



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE GUAYAQUIL**

**CARRERA DE ELECTRICIDAD**

**DISEÑO DE LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN SUBTERRANEAS EN  
MEDIA TENSIÓN PARA CONJUNTO RESIDENCIAL DEL  
CANTÓN SAMBORONDÓN.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A  
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO ELÉCTRICO**

**AUTORES: JOHN ALBERTO VARGAS CASTRO**

**CESAR ANDRES PEZO FUERTES**

**TUTOR: ING. GARY OMAR AMPUÑO AVILÉS**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**2024**

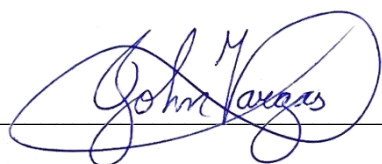
## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, John Alberto Vargas Castro, con documento de identificación N° 0953594397 y Cesar Andrés Pezo Fuertes, con documento de identificación N° 0927532804; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana puede usar, difundir reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 21 de febrero del año 2024.

Atentamente,



John Alberto Vargas Castro

0953594397



Cesar Andrés Pezo Fuertes

0927532804

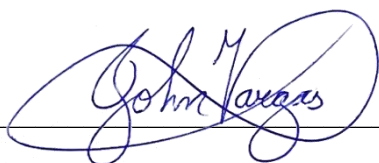
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, John Alberto Vargas Castro, con documento de identificación No. 0953594397 y Cesar Andrés Pezo Fuertes, con documento de identificación No. 0927532804, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico; “Diseño de líneas de distribución subterráneas en media tensión para conjunto residencial del cantón Samborondón”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniería en Electricidad, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 21 de febrero del año 2024.

Atentamente,



John Alberto Vargas Castro

0953594397



Cesar Andrés Pezo Fuertes

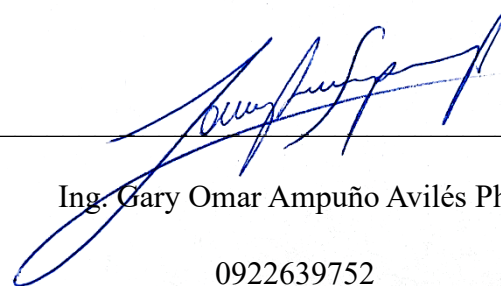
0927532804

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Ing. Gary Omar Ampuño Avilés PhD con documento de identificación N° 0922639752, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN SUBTERRANEAS EN MEDIA TENSIÓN PARA CONJUNTO RESIDENCIAL DEL CANTÓN SAMBORONDÓN, realizado por John Alberto Vargas Castro con documento de identificación N° 0953594397 y por Cesar Andrés Pezo Fuertes, con documento de identificación N° 0927532804, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 21 de febrero del año 2024.

Atentamente,



---

Ing. Gary Omar Ampuño Avilés PhD

0922639752

## **AGRADECIMIENTO.**

Agradezco infinitamente a Dios, a mi querida novia por ser mi apoyo y motivarme a no rendirme ante las dificultades de mis metas y a mis Padres que han sido mi guía a lo largo de este desarrollo, con principios que me impulsaron día a día a ser mejor persona, a cumplir con todo lo que un buen ser humano debe hacer, siguiendo los buenos pasos.

Agradezco a mis docentes, tutor y compañeros de la Universidad Politécnica Salesiana que siempre me apoyaron y me han impulsado a concluir con mi desarrollo académico, el cual valoro sus enseñanzas y consejos, formándome como un profesional más para seguir cumpliendo mis metas, con auge talento, empatía y conocimiento adquirido día a día en el transcurso de la carrera.

John Alberto Vargas Castro.

Un agradecimiento especial a la Universidad Politécnica Salesiana por permitir que su lema de "Una decisión con Visión" se haga realidad en cada uno de los estudiantes que año tras año tomamos la decisión de ser nuevos profesionales.

Al tutor y director de carrera Magister Gary Ampuño por la orientación y compartimos sus conocimientos, a los docentes de la carrera de Ingeniería eléctrica que estuvieron presente durante esta increíble travesía, siempre dándonos la guía y enfocándose en llevarnos al objetivo final, es un honor haber podido formar parte de sus estudiantes.

Cesar Andrés Pezo Fuertes.

## DEDICATORIA

Este trabajo de titulación va dedicado primero a Dios, por el motivo primordial de no desampararme, mantenerme con vida, firmeza ante las adversidades para concluir con mis sueños, metas y propósitos como es el de ser Ingeniero en Electricidad. También va dedicado a mi querida novia por esta siempre a mi lado en todo momento, quien ha sido mi inspiración y apoyo inquebrantable en este proceso. A mis padres, que me inculcaron valores desde mi infancia con amor incondicional, por sus apoyos y sacrificios que me han permitido llegar a este logro, que a su vez es un pilar muy fuerte que me sostiene hoy en día a seguir triunfando y dándome fuerzas para continuar en el día a día.

John Alberto Vargas Castro.

Esta tesis se la dedico principalmente a Dios, puesto que me dio la fortaleza espiritual para no rendirme cuándo más lo necesitaba, y a mis padres, por depositar la confianza en mí, apoyándose con los recursos para culminar mis estudios profesionales. Padres, sus consejos, amor y apoyo incondicional. Me han enseñado a encarar las adversidades de la vida sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. De igual manera, un grato agradecimiento a mis docentes por sus enseñanzas, por compartir cada una de sus experiencias laborales con nosotros.

Agradezco a las personas que conocí en el transcurso de esta travesía, que me acompañaron durante estos diez semestres, quienes sin esperar nada a cambio compartieron sus conocimientos conmigo. Gracias a todos, honraré la confianza depositada en mí, seguiré mi camino laboral y profesional siendo un hombre de bien.

Cesar Andrés Pezo Fuertes.

## RESUMEN

En el presente trabajo de titulación concierne en el diseño de redes de distribución eléctricas en media tensión, para la urbanización de Jardines Parque Magno en la etapa Fuentes, ubicada en el cantón Samborondón, el cual abarco el abastecimiento de energía eléctrica a través de análisis y simulaciones para el correcto funcionamiento y el nivel de voltaje residencial entregado a todas las familias que habitan en dicha urbanización.

Mediante los estudios de carga, demanda de potencia instalada y consumida por los abonados de la urbanización, se procede a realizar dicho diseño de redes de distribución para alimentar los circuitos de media tensión que son las redes de 13.8kV y que a su vez alimentan los transformadores de distribución para luego alimentar los circuitos de baja tensión que serán de uso residencial como es 120V y 240V, en circuitos monofásicos.

El diseño eléctrico se simuló a través de ETAP un software de Ingeniería Eléctrica que permitió la verificación del correcto y debido funcionamiento de todas las exigencias de CNEL EP, para un correcto uso y no obtener anomalías en su previo proceso de funcionamiento que causaría en el futuro daños en las redes de baja tensión o en las redes de distribución, provocando así desperfectos o problemas en los suministros de alimentadores que demandaría de mayores gastos de lo pactado o estipulado en el diseño eléctrico.

## **ABSTRACT.**

This degree work concerns the design of medium voltage electrical distribution networks, for the urbanization of Jardines Parque Magno in the Fuentes stage, located in the Samborondón canton, which covers the supply of electrical energy through analysis and simulations for the correct operation and the level of residential voltage delivered to all the families that live in said urbanization.

Through load studies, demand for installed power and consumed by the subscribers of the urbanization, the design of distribution networks is carried out to feed the medium voltage circuits, which are the 13.8kV networks and which in turn feed the distribution transformers to then feed the low voltage circuits that will be for residential use such as 120V and 240V, in single-phase circuits.

The electrical design was simulated through ETAP, an Electrical Engineering software that allowed verification of the correct and proper functioning of all CNEL EP requirements, for correct use and not obtaining anomalies in its previous operating process that would cause in the future. damage to low voltage networks or distribution networks, thus causing damage or problems in feeder supplies that would require higher expenses than agreed or stipulated in the electrical design.



## ÍNDICE GENERAL

### CONTENIDO

<b>CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....</b>	<b>ii</b>
<b>CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA .....</b>	<b>iii</b>
<b>CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....</b>	<b>iv</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>v</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>vi</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE GENERAL.....</b>	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>xii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>xiv</b>
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>xv</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Problemática. ....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Antecedentes. ....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Justificación.....</b>	<b>2</b>
<b>1.4 Delimitación. ....</b>	<b>3</b>
<b>1.5 Objetivos.....</b>	<b>5</b>
<b>1.6 Metodología.....</b>	<b>6</b>
<b>1.7 BENEFICIARIOS.....</b>	<b>8</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1 Sistema de distribución. ....</b>	<b>8</b>
<b>2.2 Sistema de distribución aéreo .....</b>	<b>9</b>

2.2.1	Partes de las redes aéreas.....	10
<b>2.3</b>	<b>Sistema de distribución subterránea. ....</b>	<b>12</b>
2.3.1	Partes de las redes subterráneas.....	13
2.3.2	Switch Vista.....	23
2.3.3	Transformador Tipo Pad Mounted.....	29
<b>2.4</b>	<b>Estructura de las redes de distribución:.....</b>	<b>35</b>
2.4.1	Red eléctrica en configuración radial:.....	35
2.4.2	Red eléctrica en configuración en anillo:.....	36
2.4.3	Red eléctrica en configuración en malla: .....	37
<b>3.</b>	<b>METODOLOGÍA DE DISEÑO.....</b>	<b>38</b>
<b>3.1</b>	<b>Diseño Eléctrico. ....</b>	<b>38</b>
<b>3.2</b>	<b>Red de media tensión.....</b>	<b>39</b>
<b>3.3</b>	<b>Determinación de la demanda.....</b>	<b>40</b>
<b>3.4</b>	<b>Factibilidad de servicio para diseño del proyecto.....</b>	<b>41</b>
<b>4.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>42</b>
<b>4.1</b>	<b>Objeto de investigación. ....</b>	<b>42</b>
<b>4.2</b>	<b>Métodos de investigación. ....</b>	<b>43</b>
<b>4.3</b>	<b>Materiales e instrumentos.....</b>	<b>43</b>
<b>4.4</b>	<b>Normativas. ....</b>	<b>43</b>
<b>4.5</b>	<b>Software de dibujo AutoCAD.....</b>	<b>43</b>
<b>4.6</b>	<b>Etap.....</b>	<b>44</b>
<b>5.</b>	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS. ....</b>	<b>44</b>
<b>5.1</b>	<b>Cálculos de la demanda de las etapas 3 y 4.....</b>	<b>44</b>
5.1.1	Cálculo de la demanda de dos condominios Jardines de Parque magno de 4 departamentos cada uno y servicios generales.....	44
5.1.2	Cálculo de la demanda de dos condominios jardines de parque magno de 6 departamentos cada uno y servicios generales.....	45

5.1.3	Cálculo de la demanda de 23 torres parque magno de 4 departamentos + servicios generales y 16 condominios de 6 departamentos + servicios generales. .	46
5.1.4	Casa Club .....	47
<b>5.2</b>	<b>Procesos de simulación.....</b>	<b>51</b>
<b>6.</b>	<b>PRUEBAS TERMICAS A CONDUCTORES DE 15KV. ....</b>	<b>65</b>
<b>7.</b>	<b>RESULTADOS DEL PROYECTO.....</b>	<b>70</b>
12.1	Optimización del Diseño Eléctrico.....	70
12.2	Análisis de Carga y Demandas.....	70
12.3	Selección de Equipamiento y Materiales.....	71
12.4	Simulaciones y Pruebas Térmica.....	71
12.5	Integración de Diseño en AutoCAD.....	71
12.6	Eficiencia Energética y Sostenibilidad.....	71
12.7	Normativas y Cumplimiento Regulatorio.....	72
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>73</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>		<b>74</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>75</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>77</b>
Anexo 1. Mapeo de las redes en media tensión en AutoCAD.....		77
Anexo 2. Diagrama unifilar en media tensión.....		78
Anexo 3. Cronograma de actividades en Microsoft Project.....		79
Anexo 4. Estado de flujo de trabajo en Microsoft Project.....		80
Anexo 5. Presupuesto realizado de materiales según el diseño del proyecto ...		81

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación de Jardines Parque Magno. [5] .....	3
<b>Figura 2.</b> Vista entrada a la Urbanización Jardines Parque Magno. [6] .....	4
<b>Figura 3.</b> Vista 2D desde de Geoportal. [7] .....	5
<b>Figura 4.</b> Sistema de distribución. [8]. .....	8
<b>Figura 5.</b> Conductor de aluminio con alma de acero.[9] .....	10
<b>Figura 6.</b> Cruceta centrada. Cruceta centrada. [9] .....	11
<b>Figura 7.</b> Herrajes.[10] .....	12
<b>Figura 8.</b> Redes Subterráneas. [12].....	12
<b>Figura 9.</b> Partes de un aislado de media tensión. [13] .....	14
<b>Figura 10.</b> Canalización de redes. [14].....	16
<b>Figura 11.</b> Caja de paso. [16].....	21
<b>Figura 12.</b> Pozo de revisión tipo E de 6 ductos (70x70) [2].....	21
<b>Figura 13.</b> Switch Vista. [17].....	23
<b>Figura 14.</b> Operación manual en Switch Vista. [18].....	25
<b>Figura 15.</b> Boquilla tipo pozo 200 Amp. [19] .....	26
<b>Figura 16.</b> Capacidad del Switch Vista. [20].....	27
<b>Figura 17.</b> Vista frontal de Switch Vista. [20] .....	27
<b>Figura 18.</b> Vista superior de Switch Vista. [20].....	27
<b>Figura 19.</b> Vista lateral de Switch Vista. [20].....	28
<b>Figura 20.</b> Codo de freno 600 Amp. [21] .....	28
<b>Figura 21.</b> Cable 15 kV. [22] .....	29
<b>Figura 22.</b> Transformador tipo Pad Mounted. [23].....	30
<b>Figura 23.</b> Transformador tipo Pad Mounted. [23].....	31
<b>Figura 24.</b> Partes del Transformador tipo Pad Mounted Monofásico. [23].....	32
<b>Figura 25.</b> Transformador tipo Pad Mounted Trifásico. [24] .....	33
<b>Figura 26.</b> Partes del Transformador tipo Pad Mounted Trifásico. [25].....	33
<b>Figura 27.</b> Sistema de puesta a tierra.[9] .....	34
<b>Figura 28.</b> Malla de puesta a tierra.[9] .....	35
<b>Figura 29.</b> Red con topología radial. [27].....	36
<b>Figura 30.</b> Red con topología en anillo. [27].....	37
<b>Figura 31.</b> Red con topología en malla. [27] .....	38
<b>Figura 32.</b> Alimentación principal [14] .....	52

<b>Figura 33.</b> Barra de alimentación 13.8kV [14].....	52
<b>Figura 34.</b> Colocación de switch abierto [14] .....	53
<b>Figura 35.</b> Barra de alimentación 13.8kV protegida por el switch [14].....	53
<b>Figura 36.</b> Colocación de transformador de 1.3MVA [14].....	54
<b>Figura 37.</b> Datos de transformador de 1.3MVA y sus parámetros [14].....	54
<b>Figura 38.</b> Conexión de barra para secundario de 240V [14].....	55
<b>Figura 39.</b> Datos del conductor de alimentación a 15kV [14].....	55
<b>Figura 40.</b> Parámetros de conductor de cobre [14].....	56
<b>Figura 41.</b> Conexión con barra de 13.8kV [14].....	56
<b>Figura 42.</b> Realización de esquema para simulación. [14].....	57
<b>Figura 43.</b> Nombramiento de valores de potencia, protecciones y conductores. [14]...	58
<b>Figura 44.</b> Ingreso de datos para simulación del alimentador. [14] .....	59
<b>Figura 45.</b> Ingreso de datos según normativas para funcionamiento del transformador. [14] .....	60
<b>Figura 46.</b> Ingreso de datos de transformador monofásico. [14].....	61
<b>Figura 47.</b> Ingreso de datos de transformador trifásico. [14] .....	62
<b>Figura 48.</b> Revisión de esquema para simulación. [14].....	63
<b>Figura 49.</b> Coordinación de esquema para simulación. [14].....	64
<b>Figura 50.</b> Análisis de resultados de simulación. [14].....	65
<b>Figura 51.</b> Cables en operación [14].....	66
<b>Figura 52.</b> Datos de carga [14] .....	67
<b>Figura 53.</b> Mediante la simulación de flujo de carga, se puede considerar los datos para la prueba térmica [14].....	67
<b>Figura 54.</b> Datos de los conductores para simulación en Etap 21[14] .....	68
<b>Figura 55.</b> Inicio de simulación en Etap 21 [14] .....	68
<b>Figura 56.</b> Ventana de configuración de conductores [14].....	69
<b>Figura 57.</b> Datos de pruebas térmicas [14].....	69

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1.</b> Tipos de aislamientos.[9] .....	14
<b>Tabla 2.</b> Conductores y aislamiento. [9] .....	14
<b>Tabla 3.</b> Conductividad y resistencia de conductores. [9] .....	15
<b>Tabla 4.</b> La máxima corriente que un conductor con aislamiento puede soportar de forma continua, con tensiones entre 0 a 2000 Voltios nominales y temperaturas de operación entre 60°C a 90°C. [15] .....	17
<b>Tabla 5.</b> Cantidad máxima de conductores y cables de aparatos que pueden alojarse en ductos metálicos rígidos. [15].....	18
<b>Tabla 6.</b> Profundizaje de zanjas.[9].....	19
<b>Tabla 7.</b> Cálculo de la demanda del Panel PD 2.[14] .....	47
<b>Tabla 8.</b> Cálculo de la demanda del tablero de bombas de agua. [14].....	48
<b>Tabla 9.</b> Detalle de distribución de los solares atendido por transformador. [14] .....	50

## GLOSARIO

### C

#### **Confiabilidad**

La confiabilidad de energía es la presencia de voltaje en el punto del medidor. Es decir, el suministro continuo.

### D

#### **Distribución aérea**

Son estructuras usadas en la transmisión y la distribución de energía eléctrica a grandes distancias.

#### **Distribución eléctrica subterránea**

Las redes eléctricas subterráneas nos permiten la transmisión y distribución de una manera más segura, con ductos empotrados en el suelo a una distancia mínima de 50cm de empotramiento.

### E

#### **Estándares técnicos**

Normativas vigentes para la construcción de sistemas eléctricos dados por el ARCONEL.

### F

#### **Fusibles**

Son dispositivos de seguridad en las instalaciones eléctricas, los cuales se funden cuando la corriente excede sus valores nominales.

### G

**Generación eléctrica**

Se define como el conjunto de procesos la cuales se produce energía eléctrica mediante transformación de la misma.

**I****Infraestructura eléctrica**

Estructuras con equipamientos necesario para la distribución de energía de una manera segura.

**M****Media tensión**

Las líneas de media tensión son las redes que tienen un voltaje 13.8kV que nos permiten la transmisión y distribución de energía.

**R****Redes radiales**

Se caracteriza por la alimentación de uno solo borne al emisor.

**S****Suministro**

Implica la generación, transmisión y distribución de eléctrica a cada uno de los consumidores.

**T****Topología de red eléctrica**



Se refiere al arreglo de la distribución de la energía eléctrica de forma radial en una manera segura y beneficiosa.

### **Transformador**

Son elementos eléctricos que nos permiten transformar la carga eléctrica, así como disminuir o aumentar el voltaje.

## **V**

### **Viabilidad técnica**

La viabilidad técnica es la implementación de una nueva idea, para que se pueda realizar con éxito desde una vista técnica.

## 1. INTRODUCCIÓN.

El suministro y consumo de energía eléctrica es a su vez considerado el primordial suministro para el buen desarrollo sustentable y de amplia calidad de vida en los conjuntos residenciales. Las redes de distribución subterráneas en medio voltaje ofrecen amplias ventajas estéticas, de optimización de materiales y a su vez de confiabilidad seguridad en comparación con las alternativas aéreas. Este trabajo de titulación se centra en el diseño de líneas subterránea en media tensión para un conjunto residencial en el Cantón Samborondón, con la intención de modernizar la infraestructura eléctrica y la experiencia de los residentes de la urbanización Jardines Parque Magno. [1]

Para el diseño de líneas de distribución se debe tomar en consideración el estudio de la demanda de cada uno de los condominios que conforman la urbanización, así como se debe asegurar el cumplimiento de cada una de las normativas vigentes por el ARCONEL. [2]

Para diseñar líneas de distribución subterráneas en medio voltaje, se destacan varios factores, como los niveles de caída de tensión, la demanda a consumir por cada abonado, la escogencia correcta de conductores para la tensión, la construcción de ductos subterráneos, cajas de pasos y la escogencia de materiales correctos para avalar el suministro de energía. [2]

### 1.1 Problemática.

Las redes de distribución aéreas en urbanizaciones privadas causan impactos visuales negativos y pueden ser vulnerables ante diversos eventos climáticos, fallas eléctricos cuando entran en contacto con ramas de árboles o animales, es por ello, que se presentó como proyecto el diseño de redes de distribución eléctricas subterráneas para la Urbanización Jardines Parque Magno, ya que este diseño ofrece ventajas estéticas, de

confiabilidad y seguridad en comparación con las alternativas aéreas y no existan caída de voltaje. Este proyecto se centra en el diseño las líneas distribución subterránea de media tensión para la mejora de la distribución eléctrica, reducir las interrupciones y la experiencia de los residentes. [3]

## **1.2 Antecedentes.**

La investigación desarrollada en la Urbanización Jardines Parque Magno destaca la importancia para el acceso al suministro eléctrico para garantizar el pleno desarrollo humano y sector económico de la urbe. Sin embargo, debido al desbalance del voltaje, su uso eficiente se ve afectada, es así como se propuso el diseño de redes eléctricas en media tensión. [4].

