



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
“PEDRO RUIZ GALLO”**



**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA**

**TESIS**

**Para Optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**“Sistema eléctrico de suministro subterráneo en media tensión  
3.8/22.9 kV para la I.E Iris Barriga Galarreta 81534 Santiago de  
Cao”**

**Autor:**

**Bach. Millones Isique, Edder Ricardo**

**Asesor:**

**Tapia Asenjo, Robinson**

**LAMBAYEQUE -PERÚ  
2024**



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
“PEDRO RUIZ GALLO”**



**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA**

**TESIS**

**Para Optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**‘Sistema eléctrico de suministro subterráneo en media tensión  
3.8/22.9 kV para la I.E Iris Barriga Galarreta 81534 Santiago de  
Cao’**

**Autor:**

**Bach. Millones Isique, Edder Ricardo**

**Aprobado por el jurado Examinador:**

**PRESIDENTE : Dr. Segundo Abelardo Horna Torres.**

**SECRETARIO : Dr. Daniel Carranza Montenegro.**

**VOCAL : M.Sc Juan Antonio Tumialan Hinostroza.**

**ASESOR : Ing. Robinson Tapia Asenjo.**

**LAMBAYEQUE – PERU  
2024**



# UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA**

## **TESIS**

**TITULO:**

**“Sistema eléctrico de suministro subterráneo en media  
tensión 13.8/22.9 kV para la I.E Iris Barriga Galarreta 81534  
Santiago de Cao”**

### **CONTENIDOS**

- Capítulo I : Problema de la Investigación  
Capítulo II : Marco Teórico.  
Capítulo III : Marco Metodológico.  
Capítulo IV : Análisis e interpretación de los resultados.  
Capítulo V : Discusión de los resultados.  
Capítulo VI : Conclusiones y Recomendaciones.  
Referencia Bibliográfica y Anexos.

**Autor: Bach. Millones Isique, Edder Ricardo.**

**Dr. Segundo Abelardo Horna Torres.  
PRESIDENTE**

**Dr. Daniel Carranza Montenegro.  
SECRETARIO**

**M. sc. Juan Antonio Tumialan Hinostroza.  
MIEMBRO**

**Ing. Robinson Tapia Asenjo.  
ASESOR**

**LAMBAYEQUE – PERÚ  
2024**

## **AGRADECIMIENTO**

*Mi gratitud está dirigida con Dios todo poderoso, por haberme brindado la existencia y el valor para haber culminado esta hermosa etapa de mi vida, el ser que siempre me escucho mis oraciones y me oriento por el buen camino.*

*A mis padres por su amor incondicional brindado, a mis hermanos por brindarme esos alientos de superación para hacer realidad mi tesis. De igual forma a mi tía.*

*A mi asesor Ing. Tapia Asenjo Robinson por su generosidad, tiempo, y paciencia en apoyarme a culminar este trabajo de investigación.*

*A mis jurados por la paciencia y los consejos que me dieron para el buen desarrollo del presente trabajo durante el desarrollo de esta investigación.*

*Bach. Millones Isique Edder Ricardo.*

## DEDICATORIA

*A Dios por darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los momentos más difíciles, enseñándome a encarar las adversidades y a no desfallecer en el intento.*

*A mi mamita Victoria siento que estás conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntas, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí.*

*A mi madre Victoria Josefa, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo. Me has dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.*

*A mi padre Eugenio, por su apoyo incondicional en cada momento de mi vida.*

*A mis hermanos Elvis y Lady, les agradezco su apoyo incondicional y por darme ánimo para seguir adelante en los momentos más difíciles de la ejecución de este trabajo.*

*A mi tío Roberto que es mi ejemplo de perseverancia a seguir adelante, que todo con esfuerzo se puede lograr.*

*A mi tía Rosa, que siempre me ha apoyado guiado y cuidado con mucho amor.*

*Bach. Millones Isique Edder Ricardo.*

## RESUMEN

El Objetivo general de la elaboración de este trabajo de investigación es brindar solución respecto al presente proyecto de Diseñar un Sistema eléctrico de suministro subterráneo en media tensión 13.8/22.9 kV para la I.E Iris Barriga Galarreta 81534 Santiago de Cao La edificación viene de surgir con problemas que se presentan en la red eléctrica que dejaban sin energía al colegio, debido a que el colegio contaba con un suministro de baja tensión. En consecuencia, a esto, el presente proyecto de investigación logró dar solución a dicho problema proponiendo diseñar un nuevo sistema eléctrico, cambiando el suministro en baja tensión a un suministro subterráneo en media tensión, Luego de procesar la información se determinó la nueva máxima demanda a abastecer a la institución educativa, por el cual basado a ello se logró realizar cálculos eléctricos y mecánicos para la selección de dichos materiales y equipos a emplearse basado a las normativas vigentes. Finalmente se determinó una evaluación económica en el presente proyecto de investigación mediante los indicadores VAN y TIR, obteniendo como resultados un VAN de **\$48,155.96** y un TIR de **74%**, basado a los resultados de estos indicadores podemos evidenciar que nuestro proyecto es totalmente viable.

**Palabras Clave:** Sistema eléctrico, Suministro subterráneo, Media tensión.

## **ABSTRACT**

The general objective of the preparation of this research work is to provide a solution regarding the present project of Designing an underground electrical supply system in medium voltage 13.8/22.9 kV for the I.E Iris Barriga Galarreta 81534 Santiago de Cao. The building comes from emerging with problems that occur in the electrical network that left the school without power, because the school had a low voltage supply. Consequently, this research project managed to solve this problem by proposing to design a new electrical system, changing the low voltage supply to a medium voltage underground supply. After processing the information, the new maximum demand was determined. supply the educational institution, for which based on this it was possible to carry out electrical and mechanical calculations for the selection of said materials and equipment to be used based on current regulations. Finally, an economic evaluation was determined in this research project using the NPV and IRR indicators, obtaining as results a NPV of \$48,155.96 and an IRR of 74%, based on the results of these indicators we can show that our project is totally viable.

## INDICE

<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>4</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>5</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>6</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>7</b>
<b>CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>14</b>
1.1. UBICACIÓN: .....	14
1.2. CARACTERISTICAS GEOGRAFICAS .....	15
1.3. ACTIVIDADES ECONOMICAS.....	15
1.4. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA: .....	15
1.5. FORMULACION DEL PROBLEMA .....	17
1.6. HIPOTESIS.....	17
1.7. JUSTIFICACION E IMPORTANCIA DE ESTUDIO.....	17
1.7.1. IMPACTO ECONOMICO.....	17
1.7.2. IMPACTO SOCIAL. ....	18
1.7.3. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL. ....	18
1.8. OBJETIVOS. ....	18
1.8.1. OBJETIVO GENERAL.....	18
1.8.2. OBJETIVO ESPECIFICOS.....	18
<b>CAPITULO II: MARCO TEORICO</b> .....	<b>20</b>
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	20
2.1.1. Antecedentes Internacionales .....	20
2.1.2. Antecedentes Nacionales .....	22
2.2. BASES TEÓRICAS .....	24
2.2.1. La Reforma del Sector Electrico en el Peru.....	24
2.2.2. Actividades de Sector Eelctrico.....	24
2.2.3. Sistema Monofásico.....	26
2.2.4. Sistema Trifásico.....	27
2.2.5. Sistema de Utilización en Media Tensión.....	28
2.2.6. Suministro Eléctrico .....	29
2.2.7. El Transformador .....	29
2.2.8. Transformadores de Distribución.....	30
2.2.9. Trafomix.....	31
2.2.10. Puesto de medición a la intemperie (PMI).....	32

2.2.11. Red Subterránea.....	37
2.2.12. Material eléctrico accesorio .....	45
2.2.13. Tuberías.....	48
2.2.14. Determinación de la carga de una Instalación Eléctrica. ....	49
<b>CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO .....</b>	<b>56</b>
3.1. Tipo de investigación. ....	56
3.2. Población y muestra. ....	57
3.2.1. Población. ....	57
3.2.2. Muestra. ....	57
3.3. Hipótesis.....	57
3.4. Variables – Operacionalización.....	57
3.5. Métodos de Análisis de datos. ....	60
<b>CAPITULO IV: ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS. ....</b>	<b>61</b>
4.1. Alcances. ....	61
4.2. Descripción de la trayectoria del suministro subterráneo. ....	61
4.2.1. Redes.....	61
4.2.2. Subestación. ....	63
4.2.3. Sistema de Puesta a tierra. ....	65
4.2.4. Sistema de ventilación. ....	65
4.2.5. Criterios de Diseño. ....	65
4.3. Resultados.....	66
4.4. Especificaciones Técnicas Particulares. ....	86
4.5. Evaluación Económica. ....	91
4.6. Determinación de la viabilidad económica de la red subterránea mediante los indicadores financieros VAN y TIR. ....	98
<b>CAPITULO V: DISCUSION DE LOS RESUSLTADOS. ....</b>	<b>101</b>
<b>CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....</b>	<b>102</b>
6.1. Conclusiones .....	102
6.1. Recomendaciones.....	102
<b>Referencia Bibliográfica.....</b>	<b>104</b>
ANEXOS.....	106

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación del centro poblado Chiquitoy. ....	14
Figura 2. la I.E Iris Barriga Galarreta 81534 Santiago de Cao.....	15
Figura 3. La Generación de la Electricidad. ....	25
Figura 4. Transmisión en el sector eléctrico. ....	25
Figura 5. Voltaje en un sistema de corriente monofásico. ....	27
Figura 7. Sistema Trifásico. ....	28
Figura 8. Sistema de Utilización en Media Tensión. Fuente: (Ministerio de Energía y Minas, 2012, p. 7 ). ....	29
Figura 9. El transformador. ....	30
Figura 10. Transformador de Distribución. ....	31
Figura 11. Izaje de Poste de concreto armado. ....	33
Figura 12. Instalación de ménsula de FoGo .....	34
Figura 13. Media loza. ....	34
Figura 14. Aislador Tipo Pin.....	36
Figura 15. Aislador polimérico tipo Suspensión.....	37
Figura 16. Características del cable subterráneo.....	40
Figura 17. Datos eléctricos del cable subterráneo. ....	40
Figura 18. Cable N2XSY 18/30 Kv, de Media Tensión para una instalación subterránea. ....	41
Figura 19. Cinta señalizadora. ....	42
Figura 20. Terminal de cable tipo corto interior.....	43
Figura 21. Ducto de concreto.....	44
Figura 22. Buzón de Concreto. ....	44
<i>Figura 23. Perno de 15.87mm (5/8”).</i> ....	45
Figura 24. Arandela cuadrada curva. ....	45
Figura 25. Arandela cuadrada plana. ....	46
Figura 26. Grapa de anclaje tipo pistola. ....	47
Figura 27. Plancha de cobre para línea a tierra. ....	47
Figura 28. Tubería de PVC para protección del cable de medición. ....	49
Figura 29. Métodos de Análisis de datos. ....	60
Figura 30. Puesto de medición a la intemperie (PMI). ....	62
Figura 31. Murete que contiene el medidor. ....	62

<i>Figura 32. Máxima demanda y Potencia Nominal del Transformador. Fuente: (elaboración propia)</i> .....	67
Figura 33. Selección de Fusibles para una tensión 13.8 kV. Fuente: Gráfico obtenido con las curvas de fusión dadas por el fabricante. ....	76
Figura 34. Selección de Fusibles para una tensión 22.9 kV. Fuente: Gráfico obtenido con las curvas de fusión dadas por el fabricante. ....	77
Figura 35. Rejilla de ventilación.....	80
Figura 36. Área útil de ingreso de aire (A1). ....	80
Figura 37. Rejilla de ventilación A2. ....	81
Figura 38. Nivel de aislamiento del cable.....	90

## INDICE DE TABLAS

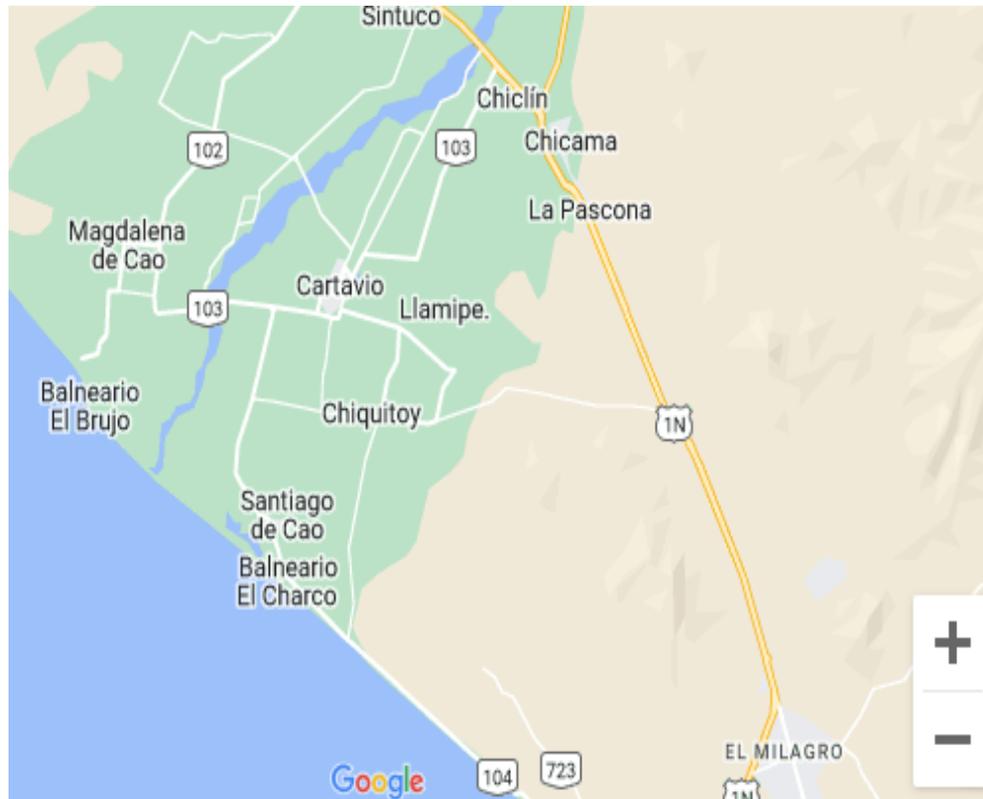
<b>Tabla 1.</b> Normas aplicadas para postes. ....	32
Tabla 2. Características mecánicas de los postes de M.T .....	32
Tabla 3. Características de los Aisladores tipo Pin. ....	35
Tabla 4. Normativa peruana para cables de M.T.....	38
Tabla 5. Normativa Internacional para Cables de M.T.....	39
Tabla 6. Característica de la cinta señalizadora. ....	42
Tabla 7. Propiedades físicas de Tuberías de PVC para protección del cable de medición. .....	48
Tabla 8. Características técnicas de Tuberías de PVC para protección del cable de medición.....	48
Tabla 9. Operacionalización de Variables. ....	59
Tabla 10. Cálculo de la Corriente Nominal. ....	68
Tabla 11. Selección de cable por capacidad.....	70
Tabla 12. Selección por Caída de Tensión. ....	71
Tabla 13. Potencia de cortocircuito en el punto de entrega. ....	72
Tabla 14. Potencia de Cortocircuito soportada por el cable.....	73
Tabla 15. Selección de fusibles en la subestación.....	75
Tabla 16. Coeficientes de aceleración y resistencia generales.....	79
Tabla 17. Perdidas en la subestación.....	79
Tabla 18. Área útil de ingreso de aire (A2).....	81
Tabla 19. Resistencia al ingreso del aire y coeficientes de aceleración considerados en el cálculo. Fuente: (Elaboración propia).....	82
Tabla 20. Resistencia a la salida del aire y coeficientes de aceleración. ....	83
Tabla 21. Evaluación de la ecuación de ventilación con los valores del proyecto. ....	83
Tabla 22. Metrado General para Sistema eléctrico de suministro subterráneo en media tensión 13.8/22.9 kV para la I.E Iris Barriga Galarreta 81534 Santiago de Cao. Fuente: (Elaboración Propia) .....	92
Tabla 23. Metrado General para Sistema eléctrico de suministro subterráneo en media tensión 13.8/22.9 kV para la I.E Iris Barriga Galarreta 81534 Santiago de Cao. Fuente: (Elaboración Propia .....	93
Tabla 24. Metrado General para Sistema eléctrico de suministro subterráneo en media tensión 13.8/22.9 kV para la I.E Iris Barriga Galarreta 81534 Santiago de Cao. Fuente: (Elaboración Propia .....	94

Tabla 25. Metrado General para Sistema eléctrico de suministro subterráneo en media tensión 13.8/22.9 kV para la I.E Iris Barriga Galarreta 81534 Santiago de Cao. Fuente: (Elaboración Propia) .....	95
Tabla 26. Gastos Genrales para Sistema eléctrico de suministro subterráneo en media tensión 13.8/22.9 kV para la I.E Iris Barriga Galarreta 81534 Santiago de Cao. Fuente: (Elaboración Propia) .....	96
Tabla 27. Gastos Generales para Sistema eléctrico de suministro subterráneo en media tensión 13.8/22.9 kV para la I.E Iris Barriga Galarreta 81534 Santiago de Cao. Fuente: (Elaboración Propia) .....	97
Tabla 28. Inversión y presupuesto. ....	98
Tabla 29. Resumen de Flujos de ingresos. ....	98
Tabla 30. Calculo de los flujos de ingresos.....	99

## CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. UBICACIÓN:

El predio de la I.E Iris Barriga Galarreta 81534 SANTIAGO DE CAO se encuentra ubicado entre la calle Bolognesi y la calle Tacna, del Centro Poblado de Chiquitoy, distrito de Santiago de Cao, provincia de Ascope, departamento Región La Libertad.



*Figura 1. Ubicación del centro poblado Chiquitoy.*



*Figura 2. la I.E Iris Barriga Galarreta 81534 Santiago de Cao*

## **1.2. CARACTERISTICAS GEOGRAFICAS**

El área Geográfica de estudio está ubicada en el centro poblado de chiquitoy, formada por parcelas de tierras utilizadas para el sembrío de caña de azúcar y cultivos alternativos.

## **1.3. ACTIVIDADES ECONOMICAS.**

Las principales actividades del centro poblado son la agricultura y Cría de ganado; Del 80 al 90 por ciento de la población de estas zonas se dedica a estas actividades de trabajos. Su posicionamiento en el mercado como una de los principales centros poblados con mayor producción de caña de la industria azucarera y principal proveedor de materia prima del Refinería de Azúcar del Valle de Chickama; una realidad que aporta a la economía y desarrollo de la sociedad chiquitoyana.

## **1.4. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA:**

La institución educativa publica Iris Barriga Galarreta 81534 SANTIAGO DE CAO, cuenta con 15 secciones para los niveles del sector Primario en turnos de mañana y tarde. La edificación viene de surgir con problemas de apagones que se presentan en la red

eléctrica que dejaban sin energía al colegio, dichos apagones tiene como una causa de ocurrencia a la caída de tensión por el turno de la tarde debido que el colegio cuenta con un suministro de baja tensión, sus ambientes no podían implementarse con equipos eléctricos y tecnológicos debido a estos problemas en el suministro eléctrico, el incremento estudiantil era cada vez mayor por año, los padres se verían con la necesidad de llevar a matricular a sus hijos a colegios aledaños al caserío donde residían debido a los cortes de energía diarios. Cabe indicar que la subestación cuenta con una red monofásica que indica valores bajos de medición como (170 a 190) V, debido a la distancia de 0.17 km desde la subestación hasta el colegio, En el 2017. la Institución educativa resultó dañada tras el fenómeno de El Niño Costero, fue totalmente demolida producto de las fuertes lluvias originadas, fue allí que con ayuda del gobierno se optó un plan Integral para la Reconstrucción con Cambios, insumo principal los colegios daños y reportados por los gobiernos regionales y municipalidades provinciales y distritales. En ese contexto surge la necesidad de dotar una nueva edificación tomando como fundamento principal un nuevo diseño de infraestructura y por ende de una nueva red de energía eléctrica a la nueva Institución mediante un suministro de energía que satisfaga los niveles de tensión para un correcto funcionamiento de los diferentes equipos eléctricos, y por consiguiente a base del mejoramiento y de la demanda proyectada por cada ambiente de la institución se estableció reemplazar el suministro eléctrico en baja tensión por un suministro de media tensión. por el cual se determinó que en la zona se encuentran redes eléctricas existentes de la empresa concesionaria, las cuales se encuentran a 0.17 km lejanas de la nueva subestación, por tanto, se debe realizar el diseño de una línea eléctrica de transmisión para dar paso a una infraestructura con altos estándares de calidad, por el cual la institución se beneficiara contando con unas

modernas aulas, laboratorios y espacios para la elaboración de talleres en diferentes especialidades

### **1.5. FORMULACION DEL PROBLEMA**

Es importante encontrar una solución alternativa que satisfaga a la institución educativa tanto con mejoras de voltaje y un nuevo diseño de una red eléctrica para un buen servicio y desarrollo de toda la comunidad estudiantil. Por lo tanto, De lo indicado en el Planteamiento del problema, se determinó que se requiere identificar la nueva demanda a abastecer en la institución educativa, para abastecerla desde un suministro subterráneo en Media Tensión, así como determinar las características técnicas de una nueva red de suministro de energía.

### **1.6. HIPOTESIS**

Con el desarrollo de los cálculos eléctricos y mecánicos para satisfacer esta demanda, se vería la mejora en diseñar una nueva red eléctrica, reemplazando el suministro en baja tensión por un suministro subterráneo en media tensión y una vez efectuado se mejorará los niveles de voltaje para un correcto funcionamiento de los equipos a utilizar en los ambientes de dicha institución, garantizando la seguridad y estabilidad a toda la población estudiantil.

### **1.7. JUSTIFICACION E IMPORTANCIA DE ESTUDIO**

Este presente proyecto de tesis tiene como fundamento y justificación para poder ser desarrollada los siguientes puntos.

#### **1.7.1. IMPACTO ECONOMICO**

Con el desarrollo y ejecución del presente proyecto de tesis la población se vería beneficiaria en matricular a sus menores hijos en la institución educativa proyectada, misma ciudad donde residen, y no realizar costos externos en otros colegios de ciudades

aledañas al centro poblado, brindando un servicio de calidad de energía, garantizando la seguridad a toda la población estudiantil.

### **1.7.2. IMPACTO SOCIAL.**

Debido a las mejoras se ampliaría el número de demanda estudiantil, Generando más estabilidad en toda la población.

### **1.7.3. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.**

Con el nuevo diseño de red eléctrica subterránea se fomentará la conservación de la belleza estética en los lugares u otorgan más espacio al no necesitar de postes de media tensión en las calles que los sostengan. De esta forma, evitan la contaminación visual y favorecen a los peatones porque pueden disfrutar de los paisajes en el sitio.

## **1.8. OBJETIVOS.**

### **1.8.1. OBJETIVO GENERAL.**

Diseñar un nuevo sistema eléctrico de suministro subterráneo en media tensión 13.8/22.9 kV para la I.E Iris Barriga Galarreta 81534 Santiago de Cao.

### **1.8.2. OBJETIVO ESPECIFICOS.**

1.8.2.1. Determinar mediante cálculos eléctricos y mecánicos la selección de los materiales y equipos a emplearse en el nuevo sistema eléctrico de suministro subterráneo en media tensión.

1.8.2.2. Definir y detallar las especificaciones técnicas de los materiales y equipos a emplearse en el suministro subterráneo en media tensión.

1.8.2.3. Identificar la trayectoria del suministro Subterráneo desde el punto de alimentación PMI hasta la subestación proyectada que se encuentra ubicada al interior del colegio.

1.8.2.4. Determinar la viabilidad económica de la red subterránea mediante los indicadores financieros VAN y TIR.

## CAPITULO II: MARCO TEORICO

### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

##### **Madrid**

Hurtado (2015), “propone en su trabajo de investigación un nuevo diseño de líneas eléctricas subterráneas desde una estación de tracción eléctrica con sistema de electrificación 2x25 kV hasta una base de mantenimiento donde por su ubicación no existen líneas de media tensión” (pág. 4).

Hurtado (2015), “El objetivo es proporcionar una base de mantenimiento de la subestación eléctrica de tracción y utilizar el conjunto de generadores existentes como respaldo para conseguir un suministro eléctrico más fiable, limpio, ininterrumpido y económico” (pág. 4).

##### **Madrid**

El siguiente antecedente, Cabañas Villarrubia (2011) refiere en su trabajo de investigación titulado “En el diseño de la instalación de una red de distribución destinada al suministro eléctrico para un edificio de nueva construcción que albergará 24 viviendas” (pág. 4).

