se puede observar diferentes voltajes, desde la generación hasta la distribución; pero es importante saber qué tipo de estación de transformador se puede utilizar, utilizar cálculos, pruebas, carga, modelado y análisis de verificación; a menudo es necesario para implementar dicho proyecto a escala.

Este proyecto se analizó y desarrolló a través del conocimiento obtenido, probado para estaciones de transformador, protección, sistemas de conexión a tierra, redes, diseño y diseño de instalación de voltaje bajo, medio y alto; considere la recomendación mínima, debe cumplir con los proyectos de electricidad para el trabajo, el uso satisfactorio y el mantenimiento de los equipos eléctricos, así como los empleados, utilizar los principios nacionales e internacionales necesarios por cómo usar los equipos eléctricos de última generación (elementos permanentes permanentes), para una inspección económica confiable, pero con amplios resultados (y a largo plazo), así como de calidad y confiabilidad

Palabras Claves: INSTITUCIONES UNIVERSITARIAS, TRANSFORMADOR DE VOLTAJE, SUBESTACIONES ELÉCTRICA

ABSTRACT

University Institutions frequently use higher voltages than necessary, so they try to power all faculties, laboratories and student relaxation areas, as well as computer equipment, plasmas, lighting or any other electrical equipment that is installed. on the university campus. One way to achieve these voltages is to use electrical substations. In the voltage transformer, we can observe different voltages, from generation to distribution; But it is important to know what type of transformer station can be used, to use verification calculations, tests, load, modeling and analysis; It is often necessary to implement such a project at scale.

This project was analyzed and developed through the knowledge obtained, tested for transformer stations, protection, grounding systems, networks, design and installation design of low, medium and high voltage; Consider the minimum recommendation, you must comply with the electricity projects for work, the satisfactory use and maintenance of electrical equipment, as well as the employees, use the necessary national and international principles for how to use the latest generation electrical equipment (elements permanent permanent). For reliable, inexpensive inspection, but with extensive (and long-term) results, as well as quality and reliability

Keywords: UNIVERSITY INSTITUTIONS, VOLTAGE TRANSFORMER,
ELECTRICAL SUBSTATIONS

Capítulo 1

Introducción

1.1. Justificación y alcance

Debido al creciente uso de energía eléctrica en la Universidad Estatal de Milagro, existe la necesidad de construir una subestación de uso exclusivo para atender las demandas de energía en el campus. Es fundamental recibir el servicio lo antes posible para desarrollar plenamente las actividades educativas dentro de la universidad en distintos horarios y jornadas.

La investigación contribuye con la comunidad estudiantil, aunque al principio su costo es elevado a largo plazo es muy conveniente, desde el punto de vista económico, y uno de los factores más importantes es apoyar a la gestión educativa dentro de la universidad brindando un servicio educativo excelente y sin interrupciones. El objetivo del proyecto es proveer a la Universidad de un sistema para obtención de energía constante y sin cortes.

Por lo tanto, una subestación es fundamental para el aporte de energía eléctrica de forma continua en el campus. La tarea principal de la subestación en el campus universitario es reducir o aumentar los voltajes y así cambiarlos al nivel de transmisión de energía o transmisión y distribución parcial; para lograr estas funciones, las subestaciones utilizan seguridad, maniobra y regulación de tensión, así como elementos

y dispositivos de medida.

1.2. Planteamiento del problema

El uso de subestaciones de voltaje ayuda a mejorar la eficiencia eléctrica, ya que las interrupciones de suministro no afectan directamente, además del aspecto principal, el precio eléctrico dentro del campus universitario del pago de electricidad es mucho más bajo y puede ser compensado por la subestación, dependiendo de la potencia que genere al día, al contrario, si se usa directamente con la energía suministrada por la ciudad.

Ejecutar un proyecto eléctrico e instalar una subestación se considera una inversión costosa, compleja por la naturaleza del voltaje y los equipos especiales que se requieren para su construcción, las subestaciones se vislumbran a largo plazo en el futuro donde la capacidad instalada puede aumentar, y los cortes intermitentes de energía no solo son períodos de ahorro de energía a muy largo plazo, sino que también permite su diseño en torno a alta, media y baja tensión que no afecta al campus universitario

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar un proyecto eléctrico que tenga especificaciones en alta, media y baja tensión con el fin de cumplir la utilización prevista,

funcionamiento satisfactorio, uso eficiente de la energía eléctrica, de los equipos y materiales eléctricos y requisitos de seguridad de los estudiantes y docentes, empleando la solución técnica más económica.

1.3.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual eléctrica en el campus universitario de la UNEMI
- Analizar con el manejo de un software especializado para cálculo de la corriente de corto circuito (Icc) y sistema de tierras, así como lo relacionado al mismo.
- Aplicación del proyecto eléctrico tomando en cuenta todos los aspectos de ingeniería que proporcionen un funcionamiento satisfactorio de la instalación eléctrica y sus equipos.

1.4. Tipo de Investigación

El documento realizado fue de carácter documental y se relaciona en investigaciones, folletos, informes de revistas, registros eléctricos y otros tipos de fuentes de información.

También se utilizó un desarrollo descriptivo cuando se verificó los factores más importantes en cuanto a la estación eléctrica.

Parte de la investigación de campo también se gestionó por la necesidad de analizar y comprobar los datos para realizar de forma civil

la estación y su respectiva ubicación.

Capítulo 2

Marco Teórico

2. Características elementales de una subestación

2.1. Descripción de los elementos de una Subestación

Se definió los elementos principales que integran una estación de corriente alterna.

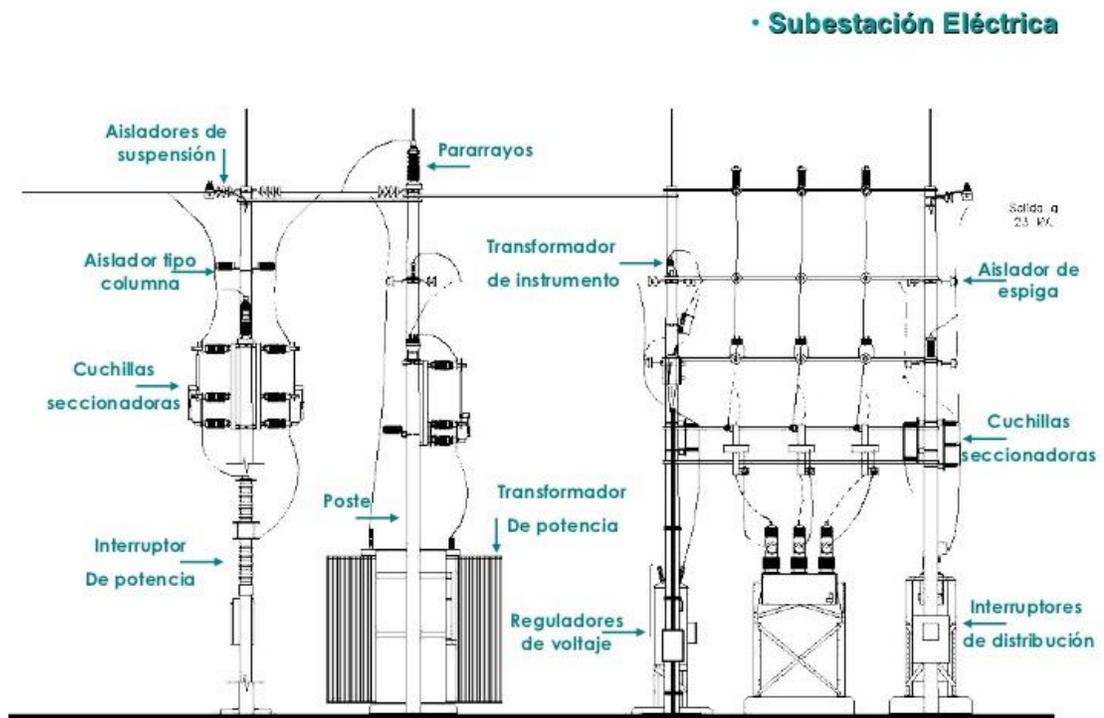


Figura 2.1. Elementos de una Subestación

Autor: (Chang, 2019)

2.2. Seccionador tripolar motorizado apertura central montaje vertical 69 kv

Un seccionador es un dispositivo electromecánico capaz de interrumpir o hacer circular la corriente cuando es accionado, pero cuando opera, es decir, en estado cerrado debe soportar las corrientes de gran amplitud características de los cortocircuitos (WEG, 2018)

Los interruptores automáticos son muy importantes en las subestaciones, ya que son puntos de conexión para fuentes de alimentación de clase de voltaje de 69 KV. (ELECTRIC, 2016)

La línea principal de 69KV se divide en secciones y se instala un seccionador eléctrico de tres polos para exteriores de servicio pesado. La entrada de aire central está instalada verticalmente a 69KV. Las palas de aleación de cobre funcionan con un motor de 120 V CC y están equipadas con un zumbador. Contactos fijos por fase, enchufe de cobre 2/0AWG - 250MCM. Aisladores de poste con nivel de aislamiento básico 350KV. Cable 2-4/0 Cobre AWG. (Mosteller, 2020).