Experiencias exitosas en ciudades alrededor del mundo han demostrado los beneficios de las líneas de distribución subterránea en términos de confiabilidad y estética. El presente proyecto comprende el diseño de las redes eléctricas en media tensión de la Urbanización Jardines Parque Magno, con el propósito de asegurar las condiciones técnicas necesarias para garantizar la fiabilidad, seguridad y disponibilidad continuidad del suministro energético. Este proyecto se ha desarrollado cumpliendo con las normas del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), normas de la empresa eléctrica local, del Código Eléctrico Nacional (NEC). Estudios han evaluado los aspectos técnicos, económicos y ambientales de estas implementaciones, lo que proporciona una seguridad sólida para la toma de decisiones. [4]

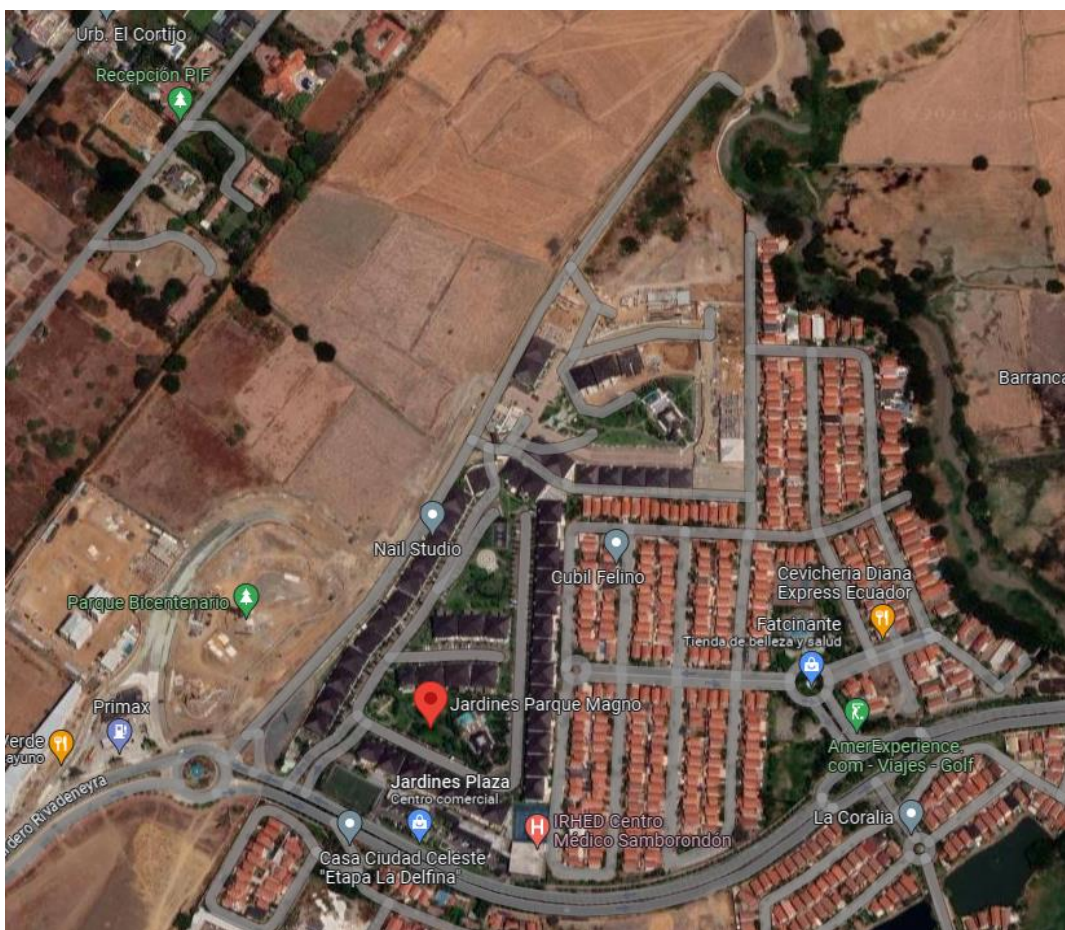
## **1.3 Justificación.**

La realización de las líneas de distribución subterránea de media tensión en el conjunto residencial ubicado en el Cantón Samborondón tiene un impacto favorable en la calidad de vida de los residentes al reducir los impactos visuales y aumentar la

confiabilidad del suministro eléctrico. Además, promovió el desarrollo sostenible y la planificación urbana ordenada en la región, para el crecimiento en más etapas y futuras urbanizaciones o pueblos donde requieran implementar el sistema eléctrico soterrado.

#### 1.4 Delimitación.

El proyecto se encuentra ubicado en Ciudad Celeste, urbanización Jardines Parque Magno etapa Fuentes en la Provincia del Guayas, Cantón Samborondón, Parroquia Tarifa, en el Km 9.5 de la vía Samborondón.



*Figura 1. Ubicación de Jardines Parque Magno. [5]*

Se evaluaron las opciones de acceso al área designada dentro de la urbanización para realizar análisis de los aspectos físicos. También se tomó en cuenta las disposiciones de la Empresa Eléctrica Pública Corporación Nacional de Electricidad (CNEL EP) encargada de revisar, aprobar y proporcionar la información requerida, así como el tiempo

que se requirió para realizar las investigaciones, estudios y diseños necesarios para cumplir con los objetivos planteados.



*Figura 2. Vista entrada a la Urbanización Jardines Parque Magno. [6]*

Este diseño subterráneo de líneas de distribución de media tensión abarca el proceso de planificación y diseño de redes de distribución subterráneas que operan a niveles de media tensión. Se enfoca especialmente en el diseño sistema eléctrico de distribución subterráneo que suministra electricidad a los residentes dentro de etapas de la urbanización. No aborda otros aspectos de infraestructura eléctrica ni considera áreas fuera de dicho conjunto residencial.



### ***1.1.2 Objetivos Específicos:***

- Analizar la topografía y las características del terreno para determinar la viabilidad técnica del diseño subterráneo.
- Seleccionar los materiales y equipos adecuados para la implementación de las líneas de distribución subterránea.
- Evaluar la confiabilidad del sistema subterráneo en comparación con el sistema aéreo en términos de interrupciones.
- Estimar los costos de inversión, operación y mantenimiento del diseño subterráneo.

### **1.6 Metodología.**

Se realizó estudios de viabilidad técnica y topográfica, es fundamental considerar para el diseño de líneas de distribución subterráneas en media tensión, apoyándose en la investigación de diversos autores y fuentes bibliográficas. Esto se realiza para cumplir las necesidades de consumo, ubicación de equipos, gestión para el control de la caída de tensión y otras consideraciones cruciales que aseguren el correcto funcionamiento y minimicen los fallos, abordando lo siguientes puntos principales:

- a) **Estudio de viabilidad técnica:** Se analizó el terreno, topografía y características eléctricas. Se examinó el proceso de selección y diseño de la mejor ruta destinada a la instalación de líneas de distribución subterráneas de media tensión.
- b) **Análisis de Requisitos:** Se recopiló los requisitos específicos del conjunto residencial y del cantón Samborondón en cuanto a capacidad de carga, ubicación de puntos de conexión y restricciones ambientales.
- c) **Selección de materiales y equipos:** Investigación de componentes adecuados para el diseño subterráneo. Se examinó la selección de conductores, cables

adecuados, cajas de empalme y otros elementos necesarios para las acometidas soterradas.

- d) **Diseño en AutoCAD:** Se utilizó el software AutoCAD para crear los planos detallados de las líneas de distribución, incorporando elementos como trazados, distancias, conexiones y detalles de instalación.
- e) **Definición de parámetros técnicos:** Se calcularon los parámetros eléctricos como la capacidad de carga, voltaje, caída de tensión y potencia requerida para dimensionar adecuadamente las líneas.
- f) **Evaluación económica y técnica:** Se realizaron análisis de costos que consideran los gastos asociados a materiales, mano de obra, excavación y mantenimiento a lo largo del tiempo.
- g) **Protección y seguridad:** Se abordaron los temas relativos a la salvaguardia y protección de las líneas de distribución subterráneas de media tensión. Esto abarco la elección y ajuste de dispositivos de protección, sistemas de conexión a tierra, precauciones de seguridad durante la instalación y el mantenimiento, y también la reducción de riesgos asociados con posibles fallas o eventos adversos.
- h) **Consideraciones normativas y reglamentarias:** Se consideró las normativas, directrices y reglamentos aplicables al diseño de líneas de distribución subterráneas de media tensión.
- i) **Presentación del proyecto:** Se elaboró un informe técnico que incluye todos los detalles del diseño, justificación de decisiones, análisis económico y recomendaciones para la implementación.



## 1.7 BENEFICIARIOS.

Los beneficiarios directos son los residentes del conjunto residencial, en Jardines Parque Magno etapa Fuentes, quienes disfrutarán de un suministro eléctrico más confiable y una mejora en el entorno visual.

## 2. MARCO TEÓRICO.

### 2.1 Sistema de distribución.

Un sistema de distribución o redes de distribución se encarga de transportar un servicio eléctrico que tiene como objetivo trasladar la energía eléctrica que va de la subestación y llega a los consumidores finales. (Cervantes, 2020).



Figura 4. Sistema de distribución. [8].

La definición clásica de un sistema de distribución incluye lo siguiente:

- Subestación principal de energía.
- Red de subtransmisión.
- Subestación de distribución.
- Alimentadores primarios.

- e) Componentes de distribución.
- f) Conexión secundaria y servicios.

Estos componentes se utilizan para todo tipo de carga, tanto para sistemas aéreos soterrados. (Véase en la figura 4).

## **2.2 Sistema de distribución aéreo**

Durante muchos años, la infraestructura de distribución eléctrica aérea ha posibilitado la transferencia de energía eléctrica desde zonas urbanas hacia sitios rurales.

En este sistema específico, el cable, generalmente desprovisto de cubierta protectora, se coloca sobre aisladores, los cuales son instalados en las crucetas fijadas en postes de madera o concreto. Este enfoque representa la opción más económica para la distribución eficiente de la energía eléctrica. [2]

### **VENTAJAS DE REDES AEREAS.**

- Costos más accesibles.
- Amplia disponibilidad de materiales.
- Detección sencilla de fallas.
- Menores tiempos de construcción.

### **DESVENTAJAS DE REDES AEREAS.**

- Impacto estético negativo.
- Fiabilidad reducida.
- Niveles inferiores de seguridad.
- Propensas a fallas y cortes de suministro debido a exposición a descargas atmosféricas, lluvias, granizo, polvo y gases CO.

### 2.2.1 Partes de las redes aéreas.

#### *Poste.*

Estos elementos pueden fabricarse en madera, concreto o metal, y la elección depende del diseño de las redes y su finalidad específica. Para las urbanizaciones, los postes de concreto tienen alturas de 21, 16, 12 y 10 metros, con resistencias de rotura mínima de 350 kg. [2]

#### *Conductores.*

Estos se colocan en circuitos primarios, se utilizan cables de aluminio con alma de acero (ACSR) en diversos calibres. (Véase en la figura 5).



*Figura 5. Conductor de aluminio con alma de acero. [9]*

### ***Aisladores.***

Se emplearán para aislar, sujetar y mantener en su lugar el cable; estos aisladores deben cumplir con las normas ANSI, adaptándose según el nivel de aislamiento necesario. se aplicará para aislar, sujetar y retener el cable, son construidos en distintos materiales y en varios niveles de configuración dependiendo el aislamiento requerido.

### ***Crucetas.***

Estas son de ángulo de hierro galvanizado y muy duradera a la corrosión según la norma ASTM A153 con un espesor mínimo de galvanizado de 2 onzas/pie<sup>2</sup>. Su propósito es asegurar y mantener el conductor en estructuras centradas o estructuras en volada, en redes aéreas de distribución según la norma NTE INEN3046. [2]



*Figura 6. Cruceta centrada. Cruceta centrada. [9]*

### ***Herrajes.***

Los herrajes fabricados en redes aéreas de media tensión generalmente son fabricados en acero galvanizado (grapas, pernos pin, pernos máquina, abrazaderas, etc.). (Véase en la figura 7).



*Figura 7. Herrajes.*[10]

### 2.3 Sistema de distribución subterránea.

Es una infraestructura de distribución compuesta por tuberías, cables y centros de distribución, diseñada para llevar la energía hasta el consumidor final. [11]

Este enfoque de distribución eléctrica se implementa de manera subterránea, evitando la presencia de postes, transformadores aéreos y cables visibles que podrían afectar la estética de cualquier estructura. [2]



*Figura 8. Redes Subterráneas.* [12]

Estas infraestructuras presentan ciertas limitaciones, entre las que se pueden destacar las siguientes:

- Acceso limitado, lo cual complica la identificación de fallas.
- Interrupciones en el servicio más prolongadas en comparación con las redes aéreas.
- Mayores desafíos en las labores de mantenimiento.
- Costos significativamente superiores en comparación con las redes aéreas.

### **2.3.1 Partes de las redes subterráneas**

#### ***Obra civil.***

Las componentes fundamentales de la infraestructura civil abarcan las líneas de ductos, las cajas de paso y las bases destinadas para el posicionamiento de transformadores. La eficiencia de una red subterránea está directamente vinculada a la correcta instalación de los ductos, ya que estos sirven como el conducto por el cual transcurren los cables. Por lo tanto, es esencial proteger la tubería para prevenir posibles daños internos que puedan resultar en cortes en el cableado. [2]

#### ***Conductor en medio voltaje.***

El desarrollo de un sistema en media tensión se basa en un bucle principal y sus derivaciones internas. El bucle principal se utiliza para transmitir entre alimentadores principales utilizando conductores 99% cobre aislado, mientras que las ramificaciones interiores emplean un conductor de aluminio con aislamiento como componente principal. [2]

#### ***Aislamiento de Conductores.***

El desarrollo de un sistema en media tensión se basa en un bucle principal y sus derivaciones internas. El bucle principal se utiliza para transmitir entre alimentadores

principales utilizando conductores 99% cobre aislado, mientras que las ramificaciones interiores emplean un conductor de aluminio con aislamiento como componente principal. (Véase en la tabla 1). [2]

Tipo	Descripción	Aplicación
XLE	Polietileno	Alta tensión
EPR	Etileno propileno	Alta y baja tensión
PVC	Cloruro de polivinilo	Baja tensión

Tabla 1. Tipos de aislamientos.[9]

Tipo	Descripción	Aislamiento	Conductor AWG/kcmil
XHHM	Copolímero sintético reticulado resistente al calor y la humedad.	XLPE	14-2000
THWN	Termoplástico resistente al calor y humedad.	PVC	14-1000
RHW	Caucho resistente al calor y humedad.	XLPE	14-2000
RHH	Caucho resistente al calor.	XLPE o EPR	14-2000

Tabla 2. Conductores y aislamiento. [9]

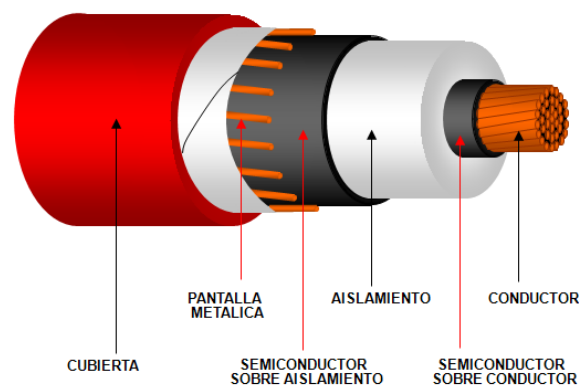


Figura 9. Partes de un aislado de media tensión. [13]

### ***Calibre de conductores***

El calibre de un conductor o también conocida como sección transversal, determina el área del conductor, se expresa en AWG (American Wire Gauge) en el sistema estadounidense o en milímetros en el sistema internacional. En este contexto, a mayor especificación, menor diámetro del conductor y viceversa, como se detalla en la Tabla 3. Un conductor con mayor sección puede transportar más corriente y presenta una menor resistencia al paso de la corriente. [2]

<b>Calibre AWG</b>	<b>Sección de área mm<sup>2</sup></b>	<b>Diámetro mm</b>
<b>14</b>	2.08	1.63
<b>12</b>	3.31	2.05
<b>10</b>	5.26	2.59
<b>8</b>	8.36	3.26
<b>6</b>	13.3	4.11
<b>4</b>	21.1	5.18
<b>2</b>	33.6	6.24
<b>1/0</b>	53.47	8.25
<b>2/0</b>	67.41	9.26
<b>3/0</b>	85.03	10.40
<b>4/0</b>	107.2	11.68
<b>250</b>	126.6	14.60
<b>300</b>	151.9	16.00
<b>350</b>	177.3	17.29
<b>400</b>	202.7	18.49

*Tabla 3. Conductividad y resistencia de conductores. [9]*

### ***Ductos subterráneos.***

Los ductos desempeñan un papel crucial al albergar y salvaguardar los conductores utilizados en el sistema. Mayormente, se opta por utilizar ductos de PVC, como se ilustra en la figura 10; aunque, en determinadas circunstancias, se recurre a materiales metálicos de acuerdo con su función y especificación correspondiente. En



situaciones que demanden mantenimiento, la presencia de ductos minimiza las inconveniencias en el tráfico, previene daños a las aceras y facilita la sustitución de cables dañados de manera más accesible. [9]

La cantidad de conductores admisible en tuberías:



*Figura 10. Canalización de redes. [14].*

### ***Diámetro mínimo de las tuberías de acometida en media tensión.***

El diámetro interior mínimo de la tubería para acometidas en media tensión depende del número de conductores. Para acometidas con dos conductores (incluido el neutro), el diámetro mínimo será de 3 pulgadas (75 mm). Para acometidas con más de dos conductores, el diámetro mínimo será de 4 pulgadas (100 mm). Las tuberías que contienen los conductores de señal deben tener un diámetro mínimo de 1 ¼ pulgadas (32 mm). [15]

Sección	Temperatura nominal del conductor (véase Cuadro 310-13)						Sección
	60 °C (140 F)	75 °C (167 F)	90 °C (194 F)	60 °C (140 F)	75 °C (167 F)	90 °C (194 F)	
AWG/ MCM	Tipos TW* UF*	Tipos FEPW*,RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*, ZW*	Tipos TBS,SA, SIS, FEP* FEPB*,NI RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-2*, THWN-2* USE-2, XHH, XHHW* XHHW-2, ZW-2	Tipos TW* UF*	Tipos RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*	Tipos TBS,SA, SIS, THHN*, THHW*, THW-2*, THWN-2* RHH*, RHW-2 USE-2,XHH, XHHW* XHHW-2, ZW-2	AWG/ MCM
	Cobre			Aluminio o Aluminio recubierto de cobre			
18	...	...	14	...	...	...	...
16	...	...	18	...	...	...	...
14	20*	20*	25	...	...	...	...
12	25*	25*	30*	20*	20*	25*	12
10	30	35*	40*	25	30*	35*	10
8	40	50	55	30	40	45	8
6	55	65	75	40	50	60	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	110	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	150	85	100	115	1
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	190	230	255	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400
500	320	380	430	260	310	350	500
600	355	420	475	285	340	385	600
700	385	460	520	310	375	420	700
750	400	475	535	320	385	435	750
800	410	490	555	330	395	450	800
900	435	520	585	355	425	480	900
1000	455	545	615	375	445	500	1000
1250	495	590	665	405	485	545	1250
1500	520	625	705	435	520	585	1500
1750	545	650	735	455	545	615	1750
2000	560	685	750	470	560	630	2000

FACTORES DE CORRECCION							
Temperatura Ambiente en °C	Para temperaturas ambientes distintas de 30 °C (86 °F), multiplicar las anteriores intensidades por el correspondiente factor de los siguientes						Temperatura Ambiente en °F
21-25	1.08	1.05	1.04	1.08	1.05	1.04	70-77
26-30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	78-86
31-35	0.91	0.94	0.96	0.91	0.94	0.96	87-95
36-40	0.82	0.88	0.91	0.82	0.88	0.91	96-104
41-45	0.71	0.82	0.87	0.71	0.82	0.87	105-113
46-50	0.58	0.75	0.82	0.58	0.75	0.82	114-122
51-55	0.41	0.67	0.76	0.41	0.67	0.76	123-131
56-60	...	0.58	0.71	...	0.58	0.71	132-140
61-70	...	0.33	0.58	...	0.35	0.58	141-158
71-80	...	...	0.41	...	...	0.41	159-176

Tabla 4. La máxima corriente que un conductor con aislamiento puede soportar de forma continua, con tensiones entre 0 a 2000 Voltios nominales y temperaturas de operación entre 60°C a 90°C. [15]

Letras tipo	Calibre del conductor AWG/ MCM	SECCIÓN COMERCIAL EN PULGADAS											
		½	¾	1	1¼	1½	2	2½	3	3½	4	5	6
TW	14	9	15	25	44	59	98	140	216	288	370	581	839
	12	7	12	19	33	45	75	107	165	221	284	446	644
	10	5	9	14	25	34	56	80	123	164	212	332	480
	8	3	5	8	14	19	31	44	68	91	118	185	267
RHH*, RHW*, RHW-2, THHW	14	6	10	17	29	39	65	93	143	191	246	387	558
THW, THW-2	12	5	8	13	23	32	52	75	115	154	198	311	448
RHH*, RHW*, RHW-2*, THHW, THW	10	3	6	10	18	25	41	58	90	120	154	242	350
RHH*, RHW*, RHW-2*, THHW, THW,	8	1	4	6	11	15	24	35	54	72	92	145	209
RHW-2*, THHW, THW,	6	1	3	5	8	11	18	27	41	55	71	111	160
THW-2,	4	1	1	3	6	8	14	20	31	41	53	83	120
THW-2,	3	1	1	3	5	7	12	17	26	35	45	71	103
RHH*,	2	1	1	2	4	6	10	14	22	30	38	60	87
RHW*,	1	1	1	1	3	4	7	10	15	21	27	42	61
RHW-2*,	1/0		1	1	2	3	6	8	13	18	23	36	52
TW, THW,	2/0		1	1	2	3	5	7	11	15	19	31	44
THHW,	3/0		1	1	1	2	4	6	9	13	16	26	37
THW-2	4/0			1	1	1	3	5	8	10	14	21	31
	250			1	1	1	3	4	6	8	11	17	25
	300			1	1	1	2	3	5	7	9	15	22
	350				1	1	1	3	5	6	8	13	19
	400				1	1	1	3	4	6	7	12	17
	500				1	1	1	2	3	5	6	10	14
	600				1	1	1	1	3	4	5	8	12
	700					1	1	1	2	3	4	7	10
	750					1	1	1	2	3	4	7	10
	800					1	1	1	2	3	4	6	9
	900					1	1	1	1	3	4	6	8
	1.000						1	1	1	2	3	5	8
	1.250						1	1	1	1	2	4	6
	1.500						1	1	1	1	2	3	5
	1.750							1	1	1	1	3	4
	2.000							1	1	1	1	3	4

*Tabla 5. Cantidad máxima de conductores y cables de aparatos que pueden alojarse en ductos metálicos rígidos. [15]*

### **Zanjas.**

La consideración del ancho de la zanja es esencial para lograr la correcta disposición de la plantilla, facilitar el acople sin complicaciones y asegurar la adecuada compactación del terreno. Es imperativo que la parte inferior de la zanja sea plana, eliminando cualquier piedra u objeto que pueda afectar a los ductos. La profundidad mínima para la instalación de los conductos debe ser cuidadosamente evaluada en relación con la parte superior de los mismos. La optimización de las zanjas, procurando que sean lo más estrechas posible, se busca con el objetivo de minimizar el impacto en el pavimento y permitir una manipulación más sencilla de los ductos durante la instalación. La planicidad de la base de la zanja se logra mediante una compactación adecuada que elimine cualquier elemento sobresaliente. [9]

<b>Ducto</b>	<b>N° ductos</b>	<b>N° filas</b>	<b>N° columnas</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Profundidad vereda (m)</b>	<b>Profundidad vía (m)</b>
<b>A</b>	2	1	2	0.37	0.61	0.92
<b>B</b>	3	1	3	0.53	0.61	0.92
<b>C</b>	4	1	2	0.37	0.77	1.07
<b>D</b>	6	1	3	0.37	0.93	1.23
<b>E</b>	9	1	3	0.53	0.93	1.23

*Tabla 6. Profundizaje de zanjas.[9]*

La dimensión de la zanja se determina según la cantidad de ductos previstos por el diseñador, y la profundidad de enterrado de los conductores está condicionada por el tipo de ducto. Se debe ejercer precaución para evitar dañar tuberías de aguas servidas, ductos telefónicos y de televisión por cable, y cualquier percance debe ser reparado de inmediato por el personal o comunicándose con la agencia responsable en la zona de trabajo. [9]

***Intersección subterránea con cables telefónicos.***

Cuando se instala el cable telefónico de forma paralela, es imperativo mantener una distancia de 40 cm; mientras que, los puntos de cruce, es recomendado una distancia de 15 a 20 cm. [2]

***Intersección subterránea con cañerías.***

En presencia de conductos para de aguas servidas o potables, se requiere una separación mínima de 20 cm. En caso de que el inspector así lo sugiera, es esencial fortalecer la permeabilidad mediante el uso de concreto. [2]