Cabañas Villarrubia (2011), Para ello se han investigado, calculado, demostrado y medido los dispositivos eléctricos necesarios para garantizar dicho suministro eléctrico. La red de distribución incluye líneas subterráneas de media tensión de 20kV, centro de subestación interior de 400kVA y red subterránea de baja tensión (pág. 4).

“En función de la potencia requerida para la instalación, se calculan los parámetros eléctricos restantes necesarios para diseñar todos los componentes del proyecto” (Cabañas Villarrubia, 2011, pág. 4).

### **Ecuador**

Otro antecedente, Carrión González (2017), en su trabajo de investigación planteo un nuevo suministro eléctrico que incluye el diseño subterráneo de los servicios eléctricos de media y baja tensión y alumbrado público en la parte sur de la Avenida Pío. J. Alvarado (entre Av. Benjamín Carrión y Av. Reinaldo Espinosa), teniendo en cuenta las normas locales, nacionales y/o internacionales vigentes en las distintas etapas del diseño y utilizando la bibliografía y métodos involucrados en cada área del diseño de este proyecto (pág. 2).

Carrión González (2017), Este proyecto incluye aproximadamente 3,7 kilómetros de líneas de media tensión 7,96/13,8 kV, 6,5 kilómetros de líneas de baja tensión 127/220 V, 4,7 kilómetros de líneas de alumbrado público 127/220 V, 5,3 kilómetros de zanjas, unos 250 pozos subterráneos y 116 postes metálicos cada uno equipado con ellos. La iluminación LED y 6 subestaciones subterráneas que son capaces de satisfacer las necesidades eléctricas de aproximadamente para 540 usuarios. (pág. 2)

### **México**

En el siguiente antecedente, Gonzales Hernández (2015), refiere en su trabajo de investigación una nueva red de distribución de 13.8 kV, para la cual fue diseñada en el parque industrial “EL HUASTEKO” ubicado en el Puerto Industrial de Altamira, Tamaulipas, de acuerdo con la normativa vigente de la República Mexicana sobre

normas de distribución, construcción, diseño de sistemas subterráneos y demás normativa. (pág. 4)

Gonzales Hernández (2015), En este proyecto se estudió la disposición de las redes de distribución y se analizaron sus ventajas y desventajas en caso de falla, luego de analizar el tipo de trazado, se calcularon parámetros operativos como resistencia, regulación de voltaje, sobrecarga y cortocircuito, así como el voltaje de arranque y el radio mínimo de curvatura del equipo, lo que permite diseñar una red de distribución confiable permitiendo tener la posibilidad de un aumento de carga futura. (pág. 4)

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

#### **Lima**

Como otro antecedente, Quispe Huamani (2019) en su trabajo de investigación titulado “DISEÑO DE SISTEMA DE UTILIZACIÓN EN MEDIA TENSIÓN DE 22.9 kV COMO FACTOR DE RENTABILIDAD; CASO: HOTEL ORQUÍDEAS” planteó

un nuevo diseño de red subterránea de media tensión, por la cual partirá de un punto de diseño proyectado por luz del sur S.A.A. Ubicada en la calle Orquídeas, con puntos de medición subterráneos hasta llegar a una subestación específica, la red consta de un sistema trifásico de tres hilos con una tensión nominal de 22,9 kV y una frecuencia de 60 Hz. La construcción y diseño de la red primaria de media tensión será del tipo subterránea. (pág. 9)

“Para ello el proyecto eléctrico se basa en la normativa vigente, como el Código Eléctrico Nacional, la Ley de Concesión Eléctrica D.L.N° 25844, etc” (Quispe Huamani, 2019, pág. 9).

“Este trabajo de investigación requiere de cálculos, especificaciones técnicas de

materiales y equipos utilizados, como el montaje de celdas de media tensión, transformadores de potencia, tendido de cables tipo subterráneo” (Quispe Huamani, 2019, p.9).

“A su vez, deberá cumplir con las normas de voltaje contenidas en el Código Eléctrico Nacional. Este proyecto de investigación evalúa y analiza cálculos de cortocircuito para fallas eléctricas y buena selectividad de los dispositivos de protección de transformadores” (Quispe Huamani, 2019, p.9).

### **Arequipa**

Talavera Ruiz, (2022) realizó un trabajo de investigación titulado REMODELACIÓN Y SOTERRADO DEL SUBSISTEMA ELÉCTRICO PRIMARIO EN REDES DE DISTRIBUCIÓN SUBTERRÁNEA EN MEDIA Y BAJA TENSIÓN PARA LA VIA METROPOLITANA, DESDE EL PASAJE TORRICO HASTA LA VARIANTE DE UCHUMAYO, SACHACA AREQUIPA -2022. Donde refiere

como objetivo general el de la remodelación de las redes aéreas existente por redes subterráneas tanto de Baja Tensión y Media Tensión manera que posibiliten el suministro de energía eléctrica para el servicio particular, y alumbrado público para la vía metropolitana, desde el pasaje Torrico hasta la variante de Uchumayo, Sachaca, este proyecto se realiza debido al incremento de carga en energía que se ha dado en los últimos años así mismo la defectuosa distribución y contaminación visual que han generado los cables aéreos. (p. 9)

“lo cual se realizó la remodelación y soterrado del Subsistema de Distribución Primaria, el diseño de las redes subterráneas en la Vía Metropolitana y la remodelación de las redes aéreas existente por redes subterráneas tanto de Baja y Media Tensión” (Talavera Ruiz , 2022, pág. 9).

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. La Reforma del Sector Eléctrico en el Perú.**

#### **2.2.1.1. Ley de Concesiones Eléctricas.**

Bonifaz (2001) afirma que, “El 19 de noviembre de 1992 el gobierno del presidente Alberto Fujimori promulgó la Ley de Concesiones Eléctricas (Decreto Ley 25844), reglamentada posteriormente por el Decreto Supremo 009-93-EM” (p. 18).

La LCE se basa en la experiencia de Chile, Argentina y Reino Unido, donde la oferta de electricidad es separada en tres actividades independientes: generación, transmisión y distribución. Basada en este esquema, la generación eléctrica debe realizarse dentro de un marco de libre competencia absoluta; la transmisión, mientras no esté sujeta a la competencia, debe proveer libre acceso a compradores y proveedores; y los derechos y responsabilidades de las compañías distribuidoras serán regulados de acuerdo a su condición de monopolio natural. (Bonifaz, 2001, pp 18)

### **2.2.2. Actividades de Sector Eléctrico.**

#### **2.2.2.1. Generación.**

Bonifaz (2001) refiere que, “La generación es llevada a cabo por empresas estatales o privadas, las cuales producen electricidad a partir de centrales hidroeléctricas o termoeléctricas” (p. 19).

Bonifaz (2001) sin embargo, “Esta actividad se desarrolla en un mercado de libre competencia donde cualquier empresa puede instalar equipos de generación de electricidad” (p. 19).

Bonifaz (2001) “En el caso de explotar recursos hidráulicos o geotérmicos para centrales mayores a 10 Mw, el operador requiere de una concesión del Ministerio de Energía y Minas (MEM)” (p.19).



*Figura 3. La Generación de la Electricidad.*

*Fuente: (Sistema de Generacion Energetica., 2017, p.1)*

#### **2.2.2.2. Transmisión.**

La transmisión tiene como principal objetivo facilitar las transferencias de energía desde los generadores a los clientes, para lo cual se debe cubrir los costos de transmisión a través de un peaje por conexión que es pagado por los generadores a los operadores de los sistemas de transmisión. Cabe resaltar que estos últimos requieren de una concesión cuando sus instalaciones afectan a bienes del Estado. (Bonifaz, 2001, pp 19)



*Figura 4. Transmisión en el sector eléctrico.*

*Fuente: (sistema de transmisión de energía eléctrica, 2022, p. 1)*

### **2.2.2.3. Distribución.**

El nuevo marco regulatorio permite que la distribución de electricidad pueda ser desarrollada por personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, de acuerdo con el sistema de concesiones y autorizaciones establecidos por el MEM, que estipula que las empresas requieren de una concesión cuando la potencia instalada es mayor a los 500 Kw. (Bonifaz, 2001, pp 19)

Los concesionarios de distribución están obligados a prestar servicio eléctrico a quien lo requiera dentro de su área de concesión. Además, están obligados a tener contratos vigentes con las empresas generadoras que cubran sus requerimientos de potencia y energía durante los siguientes dos años, como mínimo. (Bonifaz, 2001, pp 19)

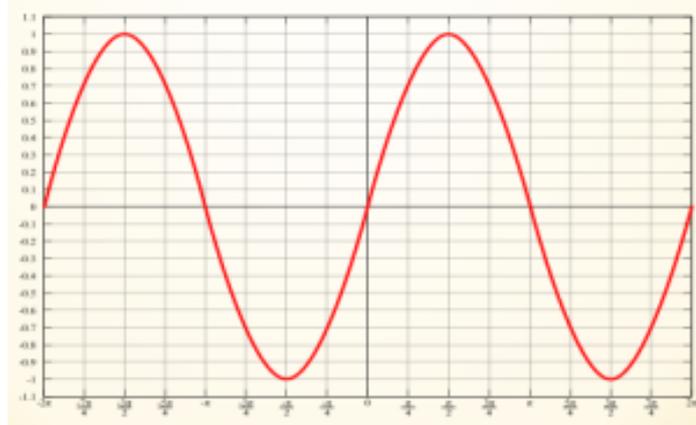
### **2.2.2.4. Comercialización.**

Si bien el marco legal del sector eléctrico en el Perú reconoce la actividad de comercialización, ésta aún no opera. En cambio, en Reino Unido, Noruega, Suecia y Colombia se permite e impulsa la libre competencia en los negocios de generación y comercialización de electricidad; mientras que las actividades de transmisión y distribución son reguladas debido a su naturaleza de monopolios naturales. (Bonifaz, 2001, pp 19)

### **2.2.3. Sistema Monofásico**

Según Conssap (2019) define “Un sistema monofásico es un sistema de producción, distribución y consumo de energía eléctrica formado por una única corriente alterna o fase y por lo tanto todo el voltaje varía de la misma forma” (p.4)

Según Conssap (2019) refiere que “La distribución monofásica de la electricidad se suele usar cuando las cargas son principalmente de iluminación y de calefacción, y para pequeños motores eléctricos” (p.4).

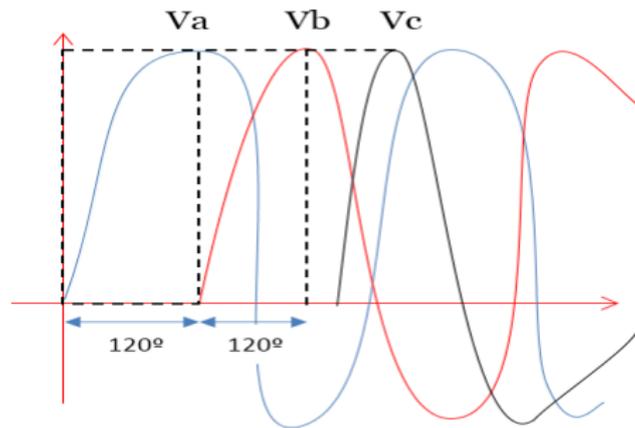


*Figura 5. Voltaje en un sistema de corriente monofásico.*

*Fuente: (Conssap, 2019, p.4)*

#### **2.2.4. Sistema Trifásico**

Un sistema trifásico es un sistema de producción, distribución y consumo de energía eléctrica formado por tres corrientes alternas monofásicas de igual frecuencia y amplitud (y por consiguiente valor eficaz), que presentan una diferencia de fase entre ellas de  $120^\circ$  eléctricos, y están dadas en un orden determinado. (Conssap, 2019, pp 4)



*Figura 6. Sistema Trifásico.*

*Fuente: (Conssap, 2019, p. 5)*

### **2.2.5. Sistema de Utilización en Media Tensión**

“Es aquel constituido por el conjunto de instalaciones eléctricas de Media Tensión, comprendida desde el punto de entrega hasta los bornes de Baja Tensión del transformador, destinado a suministrar energía eléctrica a un predio” (Ministerio de Energía y Minas, 2012, p. 7 )

“Estas instalaciones pueden estar ubicadas en la vía pública o en propiedad privada, excepto la subestación, que siempre deberá instalarse en la propiedad del Interesado” (Ministerio de Energía y Minas, 2012, p. 7 ).

“Se entiende que quedan fuera de este concepto las electrificaciones para usos de vivienda y centros poblados” (Ministerio de Energía y Minas, 2012, p. 7 ).

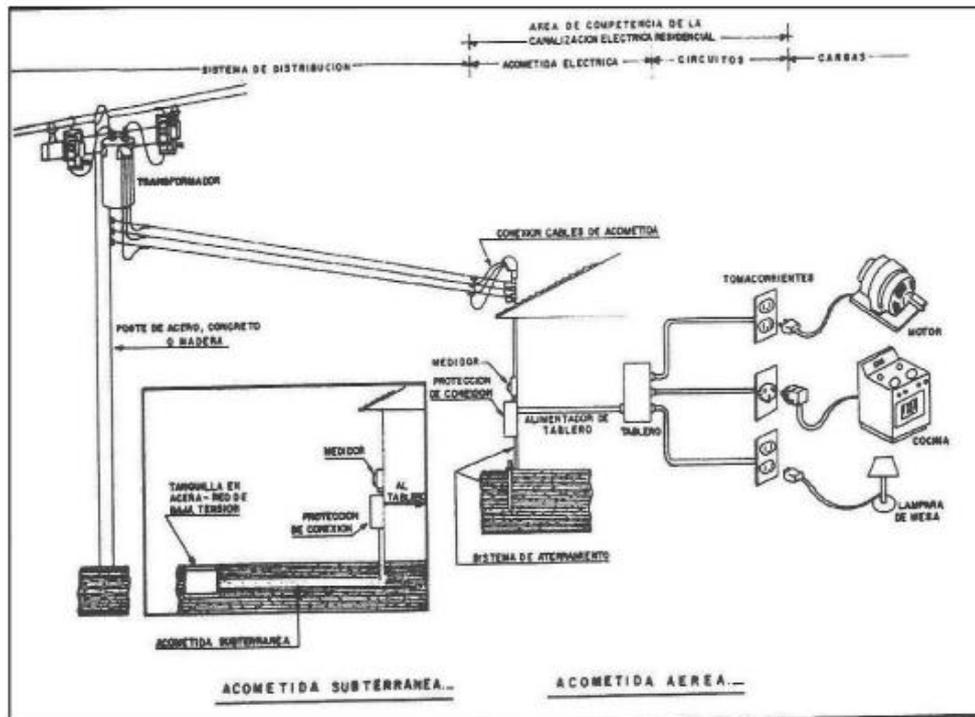


Figura 7. Sistema de Utilización en Media Tensión. Fuente: (Ministerio de Energía y Minas, 2012, p. 7).

## 2.2.6. Suministro Eléctrico

“Abastecimiento regular de energía eléctrica del Concesionario al usuario dentro del régimen establecido por la Ley de Concesiones Eléctricas y su Reglamento” (Ministerio de Energía y Minas, 2012, p. 7).

## 2.2.7. El Transformador

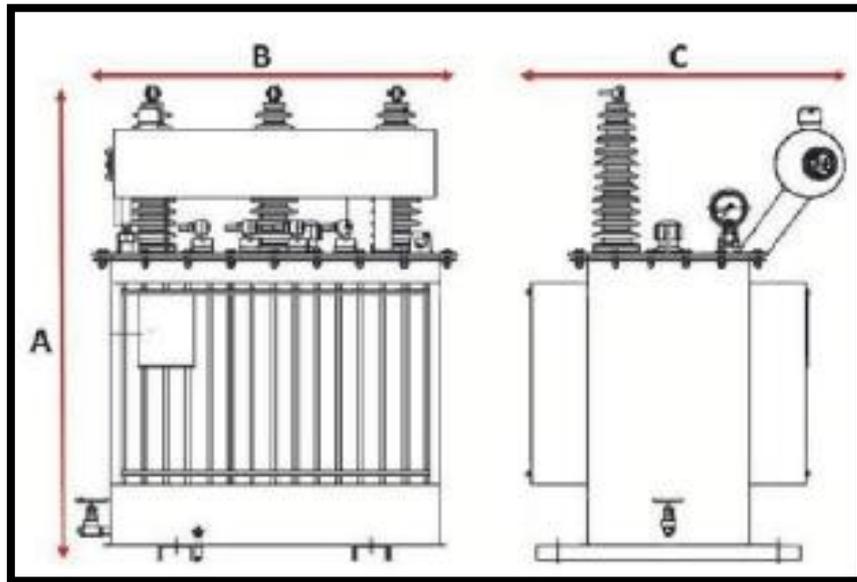
Según Espetia Torres (2018) “Se denomina transformador a una máquina eléctrica que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo constante la frecuencia” (p. 15).

“La potencia que ingresa al equipo no varía en el caso de un transformador ideal (sin pérdidas) pero las máquinas reales presentan un pequeño porcentaje de pérdidas, dependiendo de su diseño, tamaño, etc” (Espetia Torres, 2018, p. 15).

“Su funcionamiento se basa en el fenómeno de la inducción electromagnética y están constituidos, en su forma más simple, por dos bobinas devanadas sobre un núcleo cerrado de hierro dulce o hierro silicio” (Espetia Torres , 2018, p. 15).

“Las bobinas o devanados se denominan primarios y secundarios según correspondan a la entrada o salida del sistema en cuestión, respectivamente” (Espetia Torres , 2018, p. 15).

“También existen transformadores con más devanados; en este caso, puede existir un devanado "terciario", de menor tensión que el secundario” (Espetia Torres , 2018, p. 15).



*Figura 8. El transformador.*

*Fuente: (Espetia Torres , 2018, p. 15)*

### **2.2.8. Transformadores de Distribución**

“El transformador de distribución es un transformador que proporciona la transformación de voltaje final en el sistema de distribución de energía eléctrica,

reduciendo la tensión utilizada en las líneas de distribución al nivel utilizado por el cliente” (El transformador de distribución, 2020, pág. 1).

“En el sistema de distribución, hay diferentes tipos de transformadores disponibles como transformadores monofásicos, trifásicos, subterráneos, montados en almohadillas y montados en postes” (El transformador de distribución, 2020, pág. 1).



*Figura 9. Transformador de Distribución.*

*Fuente: Marca, promelsa*

### **2.2.9. Trafomix**

El Trafomix es un transformador combinado de medición y protección que reúne en un solo recipiente los transformadores de Corriente y Tensión necesarios para realizar la función deseada, los que se interconectan entre sí de acuerdo al esquema deseado: conexión delta abierto, Estrella o Monofásico y son fabricados según norma IEC y ANSI. (CEA, 2021, pp 1)

## 2.2.10. Puesto de medición a la intemperie (PMI)

### 2.2.10.1. Poste

Los postes serán de concreto armado centrifugado y de forma troncocónica, su fabricación y pruebas deben cumplir con las Normas:

ITINTEC 339.027	Para diseño, fabricación y pruebas.
DGE 015-T	Para diseño y fabricación

*Tabla 1. Normas aplicadas para postes.*

*(Fuente: elaboración propia.)*

Las dimensiones y características mecánicas de los postes que se utilizarán son:

<b>Características mecánicas de los postes</b>	
Longitud (m.)	15
Carga de trabajo (Kg.)	400
Diámetro en la cima (mm.)	210
Diámetro de la base (mm.):	435
Peso aproximado (Kg.)	1,600
Coefficiente de Seguridad	2

*Tabla 2. Características mecánicas de los postes de M.T*

Las estructuras llevarán el siguiente rotulado permanente:

- Marca o nombre del fabricante (MF)
- Año de fabricación (XY)
- Carga de trabajo transversal (F)
- Altura en metros (L)

#### - Señalización (S)

Los postes serán izados en forma perfectamente vertical y enterrados 1/10 de su longitud sobre un solado de 0.20m. La mezcla de la cimentación será concreto ciclópeo. Todas las estructuras tendrán una protección contra la humedad, de acabado de cemento pulido denominado punta de diamante, desde el nivel del suelo hasta 0.10m de este.



*Figura 10. Izaje de Poste de concreto armado.*

#### **2.2.10.2. Ménsula de FoGo**

la ménsula servirá para soportar los aisladores tipo PIN y de suspensión, así como los seccionadores fusible tipo cut out. Será confeccionada de un tubo cuadrado de 3"x3"x1/4" galvanizado en caliente por doble inmersión.



*Figura 11. Instalación de ménsula de FoGo*

### **2.2.10.3. Media plataforma de concreto armado vibrado para soporte de transformador mixto**

Será de concreto armado vibrado de 1.10 m de longitud, se empleará como soporte del transformador mixto de medición y corriente. La plataforma tendrá un peso aproximado de 150 Kg y soportará un peso máximo de 750 Kg. Se instalará embonándola al poste, siendo fijadas con una fragua de mezcla de cemento de relleno.



*Figura 12. Media loza.*

*Fuente: Actividad realizada para instalación de media loza.*

#### 2.2.10.4. Aisladores Tipo Pin.

Se usa para dar soporte de los conductores semi-aislados a la estructura donde estarían montados. Los aisladores poliméricos Tipo Pin 13.8kV y 22.9kV están fabricados de materiales de la más alta calidad. El núcleo está hecho de fibra de vidrio con barra Fiberglass Round Rod tipo ECR y el material aislante de revestimiento y aletas de Goma silicona de alta consistencia (Electrical Projects, 2021, p. 1).

#### Norma empleada

- IEC 61952:2008

El aislador tipo pin que se empleará tendrá las siguientes características básicas:

Material dieléctrico	Goma de silicona.
Tensión nominal (kV)	27
Altura (mm)	330
Esfuerzo de flexión (kN)	10
Esfuerzo de compresión (kN)	8
Tensión nominal de servicio (kV)	28
Distancia de fuga (mm)	800
Distancia de arco en seco (mm)	260
Tensión mínima de descarga a baja frecuencia	En seco 137 kV En lluvia 105 kV
Tensión crítica de impulso positiva (kV)	212
Tensión crítica de impulso negativa (kV)	240
Peso (kg)	2.9

Tabla 3. Características de los Aisladores tipo Pin.

Fuente: (elaboración propia)

El soporte metálico del aislador PIN será de acero forjado galvanizado en caliente de 19 mm x 225 mm de longitud, con el cuerpo roscado de 130 mm en un extremo y en el otro con arandela, anillo de presión y tuerca de FoGo.

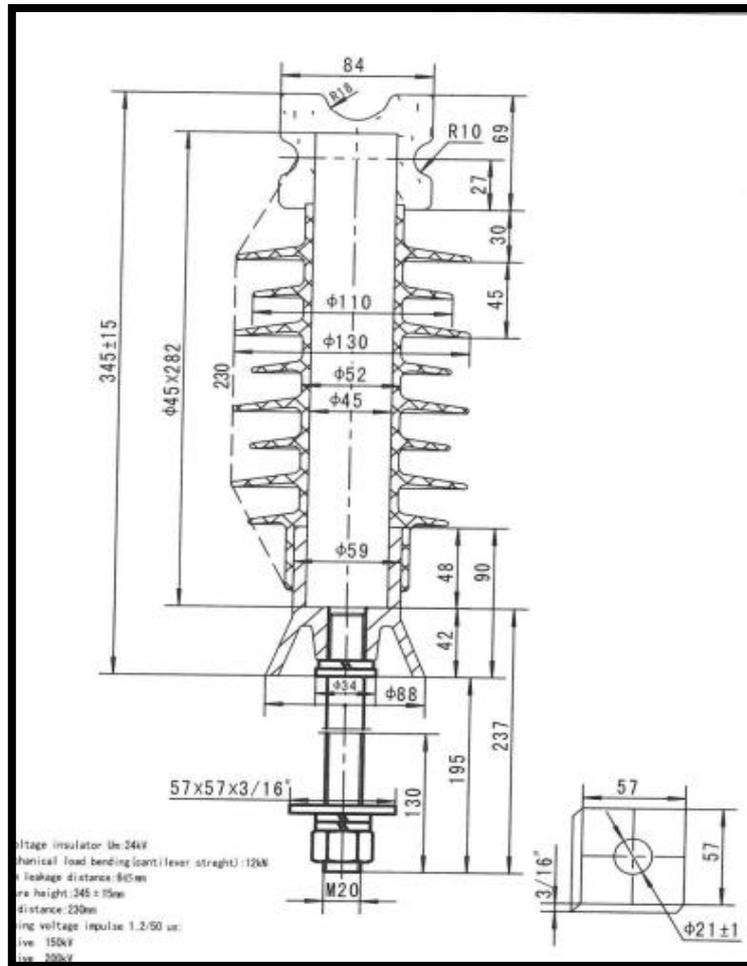


Figura 13. Aislador Tipo Pin.

