



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA**

TEMA:

Estudio de la interconexión en media tensión de los batch switch (switch vista) de la ciudadela Belohorizonte.

AUTOR:

Vargas Vergara, Eulogio Alejandro

Trabajo de Titulación previo a la obtención del Título de

**INGENIERO ELÉCTRICO MECÁNICO
CON MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL**

TUTOR:

Ing. Montenegro Tejada, Raúl, M.Gs.

Guayaquil - Ecuador

Guayaquil, a los 15 días del mes de Marzo del año 2019



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **VARGAS VERGARA, EULOGIO ALEJANDRO** como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO ELÉCTRICO MECÁNICA CON MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL**.

TUTOR

Ing. Montenegro Tejada, Raúl, M.Gs.

DIRECTOR DE LA CARRERA

Ing. Heras Sánchez, Miguel Armando, M.Sc.

Guayaquil, a los 15 días del mes de Marzo del año 2019



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Vargas Vergara Eulogio Alejandro

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, “**Estudio de la interconexión en media tensión de los batch switch (Switch Vista) de la ciudadela Belohorizonte**”, previo a la obtención del título de **INGENIERO ELÉCTRICO MECÁNICA CON MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL**, 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.

EXPOSITOR

Vargas Vergara, Eulogio Alejandro

Guayaquil, a los 15 días del mes de Marzo del año 2019



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA**

AUTORIZACIÓN

Yo, Vargas Vergara, Eulogio Alejandro

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: “**Estudio de la interconexión en media tensión de los batch switch (Switch Vista) de la ciudadela Belohorizonte**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

EL AUTOR

Vargas Vergara, Eulogio Alejandro

Guayaquil, a los 15 días del mes de Marzo del año 2019



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f.

Ing. Heras Sánchez, Miguel Armando, M.Gs.
DIRECTOR

f.

Ing. Philco Asqui , Luis Orlando, M.Sc.
TUTOR

f.

Ing. Vallejo Samaniego, Luis Vicente, M.Sc.
OPONENTE

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a dios y de manera especial a nuestro director al Ing. Heras Sánchez, Armando, M.Sc y Agradezco también de igual manera a mi distinguido Tutor de tesis Ing. Montenegro Tejada, Raúl, M.Gs. por su apoyo y su capacidad para guiar nuestras ideas a lo largo de nuestra carrera y en el desarrollo de este trabajo.

De la misma manera agradezco a la empresa eléctrica (CNEL, ep) por la oportunidad de trabajo y por su confianza brindada para la realización de este proyecto

A nuestros padres que con su apoyo incondicional fueron pilar fundamental para cumplir nuestros objetivos.

A profesores y amigos, quienes representaron gran esfuerzo y constancia en momentos de cansancio y decline.

Vargas Vergara, Eulogio Alejandro

DEDICATORIA

A Dios.

Por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida, por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarte cada día más.

A todos los docentes y jóvenes que anhelan hacer de la electricidad una profesión especial y sobre todo alcanzar el éxito con ella.

A ti Madre.

Por haberme educado y soportar mis errores. Gracias a tus consejos, por el amor que siempre me has brindado, por cultivar e inculcar ese sabio don de la responsabilidad. ¡Gracias por darme la vida!

¡Te quiero mucho!

A ti Padre.

A quien le debo todo en la vida, le agradezco el cariño, la comprensión, la paciencia y el apoyo que me brindó para culminar mi carrera profesional.

A mis Hermanos.

Por qué siempre he contado con ellos para todo, gracias a la confianza que siempre nos hemos tenido, por el apoyo y amistad

¡Gracias!

A mi Esposa.

Gracias a mi esposa por su continuo apoyo y ánimo que me brinda en el día a día, para alcanzar nuevas metas tanto profesionales como personales y su impulso para llegar hasta este lugar.

A mi Hija.

Gracias a Dios por regalarme lo más valioso que tengo en mi vida, mi hija Euliana Alaia, fuente de inspiración para alcanzar el éxito a lo largo del camino.

A mis maestros.

Gracias por su tiempo, por su apoyo, así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

A mis amigos.

Que gracias al equipo que formamos logramos llegar hasta el final del camino y que, hasta el momento, seguimos siendo amigos.

Vargas Vergara, Eulogio Alejandro



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA CON
MENCION EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL**

REPORTE URKUND



Reporte Urkund del trabajo de titulación en **Ingeniería Eléctrico Mecánica** denominado: **Estudio de la interconexión en media tensión de los batch switch (Switch Vista) de la ciudadela Belohorizonte**. Del estudiante **Vargas Vergara, Eulogio Alejandro**. Se encuentra al 1 % de coincidencias.

Atentamente

Ing. Montenegro Tejada, Raúl, M.Gs.

DOCENTE - TUTOR

ÍNDICE GENERAL

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	V
AGRADECIMIENTO	VI
DEDICATORIA	VI
ABSTRAT	XVII
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. Objetivo específico.....	3
1.4. Metodología.....	3
1.5. Tipo de investigación	3
CAPÍTULO 2	5
PARTE I	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1. Generación de energía eléctrica	5
2.2. Tipos de generación eléctrica	6
2.2.1. Hidráulica	7
2.2.2. Térmica.....	8
2.2.3. Eólica	9
2.2.4. Solar	11
2.3. Sistema de distribución eléctrico.....	11
2.3.1. Los sistemas de distribución industrial	12
2.3.2. Los sistemas de distribución comerciales	12
2.3.3. Los sistemas de distribución urbanos	13
2.3.4. Los sistemas de distribución rural.....	13
2.4. Subestación eléctrica	13
2.4.1. Tipos de subestaciones eléctricas.....	14
2.4.2. Importancia de una subestación eléctrica	15
2.5. Niveles de voltaje.....	15
2.6. Subestación de distribución eléctrica	15
2.7.1. Derivaciones de la red de distribución de media tensión.....	17
2.8. Redes eléctricas de distribución primaria.....	18

2.8.1	Troncal:	18
2.8.2	Ramal:	18
2.9.	Último Poste.....	19
2.10.	Clasificación de los Sistemas de Distribución.....	19
2.10.1	Sistemas aéreos.	19
2.10.2	Sistemas subterráneos.....	20
2.12.	Switch Vista	23
2.13.	Codo conector de 15 KV tipo bota	23
2.15.1	Tipo pedestal.....	24
2.15.2	Tipo undercover.....	25
2.16.	Sistema Scada	26
2.17.	Transformador	26
2.18.	Tipos de transformador de distribución	26
2.18.1	Transformador elevador	26
2.18.2	Transformador reductor	27
2.18.3	Transformador de aislamiento	27
2.19.	Transformadores tipo Pad Mounted	27
2.19.1	Transformadores Monofásicos Pad Mounted	28
2.19.2	Transformadores Trifásicos Pad Mounted.....	28
2.19.3	Tipo de transformadores Pad Mounted	29
2.20.	Sistema de puesta a tierra	30
2.21.	Malla de puesta a tierra	31
PARTE II	APORTACIONES	32
CAPÍTULO 3	32
LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DEL SECTOR	32
3.1.	Introducción.....	32
3.3.	Selección del sector a intervenir	33
3.4.	Punto de inicio y fin del levantamiento de redes eléctrica	33
3.5.	Descripción de la acometida en media tensión de la ciudadela Belohorizonte	33
3.6.	Descripción de equipos existentes.....	34
CAPÍTULO 4	35
LEVANTAMIENTO TÉCNICO DE LAS REDES ELÉCTRICAS	35
4.1.	Switch vista estilo pedestal.....	35
4.3.	Entradas y salidas de switch vista	37
4.4.	Interconexión original.....	37
4.5.	Funcionamiento de la interconexión original	38

4.5.1.	Alimentador principal	38
4.5.2.	Interconexión entre PS-1y PS-P4	39
4.5.3.	Esquema de la configuración original.....	40
4.6.	Maniobra del sistema original	41
4.7.	Conexión original de línea monofásica 7.62 KV a Pad Mounted	41
4.10.	Secuencia de fases	45
4.11.	Maniobra del sistema actual en el switchgear	45
4.12.	Conexión actual de línea monofásica 7.62 KV a Pad Mounted	46
4.13.	Maniobra de codo conector 15 KV	47
4.14.	Rotulación normalizada	47
4.14.1.	Leyenda en las vías de los switch vista	48
4.14.2.	Leyenda en transformadores Pad Mounted	49
4.15.	Operación del sistema de interconexión	50
4.15.1.	Maniobra manual.....	50
4.15.2.	Maniobra automática	51
CAPÍTULO 5		54
5.1.	Plano general de la ciudadela Belohorizonte	54
5.2.	Configuración original de la conexión tipo malla de transformadores Pad Mounted	55
5.3.	Diagrama unifilar de la interconexión original de los switch vista	56
5.4.	Configuración actual de la conexión tipo malla de transformadores Pad Mounted	57
5.5.	Esquema que representa la interconexión actual de los switch vista	58
5.6.	Diagrama unifilar de la conexión tipo malla de los trasformadores circuito 1 que alimenta el switch vista PS-P1.....	59
5.7.	Diagrama unifilar de la conexión tipo malla de los trasformadores circuito 4 que alimenta el switch vista PS-P4.....	60
5.8.	Diagrama unifilar de la conexión tipo malla de los trasformadores circuito 2 que alimenta el switch vista PS-P2.....	61
5.9.	Diagrama unifilar de la conexión tipo malla de los trasformadores circuito 3 que alimenta el switch vista PS-P3.....	62
5.10.	Diagrama unifilar que representa la interconexión actual de los switch vista ..	63
CAPÍTULO 6		64
6.1.	Conclusiones	64
6.2.	Recomendaciones	65
Bibliografía		66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Generación de energía eléctrica en Mazar.....	5
Figura 2.2: Potencia Nominal y efectiva por tipo de fuente	6
Figura 2.3: Esquema de una central Hidroeléctrica	7
Figura 2.4: Central térmica Esmeraldas II.	8
Figura 2.5: Parque Villonaco en Loja	10
Figura 2.6: Mapa eólico del Ecuador con fines de generación eléctrica (MEER, 2012).....	10
Figura 2.7: Mapa solar del Ecuador con fines de generación eléctrica (CONELEC, 2008)..	11
Figura 2.8: Diagrama de bloques de un sistema de distribución.....	12
Figura 2.9: Parte de una Subestación.....	14
Figura 2.10: Niveles de Tensión.....	15
Figura 2.11: Subestación en Quinindé	16
Figura 2.12: Circuito alimentador primario con alimentador principal trifásico y alimentadores laterales monofásicos. Área de distribución suburbana.	17
Figura 2.13: Instalaciones subterráneas.....	21
Figura 2.14: Conductor de media tensión.....	22
Figura 2.15: Caja de paso.....	23
Figura 2.16: Interruptor de distribución subterráneo tipo vista 15 kV	23
Figura 2.17 Conector tipo codo 15 kv, 25 kv y 35 kv para 200 Amperes	24
Figura 2.18: Interruptor de distribución vista de tipo pedestal	25
Figura 2.19: Interruptor Vista tipo Undercover sumergible	25
Figura 2.20: Transformador reductor/elevador de voltaje ST-2000	27
Figura 2.21: Transformador Pedestal Monofásico.....	29
Figura 2.22: Transformador Trifásico Pad Mounted	30
Figura 3.1: Ubicación del proyecto (Subestación-Belohorizonte).....	32
Figura 3.2: Switch vista tipo pedestal y Transformador padmounted.....	34
Figura 4.1: Interruptor de distribución vista tipo pedestal.....	35
Figura 4.2: Placa con valores nominales S&C.....	36
Figura 4.3: Entrada y salida del switch vista	37
Figura 4.4: Conexión de entrada y salida de alimentación. (vista frontal)	38
Figura 4.5: Alimentación principal (vista superior).....	39
Figura 4.6: Interconexión actual del switch vista (vista superior)	39
Figura 4.7: Esquema de la interconexión actual.	40
Figura 4.8: Manija para maniobra del switch vista.....	41

Figura 4.9: Conexión invertida de entrada y salida.	42
Figura 4.10: Marcas de colores nuevas en cada fase.	43
Figura 4.11: Esquema de la interconexión actual.	44
Figura 4.12: Orden de acuerdo a su color de cinta.....	45
Figura 4.13: Maniobra del sistema actual en el switchgear	46
Figura 4.14 Maniobras de codo conector 15 kV	47
Figura 4.15: Maquina de rotulación.....	48
Figura 4.16: Ejemplo de rotulación en el switch vista. (vista panoramica de switch vista) ..	49
Figura 4.17: Ejemplo de rotulación en el transformador padmounted.....	50
Figura 4.18 Maniobra del sistema actual en el switchgear	51
Figura 4.19: Centro de operación del sistema scada.	53
Figura 5.1: Plano general de la ciudadela Belohorizonte.....	54
Figura 5.2: Esquema que representa la configuración actual tipo malla de transformadores padmounted	55
Figura 5.3: Diagrama unifilar que representa la interconexión actual de los switch vista.....	56
Figura 5.4: Esquema que representa la configuración actual tipo malla de transformadores padmounted.....	57
Figura 5.5: Esquema que representa la interconexión actualizada de los switch vista	58
Figura 5.6: Diagrama unifilar de la conexión tipo malla de los trasformadores circuito 1 que alimenta el switch vista PS-P1.....	59
Figura 5.7: Diagrama unifilar de la conexión tipo malla de los trasformadores circuito 4 que alimenta el switch vista PS-P4.	60
Figura 5.8: Diagrama unifilar de la conexión tipo malla de los trasformadores circuito 2 que alimenta el switch vista PS-P2.....	61
Figura 5.9: Diagrama unifilar de la conexión tipo malla de los trasformadores circuito 3 que alimenta el switch vista PS-P3.....	62
Figura 5.10: Diagrama unifilar que representa la interconexión actualizada de los switch vista.	63

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 2.10: Muestra los diferentes niveles de tensiones utilizadas en sistema de distribución.....	15
---	----

RESUMEN

El sistema eléctrico tiene como función distribuir la energía eléctrica en forma confiable, continua y segura. A pesar de esto, se presentan inconsistencias y variaciones en el sistema eléctrico producto de fenómenos eléctricos transitorios, condiciones de operación o por la forma de alimentación del suministro eléctrico. Actualmente, se produce una interrupción de energía eléctrica que perjudica a los usuarios de Belohorizonte en el momento de realizar una maniobra a nivel de media tensión (M/T) en el Switch vista. Por tal motivo el objetivo es realizar un correcto levantamiento para el estudio de la interconexión de los switch vista, en media tensión en la ciudadela Belohorizonte. Para la implementación del correcto recorrido de las líneas subterráneas de 13.2 KV. Esta línea servirá para proveer de energía eléctrica desde el switch vista principal realizando el recorrido por los 4 switch vista siguientes. La conexión en paralelo con los cinco Switch vista ubicados dentro de la ciudadela Belohorizonte y alimentados de dos alimentadoras diferentes conectadas paralelamente, los switch vista por las vías B y C alimentan los transformadores PadMounted monofásicos conectados entre sí, varios transformadores. La metodología aplicada a este proyecto es descriptiva, y empírica, se detalla el problema de las fases del cableado, esto sucede porque las fases (A, B, C) de la red no tienen la secuencia de fase adecuado o marcadas con cintas de colores. Así mismo se efectuará recolección de información y se delinearán planos eléctricos para conexiones y delineamiento de las líneas mencionadas. En este diseño, se señalan los aspectos básicos que exige la CNEL, ep Guayaquil, en la aprobación de obras realizadas por profesiones de diseño eléctricos, cálculo de la demanda, memoria técnica, así como normas y cualidades que se toman en cuenta a nivel nacional, el diseño fue elaborado de acuerdo a la metodología, criterios específicos y procedimientos establecidos en el NATSIN.