***Intersección subterránea en calles y carreteras.***

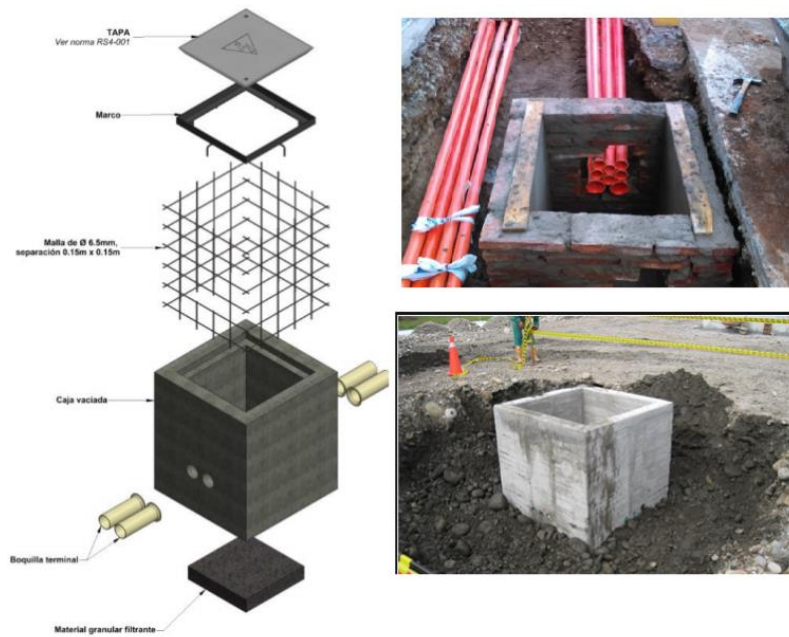
Para asegurar un cruce eficiente en entornos viales, se establece una profundidad mínima de 1 metro, donde el cable se colocará dentro de tubos reforzados con una base de hormigón a lo largo de toda su extensión. [2]

***Intersección de conductores de energía eléctrica.***

La separación requerida entre los conductores para media tensión de la misma compañía debe ser de 20cm, para diferentes empresas o de bajo voltaje será de 25cm. [2]

***Caja de paso.***

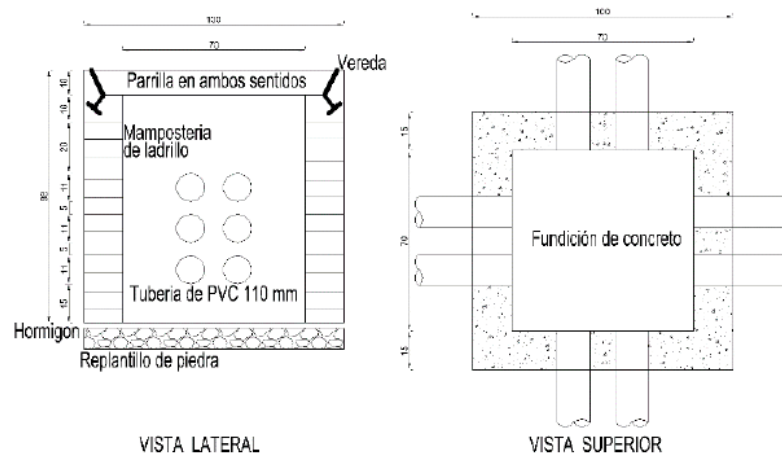
Las cajas de paso se fabrican con hormigón armado y se instalan tanto en la acera como en la vía, utilizando varillas antisísmicas separadas a una distancia de 15 cm. Las dimensiones internas de la caja de paso deben ser de 80cm x 80cm x 80cm para aplicaciones de media tensión, mientras que para baja tensión se establece un tamaño 0.60cm x 0.60cm x 0.80cm. [9]



*Figura 11. Caja de paso. [16]*

***Pozo de revisión de hormigón armado de mano 100x100x100cm.***

Sus dimensiones son 100x100x100cm. de externas, a una profundidad de 110cm relleno de material subbase clase 2 en 20cm, sobre esta, una mesa de hormigón armado  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  de 100x100x100cm. Las paredes están hechas de hormigón armado con hierro. En las paredes donde llegan las canalizaciones, se realizarán biselados según los conforme al diseño (normas técnicas para la construcción de redes eléctricas subterráneas de la EEASA). (Véase en la figura 11). [2]



*Figura 12. Pozo de revisión tipo E de 6 ductos (70x70) [2]*



***Tapas.***

El material de esta tapa debe ser de acero dúctil o grafito esteroidal de la clase D400-400 kN para calzada, con dimensiones que varían según el tipo de pozo. Esta incorpora un seguro de cierre de  $\frac{1}{4}$  de vuelta.

Además, se deberá instalar un sistema de drenaje compuesto por una rejilla, tubería de PVC de 75mm y una conexión al alcantarillado fluvial ubicado en el centro de la vía. [9].

**Material:**

- Se utiliza base de clase dos, tablas para encofrado, cemento, arena, ripio triturado, codo de PVC de 45 grados con un diámetro de 75 mm para desagüe, cuatro tubos de PVC de 75 mm por 3 metros para desagüe, silla YEE DPT de 75 mm ajustable según el diámetro de la tubería principal en ese tramo, adhesivo PVC, rejilla de aluminio con un diámetro de 3 pulgadas, varilla corrugada con un diámetro de 10 mm y un cuadro de 70x70 de canal con dimensiones de 110x40x2mm.
- La medición y pago se realiza por unidad (u)

***Canalización tipo 1 (4x4" + 2x2")***

Se realiza una excavación manual una profundidad de 80cm, seguido de una capa de arena de 5cm de espesor. Luego 2 tubos 110mm, sobre estos, otros 2 tubos 110mm y finalmente 2 tubos de 50mm utilizándolos de separadoras. Toda la tubería PVC estará en una cama de arena. Finalmente, se compactará hasta una altura de 35cm bajo nivel de acera final.

**Material:**

- Se deberá utilizar tablas de encofrado, arena, tubo PVC 110mm x 3m para desagüe, pega PVC, tubo PVC 50mm x 3m para desagüe y lastre.

- La medición y pago será por metro (m)

### 2.3.2 Switch Vista.

Los interruptores de montaje en pedestal con aislamiento dieléctrico sólido en aire (Véase la figura 12) y los interruptores de falla emplean la avanzada tecnología de vacío, ofreciendo así una solución compacta, segura y confiable para interruptores de media tensión. Estos dispositivos prescinden de aceite y gas SF<sub>6</sub>, contribuyendo a un diseño más eficiente y sostenible. [9]



*Figura 13. Switch Vista. [17]*

#### ***Características del Switch Vista.***

El Seccionador Vista incluye interruptores seccionadores de carga que facilitan la conmutación de la fuente principal de 600 A. Asimismo, incorpora interruptores para fallas controladas por microprocesadores, diseñados para la conmutación y protección de alimentadores principales de 600 A, así como de derivaciones, ramales y circuitos suplementarios de 200 A y 600 A. [9]



### ***Interruptores seccionadores de carga.***

Los interruptores seccionadores de carga emplean un interruptor en vacío en serie con un seccionador aislado de dos posiciones accionado manualmente para realizar la conmutación tripolar de 600 A en circuitos trifásicos. Estos dispositivos cumplen con las normativas IEEE 1247, conocida como "Norma IEEE para interruptores seccionadores de corriente alterna con capacidad superior a 1000 voltios", así como con la norma IEC 62271-103, que aborda los "Seccionadores de alto voltaje, superiores a 1000 V y hasta 52000 V". [9]

### ***Interruptores de fallas.***

Los interruptores de fallas utilizan un interruptor en serie y en vacío junto con un seccionador aislado de dos posiciones accionado manualmente, permitiendo la conmutación tripolar de cargas en circuitos de 200 o 600 A. Estos interruptores también cuentan con la capacidad de interrumpir fallas de hasta 16000 A simétricos a 17500 V y hasta 12500 A simétricos a 29000 V. [9]

### ***Operación manual.***

Tanto los seccionadores como los interruptores de fallas pueden abrirse y cerrarse directamente mediante una palanca manual, (Véase en la figura 14). La velocidad de apertura y cierre no está vinculada a la velocidad de movimiento de la palanca manual. Los mecanismos de accionamiento están diseñados para prevenir activaciones involuntarias. Los ejes de accionamiento pueden cerrarse en cualquier posición y ser bloqueados con candado, evitando así manipulaciones indebidas por personal no autorizado. [9]



*Figura 14. Operación manual en Switch Vista. [18]*

### ***Operación motorizada.***

Para facilitar la operación remota, se pueden instalar moto-operadores cableados de fábrica, disponibles opcionalmente. Estos moto-operadores requieren un suministro eléctrico de 100-240 voltios y 50/60 Hz proporcionado por el usuario. Se controlan mediante un mando a distancia colgante conectado por cable, que cuenta con botones para Abrir/Reajustar/Cerrar. [9]

### ***Terminales***

Todos los terminales vienen equipados con adaptadores de boquillas de 600 amperios que incluyen espigas roscadas. En el caso de los interruptores de fallas, es posible equiparlos opcionalmente con adaptadores de boquillas de pozo de 200 A (Véase la figura 14), en lugar de los adaptadores de pozo de 600 A, dependiendo del modelo seleccionado. Las interconexiones de estos adaptadores cumplen con la norma IEEE 386, que se aplica a sistemas con conectores aislados para áreas de distribución por encima de los 600 V. Estos adaptadores pueden ser reemplazados en el terreno si la espiga se enrosca de manera transversal durante la instalación del cable o si un fallo en un terminal subsecuente daña uno de los dos. [9]



*Figura 15. Boquilla tipo pozo 200 Amp. [19]*

### ***Indicación potencial con prueba de funcionamiento.***

En el contexto de la función de Indicación Potencial opcional, la rutina de seccionamiento puede ser llevada a cabo por un único operador sin la necesidad de manipular los cables de medio voltaje. Esta característica incluye requisitos específicos para las fases de bajo voltaje. La prueba de cables puede realizarse a través del panel posterior de un conector de punto muerto de 600 amperios, proporcionado ya sea por el usuario o por un dispositivo conductor de 200 amperios. Esto elimina la complejidad asociada con la manipulación de cables. [9]

### ***Control de sobre corriente.***

La detección de fallas se inicia mediante una comprobación de sobre corriente programable alojada en un gabinete impermeable. El control se realiza de manera automatizada mediante una computadora personal conectada al sistema mediante un cable USB. [9]

### ***Capacidades de Switch Vista.***

La cantidad total de vías, el número de vías en el seccionador interruptor de carga y el número de vías en el interruptor de fallas están definidos por el modelo del dispositivo. Por ejemplo, el modelo 413 tiene "4" vías en total, "1" vía en el seccionador interruptor de carga y "3" vías en el interruptor de fallas. [9]

Modelo①②	Diagrama Unifilar	Capacidades				Número de Catálogo
		Tensión, kV		Amperes, RMS, Simétricos		
		Máx	NBAI	Cont.③	Cortocircuito④	
312		17.5 (12)	95 (75)	600 (630)	16 000 (16 000)	923122
		29 (24)	125 (125)	600 (630)	12 500 (12 500)	923123

Figura 16. Capacidad del Switch Vista. [20]

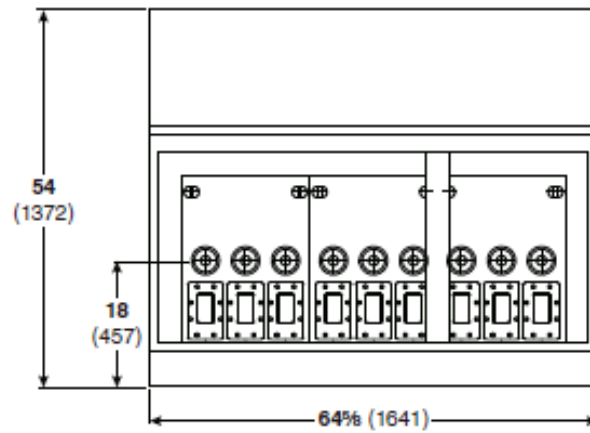


Figura 17. Vista frontal de Switch Vista. [20]

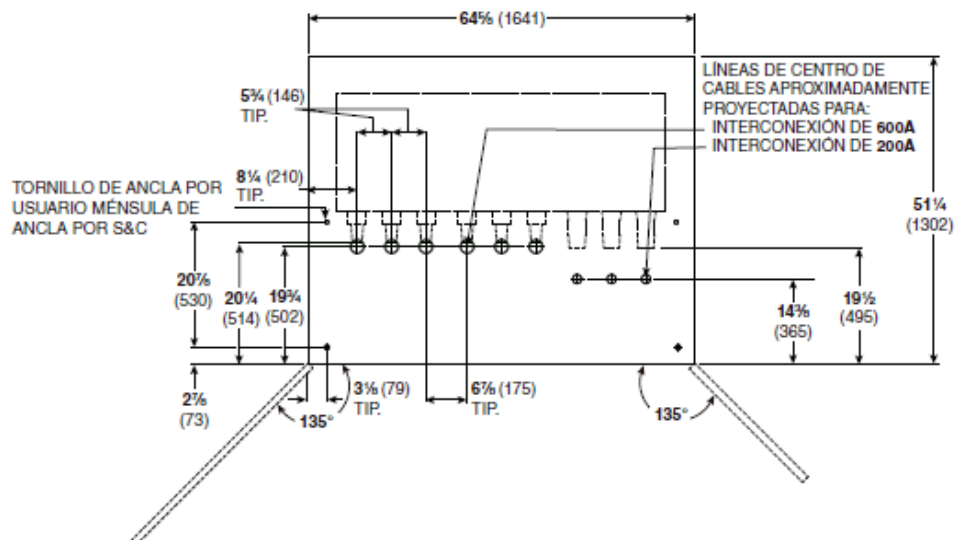
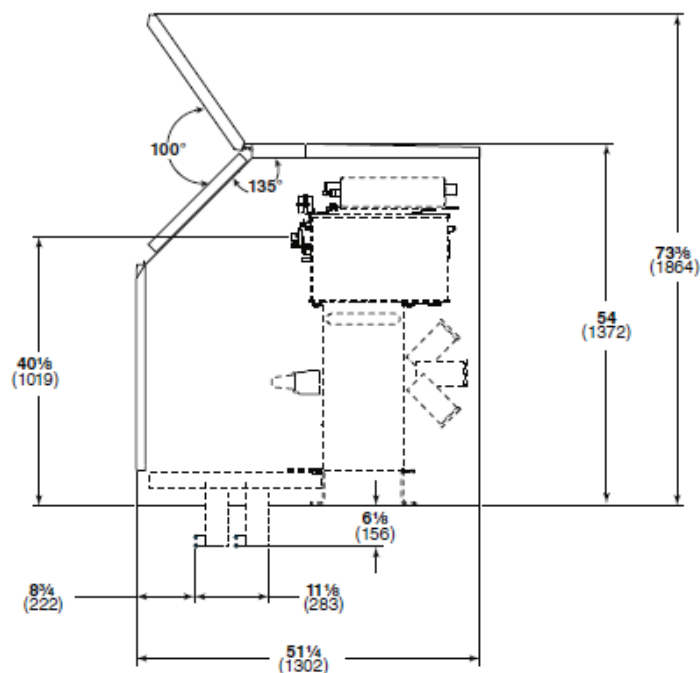


Figura 18. Vista superior de Switch Vista. [20]



*Figura 19. Vista lateral de Switch Vista. [20].*

### ***Codo de freno 600 amperios***

Este dispositivo de seguridad, con capacidad para 15 kV y 25 kV, se utiliza para la conexión de cables en las entradas y salidas del Interruptor Vista. Su carcasa, completamente sumergible y blindada, está fabricada al cien por ciento con peróxido, incluyendo materiales aislantes y conductores de EPDM. [2].



*Figura 20. Codo de freno 600 Amp. [21]*

### ***Cable para media tensión.***

Estos cables se emplean en la distribución de energía eléctrica de media tensión, pudiendo instalarse por aire, en ductos o en canaletas. Con un blindaje de polietileno reticulado XLPE, cuentan con una cinta de cobre (PC) aplicada helicoidalmente. La cubierta externa de policloruro de vinilo (PVC), como se muestra en la figura 20, es retardante al fuego (FR), resistente al calor y a la humedad.



*Figura 21. Cable 15 kV. [22]*

### **2.3.3 Transformador Tipo Pad Mounted.**

Un transformador tipo pedestal, también conocido como transformador Pad Mounted, es un dispositivo construido dentro de una cabina de acero cerrada y montado sobre una base de concreto, de ahí su denominación en inglés. La cabina es metálica y debe contar con una conexión sólida a tierra para asegurar que todos los puntos energizados se encuentren contenidos en el interior de esta. Este diseño específico permite ser utilizado en redes soterradas, ya que los alimentadores ingresan al transformador por la parte inferior. [2]

Estos transformadores pueden ser monofásicos o trifásicos, y por lo general, tienen capacidades de potencia relativamente bajas (medidas en kVA). Su principal aplicación se encuentra en sistemas de distribución, donde desempeñan la función de reducir el voltaje proveniente de los alimentadores primarios del sistema al voltaje de servicio requerido en las redes secundarias. [2]



*Figura 22. Transformador tipo Pad Mounted. [23]*

### ***Transformador Tipo Pad Mounted monofásico.***

Los transformadores monofásicos Pad Mounted se presentan en configuraciones tanto radiales como en malla. En el diseño radial, se instalan de manera independiente en puntos donde el alimentador primario se conecta a cada transformador. Por otro lado, en la configuración de tipo malla, se forma un anillo al cerrar el alimentador en media tensión. En ambas opciones, existe la posibilidad de que los transformadores sean autoprotegidos y cuenten con un gabinete de protección que impide la exposición de los bushings de alta y baja tensión., (Véase figura 22). [23]



*Figura 23. Transformador tipo Pad Mounted. [23]*

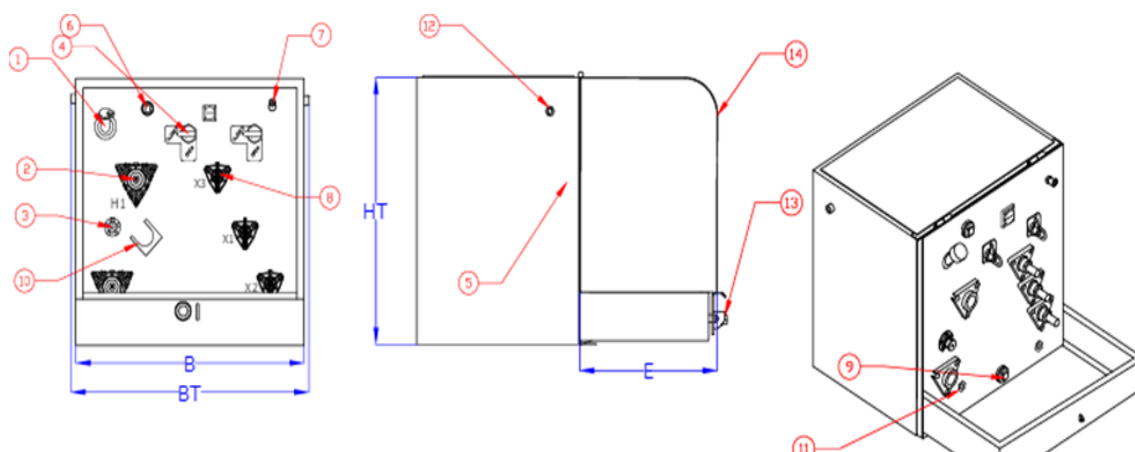
***Partes del Transformador Tipo Pad Mounted monofásico.***

La descripción de accesorios de un transformador pad mounted monofásico es la siguiente:

- Portafusibles BAYONETA incluidos los fusibles
- Bushing well media tensión
- Cambiador de taps 5 posiciones
- Seccionador load break switch
- Fuselink - Isolation Link
- Neplo con tapón de 3/4" para recirculación de aceite
- Válvula de sobrepresión sin contactos
- Bushing well en baja tensión
- Tapón de drenaje de 3/4"



- Parqueos
- Tuercas para aterrizaje
- Izajes
- Manija de seguridad
- Armario tipo abatible



*Figura 24. Partes del Transformador tipo Pad Mounted Monofásico. [23]*

### ***Transformador Tipo Pad Mounted Trifásico.***

Estos dispositivos transformadores se pueden colocar tanto en exteriores como en interiores. Presentan una parte frontal inerte, la cual incluye elementos integrados de conexión, protección y maniobra. Los voltajes en el primario pueden llegar hasta 34.5 KV, mientras que el secundario se adapta según las necesidades específicas del cliente. Se clasifican como transformadores de tipo radial, que se conectan de manera independiente al primario, y de tipo malla, que se conectan a la línea de media tensión. Esta configuración permite la alimentación de otras cargas a través de ellos, ampliando así la red hacia otros transformadores. [24]



Figura 25. Transformador tipo Pad Mounted Trifásico. [24]

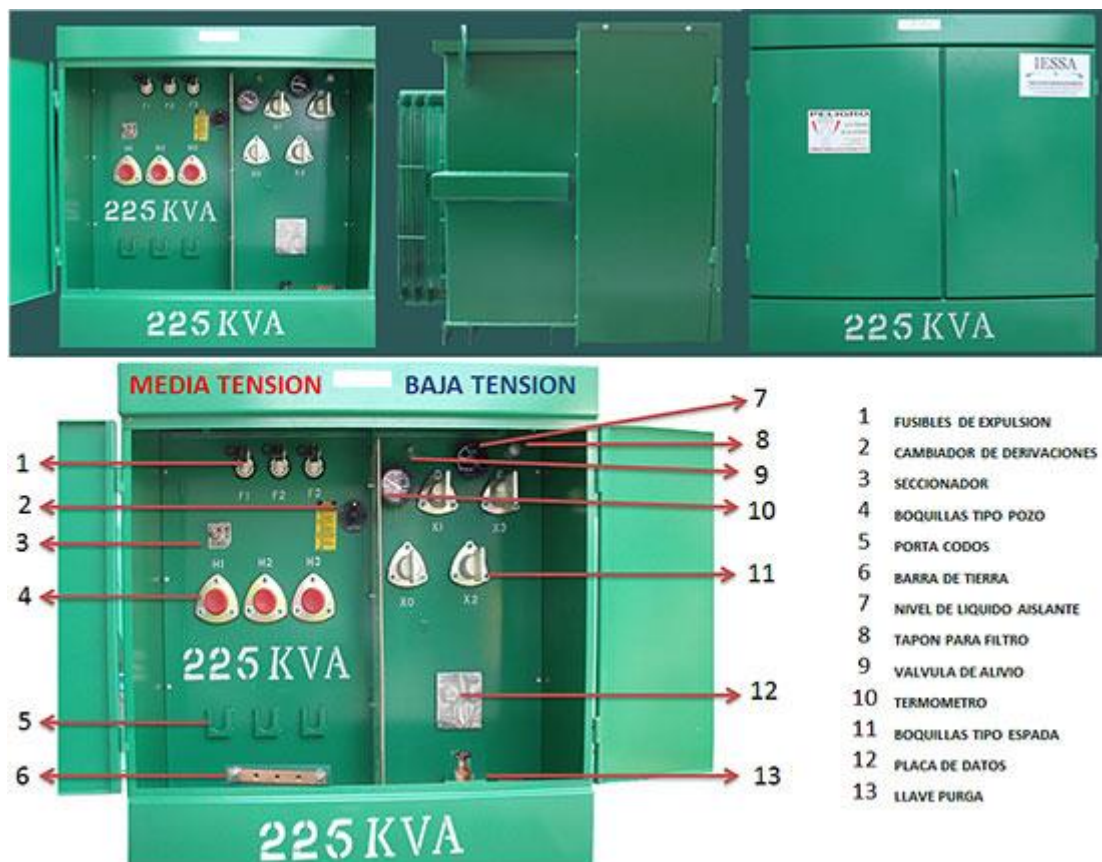
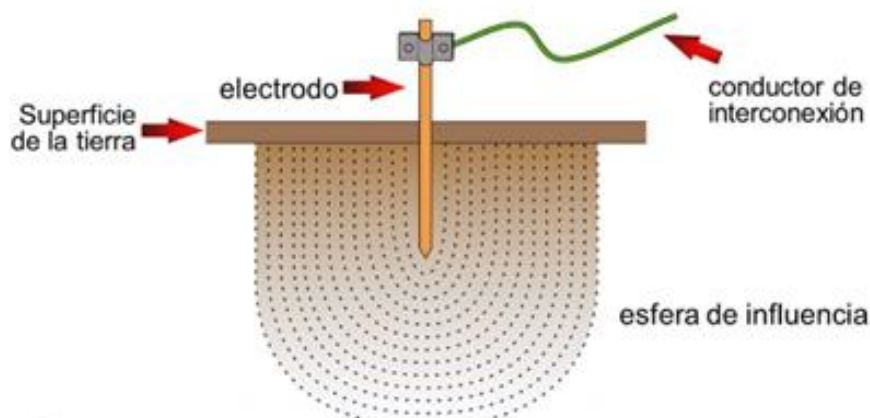


Figura 26. Partes del Transformador tipo Pad Mounted Trifásico. [25]

### ***Sistema de puesta a tierra.***

La implementación del sistema de puesta a tierra constituye una faceta esencial en cualquier configuración eléctrica, buscando principalmente reducir la tensión que las estructuras metálicas puedan tener con respecto a la tierra. Además, este sistema garantiza el funcionamiento adecuado de los dispositivos de protección, disminuyendo o eliminando la posibilidad de averías o daños en los componentes eléctricos empleados. Aunque resulta imposible controlar las descargas atmosféricas, se puede minimizar el riesgo de su impacto en el sistema eléctrico para asegurar una instalación segura tanto para las personas como para las infraestructuras y sus equipos.