Fuente: (Electrical Projects, 2021, p. 1)

#### 2.2.10.5. Aislador polimérico tipo suspensión.

Los aisladores poliméricos Tipo Suspensión 13.8kV y 22.9kV están diseñados y fabricados para ser instalados como soportes de las líneas aéreas, aptos para soportar los esfuerzos derivados del peso y tensión de los conductores y los accesorios metálicos de sujeción de los cables y conductores, para soportar la acción del viento sobre los mismos y sobre los elementos que soportan. Soportan

las solicitaciones térmicas, dinámicas y eléctricas derivadas de posibles cortocircuitos, tensión máxima de operación y sobretensiones.



*Figura 14. Aislador polimérico tipo Suspensión.*

*Fuente: (Electrical Projects, 2021, p. 1)*

## **2.2.11. Red Subterránea.**

### **2.2.11.1. Cable subterráneo N2XSY 18/30kV.**

El cable subterráneo será unipolar con conductor de cobre recocido, cableado de sección circular, pantalla eléctrica de semiconductor extruido sobre el conductor, aislamiento de polietileno reticulado, pantalla eléctrica de cinta semiconductor sobre la aislación, blindaje metálico de cinta de cobre recocido y cubierta exterior de PVC color rojo.

## Normativas aplicadas

Desde el PMI, se proseguirá en forma subterránea, con un cable Distribución de energía en media tensión. Por la cual cumplirá con la siguiente normativa vigentes.

<b>NORMATIVA NACIONAL</b>	
NTP-IEC 60228	Conductores para cables aislados.
NTP-IEC 60502-2	Cables de energía con aislamiento extruido y sus aplicaciones para tensiones nominales desde 6 kV hasta 30 kV

*Tabla 4. Normativa peruana para cables de M.T.*

*(Fuente: elaboración propia)*

<b>NORMATIVA INTERNACIONAL</b>	
IEC 60228	Conductores para cables aislados
IEC 60502-2	Cables de energía con aislamiento extruido y sus aplicaciones para tensiones nominales desde 6 kV hasta 30 kV
IEC 60332-1-2	Ensayo de propagación de llama vertical para un alambre o cable simple - Procedimiento para llama premezclada de 1kW.
UL 2556	Métodos de ensayo para alambre y cable. Sección 9.3: Ensayo de propagación de llama - FT-1 (muestra vertical).
IEC 60811-401	Métodos de envejecimiento térmico. Envejecimiento en horno de aire.
IEC 60811-402	Ensayo de absorción de agua
IEC 60811-409	Ensayo de pérdida de masa de aislamientos y cubiertas termoplásticas.
IEC 60811-501	Ensayos para la determinación de las propiedades mecánicas
IEC 60811-502	Ensayo de contracción para aislamientos.

IEC 60811-504	Ensayo de doblado a baja temperatura para aislamientos y cubiertas.
IEC 60811-505	Elongación a baja temperatura para aislamientos y cubiertas
IEC 60811-506	Ensayo de impacto a baja temperatura para aislamientos y cubiertas
IEC 60811-507	Ensayo de alargamiento en caliente para materiales reticulables
IEC 60811-508	Ensayo de presión a alta temperatura para aislamientos y cubiertas
IEC 60811-509	Ensayo de resistencia al agrietamiento para aislamientos y cubiertas
ICEA S-93-639	Cable de energía apantallado de 5 - 46 kV para uso en distribución y transmisión de energía eléctrica. Sección 9.4.2 Ensayo de inmersión en aceite.
UL 2556	Métodos de ensayo para alambre y cable. Sección 4.2.8.5: Ensayo de resistencia a los rayos solares en arco xenón/arco carbón.

*Tabla 5. Normativa Internacional para Cables de M.T*

*(Fuente: Elaboración Propia)*

### **Aplicación del Material**

"Su aplicación para este tipo de cable será como alimentadores de transformadores en subestaciones. En centrales eléctricas, instalaciones industriales y de maniobra, en urbanizaciones e instalaciones mineras, en lugares secos o húmedos" (INDECO, 2020, P.1).

el cable subterráneo tendrá los siguientes datos dimensionales

<b>DATOS DIMENSIONALES</b>						
Sección [mm <sup>2</sup> ]	Nº total alambres	Diam. Conductor [mm]	Diám. sobre aislam. [mm]	Diám. sobre pantalla [mm]	Diám. sobre cubierta [mm]	Peso aprox. [kg/km]
50	19	7,9	23,6	25,3	28	1066
70	19	9,5	25,2	27,0	29,7	1307
95	19	11,2	26,9	28,6	31,5	1605
120	37	12,8	28,5	30,2	33,3	1891
150	37	14,2	29,9	31,6	34,7	2178

Figura 15. Características del cable subterráneo.

Fuente: (INDECO, 2020, p. 3)

Características del cable subterráneo:

<b>DATOS ELÉCTRICOS - I</b>						
Sección [mm <sup>2</sup> ]	Max. DC Resist. Cond. 20°C [Ohm/km]	Resistencia del conductor en CA a 90° C - formación plana [Ohm/km]	Resist. Conduct. CA 90° C - form. triang. [Ohm/km]	React. Induct. 60 Hz - formac. plana [Ohm/km]	React. Induct. 60 Hz - formac. triang. [Ohm/km]	
50	0,387	0,4937	0,4938	0,2362	0,1665	
70	0,268	0,3421	0,3422	0,2265	0,1568	
95	0,193	0,2466	0,2468	0,2187	0,1491	
120	0,153	0,1958	0,1961	0,2129	0,1432	
150	0,124	0,1589	0,1594	0,2081	0,1385	
185	0,0991	0,1274	0,128	0,2041	0,1344	
240	0,0754	0,0975	0,0985	0,1979	0,1282	
300	0,0601	0,0784	0,0797	0,1943	0,1247	
400	0,047	0,0622	0,064	0,1892	0,1195	
500	0,0366	0,0495	0,0519	0,1855	0,1158	
630	0,0283	0,0397	0,0427	0,1817	0,112	

<b>DATOS ELÉCTRICOS - II</b>						
Sección [mm <sup>2</sup> ]	Capac. Corriente enter. 20°C - formac. plana [A]	Capac. Corriente enter. 20°C - formac. triang. [A]	Capac. Corriente aire 30°C - formac. plana [A]	Capac. Corriente aire 30°C - formac. triang. [A]	Capacitancia Nominal [pF/m]	
50	203	196	286	238	144,0	
70	246	239	356	296	160,0	
95	293	285	434	361	177,0	
120	332	323	500	417	193,0	
150	366	361	559	473	207,0	

Figura 16. Datos eléctricos del cable subterráneo.

Fuente: (INDECO, 2020, p.4)

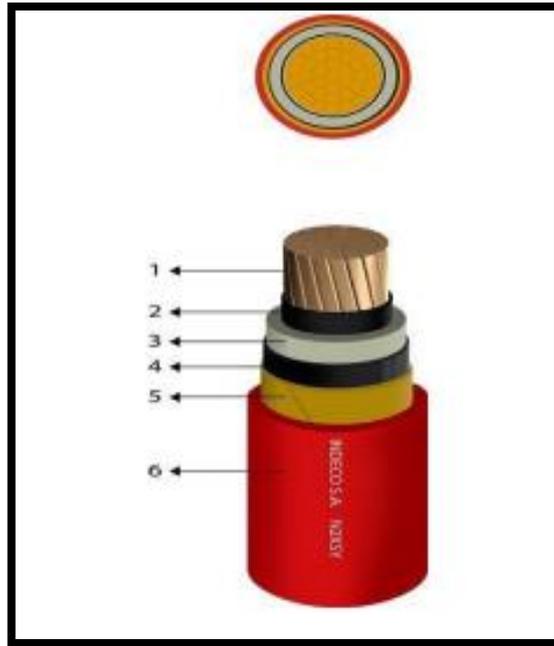


Figura 17. Cable N2XSY 18/30 Kv, de Media Tensión para una instalación subterránea.

Fuente: (INDECO, 2020)

#### 2.2.11.2. Cinta Señalizadora

Cinta de material resistente y duradero a los agentes ambientales, llama la atención y señala el peligro y cuidados a tener con el material o producto que está después de ella y que podría ocasionar riesgo o accidente sino se tiene en cuenta su leyenda (Codigo Nacional de Electricidad, 2011, p. 10).

La cinta señalizadora, utilizada para indicar la presencia de cables de media tensión, será colocada a 0.60m del nivel de piso terminado (0.20 m. de la base de los ladrillos o sobre los ductos de concreto)

#### Normativa empleada

- CNE (Código Nacional de electricidad) en la sección 35 – 350.H.

La cinta tendrá las siguientes características:

<b>CARACTERISTICAS DE LA CINTA SEÑALIZADORA</b>	
Material	polietileno de alta calidad resistente a los ácidos y álcalis.
Ancho	125 mm
Espesor	1/10 mm.
Color	rojo
Elongación	250%
Inscripción	"Peligro de muerte 22,900 voltios", inscrita con letras negras que no pierdan su color con el tiempo y recubiertas con plástico.

*Tabla 6. Característica de la cinta señalizadora.*

*Fuente: (elaboración propia).*



*Figura 18. Cinta señalizadora.*

### **2.2.11.3. Cinta Delimitadora celeste.**

La Cinta Delimitadora es una película de vinil sin ninguna inscripción, con adhesivo de caucho, resistente a la abrasión y a la mayoría de solventes comunes, que se empleará para señalar que los cables tendidos en la vía pública no son propiedad del concesionario.

### **2.2.11.4. Terminal de cable tipo corto interior.**

“Accesorios instalados en los extremos de los conductores que permiten su conexión eléctrica segura a los demás elementos del circuito eléctrico, para las condiciones preestablecidas, incluyendo las sobrecorrientes” (Codigo Nacional de Electricidad, 2011, p. 11).

El terminal de cable será del tipo corto, termocontraíbles, para 25 kV, uso interior, adecuado para el cable N2XSY de 50mm<sup>2</sup> y estará compuesto por:

- ✓ Tubo termocontraíbles de control de campo
- ✓ Tubo termocontraíbles aislante
- ✓ Cintas de mástic sellante
- ✓ Cinta de cobre preformado para tierra



*Figura 19. Terminal de cable tipo corto interior.*

*Fuente: (Promelsa, 2022, p. 1)*

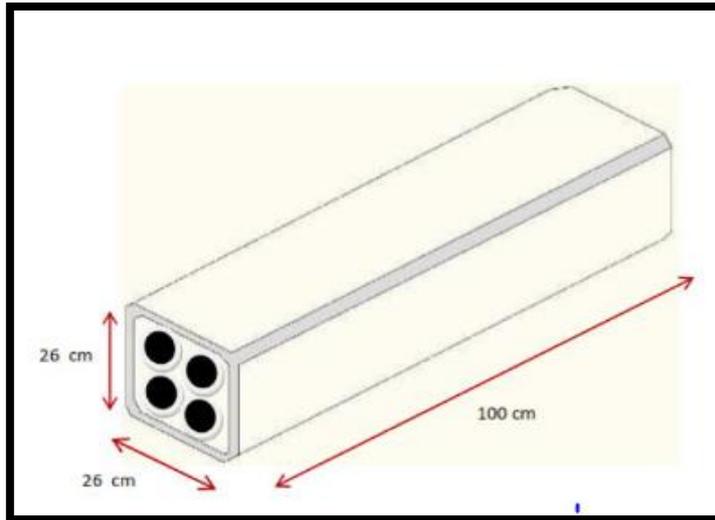
### **Normativa empleada**

IEEE-48-1996

#### **2.2.11.5. Ducto de concreto**

Sirven para proteger los cables subterráneos instalados bajo áreas sometidas a tránsito vehicular, se empleará ductos de concreto de 4 vías x 1m de longitud. Las vías serán de 90mm de diámetro cada una.

En uno de sus extremos tendrán un embone y en el otro una campana, tal que se puedan unir dos ductos entre sí para dar facilidad para el tendido del cable.

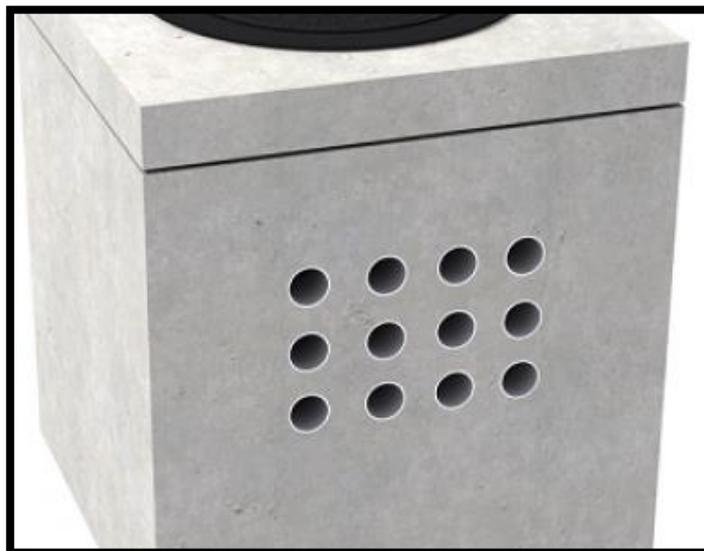


*Figura 20. Ducto de concreto.*

*Fuente: (Tecnireto, 2022, p. 1)*

#### **2.2.11.6. Buzón de concreto**

Los buzones eléctricos prefabricados de concreto sirven para albergar dispositivos de conexión de redes de telecomunicaciones o electricidad. Permitiendo la conexión entre las redes de urbanizaciones con la red de distribución pública de telecomunicación (Tecnireto, 2022, p.2).



*Figura 21. Buzón de Concreto.*

*Fuente: (Tecnireto, 2022, p.2)*

### 2.2.12. Material eléctrico accesorio

Toda la ferretería a usarse será galvanizada por inmersión en caliente, con un espesor mínimo de 130micras.

#### 2.2.12.1. Perno de 15.87mm (5/8").

Se usa para la sujeción y ajuste de ménsulas y accesorios diversos a los postes. Será de acero SAE 1020 galvanizado en caliente y 55 KN de mínima carga de rotura y 250 mm (10") y/o 558 mm (22") de longitud.

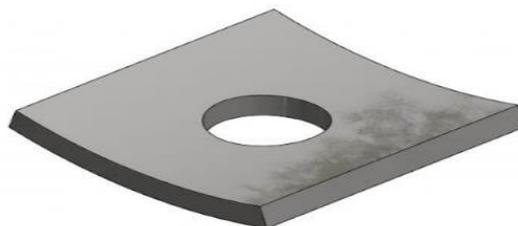


*Figura 22. Perno de 15.87mm (5/8").*

*Fuente: (Promelsa)*

#### 2.2.12.2. Arandela cuadrada curvada

Se usa para distribuir esfuerzos de contacto de pernos y tuercas en líneas aéreas de media tensión. Será de acero SAE 1020 galvanizado en caliente de 75x75x4.75 mm y 55 KN de mínima resistencia al esfuerzo cortante.

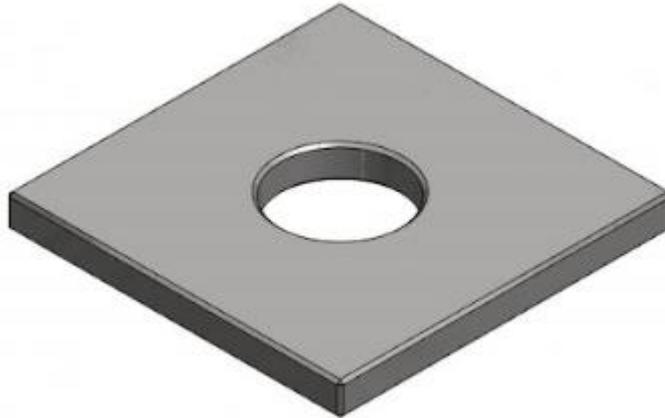


*Figura 23. Arandela cuadrada curva.*

*Fuente: (promelsa)*

### **2.2.12.3. Arandela cuadrada plana.**

Se usa para distribuir esfuerzos de contacto de pernos y tuercas en líneas aéreas de media tensión. Será de acero SAE 1020 galvanizado en caliente de 55x55x4.75 mm y 55 KN de mínima resistencia al esfuerzo cortante.



*Figura 24. Arandela cuadrada plana.*

*Fuente: (Promelsa)*

### **2.2.12.4. Grapa de anclaje tipo pistola.**

Las grapas se usan para sujetar los conductores de aluminio al poste de concreto. El cuerpo será de aleación de aluminio, el PIN y los pernos de acero galvanizado y el pasador de acero inoxidable. Sus demás características serán:

- Cantidad de pernos: 3
- Mínima carga de rotura del cuerpo principal: 45 kN
- Carga de rotura del asa: 9.4 kN



*Figura 25. Grapa de anclaje tipo pistola.*

*Fuente: promelsa*

#### **2.2.12.5. Plancha de cobre para línea a tierra**

Será de cobre electrolítico de 99.9% de pureza, 45-50m/Ohm mm<sup>2</sup> de conductividad eléctrica y una densidad de 8.89 gr/cm<sup>3</sup>, tendrá forma de una J de 86mm de alto x 40mm de ancho y 3 mm de espesor. El doblé que forma la J será de 21 mm de longitud y un radio de curvatura de 5mm.



*Figura 26. Plancha de cobre para línea a tierra.*

*Fuente: (Promelsa)*

## 2.2.13. Tuberías.

### 2.2.13.1. Tuberías de PVC para protección del cable de medición

Las tuberías de PVC sirven para protección del cable al bajar del transformador de medición al medidor serán de policloruro de vinilo clase pesada, resistentes a la humedad y a los ambientes químicos, retardantes de la llama, resistentes al impacto, al aplastamiento y a las deformaciones producidas por el calor en las condiciones normales de servicio además deberán ser resistentes a las bajas temperatura.

Para empalmar tubos entre sí, se emplearán uniones a presión. Las tuberías se unirán a las cajas mediante conectores adecuados. Para fijar las uniones conexiones se usará pegamento especial recomendado por los fabricantes.

<b>Propiedades Físicas a 24°C</b>	
Peso específico	1,44 Kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la Tracción	500 Kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la Flexión	700 - 900 Kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la Compresión	600 - 700 Kg/cm <sup>2</sup>

Tabla 7. Propiedades físicas de Tuberías de PVC para protección del cable de medición.

<b>Características Técnicas</b>				
Diámetro nominal	Diámetro exterior	Espesor (mm)	Largo (mm)	Peso (Kg/tubo)
50	60	3,20	3	2,45

Tabla 8. Características técnicas de Tuberías de PVC para protección del cable de medición



*Figura 27. Tubería de PVC para protección del cable de medición.*

*Fuente: (Promelsa)*

#### **2.2.13.2. Tuberías de FoGo para protección del cable N2XSY**

Las tuberías que se emplean para protección del cable de media tensión desde el transformador de medición hasta su instalación subterránea. Serán fabricados con acero al carbono según Norma SAE 1008, 1010, 1015. El galvanizado será por el proceso de inmersión en caliente, según norma ANSI C80.1, debiendo asegurar una protección interior y exterior con una capa de zinc de al menos 20 $\mu$ m.

#### **2.2.14. Determinación de la carga de una Instalación Eléctrica.**

Bratu (2006) refiere que “El diseño de una instalación eléctrica requiere del conocimiento de la potencia o carga que se va a alimentar”(p.75).

Bratu (2006) afirma que “Por carga se entiende la que será demandada a la instalación y no la suma de las capacidades de los equipos que serán instalados”(p.75).

##### **2.2.14.1. Cálculo analítico.**

Bratu (2006) refiere que “La precisión que se obtiene con los métodos estimativos resulta insuficiente para obtener las capacidades de los elementos de una instalación eléctrica y las secciones de los conductores”(p.76).

Bratu (2006) afirma que “Un cálculo más preciso se inicia cuando se conocen los consumos de energía de cada uno de los equipos y servicios que serán alimentados por la instalación. A continuación, se definen algunos términos necesarios para la determinación de la carga”(p.76).

#### **2.2.14.1.1. Carga o potencia instalada.**

Bratu (2006) refiere que “La carga o potencia instalada ( $P_{inst}$ ) es la sumatoria de los consumos nominales de cada elemento consumidor según sus datos de placa”(p.76).

$$P_{inst} = \sum P_j \quad (ecu. 1)$$

Donde:  $P_j =$  potencia de cada elemento,  $j = 1, 2, \dots$

#### **2.2.14.1.2. Demanda Máxima**

Bratu (2006) refiere que “La demanda máxima ( $P_{max}$ ) es la carga o potencia máxima que podría ocurrir en una instalación”(p.77).

Bratu (2006) afirma que “En las tarifas, para fines de facturación, la demanda máxima es la carga máxima que subsiste durante 15 minutos en el lapso de un mes. Se le llama también demanda máxima medida”(p.77).

#### **2.2.14.1.3. Factor de carga**

Bratu (2006) refiere que “El factor de carga ( $f_c$ ) es el cociente de la potencia o demanda máxima entre la potencia (carga) instalada, por lo tanto:” (p.77).

$$P_{max} = (F_c) * P_{inst} \quad (ecu. 2)$$

#### 2.2.14.1.4. Carga de transformadores.

Bratu (2006) refiere que “El transformador, cuyo objetivo es cambiar los niveles de voltaje, es uno de los equipos más comunes en las instalaciones eléctricas. En ocasiones el transformador constituye una parte importante del costo total de la instalación”.

Bratu (2006) afirma que “La eficiencia del transformador está en función de la carga que tiene conectada (curva característica de eficiencia)” (p.78).

Bratu (2006) refiere que “Si un transformador está permanentemente conectado a la red, habrá un consumo permanente de energía equivalente a sus pérdidas en vacío (especificadas por el fabricante)” (p.78).

$$P_c = P_n \left( \frac{I}{I_n} \right)^2 \quad (\text{ecu. 3})$$

Donde:

$P_c$  = Pérdidas correspondientes a cierto régimen de carga.

$I$  = Corriente del régimen de carga correspondiente.

$I_n$  = Corriente nominal (plena carga)

$P_n$  = Pérdidas debidas a la circulación de la corriente nominal por los conductores del transformador (pérdidas nominales en el cobre).

#### 2.2.14.1.5. Corriente nominal.

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} * V} \quad (\text{ecu. 4})$$

Donde:

$I_n$  = corriente nominal

$S$  = potencia aparente

$V =$  *tensión del servicio*

#### **2.2.14.1.6. Corriente de diseño del cable.**

$$I_c = \frac{I_{nc}}{f_{eq}} \quad (\text{ecua. 5})$$

$I_{nc}$  = *Capacidad de corriente del cable.*

$f_{eq}$  = *Factor de corrosión.*

#### **2.2.14.1.7. Factor de corrección.**

$$f_{eq} = f_r * f_t * f_p \quad (\text{ecua. 6})$$

Donde:

$f_r$  = *Resistividad termica del terreno.*

$f_t$  = *temperatura del terreno.*

$f_p$  = *Profundidad de instalacion.*

#### **2.2.14.1.8. Corriente de diseño de carga.**

$$I_d = 1.25 * I_n \quad (\text{ecua. 7})$$

#### **2.2.14.1.9. Corriente de corto circuito.**

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{(\sqrt{3} * V)} \quad (\text{ecua. 8})$$

Donde:

$S_{cc}$  = *potencia de corto circuito.*

$V$  = *tension de servicio.*

**2.2.14.1.10. Corriente de cortocircuito térmicamente admisible por el cable subterráneo.**

$$I_{km} = \frac{(0,14356 * S_c)}{\sqrt{T_{ac}}} \quad (ecu. 9)$$

Donde:

$S_c$  = Seccion del cable.

$T_{ac}$  = tiempo de actuacion de proteccion.

**2.2.14.1.11. Impedancia del sistema.**

$$X_{red} = \frac{V_n^2}{S_{cc}} \quad (ecu. 10)$$

Donde:

$V_n$  = tension de servicio

$S_{cc}$  = potencia de corto circuito.

**2.2.14.1.12. Potencia de cortocircuito en la Subestación Particular Proyectada.**

$$S_{cc} = \frac{V_n^2}{Z_{total}} \quad (ecu. 11)$$

$Z_{total}$  = impedancia de corto circuito.

$v$  = voltaje de trabajo.

**2.2.14.1.13. Caída de tensión en la subestación de llegada.**

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} * L * I_n * (r \cos \theta + x \sin \theta)}{1000} \quad (ecu. 12)$$

Donde:

L: Longitud del cable

In: corriente nominal.

X: impedancia del sistema

$\emptyset$ : ángulo factor de potencia

r: Impedancia del cable.

## 2.2.15. Indicadores VAN y TIR

### 2.2.15.1. VAN.

Ramírez (2021) afirma que “El VAN es el acrónimo del Valor Actual Neto, también conocido como Valor Presente Neto (VPN). Es uno de los indicadores financieros para valorar y determinar la viabilidad y la rentabilidad de un proyecto de inversión, más conocidos y utilizados” (p.1).