Palabras claves: Media tensión; Conexión en paralelo; Switch vista; Codos conectores; Transformadores monofásicos.

ABSTRAT

The electrical system has the function of distributing electrical energy reliably, continuously and safely. Despite this, there are inconsistencies and variations in the electrical system resulting from transient electrical phenomena, operating conditions or the way the power supply is supplied. Currently, there is an interruption of electric power that harms the users of Belohorizonte at the time of performing a maneuver at the medium voltage (M / T) level in the switch seen. For this reason the objective is to perform a correct survey for the study of the interconnection of the view switches, in medium voltage in the Belohorizonte citadel. For the implementation of the correct route of the underground lines of 15kV. This line will serve to provide electric power from the main view switch, making the tour through the 4 switches seen next. Parallel connection with the five Switch view located within the Belohorizonte citadel and powered by two different feeders connected in parallel, the switches seen through the B and C routes feed the single-phase PadMounted transformers connected to each other, several transformers. The methodology applied to this project is descriptive, and empirical, it details the problem of the wiring phases, this happens because the phases (A, B, C) of the network do not have the appropriate phase sequence or marked with colored ribbons. Likewise, information gathering will be carried out and electrical plans for connections and delineation of the aforementioned lines will be drawn up. In this design, the basic aspects demanded by the CNEL, ep Guayaquil, in the approval of works carried out by electrical design professions, demand calculation, technical memory, as well as norms and qualities that are taken into account at national level, are pointed out. , the design was elaborated according to the methodology, specific criteria and procedures established in the NATSIN.

Keywords: Medium Voltage; parallel connection; Switch view; single-phase transformer containers; substation.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1. Justificación y alcance

El presente trabajo tiene como finalidad hacer un correcto levantamiento y coordinación de protecciones para obtener facilidad y seguridad al realizar las maniobras en media tensión a través de los switch vista (PS-P).

Uno de los propósitos de este trabajo es establecer y coordinar las secuencias de fase con que debería trabajar el sistema. En estas nuevas condiciones se garantizará la realización de maniobras seguras y continuidad en el servicio de manera confiable.

La colocación de leyendas y marcas de acuerdo al nuevo levantamiento realizado en el campo de trabajo, favorece para cuando se realicen trabajos de emergencias o trabajos de mantenimiento no desconectar todo el circuito y saber dónde realizar una correcta maniobra.

En definitiva los resultados requeridos se alcanzarán mediante observaciones técnicas al sistema original, estudio y definición del sistema de interconexión de los switch vista y la identificación de parámetros.

1.2. Planteamiento del problema

Actualmente, se produce una interrupción de energía eléctrica que perjudica a los usuarios de Belohorizonte en el momento de realizar una maniobra a nivel de media tensión (M/T) en el Switch vista.

Esto sucede porque las fases (A, B, C) de la red no tienen la secuencia de fase adecuada, esta situación trae mucha incomodidad a los usuarios, además produce daños a los electrodomésticos.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Realizar el estudio de un rediseño para la interconexión de los switch vista, en media tensión en la ciudadela Belohorizonte.

1.3.2. Objetivo específico

- Realizar el levantamiento eléctrico del sistema de media tensión de la ciudadela Belohorizonte.
- Determinar la eficiencia de un sistema de interconexión en paralelo.
- Dimensionar los switch vista cuando la ciudadela este trabajando a su máxima carga.

1.4. Metodología

El trabajo de investigación corresponde al método analítico, profesional, documental, descriptivo y de campo. Es profesional porque se realizará el mantenimiento o supervisión por medio de un sistema Scada para recoger, procesar y almacenar la información recibida sistemática, además en la investigación se diseñará planos por medio de AutoCAD. Es documentada por la recolección de información de varias fuentes bibliográficas (libros, manuales, artículos indexados, paper, etc.).

Es de tipo descriptiva porque primero se pretende describir las instalaciones eléctricas de Belohorizonte y caracterizar el objeto de estudio, el cual consiste que no hay una secuencia de fases al realizar una maniobra en el switch vista.

Además, es investigación de campo, porque al detectar el problema se programó para realizar un levantamiento específico del plan de estudio, parte de la recopilación de una base teórica, lo cual conlleva la revisión de los conductores eléctricos 15 kV que se encuentran en cada caja de paso que se ubican en las aceras o calles al interior de la ciudadela Belohorizonte.

1.5. Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo cualitativa y cuantitativa porque ambos enfoques emplean procesos cuidadosos, metódicos y empíricos en su esfuerzo para generar soluciones pertinentes sobre el problema de la interconexión subterránea. Se

demuestra el grado del problema con un sustento técnico. Se revisan las ideas sobre la base de las pruebas o del análisis. Se proponen nuevas observaciones y evaluaciones para esclarecer, modificar y fundamentar las teorías e ideas, o incluso para plantear o generar otras soluciones, según lo recomienda Sampieri.

CAPÍTULO 2

GENERALIDADES DEL SISTEMA ELÉCTRICO

2.1. Generación de energía eléctrica

La producción de energía eléctrica, es el resultado de la transformación de alguna clase de energía como: la mecánica, térmica o luminosa, la hidráulica, así como se muestra en la figura 2.1 la generación de energía eléctrica que es transformada por diferentes clases de energía, esta represa ubicada en Mazar.



Figura 2.1: Generación de energía eléctrica en Mazar

Fuente: El Diario.ec

Generalmente la energía eléctrica es de generación y distribución fácil de hacer llegar a sus usuarios el suministro eléctrico.

En este contexto, se puede predecir que en el futuro la participación de la electricidad irá creciendo continuamente debido a su uso preferente en las tecnologías de usos finales. Para abastecer la demanda de electricidad esta debe ser generada en centros de transformación o centrales de generación eléctrica, en el país, esta proviene de. (EcuRed, 2018)

- Fuentes hidráulicas (energía potencial del agua)

- Térmicas (calor generado por combustibles fósiles)
- Solares (sol)
- Eólicas (viento)
- Biomasa (residuos orgánicos).

2.2. Tipos de generación eléctrica

La generación de energía eléctrica depende de fuentes renovables y no renovables.

- centrales hidroeléctricas, fotovoltaicas, eólicas y termoeléctricas con biomasa y biogás.
- tipo no renovable son térmicas, tales como: turbo gas, turbo vapor y Motores de Combustión Interna (MCI), las mismas que utilizan combustibles fósiles.

La generación de electricidad se constituye con aporte de las empresas generadoras, auto generadoras y distribuidoras con generación, por tanto, a lo largo de esta sección se analizan las potencias nominal y efectiva registradas por los mencionados participantes del sector eléctrico. (López, 2016)

La siguiente tabla 2.2 muestra los valores de potencia por tipo de fuente renovable y no renovable. Es importante señalar que las centrales térmicas cuyo combustible es el bagazo de caña se consideran como de tipo renovable.

Tipo Fuente	Tipo de Central	Tipo de Unidad	Potencia Nominal (MW)	Potencia Efectiva (MW)
Renovable	Hidráulica	Hidráulica	4.446,36	4.418,18
	Térmica Biomasa	Turbovapor	144,30	136,40
	Fotovoltaica	Fotovoltaica	26,48	25,59
	Eólica	Eólica	21,15	21,15
	Térmica Biogás	MCI	2,00	1,76
Total Renovable			4.640,29	4.603,07
No Renovable	Térmica	MCI	2.005,43	1.611,63
		Turbogás	1.118,85	969,43
		Turbovapor	461,87	422,74
Total No Renovable			3.586,14	3.003,80
Total			8.226,42	7.606,88

Figura 2.2: Potencia Nominal y efectiva por tipo de fuente

Fuente: Estadística 2016, Sector Eléctrico Ecuatoriano

2.2.1. Hidráulica

La función de una central hidroeléctrica es utilizar la energía potencial del agua almacenada y convertirla en energía eléctrica. Esto se realiza a través de un sistema de captación de agua, la cual es conducida a las turbinas, en la figura 2.3 el agua, al pasar por las turbinas a gran velocidad, provoca un movimiento de rotación que finalmente se transforma en energía eléctrica por medio de los generadores. Una vez utilizada, el agua es devuelta río abajo. Pueden clasificarse en centrales de pasada, centrales con embalse y centrales de bombeo.

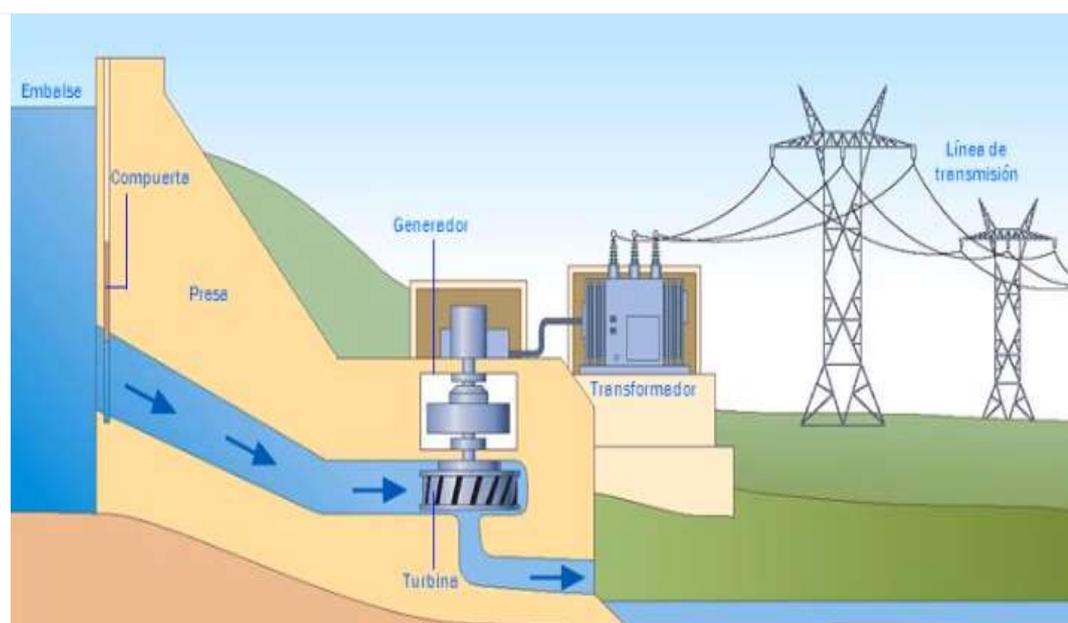


Figura 2.3: Esquema de una central Hidroeléctrica

Fuente: Slider Player – Anaya

El potencial hídrico que técnica y económicamente es aprovechable en el Ecuador llega a los 22,5 GW (CIE), de lo cual se encuentra instalado hasta el 2012 solamente 2,25 GW (10,0% de aprovechamiento). Las instituciones del Estado se centran en la explotación de este potencial mediante la construcción de grandes proyectos con altas inversiones como el caso de Coca Codo Sinclair (1,5 GW). El potencial descrito en la Tabla 3 asciende a 10,33 GW, capacidad de producción de

55,46 TWh al año equivalente a 34,36 Mbep; la inversión necesaria para su desarrollo alcanza a USD 14.110,47 millones. (Muñoz Vizhñay, 2013)

2.2.2. Térmica

Las centrales térmicas consisten en aprovechar la energía calorífica de un combustible para transformarla en electricidad. Esta transformación tiene el siguiente proceso:

- a) La energía contenida en el combustible se transforma, por combustión en energía calorífica.
- b) La energía calorífica que absorbe el fluido de trabajo se convierte al expandirse en la turbina o motor en energía mecánica.
- c) La energía mecánica es transformada en energía eléctrica a través del generador eléctrico. El ciclo Rankine es el ciclo termodinámico que se emplea en las centrales térmicas de vapor (Inmaculada & Robles Diaz), en la figura 2.4 muestra la central térmica Esmeraldas II, se aprecia la implantación de una central térmica.