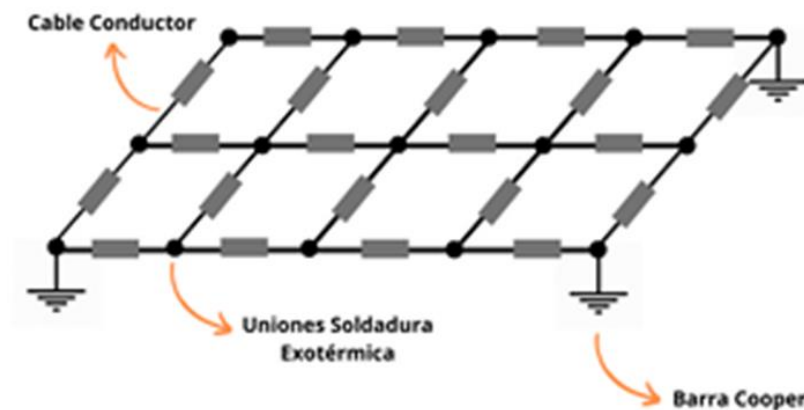
*Figura 27. Sistema de puesta a tierra.[9]*

### ***Malla de puesta a tierra.***

La estructura de conexión a tierra se compone de un cable de cobre sin revestimiento, el cual facilita la conexión de los equipos integrados en una instalación utilizando la tierra como punto de referencia. Esta estructura adopta un entramado conformado por conductores dispuestos de manera uniforme en direcciones horizontal y vertical. Todos los puntos de unión se realizan mediante soldadura exotérmica, garantizando así una óptima continuidad eléctrica.

Los elementos que conforman una malla de puesta a tierra son los siguientes:

- Varilla de Cobre (Cu 100%) o varilla Copperweld
- Conductor de cobre
- Soldadura exotérmica



*Figura 28. Malla de puesta a tierra.[9]*

## 2.4 Estructura de las redes de distribución:

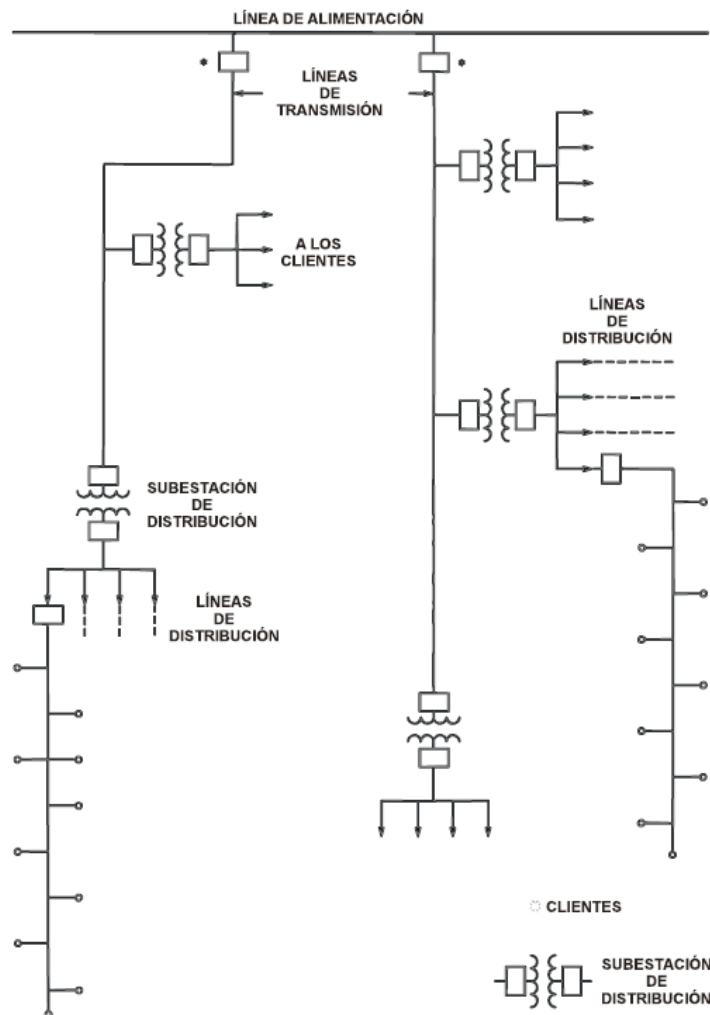
Cuando se va a diseñar líneas de distribución subterránea en media tensión es indispensable considerar tres tipos de topología, los cuales son: radial, anillo y malla. Con la intención de disminuir los apagones de la energía eléctrica por distintas causas, para así proteger el sistema ante la presencia de alguna falla, deterioro o averías en los equipos o daño a la infraestructura de la red particularmente cuando existe la presencia de diversos factores como: hurto del conductor, sobrecarga, desperfecto en conexiones, etc.

Seguidamente, se detallará las siguientes características fundamentales de estas estructuras. [26]

### 2.4.1 Red eléctrica en configuración radial:

En las redes de distribución de topología radiales se caracterizan por un único punto de alimentación, la subestación, desde donde parten las líneas que se ramifican y extienden por toda el área a suministrar. Estas ramificaciones, a modo de antenas, no se

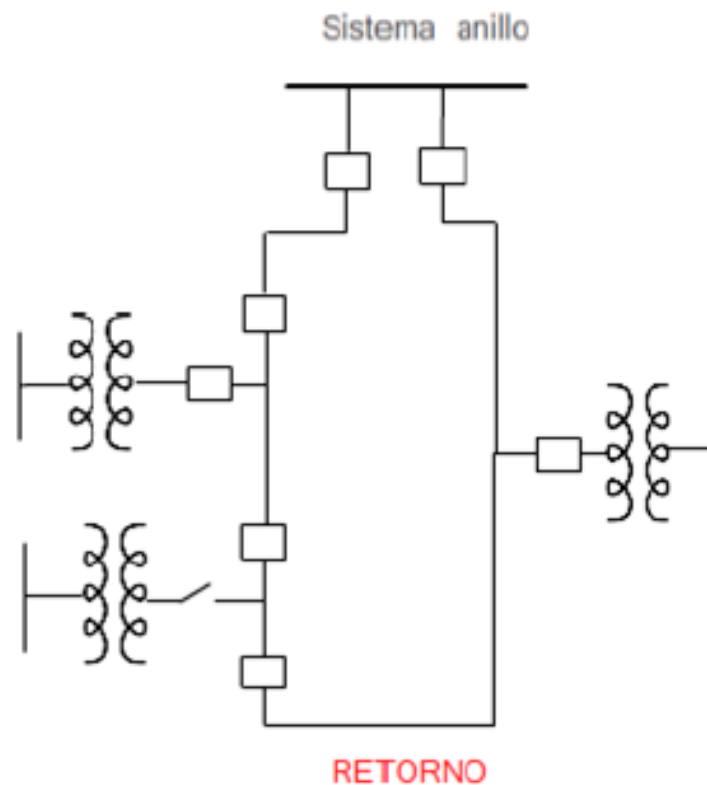
cierran sobre sí mismas, lo que significa que la energía solo tiene un camino posible para llegar a los centros de transformación y, finalmente a los consumidores. [26]



*Figura 29. Red con topología radial. [27]*

#### 2.4.2 Red eléctrica en configuración en anillo:

En las redes de distribución de topología en anillo se destaca por ser un sistema eléctrico donde las líneas forman un bucle cerrado, es decir la energía puede fluir o ingresar por sus diferentes extremos, lo que proporciona redundancia y mayor confiabilidad en comparación con las demás configuraciones y como desventaja es su alto costo. [26]



*Figura 30. Red con topología en anillo. [27]*

### **2.4.3 Red eléctrica en configuración en malla:**

En este tipo de configuración se diferencia por formar anillos en todos sus nodos y líneas por consiguiente de esto todo el sistema de estar preparado para recibir constantes sobrecargas y está estructuradas con equipos de cortes y conexión en todas las direcciones. La capacidad de este sistema es que su fiabilidad es de casi el cien por ciento, ya que si una o varias partes del sistema falla se puede conectar a otro nodo de la malla sin dejar desconectado el circuito afectado. El único inconveniente de este sistema es su alto costo a diferencia de las demás topologías. [26]

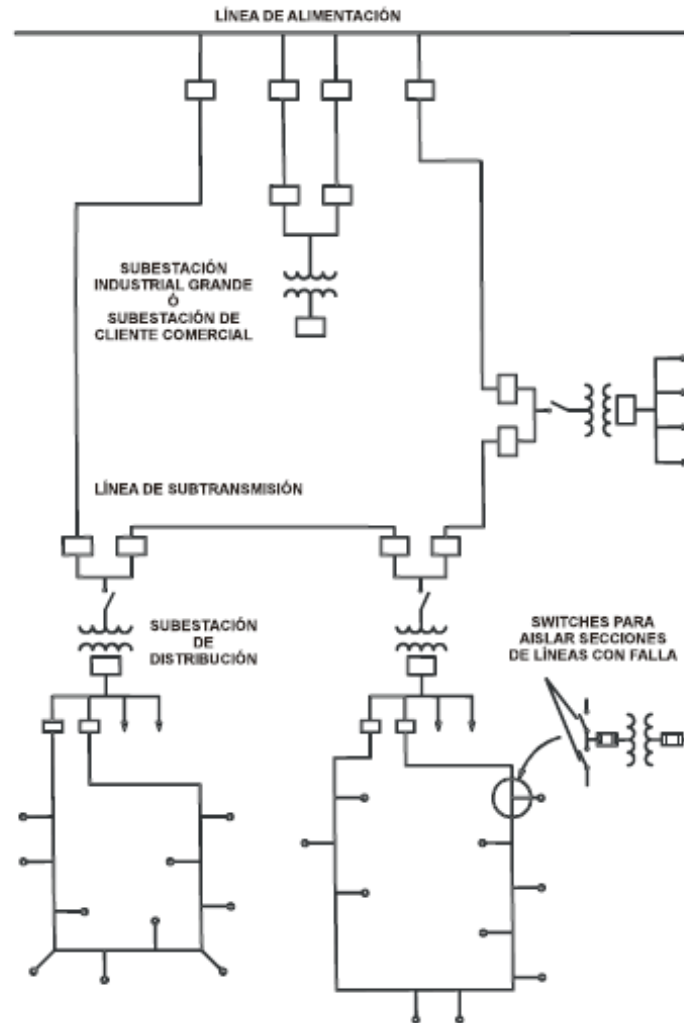


Figura 31. Red con topología en malla. [27]

### 3. METODOLOGÍA DE DISEÑO.

#### 3.1 Diseño Eléctrico.

Este proyecto contiene el diseño de las líneas de distribución con las condiciones técnicas que garantizan confiabilidad, seguridad y continuidad del servicio de energía eléctrica con el fin de obtener un funcionamiento satisfactorio del sistema y reducir al mínimo los peligros de incendio y accidentes. [2]

Este proyecto se realizó de acuerdo con las normas del MEER, normas de la empresa eléctrica CNEL EP, del Código Eléctrico Nacional (NEC).

Este proyecto se encuentra ubicado en la Provincia del Guayas, Cantón Samborondón, Parroquia Tarifa, Km 9.5 vía Samborondón, al este de la urb. Ciudad celeste.

La energía eléctrica para la etapa Fuentes JPM será suministrada por la empresa eléctrica de CNEL EP en la unidad de negocio Guayas-Los Ríos mediante líneas de media tensión desde una de las salidas protegidas del Switch Gear TIPO VISTA 15.5KV 600 Amperios MODELO 523 existente en la Urbanización Cascada JPM, mediante líneas 15 KV de cobre 3# 1/0 XLPE + N# 4 THHN, hasta el Switch Gear TIPO VISTA 15.5KV 600 Amperios MODELO 312 y desde este SWITCHGEAR distribuir la energía eléctrica a todo el sistema donde se derivará la carga para los transformadores distribución, conectados en anillo para mayor confiabilidad.

### **3.2 Red de media tensión.**

La red de media tensión se ha diseñado de tipo subterránea, trifásica, formando un anillo. La red trifásica que sale del pad switch con cable de cobre 3# 2 XLPE 15kV; formara 1 anillo trifásico en las calles internas de la urbanización acompañado de un conductor desnudo de cobre #4 AWG para neutro. Se ha previsto la instalación de 14 transformadores pad mounted monofásico de 50kVA, 1 transformador 112.5kVA trifásico para el club, 4 transformadores de 75kVA trifásico para los 8 condominios de 6 departamentos, 3 transformadores de 37.5kv monofásico para torres independientes y uno de 50 trifásico para garita y servicios generales, y 1 transformador 30 kVA trifásico para la planta de tratamiento. Todos los transformadores deben ser pad mounted tipo lazo con 2 Switch en media tensión para conmutar la entrada y la salida, sumergido en aceite, con núcleo de bajas pérdidas de acuerdo con la norma INEN 2115-2004 - 13800/220/127V con Tap +1,-3x2.5% para los transformadores trifásicos, y 13800/120-240 voltios para los transformadores monofásicos. Se deberá instalar indicadores de falla en cada una de las



fases de los transformadores T30, T36, T37, T38 Y T44 que ayudaran para encontrar cualquier problema de falla que se tenga en la red. Una vez concluida la construcción de la red, ésta deberá probarse de manera adecuada a fin de asegurar su correcta instalación y evitar la posible presencia de fallas constructivas. Toda la tubería será PVC de 110 mm para uso eléctrico, se instalará en forma subterránea, el número de tubos eléctricos está claramente indicado en los planos. (Anexo 2).

### **3.3 Determinación de la demanda.**

Fuentes de Jardines Parque Magno es desarrollo urbanístico de 39 Torres Habitacionales (condominios), área social, contara con una infraestructura de clase media, por lo que se ha considerado que los futuros propietarios tendrán una capacidad de consumo medio de energía 678.2kW /h/mes.

El proyecto está dividido en 2 Etapas: La Etapa 3 que consta de 23 condominios y la Etapa 4 consta de 16 condominios, 31 condominio consta de cuatro departamentos, dos en piso inferior, y dos en piso superior y 8 condominios de seis departamentos en tres pisos.

Etapa 3:

1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,28,29,30,31,32,33,34,35,36 = 23 Condominios

Etapa 4:

15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,37,38,39 = 16 Condominios

Se instalará 1 Unid Switchgear TIPO Vista 15.5kV 600Amp. Marca S&C Modelo 312. Las Cajas de Hormigón no deben tener piso de hormigón. Sino una capa de 25 cm de piedra chispa gruesa, para mejor filtrado de las aguas lluvias, tal como muestra el detalle de los planos.

Para efectuar el cálculo de la demanda de energía de esta Urbanización se han

tomado en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) La infraestructura prevista para la ciudadela es de clase media
- b) El área prevista para cada terreno.
- c) La información histórica de consumo existente en la Empresa Eléctrica para usuarios de estas características.
- d) Reservas para áreas comerciales.

De acuerdo con lo establecido en el manual de Distribución de EBASCO para el cálculo de la demanda de energía y potencia de abonados en redes de distribución, se determinó que el consumo de energía previsto por abonado, con las características especificadas, es de 678.2 kW/h/mes, lo cual se traduce en una **demanda de 5 kW por abonado aproximado** de acuerdo con la fórmula del manual de Ebasco.

Con la demanda individual para todos los abonados que existirán en la Urbanización Fuentes de Jardines Parque Magno, se llega a determinar una **demanda total de 519.73 kVA** para los departamentos, alumbrado público, garita principal, servicios generales y el club.

La Demanda Estimada Total es de 519.73 kVA.

La acometida principal trifásica en media tensión se construirá con cable de cobre Cu 3#1/0 XLPE 15kV + 1#4 AWG. Tal como lo indica el plano desde el Switch Gear Vista 523 hasta el Pad Switch Gear vista 312.

### **3.4 Factibilidad de servicio para diseño del proyecto.**

La demanda manifestada del proyecto, los agentes de la Empresa Eléctrica Pública Corporación Nacional de Electricidad (CNEL EP) se encargaron en realizar un estudio que evaluó la factibilidad servicio para del consumo en el sistema de eléctrico, que sirvió de referencia para definir el punto de entrega. Luego de un profundo análisis que dependía del consumo a conectarse, del nivel de voltaje requerido, de las condiciones de la red de

distribución y del criterio del fiscalizador de la empresa eléctrica. Para efecto, el solicitante proveyó la información de las instalaciones eléctricas y las características de la carga de cada condominio que requería la empresa eléctrica para la realización de dichos estudios.

La empresa eléctrica fue la responsable de establecer y aprobar el esquema de conexión y protección que garantice el cumplimiento de los criterios técnicos de calidad y seguridad, al mínimo costo. Para todos los diversos valores de voltaje, este esquema de conexión cuenta con un sistema de corte, protección y maniobra que asegure que las fallas y maniobras en las instalaciones de la urbanización para que no interfieran con las condiciones normales de operación y de continuidad del servicio del resto del sistema de distribución. Los estudios de la factibilidad de conexión realizados por la empresa demostraron el cumplimiento de estas condiciones, como un paso previo a la prestación del suministro.

Las consecuencias de las fallas que se tenga de las instalaciones del consumidor a la red de distribución, por ausencia de un sistema de corte, protección y maniobra, serán de responsabilidad de la empresa eléctrica. La operación inadecuada del esquema de conexión, debida a información inexacta proporcionada por el solicitante, será de responsabilidad de el mismo. Los informes de los estudios de conexión podrán ser solicitados por la ARCONEL, en ejercicio de sus atribuciones de control. [4]

## **4. MARCO METODOLÓGICO**

### **4.1 Objeto de investigación.**

Revisar, analizar y describir la planificación del diseño líneas subterránea en media tensión y centros de transformación para el conjunto residencial, técnicas que

sirvieron de fundamento para la elaboración de este proyecto. Seguidamente se especifica los elementos y criterios del procedimiento utilizado en el proyecto.

#### **4.2 Métodos de investigación.**

En este proyecto se combinaron dos métodos de investigación: el deductivo y el descriptivo. El primero se utilizó para el analizar las metodologías y procedimientos de cálculo, además del método descriptivo se recopiló el análisis de los datos, a través de la investigación bibliográfica, de fuentes secundarias mediante textos, libros, artículos, folletos y tesis. [3]

#### **4.3 Materiales e instrumentos.**

Estos implementos fueron utilizados son homologados por el ARCONEL para desarrollar y establecer los lineamientos técnicos para las redes de distribución subterráneas. La aplicación de estas normas garantiza la seguridad y confiabilidad de la red, al reducir el riesgo de fallos y accidentes.

#### **4.4 Normativas.**

Para el desarrollo de este proyecto se emplearon diferentes normas de diseño y técnicas de construcción de redes soterradas, las mismas que fueron elaboradas por organismos y entidades eléctricas de distribución. Se realizaron pruebas análisis de campo para verificar el cumplimiento de las normas, con resultados satisfactorios. [3]

#### **4.5 Software de dibujo AutoCAD.**

En este software se desarrollaron los planos y diseños de la red subterránea de media tensión con el trazado de ductos, donde se realizó el modelo de las estructuras, para lograr esto, se utilizaron diferentes herramientas propias del software que facilitó el trazado y mediciones. [28]

#### 4.6 Etap.

Esta es una herramienta utilizada para sistemas eléctricos. Es uno de los softwares esenciales que se utilizó y de gran ayuda para realizar análisis y control, simulaciones y pruebas térmicas en nuestro diseño eléctrico.

Es una herramienta completa que sirve para operaciones de sistemas de potencia eléctricos que además ofrece una serie de programas totalmente integrados para el flujo de carga, dimensionado de cable, pruebas térmicas y más, brindando una buena experiencia para para diseñadores, ingenieros y operadores, lo que permite a los usuarios aumentar la productividad, la eficiencia y facilitar el estudio de los sistemas eléctricos.

[29]

### 5. ANALISIS DE RESULTADOS.

#### 5.1 Cálculos de la demanda de las etapas 3 y 4

##### 5.1.1 Cálculo de la demanda de dos condominios Jardines de Parque magno de 4 departamentos cada uno y servicios generales.

4 departamentos por Condominio x 2 Condominio = 8 Departamentos

kWh/mes/abonado = 678.2

La demanda de 1 abonado kW = 5000

Condominios Jardines Parque Magno = 8.00

Total de abonados N = 8.00

Factor de coincidencia de la demanda de 1 abonado C = 0.45

Factor de potencia FP = 0.92

Factor de coincidencia de la demanda de N abonados:  $C_n = C + ((1-c) / N)$

La demanda en KW de N abonados:  $kW_n = kW (1 abonado) \times N \times C_n$

La capacidad del transformador:  $kVA = kW_n / FP$

$$kVA = kW \times N \times (c + ((1-c) / N)) / FP$$

$$\text{kVA} = 5 \times 8 \times (0.45 + (0.55 / 8)) / 0.92$$

8 departamentos kVA =	22.55	kVA
Servicio general (1u) =	10.00	kVA
<b>Total de la demanda de dos condominios =</b>	<b>32.55</b>	<b>kVA</b>

Se estima que la demanda total de dos Condominios de cuatro departamentos cada uno, más servicio general es de 32.55 kVA.

Se instalará un transformador Pad Mounted monofásico de 50kVA de lazo con load switch de entrada y salida para dos condominios de 4 departamentos cada uno.