El mecanismo de acción estará ubicado en la pared del edificio. Las barras o tuberías de operación y los accesorios para operación en grupo deben estar galvanizados en caliente y deben estar adecuadamente aislados de cualquier parte activa. El equipo debe cumplir con las especificaciones técnicas de este informe y debe ser suministrado completo con todos los componentes. (ElliotElectric, 2017)

Las características técnicas principales son:

Tabla 1. características técnicas principales

Subestación	Voltaje de diseño: 72.5 KV
	Voltaje nominal de operación: 69 KV
	Corriente: 600 A
	BIL: 350 KV
	Corriente de Cortocircuito momentánea:
	Mínima distancia de fuga: 1842 mm
	Tipo de montaje: Vertical
	Apertura: Doble apertura lateral rotación
	Aisladores: Porcelana
	Gabinete de control: grado de protección
	Voltaje de control: 120VCD.
	Voltaje de calefacción: 120 VAC.
	Voltaje de diseño: 72.5 KV

Autor: (Silva, 2019)

Las partes vivas del contacto del interruptor estarán hechas de aleación de cobre, el aluminio no es aceptable. El interruptor sólo podrá recibir cables de aluminio de la compañía eléctrica en su conexión de entrada. (Harper, 2018)

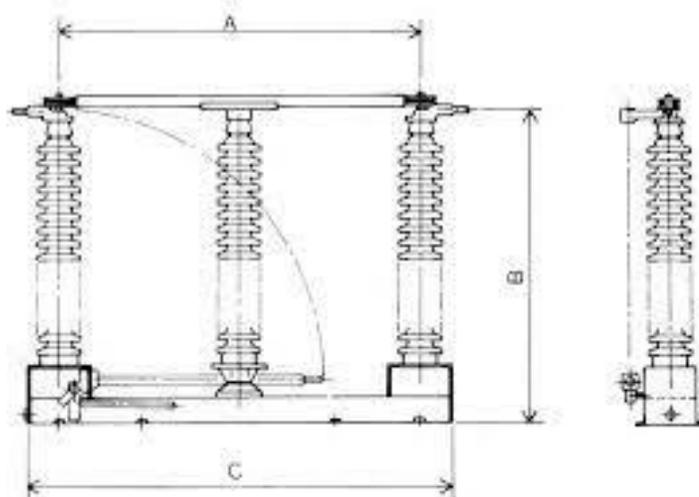


Figura 2.2. Seccionador tripolar de 69KV

Autor: (Relman, 2020)

2.3. Pararrayos de 69 kv

Si la subestación se instala a la intemperie, está más expuesta a factores externos y fenómenos naturales. El descargador tendrá una función para proteger todos nuestros dispositivos (LATIZA, 2017)

Tal fenómeno se llama rayo. El rayo es una descarga eléctrica atmosférica que puede causar graves daños a los equipos y al personal. Los pararrayos siempre se colocan en lugares estratégicos que se consideran más seguros para proteger equipos, elementos y usuarios. (Tello, 2022).

Normalmente, el pararrayos en la subestación de 69 KV está ubicado en el nivel más alto de la estructura de 69 KV y está conectado al disyuntor a través de un puente o empalme para protección. (Miller, 2019)

Con el fin de proteger los seccionadores tripolares, transformadores de tensión, transformadores de corriente e interruptores de frentes de onda lentos y rápidos en la clase 69 KV, se instalarán pararrayos de moderna tecnología en las subestaciones (Tipo Varistor óxido metálico o similar), potencia nominal 60 KV. Tienen un MCOV (Tensión Máxima de Operación Continua) de 48kV y deben incluir su propio medidor de descarga. (Day, 2018).

En el transformador de potencia, el primario tendrá pararrayos de grado de estación montados en superficies aislantes. Los cables de tierra estarán

montados sobre aisladores para separarlos del tanque del transformador.
(OSHA, 2017)

Los pararrayos serán de tipo auto soportante, clase estación, de las siguientes características:

Tabla 2. Características del pararrayos de 69 KV

Pararrayos de 69 KV	Norma de fabricación: ANSI/IEEE C62.11, IEC 60099-4
	Tecnología: Varistor óxido metálico o similar
	Voltaje del sistema (rms): 69 KV
	Frecuencia del sistema: 60 Hz
	Máximo Voltaje Continuo de Operación (rms) MCOV 48KV
	ID MAX
	Máximo Voltaje de descarga (cresta) a 5 KA: 132 KV
	Máximo Voltaje de descarga (cresta) a 10 KA: 140 KV
	Nivel básico de aislamiento: 350 KV
	Material aislante: Polímero o caucho de silicona, altamente hidrófobo y resistente a la radiación ultravioleta UV
Distancia de fuga mínima: 1871 mm	

Autor: (Lisker, 2021)



Figura 2.3. Pararrayos de 69 KV

2.4. Interruptor de protección 69kv

Debido a las excelentes propiedades del hexafluoruro de azufre como agente extintor y aislador, su uso en interruptores es muy común y comparado con otro tipo de interruptores su mantenimiento es mínimo. (Gonzalo, 2019)

Se instalará un disyuntor de alta tensión junto con el disyuntor de media tensión existente para proteger el transformador de corriente. Ambos operarán bajo la sala de control y la subestación (existente). El contactor tripolar de 69KV es del tipo de tanque cargado con SF6 operado manualmente o por comando de relé de protección multifunción. El interruptor está montado sobre una base de hormigón y debe construirse

de acuerdo con
ubicación
los planos.

los detalles y la
indicados en

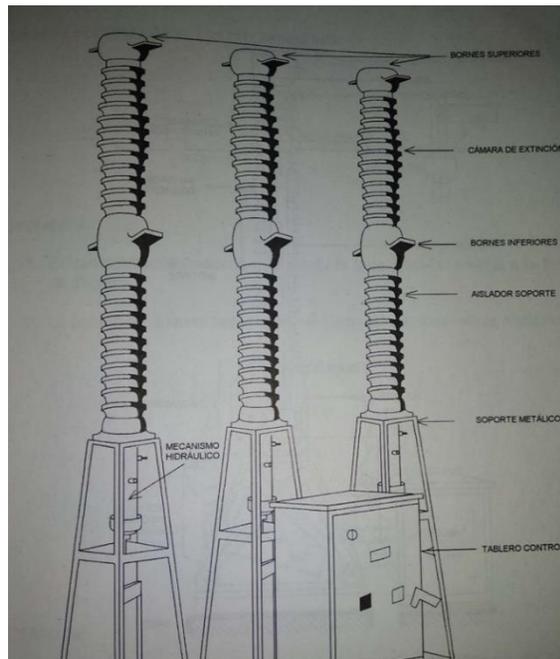


Figura 2.4. Partes externas de interruptor en sf6

Actualmente, la sala de control UNEMI (existente) cuenta con una unidad de protección de media tensión. Hay dos aspectos a considerar:

- La potencia de falla informada por la CNEL E.P MILAGRO, en máxima generación en el lado de 69 Kv, es de:

Tabla 3. Corrientes de Corto Circuito para máxima generación

kV Prefalla	Tipo falla	Icc a 69 KV en [KA]
69	LLL	6.89
69	LG	4.12
69	LL	6.02
69	LLG	6.22

Autor: (Arrington, 2019)

- La impedancia de cortocircuito promedio del transformador de potencia, a 75 °C será de 6.7 % a 5 MVA.