Figura 2.4: Central térmica Esmeraldas II.

Fuente: CELEP EP

En el Ecuador, para la obtención de energía se cuentan con centrales hidroeléctricas, centrales termoeléctricas y con pequeñas centrales que utilizan energía

renovable (eólica, fotovoltaica, biomasa) para la producción de energía eléctrica. (Inmaculada & Robles Diaz)

Según datos estadísticos del Sector Eléctrico Ecuatoriano del 2016, las centrales térmicas no renovables, dentro de las cuales las MCI tienen la mayor participación con un 21,19% en relación al total nacional.

2.2.3. Eólica

La energía eólica es la energía cuyo origen proviene del movimiento de masa de aire, es decir, del viento. En comparación a otras fuentes convencionales, el viento tiene la ventaja de ser inagotable porque se renueva en forma continua, sin ocasionar la emisión de gases contaminantes que inciden en el calentamiento global. Además, el rápido avance de la tecnología hace posible su explotación a escala industrial, permitiendo la producción de electricidad a un costo más competitivo. (Delgado Galarza , Heras Ramírez , & Merchán Pástor , 2011).

El potencial eólico disponible bruto total del orden de 1.670 MW equivalente a 2,8 TWh al año o 1,77 Mbep al año; un potencial eólico factible a corto plazo de 884 MW equivalente a 1,5 TWh al año o 0,94 Mbep al año. En la Figura 2.2.3, puede observarse el potencial eólico del Ecuador con fines de generación eléctrica, situada principalmente en la zona de la sierra ecuatoriana. Los principales cambios en la matriz energética a través de las energías renovables se han consolidado en las provincias de Loja, Carchi y Galápagos, con proyectos avanzados en energía eólica, fotovoltaica y biocombustibles. En la ciudad de Loja, Ecuador, el Parque Eólico Villonaco ubicado a 2.720 msnm; es actualmente el más grande en su clase en el país. Once (11) aerogeneradores localizados en el cerro Villonaco tienen una capacidad instalada de 16,5 MW, producen energía limpia desde inicios del 2013 con una inversión aproximada de USD 44 millones. En la Figura 2.6 puede observarse las zonas con mayor generación de energía eólica. (Muñoz Vizhñay, 2013)

En la figura 2.5 se muestra el Parque Villonaco en la ciudad de Loja, es un proyecto más del Ministerio de Electricidad y Energía Renovables. El Parque consta de 11 aerogeneradores los cuales son capaces de generar 237.17 GWh, reduciendo la presencia de CO₂ en aproximadamente 30 mil toneladas.



Figura 2.5 Parque Villonaco en Loja

Fuente. – espol.edu.ec

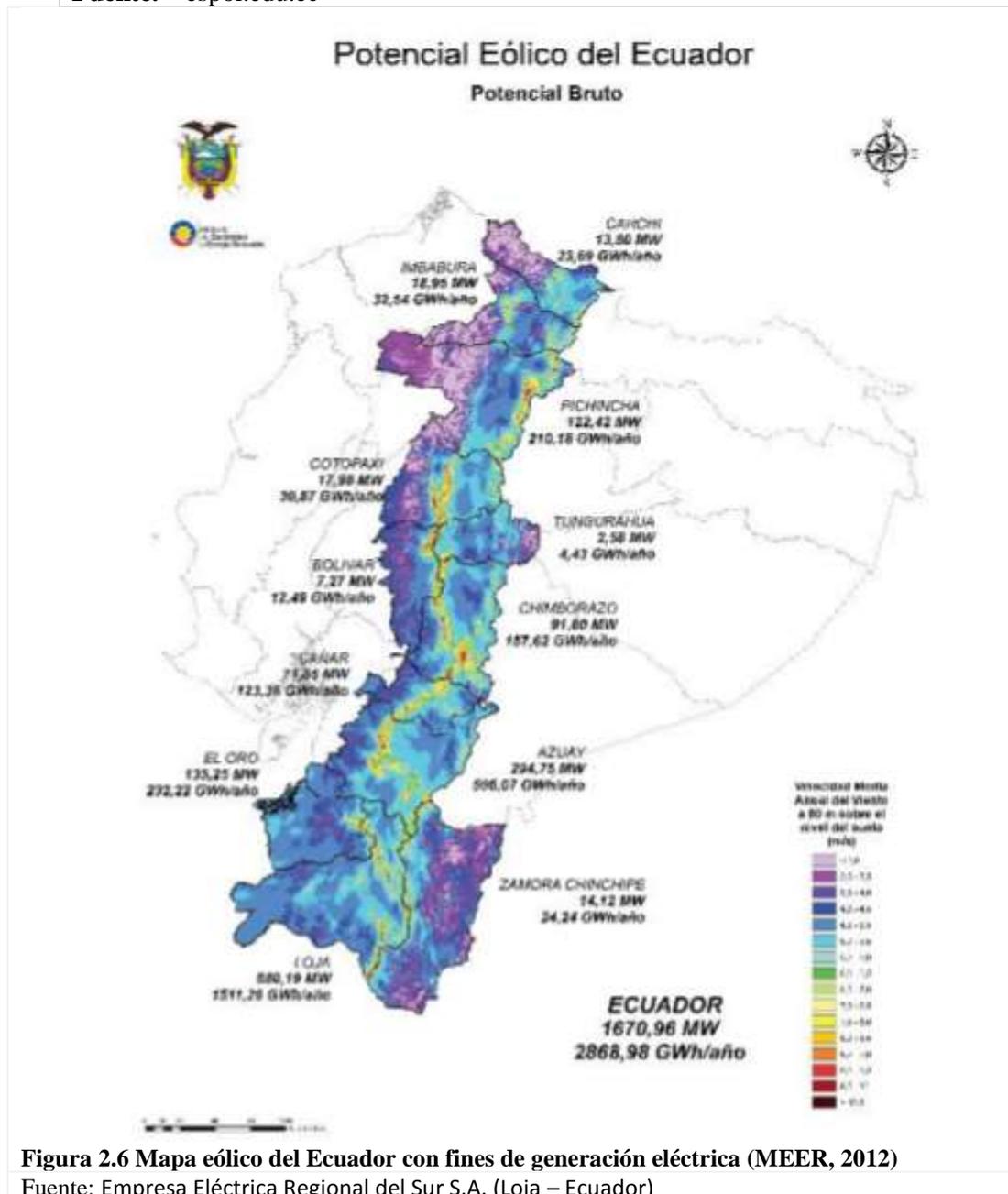


Figura 2.6 Mapa eólico del Ecuador con fines de generación eléctrica (MEER, 2012)
Fuente: Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. (Loja – Ecuador)

2.2.4. Solar

El valor medio aproximado de la radiación solar global en Ecuador es de 4575 Wh/m² /día; sin embargo, se presentan variaciones de más de un 30% de unos lugares a otros en el Ecuador continental, y de más del 40% si se comparan con las islas Galápagos. El potencial solar estimado con fines de generación eléctrica en el país es de 312 GW equivalente a 456 TWh por año o 283 Mbep por año, considerando las zonas de terrenos aprovechables sin afectar la soberanía alimentaria. La evolución tecnológica experimentada principalmente por las energías eólica y solar en los últimos años, además de otras opciones renovables, fue la razón para que altas inversiones se produzcan en la mayoría de países del mundo. En la Figura 2.7, puede observarse las zonas con mayor insolación en el país y por tanto con mayor potencial para generación fotovoltaica como el caso de las provincias de Loja, Imbabura y Carchi. (Muñoz Vizhñay, 2013).

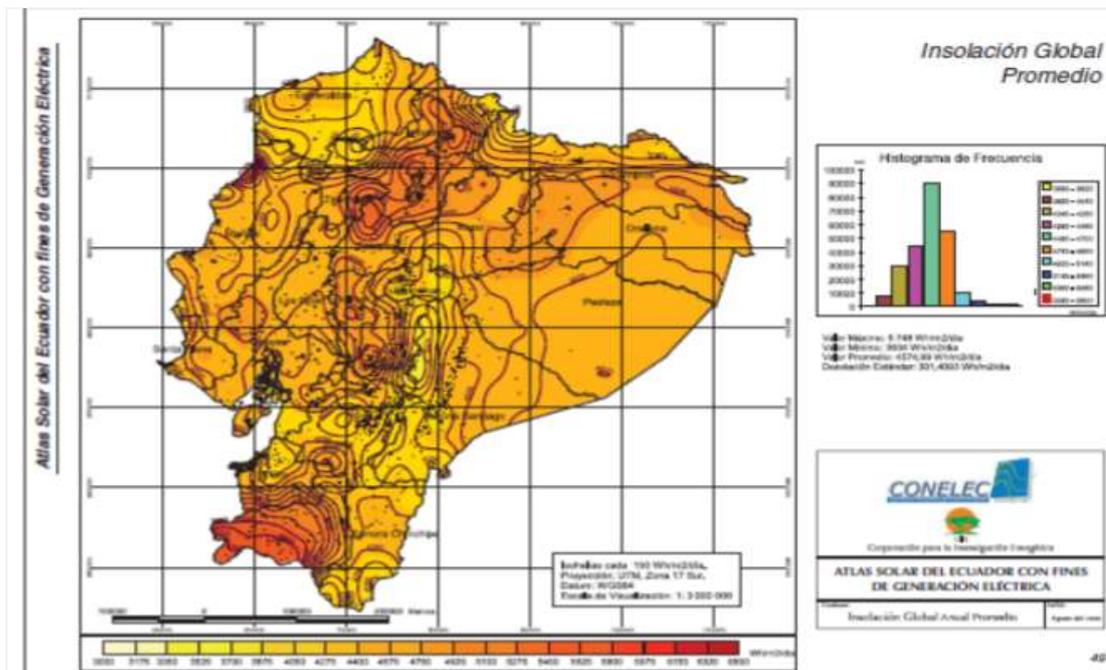


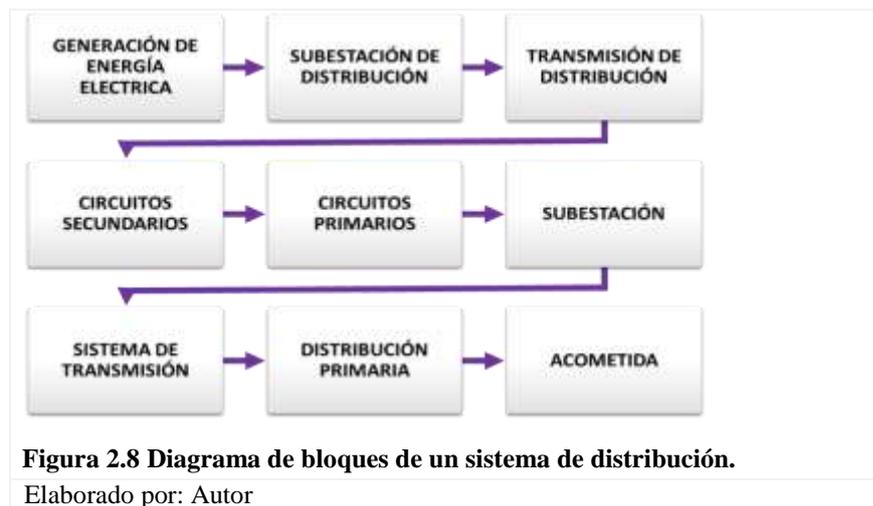
Figura 2.7: Mapa solar del Ecuador con fines de generación eléctrica

Fuente: Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. (Loja – Ecuador)

2.3. Sistema de distribución eléctrico

Un sistema de distribución de energía eléctrica es el conjunto de equipos que permiten energizar en forma segura y fiable un número determinado de cargas, con

distintos niveles de tensión, ubicados generalmente en diferentes lugares, en la figura 2.8 se puede ver el diagrama de bloques de un sistema de distribución y como la secuencia del mismo determina las correctas forma de generación y transmisión de energía.



Dependiendo de las características de las cargas, los volúmenes de energía involucrados, y las condiciones de fiabilidad y seguridad con que deban operar, los sistemas de distribución se clasifican en:

- Industriales
- Comerciales
- Urbanos
- Rurales.

2.3.1. Los sistemas de distribución industrial

Comprende a los grandes consumidores de energía eléctrica, tales como las industrias del acero, químicas, petróleo, papel, etc.; que generalmente reciben el suministro eléctrico en media tensión. (JESI CAROLINA, 2008, pág. 8)

2.3.2. Los sistemas de distribución comerciales

Es un término colectivo para sistemas de energía existentes dentro de grandes complejos comerciales y municipales, tales como edificios de gran altura, bancos, supermercados, escuelas, aeropuertos, hospitales, puertos, etc. Este tipo de sistemas

tiene sus propias características, como consecuencia de las exigencias especiales en cuanto a seguridad de las personas y de los bienes, por lo que generalmente requieren de importantes fuentes de respaldo en casos de emergencia. (JESI CAROLINA, 2008, pág. 8)

2.3.3. Los sistemas de distribución urbanos

Así mismo Carolina define un sistema de distribución urbano como la distribución de energía eléctrica a poblaciones y centros urbanos de gran consumo, pero con una densidad de cargas pequeña. Son sistemas en los cuales es muy importante la adecuada selección de los equipos y su correcto dimensionamiento.

2.3.4. Los sistemas de distribución rural

Estos sistemas de distribución se encargan del suministro eléctrico a zonas de menor densidad de cargas, por lo cual requiere de soluciones especiales en cuanto a equipos y a tipos de red. Debido a las distancias largas y las cargas pequeñas, es elevado el costo del kWh consumido. En muchos casos es justificado, desde el punto de vista económico, la generación local, en una fase inicial, y sólo en una fase posterior, puede resultar económica y práctica la interconexión para formar una red grande. (JESI CAROLINA, 2008, pág. 8)

En algunos casos es incluso justificado, desde el punto de vista económico, la generación local en una fase inicial, y sólo en una fase posterior, puede resultar económica y práctica la interconexión para formar una red grande.