### **5.1.2 Cálculo de la demanda de dos condominios jardines de parque magno de 6 departamentos cada uno y servicios generales.**

6 departamentos por Condominio x 2 Condominio = 12 Departamentos

kWh/mes/abonado = 678.2

La demanda de 1 abonado kW = 5000

Condominios Jardines Parque Magno = 12.00

Total de abonados N = 12.00

Factor de coincidencia de la demanda de 1 abonado C= 0.45

factor de potencia FP = 0.92

Factor de coincidencia de la demanda de N abonados  $C_n = C + ((1-c) / N)$

La demanda en KW de N abonados  $kW_n = kW (1 \text{ abonado}) \times N \times C_n$

La capacidad del transformador  $kVA = kW_n / FP$

$$kVA = kW \times N \times (c + ((1-c) / N)) / FP$$

$$kVA = 5 \times 12 \times (0.45 + (0.55 / 12)) / 0.92$$

12 departamentos kVA =	32.34	kVA
SERVICIO GENERAL Y ASCENSOR (1U) =	18.00	kVA
<b>TOTAL DEMANDA DE DOS CONDOMINIOS =</b>	<b>50.34</b>	<b>kVA</b>

Se estima que la demanda total de dos Condominios de seis departamentos cada una, más servicio general es de 50.34 kVA

Se instalará un transformador Pad Mounted trifásico de 75kVA de lazo con load switch de entrada y salida para dos condominios de 6 departamentos cada uno.

### **5.1.3 Cálculo de la demanda de 23 torres parque magno de 4 departamentos + servicios generales y 16 condominios de 6 departamentos + servicios generales.**

4 departamentos por Condominio x 23 torres = 92 Departamentos

6 departamentos por Condominio x 6 torres = 96 Departamentos

TOTAL 188 DEPARTAMENTOS

kWh/mes/abonado = 678.2

La demanda de 1 abonado kW = 5000

Cantidad departamentos Condominios = 188

Factor de coincidencia de la demanda de 1 abonado  $C = 0.45$

Factor de potencia  $FP = 0.92$

Factor de coincidencia de la demanda de N abonados  $C_n = C + ((1-c) / N)$

La demanda en KW de N abonados  $kW_n = kW (1 \text{ abonado}) \times N \times C_n$

La capacidad del transformador  $kVA = kW_n / FP$

$$kVA = kW \times N \times (c + ((1-c) / N)) / FP$$

$$kVA = 5 \times 172 \times (0.45 + (0.55 / 172)) / 0.92$$

172 departamentos kVA =	462.77	kVA
Demanda del Club =	86.50	kVA
Iluminación Publica 58 lámparas 90W Led =	5.67	kVA
Iluminación Parque 28 lámparas 30W =	0.91	kVA
SERVICIO GENERAL Y GARITA (2) =	3.00	kVa
<b>TOTAL DEMANDA DE TOTAL = 558.86 kVa</b>		

### 5.1.4 Casa Club

#### Panel PD 2

Departamento A	Cálculo de demanda máxima			Calculo energía mensual kWh		
Descripción	Cantidad	W/PTO.	W Total	Horas/Día	F.C.	W-H
Alumbrado	25	100	2500	6.00	0.50	7500
Tomas uso general	11	150	1650	6.00	0.35	3465
Tomas mesón de cocina	5	300	1500	3.00	0.50	2250
Refrigeradora	1	800	800	24.00	0.60	11520
Campana extractora	1	200	200	2.00	0.40	160
A. Acondicionado 60000btu	3	8000	24000	12.00	0.80	230400
Secadora	1	3000	3000	2.00	0.50	3000
Cocina Eléctrica	1	4000	4000	3.00	0.75	9000
Aire Acondicionado 18000btu	1	2250	2250	2.00	0.75	3375
Horno microonda	1	1500	1500	0.50	0.20	150
		kW Total instalados	41.4	KWH/DIA		270.82
				# día /mes		30
		Demanda kW según Ebasco	40.86	KWH mes		8124.6

\* kW demanda = kWh/ (49,9\*kWh exp. 0.154)

*Tabla 7. Cálculo de la demanda del Panel PD 2.[14]*



Total de demanda (kW) = 40.86

Factor de potencia = 0.92

Total de demanda (kWA) = 44.42

Corriente nominal (In) = 116.57

Breaker de protección = 145.71

Se deberá instalar un breaker de protección de 3 polos 150 Amp.

### Tablero de bombas de agua

Departamento A	Cálculo de demanda máxima			Cálculo energía mensual kWh		
Descripción	Cantidad	W/PTO.	W Total	Horas/Día	F.C.	W-H
Bombas de agua de 15 HP	3	15000	45000	24.00	0.30	324000
		kW Total instalados	45	kWh/DIA		324.00
				# día /mes		30
		Demanda kW según Ebasco	47.56	kWh mes		9720

\* KW demanda = kWh/ (49,9\*kWh exp 0.154)

*Tabla 8. Cálculo de la demanda del tablero de bombas de agua. [14]*

Total de demanda (kW) = 47.56

Factor de potencia = 0.92

Total de demanda (kWA) = 51.69

Corriente nominal (In) = 135.66

Breaker de protección = 169.57

Se deberá instalar un breaker de protección de 3 polos 175 Amp.

**Tablero de distribución general**

	<b>DEMANDA UNITARIA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>DEMANDA TOTAL POR TIPO</b>
<b>PANEL PD-2</b>	40.86	1	40.86
<b>PANEL PD-1</b>	47.56	1	47.56
Suman:			88.42

Factor de coincidencia = 0.90

Total de demanda (kW) = 79.58

Factor de potencia = 0.92

Total de demanda (kVA) = 86.50

Corriente nominal (In) = 227.00

Breaker de protección = 283.76

Se deberá instalar un transformador trifásico de 112.5 kVA y un tablero de distribución con un breaker principal de 2 polos 300 amperios.

<b>Demanda del Club =</b>	<b>86.50</b>	<b>kVA</b>
Iluminación Publica 58 Lámparas 90W Led =	<b>5.67</b>	<b>kVA</b>
Iluminación Parque 28 Lámparas 30W =	<b>0.91</b>	<b>kVA</b>
SERVICIO GENERAL Y GARITA (2) =	<b>3.00</b>	<b>kVA</b>
<b>TOTAL DEMANDA DE TOTAL =</b>	<b>558.86</b>	<b>kVA</b>

Se estima que la demanda total de las etapas 3 y 4 urbanización Fuentes de Jardines de Parque Magno es de 558.86 kVA.

DETALLE DE DISTRIBUCIÓN DE LOS SOLARES ATENDIDO POR TRANSFORMADOR								
URBANIZACIÓN FUENTES DE JARDINES DE PARQUE MAGNO								
TRANSFORMADORES Y BALANCE DE CARGA INSTALADA								
# TRAFO	# POTENCIA		FASE Y CAPACIDAD EN KVA			SERVICIO	DEPARTAMENTOS	ETAPA
			A	B	C		P/TRANSFOR	
E- 48	50	kVA	16.7	16.7	16.7	Garita, áreas comunales, bomba sistema riego	0	3
E- 25	75	kVA	25.0	25.0	25.0	Torre 1: 6 departamentos Torre 2: 6 departamentos	12	3
E- 26	50	kVA	50.0			Torre 3: 4 departamentos Torre 4: 4 departamentos	8	3
E- 27	50	kVA		50.0		Torre 5: 4 departamento Torre 6: 4 departamentos	8	3
E- 28	37,5	kVA			37.5	Torre 7: 4 departamentos Cancha tennis	4	3
E- 29	50	kVA	50.0			Torre 8: 4 departamentos Torre 9: 4 departamentos	8	3
E- 30	112.5	kVA	37.5	37.5	37.5	Casa club, estaciones bombas de agua	0	3
E- 31	50	kVA		50.0		Torre 10: 4 departamentos Torre 11: 4 departamentos	8	3
E- 32	50	kVA			50,0	Torre 12: 4 departamentos Torre 13: 4 departamentos	8	3
E- 33	50	kVA	50,0			Torre 35: 4 departamentos Torre 36: 4 departamentos	8	3
E- 34	50	kVA		50,0		Torre 34: 4 departamentos Torre 33: 4 departamentos	8	3
E- 35	37.5	kVA			37.5	Torre 32: 4 departamentos	4	3
E- 36	50	kVA	50.0			Torre 38: 4 departamentos Torre 39: 4 departamentos	8	3
E- 37	37.5	kVA		37.5		Torre 37: 4 departamentos Área social	4	3
E- 38	50	kVA			50.0	Torre 14: 4 departamentos Torre 15: 4 departamentos	8	3
E- 39	50	kVA	50.0			Torre 16: 4 departamentos Torre 17: 4 departamentos	8	4
E- 40	75	kVA	25.0	25.0	25.0	Torre 18: 6 departamentos Torre 19: 6 departamentos	12	4
E- 41	75	kVA	25.0	25.0	25.0	Torre 20: 6 departamentos Torre 21: 6 departamentos	12	4
E- 42	75	kVA	25.0	25.0	25.0	Torre 22: 6 departamentos Torre 23: 6 departamentos	12	4
E- 43	75	kVA	25.0	25.0	25.0	Torre 24: 6 departamentos Torre 25: 6 departamentos	12	4
E- 44	75	kVA	25.0	25.0	25.0	Torre 26: 6 departamentos Torre 27: 6 departamentos	12	4
E- 45	75	kVA	25.0	25.0	25.0	Torre 28: 6 departamentos Torre 29: 6 departamentos	12	3
E- 46	75	kVA	25.0	25.0	25.0	Torre 30: 6 departamentos Torre 31: 6 departamentos	12	3
E- 47	30	kVA	10.0	10.0	10.0	Planta de tratamiento	0	3
						Total de departamentos por	<b>188</b>	
<b>SUMAN</b>	<b>1405</b>	<b>KVA</b>	<b>514.2</b>	<b>451.7</b>	<b>439.2</b>	Total transformadores =	24	
						Departamentos por transformador =	<b>7.83</b>	
<b>TOTAL DE KVA INSTALADOS =</b>						<b>1405.0</b>		

Tabla 9. Detalle de distribución de los solares atendido por transformador. [14]

## **5.2 Procesos de simulación.**

En el software de Etap se empleó con el fin de beneficiarse y ser una ayuda autónoma del proyecto de líneas de distribuciones subterráneas que avalan, respaldan y protegen una distribución, abastecimiento eléctrico, eficaz, veraz y seguro con la finalidad de satisfacer y proporcionar el requerimiento energético en el perímetro urbano. Etap propone un apoyo y ofrece un soporte integral que nos autorice modelar y considerar diferentes posturas del sistema eléctrico, desde el proyecto inicial hasta la operación en su tiempo en simultaneo es decir en tiempo real.

El objetivo principal o esencial para el uso de Etap en este entorno son ejecutar y producir simulaciones detalladas y minuciosas que estimen la consistencia y continuidad de las cargas así como el acoplamiento de la seguridad entre otros parámetros delicados del sistema eléctrico en la parte subterránea, lo cual permite y favorece el vínculo de identificación así como la respuesta anticipada de contratiempos que podría suceder tal cual como un soporte eléctrico robusto y resistente a cualquier eventualidad próxima.

Además, el uso de ETAP nos permitió optimizar el diseño de las líneas de distribución subterráneas, minimizando pérdidas de energía, mejorando la eficiencia del sistema y contribuyendo a la sostenibilidad. Al adoptar esta herramienta, se busca no solo cumplir con los estándares técnicos y normativas vigentes, sino también anticiparse a los desafíos futuros, asegurando un suministro eléctrico estable y de calidad para la urbanización Jardines Parque Magno.

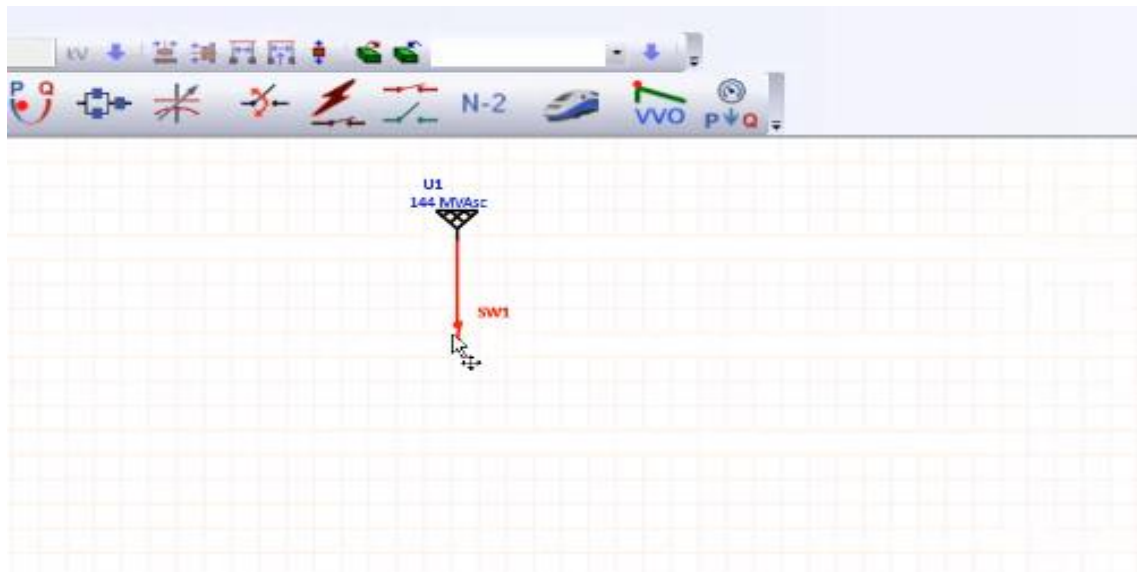


Figura 32. Alimentación principal [14]

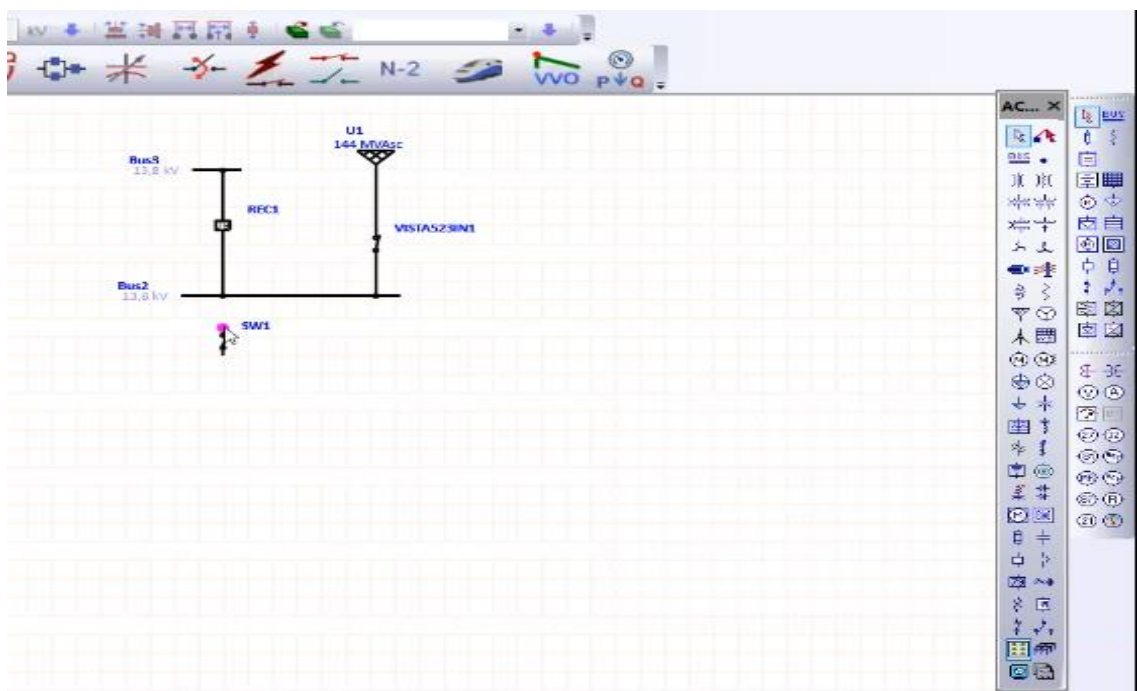


Figura 33. Barra de alimentación 13.8kV [14]

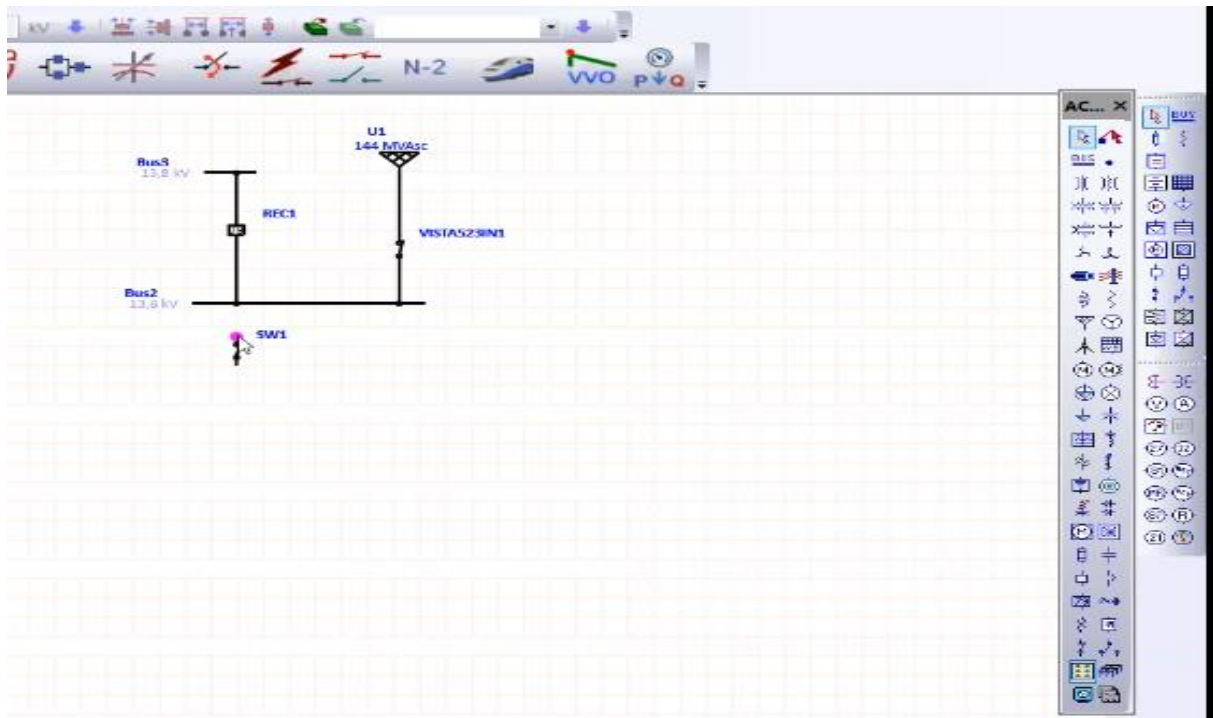


Figura 34. Colocación de switch abierto [14]

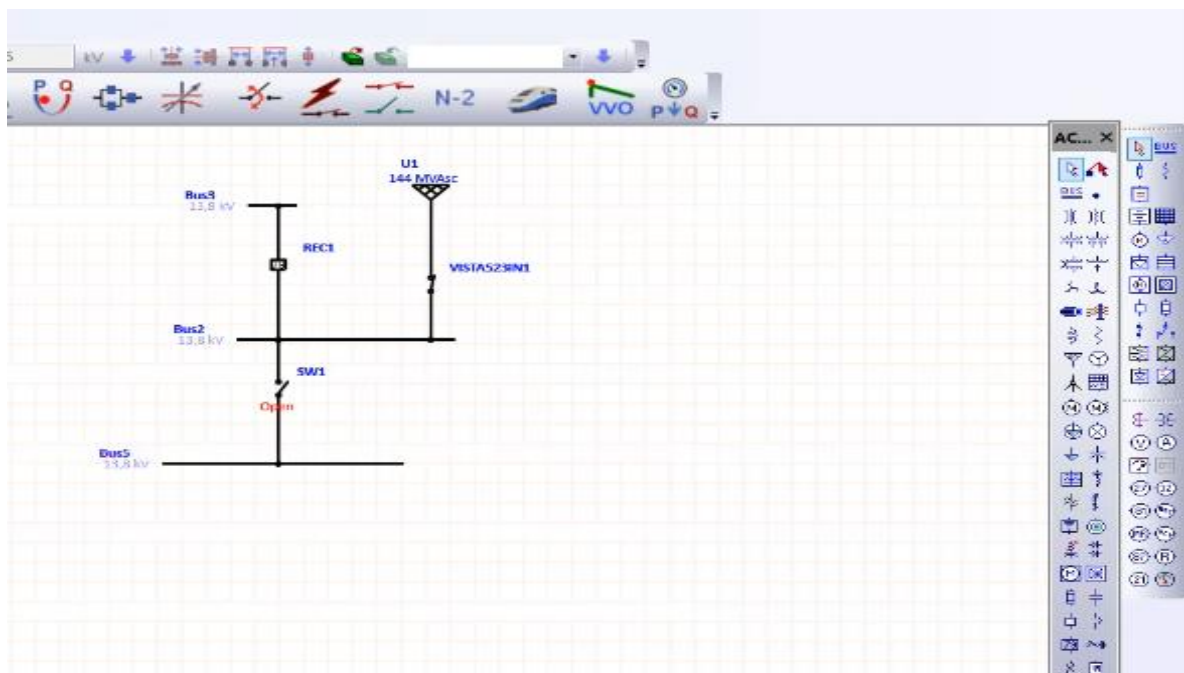


Figura 35. Barra de alimentación 13.8kV protegida por el switch [14]

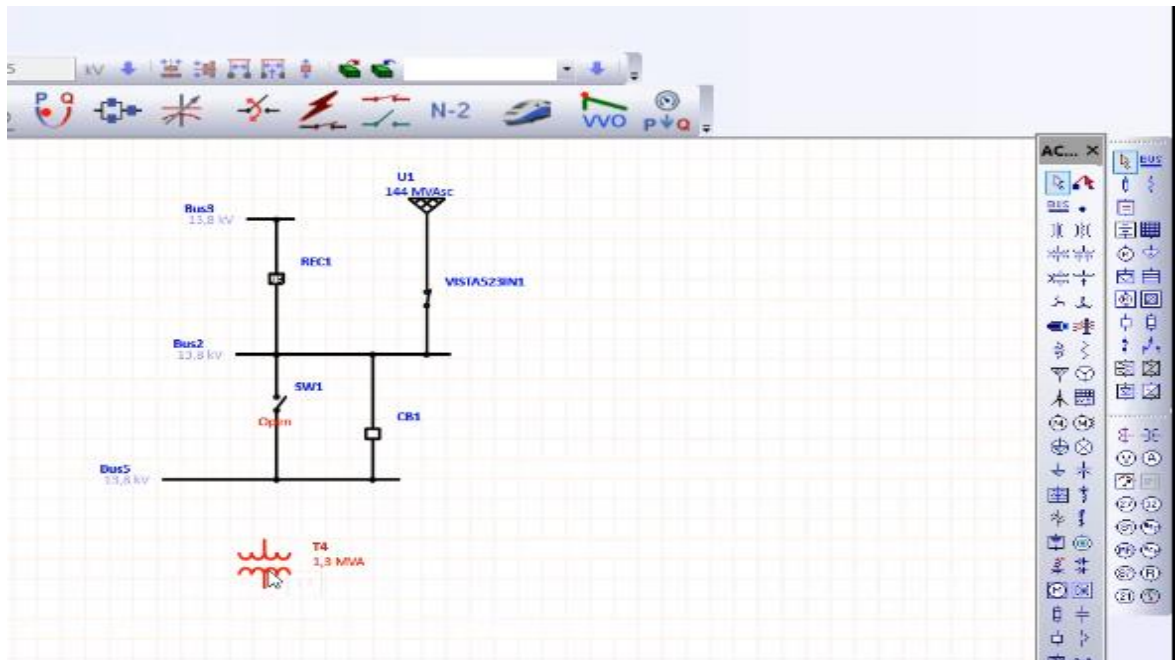


Figura 36. Colocación de transformador de 1.3MVA [14]

