



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE**  
**POTENCIA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**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**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingenieros Eléctricos  
en Sistemas Eléctricos de Potencia.

**Autores:**

Caiza Inte Ángel Javier

Pilco Diaz Bertha Libelia

**Tutor Académico:**

Ing. Marco Aníbal León Segovia Ms.C

**LATACUNGA – ECUADOR**

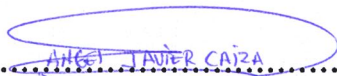
**Marzo - 2022**



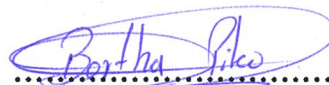
## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros **CAIZA INTE ANGEL JAVIER** y **PILCO DIAZ BERTHA LIBELIA** declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“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”**, siendo el Ing. **MARCO LEÓN** el tutor del presente trabajo; y se exime expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, se certifica que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.



Caiza Inte Angel Javier  
C.C. 0503457822



Pilco Diaz Bertha Libelia  
C.C. 1805241948



## AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

**“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”, de CAIZA INTE ANGEL JAVIER y PILCO DIAZ BERTHA LIBELIA, de la carrera de Ingeniería Eléctrica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.**

Latacunga, marzo 2022

El Tutor

.....  
Ing. Marco Aníbal León Segovia Ms.C

C.C. 0502305402



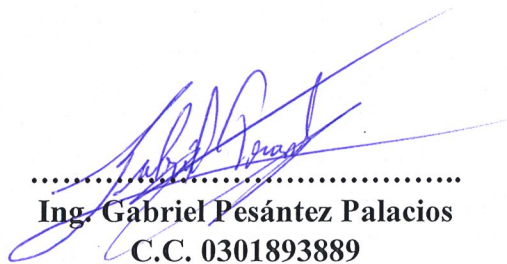
## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

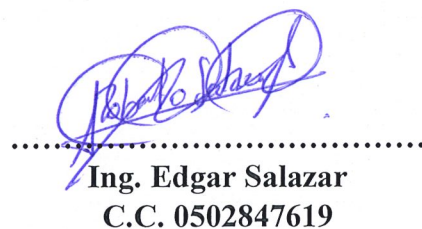
En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes **CAIZA INTE ANGEL JAVIER** y **PILCO DIAZ BERTHA LIBELIA** con el título de Proyecto de titulación **“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”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

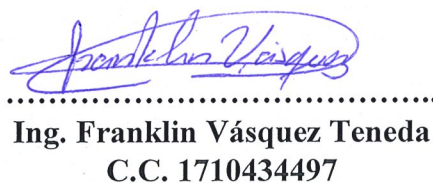
Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, marzo 2022

Para constancia firman:

  
.....  
**Ing. Gabriel Pesántez Palacios**  
C.C. 0301893889

  
.....  
**Ing. Edgar Salazar**  
C.C. 0502847619

  
.....  
**Ing. Franklin Vásquez Teneda**  
C.C. 1710434497

## AGRADECIMIENTO

Al finalizar el presente proyecto de titulación expreso mi sentimiento de agradecimiento en primer lugar a Dios quien ha forjado mi camino y me ha dirigido por el sendero correcto, el que en todo momento está conmigo ayudándome a aprender de mis errores y a no cometerlos otra vez.

A mi mamá, Rosa Etelvina Inte, por ser el pilar fundamental en mi vida y que con su gran esfuerzo me ha permitido obtener este título universitario.

A mis tíos Carlota, Jorge, Nancy, Rubén, Carmelina, Fernando, Ruth, Zoila, Héctor, Silvia y de la misma manera a mis primos Ángel, Margoth, Wladimir, Dennis, Daniela, Jordy, Fernanda, Alicia, a mis padrinos Carlos, Clementina y demás familiares por su apoyo, cariño y palabras de aliento que me han motivado a salir adelante y no darme por vencido en esta etapa universitaria.

A mis amigos Jhon, Liseth, Bertha, Amanda por el apoyo moral que me han brindado a lo largo de esta etapa.

Mi agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas y a la Carrera de Ingeniería Eléctrica mención Sistemas Eléctricos de Potencia que me ha permitido terminar mis estudios de tercer nivel. A los docentes que me han formado profesionalmente y con valores.

A los Ings. Gabriel Pesantez Palacios y Edgar Salazar Achig, no sólo por su labor como lectores de esta Tesis, cuyos buenos consejos, acertada guía, constante apoyo, su infinita paciencia han facilitado para finalizar este trabajo.

**Ángel Caiza.**

## **AGRADECIMIENTO**

En primera instancia agradecida con Dios por darme fortaleza para terminar la carrera, a la virgencita Niña María de Jerusalén por escuchar mis peticiones cuando estaba a punto de caer.