2.4. Subestación eléctrica

Es un área destinada a transformar los niveles de voltajes. Para lo cual es necesario instalar transformadores de poder que reducen o aumentan los voltajes de transmisión y distribución según el caso. (Revista educativa Partesdel, 2017)

Las subestaciones como se muestra en la figura 2.9, además deben tener instaladas en el patio de maniobras: protecciones, sistema de medición e interruptores, protección a tierra, cuchillas de entradas y salidas, aparta rayos, señales de alto voltaje, nombres de alimentadores que salen desde la bahía, para facilitar los procesos de

mantenimiento y operación de las redes de distribución y transporte, (Barbosa Calderon, 2012)

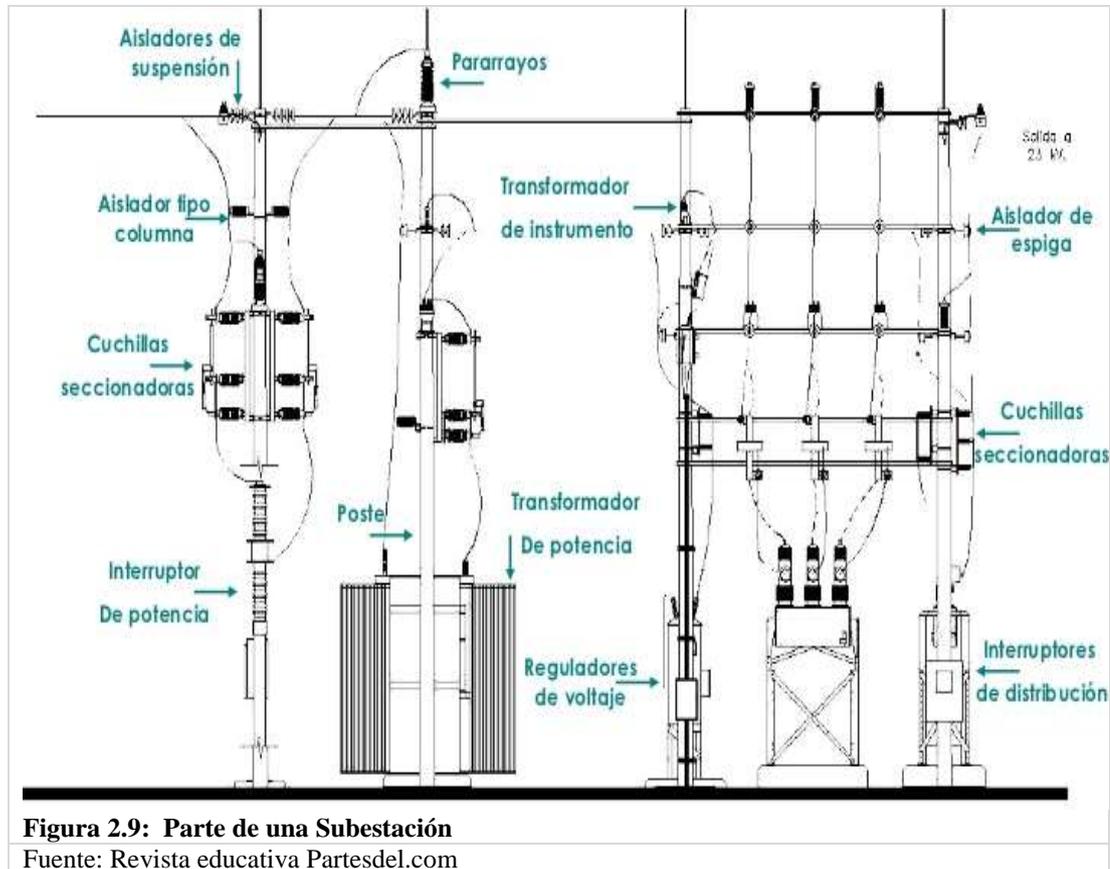


Figura 2.9: Parte de una Subestación
Fuente: Revista educativa Partesdel.com

2.4.1. Tipos de subestaciones eléctricas

- **Subestaciones eléctricas elevadoras.**

Generalmente y por cuestiones de facilidad las subestaciones eléctricas elevadoras están ubicadas en las proximidades de las centrales generadoras de energía eléctrica. La función de este transformador es elevar el nivel de tensión, hasta 138, 240 o incluso 500 KV que transportara la línea de transmisión.

- **Subestaciones eléctricas reductoras.**

La subestación reductora generalmente tiene como finalidad disminuir el nivel de tensión, que es entregada a la red de subtransmisión y distribución, estos niveles de voltajes son compatibles con el requerimiento eléctrico en las residencias y las fábricas de la ciudad.

2.4.2. Importancia de una subestación eléctrica

La subestación eléctrica es una infraestructura fundamental para poder recibir energía eléctrica en los hogares e industrias. (Rojas Bravo, s.f.)

2.5. Niveles de voltaje

La empresa distribuidora de energía está en capacidad de suministrar diferentes niveles de voltaje, los mismos que se muestran en la tabla 2.10 que son los voltajes suministrados que dan servicio eléctrico en el Ecuador a nivel nacional.

Tabla 1. Muestra los diferentes niveles de tensiones utilizadas en sistema de distribución

TENSIÓN DE SERVICIO ELECTRICO EN EL ECUADOR			
BAJA TENSIÓN	MEDIA TENSIÓN	SUBTRANSMISIÓN	TRANSMISIÓN
	7.62 KV*		138 KV
De 120 V a 440V	13.2 KV*		240 KV
240/120 V		69 KV	500 KV
208/120 V			
220/127 V			
440/240 V			

Tabla 2.10 Niveles de tensión

Elaborado por: Autor

De acuerdo a los niveles de voltaje que se encuentra en la tabla se determina que:

- para el área residencial se suministra 120 V – 240 V. (O, 2017)
- para el área industrial se suministra 7.62 KV – 13.2 KV – 69 KV.

2.6. Subestación de distribución eléctrica

La subestación de distribución eléctrica está ubicada en un lugar muy cercana a la ciudad.

La subestación generalmente recibe 69 KV y transporta a voltajes comerciales de 13,2 KV, que sirven para alimentar las diferentes cargas de la ciudad. (Harper, 2005, pág. 129)

Las subestaciones de distribución son aquellos puntos de transformación del nivel de distribución primaria al nivel de distribución secundaria. Los niveles de tensión primaria comprenden: 13,2 KV - 7,62 KV y los niveles de tensión secundaria comprende: 440 V – 220 V - 208 V – 127 V - 120 V. Se han clasificado por su ubicación, por el tipo de transformador MT / BT utilizado, por el equipo de maniobra y protección, de la siguiente manera. (Ramirez Castañeda, 2004)

En la figura 2.11 se observa una subestación de Quinindé, donde se han iniciado las pruebas de su funcionamiento montado y conexión desde los transformadores a líneas de subtransformación partiendo de la estación eléctrica del barrio “Loma 2 (La Hora, 2010).



Figura 2.11: Subestación en Quinindé

Fuente: Diario la Hora

2.7. Red de distribución en media tensión

La Red de Distribución de la Energía Eléctrica o Sistema de Distribución de Energía Eléctrica con niveles de voltaje de 13.2 KV, es la parte del sistema de suministro eléctrico cuya función es el suministro de energía desde la subestación de

distribución también obtener ramificación de múltiples salidas para transformar niveles de baja tensión 120/240 V y llegar hasta los usuarios finales (medidor del cliente).

Los elementos que conforman la red o sistema de distribución, cuya función es reducir los niveles de media tensión que salen desde la subestación y también obtener ramificación de múltiples salidas para transformar niveles de baja tensión.

2.7.1. Derivaciones de la red de distribución de media tensión

- **Alimentadores Primarios.**

A pesar de la función simple que cumplen los alimentadores primarios, sus formas pueden ser muy variadas. Los arreglos y rangos múltiples utilizados en los alimentadores primarios se deben básicamente a las diferencias de las áreas servidas y las clases de servicios requeridos.

En la Figura 2.12 se observa los circuitos de alimentador primario, son líneas trifásicas de 13.2 KV que salen de las subestaciones de distribución y alimentan los Transformadores de distribución.



Figura 2.12: Alimentador principal trifásicos y monofásicos, Área de distribución suburbana.

Fuente: Autor

- **Transformadores de Distribución.**

Los transformadores de distribución son equipos eléctricos capaces de transformar un voltaje de media tensión 13.2 KV a voltajes de 120 V – 240 V que son los que requiere el abonado para el funcionamiento de aparatos eléctricos o motores de pequeñas industrias.

- **Distribución Secundaria.**

Distribuye la potencia desde los bobinados secundarios de los transformadores de distribución, los voltajes que suministra son de 120/208 V - 120/240 V y en general voltajes hasta 600 V.

2.8. Redes eléctricas de distribución primaria

Las redes de distribución eléctricas están diseñadas y se construyen para transportar energía en los sectores urbanos y rurales. Para esto, en su recorrido alimenta transformadores de distribución que pueden ser monofásicos y trifásicos a nivel de 13.2 KV. (PySA, 2011)

Los conductores normalmente van soportados en postes cuando se trata de instalaciones aéreas y en ductos cuando se trata de instalaciones subterráneas. Los componentes básicos de un alimentador primario son:

2.8.1 Troncal:

Es el tramo de mayor capacidad del alimentador que transmite la energía eléctrica desde la subestación de potencia/distribución a los ramales. En los sistemas de distribución estos conductores son de calibres gruesos como 2/0, 3/0 y hasta #336 MCM, ACSR (calibre de aluminio con alma de acero), dependiendo del valor de la densidad de carga.

2.8.2 Ramal:

Es la parte del alimentador primario energizado a través de un troncal, en el cual van conectados los transformadores de distribución y servicios particulares suministrados en media tensión. Normalmente son de calibre menor al troncal. (VASQUEZ GRANDA , 2013, pág. 18).

2.9. Último Poste

Se denomina así al que se encuentra más cercano al cuarto de transformadores, y es de donde arranca la acometida subterránea que alimenta el switch vista.

- a) El poste es de concreto o metálico y sus características de peso, longitud y resistencia a la rotura son determinadas por el tipo de construcción de los circuitos. Son utilizados para sistemas urbanos postes de concreto de 14, 12 y 10 metros con resistencia de rotura de 1050, 750 y 510 kg respectivamente.
- b) Crucetas: son utilizadas crucetas de madera inmunizada o de ángulo de hierro galvanizado de 2 metros para 13.2 KV. y 11.4 KV. con diagonales en varilla o de ángulo de hierro (pié de amigo).
- c) Aisladores: Son de tipo ANSI 55.5 para media tensión (espigo y disco) y ANSI 53.3 para baja tensión (carretes).
- d) Herrajes: todos los herrajes utilizados en redes aéreas de baja y mediana tensión son de acero galvanizado. (Grapas, varillas de anclaje, tornillos de máquina, collarines, uest, espigos, etc).
- e) Equipos de seccionamiento: el seccionamiento se efectúa con cortacircuitos y seccionadores monos polares para operar sin carga (100 A - 200 A).
- f) Conductores: son utilizados para circuitos primarios el Aluminio y el ACSR desnudos y en calibres 4/0, 2/0, 1/0 y 2 AWG y para circuitos secundarios en cables desnudos o aislados y en los mismos calibres. Estos circuitos son de 3 y 4 hilos con neutro puesto a tierra. Paralelo a estos circuitos van los conductores de alumbrado público.
- g) Protecciones: protecciones para cortacircuitos, fusible y pararrayos tipo válvula de 10 KV. (Ramirez Castañeda, 2004)

2.10. Clasificación de los Sistemas de Distribución.

En función de su construcción, los sistemas de distribución se clasifican en:

2.10.1 Sistemas aéreos.

Instalados en postes de concreto provistos de crucetas y aisladores.

Las características del sistema aéreo son:

- Costo inicial más bajo.

- Son las más comunes y materiales de fácil consecución.
- Fácil mantenimiento.
- Fácil localización de fallas.
- Tiempos de construcción más bajos.

Y tiene las siguientes desventajas:

- Mal aspecto estético.
- Menor confiabilidad.
- Menor seguridad (ofrece más peligro para los transeúntes).

Son susceptibles de fallas y cortes de energía ya que están expuestas a: descargas atmosféricas, lluvia, granizo, polvo, temblores, gases contaminantes, brisa salina, vientos, contactos con cuerpos extraños, choques de vehículos y vandalismo. (NACIONAL, 2004, pág. 6)

2.10.2 Sistemas subterráneos.

Los sistemas de redes eléctricas subterráneas están alojados por debajo del nivel del suelo, la tendencia es hacer uso de ese sistema en ciudades y áreas de regeneración y sobre todo en urbanizaciones nuevas. Estos sistemas de redes proporcionan mucha seguridad, estética y eficiencia. (NACIONAL, 2004, pág. 7)

Las redes de distribución subterráneas son construidas en aquellas zonas en las cuales las autoridades administrativas o el urbanizador decidan que son preferibles a las aéreas para preservar de contaminación visual el medio ambiente. Aquella que está constituida por uno o varios cables aislados que forman parte de un circuito eléctrico, colocados bajo el nivel del suelo, ya sea directamente enterrada, en ductos o en cualquier otro tipo de canalización.