2-Winding Transformer Editor - T5

Info Rating Impedance Tap Grounding Sizing Protection Harmonic Reliability Remarks Comment

1.3 MVA ANSI Liquid-Fill OA 65 C 13.8 0.24 kV

Voltage Rating		FLA	Nominal Bus kV
Prim.	13.8 kV	54.39	13.8
Sec.	0.24 kV	3127	

Power Rating

MVA

Rated: 1.3 MVA

Derated: 1.3 MVA

% Derating: 0

Z Base: 1.3 MVA

Alert - Max: 1.3 MVA

Derated MVA

User-Defined

Installation

Altitude: 15 ft

Ambient Temp.: 30 °C

Type / Class

Type	Sub Type	Class	Temp Rise
Liquid-Fill	Mineral Oil	OA	65

MFR: [ ]

T5

OK Cancel

Figura 37. Datos de transformador de 1.3MVA y sus parámetros [14]



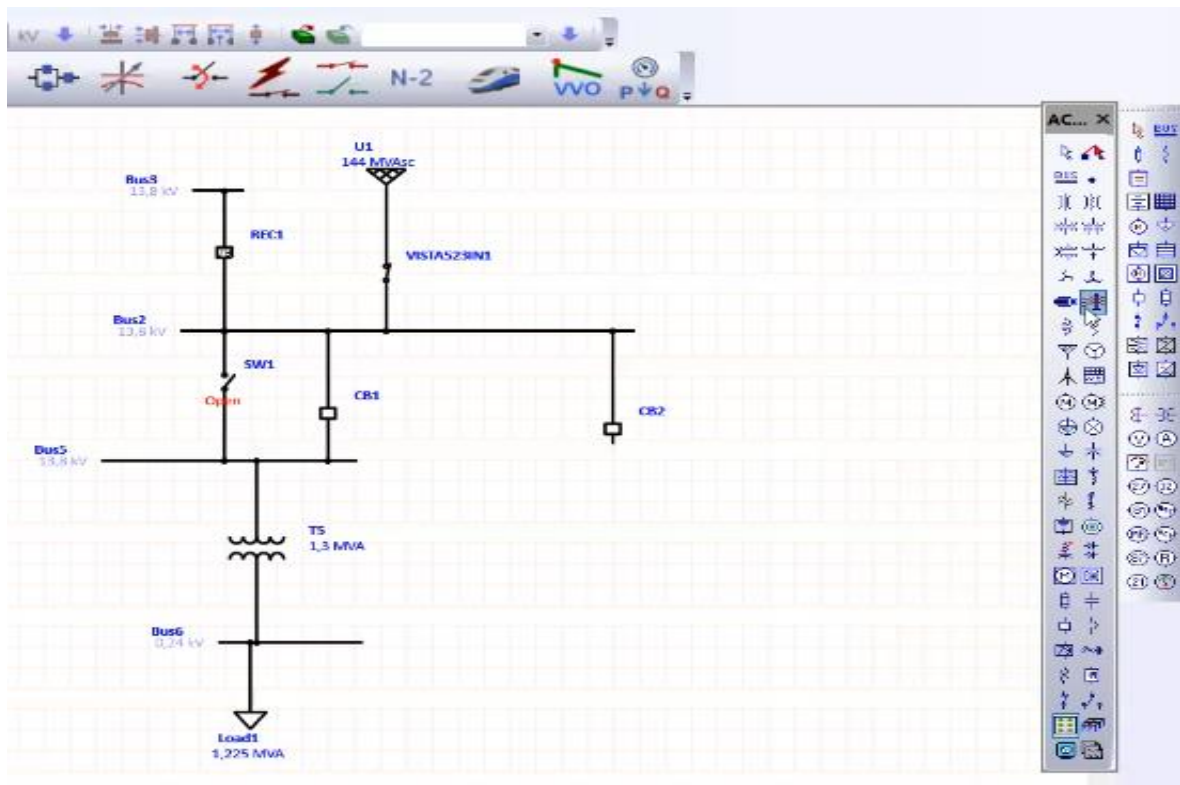


Figura 38. Conexión de barra para secundario de 240V [14]

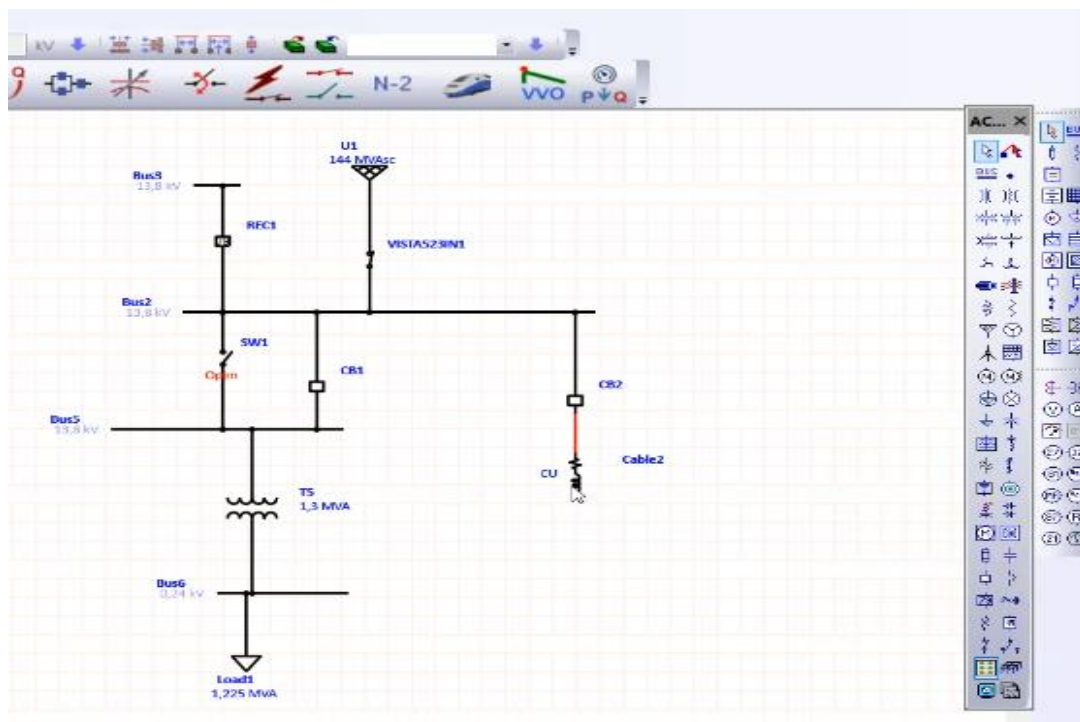


Figura 39. Datos del conductor de alimentación a 15kV [14]





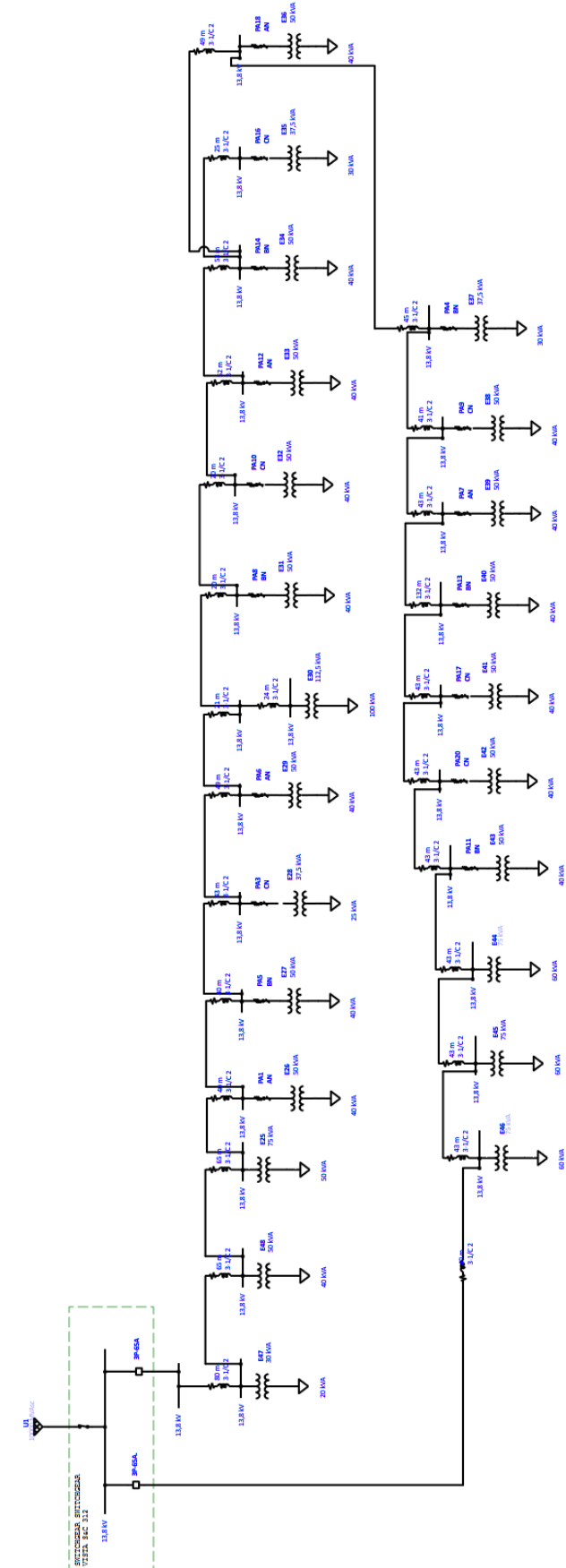


Figura 42. Realización de esquema para simulación. [14]

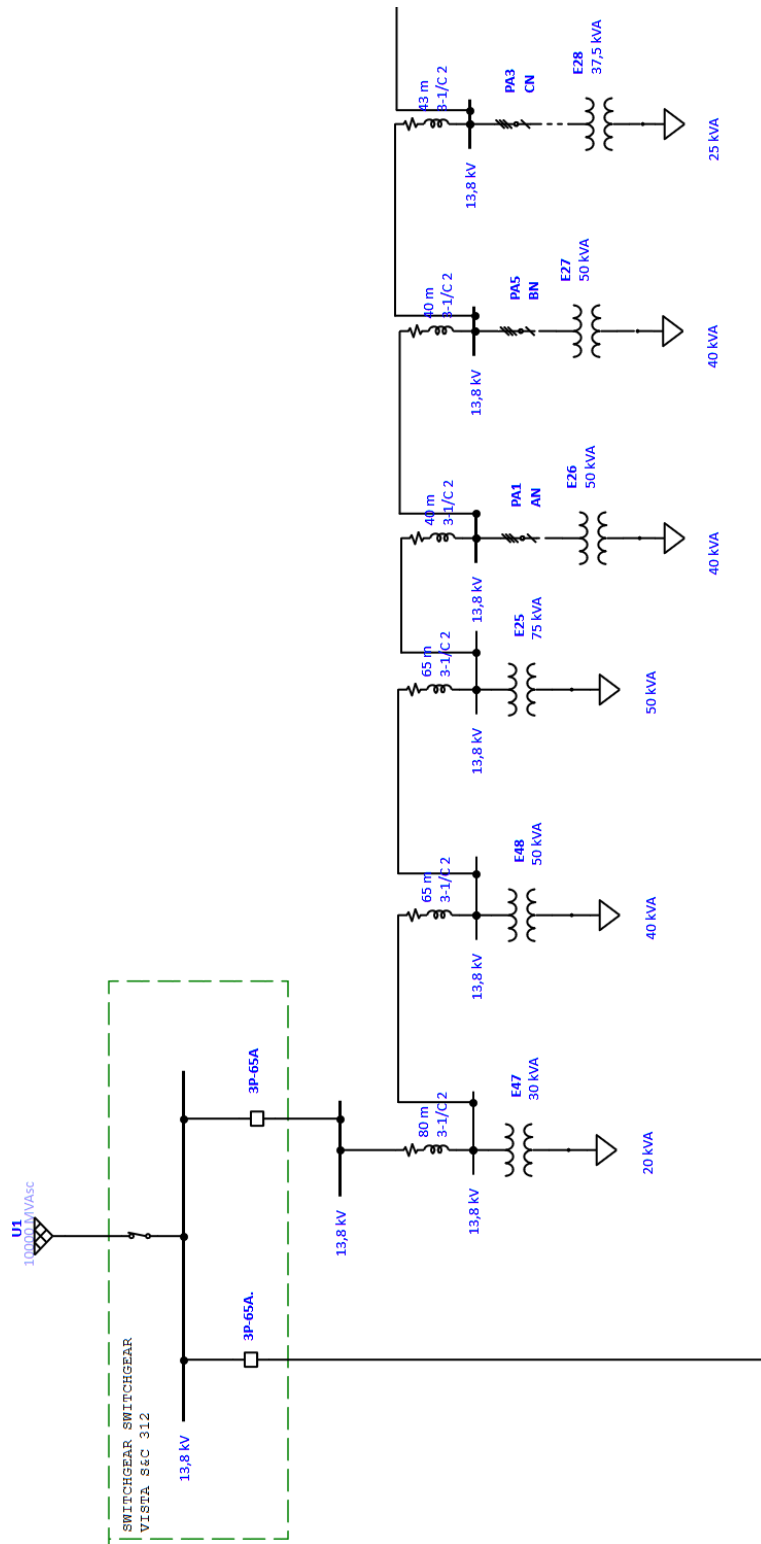


Figura 43. Nombramiento de valores de potencia, protecciones y conductores. [14]

Cable Editor - Cable1

Sizing - Phase	Sizing - GND/PE	Reliability	Routing	Remarks	Comment	
Info	Physical	Impedance	Configuration	Loading	Amcapacity	Protection
AlcatelWire	Non-Mag.	60 Hz	Code : 2			
XLPE	100 %	15 kV	1/C CU	2	AWG/kcmil	

Info

ID: Cable1

From: Bus2 13,8 kV

To: Bus1 13,8 kV

Revision Data: Base

Equipment

Tag #:

Name:

Description:

Condition

Service:  In  Out

State: As-Built

No. of Conductors / Phase: 1

Length

Length: 80 m

Tolerance: 0 %

Library

Link to Library

Connection

3 Phase  1 Phase

OK Cancel

Figura 44. Ingreso de datos para simulación del alimentador. [14]

2-Winding Transformer Editor - E26

Info	Reliability	Impedance	Tap	Grounding	Sizing	Protection	Harmonic
50 kVA ANSI Liquid-Fill Other 65 C						7,967	0,22 kV

Info

ID:

Prim.  7,97 kV

Sec.  0,22 kV

Revision Data

Standard

ANSI  
 IEC

Condition

Service  In  
 Out

State

Equipment

Tag #

Name

Description

Traction Transformer

Connection

3-Phase  
 1-Phase

Secondary CenterTap

Figura 45. Ingreso de datos según normativas para funcionamiento del transformador. [14]

2-Winding Transformer Editor - E26

Reliability		Remarks			Comment		
Info	Rating	Impedance	Tap	Grounding	Sizing	Protection	Harmonic
50 kVA ANSI Liquid-Fill Other 65 C						7,967	0,22 kV
Voltage Rating				Z Base			
	kV	FLA	Nominal Bus kV				
Prim.	7,967	6,276	7,967		kVA		
Sec.	0,22	227,3	0,22		50		
Other 65							
Power Rating				Alert - Max			
kVA				kVA			
Rated	50	Other 65		50			
Derated	50			<input checked="" type="radio"/> Derated kVA <input type="radio"/> User-Defined			
% Derating	0			Installation			
MFR				Altitude			
				10 ft			
				Ambient Temp.			
				30 °C			
Type / Class							
Type	Sub Type		Class		Temp. Rise		
Liquid-Fill	Other		Other		65		

Figura 46. Ingreso de datos de transformador monofásico. [14]

2-Winding Transformer Editor - E48

Reliability		Remarks			Comment		
Info	Rating	Impedance	Tap	Grounding	Sizing	Protection	Harmonic
50 kVA ANSI Liquid-Fill Other 65 C						13,8	0,22 kV
Voltage Rating				Z Base			
	kV	FLA	Nominal Bus kV		kVA		
Prim.	13,8	2,092	13,8		50		
Sec.	0,22	131,2	0,22				
Other 65							
Power Rating				Alert - Max			
kVA				kVA			
Rated	50			50			
Other 65				<input checked="" type="radio"/> Derated kVA <input type="radio"/> User-Defined			
Derated	50			Installation			
% Derating 0				Altitude			
				10 ft			
				Ambient Temp.			
				30 °C			
MFR							
Type / Class							
Type	Sub Type		Class		Temp. Rise		
Liquid-Fill	Other		Other		65		

Figura 47. Ingreso de datos de transformador trifásico. [14]

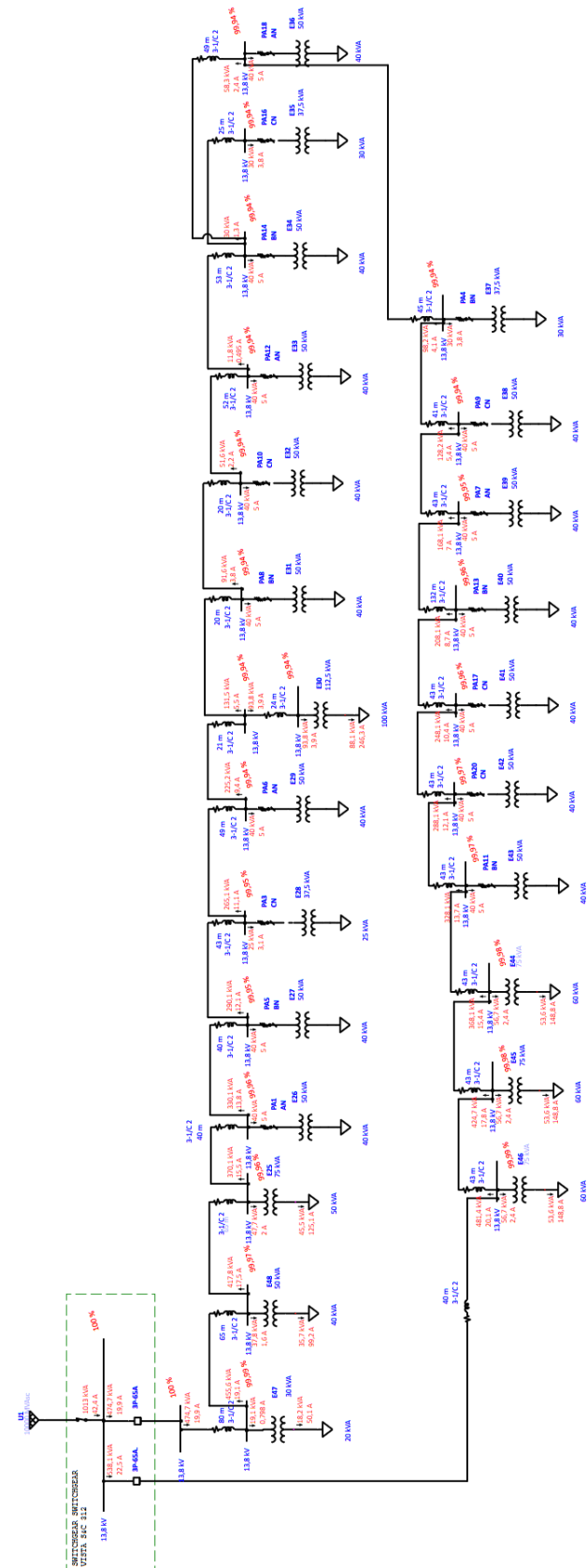


Figura 48. Revisión de esquema para simulación. [14]



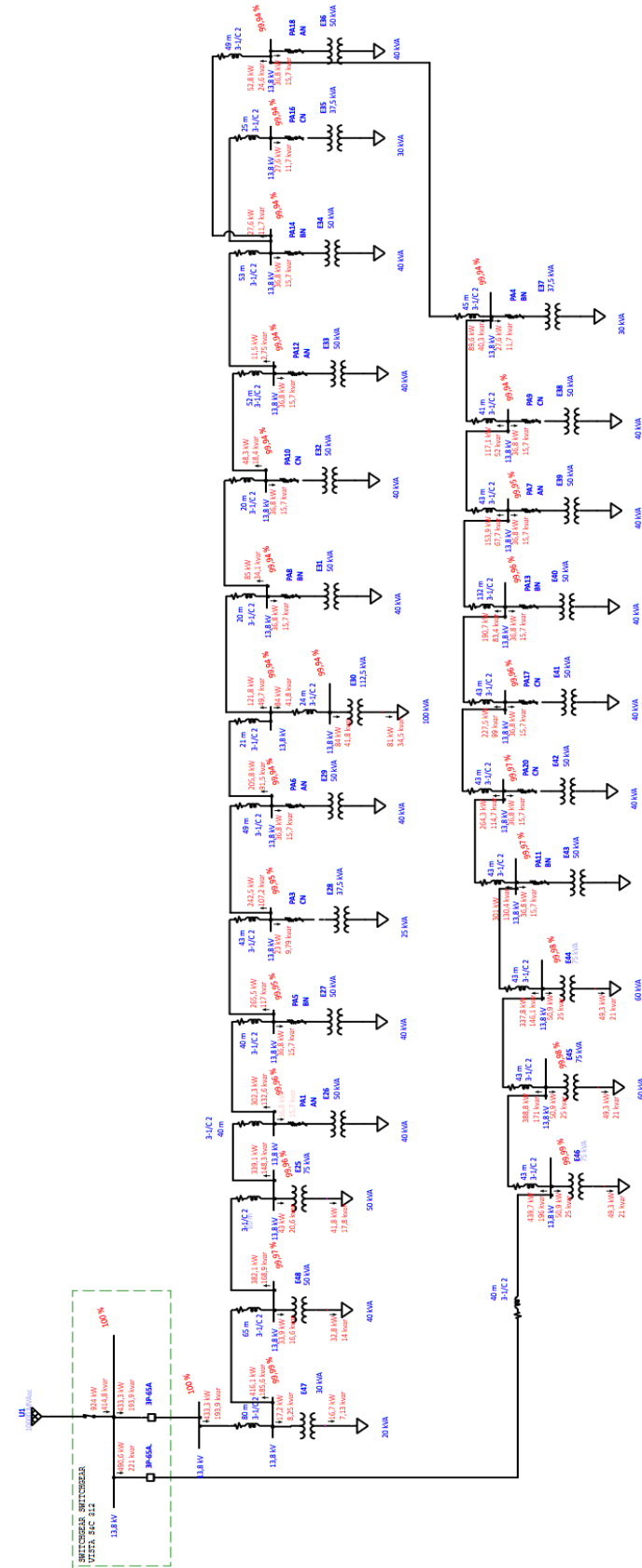


Figura 49. Coordinación de esquema para simulación. [14]

Bus Loading Summary Report

Bus			Directly Connected Load								Total Bus Load		
			Constant kVA		Constant Z		Constant I		Generic		MVA	% PF	Amp
ID	kV	Rated Amp	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar			
Bus1	13.800										0.475	91.3	19.9
Bus2	13.800										0.475	91.3	19.9
Bus3	0.220				0.017	0.007					0.018	92.0	50.1
Bus6	0.220				0.033	0.014					0.036	92.0	99.2
Bus7	13.800										0.456	91.3	19.1
Bus8	13.800				0.028	0.012					0.128	91.4	5.4
Bus9	13.800				0.023	0.010					0.290	91.5	12.1
Bus10	0.220				0.042	0.018					0.045	92.0	125.1
Bus11	13.800										0.418	91.5	17.5
Bus12	13.800				0.037	0.016					0.370	91.6	15.5
Bus15	13.800				0.037	0.016					0.208	91.6	8.7
Bus17	13.800				0.037	0.016					0.168	91.5	7.0
Bus18	13.800				0.037	0.016					0.265	91.5	11.1
Bus20	13.800				0.037	0.016					0.330	91.6	13.8
Bus22	13.800										0.225	91.4	9.4
Bus23	13.800				0.037	0.016					0.368	91.8	15.4
Bus25	0.220			0.000	0.081	0.035					0.088	92.0	246.3
Bus26	13.800										0.094	89.5	3.9
Bus27	13.800				0.037	0.016					0.248	91.7	10.4
Bus29	13.800				0.037	0.016					0.132	92.6	5.5
Bus35	13.800				0.037	0.016					0.288	91.7	12.1
Bus37	13.800				0.037	0.016					0.092	92.8	3.8
Bus39	0.220				0.049	0.021					0.054	92.0	148.8
Bus40	13.800										0.425	91.5	17.8
Bus41	13.800				0.037	0.016					0.052	93.4	2.2
Bus43	13.800				0.037	0.016					0.328	91.8	13.7
Bus45	13.800				0.037	0.016					0.070	92.0	2.9
Bus49	13.800				0.028	0.012					0.030	92.0	1.3
Bus51	0.220				0.049	0.021					0.054	92.0	148.8
Bus52	13.800										0.481	91.3	20.1
Bus53	13.800				0.037	0.016					0.098	91.2	4.1
Bus57	0.220				0.049	0.021					0.054	92.0	148.8
Bus58	13.800										0.538	91.2	22.5
SWITCHGEAR VISTA S&C 312	13.800										1.013	91.2	42.4

\* Indicates operating load of a bus exceeds the bus critical limit (100.0% of the Continuous Ampere rating).  
 # Indicates operating load of a bus exceeds the bus marginal limit (95.0% of the Continuous Ampere rating).