Se instalarán relés multifunción, relés de bloqueo y acústicos en un panel metálico que se ubicará en el interior de la sala de control. El plano de la junta. Las alarmas incluyen alarma de presión repentina, bajo nivel de aceite y altas temperaturas del devanado del transformador y del aceite. Las características principales del interruptor tanque vivo serán las siguientes:

Tabla 4. Características principales del interruptor

CARACTERÍSTICA	UNIDAD	VALOR
Tensión Nominal	KV	72.5
BIL	KV	350
Frecuencia	Hz	60
Corriente nominal	A	600
Poder de cierre	KA	100
Corriente de corta duración (3 seg.)	KA	40
Masa total	Kg	890

2.5. Transformador de poder 69/13.8 kv

Un transformador es una máquina estacionaria o estacionaria que, por inducción electromagnética, se encarga de aumentar o disminuir el nivel de tensión. En la estación, el transformador asumirá la tarea principal de bajar el voltaje de 69.000 V a 13.800 V para su distribución en el circuito de alambre. (CELEC, 2019). El transformador de potencia será de la conexión conservadora DYN1 OA de dos cobres enfriado por aire natural y aceite.

Cuando se enfría naturalmente, el transformador debe proporcionar una capacidad de 5 MVA. El transformador debe tener un aislador de cinco etapas en el lado de AT para aumentar o disminuir el voltaje en $-2 \times 2.5 \%$ del voltaje de operación, mientras que el voltaje en la posición media debe ser de 69 kV. Se instalará sobre una base de hormigón armado. (Phillip, 2020)



Figura 2.5. Transformador de poder 69/13.8 kv

Autor: (Patiño, 2022)

Las características principales del transformador de poder deberán ser las siguientes:

Tabla 5. Transformador de poder de 69/13.8KV

CARACTERÍSTICA	UNIDAD	VALOR
Fases	-	3
Frecuencia nominal	Hz	60
Capacidad nominal	MVA	5.0 (OA)
Tensión nominal en el lado de alta	V	69000 ± 2 x 2.5% 5 pasos
Tensión nominal en el lado de baja	V	13800
Conexión	-	Dyn1
Impedancia de cortocircuito	%	6.7 +-0.67

Autor: Elaboración propia

2.6. Transformador combinado de potencial y corriente 69 kv (pts/cts combinado)

En caso de que el sistema de protección y medición, tres potenciales combinados y la línea de transformador con

dos núcleos para protección (precisión de 3p y 5p20), se instalen dos núcleos testiculares (exactamente 0.2), 30 VA; Cada uno tiene una estructura de metal 2.2, por otro lado, la medición estará conectada por 3 cajas correspondientes a 1 x "a una tubería dura, y luego el uso de cajas LB con aires acondicionados continuará con un tubo de metal duro de un cuarto. Estarán conectados a tubos duros de 1 pulgada con H.A.A.A. y tuberías de PVC continuarán hasta que la placa de protección en el gerente. (Villalba, 2021)

Sobre un tablero metálico de medida de 69 kV se colocarán dos bases de enchufes tipo 20 de 13 pines con regletas de prueba, que se instalarán según plano adjunto.

Un transformador de tensión, también conocido como transformador de tensión (PT), debe tener un devanado doble en el lado secundario, un devanado para el sistema de medición y otro para el sistema de protección, con una caja de conexiones donde se encuentran los terminales del devanado secundario. ubicados para protección y medición. Las características técnicas principales son para los PTs son:

Ilustración 1. Características técnicas principales en los PTs

Transformador de potencial:	Inductivo
Tensión nominal de operación:	69kV
Tensión máxima:	72.5kV
Relación:	$69/\sqrt{3}$ kV : 120 V
Frecuencia:	60Hz
Precisión / Burden (medición):	0.2 / 30 VA
Precisión / Burden (protección):	3P / 30 VA
Frecuencia:	60 HZ
Mínima distancia de fuga:	1813 mm
Power frequency test voltage:	140 kv (rms)
Lightning impulse test voltaje:	325 KV(pico)
Normas aplicables:	IEC 60044-1 o
ANSI	
Bushing:	Porcelana
<ul style="list-style-type: none"> Las características técnicas principales para los CTs son: 	
Tensión máxima:	72.5kV
Frecuencia:	60Hz
Devanado 1 Relación/Precisión / Burden (medición):	50/100/5; Cl. 0.2; 30 VA
Devanado 2 Relación/Precisión / Burden (protección):	300/400/600/5;
5P20; 30 VA Frecuencia:	60 HZ
Mínima distancia de fuga:	1813 mm
Power frequency test voltage:	140 kv (rms)
Lightning impulse test voltaje:	325 KV(pico)
Normas aplicables:	IEC 60044-2 o

Autor: (Cardona, 2020)

2.7. Transformador de servicios auxiliares ac

En la subestación se utilizan redes auxiliares de corriente alterna para alimentar las siguientes cargas:

- Iluminación y calefacción para armarios de equipamiento general.
- Subestación de alumbrado general. casa del controlador:
- Circuito de iluminación.

- Circuito de salida
- Ventilación.
- Alimentación mediante cargador rectificador.

2.8. Tablero de control y protección de transformador de poder

La sala de control estará equipada con un cuadro de control y protección de transformadores, incluyendo los siguientes elementos: Un (1) relé de protección diferencial de transformador (87T) con las siguientes funciones de protección:

- Protección diferencial (87T), dos grupos de sobreintensidad e instantáneos de fase (50/51) y neutro (50N/51N), uno para bobina de media tensión y otro para bobina de alta tensión.
- El relé de protección debe estar equipado con una pantalla LCD para poder controlar los equipos en el gabinete.
- Visualizar el estado de los interruptores automáticos y los interruptores mnemotécnicos.
- También debe comunicarse con otros dispositivos utilizando el protocolo IEC61850.
- Puerto serie y Ethernet.
- Los relés deben cumplir con las normas ANSI o IEC.
- También se debe monitorear la corriente de fase, el voltaje de fase a

fase, la potencia activa y reactiva, el factor de potencia y la frecuencia en los devanados primario y secundario.

2.9. Tablero de medición

En el recinto de terminales de la estación, 1 cuadro de control de dos contadores tipo 20 con 9S (ver plano de despliegue), con 2 tomas trifásicas tipo 20 con 13 terminales, dos bloques de prueba y con señales CT y PT de bloques y muelles conectados para que el personal de la empresa de distribución realice pruebas en una configuración que coincida con los dos contadores del Modelo 9S. (Smith, 2022)

El medidor de energía podrá medir parámetros eléctricos a un voltaje de 69 kV, así como medir indicadores de calidad de energía en este momento.

2.10. Tablero de distribución servicios auxiliares ac

El principal TDAC del Consejo de Distribución cumplirá con los requisitos de las necesidades de energía actual para proteger los circuitos auxiliares.

La hoja debe contener la tira electrolítica para una sola fuente de alimentación de 220 VAC con todos los tamaños para colocar dos gabinetes principales de 2p -100a 600 Diacle, área manual 125A -600 V, 4 interruptores de calor magnéticos. -En 2P -40A 600VAC Interruptores magnéticos, 1 enchufe -in -in -In -En -en -en el interruptor de calor de 2p -50a 600VAC de acuerdo con los servicios auxiliares de CA descritos en un horario (ver el avión). (Nash, 2018)

2.11. Tablero para protección de circuitos dc

La placa de protección del circuito de CC consta de una carcasa metálica de acero inoxidable. Debe tener un grosor $\geq 1,5$ mm. Dimensiones para embarrado, disyuntor de CC 2 x 2P-50A, disyuntor de CC montado en riel DIN 7 x 2P-16A y accesorios como se muestra en el diagrama de servicio auxiliar de CC de una línea.

2.12. Iluminación de interiores



Figura 2.6. Tableros de cuarto de control

Para la iluminación interior del terminal, considere usar LED IP65 con salida de 40 W y 4400 lúmenes cada uno. Se distribuirán según lo previsto.