Actualmente por razones de seguridad, estética, eficiencia y economía en los gastos de mantenimiento se hacen las distribuciones eléctricas en forma subterránea, aunque esto represente un desembolso en montaje varias veces mayor que si la distribución fuera aérea. Una distribución subterránea básicamente está conformada por tubería para las canalizaciones, cajas de registro como se ve en la figura 2.13, las cuales están unidas por tuberías, cable subterráneo, bóvedas y fosas. En este caso únicamente se hablará de los cables subterráneos y celdas de transición necesarios para el tipo de conexión a utilizar. (San José Pérez, 2007, pág. 1)



Figura 2.13: Instalaciones subterráneas

Fuente: Autor

2.11. Red de alimentación de 13.2 KV

Para el diseño de la línea se tiene como base la estructura ya establecida en el diseño de la ciudadela Belohorizonte. Se tomó en consideración la obra civil en construcción que tenía como referencia las aceras y bordillos.

Las líneas primarias a 13.2 KV están conformadas por uno, dos o tres conductores de fase y un conductor de neutro continuo sólidamente puesto a tierra a partir de un punto neutro de la subestación de distribución y común con los circuitos secundarios. Los circuitos secundarios con la red primaria a esta tensión son predominantemente monofásicos a tres conductores. (Pillo Santamaria, 2013, pág. 13)

2.11.1 Conductor aislado 15 KV

Un cable subterráneo está formado por varias capas de semiconductores, aislamientos, cubiertas, pantallas y en ocasiones armaduras.

Se utilizarán conductores aislados para 15 KV en polietileno reticulado XLPE o en elastómero del etileno propileno EPR, en la figura 2.14 se muestra el conductor 15 KV de media tensión con pantalla metálica en cinta de cobre aplicada

helicoidalmente y traslapada, con chaqueta de cloruro de polivinilo PVC, blindaje en polietileno reticulado semiconductor extruido simultáneamente con la chaqueta y nivel de aislamiento del 133 %, Se utilizarán conductores de cobre únicamente. Aunque el calibre del conductor queda determinado por los parámetros de diseño, dicho calibre no será inferior a 2 AWG para ramales y XLPE No. 4/0 AWG en alimentadores troncales. (Conductores del Norte, s.f.),



Figura 2.14: Conductor de media tensión 15 KV
Autor: www.cdeln.com

2.11.2 Ductos de 4 y 6 pulgadas

Para las instalaciones de redes eléctricas subterráneas se necesitan tuberías de 4" y 6" PVC tipo corrugada, en dicha tubería van a ser transportados conductores eléctricos para conexiones entre cada caja de paso.

2.11.3 Caja de paso

Las cajas de paso facilitan las labores de tendido de los cables subterráneos, en trayectos largos entre ellas, siendo la distancia máxima entre cajas de 40 metros, también se utilizan cuando existan un desnivel pronunciado del terreno, logrando realizar un cambio en el nivel de la canalización. Además, se utilizarán cajas de paso para los circuitos de baja tensión. (Barroso Baño, 2013, pág. 67)

En la construcción de redes subterráneas, se encuentran cajas de paso con medidas de 80x80x80 cm provistas de una tapa construida en hormigón o metal.

Como se muestra en la figura 2.15 las cajas de paso están comunicadas entre si a través de los ductos que sirven para alojar los conductores, y sirven para realizar derivaciones a mas circuitos.



Figura 2.15: Caja de paso

Fuente: Autor

2.12. Switch Vista

El interruptor de distribución subterránea vista es un equipo importante para realizar maniobras a nivel de media tensión de manera segura. Además, presenta la facilidad de derivar alimentaciones a otros equipos, como se puede apreciar en la figura 2.16 el tipo de switch vista un equipo completamente hermético y seguro para que los técnicos realicen trabajos completamente seguro.



Figura 2.16: Interruptor de distribución subterráneo tipo vista 15 KV

Fuente: S&C Electric Company

2.13. Codo conector de 15 KV tipo bota

Los codos son dispositivos que realizan una conexión de comunicación entre el conductor de 15 KV y las entradas y salidas del switch vista, como se aprecia en las figura 2.17 conexión de codos conector. (Electric Company, 2019).



Figura 2.17 Conector tipo codo 15KV, 25KV y 35KV para 200 Amperes

Fuente: Autor

2.14. Características del Switch Vista

El nuevo sistema de construcción del sistema vista tiene como característica esencial simplificar las operaciones y aumentar la seguridad para el técnico que opera el equipo, de esta manera se acorta el tiempo de interrupción del suministro eléctrico. (Electric Company, 2019)

2.15. Tipos de switch vista

Existen 2 tipos de switch vista.

2.15.1 Tipo pedestal

El interruptor de distribución vista tipo pedestal tiene características importantes que mejoran la estética, ocupa menos área para su montaje.

El equipo tiene dos lados bien definidos como se ve puede ver en la figura 2.18 se tiene el switch vista tipo pedestal, en el uno se encuentran los codos tipo conector y en el otro lado los interruptores para realizar las maniobras que se encuentran con la nomenclatura correspondiente para realizar maniobras o conectar los codos de manera segura.



Figura 2.18: El interruptor de distribución vista tipo pedestal

Fuente: S&C Electric Company

2.15.2 Tipo undercover

El switch vista undercover se instala en bóvedas subterráneas construidas de acuerdo a sus medidas, cuando se producen inundaciones de agua, actúa de forma sumergible para evitar que se mojen los codos conectores y se produzcan sulfataciones indeseadas, generalmente esto ocurre cuando el nivel freático del agua se eleva fácilmente.

En la figura 2.19 observamos el tipo de switch vista undercover que se puede realizar maniobras en media tensión por medio de una palanca adecuada para este tipo de switch



Figura 2.19 Interruptor Vista tipo Undercover sumergible

Fuente: S&C Electric Company

2.16. Sistema Scada

La automatización industrial consiste en gobernar la actividad y la evolución de los procesos sin la intervención continua de un operador humano. En los últimos años, se ha estado desarrollado el sistema denominado SCADA, por medio del cual se puede supervisar y controlar las distintas variables que se en un proceso planta industrial.

Para ello se debe utilizar diversos elementos periféricos, software de aplicación, unidades remotas, sistemas de comunicación, etc., que le permiten al operador tener acceso completo al proceso mediante su visualización en una pantalla de computador. (Pérez-López, 2015)

2.17. Transformador

El transformador eléctrico es una máquina electromagnética que se usa para aumentar o disminuir una fuerza electromotriz (Potencial, tensión eléctrica o voltaje) y que tiene como finalidad transformar el voltaje. También se puede usar para aislar eléctricamente un circuito. Está compuesto de dos embobinados independientes (devanados) en un núcleo de aire o material electromagnético. Su principio de funcionamiento es la inducción electromagnética y sólo funciona con C. A. o corriente directa pulsante.

- El voltaje que llega al bushings primario de un transformador se denomina voltaje de entrada.
- El voltaje que se obtiene a la salida se denomina voltaje de salida. (Aviles Martines & Rodriguez Jijon, 2017)

2.18. Tipos de transformador de distribución

Son transformadores capaces de disminuir la tensión de salida con relación a la tensión de entrada. En su estructura interna, el número de espiras del devanado primario es mayor al devanado del secundario.

Existen 3 tipos de transformadores de distribución.

2.18.1 Transformador elevador

Es aquel que recibe un voltaje determinado y entrega un voltaje mayor al recibido, en cuyo caso se la denomina transformador elevador.

2.18.2 Transformador reductor

Es aquel que recibe un voltaje determinado y entrega un voltaje menor al recibido, en cuyo caso se la denomina transformador reductor.

2.18.3 Transformador de aislamiento

Un transformador de aislamiento es aquel que tiene una relación de transformación igual a la unidad. Es decir, el voltaje que entra en el primario debe ser igual al voltaje del secundario.

Como ejemplo en la figura 2.20 se presenta el transformador St-2000 que es de voltaje, destinado a convertir el voltaje de 220-240 V a 110-120 V y de 110-120 V a 220-240 V.



Figura 2.20 Transformador reductor/elevador de voltaje ST-2000

Fuente: Pertel – Perú

2.19. Transformadores tipo Pad Mounted

Los transformadores tipo Pad Mounted, tienen la característica de ser utilizados en sistemas de distribución subterráneos, se utilizan para distribuir energía en baja tensión a residencias de las ciudadelas, alumbrado público e industrias.

2.19.1 Transformadores Monofásicos Pad Mounted

Para los sistemas eléctricos de distribución subterráneos, se dispone de una variedad de transformadores tipo Pad Mounted monofásicos. Gracias a las seguridades que estos equipos presentan, son ideales para ser ubicados en espacios frecuentados por el público como jardines, parques, centros comerciales.

En la figura 2.21 se puede ver cómo está formado en transformador padmounted. Son de frente muerto por lo cual poseen una consola para cubrir las partes energizadas y permiten un mejor uso de los espacios.

Estos equipos son diseñados y construidos con tecnología de punta cumpliendo las normas nacionales INEN 2683 e internacionales ANSI/IEEE C57.12.38 y ANSI/IEEE C57.12.28.



Figura 2.21: Transformador Pedestal Monofásico
Fuente: S&C Electric Company

2.19.2 Transformadores Trifásicos Pad Mounted

Los transformadores tipo Pad Mounted trifásicos son una alternativa ideal para cuartos de transformación o subestaciones con espacios reducidos, como en la figura 2.22 se observa como poseen una consola con puertas individuales para baja y alta tensión, donde el compartimiento de alta tensión, será accesible solo si el de baja tensión y sus respectivos seguros son abiertos.

Los transformadores trifásicos Pad Mounted pueden ser construidos desde 30 KVA hasta 2500 KVA, están diseñados para aplicaciones en sistemas de distribución subterráneos, y sirven para suministrar energía a centros comerciales, edificios, urbanizaciones, y establecimientos industriales.



Figura 2.22: Transformador Trifásico Pad Mounted

Fuente: S&C Electric Company

2.19.3 Tipo de transformadores Pad Mounted

Existen 2 tipos de transformadores Pad Mounted dependiendo de la alimentación, que puede ser de una fuente o de dos fuentes y garantizando la selectividad respectiva.

Los transformadores padmounted pueden ser del tipo radial o malla de acuerdo a las necesidades de nuestros clientes, además de que pueden llevar protecciones como fusibles del tipo BAY-O-NET en media tensión y breaker en baja tensión.

▪ **Tipo Radial**

El transformador tipo radial puede ser monofásico o trifásico, su característica de funcionamiento es que está diseñado para recibir la alimentación exclusivamente de una sola fuente, esto implica que si la alimentación falla por algún motivo, el transformador no podrá volver a ser energizado mientras no se haya solucionado la falla.

▪ **Tipo Malla**

En este tipo de transformador tiene la característica de poder ser energizado por dos fuentes diferentes y tiene como facilidad la interconexión con varios transformadores entre sí. Por alguna falla una de las fuentes se interrumpe, por la otra vía se puede mantener el equipo energizado. (Yañez Herrera, 2013)

2.20. Sistema de puesta a tierra

Se debe crear un sistema de puesta a tierra que brinde estabilidad, continuidad y protección al área a proteger, pero no solo influye la protección al equipo como tal sino también a la vida de las personas para de esta manera evitar una desgracia o peor aún una pérdida que lamentar. (Guzmán Maridueña, 2015)

La puesta a tierra es un mecanismo de seguridad que forma parte de las instalaciones eléctricas y que consiste en conducir eventuales desvíos de la corriente hacia la tierra, impidiendo que el usuario entre en contacto con la electricidad.

Para obtener un sistema sólidamente aterrizado, hay que observar las siguientes características.

- Proporcionar una impedancia suficientemente baja para facilitar la operación satisfactoria de las protecciones en condiciones de falla.
- Asegurar que seres vivos presentes en la vecindad de las subestaciones no queden expuestos a potenciales inseguros, en régimen permanente o en condiciones de falla.
- Mantener los voltajes del sistema dentro de límites razonables bajo condiciones de falla (tales como descarga atmosférica, ondas de maniobra o contacto inadvertido con sistemas de voltaje mayor), y asegurar que no se excedan los voltajes de ruptura dieléctrica de las aislaciones.
- Estabilizar los voltajes fase a tierra en líneas eléctricas bajo condiciones de régimen permanente, por ejemplo, disipando cargas electrostáticas que se han generado debido a nubes, polvo, agua, nieve, etc.
- Proporcionar una trayectoria alternativa para las corrientes inducidas y de tal modo minimizar el «ruido» eléctrico en cables.

- Proporcionar una plataforma equipotencial sobre la cual pueda operar equipo electrónico.

2.21. Malla de puesta a tierra

La mayoría de los sistemas eléctricos necesitan ser aterrizados y que esta práctica probablemente se inició en los primeros días de los experimentos eléctricos. Entonces, como ahora, la estática se descargaba por conexión a una placa que estaba en contacto con la masa general de la tierra.

Las conexiones a tierra se encuentran en casi todos los puntos en el sistema eléctrico. Esto incluye la estación generadora, las líneas y los cables que distribuyen la energía eléctrica y los usuarios en donde se suministra la energía eléctrica. (Guzmán Maridueña, 2015, pág. 33)

- Evitan daños por sobre voltaje, producidos por descargas atmosféricas, operación o maniobra de disyuntores.
- Proporcionan una vía rápida de descarga de baja impedancia, con el fin de asegurar y mejorar las protecciones.
- Proporcionar seguridad al personal de la subestación.

PARTE II APORTACIONES

CAPÍTULO 3

LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DEL SECTOR

3.1. Introducción

La ciudadela Belohorizonte está ubicada vía a la costa en el km 15 de la ciudad de Guayaquil.

La red de media tensión de (CNEL, ep) pasa por la Av. principal de dicha ciudadela, donde se encuentra la interconexión entre las líneas aéreas y las líneas de 13.2 KV que lleva el suministro eléctrico, hasta el switch vista **PS-P** como receptor del voltaje trifásico 13.2 KV en media tensión.

La ciudadela está conformada por 9 etapas y 20 subciudadelas, donde cada una cuenta con 60 villas, en las 9 etapas contamos 1600 viviendas aproximadamente.