*Figura 50. Análisis de resultados de simulación. [14]*

La utilización del software ETAP en este proyecto se justifica en su capacidad para ofrecer una evaluación integral y detallada del sistema eléctrico, permitiendo una toma de decisiones informada, eficiente y orientada a la máxima eficiencia en el diseño y operación de las líneas de distribución subterráneas para la mencionada urbanización.

## 6. PRUEBAS TERMICAS A CONDUCTORES DE 15KV.

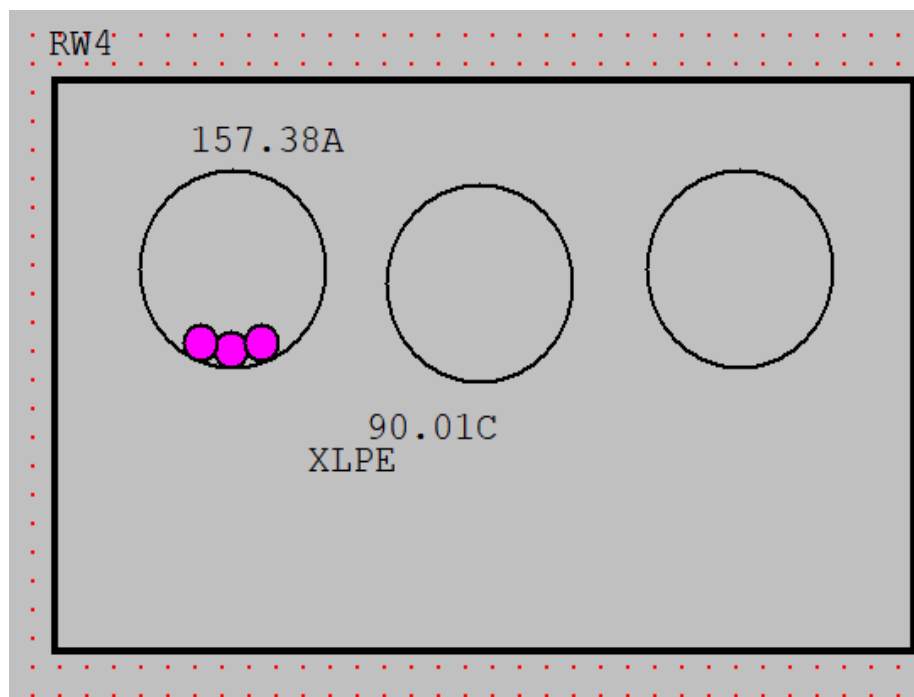
Gracias a una de las herramientas que contiene ETAP, en las pruebas térmicas de las líneas de distribución subterráneas de la urbanización Jardines Parque Magno evaluamos las condiciones de carga y la distribución del calor a lo largo de la red (Véase

en la figura 43). Se utilizó el software para modelar escenarios de carga variables, permitiendo así simular y analizar la respuesta térmica del sistema.

Mediante la implementación de ETAP, se identificó y corrigió posibles puntos críticos de temperatura que podrían afectar la integridad de los conductores y equipos, optimizando así la capacidad de carga y prolongando la vida útil del sistema. Esta herramienta nos proporcionó datos de mucha importancia para la adopción de decisiones en el diseño térmico, asegurando que las líneas de distribución subterráneas cumplan con los estándares de seguridad y rendimiento requeridos para garantizar un suministro eléctrico confiable y sostenible para la urbanización.

Estas pruebas térmicas permitieron evaluar la capacidad de carga en condiciones de carga máxima y analizar la distribución de la temperatura a lo largo de los conductores.

El objetivo principal fue identificar posibles puntos críticos de temperatura que podrían comprometer la integridad del sistema eléctrico y al mismo tiempo, optimizar la selección del calibre de los conductores para evitar el calentamiento excesivo.



*Figura 51. Cables en operación [14]*

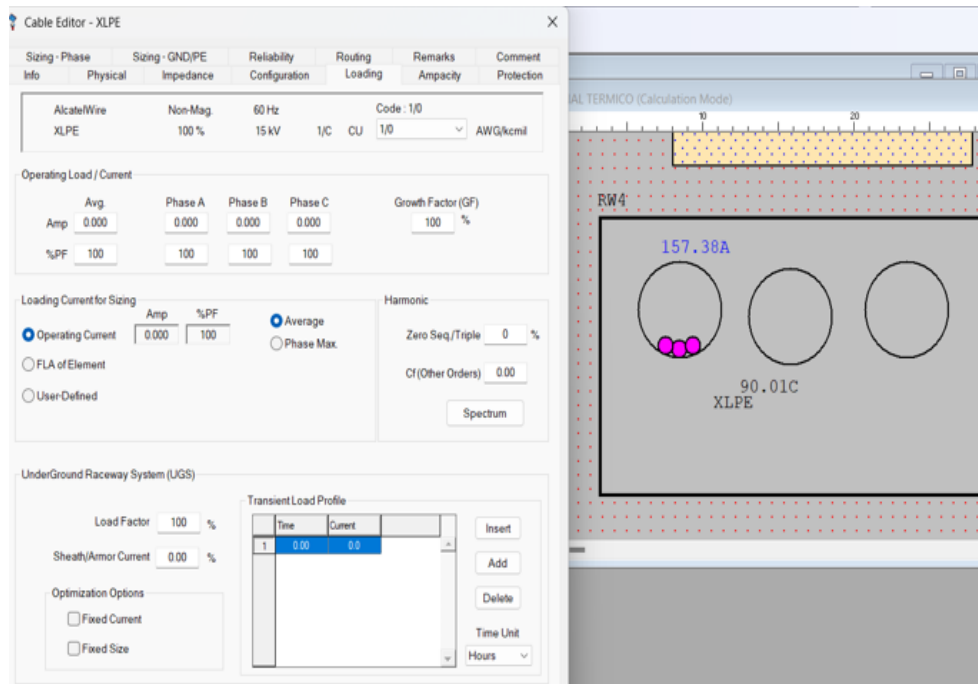


Figura 52. Datos de carga [14]

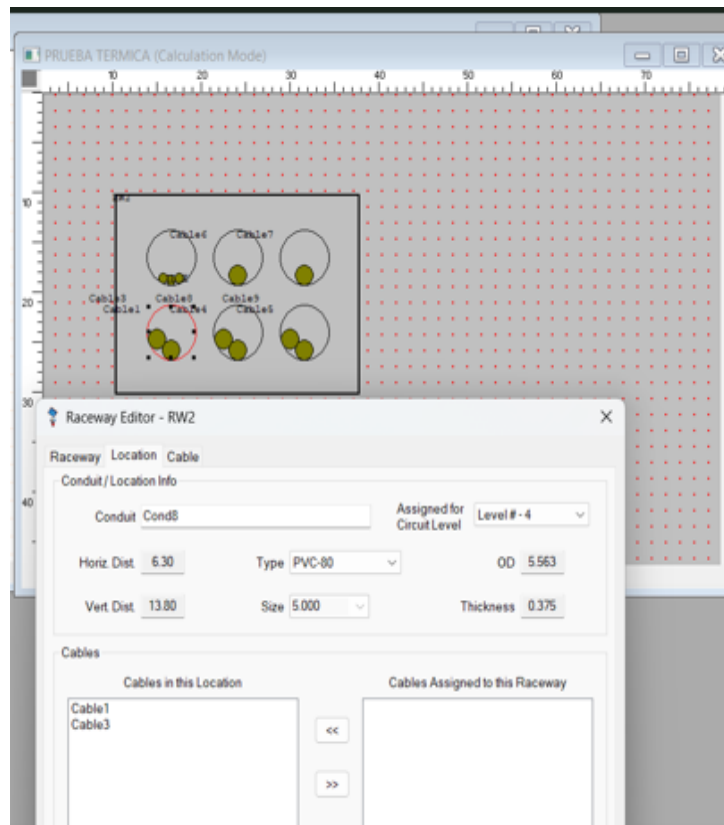


Figura 53. Mediante la simulación de flujo de carga, se puede considerar los datos para la prueba térmica [14]

AlcateWire		Non-Mag.	60 Hz	Code : 1/0						
XLPE		100 %	15 kV	1/C	CU	1/0	AWG/kcmil			

Cable	Conductor	No. of Cond.	Size	Type	R	X	Insulation	
Main	Phase	3	1/0	CU	0.12770	0.04600	XLPE	AlcateWi
Main	<input type="checkbox"/> Neutral	▲▼						
Main	<input type="checkbox"/> Protective	▲▼						
Main	<input type="checkbox"/> Armor							
Main	<input type="checkbox"/> Sheath							
Aux	<input type="checkbox"/> Neutral	▲▼	▼	▼			▼	
Aux	<input type="checkbox"/> Protective	▲▼	▼	▼			▼	

Figura 54. Datos de los conductores para simulación en Etap 21[14]

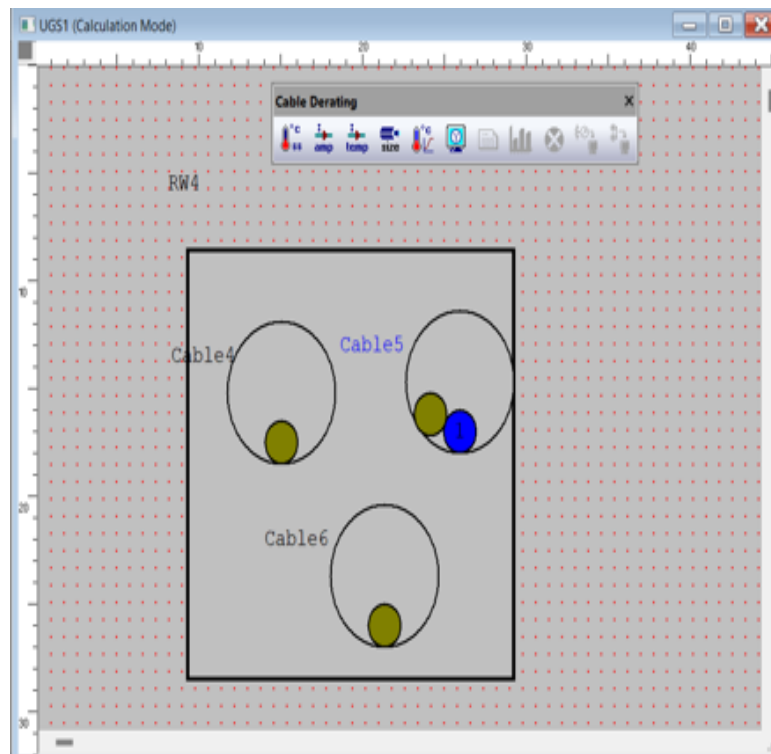


Figura 55. Inicio de simulación en Etap 21 [14]

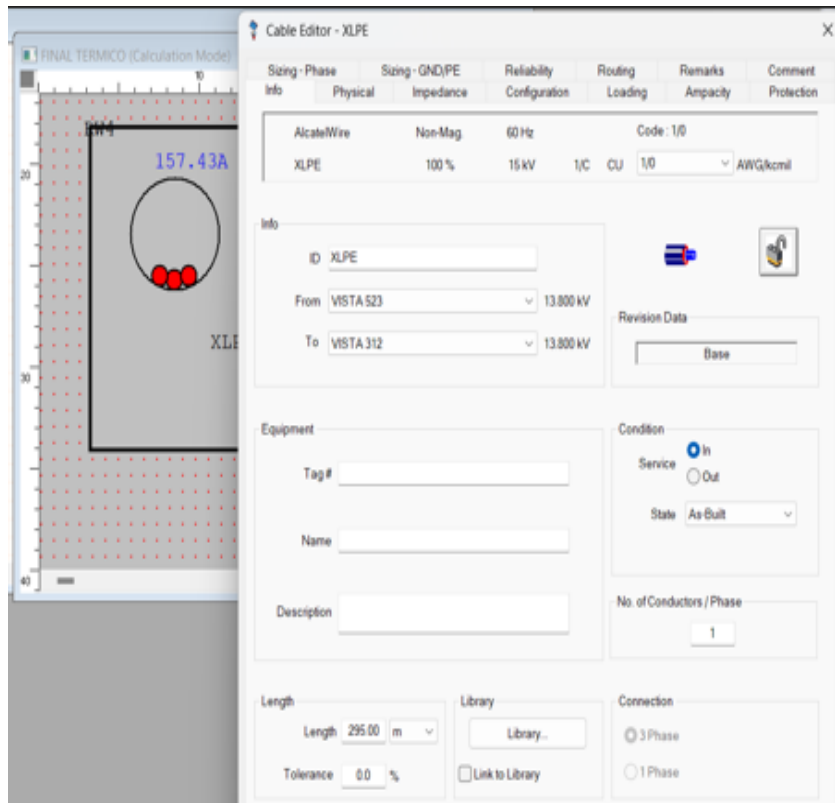


Figura 56. Ventana de configuración de conductores [14]

Project:	<b>ETAP</b>	Page:	1
Location:	19.0.1C	Date:	01-25-2024
Contract:		SN:	
Engineer:		Revision:	Base
Filename:	TRABAJO1	Study:	Uniform Ampacity
	Study Case: CD		

**Cable Data:**

ID	Size	Rated kV	Current Amp	Individual Growth Factor %	Load Factor %	Conductor			Insulation			
						No.	Type	Phase	Construction	Type	Thickness	Thermal R
ID	Status	Shielding			Sheath Type	Armor Type	End Connection*	Jacket		Rdc @ 25°C	Outside Diameter	
		Type	Thickness	Type				Type	Thickness			

\* End Connection is flagged as "Grounded" if any of the metallic layers (Shield/Sheath/Armor) is grounded at both ends.

Figura 57. Datos de pruebas térmicas [14]

La utilización de ETAP en estas pruebas térmicas proporcionó información crucial para tomar decisiones informadas sobre el dimensionamiento de los conductores y garantizará que las líneas de distribución subterráneas cumplan con los estándares de seguridad, eficiencia y confiabilidad necesarios para el suministro eléctrico sostenible de la urbanización Jardines Parque Magno.

## **7. RESULTADOS DEL PROYECTO.**

El trabajo de titulación sobre el diseño de líneas de distribución subterráneas en media tensión para un conjunto residencial en el Cantón Samborondón ha culminado con buenos resultados, otorgando resultados significativos y aportaciones valiosas al campo de la ingeniería eléctrica.

Los resultados obtenidos a través de un enfoque integral que combina análisis teóricos, herramientas de simulación y software especializado, respaldan la viabilidad y eficacia del diseño de líneas de distribución subterráneas en media tensión para el conjunto residencial del Cantón Samborondón. Posteriormente, se puntualizan los principales aciertos y conclusiones obtenidos a lo largo de la investigación:

### **12.1 Optimización del Diseño Eléctrico.**

Se logró un diseño eléctrico eficiente y optimizado para las líneas de distribución subterráneas en media tensión, garantizando una adecuada capacidad de carga y distribución equitativa de la energía eléctrica dentro del conjunto residencial.

### **12.2 Análisis de Carga y Demandas.**

Se realizaron estudios de carga y demanda para el conjunto residencial del Cantón Samborondón. Los resultados detallan las variaciones estacionales y diarias, proporcionando una comprensión precisa de los requerimientos eléctricos del conjunto residencial.

### **12.3 Selección de Equipamiento y Materiales.**

A través de cálculos detallados y normativas aplicadas, se determinaron los equipos y materiales más adecuados para garantizar la eficiencia y confiabilidad del sistema eléctrico subterráneo en media tensión. Se consideraron aspectos como la capacidad de carga, la resistencia mecánica y la durabilidad.

### **12.4 Simulaciones y Pruebas Térmica.**

Mediante el software ETAP, se desarrollaron simulaciones detalladas para evaluar la estabilidad del sistema eléctrico, la coordinación de protecciones y la respuesta a eventos anormales. Los resultados de estas pruebas aseguran una operación segura y eficiente bajo diversas condiciones operativas y de contingencia.

Se realizaron pruebas térmicas utilizando ETAP para analizar el comportamiento térmico de las líneas subterráneas bajo diversas condiciones de carga y climáticas. Esto garantiza que el sistema no solo cumpla con las normativas de seguridad, sino que también tenga una vida útil prolongada y un rendimiento óptimo.

### **12.5 Integración de Diseño en AutoCAD.**

La integración del diseño eléctrico en AutoCAD permitió una representación visual precisa y detallada de la distribución subterránea. Se generaron planos actualizados y fácilmente comprensibles que servirán como referencia para la implementación y mantenimiento del sistema. Se realizó un modelado en 2D preciso de la distribución subterránea, permitiendo una visualización detallada de la infraestructura eléctrica.

### **12.6 Eficiencia Energética y Sostenibilidad.**

Se realizaron análisis de eficiencia energética para minimizar las pérdidas en el sistema, contribuyendo a la sostenibilidad y reducción del impacto ambiental. Se



implementaron medidas para optimizar la utilización de la energía y reducir los costos operativos a lo largo del tiempo.

### **12.7 Normativas y Cumplimiento Regulatorio.**

El diseño y las simulaciones fueron rigurosamente valorados en relación con las normativas del Ministerio de Energía Y Minas (MEER) y regulaciones del Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL). Los resultados demuestran el cumplimiento total con los estándares requeridos, garantizando la seguridad y calidad del suministro eléctrico.

Se verificó y aseguró el cumplimiento de todas las normativas y regulaciones locales para sistemas de distribución eléctrica subterránea en media tensión. Esto garantiza la seguridad, confiabilidad y sostenibilidad a largo plazo del sistema.

## CONCLUSIONES

- El análisis topográfico nos permitió tener un mejor diseño de las líneas soterradas, para no ser interceptados por los ductos de aguas lluvias, y ductos de comunicación.
- Todos los materiales y equipos utilizados para las acometidas soterradas son homologados por el ARCONEL.
- Con el análisis de las redes de distribución eléctricas aéreas se pudo determinar que tiene más confiabilidad una acometida soterrada, menos caída de tensión.
- Hicimos un análisis de costos para la selección de materiales que sean homologados por el ARCONEL.
- El uso de programas como Etap permitió comprobar los cálculos de dimensionamiento de conductores, el software AutoCAD facilitó los dibujos de trayectoria de cables, ubicaciones de equipos y punto de conexión para abonados.
- Para el estudio de sistemas eléctricos de distribución es óptimo realizar simulaciones y ejecuciones de proyectos en software que nos ayudan en campo real ejecutar acciones conforme a como se va a realizar en acción física su ejecución.
- Finalmente, el diseño de redes de distribución es de amplio beneficio, considerado las adecuadas normas, regulaciones y criterios profesionales, así como las diversas y correctas ubicaciones de los equipos que no afecten la tranquilidad y vida de los habitantes.

## RECOMENDACIONES

- Es importante que tanto el promotor como el diseñador consideren las áreas verdes de las urbanizaciones para la ubicación de los transformadores, conductores o equipos de interrupción, para no invadir los espacios de los que habitan y visitan las urbanizaciones.
- Es importante que el constructor conecte a tierra todos los quipos de media tensión para impedir cualquier corriente de fuga, descargas eléctricas o posible energización del equipo.
- Para culminar se recomienda regirse por las normas actualizadas del ente regulador de electricidad en este caso CNEL EP Unidad de Negocios Guayas Los Ríos.