2.13. Iluminación de emergencia

Se utilizarán luces de emergencia LED 2x3,5 W 120-277V 90 minutos, situadas en las salidas

2.14. Sistema de puesta a tierra

Todas las partes metálicas y equipos de la subestación deberán estar debidamente puestos a tierra mediante conductores de cobre desnudo calibre 4/0 AWG, conectores, pernos y soldadura exotérmica a la rejilla fabricada para tal fin, este objetivo con espacio de celdas. (Wong, 2019)

Para estructuras metálicas, el punto de puesta a tierra debe estar conectado a la red mediante una abrazadera mecánica ajustable. Las puertas, vallas de seguridad y cualquier estructura metálica grande estarán conectadas a tierra.

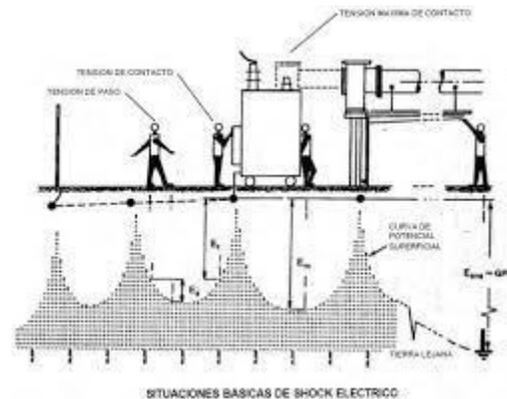


Figura 2.7. Sistema puesto en Tierra

Autor: (Rojas, 2019)

Capítulo 3

Normativas de construcción

3. Normas de protección contra descargas atmosféricas.

Los tipos de especificaciones y consideraciones de diseño se basaron en los siguientes estándares internacionales.: IEEE STD. 998 – 1996.

3.1. Normas para la Coordinación de protecciones

Las diferentes especificaciones en cuanto la ingeniería y similitudes de cálculo se gestionaron por medio de la norma internacional: IEEE STD. 242 – 2001 (IEEE, 2020)

3.2. Normas de coordinación de aislamiento

El desarrollo de las teorías y cálculos gestionados en el presente trabajo se coordinaron en las siguientes clases de normas: IEC 60071 1-2, IEEE STD 1427-2006 y IEEE STD 1313.1-1996.

3.3. 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).

3.4. Normas para la malla de Tierra

La teoría y cálculos realizados en el presente documento se estar basaron 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.

3.5. Normas para la selección de transformadores

Las normas a utilizarse para la selección de transformadores fueron 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.

3.6. Normas para la selección de servicios auxiliares DC

Los cálculos mostrados para la estimación de los servicios auxiliares estuvieron estar basados en las 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.

3.7. Normas para la seguridad y sistemas contra incendios

La teoría y cálculos realizados en el presente documento se basaron 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).

3.8. Estándares

Las normas aplicables para el disyuntor fueron las siguientes:

Tabla 6. Normas para disyuntor

NORMA	DESCRIPCIÓN
ANSI/IEEE C37.06	Norma para interruptores automáticos de alto voltaje.
IEC 60038	Voltaje estándar.
IEC 60050-441	Diccionario Internacional de Ingeniería Eléctrica. Equipos de conmutación, equipos de control y fusibles.
IEC 60059	IEC standard current ratings.
IEC 60060	Tecnología de prueba de alto voltaje.
IEC 60694	Disposiciones generales de las normas de equipos de control y aparata de alta tensión.
IEC 62271-100	Distribución y control de equipos de alta tensión. Parte 100. Disyuntores de CA .

Autor: (Dominguez, 2019)

Los equipos deben estar diseñados y tener potencia suficiente para funcionar correctamente a una altitud de 1000 metros sobre el nivel del mar, entre cinco y treinta grados centígrados (30 grados centígrados), y donde tenían superficie abierta, luz solar directa, alcanzando temperaturas no superiores a los cincuenta grados centígrados (50 C) debido a su altitud y proximidad al ecuador. Todos los materiales fueron seleccionados y, si es necesario, tratarse especialmente para permitirles operar en estas condiciones sin afectar la vida útil y el rendimiento del equipo. 90 % de humedad.

Todo el cableado y los accesorios estuvieron tropicalizados para protegerlos contra hongos y otras plantas parásitas. Todas las cabinas o armarios de control estuvieron diseñados para garantizar una circulación de aire eficiente. Los calentadores deben instalarse en la cabina de control para evitar daños por humedad.

Capítulo 4

Ubicación del proyecto

La subestación de 69/13.8 KV. de la UNEMI, está ubicada en la Cda. Universitaria, km. 1.5 de la vía Milagro - Virgen de Fátima, Cantón Milagro, provincia del Guayas en las siguientes coordenadas:

Tabla 7. Coordenadas de la subestación en la UNEMI

COORDENADAS UTM		
VERTICE	X	Y
S1	655332	9762086
S2	655324	9762090
S3	655330	9762103
S4	655338	9762099

Fuente: (David, 2023)

Los datos generales del sitio son:

- Sensación térmica promedio: 28 °C.
- Humedad relativa: 75%
- Contaminación ambiental: Moderado.
- Nivel isoceraúnico: bajo.

4. Tensión y frecuencia asignadas

El sistema de Sub-transmisión de la Corporación nacional Eléctrica estación Milagro, tiene una tensión nominal de 69 KV y su frecuencia

nominal es de 60 Hz, en base a lo cual se definen las tensiones asignadas y máximas:

- Subtransmisión 69/72.5 kV.
- Distribución 13.8/15 kV.
- Lado opuesto: tensión nominal 10,5 y tensión de pico 15 todo en kV

4.1. Demanda de la subestación

La Demanda actual promedio de la UNEMI es de 868.17 kW. La demanda de potencia proyectada a 5 años será 2070.32 KW TRIFASICO. Considerando el factor de potencia de 0.92 que evita penalizaciones, la demanda en KVA sería de 2250.35 KVA TRIFASICO.

4.2. Descripción del proyecto

Las subestaciones fueron de tipo simple y estarán cubiertas. Las alturas de diseño y los espacios libres estuvieron de acuerdo con las normas y reglamentos de seguridad nacionales e internacionales para dichas instalaciones.

La disposición de la clase 69 kV fue una barra colectora simple. Para el punto de transmisión de energía se insertó un poste de hormigón armado con aisladores de poste de línea en el tramo de la línea secundaria de 69 kV Milagro Sur - Montero, que corre paralela al cerco perimetral de la universidad, según los siguientes detalles:

- El edificio circundante tiene un techo para la subestación.
- Tres pararrayos de 60 kV con contador de descargas.

- Tres alcantarillas con barra colectora de 69 kV.
- Aislador de motor tripolar vertical de 69 kV con orificio central.
- Tres transformadores de corriente combinados con 2 hilos de protección (precisión 3P y 5p20), dos cables de medida (precisión 0.2), 30 VA
- El disyuntor del tanque de SF6 está muerto.
- Transformador de 5 MVA. Desde el bushing del lado de MT del transformador hasta el bushing principal de MT en la sala de control, se conducirá la línea principal de MT, compuesta por tres conductores XLPE x (4/0) Cu 15 kV.
- Tres cimentaciones de hormigón armado para estructuras metálicas PC SC conectadas por 69kV.
- Base de hormigón armado para el cambio de tanque.
- Base de transformador de hormigón armado con tanques adecuados, tanques de aceite y tuberías.
- En el piso de la plataforma de trabajo, delimitada perimetralmente por un bordillo, una capa de piedra blanca número 4.
- La sala de control existente se dotará de tableros de control y protección para transformadores y transformadores auxiliares tablero de servicio para 120 Vdc. AC, cargador y batería 120V DC. corriente 150Ah.
- Caja armada, tubería de hormigón armado y tubería de transmisión de cables aislados de media tensión, señales de medición de control desde cada dispositivo hasta la sala de control.
- Cajas de prueba interna de 80 x 80 cm con conducto de PVC de 3 x 6 m para cables de potencia y control desde el equipo de la subestación hasta la sala de control, ver dibujo.

- Iluminación interior de subestación.