3.2. Ubicación del proyecto

El proyecto de la interconexión de los switch vista por medio de líneas subterráneas 13.2 KV, se encuentra ubicado en el cantón Guayaquil de la provincia del Guayas en la figura 3.1 se muestra la ubicación de la ciudadela Belohorizonte. Su punto de partida es la alimentadora puerto azul de 13.2 KV proveniente de la subestación Belohorizonte ubicada al noroeste de la ciudad, en la Av. vía a la costa.

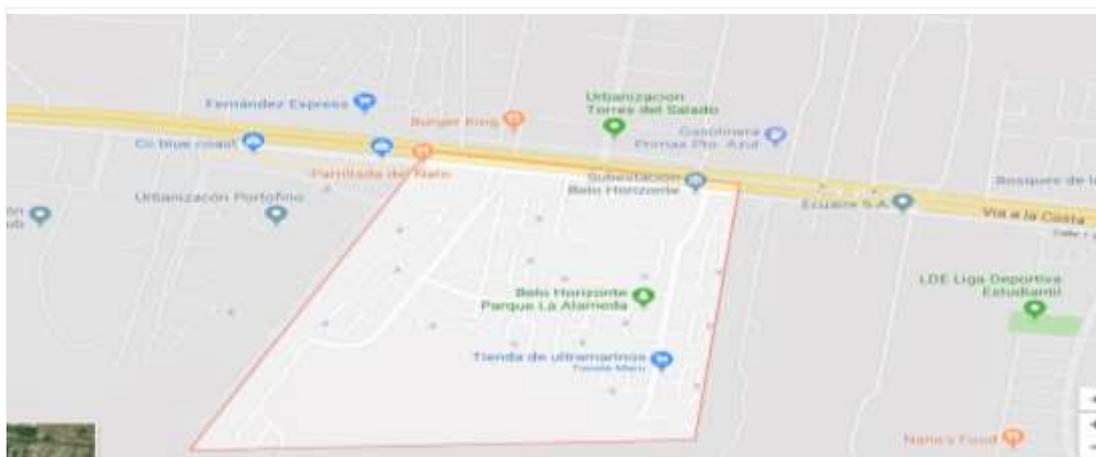


Figura 3.1: Ubicación del proyecto (Ciudadela Belohorizonte)

Fuente.: Google maps

3.3. Selección del sector a intervenir

Para la selección del sector se tomó en consideración la parte de equipos instalados en dicho lugar, también el punto de vista técnico y ambiental.

Luego, se ejecutó una verificación en la zona que estaba prevista para realizar el proyecto de las rutas preseleccionadas, hasta determinar la más adecuada para el levantamiento de dichos conductores eléctricos.

Esta actividad fue ejecutada tomando en cuenta criterios de un grupo de profesionales pluridisciplinarios en ingeniería civil, eléctrica, medio ambiente y componente social.

3.4. Punto de inicio y fin del levantamiento de redes eléctrica

El punto de partida es la alimentadora puerto azul que pasa por la Av. principal vía a la costa, pues corresponde al primer punto crítico de aquí parte el origen de nuestro sistema. Se determinaron varias opciones durante la selección de la ruta las cuales fueron estudiadas de manera más rigurosa llegando a establecer que la mejor opción era derivarse de la alimentadora puerto azul de 13.2 KV proveniente de la Subestación eléctrica Belohorizonte, ruta más cercana que nos ofrece mayor confiabilidad y estabilidad del sistema, tomando como referencia la normativa correspondiente, en este caso la regulación ARCONEL, de la cual hay que partir para la selección y diseño de las nuevas rutas.

3.5. Descripción de la acometida en media tensión de la ciudadela Belohorizonte

El punto de interconexión está ubicado en el exterior de la ciudadela en la red de media tensión 13.2 KV de CNEL, ep. El tramo aéreo que llega al poste es de Al #1/0 desnudo, de este poste sale la alimentación con una red subterránea trifásica de conductor 15 KV #2 que alimenta el switch vista principal por la **vía B**.

La presente alimentación de líneas aéreas o subterráneas de 13.2 KV, ha sido diseñada bajo criterios técnicos establecidos para la elaboración de proyectos de líneas y redes trifásicas con tensiones nominales de 13.2 KV. En la determinación de las distancias

mínimas de aislamiento se han tomado en cuenta cálculos con distancias reducidas entre fase y fase, de tal forma que se asegure un correcto funcionamiento de la línea ante diversos tipos de contingencias. Esto también contribuye a mejorar los índices de calidad de servicio en el sistema en el sistema eléctrico.

3.6. Descripción de equipos existentes

En la ciudadela Belohorizonte se tiene el equipo principal que es un switch vista PS-1, este recibe la alimentación con líneas subterráneas de 13.2 KV que provienen desde las líneas aéreas ubicadas en la Av. principal vía a la costa que se encuentran a la entrada principal de dicha ciudadela.

La ciudadela en mención tiene 6 switch vista internamente ubicados en ciertos sectores, estos equipos están interconectados por conductores eléctricos con un recorrido subterráneo en serie. La ciudadela en mención cuenta con transformadores Pad Mounted de 37.5 KVA hasta 50 KVA, estos alimentan a varios usuarios, en la figura 3.2 se muestra el equipo switch vista tipo pedestal y el transformador Pad Mounted.



Figura 3.2: Switch vista tipo pedestal y Transformador Pad Mounted.

Fuente: Autor

CAPÍTULO 4

LEVANTAMIENTO TÉCNICO DE LAS REDES ELÉCTRICAS

4.1. Switch vista estilo pedestal

El interruptor de distribución subterránea vista es un equipo importante para realizar maniobras a nivel de media tensión de manera segura. Además, presenta la facilidad de derivar alimentaciones a otros equipos.

Actualmente en el sistema de distribución en análisis, se encuentran instalados 5 interruptores switch vista, son iguales en caracterizas y funcionamiento pero la diferencia es en la cantidad de salidas o entradas, se tiene dos modelos:

- 4 interruptores switch vista de 4 entradas o salidas **modelo 422**.
- 1 interruptor switch vista de 6 entradas o salidas **modelo 624**.

En la figura 4.1 se muestra el tipo de switch vista, tipo pedestal ubicado al interior de la ciudadela belohorizonte, en la misma que se encuentran 5 switch vista , ubicados en diferentes lugares al interior de la ciudadela belohorizonte.



Figura 4.1: Interruptor de distribución vista tipo pedestal.

Fuente: Autor

4.2. Switch vista modelo 422

A continuación, en la figura 4.2 se presenta los valores nominales del switch vista que se encuentran en la placa de datos.

En esta placa podemos observar cuál es la tensión requerida, los amperajes con los cuales son los valores definidos y las características eléctricas del equipo.

S&C		S&C VISTA UNDERGOUND DISTRIBUIDOR SWITCHGEAR	
CARACTERISTICAS ELECTRICAS:		MODELO 422	
KV, MAX		15.5	
KV, BIL		95	
CAPACIDAD DE INTERRUPCIÓN:			
AMPERIOS, RMS SIM		12500	
INTERRUPTORES DE FALLAS, AMPERIOS:			
CONTINUO		200	
DESCONEXIÓN DE CARGA		200	
CAPACIDAD INTERRUPCIÓN RMS SIM		12500	
CAPACIDAD CIERRE CONTRA FALLA, 10 VECES:			
RMS ASIM		20000	
RMS SIM		12500	
SECCIONADORES, AMPERIOS:			
CONTINUO		600	
DESCONEXION DE CARGA		600	
CAPACIDAD CIERRE CONTRA FALLA, 10 VECES:			
RMS ASIM			
RMS SIM			
CORRIENTE DE CORTA DURACIÓN, RMS			
MOMENTANEO, ASIM		20000	
UN SEGUNDO, SIM		12500	
CUIDADO: Antes de operar, inspeccionar o dar mantenimiento al equipo, favor referirse al manual de instrucciones provisto por la compañía S&C Electric Compsny.			
S&C ELECTRIC COMPANY			
CHICAGO, ILLINOIS		HECHO IN U.S.A	

Figura 4.2 Placa con valores nominales S&C

Fuente: Autor

4.3. Entradas y salidas de switch vista

Se muestra en la figura 4.3 las entradas y salidas para conectarlas con codos conector 15 KV, estas alimentaciones llegan trifásicamente a las diferentes vías del equipo.

Las entradas y salidas del switch vista de media tensión, pueden ser utilizadas en las siguientes circunstancias:

- Para alimentación de acometida principal de 13.2 KV CNEL, ep.
- Para interconexión entre los switch vista.
- Para derivaciones de circuitos por medio de líneas subterráneas.
- Para alimentación a transformadores Padmounted tipo radial o tipo malla.



Figura 4.3 Entrada y salida del switch vista

Fuente: Autor

4.4. Interconexión original

En la interconexión eléctrica original se encuentra una descoordinación de parámetros eléctricos en las líneas que salen de un switchgear de las vías (A, B, C, D), cuya secuencia de fases es A, B, C la misma que no se mantiene al llegar a la vía A del switchgear siguiente, esto sucede por no haber tenido una correcta identificación y marcación sin mantener el orden establecido.

Debido a esto no se puede realizar una interconexión en paralelo con la misma alimentadora o con otra alimentadora que puede prestar servicio cuando falle la alimentadora principal.

En la figura 4.4 se muestra la entrada y salida de conexión de alimentadoras, en estas vías podemos conectar la alimentación que llega desde CNEL, ep y las alimentadoras hacia los demás switch vista y también alimentadores monofásicos hacia los transformadores padmounted.



Figura 4.4: Conexión de entrada y salida de alimentación. (vista frontal)

Fuente: Autor

4.5. Funcionamiento de la interconexión original

En la ciudadela Belohorizonte originalmente existía un tipo de interconexión, que no permitía realizar maniobras en paralelo.

4.5.1. Alimentador principal

La alimentación que llega de CNEL, ep ingresa a la vía A del switchgear PS-P, como se muestra en la figura 4.5. Dicha alimentación llega de la parte exterior de la ciudadela alimentando el PS-P principal y así este alimenta los demás switch vista por una interconexión con conductores 15 KV subterráneos.

Este interruptor del switch vista, denominado por una nomenclatura que se muestra en la figura, son con los que se realizan las maniobras para energizar o desenergizar los equipos alimentados del mismo.



Figura 4.5: Alimentación principal (vista superior)

Fuente: Autor

4.5.2. Interconexión entre PS-1y PS-P4

Para realizar la interconexión que cierra el anillo entre los switch vista del sistema, se tenía una alimentación desde el switchgear PS-P1 al switchgear PS-P4, como se observa en la figura 4.6. Esta alimentación original presentaba inconvenientes a la hora de realizar una maniobra en paralelo, por este motivo al realizar una inspección empírica se dio como resultado que no presentaba la forma adecuada de fases: L1 – L2 – L3.



Figura 4.6: Interconexión actual del switch vista (vista superior)

Fuente: Autor

4.5.3. Esquema de la configuración original

En la figura 4.7 se muestra un esquema que ilustra la configuración de la interconexión original, en el gráfico se puede ver la forma de interconexión original entre los switch vista PS-P, PS-P1, PS-P2, PS-P3 y PS-P4, ubicados dentro de la ciudadela belohorizonte.

4.6. Maniobra del sistema original

Las maniobras en los switch vista se realizan de manera manual mediante una palanca de maniobra, que es la recomendada para insertar en el interruptor del switch vista, con un movimiento a open o close se realiza la maniobra a nivel de media tensión.

Al momento de realizar la maniobra en media tensión, las vías A o D de las alimentadoras correspondientes deberían cerrarse paralelamente, para alimentar los switch vista por las dos vías, esto no ocurre debido a que no existe la coordinación necesaria de los parámetros: frecuencia, voltaje y secuencia de fases, en la figura 4.8 se observa cómo se inserta la manija, para poder realizar una correcta maniobra.



Figura 4.8: Manija para maniobra del switch vista

Fuente: Autor

4.7. Conexión original de línea monofásica 7.62 KV a Pad Mounted

La alimentación a transformadores Pad Mounted en la ciudadela belohorizonte es por medio de malla o anillos, con una línea de 7.62 KV que alimenta cada uno de los transformadores Pad Mounted.

La alimentación de estos transformadores Pad Mounted sale desde una de las vías (A, B, C, D) del switch vista más cercano, donde se puede cerrar el anillo con el último transformador y luego seguir alimentando los demás equipos.

En este proceso se encontró que la alimentación por el insert H1-A y H1-B, no es el correcto, debido que cuando se quiere realizar un mantenimiento en un transformador Pad Mounted específico, no es posible desenergizarlo por las dos vías al mismo tiempo, ya que las conexiones en los terminales H1A y H1B están invertidas, como se muestra en la figura 4.9 se puede observar que la línea de media tensión ingresa por el insert H1-B cuando debería alimentar por H1-A.



Figura 4.9: Conexión invertida de entrada H1A y salida H1B.
Fuente: Autor

4.8. Interconexión actual

El sistema de interconexión actual fue realizado en base al levantamiento y análisis de las características y condiciones del sistema original.

Uno de los puntos más importantes fue establecer y coordinar la secuencia de fases con que debería trabajar el sistema.

En estas nuevas condiciones se garantizará la realización de maniobras seguras y la continuidad del servicio de manera confiable.

Se procede a realizar una correcta identificación de las líneas, identificándolas con cintas aislantes para evitar confusiones con otros conductores que pasan por esas cajas de paso.

Las líneas eléctricas subterráneas que salen de un switchgear de la vía (A, B, C, D), marcadas con cintas de colores o identificadas como fases A, B, C y la rotulación luego del levantamiento es la misma al llegar a la vía A del switchgear siguiente, la figura 4.10 se observa la nueva identificación de las fases mediante marcas de colores.



Figura 4.10: Rotulación con cintas de colores en cada fase.