Para el calculo del VAN la fórmula utilizada es:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{\gamma - E_t}{(1 + i)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{BN_t}{(1 + i)^t}$$

Donde:

VAN: Valor actual Neto.

$\gamma$  = *ingresos o beneficios del precio considerado*

E= Egresos o costos del periodo considerado.

i= Tasa de descuento o actualización (es el costo de oportunidad del capital)

t= el periodo considerado

n= número total de periodos.

BN= Beneficio Neto que es la diferencia de los ingresos y los egresos.

Los criterios de interpretación son:

VAN>0 Muestra un excedente después de haber recuperado y remunerado todos los desembolsos, a la tasa de descuento utilizada.

VAN<0 Significa que el flujo de beneficios no permitirá recuperar y remunerar la inversión a la tasa utilizada.

VAN=0 Indica la igualdad del flujo de beneficios netos a una tasa  $i$ .

### 2.2.15.2. TIR.

Ramírez (2021) afirma que “TIR o Tasa Interna de Retorno es uno de los métodos de evaluación de proyectos de inversión más recomendables. Se utiliza frecuentemente para analizar la viabilidad de un proyecto y determinar la tasa de beneficio o rentabilidad que se puede obtener de dicha inversión” (p.1).

Para el calculo del TIR la fórmula es la siguiente:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{F_n}{(1+i)^n} = 0$$

donde:

**$F_n$** : es el flujo de caja en el periodo  $n$ .

**$n$** : es el número de períodos.

**$I$** : es el valor de la inversión inicial.

Y sus resultados se interpretan de la siguiente manera identificando “ $r$ ” como el costo de oportunidad.

- Si la TIR es  $< r$  se determina que el proyecto debe ser rechazado.
- Si la TIR es  $> r$  entonces el proyecto será viable y puede ser aprobado.
- En el caso de que la TIR = 0, el proyecto en principio debe ser rechazado. Es cierto, que desde el punto de vista estratégico puro, se podría decidir invertir, pero a nivel financiero no compensa asumir dicho riesgo.

## CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO

### 3.1. Tipo de investigación.

✓ **Según su alcance:**

Es una **investigación descriptiva** por que se realiza cuando queremos describir la realidad en todos sus componentes principales. En este tipo de investigación se puede utilizar técnicas analíticas para caracterizar el objeto de estudio o una situación particular y resaltar sus rasgos y características.

✓ **Según los medios utilizados:**

Es una **investigación experimental** por qué tiene como objetivo cambiar la realidad, extrayendo información de las actividades intencionales del investigador y generando el propio fenómeno estudiado para que pueda ser observado.

✓ **Según el propósito:**

Es una **investigación aplicada** por que el busca en desarrollar estrategias y realizar investigaciones para alcanzar objetivos específicos. No se trata de ampliar información, se trata de resolver problemas.

✓ **Según la naturaleza de la información:**

Es una **investigación cuantitativa** por qué se centra básicamente en los aspectos observables y cuantificables de los fenómenos, utilizando métodos analíticos empíricos y pruebas estadísticas para el análisis de datos.



X: Calidad del servicio eléctrico actual con suministro de energía a baja tensión (220V)

Y: Ejecución de un nuevo Diseño de un sistema eléctrico en media tensión para un suministro subterráneo (13.8Kv/22.9Kv).

Z: Calidad del servicio eléctrico posterior a la nueva red eléctrica en media tensión.

### **3.2. Población y muestra.**

#### **3.2.1. Población.**

La presente investigación se consideró como población de estudio al sistema eléctrico de Baja tensión que alimenta a la I.E Iris Barriga Galarreta 81534 Santiago de Cao, ya que a base de ello se recolectará información para el proyecto de investigación.

#### **3.2.2. Muestra.**

La presente investigación tiene como muestra de estudio la red eléctrica monofásica de la I.E Iris Barriga Galarreta 81534 Santiago de Cao.

### **3.3. Hipótesis.**

Con el desarrollo de los cálculos eléctricos y mecánicos para satisfacer esta demanda, se vería la mejora en diseñar una nueva red eléctrica, reemplazando el suministro en baja tensión por un suministro subterráneo en media tensión y una vez efectuado se mejorará los niveles de voltaje para un correcto funcionamiento de los equipos a utilizar en los ambientes de dicha institución, garantizando la seguridad y estabilidad a toda la población estudiantil.

### **3.4. Variables – Operacionalización.**

Las variables para la presente investigación son las siguientes:

- **Variables independientes:**

- ✓ Cálculos eléctricos y mecánicos.
- ✓ Viabilidad económica mediante los indicadores VAN y TIR.

- **Variables dependientes:**

Un nuevo sistema eléctrico de suministro subterráneo en media tensión

<b>Variable Independiente</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Indicadores</b>
Cálculos eléctricos y mecánicos	Es un proceso fundamental en el desarrollo de cualquier diseño eléctrico. Para garantizar la seguridad, tanto de los equipos y materiales como de las personas.	Se refiere a la determinación de:  ✓ Cálculo de la máxima demanda.  ✓ Cálculo de materiales y equipos a utilizar en la presente investigación.	✓ Potencia (KW)  ✓ Voltaje (V)  ✓ Resistencia ( $\Omega$ )  ✓ Corriente (A)
Viabilidad económica mediante los indicadores VAN y TIR	Figuroa, Parra, Rodríguez (2014) procedimiento que se sigue para saber si un proyecto es viable y se realiza en función de los indicadores económicos. (pág. 33)	Cálculo de los indicadores	Cálculo del VAN Y TIR determinando la viabilidad económica de la red subterránea
<b>Variable Dependiente</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Indicadores</b>
sistema eléctrico de suministro subterráneo en media tensión.	Un sistema de suministro de energía eléctrica incluye un conjunto de medios y elementos que sirven para generar, transportar y distribuir energía eléctrica en una determinada zona.	Diseño de una nueva red eléctrica subterránea.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementación de los equipos a utilizar.</li> <li>• Mejora continua de los niveles de voltaje.</li> </ul>

Tabla 9. Operacionalización de Variables.

Nota: (Elaboración propia)

### 3.5. Métodos de Análisis de datos.

De acuerdo con la aplicación de las normativas vigentes, se utilizaron técnicas de evaluación y análisis de datos que permitieron identificar la verdadera causa del problema y el planteamiento del presente trabajo de investigación.

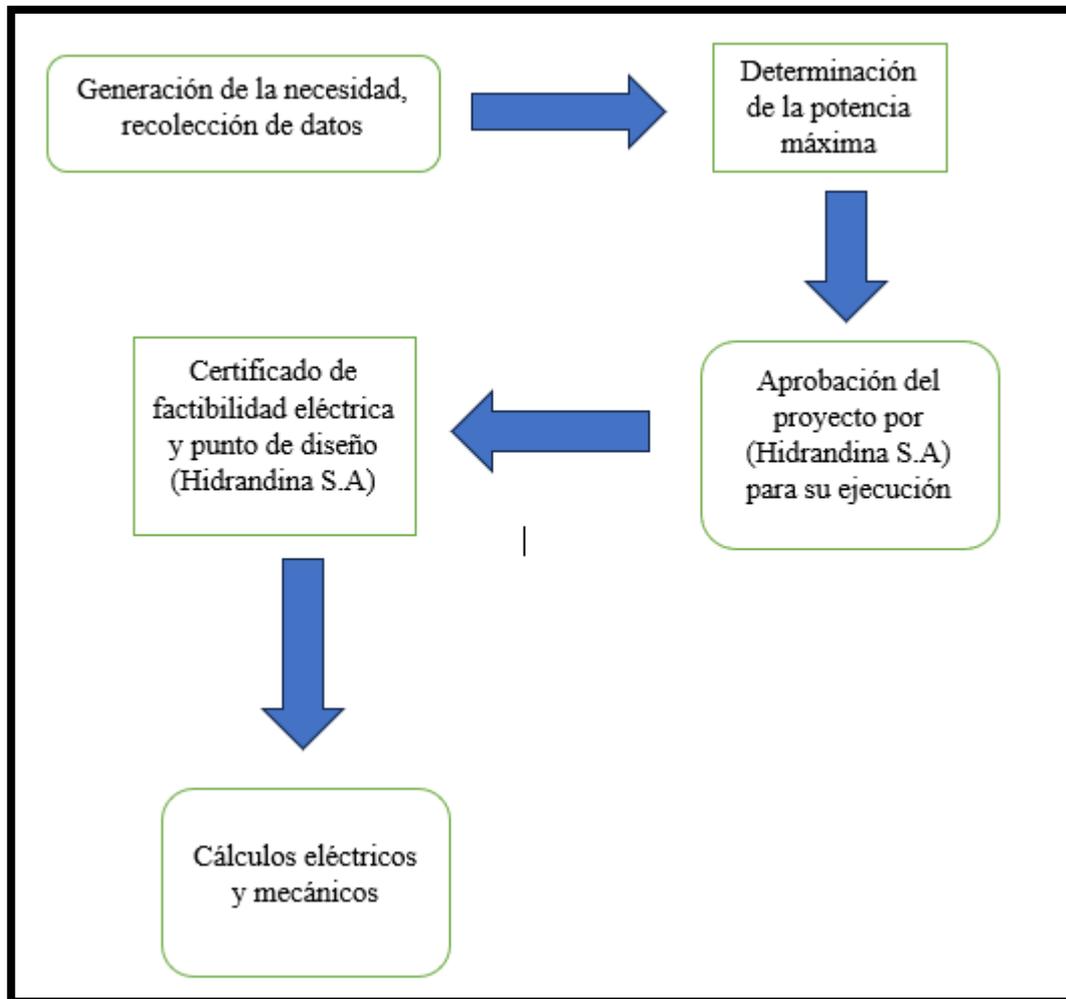


Figura 28. Métodos de Análisis de datos.

Fuente: elaboración propia.

## **CAPITULO IV: ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS.**

### **4.1. Alcances.**

La presente investigación trata del diseño del Sistema eléctrico de suministro subterránea en Media Tensión, 22.9 Kv, operación inicial en 13.8 KV para una demanda de 50 kW.

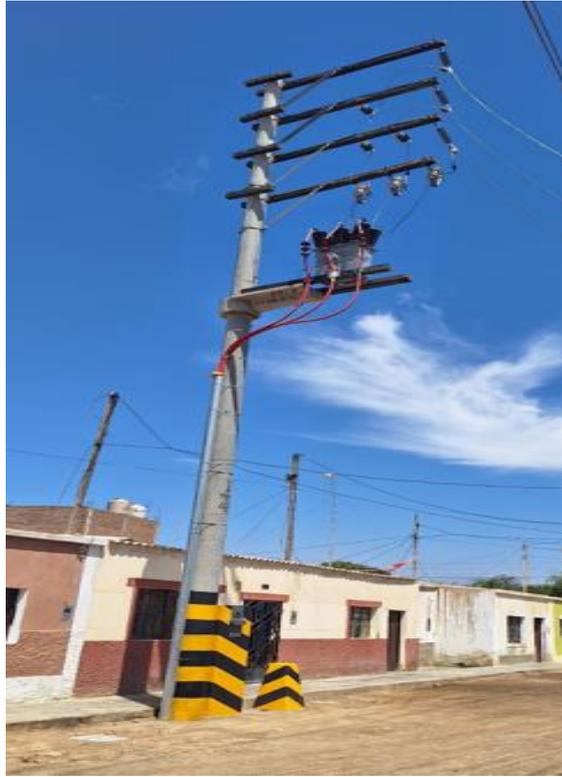
### **4.2. Descripción de la trayectoria del suministro subterráneo.**

#### **4.2.1. Redes.**

El punto de diseño fijado por el concesionario está conformado por la estructura en MT del tipo monoposte N° SA9016 que forma parte del AMT CAO003 en 13.8 kV (proyectado a 22.9 kV).

El soporte de los conductores son tres ménsulas en cuyos extremos se montarán tres pernos con tres tuercas ojo y tres aisladores de suspensión para conectar la red con el PMI proyectado ubicado en la vereda del frente, como se aprecia en el detalle del plano MT-02 (**ver Anexo 02**).

En el Puesto de Medición a la intemperie (PMI) se montará tres seccionadores fusibles tipo cut out, así como el sistema de medición del consumo del colegio, conformado por un transformador mixto de tensión y corriente y un murete conteniendo el medidor.



*Figura 29. Puesto de medición a la intemperie (PMI).*

*Fuente: (Actividad realizada para la instalación del PMI.)*



*Figura 30. Murete que contiene el medidor.*

*Fuente: (Actividad realizada para la instalación del murete.)*

Desde el PMI, se proseguirá en forma subterránea, con un cable del tipo N2XSY 18/30 kV, 3-1x50mm<sup>2</sup> previsto para ser directamente enterrado, una distancia de 150 m y se ingresará a la subestación del cliente.

Las características de esta red aérea son:

- Tensión nominal (KV): 22.9 (proyectada)
- Tipo de distribución: trifásico
- Número de hilos: 3
- Tipo de cable: AAAC-70 mm<sup>2</sup>

Las características de la red subterránea son:

- Tensión nominal (KV): 22.9
- Tipo de distribución: trifásico
- Número de hilos: 3
- Tipo de cable: N2XSY, 18/30KV, 3-1x50 mm<sup>2</sup>

#### **4.2.2. Subestación.**

##### **4.2.2.1. Caseta.**

La caseta se construirá en el bloque de cuartos técnicos que está separado de los bloques de aulas y otros propios del centro educativo, con columnas de concreto armado, paredes de ladrillo tarrajeadas y pintadas cuyo nivel de piso estará 0.10m encima del nivel exterior

La subestación albergará:

- Una celda de remonte que contendrá solamente los cables para acceder a las barras de las celdas.
- Una celda de protección para el transformador de la subestación
- Una celda de transformación para envolver el transformador indicado.
- Un transformador de 100 kVA.

#### **4.2.2.1.1. Celda de transformación.**

En la celda de transformación se montará:

- Tres terminales unipolares, termocontraíbles tipo corto, montaje interior, de 25 KV, adecuado para cable N2XSY 18/30 KV de 50 mm<sup>2</sup>.
- Un transformador.

#### **4.2.2.1.2. Celda de remonte CR-1.1.**

La celda de remonte será modular, a prueba de arco interno, de 0.5m x 1.300m x2.00 m, construida en plancha de acero de 2 mm de espesor, y servirá para acceder a la celda de seccionamiento por su parte superior. En ella se montarán los siguientes equipos:

- Tres terminales unipolares, termocontraíbles de 25 KV, tipo corto, adecuado para cable N2XSY 18/30 KV de 50 mm<sup>2</sup>.
- Barra de tierra.

#### **4.2.2.1.3. Celda de Protección de transformador CP-1.1.**

La celda de protección será del tipo compacta, modular, a prueba de arco interno, construidas en plancha de acero de 2 mm de espesor, apta para 24 KV, 16 KA y en ellas se montarán los siguientes equipos:

- Un seccionador de potencia en SF6, 24 kV, 630 A, 16 kA, 24/50/125 kV, mando frontal, uso interior, con fusibles del tipo CEF, de tres posiciones: conectado, seccionado y puesto a tierra, con bobina de disparo.
- Tres terminales unipolares, termocontraíbles tipo corto, montaje interior, de 25 KV, adecuado para cable N2XSY 18/30 KV de 50 mm<sup>2</sup>.
- Fusibles tipo CEF de 24 kV, 16 A.
- Barra de tierra.

#### **4.2.2.1.4. Transformador.**

El transformador será del tipo seco de 100 KVA 13.8-22.9/0.40-0.231 kV y grupo de conexión Dyn5.

#### **4.2.3. Sistema de Puesta a tierra.**

En la subestación se tendrán 3 sistemas de tierra: uno para media tensión, ubicado al interior de la subestación, otro para el neutro de baja tensión, ubicado en el exterior de la subestación y el tercero para la baja tensión ubicado al exterior de la subestación, de manera que se tenga un sistema de distribución.

#### **4.2.4. Sistema de ventilación.**

Se empleará un sistema de ventilación natural.

#### **4.2.5. Criterios de Diseño.**

Para la selección y dimensionamiento de los equipos y materiales especificados en el presente proyecto, se ha considerado lo siguiente:

- a) Caída de tensión máxima permisible: 5%
- b) Tensión nominal (KV): 22.9
- c) Potencia de diseño (KVA): 100
- d) Máxima demanda (KW): 50
- e) Factor de potencia: 0.85
- f) Potencia de cortocircuito en el punto de diseño 13.8 kV (MVA): 259.28
- g) Caída de tensión en el punto de entrega (%): 3.2

Para el desarrollo de la presente investigación se ha considerado las siguiente normatividad, decretos, reglamentos y leyes vigentes:

- La Ley de Concesiones Eléctricas y su Reglamento.
- El Código Nacional de Electricidad, Suministro.

- La “Norma de procedimientos para la elaboración de proyectos y ejecución de obras en sistemas de utilización en media tensión en zonas de concesión de distribución.”, RD 18-2002-EM/DGE.
- El Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo de las Actividades Eléctricas.
- Decreto de Urgencia N.º 025-2020, Dictan medidas urgentes y excepcionales destinadas a reforzar el Sistema de Vigilancia y Respuesta Sanitaria frente al COVID-19 en el territorio nacional.
- Decreto de Urgencia N.º 026-2020, Decreto de Urgencia que establece diversas medidas excepcionales y temporales para prevenir la propagación del Coronavirus (COVID-19) en el Territorio Nacional.

### **4.3. Resultados.**

En este apartado se presentan los resultados de los cálculos realizados para alcanzar los objetivos y los resultados previamente definidos teóricamente, así como se identifican de manera general y específica los avances de esta investigación.

#### **4.3.1. Máxima demanda y Potencia nominal del transformador.**

Cálculo de la máxima demanda y potencia nominal del transformador:

CUADRO DE CARGAS TABLERO GENERAL TG						
TABLERO	DESCRIPCION			CARGA INSTALADA (W)	FACTOR DE DEMANDA	MAXIMA DEMANDA (W)
TABLERO GENERAL TG	AREA DE AULAS	906 m2	x 50 W/m2	45,300		
	AREA FUERA DE AULAS	1,423 m2	x 10 W/m2	14,230		
	ALUMBRADO EXTERIOR	18 PTO	x 50 W/PTO	900		
	ALUMBRADO EXTERIOR	29 PTO	x 30 W/PTO	870		
	ALUMBRADO EXTERIOR	6 PTO	x 200 W/PTO	1,200		
	ALUMBRADO DEPORTIVO	15 PTO	100 PTO W/PTO	1,500		
	SISTEMA ESTABILIZADO			19,550		
	EQUIPAMIENTO DE COCINA			2,000		
	ASCENSORES	1PTO	x 4,000 W/PTO	4,000		
	EQUIPAMIENTO DE KIOSKO					
	BOMBAS DE AGUA			750		
	ELEVADOR DE DISCAPACITADOS	1PTO	x 1,500.00 W/PTO	1,500		
	TOTAL			91,800		
	AREA DEL PABELLON	2,329 m2				
	CARGA POR m2	39.42 W				
	POR LOS PRIMEROS 900 m2	(0.75xCARGA/m2xAREA)		35,474	0.75	26,606
	POR EL AREA RESTANTE	(0.50xCARGA/m2x(AREA-900m2))		56,326	0.50	28,163
<b>TOTAL TABLERO GENERALTG</b>			<b>91,800</b>		<b>54,769</b>	
FACTOR DE SIMULTANEIDAD				<b>0.91</b>		
<b>MAXIMA DEMANDA SIMULTANEA</b>					<b>49,839</b>	
MÁXIMA DEMANDA (KW)					49,839	
FACTOR DE POTENCIA					0.9	
MAXIMA DEMANDA ACTUAL (KVA)					55377.2	
RESERVA (20%)					11075.4	
MAXIMA DEMANDA (KVA)					66452.6	
<b>POTENCIA NOMINAL DEL TRANSFORMADOR (KVA)</b>					<b>100</b>	

Figura 31. Máxima demanda y Potencia Nominal del Transformador. Fuente: (elaboración propia)

#### 4.3.2. Cálculo de la corriente nominal.

Los cálculos se efectuarán para la potencia del transformador.

- Potencia de diseño (Pd): 100 kVA

la fórmula empleada para el efecto y los resultados obtenidos son:

$$I_n = \frac{P_d}{\sqrt{3} * V_n}$$

In: Corriente nominal de la subestación (A)

Pd: Potencia que llega a la subestación 1 (KVA)

Vn: Tensión nominal (V)

Remplazando se tiene la carga de la subestación:

<b>CALCULO DE LA CORRIENTE NOMINAL</b>		
<b>OPERACIÓN</b>	<b>INICIAL</b>	<b>FINAL</b>
POTENCIA (kVA)	100	100
TENSION (kV)	13.8	22.9
CORRIENTE NOMINAL POR PUNTO (A)	4.18	2.52

*Tabla 10. Cálculo de la Corriente Nominal.*

*Fuente: (Elaboración Propia).*

#### **4.3.3. Selección de Cable de Media Tensión.**

La selección del cable alimentador, que va desde el punto de diseño hasta la subestación, se efectuará teniendo en consideración los siguientes aspectos:

- Corriente aparente a conducir.
- Caída de tensión.
- Intensidad y tiempo de cortocircuito.

##### **4.3.3.1. Capacidad real del cable.**

###### **4.3.3.1.1. Condiciones nominales de trabajo.**

- Temperatura del suelo: 25°C
- Profundidad de enterramiento: 1.10 m.
- Temperatura máxima de trabajo: 0°C
- Resistividad térmica del suelo: 150°C-cm/W
- Cantidad de cables en la zanja: Separación entre cables: 70 mm
- Conexión a tierra de la pantalla de cable: en ambos extremos y en los empalmes
- Sección del cable: 50 mm<sup>2</sup>
- Capacidad nominal del cable (Inc): 222 A

#### 4.3.3.1.2. Condiciones reales de trabajo (factores de corrección).

El cable será instalado en condiciones diferentes a las nominales, por lo que su capacidad será afectada por los siguientes factores, según las condiciones que se indican:

- Temperatura del suelo: 30°C
- ✓ factor de corrección  $\sigma_{ts}$ : 0.96
- Profundidad de enterramiento: 1.00 m
- ✓ factor de corrección  $\sigma_{pe}$ : 1.00
- Resistividad térmica del suelo: 200  $\square$ C- cm/W
- ✓ factor de corrección  $\sigma_{rt}$ : 0.88

El factor de corrección combinado ( $\sigma_T$ ) será:

$$\sigma_T = \sigma_{ts} * \sigma_{pe} * \sigma_{rt}$$

$$\sigma_T = 0.96 * 1 * 0.88$$

$$\sigma_T = 0.8448$$

#### 4.3.3.1.3. Capacidad de corriente real del cable ( $I_r$ )

En las condiciones reales de instalación, el cable tendrá una capacidad de:

$$I_r = I_{nc} * \sigma_T$$

$$I_r = 222 * 0.8448$$

$$I_r = 187.55 A$$

muy superior a la carga y cuyo resumen se presenta en el siguiente Tabla:

<b>SELECCIÓN POR CAPACIDAD</b>		
SECCIÓN (mm <sup>2</sup> )	50	50
CAPACIDAD NOMINAL (A)	222	222
FACTORES DE CORRECCION POR TEMPERATURA (30°)	0.96	0.96
FACTORES DE CORRECCION POR RESISTIVIDAD TÉRMICA (200 °K-m/W)	0.88	0.88
CAPACIDAD REAL (A)	187.55	187.55

*Tabla 11. Selección de cable por capacidad.*

*Fuete: (Elaboración propia)*

**Conclusión:** la capacidad real del cable seleccionado (187.55 A) es superior a la requerida (4.18 A), por lo que se selecciona el cable N2XSY de 50 mm<sup>2</sup>

#### 4.3.3.2. Caída de tensión (V).

La caída de tensión se calcula con la fórmula:

$$\Delta V = \sqrt{3} * I_n * L * Z$$

$$\Delta V(\%) = \frac{\Delta V}{V} * 100$$

donde:

- $I_n$ : corriente nominal
- L: longitud del cable
- Z: Impedancia de la línea
- ✓  $r_{20}$ : resistencia DC del cable a 20°C: 0.387  $\Omega$  /Km.
- ✓ Re: resistencia AC del cable a 90°C: 0.493  $\Omega$  /Km.
- X: reactancia del conductor: 0.252  $\Omega$  /Km.

$$Z = (R \cos \varphi + X \sin \varphi) \Omega / \text{Km}$$

$$Z = (0.493 * 0.85 + j0.252 * 0.5268) \Omega / \text{Km}$$

En la subestación se tendrá:

<b>SELECCIÓN POR CAÍDA DE TENSION</b>		
OPERACIÓN	<b>INICIAL</b>	<b>FINAL</b>
TENSION (kV)	13.8	22.9
LONGITUD (km)	0.15	0.15
SECCIÓN (mm <sup>2</sup> )	50	50
RESISTENCIA DEL CABLE A 20°C (OHM/km)	0.387	0.387
RESISTENCIA DEL CABLE A 90°C (OHM/km)	0.493	0.493
REACTANCIA DEL CABLE (OHM/km)	0.252	0.252
FACTOR DE POTENCIA	0.85	0.85
IMPEDANCIA DEL CABLE A 90°C (OHM/km)	0.551799	0.551799237
CORRIENTE NOMINAL (A)	4.18	2.52
CAIDA DE TENSION (V)	0.599	0.361
CAIDA DE TENSION (%)	0.0043%	<b>0.0016%</b>
CAIDA DE TENSION ACTUAL (%)	3.2000%	
CAIDA DE TENSION ACUMULADA (%)	<b>3.2043%</b>	

*Tabla 12. Selección por Caída de Tensión.*

*Fuente: (Elaboración propia).*

**Conclusión:** La caída de tensión es inferior a 5%, con lo que se comprueba que el cable es adecuado.

#### 4.3.3.2.1. Intensidad y tiempo de cortocircuito.

##### 4.3.3.2.1.1. Cálculo de la corriente de cortocircuito ( $I_{cc}$ ).

Se consideran las condiciones más desfavorables, es decir, que el eventual cortocircuito ocurre en el punto de entrega. La corriente de cortocircuito será dada por:

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{(\sqrt{3} * V)}$$

Donde:

$I_{cc}$ : Corriente de corto circuito (KA)

$S_{cc}$  = potencia de corto circuito en el punto de entrega (MVA).