4.3. Edificación perimetral de subestación

La subestación fue de tipo cerrada con paredes y cubierta. La subestación, requirió de algunas obras civiles complementarias, que fueron sido diseñadas y calculadas por un arquitecto y un ingeniero constructor o calculista, las mismas que se describen a continuación:

- Cerramiento de mampostería perimetral con cubierta y soportes metálicos para aisladores de suspensión 69KV, aisladores para muros 69KV, pararrayos 60KV y seccionador tripolar 69 KV, incluyendo bloques de ventilación, dos portones metálico doble hoja y una puerta de ingreso.
- Cajas de revisión de hormigón armado con tapas de hormigón armado, marco y contramarco metálico, de 80 x 80 x 80 cms y de 40 x 40 x 40 cms libre interior, las primeras para alimentadoras eléctricas y las segundas para sistema de puesta a tierra.
- Tres Bases de hormigón armado para las estructuras metálicas para Transformadores de corriente y potencial combinados a 69 kV.
- Una base de hormigón armado para el interruptor de potencia GCB, de 69 kV.
- Una Base de hormigón armado para el transformador de poder, con canal de recolección de aceites de riego, de sección mínima interior 80 x 40 cm, alrededor del perímetro de la base de hormigón del transformador, con tapa de rejilla a base de platinas.
- Una trinchera de sección mínima interior 40 x 40 cm, con tapa metálica de plancha corrugada en su parte vista, para los conductores de: servicios generales AC, de servicios auxiliares AC y servicios auxiliares DC. Recorre debajo del tablero de control

y protección de transformador de poder a las celdas de media tensión en la casa de control.

- Piedra blanca triturada Nro. 4 en el patio de maniobras.
- Adoquinado de camineras para maniobras en interior de subestación.

4.4. Estructuras metálicas y bases de hormigón

Las estructuras metálicas fueron de rejillas atornilladas, incluyendo perfiles en L (esquina), de fundición estructural, galvanizadas en caliente. Los tornillos fueron de acero inoxidable. Todas las estructuras nuevas se construyeron según el diseño y las especificaciones indicadas en las hojas de este proyecto. El montaje se realizó teniendo en cuenta las precauciones, distancias y normas de seguridad establecidas por el fabricante del equipo.

Las distancias mínimas de seguridad, serán las indicadas en la norma ANSI C2 2002:

	A 69 KV	13,8 KV
Fase a Fase:	1.53 m	0.60 m
Fase a Tierra:	0.74 m	0.26 m
Libre al Piso:	3.36 m	2.75 m

Los planos muestran diagramas de las estructuras necesarias. La figura también muestra un diagrama de cimentación de hormigón para la construcción de equipos de 69 kV: disyuntores de 69 kV, equipos combinados de medición de CT y CT, transformadores y más. El edificio de la estación interior se construyó de acuerdo con el diseño arquitectónico y estructural incluido en este proyecto.

Capítulo 5

Cálculos y diseño

Dado que la subestación es una estructura que operará al aire libre, debe protegerse adecuadamente de la intemperie.

Usando estas diferentes variables, se pudo desarrollar la razón de que hay en la posible corriente de descarga y la distancia correspondiente al absorbedor, lo suficientemente confiable para una intercepción y rechazo seguros.

Estas relaciones definieron un modelo matemático cuya eficacia ha sido probada a lo largo del tiempo en numerosos estudios. Esto permitió el cálculo de distancias seguras y estructuras de protección en la subestación. Aunque el clima no sigue modelos matemáticos de pronóstico, dicho sea de paso, la investigación y la práctica basadas empíricamente que conducen a tasas de éxito han producido los resultados correspondientes en todo el mundo.

5. Datos de cálculo

5.1. Línea de alta tensión

En uno de los vanos de la línea de transmisión de 69 kV Milagro Sur - Montero, en el muro sur de la UNEMI, una columna de hormigón armado de 21 metros x 2400 kg en coordenadas UTM (X=655323, Y= 9762074) con una tensión de 69 kV fue instalado. aislamiento de línea de postes para iniciar el tramo de línea de aproximadamente 14,6 m desde el cable ACSR 4/0 hasta el nuevo seccionador de entrada del cuadro

Para intercalar el poste, el Contratista primero consultará con la unidad

de negocio CNEL EP Milagro para obtener su aprobación y establecer una fecha y hora para la finalización de las Obras. Para iniciar y llevar la línea a la nueva estación, fue necesario utilizar aisladores de suspensión de polímeros de 69 kV.

Rejilla de extremo de aluminio se utilizó en los llaveros de anillo de cadena aislados. Las partes metálicas del aislador deberán estar adecuadamente protegidas contra los efectos corrosivos de la atmósfera.

5.2. Estructura 69kv

Para recibir la acometida de 69 KV en la subestación, se previó instalar en la pared frontal de la Subestación dos estructuras metálicas verticales y dos estructuras metálicas horizontales, que acomodan los siguientes equipos:

- 1 juego de 3 pararrayos de 60 KV ubicados en la estructura metálica horizontal superior.
- 1 juego de seccionador tripolar motorizado 69KV apertura central montaje vertical en pared de la subestación.

Para el montaje de tres transformadores de corriente y potencial combinados 69K se ha previsto instalar tres estructuras metálicas galvanizadas en caliente tipo celosía de 2.2 m de altura, perfectamente ensamblada, 100 % apernada, que se construirá a partir de las piezas fabricadas a la medida, debidamente pulidas antes del ensamble.

Se determinó la prohibición de soldar sobre esta estructura, para preservar el galvanizado, los planos muestran el detalle de longitud, espesor, forma, cortes y perforaciones.

En los planos se muestra la posición e interconexión de estos equipos, la misma que se hará con cable 4/0 ACSR (Ver planos).

El constructor de montaje, puso especial énfasis en la nivelación y aplome de las piezas, tanto en el sentido horizontal, como vertical.

Además utilizó para su ensamble, personal calificado y maquinaria adecuada. Las estructuras y los equipos serán montado sobre bases de hormigón armado cuyo diseño se incluye en los planos estructurales.

Los materiales de las estructuras metálicas fuerón de acuerdo a la Normas técnica American Society for Testing and Materials (ASTM) y los materiales sujetos a las siguientes especificaciones:

- Acero Estructural estándar A36 para perfiles laminados en caliente $f_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$.
- Acero de alta resistencia A572 grado 50.
- Pernos y tuercas galvanizadas A394
- Pernos de anclaje A307

5.3. Nivel de Voltaje: 13.8 KV

Tabla 8. Protección atmosférica nivel 13,8 kV, descarga a conductor y tierra

DESCRIPCIÓN	VALOR
<i>KV BIL</i> (valor de equipo inferior)	110 kV
<i>I_s</i> (descarga de corriente)	2 kA
<i>P(I)</i> (estadística)	99.8%
<i>S</i> (descarga en cuanto a la distancia) (<i>k=1</i>)	12.55 m

Tabla 9. Protección atmosférica clase 13,8 kV, descarga a mástil

DESCRIPCIÓN	VALOR
<i>KV BIL</i> (valor de equipo inferior)	110 kV
<i>I_s</i> (descarga de corriente)	2 kA
<i>P(I)</i> (estadística)	99.8%
<i>S</i> (descarga en cuanto a la distancia) (<i>k=1,2</i>)	15,06 m

5.4. Nivel de Voltaje: 69 KV

Tabla 10. Protección atmosférica nivel 69kV, descarga a conductor y tierra

DESCRIPCIÓN	VALOR
<i>KV BIL</i> (valor de equipo inferior)	350 kV
<i>I_s</i> (descarga de corriente)	2 kA
<i>P(I)</i> (estadística)	99.8%
<i>S</i> (descarga en cuanto a la distancia) (<i>k=1</i>)	12.55 m

Tabla 11. Protección atmosférica clase 69 kV, descarga a mástil

DESCRIPCIÓN	VALOR
<i>KV BIL</i> (valor de equipo inferior)	350 kV
<i>I_s</i> (descarga de corriente)	2 kA
<i>P(I)</i> (estadística)	99.8%
<i>S</i> (descarga en cuanto a la distancia) (<i>k=1</i>)	12.55 m

5.5. Resumen de distancias de descarga

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

5.6. Aislador tipo pasamuro con barra primaria 69kv

Aislador tipo PASAMURO con barra primaria de bronce de alta calidad será de porcelana o polímero

- Voltaje nominal de operación: 69 kV
- Corriente: 200 A
- BIL: 350 kV

5.7. Malla de Tierra

Para la medición comercial del usuario se instalaron un equipo de medición a nivel de 69 KV conformado por 3 transformadores combinados

de corriente y voltaje que irán montados cada uno sobre una estructura metálica de 2.20 m de altura, como se indica en los planos adjuntos.