Fuente: Autor

4.9. Funcionamiento actual de las vías del switchgear

En la ciudadela Belohorizonte se tiene 4 switch vista modelo 422 y 1 switch vista modelo 624 cada uno tiene 4 vías (A, B, C, D), para las interconexiones entre ellos o para alimentar los transformadores Pad Mounted.

- **El switch principal PS-P.** Recibe la alimentación de CNEL, ep por la vía B, alimenta el switchgear PS-P1 por la vía C y alimenta al switchgear PS-P4 por la vía D, quedando libre la vía A.
- **PS-P1.** Recibe la alimentación de switchgear PS-P por la vía A, alimenta a transformadores Pad Mounted de etapa 1 – 2 desde la vía B y C, alimenta a switchgear PS-P2 desde la vía D.
- **PS-P2.** Recibe la alimentación de switchgear PS-P1 por la vía A, alimenta a transformadores Pad Mounted de etapa 3, 4 y 5 desde la vía B , alimenta a switchgear PS-P3 por la vía D y alimenta a switchgear PS-P4 por la vía C.

- **PS-P3.** Recibe la alimentación de switchgear PS-P2 por la vía A, alimenta a transformadores Pad Mounted de etapa 6, 7, 8 y 9, desde la vía B y C, alimenta a switchgear PS-P4 desde la vía D. El switchgear PS-P3 recibe alimentación de alimentadora ceibos por la vía D, cuando sea posible el uso se realiza maniobra y quedan conectado en paralelo.
- **PS-P4.** Recibe la alimentación de switchgear PS-P2 por la vía D, alimenta a transformadores Pad Mounted de etapa 2 por la vía B y C, la planta de tratamiento interagua es alimentada desde la vía C, retorna con alimentación a switchgear PS-P por la vía A, En la figura 4.11 se muestra las vías ABCD, del switch vista.

4.10. Secuencia de fases

En el levantamiento realizado se tomó como referencia la secuencia de fases A, B, C, y fueron marcadas con cintas de colores las fases que salen desde los switchgear para así determinar su orden correspondiente, revisando en cada caja de paso los conductores eléctricos y halando de forma continua para ir marcando con cintas aislantes en cada caja de paso, así hasta llegar al fin de cada fase, donde entran y salen las redes eléctricas de los switchgear, como se muestra en la figura 4.12 el orden de las líneas con cintas de colores.



Figura 4.12: Orden de acuerdo a su color de cinta.

Fuente: Autor

4.11. Maniobra del sistema actual en el switchgear

Las maniobras en los switch vista son de manera manual o automática, luego del levantamiento y revisión de las redes eléctricas subterráneas, se comprobó que la secuencia entre fases fue ordenada y así se rotuló en cada equipo dándole nombres para maniobrar y la ciudadela Belohorizonte no sea la afectada luego de realizar maniobras en media tensión por las emergencias que se presentan en todo el sistema eléctrico. luego de un levantamiento técnico y empírico se puede realizar maniobras confiables a nivel de media tension

En la figura 4.13 se muestra como realizar una maniobra adecuada, de forma manual se realiza en el sitio que se encuentra el equipo, con una palanca de maniobras y usando los guantes de alta tensión.



Figura 4.13: Maniobra del sistema actual en el switchgear

Fuente: Autor

4.12. Conexión actual de línea monofásica 7.62 KV a Pad Mounted

El levantamiento actualizado para la alimentación a transformadores Pad Mounted en esta ciudadela es tipo malla, con una línea de 7.62 KV que recibe cada uno de los transformadores, en su recorrido.

La alimentación a estos transformadores Pad Mounted sale desde una de las vías (B, C, D) del switch vista más cercano, para así poder cerrar el anillo en el mismo switch vista.

En este proceso del levantamiento y revisión de redes eléctricas que se puede ver en el diseño de la figura 4.12, se ha identificado el conductor que llega como alimentación al insert H1-A y donde el insert H1-B va a alimentar el siguiente transformador que ingresa por el insert H1-A, debido que cuando se quiere realizar un mantenimiento en un transformador Pad Mounted específico, se pueda hacer la maniobra en los otros transformadores donde queda abierto el anillo y sigan normalmente energizados el resto de equipos, se puede observar que la línea de media tensión ingresa por el insert H1-A y la otra línea sale por el insert H1-B.

4.13. Maniobra de codo conector 15 KV

Se realizó esta maniobra para cambiar de posición la alimentación que llega al transformador padmounted desde el switch vista.

La figura 4.14 muestra la correcta alimentación por el bushing H1-A y salida al siguiente transformador por el bushing H1-B.



Figura 4.14 Maniobras de codo conector 15 KV

Fuente. Autor

4.14. Rotulación normalizada

Se utilizó una máquina para los rótulos requeridos y colocarlos en diferentes partes como:

- Para ubicar las vías de entrada y salida de switchgear.
- En los transformadores Pad Mounted, H1A y H1B
- Marcas que indican, anillo abierto o anillo cerrado.

En la figura 4.15 se muestra cómo se elabora la nomenclatura que van ubicadas en las entradas y salidas de los transformadores padmounted, en las vías de los switch vista, estos equipos ubicados dentro de la ciudadela belohorizonte.



Figura 4.15: Máquina de rotulación

Fuente: Autor

4.14.1. Leyenda en las vías de los switch vista

Las leyendas están colocadas de acuerdo al nuevo levantamiento realizado en el campo de trabajo, para cuando se realicen trabajos de emergencias o trabajos de mantenimiento no desconectar todo el circuito y saber dónde realizar una correcta maniobra.

Mediante las revisiones y el levantamiento de las redes eléctricas se ha dado nombres a las vías de los switchgear, se muestra un ejemplo en la figura 4.16.

- Vía B-1 de switchgear PS-P1 va a H1-A de Transformador T-1.



Figura 4.16: Ejemplo de rotulación en el switch vista vía B-1. (vista panorámica)

Fuente. Autor

4.14.2. Leyenda en transformadores Pad Mounted

Las leyendas en los transformadores Pad Mounted se colocan de acuerdo a la secuencia que van teniendo en el anillo al que pertenecen, conservando la misma fase, para cuando se realicen trabajos de emergencias o trabajos de mantenimiento no desconectar todo el circuito y saber dónde realizar una correcta maniobra.

En la figura 4.17 se observa, la forma como se ha marcado los equipos que están ubicados dentro de la ciudadela, de la misma forma se les ha dado nombres para ir teniendo unas lecturas de forma correcta y sirva al momento de realizar una maniobra a nivel de media tensión. El personal técnico que sea designado en ese momento tenga una leyenda clara de las interconexiones entre los equipos.

- Número de transformador T-1, entrada H1-A y salida H1-B, ejemplo H1-A viene de switchgear vía C-2 y H1-B va a transformador T-5 de H1-A.
- Anillo abierto en H1-A y anillo cerrado en H1-B.

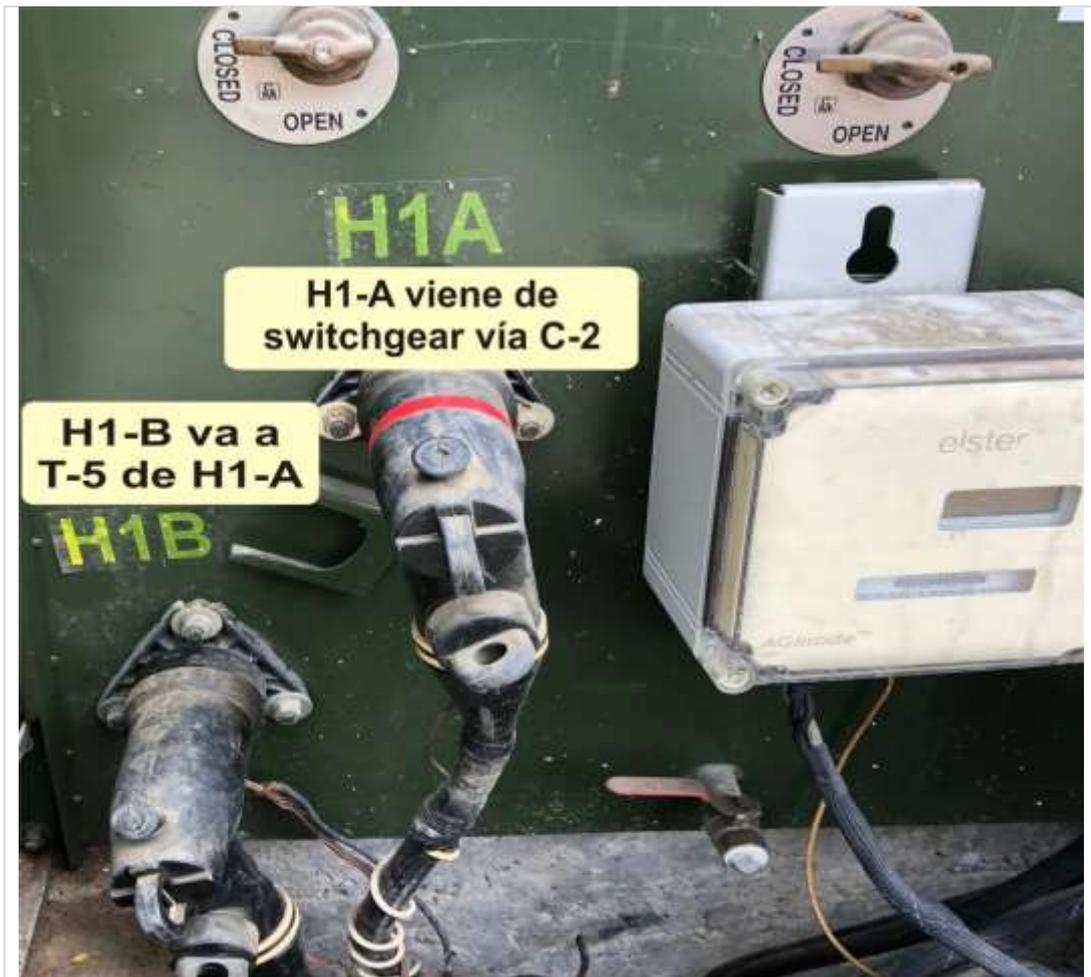


Figura 4.17: Ejemplo de rotulación en el transformador Pad Mounted.

Fuente: Autor

4.15. Operación del sistema de interconexión

El sistema de interconexión de la ciudadela Belohorizonte puede ser maniobrado de manera manual o por el sistema automático.

4.15.1. Maniobra manual

De forma manual se realiza en el sitio que se encuentra el equipo, con una palanca de maniobras y usando los guantes de alta tensión se espera la orden que la da el profesional encargado de dicha maniobra.

Las maniobras en los switch vista se realizan de manera manual en la figura 4.18 se muestra como realizar una maniobra manual en el switchgear, mediante una palanca de maniobra, que es la recomendada para que entre en el interruptor del switch vista, con un movimiento a open o close se realiza la maniobra a nivel de media tensión.



Figura 4.18: Maniobra manual del sistema actual en el switchgear

Fuente: Autor

4.15.2. Maniobra automática

Desde el centro de operación se puede realizar maniobras, a través del sistema scada que en este caso utiliza un software específico de CNEL, ep. Para evaluar si un sistema SCADA es necesario para manejar una instalación dada, el proceso a controlar debe cumplir las siguientes características.

- La información del proceso se necesita en el momento en que los cambios se producen en el mismo, o en otras palabras, la información se requiere en tiempo real.

- El proceso está geográficamente distribuido. Esta condición no es limitativa, ya que puede instalarse un SCADA para la supervisión y control de un proceso concentrado en una localidad

La necesidad de optimizar y facilitar las operaciones de la planta, así como la toma de decisiones, tanto gerenciales como operativas.

Los beneficios obtenidos en el proceso justifican la inversión en un sistema SCADA, estos beneficios pueden reflejarse como aumento de la efectividad de la producción, de los niveles de seguridad, adquisición de datos.

Gestión que facilita hacer este sistema:

- Para recoger, procesar y almacenar la información recibida.
- Supervisión, para observar desde un monitor la evolución de las variables de control.
- Control, para modificar la evolución del proceso, actuando bien sobre los reguladores autónomos básicos (consignas, alarmas, menús, etc.) bien directamente sobre el proceso mediante las salidas conectadas.

No se requiere de personal para realizar labores de lectura de medidores, ya que estos son leídos y enviados a terminales a través de la red. Es mucho más confiable que los sistemas tradicionales, como por ejemplo.

- Sistema más rápido de medición.
- Posibilidad de crear paneles de alarma, que exigen la presencia del operador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias.

La figura 4.19 muestra el centro de operación del sistema SCADA, desde este centro de operaciones se puede ver a un técnico o ingeniero a cargo de realizar el tipo de maniobras o monitorear desde el centro de operaciones, para saber qué tipo de problemas presentan las alimentadoras, con este sistema se puede tener una forma de operación más eficiente a la hora de realizar una maniobra remota en los equipos que están ubicados en diferentes puntos de la ciudad.



Figura 4.19: Centro de operación del sistema SCADA.

Fuente: Autor

CAPÍTULO 5

PLANOS ELECTRICOS DE LA CIUDADELA BELOHORIZONTE

El desarrollo de este trabajo se basó en diagramas y planos que a continuación se presenta.

5.1. Plano general de la ciudadela Belohorizonte

El proyecto de la interconexión de los switch vista por medio de líneas subterráneas 13.2 KV, se encuentra ubicado en el cantón Guayaquil de la provincia del Guayas en la figura 5.1 del plano general se muestra la ubicación de la ciudadela Belohorizonte. Su punto de partida es la alimentadora puerto azul de 13.2 KV proveniente de la subestación Belohorizonte ubicada al noroeste de la ciudad, en la Av. vía a la costa.