$V$  = tensión de servicio (KV).

POTENCIA DE CORTOCIRCUITO EN EL PUNTO DE ENTREGA		
OPERACIÓN	INICIAL	FINAL
TENSION (kV)	13.8	22.9
POTENCIA DE CORTOCIRCUITO (MVA)	259.28	
CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO (KA)	<b>10.847</b>	

Tabla 13. Potencia de cortocircuito en el punto de entrega.

Fuente: (Elaboración Propia)

##### 4.3.3.2.1.2. Corriente de cortocircuito ( $I_{ccc}$ ) soportada por el cable.

La fórmula que da la corriente de cortocircuito que soportan los cables N2XSY, 18/30 kV es:

$$I_{ccc} = \frac{(0,14356 * S_c)}{\sqrt{T_{ac}}}$$

Donde:

$I_{ccc}$  = corriente de cortocircuito que soporta el cable (kA)

$S_c =$  Seccion del cable (mm<sup>2</sup>).

$T_{ac} =$  tiempo de actuacion de proteccion del concesionario (seg).

<b>POTENCIA DE CORTOCIRCUITO SOPORTADA POR EL CABLE</b>		
<b>OPERACIÓN</b>	<b>INICIAL</b>	<b>FINAL</b>
TENSION (kV)	13.8	22.9
SECCION DE CABLE	50	50
TIEMPO DE APERTURA DE DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN (s)	0.02	0.02
CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO (kA)	50.756	50.756

*Tabla 14. Potencia de Cortocircuito soportada por el cable.*

*Fuente (Elaboración propia)*

**Conclusión:** Es decir, como  $I_{ccc} > I_{cc}$ , los cables soportarán el eventual cortocircuito que pudiera presentarse.

#### **4.3.4. Potencia de cortocircuito en la subestación proyectada.**

##### **4.3.4.1. Cálculo de la potencia de cortocircuito ( $P_{cc1}$ ) en barras de media tensión.**

$$P_{CC1} = \frac{V^2}{\sqrt{\left(\frac{V^2}{P_{cc}} + X\right)^2 + R^2}}$$

Donde:

$P_{CC1} =$  Potencia de cortocircuito en barras de media tensión (MVA)

$V =$  Tension Nominal (V)

$P_{cc} =$  Potencia de corto circuito en el punto de alimentacion (mm<sup>2</sup>)

$X:$  Reactancia del cable ( $\Omega$ )

$R:$  Resistencia del cable ( $\Omega$ )

S: Sección del cable (mm<sup>2</sup>)

Remplazando se tiene:

<b>POTENCIA DE CORTOCIRCUITO EN BARRAS DE MT DE LA SUBESTACIÓN PROYECTADA</b>		
<b>PARÁMETRO</b>	<b>TENSION DE OPERACIÓN</b>	
	<b>INICIAL</b>	<b>FINAL</b>
TENSION NOMINAL (kV)	13.80	22.90
POTENCIA DE CC EN EL PUNTO DE ENTREGA P <sub>cco</sub> (MVA)	259.28	
LONGITUD (km)	0.150	0.150
SECCIÓN (mm <sup>2</sup> )	50.000	50.000
RESISTENCIA DEL CABLE A 90°C (OHM)	0.07	0.07
REACTANCIA DEL CABLE (OHM)	0.04	0.04
POTENCIA DE CORTOCIRCUITO (MVA)	<b>245.47</b>	

#### 4.3.4.2. Cálculo de la corriente de cortocircuito en barras (I<sub>cc1</sub>)

La corriente de cortocircuito en las barras de cada subestación será la calculada con

la siguiente fórmula:

$$I_{cc1} = \frac{P_{cc1}}{\sqrt{3} * V_n}$$

donde:

I<sub>cc1</sub>: Corriente de cortocircuito en barras de media tensión (KA)

P<sub>cc1</sub>: Potencia de cortocircuito en barras de media tensión (MVA)

V<sub>n</sub>: Tensión nominal (Vn)

Reemplazando se tiene los siguientes resultados:

<b>CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO EN BARRAS DE MT DE LA SUBESTACIÓN</b>		
<b>PUNTO</b>	<b>PMI</b>	<b>SE 1</b>
POTENCIA DE CORTOCIRCUITO (MVA)	245.47	
TENSION (V)	13.80	22.90
CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO (kA)	<b>10.27</b>	

#### 4.3.4.3. Cálculo de Barras.

Como las celdas que se están especificando son para 16 KA, soportarán un eventual cortocircuito que pudiera presentarse

#### 4.3.5. Selección de fusibles de media tensión.

La corriente nominal y la capacidad de los fusibles a usar en las celdas de salida de la subestación, se presentan en el siguiente gráfico, obtenidos con las curvas de fusión dadas por el fabricante, valores que coinciden con la recomendación del fabricante de fusibles ABB.

<b>SELECCIÓN DE FUSIBLES EN LA SUBESTACION</b>		
<b>CARGA</b>	<b>CELDA CP-1.1</b>	<b>CELDA CP-1.1</b>
TENSION (V)	13.8	22.9
POTENCIA DE LA CARGA (kVA)	100.00	100.00
CORRIENTE NOMINAL EN CELDA DE PROTECCION 1 (A)	4.18	2.52
CAPACIDAD DE FUSIBLE CELDA DE PROTECCION 1 (A)	10	6

*Tabla 15. Selección de fusibles en la subestación.*

*Fuente (Elaboración propia).*

#### 4.3.6. Protección de transformador de 100 KVA, 13.8 kV.

En la subestación para la tensión de 13.8 kV, se tiene:

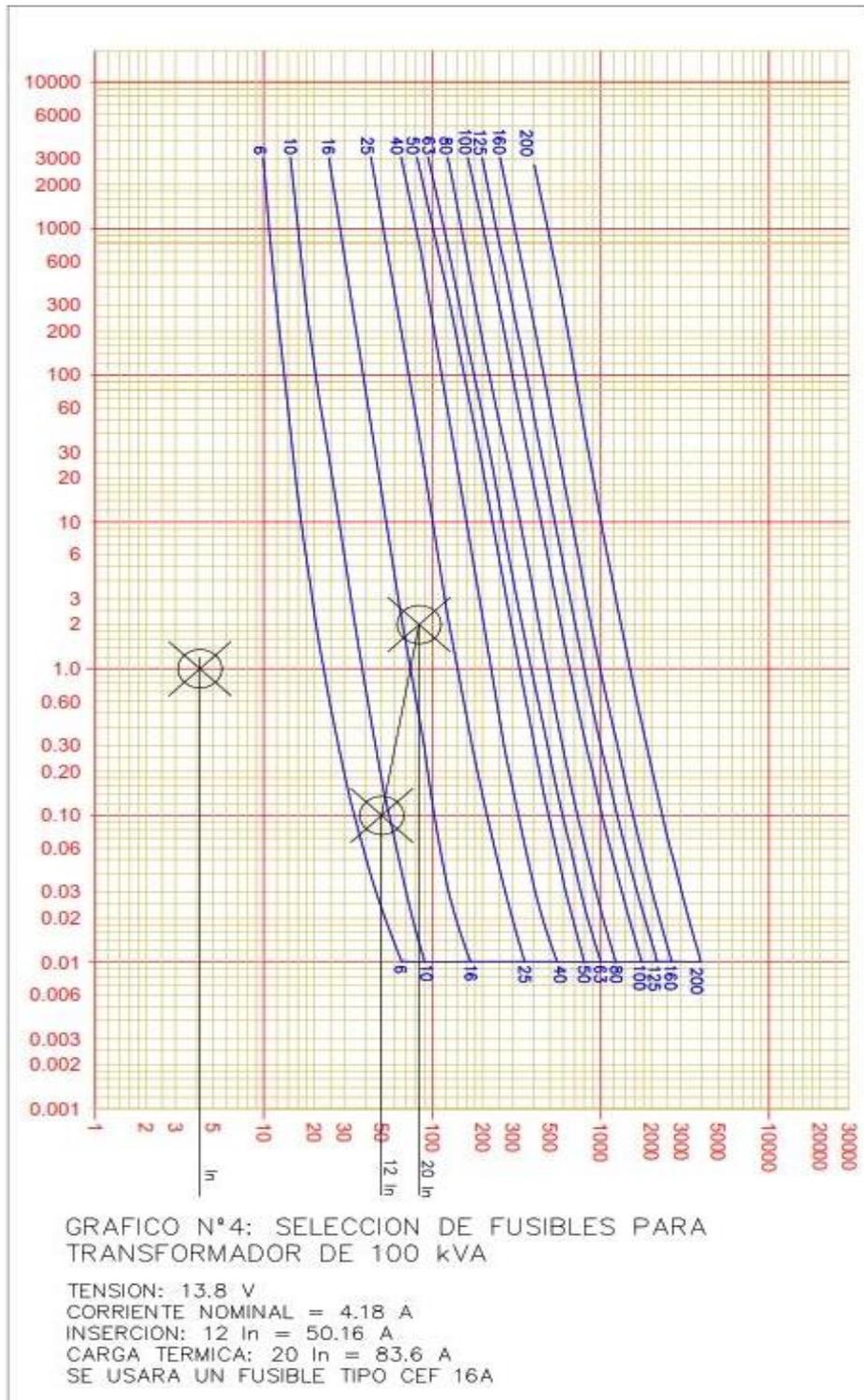


Figura 32. Selección de Fusibles para una tensión 13.8 kV. Fuente: Gráfico obtenido con las curvas de fusión dadas por el fabricante.

#### 4.3.7. Protección de transformador de 100 KVA, 22.9 kV.

En la subestación para la tensión de 22.9 kV, se tiene:

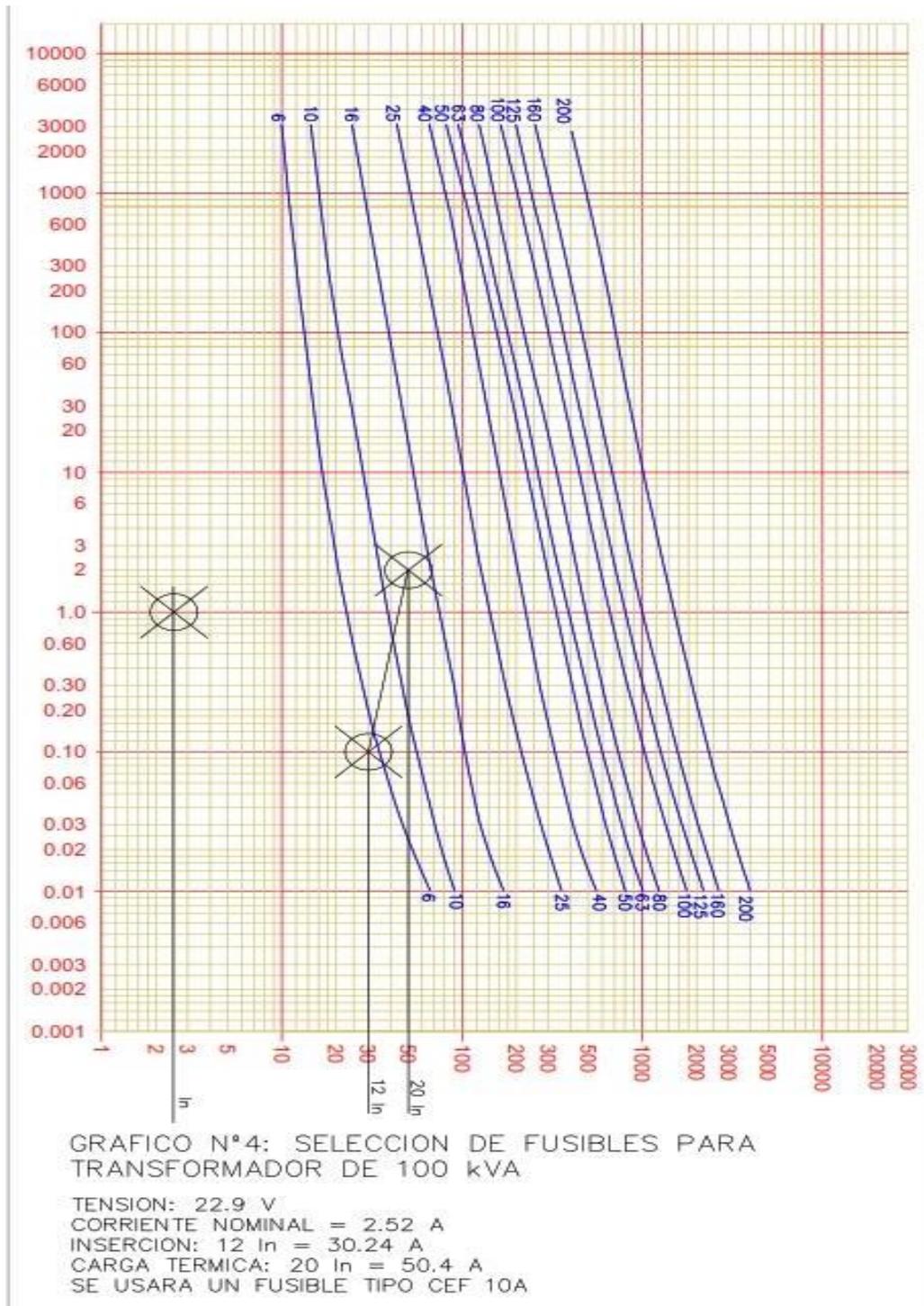


Figura 33. Selección de Fusibles para una tensión 22.9 kV. Fuente: Gráfico obtenido con las curvas de fusión dadas por el fabricante.

#### 4.3.8. Ventilación de la Subestación.

Se verificará si la subestación puede ser ventilada adecuadamente usando ventilación natural y, de no ser así, se empleará ventilación forzada.

##### 4.3.8.1. Método utilizado.

Para el cálculo de la ventilación natural se ha seguido lo señalado en el libro

**“Manual de las Instalaciones de distribución de energía eléctrica”.**

En él se estipula que para tener asegurada la ventilación natural de una subestación se requiere que se cumpla la siguiente desigualdad.

$$(\Delta\theta)^3 H \geq 13.2 \frac{P^2}{A_1^2} (R_1 + m^2 R_2)$$

$$m = \frac{A_1}{A_2}$$

Donde:

$(\Delta\theta)^3$ : Incremento de temperatura del aire en °K, se tomará = 15°K

H: Altura entre el punto medio del transformador y el punto medio de la sección por donde sale el aire en m

P: Potencia a disipar en kW

$A_1$ : Sección del área de ingreso del aire en m<sup>2</sup>

$A_2$ : Sección del área de salida del aire en m<sup>2</sup>

$R_1$ : Coeficientes de aceleración y resistencia en el canal de entrada

$R_2$ : Coeficientes de aceleración y resistencia en el canal de salida

<b>COEFICIENTES DE ACELERACIÓN Y RESISTENCIA GENERALES</b>	
<b>COEFICIENTES</b>	<b>RANGO</b>
ACELERACION	1
CODO DE 90	1.5
CODO REDONDEADO	1
CODO DE 135	0.6
CAMBIO GRADUAL DE DIRECCIÓN	0..... 0.6
REJILLA DE ALAMBRES	0.5..... 1
REJILLA DE LAMINAS	2.5....3.5
AUMENTO DE SECCION	0.25 ....0.9

*Tabla 16. Coeficientes de aceleración y resistencia generales.*

Fuente: “Manual de las Instalaciones de distribución de energía eléctrica”.

Aplicando este método para las subestaciones se tiene:

#### **4.3.8.2. Ventilación natural de la Subestación.**

Las pérdidas en la subestación son:

<b>PERDIDAS EN LA SUBESTACIÓN (KW)</b>	
<b>PARAMETRO</b>	<b>SUBESTACION</b>
	<b>1</b>
POTENCIA DE TRANSFORMADOR (kVA)	100
PÉRDIDAS EN EL NUCLEO (kW)	0.44
PÉRDIDAS EN EL COBRE (kW)	2.00
<b>TOTAL DE PERDIDAS EN LA SUBESTACIÓN (kW)</b>	<b>2.44</b>

*Tabla 17. Perdidas en la subestación.*

*Fuente: (Elaboración propia)*

El área de ingreso útil considerada es la suma de las áreas destinadas al ingreso de aire:

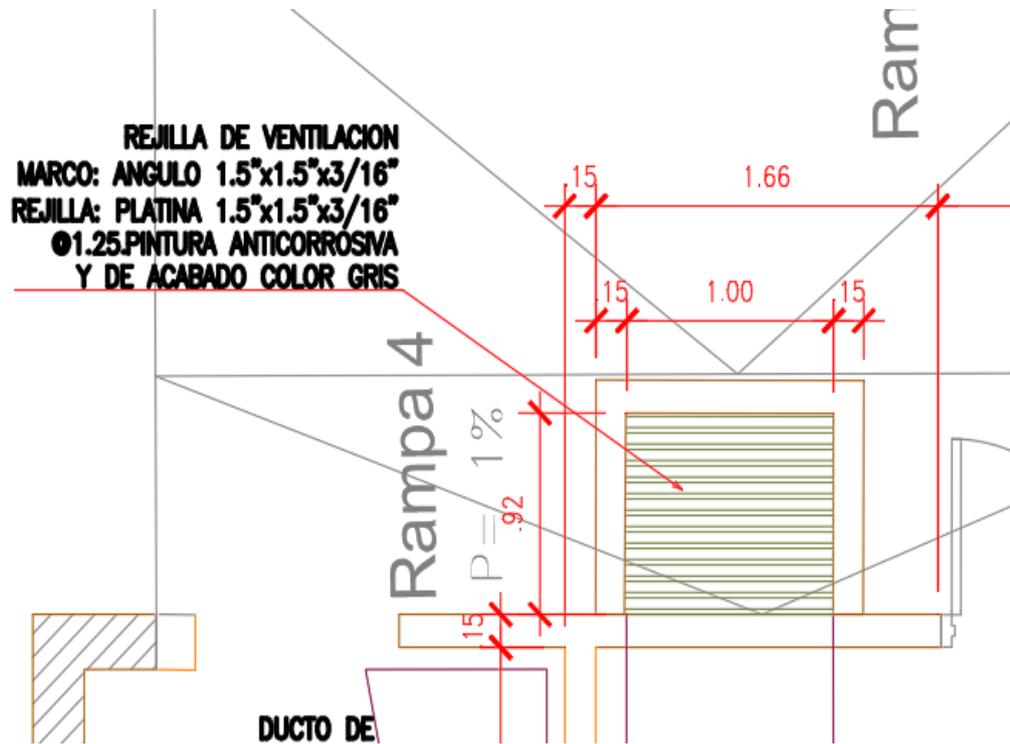


Figura 34. Rejilla de ventilación.

Fuente: (plano MT04, Anexo 02)

AREA UTIL DE INGRESO DE AIRE (A1) (m2)				
AREA	CANT	LARGO	ANCHO	PARCIAL
área 1	1	1	0.92	0.92
área 2				
área 3				
área 4				
área total				0.92
factor de utilidad				0.55
<b>AREA UTIL (A1)</b>				<b>0.51</b>

Figura 35. Área útil de ingreso de aire (A1).

Fuente: (elaboración propia)

Igualmente, el área útil de salida es:

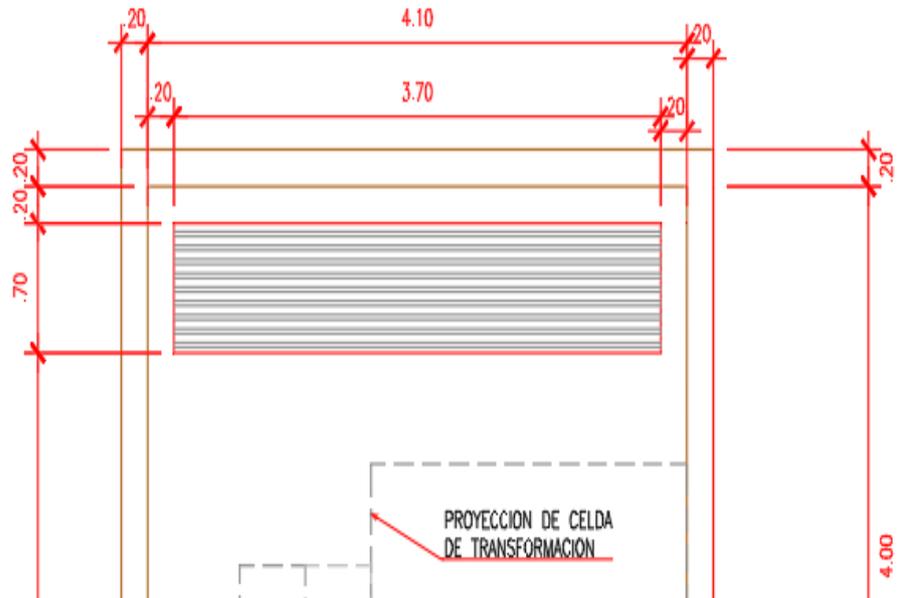


Figura 36. Rejilla de ventilación A2.

Fuente:( plano MT04, Anexo 02)

AREA UTIL DE SALIDA DE AIRE (A2) (m2)				
AREA	CANT	LARGO	ALTO	PARCIAL
área 1	1	3.7	0.7	2.59
área 2				0
área 3				0
área 4				0
Área total				2.59
factor de utilidad				0.55
<b>AREA UTIL (A2)</b>				<b>1.42</b>

Tabla 18. Área útil de ingreso de aire (A2).

Fuente: (Elaboración propia).

Los coeficientes de aceleración y resistencia en el canal de entrada serán:

<b>RESISTENCIA AL INGRESO DEL AIRE Y COEFICIENTES DE ACELERACIÓN CONSIDERADOS EN EL CÁLCULO</b>				
<b>COEFICIENTES</b>	<b>RANGO</b>	<b>INGRESO</b>	<b>CANTIDAD EN EL PROYECTO</b>	<b>PARCIAL</b>
aceleración	1	1	1	1
codo de 90	1.5	1.5	2	3
codo redondeado	1	1		0
codo de 135	0.6	0.6		0
cambio gradual de dirección	0..... 0.6	0.5		0
rejilla de alambres	0.5..... 1	0.75	1	0.75
rejilla de laminas	2.5.....3.5	2.5	1	2.5
aumento de sección	.25 ....0.9	0.5	1	0.5
<b>TOTAL, R<sub>1</sub></b>				<b>7.75</b>

*Tabla 19. Resistencia al ingreso del aire y coeficientes de aceleración considerados en el cálculo. Fuente: (Elaboración propia).*

Los coeficientes de aceleración y resistencia en el canal de salida serán:

<b>RESISTENCIA A LA SALIDA DEL AIRE Y COEFICIENTES DE ACELERACIÓN</b>				
<b>COEFICIENTES</b>	<b>RANGO</b>	<b>INGRESO</b>	<b>CANTIDAD EN EL PROYECTO</b>	<b>PARCIAL</b>
Aceleración	1	1	1	1
Codo de 90	1.5	1.5	1	1.5
Codo redondeado	1	1		0
Codo de 135	0.6	0.6		0
Cambio gradual de dirección	0..... 0.6	0.5		0
Rejilla de alambres	0.5..... 1	0.75	1	0.75
Rejilla de laminas	2.5....3.5	2.5	1	2.5
Aumento de seccion	.25 ....0.9	0.5	1	0.5
<b>R2</b>				<b>6.25</b>

Tabla 20. Resistencia a la salida del aire y coeficientes de aceleración.