La precisión fue de clase 0.2 IEC., mediante una tubería metálica rígida de 1 1/4" se conectará la salida secundaria de estos equipos al tablero de medidores ubicado en el cerramiento frontal exterior como se indica en los planos

Los CT fueron de doble devanado 50/5A, cl 0.2, burden 30 VA para la medición comercial y 5P20 400/5 30VA para protección. Los PT serán de doble devanado $69000V/\sqrt{3}$ 120V precisión 0.2; 30 VA para medición comercial y $69000V/\sqrt{3}$ 120V precisión 3P, 30 VA para protección.

El tablero metálico de medición a 69 kV tuvo las dimensiones de 80 x 60 x 35 cm y alojarán dos bases socket clase 20 de 13 terminales con bornera de prueba incluida, se lo instalará según el plano adjunto.

Todos los equipos y estructuras metálicas serán adecuadamente aterrizadas a través de chicotes de calibre 4/0 AWG de Cu-desnudo y con terminales de compresión de cobre estañado, de un agujero, UL, de caña larga. Se incluye el diseño de la malla de puesta a tierra existente de acuerdo a la Norma IEEE STD-80-2000

5.8. Hilo de guarda

El cable que se utilizó para proteger la subestación contra descargas atmosféricas será de acero galvanizado 3/8".

Tabla 12. Características del hilo de guarda

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	NOMBRE/VALOR
CALIBRE	PULGADAS	3/8"
MATERIAL		ACERO GALVANIZADO
TIPO		HS
Nro. HILOS		7
DIAMETRO EXTERNO	mm	9,51
PESO	kg/m	0,4060

5.9. Conductores aéreos alta tensión.

La acometida aérea y el cableado entre equipos en alta tensión (69KV) fue con conductor 4/0 ACSR. Las características eléctricas del conductor 4/0 ACAR son las siguientes:

Tabla 13. Características eléctricas del conductor 4/0 ACAR

CARACTERÍSTICA	UNIDAD	NOMBRE/VALOR
Calibre	AWG	4/0
Material		ACSR
Aluminio		PENGUIN
Número de hilos de aluminio		6
Número de hilos de acero		1
Sección Transversal	mm^2	107.2
Resistencia eléctrica DC a 20 °C	Ω/km	0,2610
Peso	kg/Km	435.35
Capacidad de conducción	amp	357

5.10. Servicios eléctricos auxiliares dc – baterías y cargador de baterías.

La corriente continua de las subestaciones se utilizó para alimentar sistemas que no pueden ser interrumpidos debido a su importancia. Esto se aplicó a los sistemas de protección, control y medición.

La fuente de poder para el control de los equipos de la subestación fue un banco de baterías a 120V-DC, 150 A/h, compuesto de lo siguiente:

Se resumen las características del banco a adquirió:

- Capacidad: 150 A-h
- Tensión nominal de cada batería: 12 Vdc.
- Número de baterías: 10.
- Tensión Nominal del sistema: 120 Vcd
- Tensión Mínima del Sistema: 105 Vcd
- Tensión Máxima del Sistema: 150 Vcd

Cada batería cumplió con las características eléctricas siguientes:

- Tipo: sellada GEL Plomo – Acido.
- Tensión nominal de cada batería: 12 Vdc -150AH.
- Temperatura: 20° C a 25 ° C.
- Terminales con accesorios de interconexión (cables, platinas de cobre electroplomeados, pernos con anillos plano y presión en acero inoxidable resistentes a la acción del ácido sulfúrico de dimensiones apropiadas).
- Vida útil \geq 15 años.

Capítulo 6

Conclusiones y recomendaciones

6. Conclusión

- Se puede apreciar que la terminal diseñada cumplió con todos los estándares necesarios a nivel local e internacional. De esta forma, se garantiza el suministro eléctrico de forma segura y sostenible para los usuarios.
- Los elementos descritos en el artículo se utilizan en subestaciones desde 69 kV hasta 13,8 kV y se seleccionan de acuerdo a sus características de diseño y funcionamiento, de modo que UNEMI siempre cumpla con los requisitos mínimos establecidos.
- Los estándares ejercidos de manera internacionales y locales, en comparación a los establecidos en CNEC se adjuntan con las normas prescritas para los diferentes materiales y componentes que se van usar en las subestaciones, analizando que su diseño, fabricación y montaje cumplen con las normas requeridos para cada tipo de sistema.

6.1. Recomendación

- Para garantizar la coherencia en el diseño y la operación de la subestación, los proveedores deben certificar todos los materiales que se utilizaron en el proyecto.
- A la hora de desarrollar los trabajos se recomienda la supervisión externa, que es estándar en el proyecto. Si el constructor realiza cambios no especificados o esperados en el diseño, el inspector debe mantener los objetivos del diseño aprobando los cambios propuestos por el constructor para que la UNEMI no se vea afectada.
- El personal responsable de la construcción de la instalación debe tener calificaciones iniciales, la recomendación requiere que tengan experiencia en la realización de este tipo de trabajo o similar. Fomentar la capacitación y supervisión continuas.

Bibliografías

- Arrington. (2019). Corrientes de corto circuito para maxima generacion en industrias.
- Cardona. (2020). Características Técnicas para los PTs.
- CELEC. (2019). Voltaje para Subestaciones 69kv.
- Chang. (2019). Elementos de una Subestación.
- David. (2023). Coordenadas de Subestacion Unemi.
- Day. (2018). Seccionadores tripolares.
- Díaz. (2020). Partes externas de interruptor en sf6.
- Dominguez. (2019). Disyuntor Industrial.
- ELECTRIC. (2016). Obtenido de <https://www.schneider-electric.com>.
- ElliotElectric. (2017). Subestacion electrica en america latina.
- Gonzalo. (2019). Tipos de interruptores en transformadores.
- Harper. (2018). Fundamentos de INSTALACIONES ELECTRICAS de mediana y alta tension.
- IEEE. (2020). Práctica recomendada para la Protección y Coordinación de los Sistemas Eléctricos Industriales y Comerciales.
- LATIZA. (2017). Electricidad de alto voltaje para subestaciones.
- Lisker. (2021). Características del pararrayos de 69 KV.
- Mauricio. (2019). Características principales del interruptor.
- Miller. (2019). NFPA's Pocket Electrical References.

- Mosteller. (2020). Funcionamiento de un motor de 120 V CC .
- Nash. (2018). Tipos y rediseño de tableros electricos en la industria.
- OSHA. (2017). Modulos de transformadores en potencia.
- Patiño. (2022). Transformador de poder 69/13.8 kv en subestaciones.
- Phillip. (2020). Tipos de transformadores de cobre en subestaciones .
- Relman. (2020). Seccionador tripolar de 69KV en Industrias.
- Riasco. (2020). Parrayos en subestaciones industriales.
- Rojas. (2019). Sistema puesto en Tierra.
- Silva. (2019). características técnicas principales subestaciones.
- Smith. (2022). Tablero de medicion para subestaciones.
- Tello. (2022). Fenómenos electricos .
- Villalba. (2021). Electricidad del siglo XXI.
- WEG. (2018). Obtenido de
<https://www.weg.net/catalog/weg/BR/es/Generaci%C3%B3n%2CTransmisi%C3%B3n-y-Distribuci%C3%B3n/Seccionador/Seccionador-Monopolar-Tipo-Cuchilla-%28GB%29/Seccionador-Monopolar-Tipo-Cuchilla->
- Wong. (2019). Sistemas de puesta a tierra para industrias.