5.2. Configuración original de la conexión tipo malla de transformadores Pad Mounted

La alimentación de estos transformadores Pad Mounted sale desde una de las vías (A, B, C, D) del switch vista más cercano, donde se puede cerrar el anillo con el último transformador y luego seguir alimentando los demás equipos.

En la figura 5.2 se puede observar que en este proceso se encontró que la alimentación por H1-A y H1-B, no es el correcto, debido que cuando se quiere realizar un mantenimiento en un transformador Pad Mounted específico, no es posible desenergizarlo por las dos vías al mismo tiempo, ya que las conexiones en los terminales H1A y H1B están invertidas, que la línea de media tensión ingresa por H1-B cuando debería alimentar por H1-A.

5.3. Diagrama unifilar de la interconexión original de los switch vista

En la figura 5.3 del diagrama unifilar de la interconexión original de los switch vista, se va a ver en la siguiente hoja, como estaba antes configurada la interconexión y en los diseños originales se muestra como se relacionaban los switch vista entre sí.

- Se puede apreciar por donde ingresaba la alimentación en la vía del switch vista.

5.4. Configuración actual de la conexión tipo malla de transformadores Pad Mounted

La alimentación a estos transformadores Pad Mounted sale desde una de las vías (B, C, D) del switch vista más cercano, para así poder cerrar el anillo en el mismo switch vista.

En este proceso del levantamiento y revisión de redes eléctricas que se puede ver en el diseño de la figura 5.4 se ha identificado el conductor que llega como alimentación al insert H1-A y donde el insert H1-B va a alimentar el siguiente transformador que ingresa por el insert H1-A, debido que cuando se quiere realizar un mantenimiento en un transformador Pad Mounted específico, se pueda hacer la maniobra en los otros transformadores donde queda abierto el anillo y sigan normalmente energizados el resto de equipos, se puede observar que la línea de media tensión ingresa por el insert H1-A y la otra línea sale por el insert H1-B.

5.5. Esquema que representa la interconexión actual de los switch vista

En la ciudadela Belohorizonte se tiene 4 switch vista modelo 422 y 1 switch vista modelo 624 cada uno tiene 4 vías (A, B, C, D), En la figura 5.5 se muestra las vías ABCD, del switch vista, para las interconexiones entre ellos o para alimentar los transformadores Pad Mounted.

- **El switch principal PS-P.** Recibe la alimentación de CNEL, ep por la vía B, alimenta el switchgear PS-P1 por la vía C y alimenta al switchgear PS-P4 por la vía D, quedando libre la vía A.
- **PS-P1.** Recibe la alimentación de switchgear PS-P por la vía A, alimenta a transformadores Pad Mounted de etapa 1 – 2 desde la vía B y C, alimenta a switchgear PS-P2 desde la vía D.
- **PS-P2.** Recibe la alimentación de switchgear PS-P1 por la vía A, alimenta a transformadores Pad Mounted de etapa 3, 4 y 5 desde la vía B , alimenta a switchgear PS-P3 por la vía D y alimenta a switchgear PS-P4 por la vía C.
- **PS-P3.** Recibe la alimentación de switchgear PS-P2 por la vía A, alimenta a transformadores Pad Mounted de etapa 6, 7, 8 y 9, desde la vía B y C, alimenta a switchgear PS-P4 desde la vía D. El switchgear PS-P3 recibe alimentación de alimentadora ceibos por la vía D, cuando sea posible el uso se realiza maniobra y quedan conectado en paralelo.
- **PS-P4.** Recibe la alimentación de switchgear PS-P2 por la vía D, alimenta a transformadores Pad Mounted de etapa 2 por la vía B y C, la planta de tratamiento interagua es alimentada desde la vía C, retorna con alimentación a switchgear PS-P por la vía A.

5.6. Diagrama unifilar de la conexión tipo malla de los transformadores circuito 1 que alimenta el switch vista PS-P1.

Se puede observar en el diagrama de la figura 5.6 que el transformador Pad Mounted T-101 es alimentado con la fase A por H1A, desde el switch vista PS-P1 que viene de la vía B-1, desde la salida H1B del T-101 se alimenta en secuencia hasta H1A del T-17 del que retorna al switch vista PS-P1 que ingresa por la vía C-1, de esta forma se cierra la configuración tipo malla.

- Lo mismo pasa con los transformadores Pad Mounted alimentados con la fase B y C.

5.7. Diagrama unifilar de la conexión tipo malla de los transformadores circuito 4 que alimenta el switch vista PS-P4.

Se puede observar en el diagrama de la figura 5.7 que el transformador padmounted T-90 es alimentado con la fase A por H1A, desde el switch vista PS-P4 que viene de la vía B-1, desde la salida H1B del T-90 se alimenta en secuencia hasta H1A del T-93 del que retorna al switch vista PS-P4 que ingresa por la vía C-1, de esta forma se cierra la configuración tipo malla.

- Lo mismo pasa con los transformadores Pad Mounted alimentados con la fase B y C.
- En este circuito se puede ver que se alimenta la planta de tratamiento de interagua por la vía D del switch vista PS-P4.

5.8. Diagrama unifilar de la conexión tipo malla de los transformadores circuito 2 que alimenta el switch vista PS-P2.

Se puede observar en el diagrama de la figura 5.8 que el transformador Pad Mounted T-37 es alimentado con la fase B por H1A, desde el switch vista PS-P2 que viene de la vía B-2, desde la salida H1B del T-37 se alimenta en secuencia hasta H1A del T-48 del que retorna al switch vista PS-P2 que ingresa por la vía C-2, de esta forma se cierra la configuración tipo malla.

- Lo mismo pasa con los transformadores Pad Mounted alimentados con la fase A y C.

5.9. Diagrama unifilar de la conexión tipo malla de los transformadores circuito 3 que alimenta el switch vista PS-P3.

Se puede observar en el diagrama de la figura 5.9 que el transformador Pad Mounted T-65 es alimentado con la fase C por H1A, desde el switch vista PS-P3 que viene de la vía B-3, desde la salida H1B del T-65 se alimenta en secuencia hasta H1A del T-77 del que retorna al switch vista PS-P3 que ingresa por la vía C-3, de esta forma se cierra la configuración tipo malla.

- Lo mismo pasa con los transformadores Pad Mounted alimentados con la fase A y B.

5.10. Diagrama unifilar que representa la interconexión actual de los switch vista

En la figura 5.10 del diagrama unifilar de la interconexión actual de los switch vista, se va a ver en la siguiente hoja, como queda configurada la interconexión actual de los switch vista.

Se puede apreciar por donde ingresa la alimentación en la vía de cada uno de los switch vista y como está relacionada la interconexión entre ellos.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

En la operación del nuevo sistema de interconexión se puede comprobar que:

- Al realizar las maniobras en los switchgear a nivel de media tensión y cambio de las posiciones de las redes eléctricas subterráneas se puede comprobar que no se presentan interrupciones al servicio eléctrico.
- El nuevo diseño de la interconexión, facilita el mantenimiento a los transformadores PadMounted de manera selectiva.
- Al analizar los resultados obtenidos, se verifica que es posible obtener una interconexión confiable y segura, cuando es ejecutada una maniobra en paralelo a nivel de media tensión.

6.2. Recomendaciones

- Se recomienda a todo profesional eléctrico, utilizar como guía el documento NATSIN, para la realización de diseño y ejecución de los proyectos, los cuales son revisados y aprobados por la CNEL, en Guayaquil.
- Es vital que los ingenieros responsables del diseño y cálculos, de toda instalación eléctrica considere los factores remendados para el cálculo de las protecciones eléctricas y conductores, para evitar que el sistema no tenga considerado una reserva o no sea flexible.
- Es recomendable realizar continuamente una revisión del sistema puesta a tierra para obtener un simétrico eléctrico sin variaciones de voltaje y por norma se recomienda instalar varillas a tierra con una línea independiente de tierra.
- Para garantizar una mayor eficiencia en la secuencia de fases, se debe considerar en el momento que se van a pasar los conductores eléctricos marcándolos con cintas de colores y rotularlos como A, B, C, para de esta manera asegurar una óptima secuencia de líneas.
- Realizar mantenimientos periódicos de limpieza de los equipos instalados como son los switch vista y transformadores PadMounted, para asegurar el correcto funcionamiento de los equipos y evitar averías.

Bibliografía

- Aviles Martines, D., & Rodriguez Jijon, R. (2017). *Diseño para la conversión de un sistema subterráneo de la red de distribución de energía eléctrica*. Guayaquil: Universidad Politecnica Salesiana.
- Barbosa Calderon, N. (2012). Obtenido de Subestación de Distribución: <https://es.scribd.com/doc/96206760/Subestaciones-de-Distribucion>
- Carriel Quimis, J. J. (2014). *DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION ELECTRICO DE MEDIA Y BAJA*. Guayaquil: Universidad Catolica.
- Delgado Galarza , R., Heras Ramírez , C., & Merchán Pástor , C. (2011). "INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA SUPERVISIÓN Y CONTROL DE UN AEROGENERADOR" . Guayaquil: Universidad Catolica (FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO).
- EcuRed. (2018). *Generación de Energía Eléctrica*. Obtenido de ECURED: https://www.ecured.cu/Generaci%C3%B3n_de_Energ%C3%ADa_El%C3%A9ctrica
- Electric Company, S. (2019). *S&C Electric Company*. Obtenido de Director sénior de Comunicaciones de comercialización: <https://www.sandc.com/es/productos-y-servicios/productos/interruptor-de-distribucion-subterranea-vista/>
- Generadores.net. (10 de Diciembre de 2015). *Venta de generadores.net*. Obtenido de Todo sobre la subestación eléctrica: <http://www.ventageneradores.net/blog/todo-sobre-la-subestacion-electrica/>
- Guzmán Maridueña, M. J. (2015). "Metodología para el cálculo de un sistema de puesta a tierra para subestación de 69 Kv. Guayaquil: Universidad Catolica.
- Harper, G. H. (2005). *Elementos de diseño de una Subestación Eléctrica*. Mexico: Limusa.
- Inmaculada, F. D., & Robles Diaz, A. R. (s.f.). Centrales de Generación de Energía Eléctrica. En *Centrales Térmicas*. Universidad de Cantabria.
- JESI CAROLINA, H. A. (2008). ELEMENTOS Y ESQUEMAS PARA SUBESTACIONES DE DISTRIBUCIÓN. Lima: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA.
- La Hora, D. (14 de 11 de 2010). Entrán en operación subestaciones eléctricas. *LA HORA*.
- López, T. -P. (2016). *Manual y Multimanual del Sistema Eléctrico Nacional*. Zucumbios: Agencia de Regulación y Control, De Electricidad.
- Muñoz Vizhñay, J. P. (2013). La Matriz Energética Ecuatoriana. *ISEREE*.
- NACIONAL, U. (2004). Redes de Distribución de Energía. En U. NACIONAL, *Redes de Distribución de Energía* (pág. 6). Manizales.

- O, A. M. (2017). Nivees de voltajes en Ecuador.
- Pérez-López, E. (2015). SCADA systems in the industrial automation. *Tecnología en Marcha*.
- PySA, C. d.-U. (2011). Centro de Servicio Gestión Ambiental .
- Ramirez Castañeda, S. (2004). Redes de Distribución de Energía. Manizales: Universidad Nacional De Colombia.
- Revista educativa Partesdel, R. (8 de 2017). *Revista educativa Partesdel.com*.
Obtenido de https://www.partesdel.com/partes_de_la_subestacion_electrica.html.
- Rojas Bravo, L. (s.f.). Obtenido de Subestaciones de Distribucion:
<https://es.calameo.com/read/00286197962e5ced649a4>
- VASQUEZ GRANDA , P. M. (2013). SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA.
Cuenca: UNIVERSIDAD DE CUENCA.
- Yañez Herrera, E. (22 de agosto de 2013). *Transformadores y subestacones*.
Obtenido de <https://prezi.com/vll4gg7d897i/conexion-radial-y-en-anillo/>



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Vargas Vergara Eulogio Alejandro** con C.C: **092647172-3**, autor del trabajo de titulación: **“Estudio de la interconexión en media tensión de los batch switch (Switch Vista) de la Ciudadela Belohorizonte.”**, previo a la obtención del Título de **INGENIERO ELÉCTRICO MECÁNICO CON MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL** 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 vigente.

Guayaquil, 15 de Marzo del 2019

Vargas Vergara Eulogio Alejandro
C.C: 092647172-3

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	"Estudio de la Interconexión en Media Tensión de los Batch Switch (Switch Vista) de la Ciudadela Belohorizonte".		
AUTOR	Vargas Vergara, Eulogio Alejandro		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Montenegro Tejada, Raúl		
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 con Mención en Gestión Empresarial Industrial		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	15 de Marzo del 2019	No. DE PÁGINAS:	67
ÁREAS TEMÁTICAS:	Ciudadela Belohorizonte, Interconexión de switch vista.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Media tensión, Conexión en paralelo, Switch vista, Codos conectores y Transformadores padmounted.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
<p>El sistema eléctrico tiene como función distribuir la energía eléctrica en forma confiable, continua y segura. A pesar de esto, se presentan inconsistencias y variaciones en el sistema eléctrico producto de fenómenos eléctricos transitorios, condiciones de operación o por la forma de alimentación del suministro eléctrico. Actualmente, se produce una interrupción de energía eléctrica que perjudica a los usuarios de Belohorizonte en el momento de realizar una maniobra a nivel de media tensión (M/T) en el Switch vista. Por tal motivo el objetivo es realizar un correcto levantamiento para el estudio de la interconexión de los switch vista, en media tensión en la ciudadela Belohorizonte.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593991742778	E-mail: eu Vargas2804@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN	Nombre: Ing. Montenegro Tejada, Raúl, M.Gs.		
	Teléfono: +593-987272854		
(COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	E-mail: raul.montenegro70@hotmail.com		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			