Fuente: (Elaboración Propia)

Reemplazando en la ecuación antes indicada se obtiene:

<b>EVALUACIÓN DE LA ECUACIÓN DE VENTILACIÓN CON LOS VALORES DEL PROYECTO</b>				
<b>PARAMETRO</b>	<b>SUBESTACION</b>			
	<b>1</b>			
<b>A1</b>	0.51			
<b>A2</b>	1.42			
<b>R1</b>	7.75			
<b>R2</b>	6.25			
<b>m</b>	0.36			
<b>R</b>	8.56			
<b>POTENCIA DE PERDIDAS DEL TRANSFORMADOR</b>	2.44			
<b><math>\Delta\Theta</math></b>	15			
<b>H</b>	2.35			
<b>PRIMER MIEMBRO</b>	7,931.25			
<b>SEGUNDO MIEMBRO</b>	1,319.04			
<b>VENTILACION NATURAL</b>	<b>OK</b>			

Tabla 21. Evaluación de la ecuación de ventilación con los valores del proyecto.

Fuente: (Elaboración propia)

Por lo que se concluye que la ventilación natural es adecuada.

### 4.3.9. Selección del transformador de medida.

#### 4.3.9.1. Relación de corriente.

Para la selección del trafomix deberá cumplirse:

$$0.8I_{pn} \leq I_{pc} \leq I_{pn}FC$$

En donde:

- $I_{pc}$  = es la corriente a plena carga del sistema eléctrico en el punto donde será conectado el transformador de corriente.
- $I_{pn}$  = es la corriente primaria nominal del transformador de corriente seleccionado.
- FC = es el factor de cargabilidad del TC

LA CORRIENTE NOMINAL PRIMARIA DEBERA ESTAR ENTRE:		
TENSION (KV)	13.8	22.9
$I_{pc}$	4.18	2.52
$I_{pn} \leq$	5.225	3.15

$I_{pc}$	4.18	2.52
FC	1.2	2.2
$I_{pn} \geq$	3.483	1.145

Por lo que se seleccionará una relación de: 5/5 A      2/5 A

Clase de exactitud      0.2      0.2

#### RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN DE TENSIÓN

Tensión primaria (kV)      13.8      22.9  
Tensión secundaria (V)      220      220

Por lo que se seleccionará una relación de 5/5 A para cuando trabaje en 13.8 kV y de 2/5A, cuando trabaja en 22.9 kV.

Se seleccionará un trafomix de doble relación de tensión 13.8-22.9/0.22 kV

#### **4.3.10. Distancias de seguridad.**

##### **4.3.10.1. Distancia entre fases (DC)**

De acuerdo al CNE suministro:

$$D_C = 0.8 + 0.01m/kV$$

Para tensiones superiores a 11 000 voltios

En el presente caso se tiene:

Tensión (Kv) = 22.9 kV

$$D_C = 0.8 + 0.01(22.9 - 11)$$

$$D_C = 0.919m$$

En el proyecto se está considerando 1.00 m

##### **4.3.10.2. Distancia a masa**

$$D_C = 0.1 + 0.0067 * V$$

$$D_C = 0.1 + 0.0067 * (22.9 - 11)$$

$$D_C = 0.17973$$

En el proyecto se está considerando 0.20 m

#### **4.4. Especificaciones Técnicas Particulares.**

##### **4.4.1. Instalación de postes.**

Será de importancia cuidar el alineamiento y verticalidad del poste en una cimentación de concreto ciclópeo. Una vez izado el poste se completará el armado correspondiente de acuerdo al diseño, guardando todas las precauciones necesarias, para evitar perjuicios en el montaje de la ferretería, aisladores, conductores, sistema de protección, etc.

La profundidad de empotramiento de los de los postes de concreto será de 1/10 de su longitud.

La instalación se efectuará debiendo cuidarse que los soportes guarden perpendicularidad o paralelismo respecto al eje del poste.

##### **4.4.2. Instalación de aisladores y accesorios.**

Los aisladores se instalarán en los postes, de acuerdo al diseño. Se deberá verificar el ajuste correcto de los elementos y la posición grapa de anclaje.

Durante el manipuleo se tendrá especial cuidado con los aisladores, verificándose el buen estado de este, así como los elementos y/o accesorios con los que interactúa; el aislador no deberá presentar rajaduras, cortes o roturas y se limpiarán antes de su montaje.

*La instalación de la ferretería deberá ceñirse a los Planos y Detalles adjuntos al presente estudio.*

##### **4.4.3. Sistema de medición.**

- El transformador deberá manipularse con el debido cuidado para no dañar los aisladores y se izarán desde las orejas diseñadas para ese fin. Por ningún motivo se permitirá que los aisladores queden sometidos a ningún

tipo de esfuerzo mecánico. Una vez colocados sobre su base, deberán ser asegurados a la misma.

- El medidor será instalado en la caja portamedidor respetando los diagramas de conexión indicados por el fabricante.
- El murete portamedidor será fabricado de concreto armado e instalado en la base del PMI en forma vertical. Las tuberías de PVC serán adosadas al poste y aseguradas con cinta band-it.

#### **4.4.4. Instalación de cables.**

##### **4.4.4.1. Tendido del cable directamente enterrado.**

La zanja para el tendido del cable directamente enterrado deberá tener una sección de 1.10 x 0.60 m. El cable se colocará sobre una capa de 10 cm. De tierra cernida o arena compactada, luego la zanja se llenará con una primera capa de 15 cm. de tierra cernida, donde se colocará una hilera continua de ladrillos y luego, a 20 cm. de la base de los ladrillos se tenderá una cinta señalizadora de color rojo, completándose el relleno de la zanja con tierra original libre de pedrones y compactada por capas de 15 cm. **Los detalles se muestran en planos (Anexos).**

**NOTA:** El cable irá encintado en todo su recorrido con cinta adhesiva de vinilo color celeste.

##### **4.4.4.2. Tendido del cable en ductos de concreto.**

Los ductos serán instalados en zanjas de 0.60 x 1.20 m sobre un solado de concreto pobre (1:12) de 5 cm de altura y deberán instalarse perfectamente alineados, sus uniones deberán ser selladas con un anillo de concreto. Las vías que no se empleen serán taponeadas con yute y brea o alquitrán.

La zanja se llenará con tierra cernida y compactada hasta 0.20 m. sobre los ductos, donde se tenderá una cinta señalizadora de color rojo y, se completará el relleno de la zanja con tierra original libre de pedrones y compactada por capas de 15 cm. Se deberá tener cuidado de no arrastrar los cables, que serán tendidos de acuerdo al detalle mostrado en planos incluyendo todos los elementos en él mostrados.

#### **4.4.4.3. Terminal del cable.**

El Terminal del cable de media tensión deberá ejecutarse siguiendo escrupulosamente las instrucciones del folleto incluidas en el kit del Terminal, tanto en las distancias de corte como en los elementos como lijas y paños de limpieza a usar.

#### **4.4.5. Instalación de celdas.**

Las celdas se montarán en forma vertical y se anclarán a la base sobre la que se asientan.

Una vez instaladas se verificará el funcionamiento de los seccionadores de línea y de potencia.

#### **4.4.6. Transformador de distribución.**

El transformador deberá manipularse con el debido cuidado para no dañar los aisladores y se izarán desde las orejas diseñadas para ese fin. Una vez colocado sobre los rieles que lo soportan, se asegurarán las ruedas del transformador para evitar su movimiento.

Por ningún motivo se permitirá que los aisladores queden sometidos a ningún tipo de esfuerzo mecánico.

#### **4.4.7. Pruebas técnicas y puesta en servicio.**

Al concluir los trabajos de ejecución de obra, se deberá realizar las pruebas que se detallan a continuación, en presencia del Ing. Supervisor, empleando las instrucciones y métodos de trabajo apropiados, se efectuarán las conexiones y reparaciones apropiadas si fuesen necesarias.

#### **4.4.8. Pruebas de gabinete.**

##### **4.4.8.1. Pruebas del transformador.**

En la fábrica y en presencia del Supervisor, el transformador deberá ser sometido a las siguientes pruebas:

- Control de relación de transformación y determinación de fases.
- Medida de pérdidas en el hierro
- Medida de pérdidas en el aluminio
- Pruebas en corto circuito
- Prueba de aislamiento entre arrollamientos
- Prueba de tensión inducida

##### **4.4.8.2. Pruebas de campo.**

Al concluir los trabajos de ejecución de obra, se deberá realizar las pruebas que se detallan a continuación, en presencia del Ing. Supervisor, empleando las instrucciones y métodos de trabajo apropiados, se efectuarán las conexiones y reparaciones apropiadas si fuesen necesarias.

#### 4.4.8.3. Secuencia de fases.

Se verificará que la posición relativa de los conductores de cada fase sea la correcta.

#### 4.4.8.4. Continuidad.

Se efectuarán en los extremos de cada fase cortocircuitando los otros extremos.

#### 4.4.8.5. Nivel de aislamiento del cable.

Las pruebas se realizarán tanto para el tramo aéreo como para el subterráneo.

Los valores mínimos aceptables serán:

TIPO DE CONDICIONES	RED AEREA	RED SUBTERRANEA
<b>EN CONDICIONES NORMALES</b>		
ENTRE FASES	100 MΩ	50 MΩ
DE FASE A TIERRA	50 MΩ	20 MΩ
<b>EN CONDICIONES HUMEDAS</b>		
ENTRE FASES	50 MΩ	50 MΩ
DE FASE A TIERRA	20 MΩ	20 MΩ

*Figura 37. Nivel de aislamiento del cable.*

#### 4.4.8.6. Pruebas del sistema de puesta a tierra.

Deberá verificarse los valores de resistencia de puesta a tierra indicados en el proyecto.

##### 4.4.8.6.1. Pruebas con tensión.

Después de haberse efectuado las pruebas anteriores, se aplicará la tensión nominal a la derivación efectuada, comprobándose el normal funcionamiento del sistema en su conjunto.

#### **4.5. Evaluación Económica.**

Para calcular los costos unitarios directos de cada una de las actividades que componen el Presupuesto Estimado del presente trabajo de investigación, se ha buscado encontrar el valor justo que representa la realización de cada una de ellas. Para ello, se han considerado los rendimientos de la mano de obra y el equipo mecánico y eléctrico, como así mismo los gastos generales que se empleara para la ejecución del presente trabajo de investigación.

"Sistema eléctrico de suministro subterráneo en media tensión 13.8/22.9 kV para la I.E Iris Barriga Galarreta 81534 Santiago de Cao"	Und	Cant.	Parcial	Metrado
<b>DESCRIPCION</b>				
<b>OBRAS PROVISIONALES Y PRELIMINARES</b>				
OFICINA Y ALMACÉN PROVISIONAL	MES	1.67	4,500.00	7,515.00
VESTIDORES	MES	1.67	1,200.00	2,004.00
BAÑOS PORTATILES	MES	1.67	640.00	1,068.80
ENERGIA ELECTRICA PARA OBRA	MES	1.67	2,191.99	3,660.62
MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	UND	1.00	11,400.00	11,400.00
TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO	M	110.00	0.63	69.30
SEGURIDAD EN OBRA - SEÑALIZACION INFORMATIVA Y PREVENTIVA	UND	1.00	3,256.43	3,256.43
SEGURIDAD DEL PERSONAL - EPP'S, IMPLEMENTOS DE PROTEC. COVID-19	UND	1.00	3,102.00	3,102.00
<b>PRUEBAS Y COMISIONAMIENTO</b>				
PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO	UND	1.00	14,251.79	14,251.79
<b>SERVICIOS EXTERNOS</b>				
<b>PUNTO DE DISEÑO</b>				
SUMINISTRO E INSTALACION AISLADOR DE SUSPENSION POLIMERICA DE 27KV	UND	3.00	431.30	1,293.90
SUMINISTRO E INSTALACION ACCESORIOS Y FERRETERIA EN GENERAL (PUNTO DE DISEÑO)	UND	1.00	879.58	879.58
SUMINISTRO E INSTALACION CABLE AAAC 70mm2	M	75.00	5.14	385.50

*Tabla 22. Metrado General para Sistema eléctrico de suministro subterráneo en media tensión 13.8/22.9 kV para la I.E Iris Barriga Galarreta 81534 Santiago de Cao. Fuente: (Elaboración Propia)*

<b>PUESTO DE MEDICION INTEMPERIE (PMI)</b>				
<b>POSTE DE CONCRETO</b>				
SUMINISTRO E INSTALACION CIMENTACIÓN DE POSTE DE CONCRETO (INC. MOVIMIENTO DE TIERRA)	UND	1.00	525.28	<b>525.28</b>
SUMINISTRO E INSTALACION POSTE DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO 15/400/210/436 (SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	UND	1.00	3,192.48	<b>3,192.48</b>
<b>SOPORTE PARA CABLES Y TRANSFORMADOR (MÉNSULAS, ARRIOSTRES, PLATAFORMAS Y SOPORTES)</b>				
SUMINISTRO E INSTALACION DE MENSULA DE CONCRETO ARMADO VIBRADO DE 2.00 M (CON APOYO DE GRUA)	UND	2.00	568.83	<b>1,137.66</b>
SUMINISTRO E INSTALACION MENSULA DE CONCRETO ARMADO VIBRADO DE 1.60 M (CON APOYO DE GRUA)	UND	1.00	488.83	<b>488.83</b>
SUMINISTRO E INSTALACION EXTENSION DE MENSULA 0.80 M TUBO CUADRADO DE 3"X3"X 1/4"	UND	1.00	152.93	<b>152.93</b>
SUMINISTRO E INSTALACION MÉNSULA DE F <sub>o</sub> G <sub>o</sub> FORMADO POR UN TUBO CUADRADO DE 3"X3"X 1/4"	UND	1.00	207.29	<b>207.29</b>
SUMINISTRO E INSTALACION ARRIOSTRE MENSULA FORMADO POR UN TUBO CUADRADO DE 2"X2"X 1/4"	UND	1.00	112.13	<b>112.13</b>
SUMINISTRO E INSTALACION MEDIA PLATAFORMA DE CONCRETO ARMADO VIBRADO DE 1.10M	UND	1.00	1,883.72	<b>1,883.72</b>
SUMINISTRO E INSTALACION SOPORTE PARA TRANSFORMADOR MIXTO, FORMADO POR DOS ANGULOS DE F <sub>o</sub> G <sub>o</sub> 2"X2"X1/4"	UND	1.00	478.72	<b>478.72</b>
SUMINISTRO E INSTALACION ACCESORIOS Y FERRETERIA EN GENERAL (PMI)	UND	1.00	1,085.84	<b>1,085.84</b>
<b>AISLADORES, SECCIONADORES Y TERMINALES</b>				
SUMINISTRO E INSTALACION SECCIONADOR FUSIBLE UNIPOLAR CUT OUT DE PORCELANA 27 KV, 200 A INCLUYE FUSIBLES 20 K	UND	3.00	789.78	<b>2,369.34</b>
SUMINISTRO E INSTALACION TERMINAL EXTERIOR 25 KV PARA CABLAE N2XSJ 50MM2	UND	3.00	591.49	<b>1,774.47</b>
SUMINISTRO E INSTALACION AISLADOR POLIMERICO DE SUSPENSIÓN Y ANCLAJE DE 27KV	UND	3.00	400.78	<b>1,202.34</b>
<b>TUBERIA</b>				
SUMINISTRO E INSTALACION TUBO DE PVC-P 4" Ø PARA BAJA DE CABLE (SOTERRADO, ENZUNCHADO EN POSTE IZADO)	M	9.00	91.99	<b>827.91</b>
SUMINISTRO E INSTALACION TUBO DE PVC-P 2" Ø PARA BAJA DE CABLE (SOTERRADO, ENZUNCHADO EN POSTE IZADO)	M	9.00	89.14	<b>802.26</b>
<b>CABLES</b>				
SUMINISTRO E INSTALACION CABLE N2XSJ 25MM2, 18/30 KV, 3 -1X50MM2	M	5.00	223.14	<b>1,115.70</b>
SUMINISTRO E INSTALACION CABLE MULTIFILAR NYY 7 X 2.5MM2 (EN POSTE IZADO)	M	6.00	45.97	<b>275.82</b>
<b>EQUIPOS</b>				
SUMINISTRO DE TRANSFORMADOR MIXTO DE TENSION Y CORRIENTE 13.8-22.9/0.22, 10/5A	UND	1.00	13,649.11	<b>13,649.11</b>
MONTAJE DE TRANSFORMADOR EN LOSA DE POSTE	UND	1.00	3,508.44	<b>3,508.44</b>
SUMINISTRO DE MEDIDOR	UND	1.00	4,018.22	<b>4,018.22</b>
INSTALACION DE MEDIDOR	UND	1.00	332.13	<b>332.13</b>
<b>VARIOS</b>				
SUMINISTRO E INSTALACION POZO A TIERRA	UND	3.00	2,697.66	<b>8,092.98</b>
SUMINISTRO E INSTALACION MURETE PORTAMEDIDOR DE CONCRETO	UND	1.00	566.58	<b>566.58</b>
SUMINISTRO E INSTALACION DE BLOQUE DE CONCRETO PARA PROTECCION CONTRA IMPACTOS	UND	1.00	2,367.07	<b>2,367.07</b>
PINTADO DE SEÑALIZACION DE PELIGRO Y PUESTA A TIERRA	UND	1.00	30.29	<b>30.29</b>

*Tabla 23. Metrado General para Sistema eléctrico de suministro subterráneo en media tensión 13.8/22.9 kV para la I.E Iris Barriga Galarreta 81534 Santiago de Cao. Fuente: (Elaboración Propia)*

<b>RED SUBTERRANEA</b>				
<b>MOVIMIENTO DE TIERRA</b>				
EXCAVACION MANUAL DE ZANJAS DE 0.60X1.20M	M	110.00	42.49	<b>4,673.90</b>
REFINE Y NIVELACION DE FONDO DE ZANJA CON EQUIPO	M	110.00	5.65	<b>621.50</b>
CAMA DE ARENA COMPACTADO CON EQUIPO (E= 0.10M) - RED SUB. POR VEREDA	M2	60.00	15.95	<b>957.00</b>
SOLADO DE CONCRETO 1:12 (E= 0.05M) - RED SUB. POR PISTA	M2	6.00	69.38	<b>416.28</b>
RELLENO Y COMPACTADO C/ EQUIPO DE MATERIAL CERNIDO	M3	22.21	76.76	<b>1,704.84</b>
RELLENO Y COMPACTADO C/ EQUIPO DE MATERIAL PROPIO (SIN PEDRONES)	M3	46.80	95.81	<b>4,483.91</b>
RELLENO Y COMPACTADO C/ EQUIPO DE BASE CON MATERIAL AFIRMADO - RED SUB. POR PISTA	M3	2.10	171.65	<b>360.47</b>
ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE PRODUCTO DE LA EXCAVACIÓN	M3	60.74	160.56	<b>9,752.41</b>
SUMINISTRO E INSTALACION LADRILLO COMUN	M	100.00	8.58	<b>858.00</b>
SUMINISTRO E INSTALACION CINTA SEÑALIZADORA ROJA (PVC)	M	110.00	1.00	<b>110.00</b>
SUMINISTRO E INSTALACION CINTA SEÑALIZADORA CELESTE (ADHESIVA, RESISTENTE A LA ABRASION)	M	100.00	4.94	<b>494.00</b>
<b>CANALIZADO</b>				
SUMINISTRO E INSTALACION DUCTO DE CONCRETO PREFABRICADO DE 04 VIAS	M	10.00	351.56	<b>3,515.60</b>
SUMINISTRO E INSTALACION BUZON DE CONCRETO ARMADO DE 1.10 X 1.10 X 1.60 (INC. POZO SUMIDERO)	UND	1.00	3,501.33	<b>3,501.33</b>
SUMINISTRO E INSTALACION DE TAPA DE Fo Fdo CON CHARNELLA D= 0.60 M	UND	1.00	1,043.72	<b>1,043.72</b>
<b>CABLES</b>				
SUMINISTRO E INSTALACION CABLE N2XSY, 18/30 KV, 1X50MM2	M	360.00	88.54	<b>31,874.40</b>
<b>AISLADORES, SECCIONADORES Y TERMINALES</b>				
SUMINISTRO E INSTALACION TERMINACION UNIPOLAR TIPO CORTO, MONTAJE INTERIOR PARA CABLE N2XSY DE 1 X 50 MM2 DE 25KV	KIT	2.00	1,787.43	<b>3,574.86</b>

*Tabla 24. Metrado General para Sistema eléctrico de suministro subterráneo en media tensión 13.8/22.9 kV para la I.E Iris Barriga Galarreta 81534 Santiago de Cao. Fuente: (Elaboración Propia)*

SUBESTACION DE TRANSFORMACION				
<b>EQUIPOS</b>				
SUMINISTRO DE CELDA DE REMONTE	UND	1.00	6,860.57	<b>6,860.57</b>
SUMINISTRO DE CELDA DE PROTECCION	UND	1.00	23,518.22	<b>23,518.22</b>
SUMINISTRO DE CELDA DE TRANSFORMACION	UND	1.00	10,932.22	<b>10,932.22</b>
MONTAJE DE CELDAS	UND	3.00	1,892.43	<b>5,677.29</b>
SUMINISTRO DE TRANSF. DE DISTRIBUCION 100 KVA	UND	1.00	38,538.22	<b>38,538.22</b>
MONTAJE DE TRANSFORMADOR (INCLUIR SUM. E INST. DE RIELES DE APOYO PARA EL TRASF.)	UND	1.00	3,160.87	<b>3,160.87</b>
<b>CABLES</b>				
SUMINISTRO E INSTALACION CABLE N2XSY, 18/30 KV, 1X50MM2	M	20.00	88.54	<b>1,770.80</b>
<b>AISLADORES, SECCIONADORES Y TERMINALES</b>				
SUMINISTRO E INSTALACION TERMINACION UNIPOLAR TIPO CORTO, MONTAJE INTERIOR PARA CABLE N2XSY DE 1 X 50 MM2 DE 25KV	KIT	4.00	1,787.43	<b>7,149.72</b>
VARIOS				
SUMINISTRO E INSTALACION POZO A TIERRA	UND	3.00	2,697.66	<b>8,092.98</b>
REVELADOR DE TENSION	UND	1.00	818.22	<b>818.22</b>
BANCO DE MANIOBRAS AISLADO PAR 27 KVA	UND	1.00	708.22	<b>708.22</b>
EXTINTOR ABC	UND	1.00	217.22	<b>217.22</b>
KIT DE EMERGENCIA PARA EL COLEGIO (KIT DE PRIMEROS AUXILIOS, REVELADOR DE TENSION CON PERTIGA, UN PAR DE GUANTES DIELECTRICOS, UN PAR DE GUANTES DE CUERO, LENTES DE SEGURIDAD, UN PAR DE BOTAS DIELECTRICAS, CASCO, CARETA DIELECTRICA, TRAJE DE MANIOBRAS, MANTA DE AISLAMIENTO, BANQUETA DIELECTRICA, MANUBRIO DE ACCIONAMIENTO DE LAS CELDAS)	UND	1.00	8,059.98	<b>8,059.98</b>
<b>TOTAL:</b>				<b>282,531.21</b>

*Tabla 25. Metrado General para Sistema eléctrico de suministro subterráneo en media tensión 13.8/22.9 kV para la I.E Iris Barriga Galarreta 81534 Santiago de Cao. Fuente: (Elaboración Propia)*

**GASTOS GENERALES**

ITEM	DESCRIPCION	UND	CONTRACTUAL				
			CANTIDAD	MESES	PRECIO (S/-)	SUB TOTAL (S/-)	TOTAL (S/-)
<b>1</b>	<b>GASTOS FIJOS</b>						
<b>1.1</b>	<b>SCTR SALUD PENSION</b>						<b>26,645.00</b>
1.1.1	SCTR SALUD	MES	1.00	2.50	240.00	600.00	
1.1.2	SCTR PENSION	MES	1.00	2.50	240.00	600.00	
<b>1.2</b>	<b>EXAMENES MEDICOS</b>						
1.2.1	EXAMEN MEDICO	MES	10.00	1.00	312.00	3,120.00	
<b>1.3</b>	<b>PLANES DE GESTION EN SEGURIDAD</b>						
1.3.1	VIGILANCIA, CONTROL	MES	1.00	1.00	-	0.00	
<b>1.4</b>	<b>GASTOS FINANCIEROS</b>						
1.4.1	CARTA FIANZA ADELANTO	MES	0.0040	5.00	470,000.00	9,400.00	
1.4.2	CARTA FIANZA FIEL CUMPLIMIENTO	MES	0.0040	5.00	470,000.00	9,400.00	
1.4.3	SEGURO TODO RIESGO	MES	0.0015	5.00	470,000.00	3,525.00	

Tabla 26. Gastos Genrales para Sistema eléctrico de suministro subterráneo en media tensión 13.8/22.9 kV para la I.E Iris Barriga Galarreta 81534 Santiago de Cao. Fuente: (Elaboración Propia)

2	GASTOS VARIABLES						
<b>2.1</b>	<b>STAFF OBRA</b>						
2.1.1	INGENIERO DE INSTALACIONES	MES	1.00	2.00	6,500.00	13,000.00	<b>52,800.00</b>
2.1.2	INGENIERO DE CALIDAD	MES	1.00	2.00	6,500.00	13,000.00	
2.1.3	PREVENCIONISTA DE RIESGOS	MES	1.00	2.00	6,000.00	12,000.00	
2.1.4	GERENTE DE PROYECTOS	MES	0.30	2.00	10,000.00	6,000.00	
<b>2.2</b>	<b>OTROS</b>						
2.2.1	LIMPIEZA OFICINA	MES	1.00	1.00	800.00	800.00	
2.2.2	VIATICOS	MES	1.00	1.00	8,000.00	8,000.00	
<b>TOTAL, DE GASTOS GENERALES</b>							<b>79,445.00</b>

Tabla 27. Gastos Generales para Sistema eléctrico de suministro subterráneo en media tensión 13.8/22.9 kV para la I.E Iris Barriga Galarreta 81534 Santiago de Cao. Fuente: (Elaboración Propia)

4.6. Determinación de la viabilidad económica de la red subterránea mediante los indicadores financieros VAN y TIR.

<b>COSTOS DIRECTOS</b>	282531.2103	
<b>GASTOS GENERALES</b>	79,445.00	<b>28.12%</b>
<b>PRESUPUESTO CONTRATADO</b>	SIN (IGV)	361,976.21
<b>UTILIDAD</b>		12%

Tabla 28. Inversión y presupuesto.