ANEXOS

Ítem	Descripción del Rubro	Unidad	Cantidad	P. Unitario del rubro (\$)	P. Global del rubro (\$)
1	OBRA CIVIL				171,100.23
1.1	MOVIMIENTO DE TIERRA				11,504.20
1.1.1	Trazado y replanteo de obra	m2	213.44	1.07	228.38
1.1.2	Desbroce y limpieza del terreno	m2	311.94	2.11	658.19
1.1.3	Excavación sin clasificar (Inc. Desalojo)	m3	203.58	9.72	1,978.80
1.1.4	Relleno compactado con material importado	m3	269.18	26.99	7,265.17
1.1.5	Excavación sin clasificación manual (Inc. Desalojo)	m3	40.51	10.93	442.77
1.1.6	Relleno manual compactado con material importado	m3	33.90	27.46	930.89
1.2	ESTRUCTURA				93,963.92
1.2.1	Replanteo f _c =140 kg/cm ² , e=5cm	m2	51.52	156.05	8,039.70
1.2.2	Hormigón f _c =240kg/cm ²	m3	11.62	250.42	2,909.88
1.2.3	Hormigón ciclópeo	m3	2.99	162.48	485.82
1.2.4	Acero de refuerzo f _y = 4200kg/cm ²	kg	2,445.30	2.69	6,577.86
1.2.5	Acero estructural f _y = 2500 kg/cm ²	kg	14,393.60	4.66	67,074.18
1.2.6	Losa deck H= 10cm e= 0,7mm	m2	150.00	44.36	6,654.00
1.2.7	Suministro e instalación de malla electrosoldada Ø=5.5mm C/150mm	m2	150.00	5.88	882.00
1.2.8	Pernos de anclaje D= 18mm ASTM A-325	u	104.00	8.44	877.76
1.2.9	Pernos de anclaje D= 20mm ASTM A-325	u	48.00	9.64	462.72
1.3	ALBAÑILERÍA				27,137.57
1.3.1	Loseta de hormigón	m2	6.00	25.76	154.56
1.3.2	Enlucido interior	m2	339.57	8.89	3,018.78
1.3.3	Enlucido exterior	m2	373.21	10.80	4,030.67
1.3.4	Pared de bloque ho., e=15 cm.	m2	361.71	18.98	6,865.26
1.3.5	Dinteles de h.a. (15x15 cms)	m	35.90	21.47	770.77
1.3.6	Filos interiores	m	145.60	1.93	281.01
1.3.7	Cuadrada de boquetes e=15 cm.	m	64.20	3.66	234.97
1.3.8	Impermeabilización de losa plana	m2	150.00	14.40	2,160.00
1.3.9	Rampa 4.00x1.50	m2	6.00	22.79	136.74
1.3.10	Acera de hormigón simple	m2	45.75	19.49	891.67
1.3.11	Adoquín de hormigón	m2	128.03	23.92	3,062.48
1.3.12	Base Clase II, tendido, conformación y compactación	m3	26.00	31.01	806.26
1.3.13	Bordillos de hormigón simple f _c = 180kg/cm ² , (40x10) cm, suministro e instalación	ml	45.00	88.84	3,997.80
1.3.14	suministro e instalación	u	2.00	142.10	284.20
1.3.15	Suministro e instalación de tubería PVC Estructurada di=160mm	m	35.00	12.64	442.40
1.4	ACABADOS				22,226.02
1.4.1	PINTURA				8,011.65
1.4.1.1	Pintura látex	m2	712.78	11.24	8,011.65
1.4.2	CARPINTERÍA METÁLICA				659.72
1.4.2.1	Puerta corrediza metálica 4.50x2.00	u	2.00	329.86	659.72
1.4.3	VENTANAS				13,038.62
1.4.3.1	Ventana metálica de louvers	m2	60.35	216.05	13,038.62
1.4.4	RECUBRIMIENTO				516.03
1.4.4.1	Piedra chispa	m3	18.93	27.26	516.03
1.5	SISTEMA ELÉCTRICO				13,533.61
1.5.1	Cajas de registro 80x80x80	u	2.00	540.83	1,081.66
1.5.2	Cajas de registro REV PT 40x40x60	u	6.00	281.65	1,689.90
1.5.3	Cajas de h.a 40x40x60	u	4.00	281.65	1,126.60
1.5.4	Base de Hormigón para padmounted	u	1.00	267.56	267.56
1.5.5	Canalización 2 tuberías PVC Estructurada di=160mm	m	4.00	26.84	107.36
1.5.6	Canalización de 1 tubería PVC Estructurada di=110mm	m	25.00	10.88	272.00
1.5.7	Canalización de 2 tubería PVC Estructurada di=110mm	m	16.00	17.00	272.00
1.5.8	Canalización de 4 tubería PVC Estructurada di=110mm	m	2.00	29.24	58.48
1.5.9	Rejilla metálica para canaleta tipo 1	m	13.00	98.12	1,275.56
1.5.10	Rejilla metálica para canaleta tipo 2	m	5.00	73.81	369.05
1.5.11	Rejilla metálica para canaleta tipo 3	m	3.50	92.32	323.12
1.5.12	Base de hormigón para transformador 5MVA	u	1.00	5,283.38	5,283.38
1.5.13	Cisterna de hormigón armado f _c =210 kg/cm ² 2.70x2.20	u	1.00	1,406.94	1,406.94

1.6	SISTEMA CONTRA INCENDIOS Y SEGURIDAD				2,544.01
1.6.1	Suministro e instalación de extintor CO2 20lbs	u	1.00	281.76	281.76
1.6.2	Suministro e instalación de extintor CO2 50lbs	u	1.00	626.52	626.52
1.6.3	Suministro e instalación de extintor PQS 100lbs con soporte rodante	u	1.00	580.63	580.63
1.6.4	Suministro e instalación de extintor PQS 20lbs	u	1.00	88.92	88.92
1.6.5	Señalética en subestación	GLB	1.00	966.18	966.18
1.7	SANITARIO				190.90
1.7.1	Bajante de aguas lluvias	m	19.40	9.84	190.90
2	OBRA ELECTRICA				727,856.54
2.1	SUMINISTRO Y TENDIDO DE LINEA 69 KV				12,732.87
2.1.1	(INCLUYE EXCAVACIÓN)	U	1.00	4,021.36	4,021.36
2.1.2	POSTE	U	1.00	300.42	300.42
2.1.3	PARAPOSTE	U	1.00	437.75	437.75
2.1.4	SUMINISTRO TENDIDO Y REGULADO CABLE 4/0 ACSR	M	48.00	30.10	1,444.80
2.1.5	PERNO PARA CONDUCTOR 4/0 ACSR	U	6.00	248.09	1,488.54
2.1.6	SUMINISTRO E INSTALACIÓN ESTRUCTURA SU-1-G	U	1.00	2,450.70	2,450.70
2.1.7	SUMINISTRO E INSTALACIÓN ESTRUCTURA TU-1-G	U	2.00	1,134.60	2,269.20
2.1.8	ACERO 3/8"	M	30.00	10.67	320.10
2.2	SUMINISTRO Y MONTAJE DE SUBESTACION ELECTRICA 5 MVA				715,123.67
2.2.1	GALVANIZADAS EN CALIENTE PARA MONTAJE DE PTs CTs COMBINADOS 69	GLB	1.00	2,848.56	2,848.56
2.2.2	(INCLUYE CONTADOR DE DESCARGA Y ACCESORIOS PARA MONTAJE)	UN	3.00	2,713.92	8,141.76
2.2.3	CENTRAL PARA 69 KV (INCLUYE ACCESORIOS PARA MONTAJE)	UN	3.00	22,309.38	66,928.14
2.2.4	KV MONTAJE VERTICAL APERTURA CENTRAL (INCLUYE ACCESORIOS PARA	UN	1.00	28,775.81	28,775.81
2.2.5	POTENCIAL Y DE CORRIENTE 69000/√3 -120V; DE DOBLE DEVANADO PARA	UN	3.00	27,838.22	83,514.66
2.2.6	69 KV EN SF6 (INCLUYE ACCESORIOS PARA MONTAJE)	U	1.00	77,190.78	77,190.78
2.2.7	DOBLE OJO PARA CONDUCTOR 4/0 ACSR, INCLUYE PERNOS 1/2 X 2 1/2",	U	39.00	26.56	1,035.84
2.2.8	LADO 69KV DENTRO DE SUBESTACIÓN	ML	16.00	11.70	187.20
2.2.9	KV DYN1 (INCLUYE ACCESORIOS PARA MONTAJE)	UN	1.00	267,648.00	267,648.00
2.2.10	MEDIDORES MEDICION INDIRECTA 69 KV, INCLUYE BASES SOKETS Y	U	1.00	2,337.66	2,337.66
2.2.11	TRIFASICO CLASE 20	U	2.00	13,124.88	26,249.76
2.2.12	COBRE (3#4/0 Cu 15 KV XLPE) INCLUYE CANAleta GALVANIZADA EN	ML	20.00	206.71	4,134.20
2.2.13	EXTERIOR 4/0 15 KV INCLUYE ACCESORIOS Y PUESTA A TIERRA	JGO	1.00	653.54	653.54
2.2.14	INTERIOR 4/0 15 KV INCLUYE ACCESORIOS Y PUESTA A TIERRA	U	1.00	635.54	635.54
2.2.15	MT PARA PROTECCION PRECISION 5P20 30VA Y RETIRO DE EXISTENTE	GBL	1.00	3,255.84	3,255.84
2.2.16	VDC - 150 AH (INCLUYE RACK DE SOPORTE DE BATERÍAS Y ACCESORIOS	GLB	1.00	17,327.52	17,327.52
2.2.17	125 VDC 25 AMP	UN	1.00	11,513.76	11,513.76
2.2.18	BREAKERS Y ACCESORIOS PARA MONTAJE	UN	1.00	2,256.31	2,256.31
2.2.19	TRANSFORMADOR DE PODER	M	1.00	45,704.40	45,704.40
2.2.20	EQUIPOS (INCLUYE ACCESORIOS PARA BAJANTES Y CABLEADO)	GBL	1.00	6,546.86	6,546.86
2.2.21	PARARRAYOS Y EQUIPOS CON CABLE DE CU DESNUDO 4/0 AWG (INCLUYE	M	1.00	7,888.68	7,888.68
2.2.22	LUMINARIA LED 40W IP65	M	9.00	169.07	1,521.63
2.2.23	INCLUYE LUMINARIA	M	8.00	162.04	1,296.32
2.2.24	INCLUYE TOMACORRIENTE DOBLE POLARIZADO PARA EXTERIOR.	M	6.00	138.23	829.38
2.2.25	INCLUYE REFLECTOR LED 150W	UN	19.00	310.81	5,905.39
2.2.26	MONOFASICO RADIAL AUTOPROTEGIDO, 7967/120-240 VOLTIOS INCLUYE	UN	1.00	4,437.62	4,437.62
2.2.27	XLPE, INCLUYE TUBERIA PVC 4" A BASE DE TRANSFORMADOR	ML	12.00	36.68	440.16
2.2.28	DE Cu#2 15 KV INCLUYE ACCESORIOS Y PUESTA A TIERRA	UN	1.00	320.21	320.21
2.2.29	TRANSFERENCIA MANUAL INCLUYE BREAKERS, BAJANTE CON TUBERIA	UN	1.00	2,630.98	2,630.98
2.2.30	TABLERO CUARTO DE GENERACION A TABLERO TDAC INCLUYE BREAKER	ML	40.00	30.62	1,224.80
2.2.31	PADMOUNTED A TABLERO TDAC	ML	5.00	29.44	147.20
2.2.32	PRUEBAS ELECTRICAS A TRANSFORMADOR DE PODER Y EQUIPOS	GBL	1.00	26,777.40	26,777.40
2.2.33	PLANOS AS BUILT	GBL	1.00	4,817.76	4,817.76
SUBTOTAL					898,956.77
IVA				12 %	107,874.81
TOTAL					1,006,831.58