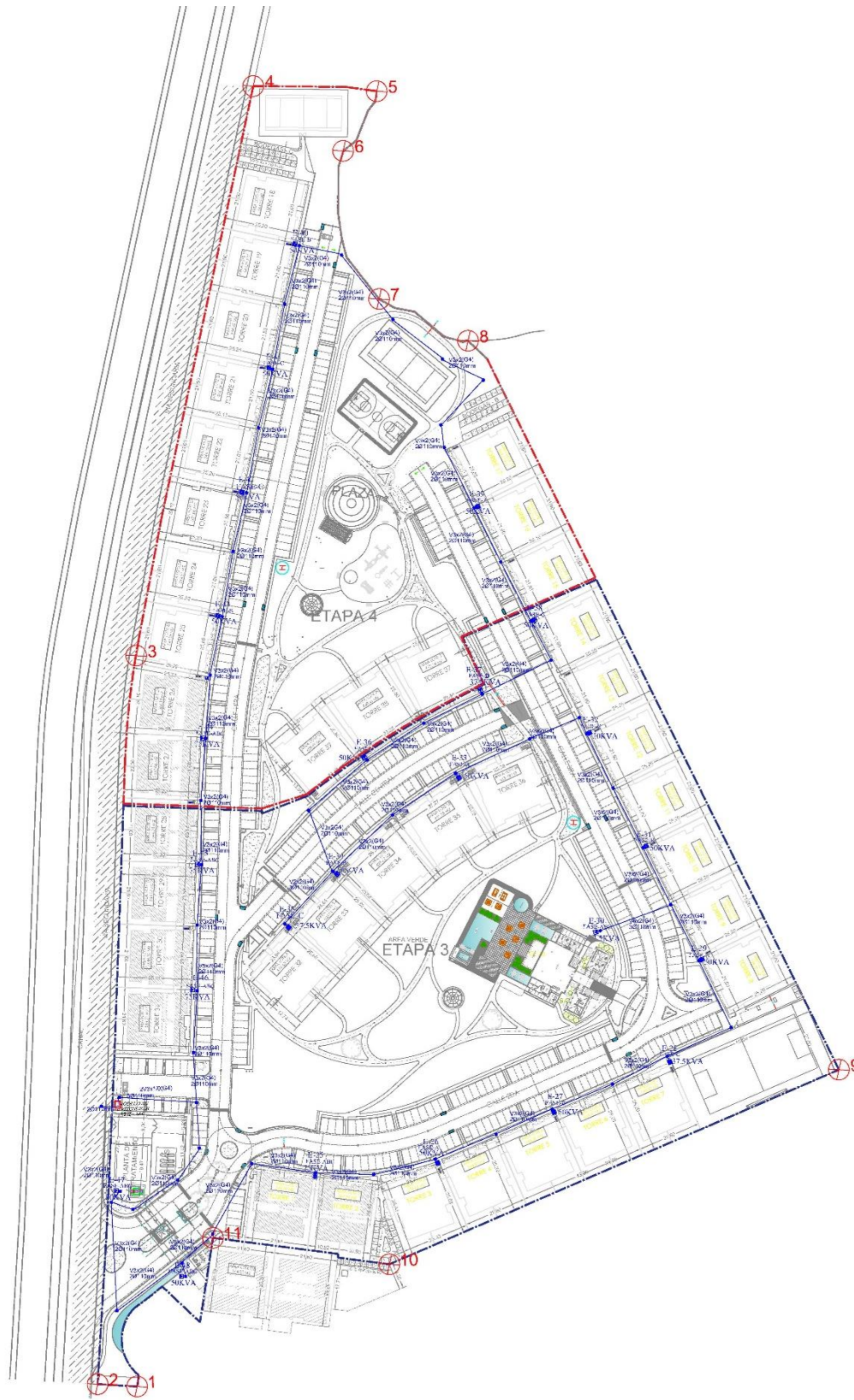
## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] D. H. Avilés Martínez y R. I. Rodríguez Jijón, “Diseño para la conversión a un sistema subterráneo de la red de distribución de energía eléctrica en el sector del Campus Centenario de la Universidad Politécnica Salesiana”, 2017.
- [2] K. D. Anchatuña Maigua, “DISEÑO DE LA RED ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA EN MEDIO Y BAJO VOLTAJE DEL BARRIO ELOY ALFARO”, 2022.
- [3] Á. J. Caiza Inte y B. L. Pilco Diaz, “Evaluación de la red eléctrica subterránea en media y baja tensión del sistema de transformación para el alumbrado público de la ‘Urbanización Consorcio habitacional Colinas del Sur’ localizado en el Cantón Salcedo”, 2022.
- [4] J. A. Bravo Contreras y Á. R. Ochoa Álava, “Diseño de redes eléctricas en medio voltaje, bajo voltaje y alumbrado público para urbanizaciones.”, 2022.
- [5] Google, “Google Maps”. Consultado: el 16 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://maps.app.goo.gl/YtLaTxUYN1hFSBpAA>
- [6] Probaquerizo, “Jardines Parque Magno”. Consultado: el 16 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://jardinesparquemagno.com/images/galeria/pm/2.jpg>
- [7] CNEL EP, “Geoportal CNEL EP”. Consultado: el 16 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://geoportal.cnelep.gob.ec/cnel/>
- [8] CENACE, “Rendición de cuentas 2018”, 2019.
- [9] C. F. Zúñiga Salinas, “Instalación de redes subterráneas en baja y media tensión aplicadas en una urbanización”, 2023.
- [10] MAC Representaciones S.C.C., “Herrajes Eléctricos”. Consultado: el 27 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://macrepresentaciones.com/categoria-producto/herrajes-electricos/>
- [11] J. D. Juárez Cervantes, “Sistemas de distribución de energía eléctrica”, 1995.
- [12] Consorcio de ingeniería eléctrica, “Línea subterránea de alta tensión.” Consultado: el 16 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.facebook.com/100083094409251/posts/611165009784869/>
- [13] Revista Seguridad 360, “¿Cuáles son las partes de un cable?” Consultado: el 16 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://revistaseguridad360.com/noticias/partes-de-un-cable/>
- [14] J. A. Vargas Castro y C. A. Pezo Fuerte, “Autores”, Universidad Politécnica Salesiana, 2024.
- [15] E. Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil, “NATSIM”, 2012.
- [16] Daniel Fajardo Torres, “Revisión a las distancias entre cajas de helado”. Consultado: el 16 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.linkedin.com/pulse/revisi%C3%B3n-las-distancias-entre-cajas-de-halado-daniel-fajardo-torres>

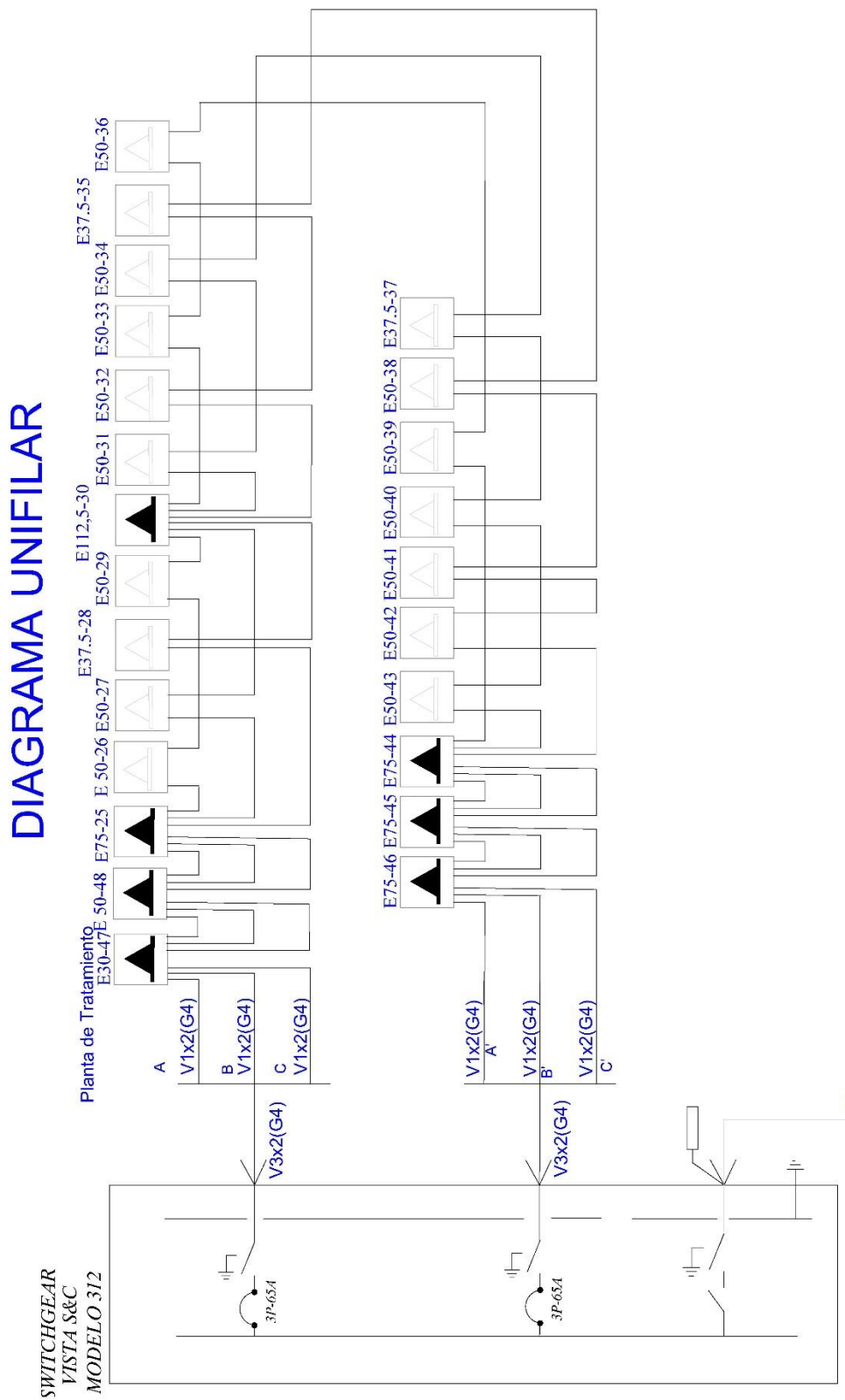
- [17] S&C ELECTRIC COMPANY, “Interruptor de distribución subterránea Vista® y Vista® SD”. Consultado: el 27 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.sandc.com/es/productos-y-servicios/productos/interruptor-de-distribucion-subterranea-vista-vistagreen-y-vistasd-para-ci/#Construccinydiseo>
- [18] S&C ELECTRIC COMPANY, “S&C Vista ® Underground Distribution Switchgear”, 2004.
- [19] Chardon Group, “Boquilla Tipo Pozo 15, 25, 28 kV, 35 kV 200A”. Consultado: el 16 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.chardongroup.com/products/boquilla-tipo-pozo-15-25-28-kv-35-kv-200a/>
- [20] ©S&C Electric Company, “Interruptor de Distribución Subterránea Vista ® SD”, 2022.
- [21] PROELCO, “Codo Terminal Tipo ‘T’ De 600 Amp 15 KV”. Consultado: el 16 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://proelco.com.co/producto/codo-terminal-tipo-t-de-600-amp-15-kv-elastimold/>
- [22] INELDEC, “Cable XLPE Monopolar 2/0 AWG 15-35 KV”. Consultado: el 16 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://ineldec.com/producto/cable-xlpe-15kv-monopolar-2-0-awg/>
- [23] INATRA Transformadores, “Transformador Monofásico Tipo Pedestal O Padmounted”. Consultado: el 7 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://inatra.com/transformador/monofasico-padmounted/>
- [24] INATRA Transformadores, “Transformador Trifásico Tipo Pedestal O Padmounted”. Consultado: el 7 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://inatra.com/transformador/trifasico-padmounted/>
- [25] Directorios Industriales, “Transformadores tipo pedestal trifásico”. Consultado: el 16 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://dirind.com/pro/transformadores\\_tipo\\_pedestal\\_trifasico.html](https://dirind.com/pro/transformadores_tipo_pedestal_trifasico.html)
- [26] E. F. Morocho Sinchiguano, “Diseño de una red de distribución en media y baja tensión, para las comunidades: Rumipamba, Atacapi, Lumucha, Canoa Yacu y 10 de Agosto en la provincia de Orellana.”, 2022.
- [27] Redes de distribución, “Topología de las redes de distribución”. Consultado: el 20 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://distribucion.webnode.com.co/topologias-de-las-redes-de-distribucion/>
- [28] Autodesk, “AutoCAD”. Consultado: el 18 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.autodesk.mx/products/autocad/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>
- [29] Silvstech S.A., “Software Etap”. Consultado: el 16 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.silvatech.com.ec/software-etap.html>

### ANEXOS.

#### Anexo 1. Mapeo de las redes en media tensión en AutoCAD.



## Anexo 2. Diagrama unifilar en media tensión.



### Anexo 3. Cronograma de actividades en Microsoft Project.

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Nombres de los recursos	% completado
1		<b>Diseño de líneas de distribución subterráneas en media tensión para conjunto residencial del cantón Samboadón.</b>	<b>139 días</b>	<b>Jun 19/6/23</b>	<b>Jun 28/12/23</b>		JVARGAS;CPEZO	99%
2		INICIO	0 días	Jun 19/6/23	Jun 19/6/23			0%
3		<b>Inicio del Proyecto y Planificación.</b>	<b>11 días</b>	<b>Jun 19/6/23</b>	<b>Jun 3/7/23</b>		CPEZO;JVARGAS	100%
4		Definir el alcance del proyecto y los objetivos específicos.	3 días	Jun 19/6/23	mié 21/6/23	2	CPEZO;JVARGAS	100%
5		Identificar los recursos necesarios, incluyendo personal, materiales y equipo.	4 días	Jue 22/6/23	Mar 27/6/23	4	CPEZO;JVARGAS	100%
6		Crear el equipo de proyecto y asignar responsabilidades.	3 días	mié 28/6/23	vie 30/6/23	5	JVARGAS;CPEZO	100%
7		Desarrollar un plan de proyecto detallado.	1 día	Jun 3/7/23	Jun 3/7/23	6	CPEZO;JVARGAS	100%
8		<b>Investigación y análisis de requisitos.</b>	<b>20 días</b>	<b>Mar 4/7/23</b>	<b>Jun 31/7/23</b>		CPEZO;JVARGAS	100%
9		Realizar un estudio de las necesidades energéticas del conjunto residencial.	7 días	Mar 4/7/23	mié 12/7/23	7	CPEZO;JVARGAS	100%
10		Evaluar los requisitos de carga y demanda eléctrica.	5 días	Jue 13/7/23	mié 19/7/23	9	CPEZO;JVARGAS	100%
11		Analizar la topografía y condiciones del terreno para determinar la mejor ubicación de las líneas subterráneas.	8 días	Jue 20/7/23	Jun 31/7/23	10	CPEZO;JVARGAS	100%
12		<b>Diseño técnico.</b>	<b>10 días</b>	<b>Mar 1/8/23</b>	<b>Jun 14/8/23</b>		CPEZO;JVARGAS	100%
13		Diseñar el trazado de las líneas de distribución subterráneas.	2 días	Mar 1/8/23	mié 2/8/23	11	CPEZO;JVARGAS	100%
14		Seleccionar los componentes y equipos adecuados, como cables, transformadores y dispositivos de protección.	2 días	Jue 3/8/23	vie 4/8/23	13	CPEZO;JVARGAS	100%
15		Elaborar los planos técnicos y especificaciones del diseño.	6 días	Jun 7/8/23	Jun 14/8/23	14	CPEZO;JVARGAS	100%
16		<b>Obtención de permisos y aprobaciones.</b>	<b>30 días</b>	<b>Mar 15/8/23</b>	<b>Jun 25/9/23</b>		CPEZO;JVARGAS	100%
17		Coordinar con las autoridades locales para obtener los permisos y aprobaciones necesarios.	10 días	Mar 15/8/23	Jun 28/8/23	15	CPEZO;JVARGAS	100%
18		Presentar los planos y documentos técnicos para la revisión y aprobación.	20 días	Mar 29/8/23	Jun 25/9/23	17	CPEZO;JVARGAS	100%
19		<b>Adquisición de materiales y equipos.</b>	<b>10 días</b>	<b>Mar 26/9/23</b>	<b>Jun 9/10/23</b>		CPEZO;JVARGAS	100%
20		Identificar y adquirir los materiales y equipos requeridos para la instalación de las líneas subterráneas.	10 días	Mar 26/9/23	Jun 9/10/23	18	CPEZO;JVARGAS	100%
21		<b>Instalación y construcción.</b>	<b>48 días</b>	<b>Mar 10/10/23</b>	<b>Jue 14/12/23</b>		CPEZO;JVARGAS	100%
22		Preparar el terreno y realizar las excavaciones necesarias para instalación de tuberías y relleno.	25 días	Mar 10/10/23	Jun 13/11/23	20	CPEZO;JVARGAS	100%
23		Instalar los cables, transformadores y otros componentes según el diseño.	10 días	Mar 14/11/23	Jun 27/11/23	22	CPEZO;JVARGAS	100%
24		Realizar las conexiones y pruebas de funcionamiento.	15 días	Vie 24/11/23	Jue 14/12/23		CPEZO;JVARGAS	100%
25		<b>Pruebas y verificación.</b>	<b>5 días</b>	<b>Vie 15/12/23</b>	<b>Jue 21/12/23</b>		CPEZO;JVARGAS	100%
26		Realizar pruebas de carga y calidad de energía en las líneas subterráneas instaladas.	2 días	Vie 15/12/23	Jun 18/12/23	24	CPEZO;JVARGAS	100%
27		Verificar que el conjunto residencial reciba energía eléctrica de manera confiable y eficiente.	3 días	Mar 19/12/23	Jue 21/12/23	26	CPEZO;JVARGAS	100%
28		<b>Entrega y cierre del proyecto.</b>	<b>5 días</b>	<b>Vie 22/12/23</b>	<b>Jue 28/12/23</b>		CPEZO;JVARGAS	100%
29		Capacitar al personal del conjunto residencial sobre el funcionamiento y mantenimiento de las nuevas instalaciones.	3 días	Vie 22/12/23	Mar 26/12/23	27	CPEZO;JVARGAS	100%
30		Documentar y entregar todos los documentos relacionados con el proyecto.	1 día	mié 27/12/23	mié 27/12/23	29	CPEZO;JVARGAS	100%
31		Evaluar el éxito del proyecto y recopilar lecciones aprendidas.	1 día	Jue 28/12/23	Jue 28/12/23	30	CPEZO;JVARGAS	100%
32		FIN	0 días	Jue 28/12/23	Jue 28/12/23	31		0%

Tarea  
 División  
 Hito  
 Resumen  
 Resumen del proyecto  
 Tarea inactiva  
 Hito inactivo

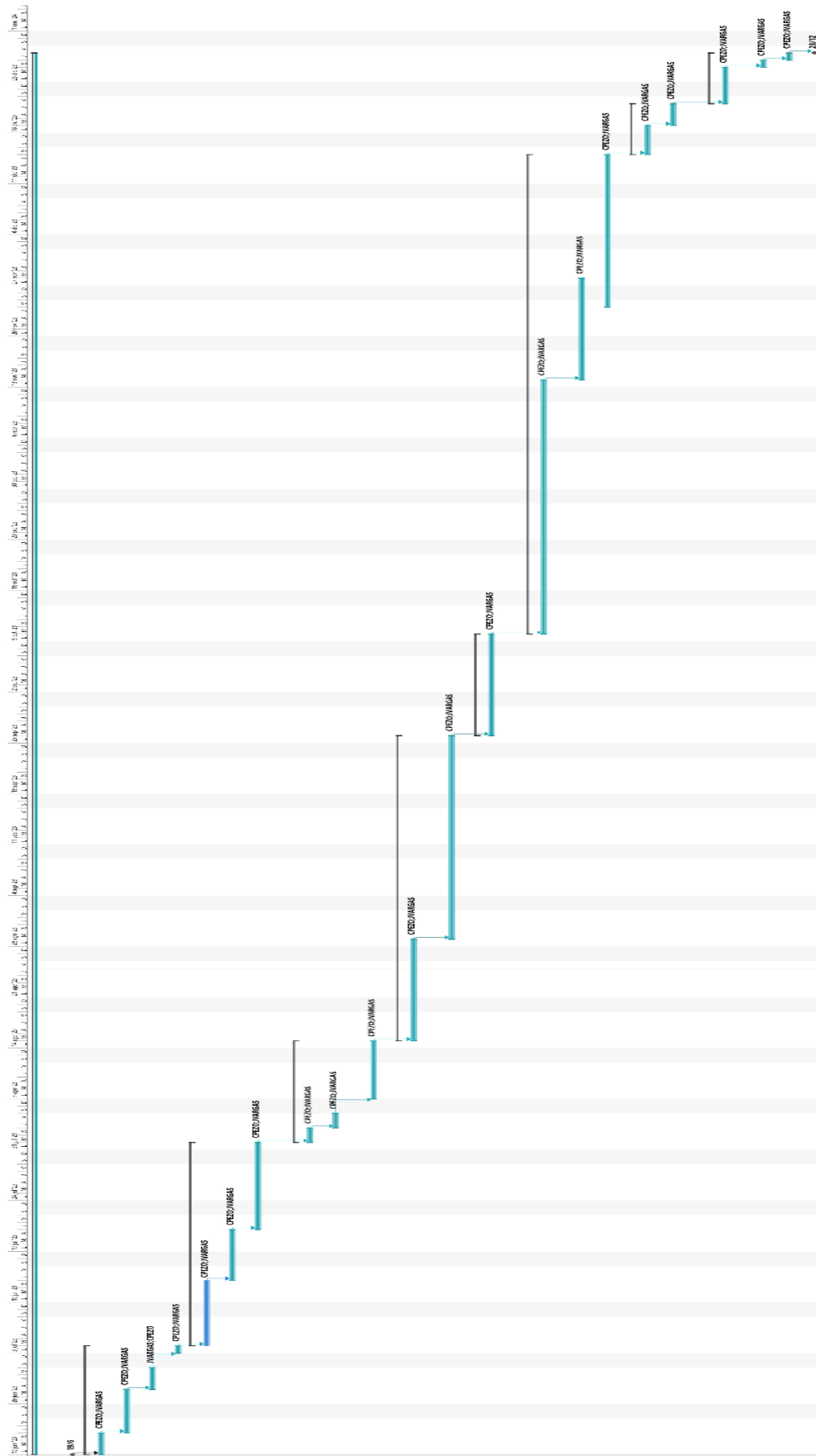
Resumen inactivo  
 Tarea manual  
 solo duración  
 Informe de resumen manual  
 Resumen manual  
 solo el comienzo  
 solo fin

Tareas externas  
 Hito externo  
 Fecha límite  
 Progreso  
 Progreso manual

Página 1



Anexo 4. Estado de flujo de trabajo en Microsoft Project.



### Anexo 5. Presupuesto realizado de materiales según el diseño del proyecto

Material	Unidad	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Alambre galvanizado # 16	Lb	30	1.820	54.60
Cable # 1/0 -15kV	mt	3660	7.800	28548.00
Cable de Cu desnudo #4	mt	1280	2.400	3072.00
Cable Flexible # 14	mt	220	0.28	61.60
Cinta aislante 20 ydas NO.23+	u	15	0.780	11.70
Conector insert 15 kV 200 Amp.	u	54	63.500	3429.00
Conector Codo 15 kV 200 Amp.	u	54	68.470	3697.38
Elbow tapa 15 kV 200 Amp.	u	3	55.00	165.00
Lubricante para cable 3M	gl	2	30.66	61.32
Perno cadmeado ½"x1½"	u	47	1.200	56.40
Perno de Expansión 3/8x2"	u	34	1.260	42.84
Polipega 1000cc	Lt	2	4.750	9.50
Terminal Talón # 350MCM	u	15	3.500	52.50
Terminal Talón # 500MCM	u	32	7.400	236.80
Tubo PVC 110 mm x 6mt tipo TDP	u	400	21.000	8400.00
Varilla de cooperweld 5/8" x 6'	u	22	7.07	155.54
Soldadura Exotermica 100 gr	u	27	15.000	405.00
Switchgear vista modelo 312 cat. 935312	u	1	75968.59	75968.59
Terminal 15 kV t de 600 amp. Con stud	u	3	288.10	864.30
Punta terminal exterior 15 kV para conductor 3/0	u	3	55.00	165,00
Transformador pad mounted de 75 kVA monofásico con fusible interior, breaker en baja tensión, y switch para conmutar salida.	u	3	7100.000	21300.00
Transformador pad mounted de 50 kVA monofásico con fusible interior, breaker en baja tensión, y switch para conmutar salida.	u	9	3900.000	35100.00
Transformador pad mounted de 37.5 kVA monofásico con fusible interior, breaker en baja tensión, y switch para conmutar salida.	u	3	3100.000	9300.00
Transformador pad mounted trifásico de 30 kVA con fusible interior, breaker en baja tensión, y switch para conmutar salida.	u	1	4500.00	4.500,00
Transformador pad mounted trifásico de 112.5 kVA con fusible interior, breaker en baja tensión, y switch para conmutar salida.	u	1	7500.00	7500.00
Transformador pad mounted trifásico de 50 kVA con fusible interior, breaker en baja tensión, y switch para conmutar salida.	u	1	5092.31	5 092.31
			TOTAL	208249.38