Fuente: (Elaboración Propia)

<b>FLUJOS DE INGRESOS SIN (IGV)</b>	<b>N° VALORIZACIÓN</b>	<b>PERIODO</b>	<b>MONTOS VALORIZADOS</b>
	VAL 01	Del 01/06 al 28/06 del 2023	88708.86
	VAL 02	Del 29/06 al 25/07 del 2023	89885.11
	VAL 03	Del 26/07 al 31/08 del 2023	106779.01
	VAL 04	Del 01/09 al 30/09 del 2023	56278.74
	VAL 05	Del 01/10 al 31/10 del 2023	41845.52
		DEL 1/11/ al 31/11 del 2023	12382.72
		<b>FLUJOS DE INGRESOS SIN (IGV)</b>	<b>395879.96</b>
	IGV	18%	71258.39
	<b>TOTAL, A FACTURAR</b>	<b>467138.35</b>	
	<b>GANANCIA</b>	<b>105162.14</b>	22.51%

Tabla 29. Resumen de Flujos de ingresos.

Fuente: (Elaboración propia).

	ADJUDICADO	1	2	3	4	5	6
<b>COSTO DIRECTO</b>	282531.21	46667.73	62729.56	78584.83	46131.02	37362.07	11056.00
<b>GASTOS GENERALES</b>	79445.00	36441.00	19628.00	18764.00	4612.00	0.00	0
<b>UTILIDAD</b>	33903.75	5600.13	7527.55	9430.18	5535.72	4483.45	1326.72
<b>SUB TOTAL VALORIZACION (CD+GG+U)</b>	<b>395879.96</b>	88708.86	89885.11	106779.01	56278.74	41845.52	12382.72
<b>PORCENTAJE %</b>		22.41%	23%	27%	14%	11%	3%

**100.00%**

*Tabla 30. Calculo de los flujos de ingresos.*

*Fuente: (Elaboración Propia)*

<b>GANANCIA TOTAL</b>	S/ 105,162.14
<b>INGRESOS TOTAL CON IGV</b>	S/ 467,138.35
<b>EGRESOS TOTAL</b>	S/ 361,976.21
<b>INGRESO CON IGV POR MES</b>	S/ 11,876.40

#### 4.6.1. Cálculo de los indicadores VAN y TIR.

	EGRESOS	INGRESO SIN IGV	INGRESO CON IGV	UTILIDAD OPERATIVA
1	S/ 25,125.52			-S/25,125.52
2	S/ 85,367.58	S/88,708.86	S/100,585.26	S/15,217.68
3	S/ 95,578.30	S/89,885.11	S/101,761.51	S/6,183.21
4	S/ 67,523.03	S/106,779.01	S/118,655.41	S/51,132.38
5	S/ 38,356.96	S/56,278.74	S/68,155.14	S/29,798.18
6	S/ 36,283.93	S/41,845.52	S/53,721.92	S/17,437.99
7	S/ 13,740.89	S/12,382.72	S/24,259.12	S/10,518.23

COK (TASA DE DESUENTO)	7%
INVERSION=	-S/ 25,125.52
VALOR ACTUAL FLUJOS	S/73,281.48
<b>VAN</b>	<b>S/ 48,155.96</b>
<b>TIR</b>	<b>74%</b>

Considerando una tasa de descuento del 7%, se obtiene un VAN calculado que es mayor que cero, por lo tanto, se asume que el proyecto será rentable, así mismo tenemos un TIR que es mayor a la tasa descuento, entonces el proyecto será viable y rentable.

## **CAPITULO V: DISCUSION DE LOS RESUSLTADOS.**

Mediante el análisis de la información obtenida y los consecutivos problemas del servicio de la red que suministra energía a la I.E Iris Barriga Galarreta 81534 Santiago de Cao, se realizó la evaluación para determinar los problemas y la limitación para la ampliación de la potencia contratada. Por lo tanto, se determinó encontrar una solución alternativa a la institución educativa con un nuevo diseño de una red eléctrica de suministro subterráneo en media tensión para un buen servicio y desarrollo de toda la comunidad estudiantil. Así mismo, con los cálculos eléctricos efectuados y basados a la nueva máxima demanda actualizada se identificó la selección de los materiales y equipos a emplearse en el nuevo sistema eléctrico subterráneo en media tensión, como también se ha logrado definir en base a las teorías aplicadas, las características de los conductores, aisladores, equipos de protección, transformadores y equipos de medición, necesarios para el sistema de utilización que suministrara energía eléctrica a la Institución Educativa.

De la misma manera, basado a los cálculos eléctricos efectuados se realizó los planos de recorrido de línea, detallando los armados básicos necesarios para su implementación e identificando la trayectoria del suministro Subterráneo desde el punto de alimentación PMI hasta la subestación proyectada que se encuentra ubicada al interior del colegio

Por consiguiente, se realizó una evaluación económica mediante los indicadores VAN y TIR obteniendo como resultados un VAN de **\$48,155.96** y un TIR de **74%**, con los resultados de estos indicadores podemos evidenciar que nuestro proyecto es totalmente viable.

## **CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **6.1. Conclusiones**

Con el desarrollo del trabajo de investigación se ha encontrado las causas del problema del suministro de energía a la institución educativa y la falta de capacidad instalada para atender la ampliación de potencia contratada en baja tensión. Concluyendo lo siguiente:

- ✓ A base de la información recolectada se determinó la máxima demanda a abastecer a la institución educativa, como también a base a ello mediante la realización de cálculos eléctricos y mecánicos se seleccionó los materiales y equipos a emplearse en el nuevo sistema eléctrico de suministro subterráneo en media tensión.
- ✓ Se definió y detalló las especificaciones técnicas de los materiales y equipos a emplearse en el suministro subterráneo en media tensión.
- ✓ Se Identificó la trayectoria del suministro Subterráneo desde el punto de alimentación PMI hasta la subestación proyectada que se encuentra ubicada al interior del colegio.
- ✓ Se ha definido una viabilidad económica de la red subterránea mediante los indicadores financieros VAN y TIR, teniendo como resultados obtenidos que el presente trabajo de investigación es viable y rentable para su ejecución.

### **6.1. Recomendaciones.**

- ✓ Emplear los diferentes equipos y materiales seleccionados en base al calculo desarrollado para el siguiente proyecto de investigación.
- ✓ Para el caso de que se solicite replantear dichos cálculos, utilice las fuentes de información del proyecto.
- ✓ Se recomienda a los usuarios revisar el manual de uso ante cualquier duda en el manejo de los equipos tanto como en PMI y dentro de subestación.

- ✓ Proponer un Plan de Mantenimiento Preventivo a la empresa contratista para preservar la vida útil de los equipos y materiales del nuevo suministro eléctrico.
- ✓ Se recomienda a las futuras investigaciones sobre el desarrollo de sistema de utilización, Utilizar la información obtenida y el desarrollo de los cálculos eléctricos y mecánicos para unos futuros diseños de sistemas eléctricos en media tensión.

## Referencia Bibliográfica

- (Mayo de 2011). Obtenido de Código Nacional de Electricidad:
- Bonifaz, J. L. (2001). DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA EN EL PERÚ: REGULACIÓN Y EFICIENCIA.
- Cabañas Villarrubia, J. (Diciembre de 2011). Instalación de línea subterránea de 20 kV, centro de transformación interior de 400 kVA y red subterránea de baja tensión para edificio de 24 viviendas.
- Carrion Gonzalez, J. E. (2017). "Diseño de la red subterránea de media y baja tensión, centros de transformación y alumbrado público del sector sur de la av. pio jaramillo alvarado de la ciudad de Loja".
- Conssap. (2019). Obtenido de Circuitos electricos II:
- El transformador de distribución. (17 de Julio de 2020).
- Electrical Projects. (2021). Obtenido de Aisladores Poliméricos Tipo Pin
- Espetia Torres , F. E. (2018). Diseño del sistema de utilización en media tensión 22.9kv para suministrar energía al condominio valle escondido".
- Gonzales Hernandez, R. (Setiembre de 2015). Diseño de la red de distribución subterránea en 13.8 kv del parque industrial "el huasteco" localizado en altamira, tamaulipas.
- Harper. (2008). Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica.
- Hurtado, P. U. (09 de Octubre de 2015). Diseño de una acometida de energía eléctrica desde una Subestación de Tracción a una Base de Mantenimiento.
- INDECO. (2020).
- Ministerio de Energia y Minas. (2012).
- Promelsa. (2022).
- Quispe Huamani, J. A. (2019). "Diseño de sistema de utilización en media tension de 22.9 kv como factor de rentabilidad; caso: hotel orquideas."

- Ramirez, P. (2021). VAN y TIR concepto, diferencias y como calcularlos.
- Rocha Retamales, M. A. (2018). Análisis del sistema eléctrico peruano mediante el modelo PLP.
- Serban Bratu, N. (2006). Instalaciones Electricas Conceptos Basicos y Diseño. Mexico: Campero Littlewood.
- Sistema de Generacion Energetica. (22 de Mayo de 2017).
- sistema de transmisión de energía eléctrica. (30 de Junio de 2022).
- Talavera Ruiz , C. A. (2022). Remodelación y soterrado del subsistema eléctrico primario en redes de distribución subterránea en media y baja tensión para la via metropolitana, desde el pasaje torrico hasta la variante de uchumayo, sachaca arequipa.

## **ANEXOS**

### **ANEXO 01: EVIDENCIAS FOTOGRAFICAS DE ACTIVIDADES EJECUTADAS Y PRUEBAS REALIZADAS.**



**TRAZADO DE RUTA**



**EXCAVACION DE ZANJA**



**TENDIDO DEL TUBO PVC 6"**  
~



**PROTECCION DE LADRILLO**



**CINTA ROJA DE CABLE ENTERRADO DE MEDIA TENSION.**



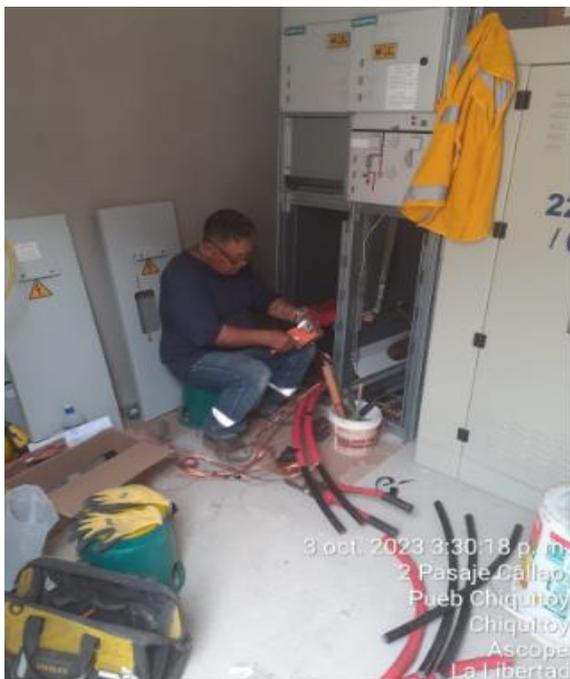
**TENDIDO DE DUCTOS DE CONCRETO EN CRUZADAS**



**TENDIDO DEL CABLE**



**PERFILADO DE CRUCETA DE MADERA**



**INSTALACION DE EQUIPOS DE MEDIA TENSION EN LA SUBESTACION**



**IZAJE DE POSTE DE M.T**



**ATERRAMIENTO EN LA SUBESTACION**



**TERMINO DE ACTIVIDADES DE INSTALACION DE EQUIPOS EN LA SUBESTACION.**



**PUESTA EN SERVICIO POR  
HIDRANDINA**



**LECTURA DEL TABLERO GENERAL**



**PRUEBAS EN EL TRANSFORMADOR**



**PRUEBAS REALIZADAS AL CABLE SUBTERRANEO**



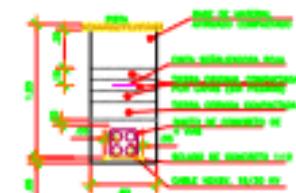
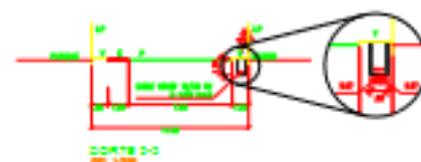
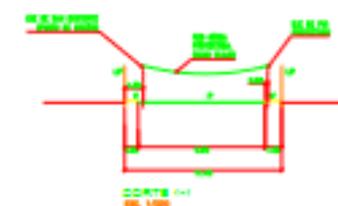
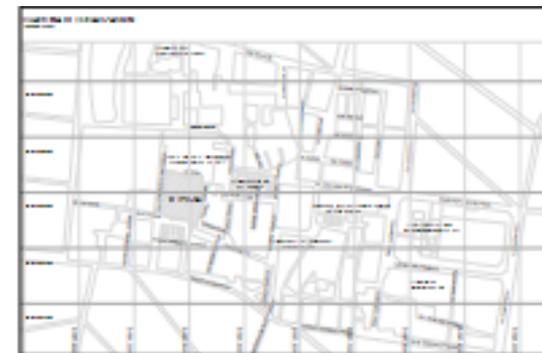
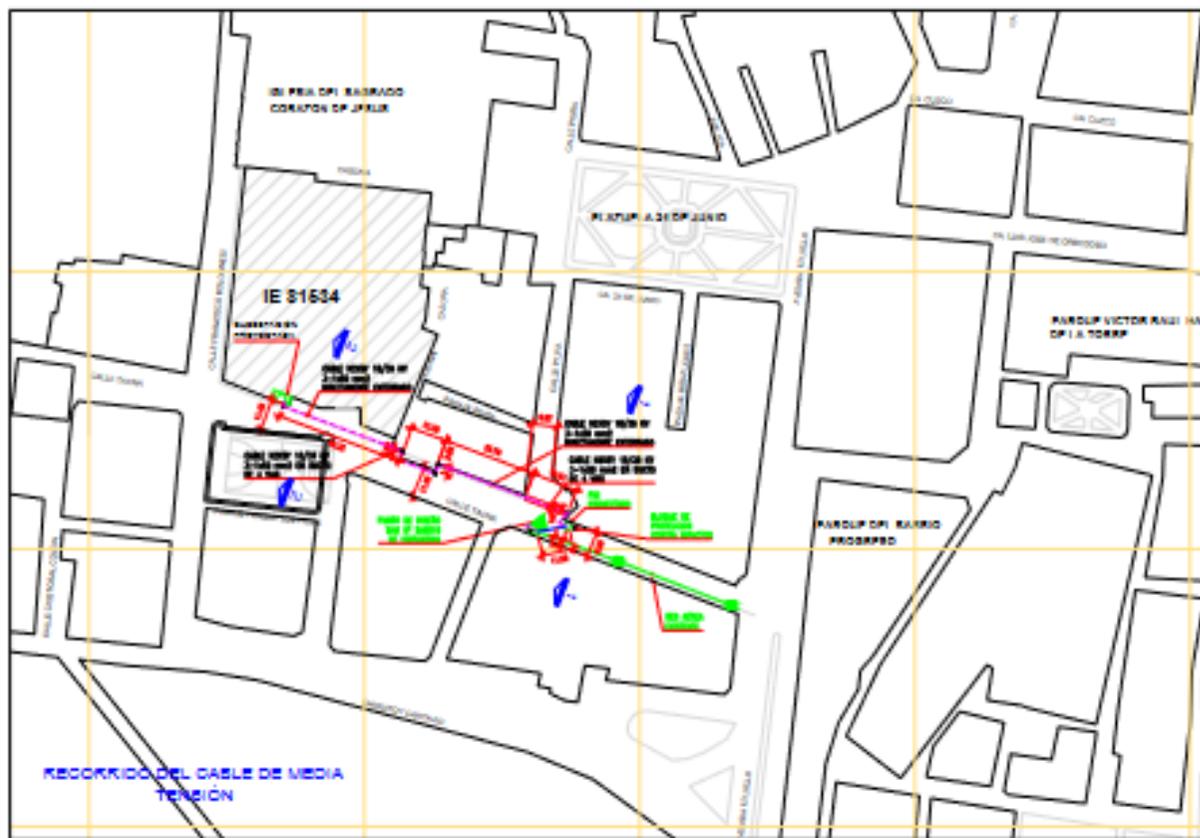
31 oct 2023 9:08:29 a. m  
12 Calle Tacna  
Pueb Chiquito  
Chiquito

**MEDICION DEL SISTEMA DE PUESTA TIERRA**



## **ANEXO 02**

**LAMINAS DE DETALLE DE ARMADO, RECORRIDO DEL CABLE  
MEDIA TENSION, ESQUEMA UNIFILAR DETALLE DE PUNTO DE  
DISEÑO EXISTENTE Y UBICACIÓN DE LA SUBESTACION EN EL  
COLEGIO.**



CORTE X-X  
DETALLE DE INSTALACION DE CABLE  
EN DUCTOS DE CONCRETO



DETALLE DE INSTALACION DE CABLE  
DIRECTAMENTE ENTERRADO  
ESC. 1/25

EXISTENTE PROYECTO	DESCRIPCION
⊙	BUNDA DE CONCRETO ARMADO
⊖	REJILLA METALICA
●	PIEDRA SOLIDIFICADA
○	POZOS DE SONDAS A LA PROFUNDIDAD (2m)
▲	PUNTO DE SONDAS (CADA 500cm DE SEPARACION)
—	CABLE 15KV/15KV (3-10-10mm), EN DUCTO DE SONDAS DE 4" DE Ø
—	CABLE 15KV/15KV (3-10-10mm), DIRECTAMENTE ENTERRADO
—	CABLE 15KV/15KV

LEYENDA

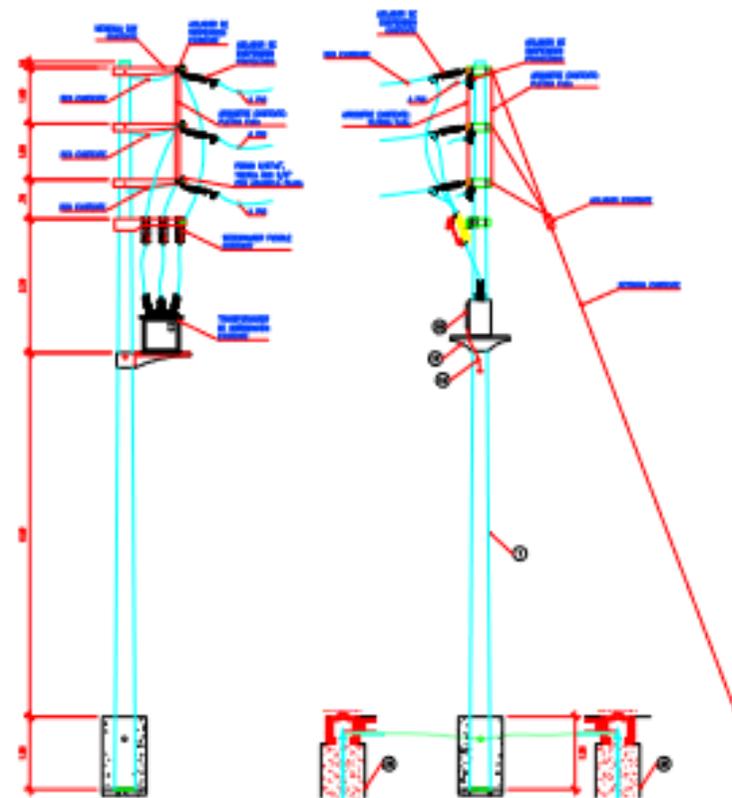
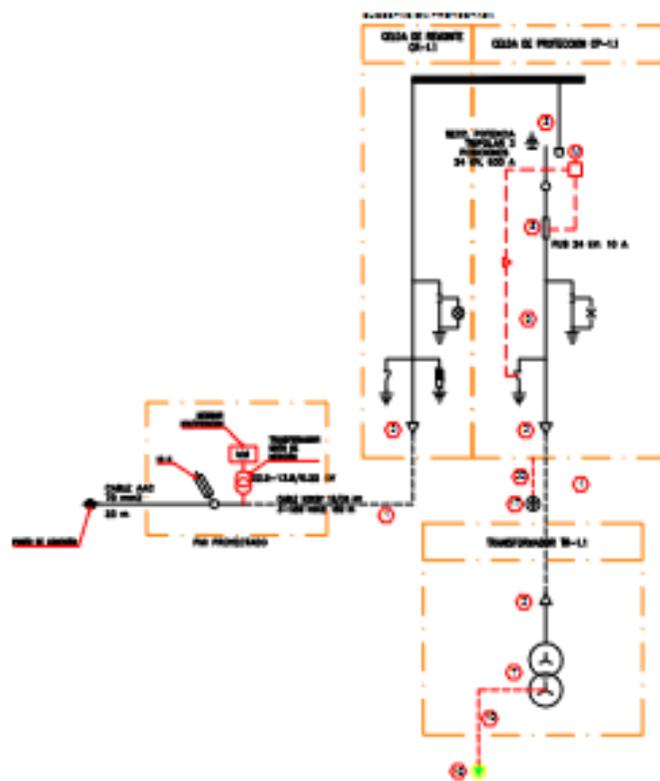
"Sistema eléctrico de suministro subterráneo en media tensión 13.8/22.9 kV para la I.E Iris Barriga Galarreta 81534 Santiago de Chile"

RECORRIDO DEL CABLE DE MEDIA TENSION

PROYECTO: MILLONES ISIQUE EDDER RICARDO

FECHA: 11/05/2015

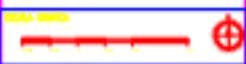
CODIGO: MT-01



VISTA LATERAL  
VISTA FRONTAL  
PUNTO DE CONEXION EXISTENTE

FIGURA	DESCRIPCION
1	CABLE DE TORNILLO DE ALTA TENSION 1x25mm <sup>2</sup> 0/1
2	CABLE DE TORNILLO DE BAJA TENSION 1x25mm <sup>2</sup> 0/1
3	PUNTO DE TORNILLO DE ALTA TENSION
4	PUNTO DE TORNILLO DE BAJA TENSION
5	LAMPARA INDICADORA DE PRESENCIA DE TENSION
6	PLACAS 250x150x10 A 4 EN 24 0/1
7	TRANSFORMADOR DE TENSION TIPO 2000 10/240V AC, 110-220V/240V/220V
8	RECOLECTOR DE FUSIBLES TIPO 'C' DE TRES POSICIONES DE 24 0/1 2000V, 24 0/1 2000V
9	TERMINAL DE AL TAMAÑO PARA CABLE EMPALAR TIPO 14/20 0/1 DE 24 0/1 2000V, 24 0/1 2000V
10	CABLE 2000V, 14/20 0/1 2-1000V/1000V