GLOSARIO

- **Subestación:** Edificio o ubicación al exterior donde la energía eléctrica de un sistema de potencia se transforma, convierte, controla, entre otras.
- **Energía:** Capacidad que tiene la materia de producir trabajo en forma de movimiento, luz, calor, entre otras.
- **Corriente:** Movimiento de cargas eléctricas a través de un conductor.
- **Transformador:** Aparato que sirve para transformar la tensión de una corriente eléctrica alterna sin modificar su potencia.
- **Voltaje:** Potencial eléctrico, expresado en voltios.
- **Seccionador Tripolar:** Es un seccionador operado únicamente con tensión y destinado a interrumpir la corriente mediante una sola maniobra.
- **Pararrayos:** Es un instrumento cuyo objetivo es atraer un rayo ionizado del aire para conducir la descarga hacia la tierra, de tal modo que no cause daños
- **Interruptor:** Es un dispositivo que permite abrir y cerrar el paso de corriente eléctrica. Es, por lo tanto, un elemento fundamental de un circuito eléctrico ya que permite pasar o no la corriente de un circuito eléctrico mediante un sencillo funcionamiento.
- **Conductores:** Son aquellos que, en mayor o menor medida, son capaces de conducir electricidad. Este tipo de materiales permiten el desplazamiento libre y fluido de electrones de un punto a otro si se conectan a un punto de tensión.
- **Tablero Eléctrico:** Son los encargados de proteger los componentes de mando y de control de cualquier sistema eléctrico desde un circuito básico en un hogar hasta el de una maquina industrial. En estos se puede concentrar los dispositivos de conexión, maniobra, protección,

etc.

- **Tensión Eléctrica:** Es la presión de una fuente de energía de un circuito eléctrico que empuja los electrones cargados (corriente) a través de un lazo conductor, lo que les permite trabajar como, por ejemplo, generar una luz. En resumen, tensión = presión y se mide en voltios (V).
- **Hilo de guarda:** Un cable de Guarda es utilizado para proteger las torres contra las descargas eléctricas y consta de siete hilos. Cada uno posee una matriz o núcleo de acero y están recubiertos con aluminio.
- **Rectificador:** Los rectificadores son circuitos realizados con diodos, capaces de cambiar la forma de onda de la señal que reciben en su entrada. Se utilizan sobre todo en las fuentes de alimentación de los equipos electrónicos.



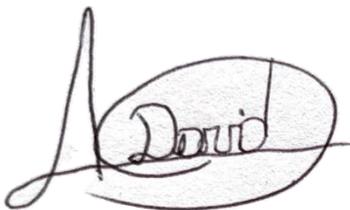
DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Díaz Ordoñez David Fernando**, con C.C: # **0940127285** autor del trabajo de titulación: **Diseño eléctrico de subestación de 5 MVA 69/13.8 KV en La Universidad Estatal de Milagro** previo a la obtención del título de **Ingeniero en Electricidad** 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, **16 de febrero de 2023**

f. 

DAVID FERNANDO DIAZ ORDOÑEZ

C.I. 0940127285



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN			
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Diseño eléctrico de subestación de 5 MVA 69/13.8 KV en La Universidad Estatal de Milagro.		
AUTOR(ES)	Díaz Ordoñez David Fernando		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Celos Bayardo Bohórquez		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Eléctrico-Mecánica		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero en Eléctrico-Mecánica		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	16 de febrero del 2023	No. DE PÁGINAS:	46
ÁREAS TEMÁTICAS:	Mantenimiento Predictivo, Maquinarias y Sistema de Control.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	instituciones universitarias, transformador de voltaje, subestaciones eléctrica		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
<p>Las Instituciones Universitarias utilizan con frecuencia voltajes más altos de los necesarios, por lo que tratan de alimentar todas las facultades, laboratorios y sitios de relajación de los estudiantes, así como los equipos de cómputo, plasmas, iluminarias o cualquier otro equipo eléctrico que se instale en el campus universitario. Una forma de lograr estos voltajes es utilizar subestaciones eléctricas. En el transformador de voltaje, podemos observar diferentes voltajes, desde la generación hasta la distribución; Pero es importante saber qué tipo de estación de transformador se puede utilizar, utilizar cálculos, pruebas, carga, modelado y análisis de verificación; A menudo es necesario para implementar dicho proyecto a escala. Este proyecto se analiza y desarrolla a través del conocimiento obtenido, probado para estaciones de transformador, protección, sistemas de conexión a tierra, redes, diseño y diseño de instalación de voltaje bajo, medio y alto; Considere la recomendación mínima, debe cumplir con los proyectos de electricidad para el trabajo, el uso satisfactorio y el mantenimiento de los equipos eléctricos, así como los empleados, utilizar los principios nacionales e internacionales necesarios por cómo usar los equipos eléctricos de última generación (elementos permanentes permanentes). Para una inspección económica confiable, pero con amplios resultados (y a largo plazo), así como de calidad y confiabilidad</p>			
ADJUNTO PDF:	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593 96 013 6093	E-mail: david.fdo22@Gtmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Celso Bayardo Bohórquez Escobar		
COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Teléfono: +593 99 514 7293		
	E-mail: celso.bayardo@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			