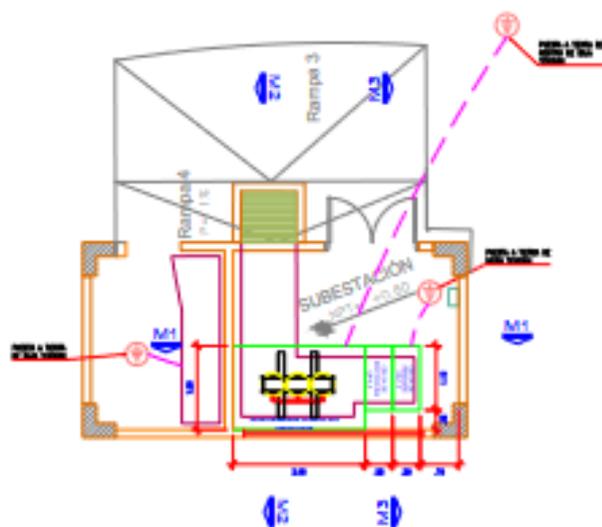
LEYENDA



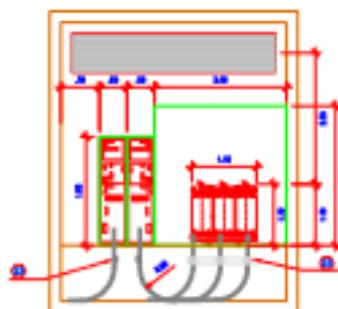
Sistema eléctrico de suministro subterráneo en media tensión 13.8/22.9 kV para la I.E Iris Barriga Galarraga 51534 Santiago de Cao

ESQUEMA UNIFILAR  
DETALLE DE PUNTO DE CONEXION EXISTENTE

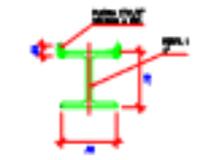
MILLONES ISQUE EDDER FIGARDO



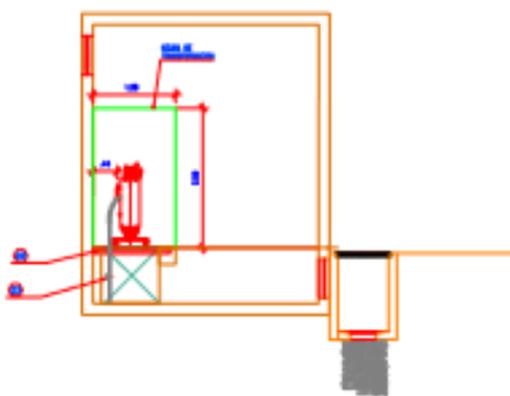
PLANTA DE SUBSTACION  
ENC 1/50



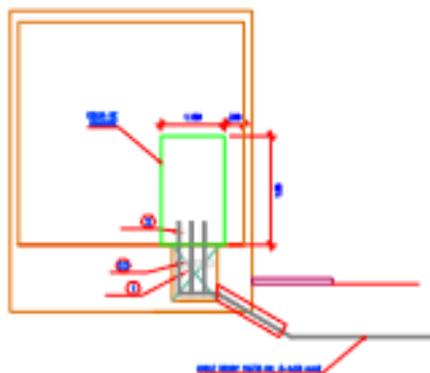
CORTE M1-M1  
ENC 1/50



DETALLE DE ACCESORIOS TRANSFORMADOR  
ENC 1/50

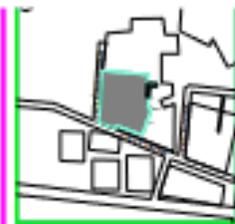


CORTE M2-M2  
ENC 1/50



CORTE M3-M3  
ENC 1/50

LEYENDA	DESCRIPCION
(Symbol)	CABLE DE TIERRA DE MEDIA TENSION 1x30mm <sup>2</sup> ST
(Symbol)	CABLE DE TIERRA DE BAJA TENSION 1x30mm <sup>2</sup> ST
(Symbol)	PISO DE TIERRA DE MEDIA TENSION
(Symbol)	PISO DE TIERRA DE BAJA TENSION
(Symbol)	LAMPARA INDICADORA DE PRESENCIA DE TENSION
(Symbol)	FUSIBLE TIPO CASUCHO 10 A O/20 A ST
(Symbol)	TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION TPO 250V 100 VA, 0,05-25A/10-0-25A, 50HZ
(Symbol)	RECORDADOR DE APERTURA IMPULSA DE 100V POSITIVO EN 250V, 1000 VOLTIOS, 20 OH OHMS
(Symbol)	TORNILLO 2X 25, TIPO CUBRE, PARA CABLE UNIPOLAR 16/20 ST Y DE BRONCE, 1000 OHMS
(Symbol)	CABLE NERVE 16/20 ST, 3-1000mm
(Symbol)	...

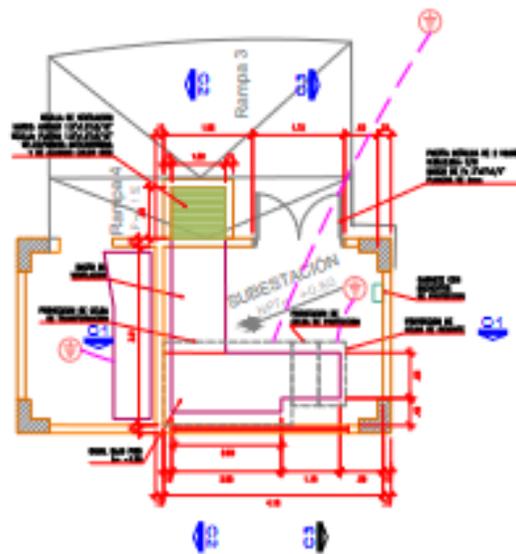


“Sistema eléctrico de suministro subterráneo en media tensión 13.8/22.9 kV para la I.E Iris Barriga Galarreta 81534 Santiago deCao

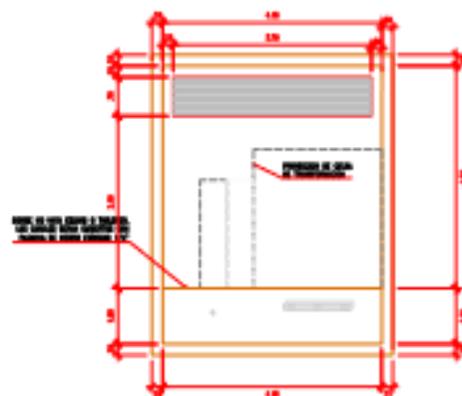
MONTAJE ELECTROMECHANICO DE LA SUBSTACION PROYECTADA

MILLONES ISQUE EDDER RICARDO

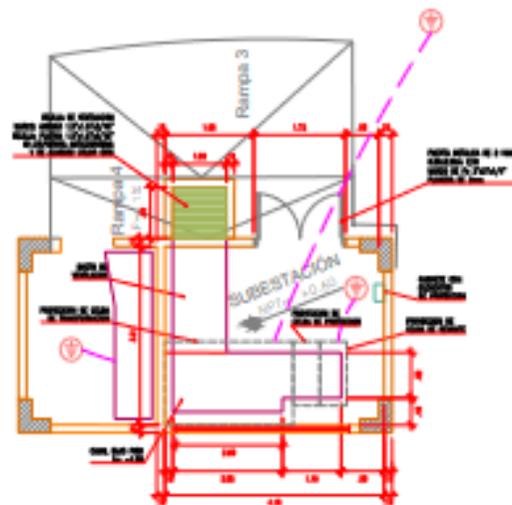
MECIDA  
PROYECTO DE PUESTO  
CODIGO MT-04



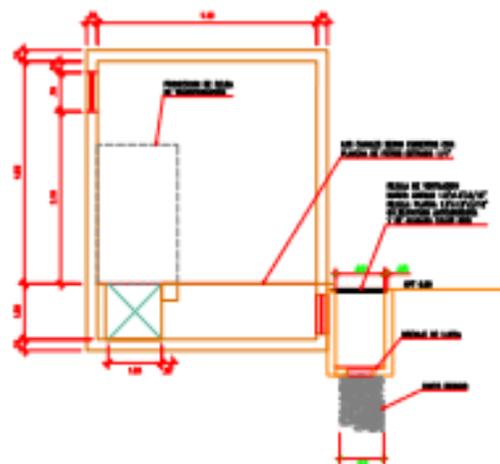
PLANTA DE SUBESTACION  
ESC. 1/50



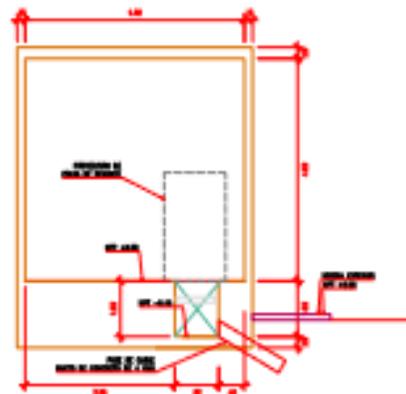
CORTE C1-C1  
ESC. 1/50



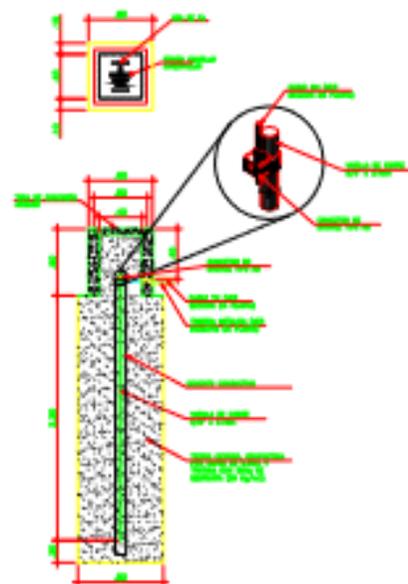
INSTALACIONES ELECTRICAS DE SUBESTACION  
ESC. 1/50



CORTE C2-C2  
ESC. 1/50



CORTE C3-C3  
ESC. 1/50



DETALLE DE PODA DE TIERRA  
ESC. 1/50

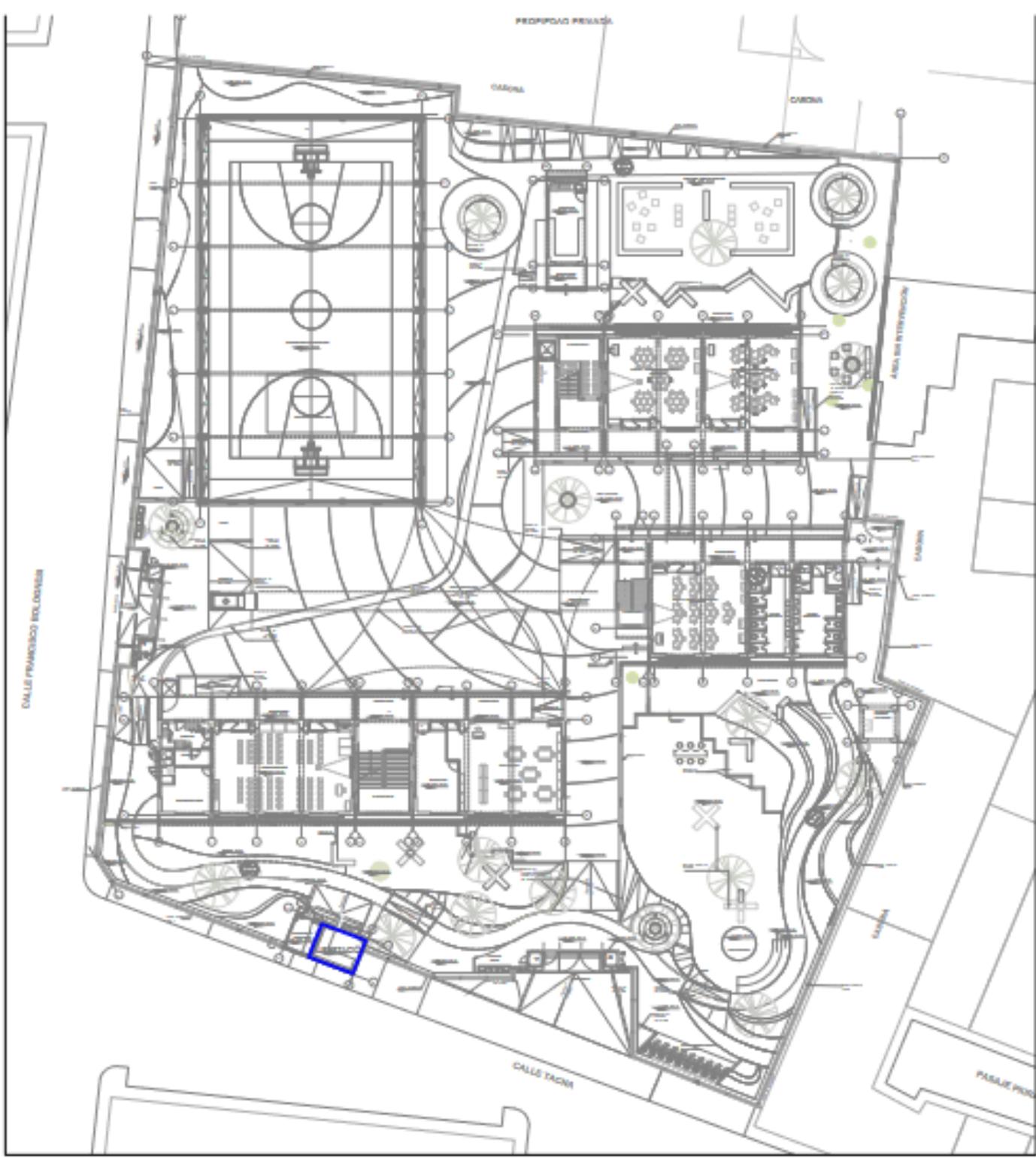


"Sistema eléctrico de suministro subterráneo en media tensión 13.8/22.9 kV para la I.E Iris Barriga Galarreta 81534 Santiago de Cao

DIMENSIONES PARA LAS OBRAS CIVILES DE LA SUBESTACION

ELABORADO POR: MILLONES ISIQUE EDDER RICARDO

CODIGO: MT-05



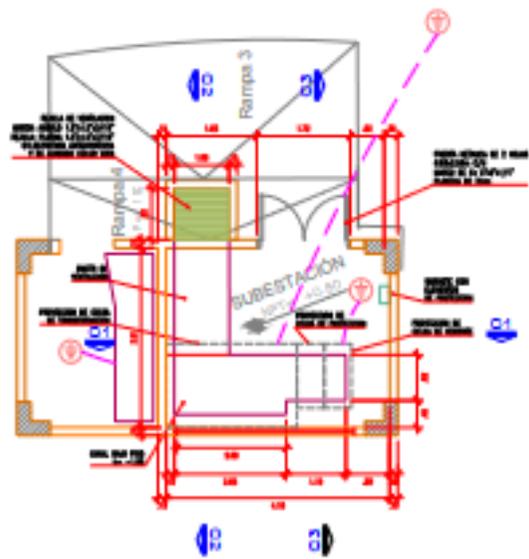
"Sistema eléctrico de suministro subterráneo en media tensión 13.8/22.9 kV para la I.E. Iris Barriga Galazreta 81534 Santiago de Cao"

UBICACION DE SUBESTACION EN EL COLEGIO

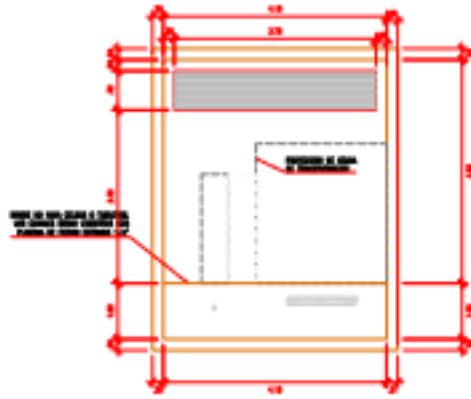
MILLONES ISIQUE EDOER RICARDO

FECHA: 11/05/2023  
BOCINA

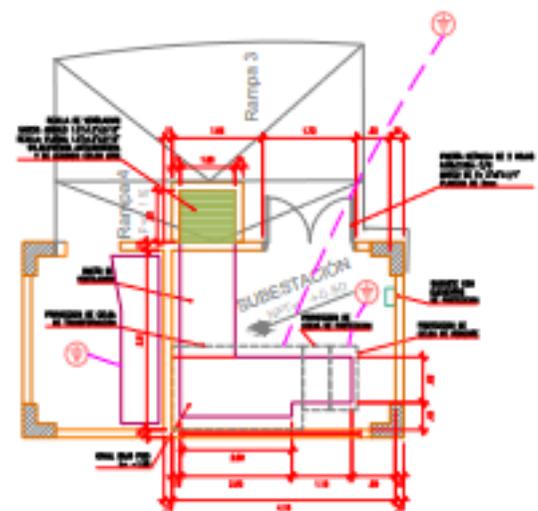
CODIGO: MT-05



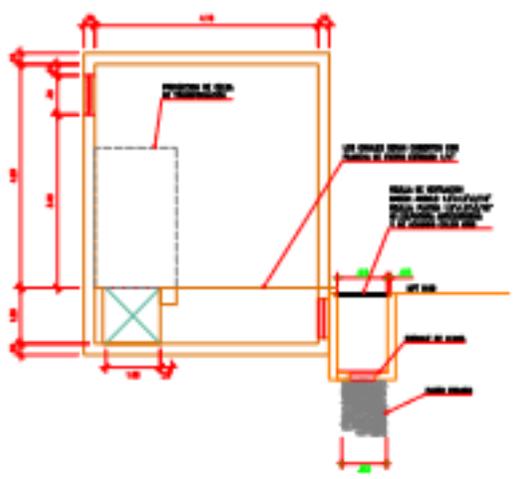
PLANTA DE SUBESTACION  
Escala: 1/50



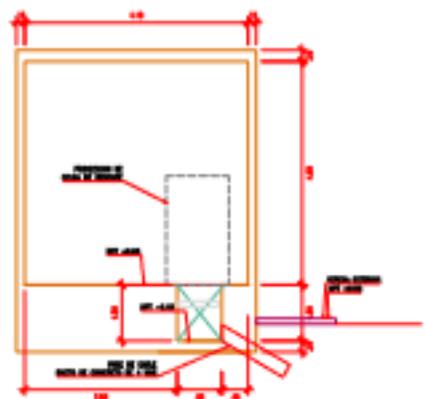
CORTE C1-C1  
Escala: 1/50



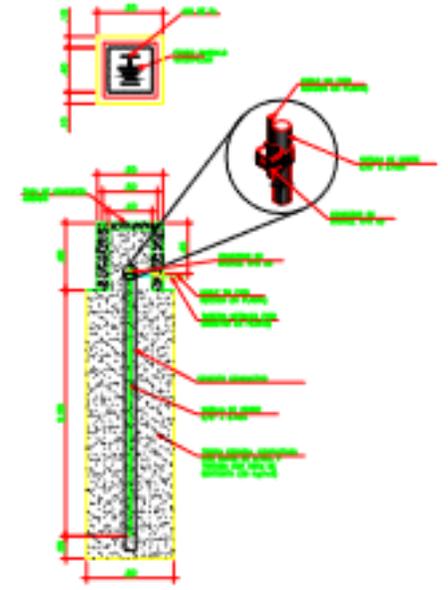
INSTALACIONES ELECTRICAS DE SUBESTACION  
Escala: 1/50



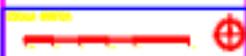
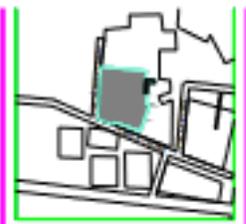
CORTE C2-C2  
Escala: 1/50



CORTE C3-C3  
Escala: 1/50



DETALLE DE BARRA DE TIERRA  
Escala: 1/50



“Sistema eléctrico de suministro subterráneo en media tensión 13.8/22.9 kV para la I.E. Iris Barrios Galazreta 51534 Santiago de Cao”

**DIMENSIONES PARA LAS OBRAS CIVILES DE LA SUBESTACION**

Elaborado por: **MILLONES ESQUE EDOR RICARDO**



**ACTA DE SUSTENTACION N°043-2024-FIME**



En la ciudad de Lambayeque, siendo las 10:00 a.m. del día miércoles 03 de abril de 2024. Se reunieron los miembros del jurado, designados mediante Resolución N°079-2024-D-VIRTUAL-FIME, de fecha 01 de abril 2024, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación del Tesis ordinaria, conformado por los siguientes catedráticos:

Dr. Ing. SEGUNDO ABELARDO HORNA TORRES  
Dr. Ing. DANIEL CARRANZA MONTENEGRO  
M.Sc. Ing. JUAN ANTONIO TUMIALAN HINOSTROZA  
ING. ROBINSON TAPIA ASENJO

PRESIDENTE  
SECRETARIO  
MIEMBRO  
ASESOR

Se recibió la Tesis ordinaria titulada:

**“SISTEMA ELÉCTRICO DE SUMINISTRO SUBTERRÁNEO EN MEDIA TENSIÓN  
13.8/22.9 Kv PARA LA I.E IRIS BARRIGA GALARRETA 81534 SANTIAGO DE CAO”.**


Presentada y sustentada por su autor, Bachiller: **MILLONES ISIQUE EDDER RICARDO.**

Finalizada la sustentación de la Tesis ordinaria, el sustentante respondió las preguntas y observaciones de los miembros del jurado examinador, quienes procedieron a deliberar y acordaron otorgar el calificativo de **APROBADO**, Nota ( 16 ) en la escala vigesimal, mención BUENA.

Quedando el sustentante apto para obtener el Título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, de acuerdo a la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente, de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 11:20 a.m. del mismo día se da por concluido el acto académico, firmando la presente acta el jurado respectivo:

  
Dr. Ing. SEGUNDO ABELARDO HORNA TORRES  
PRESIDENTE

  
M.Sc. Ing. JUAN ANTONIO TUMIALAN HINOSTROZA  
MIEMBRO

  
Dr. Ing. DANIEL CARRANZA MONTENEGRO  
SECRETARIO

  
ING. ROBINSON TAPIA ASENJO  
ASESOR



ANEXO 01

**CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD**

Yo, **ING. ROBINSON TAPIA ASENJO**, usuario revisor del documento titulado: **“SISTEMA ELÉCTRICO DE SUMINISTRO SUBTERRÁNEO EN MEDIA TENSION 13.8/22.9 kV PARA LA I.E IRIS BARRIGA GALARRETA 81534 SANTIAGO DE CAO”**

Cuyo autor es, **MILLONES ISIQUE EDDER RICARDO**, identificado con documento de identidad N° **73185361**, declaro que la evaluación realizada por el Programa informático, ha arrojado un porcentaje de similitud de **19%**, verificable en el Resumen de Reporte automatizado de similitudes que se acompaña.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos.

Se cumple con adjuntar el Recibo Digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso.

Lambayeque 10 de abril del 2024



---

**ING. ROBINSON TAPIA ASENJO**

**DNI:16742683**

**ASESOR**

Se adjunta:

\*Resumen del Reporte automático de similitudes

\*Recibo Digital

Sistema Eléctrico de Suministro Subterráneo en Media Tensión 13.8/22.9 kV para la I.E Iris Barriga Galarreta 81534 Santiago de Cao

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

7%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://html.pdfcookie.com">html.pdfcookie.com</a> Fuente de Internet	2%
2	<a href="http://www.nexans.pe">www.nexans.pe</a> Fuente de Internet	2%
3	<a href="http://www.consorcio.org">www.consorcio.org</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="http://cybertesis.uni.edu.pe">cybertesis.uni.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://vdocuments.pub">vdocuments.pub</a> Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Andrés Bello Trabajo del estudiante	1%
7	<a href="http://economia3.com">economia3.com</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="http://tesis.ucsm.edu.pe">tesis.ucsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%



ROBINSON TAPIA ASEÑO  
ASESOR



## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Edder Ricardo Millones Isique  
Título del ejercicio: Asesoría  
Título de la entrega: Sistema Eléctrico de Suministro Subterráneo en Media Tensi...  
Nombre del archivo: PROYECTO\_DE\_TESIS\_-\_EDDER\_MILLONES\_ISIQUE\_1.docx  
Tamaño del archivo: 12.2M  
Total páginas: 118  
Total de palabras: 15,427  
Total de caracteres: 84,215  
Fecha de entrega: 13-mar.-2024 03:58p. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entre... 2319713849



UNIVERSIDAD NACIONAL  
"PEDRO RUIZ GALLO"



FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

TESIS

Para Optar el Título Profesional de:

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

"Sistema eléctrico de suministro subterráneo en media tensión  
3.8/22.9 kV para la I.E Iris Barriga Galarreta 81534 Santiago de  
Cao"

Autor:

Bach. Millones Isique, Edder Ricardo

Asesor:

Tapia Asenjo, Robinson

LAMBAYEQUE - PERU  
2024

  
ROBINSON TAPIA ASENJO  
ASESOR