A mis amados padres, Elsa Díaz y Arnulfo Pilco por brindarme su apoyo en mi vida universitaria, por formarme una persona de bien con su humildad, valores y enseñanzas.

A mi hermana, Leny Pilco y sobrinos Wendy y Johan por motivarme a seguir a delante en mis estudios en los momentos más difíciles, gracias por estar ahí siempre.

Agradezco a la prestigiosa Alma Mater de la provincia de Cotopaxi la Universidad Técnica de Cotopaxi que me permitió emprender mis estudios de ingeniería en la Carrera de Ingeniería Eléctrica y a todos los docentes sin excepción alguna.

A los ingenieros Gabriel Pesantes y Edgar Salazar por la orientación y ayuda para la realización de esta tesis.

Lo último, pero no menos importante, quiero agradecerme por creer en mí, trabajar duro, por no tener días libres, por no darme por vencida para lograr finalizar mis estudios de pregrado.

**Bertha Pilco.**

## DEDICATORIA

*A Dios por brindarme la oportunidad y la dicha de la vida, al bendecirme con los medios necesarios para continuar mi formación.*

*A mi madre Rosa Inte, pues sin su apoyo no hubiera sido posible realizar la presente tesis, por estar conmigo en todos los aspectos que fueron cruciales para mi formación académica y profesional, desde luego mi formación correcta como una persona basada en principios y valores cristianos.*

*Dedicatoria, en memoria de mi padre Nelson Caiza y mis abuelitos María, Hortensia y Calixto quienes gozan de la presencia del señor, los cuales me brindaron su apoyo, cariño y amor en todo momento cuando estaban presentes en parte de mi etapa estudiantil, no importa cuantos años pasen siempre los llevare presente en mi mente y en cada paso de mi vida.*

**Ángel Caiza.**

## **DEDICATORIA**

*Con mucho cariño y amor dedico todo mi esfuerzo al ser que me dio la vida y confió en mí en mis estudios, sin ella no lo habría logrado. Tu bendición a diario me ha protegido y me ha llevado por el camino del bien.*

**A mi madre, Elsa Diaz.**



## ÍNDICE DE CONTENIDO

1.	INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2.	INTRODUCCIÓN .....	2
2.1.	El problema:.....	2
2.1.1.	Situación Problemática: .....	2
2.1.2.	Formulación del problema:.....	2
2.2.	Objeto y campo de acción.....	2
2.3.	Beneficiarios: .....	2
2.3.1.	Beneficiarios directos .....	2
2.3.2.	Beneficiarios indirectos .....	2
2.4.	Justificación: .....	3
2.5.	Hipótesis .....	3
2.6.	Objetivos:.....	4
2.6.1.	General:.....	4
2.6.2.	Específicos:.....	4
2.7.	Sistema de tareas.....	5
3.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	6
3.1.	Antecedentes .....	6
3.2.	Descripción de sistema de distribución subterráneo.....	6
3.1.1.	Redes de Distribución Eléctrica.....	6
3.1.2.	Topología de la red .....	7
3.1.3.	Constitución del sistema de distribución .....	7
3.3.	Clasificación de las redes de distribución.....	8
3.1.4.	De acuerdo con su construcción .....	8
3.1.5.	De acuerdo con voltajes nominales. ....	10
3.1.6.	De acuerdo con su ubicación geográfica .....	11
3.1.7.	De acuerdo con el tipo de cargas. ....	12
3.4.	Red eléctrica subterránea .....	13
3.4.1.	Sistema de topología de distribución de redes subterráneas.....	14
3.4.2.	Componentes y elementos de la red subterránea .....	15
4.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	21
4.1.	Métodos de investigación .....	21
4.2.	Materiales e instrumentos .....	21
4.2.1.	Normativas.....	21
4.2.2.	Software .....	22

4.3.	Diseño del sistema de distribución para la urbanización colinas del sur.....	22
4.3.1.	Ubicación.....	24
4.3.2.	Descripción de las Redes Existentes.....	24
4.4.	DEMANDA.....	24
4.4.1.	Cálculo de la Demanda Máxima Unitaria.....	24
4.4.2.	Tipos de Usuarios Residenciales.....	26
4.5.	UBICACIÓN DE TRANSFORMADORES.....	27
4.6.	DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA DE DISEÑO ( <b>DD</b> ).....	27
4.7.	REDES DE BAJO VOLTAJE.....	30
4.8.	CAIDAS DE VOLTAJE.....	30
4.8.1	Calculo de Caída de Voltaje.....	30
5.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	35
5.1.	Ubicación.....	35
5.2.	Cálculo y determinación demanda.....	37
5.2.1.	Demanda máxima unitaria ( <b>DMU</b> ).....	37
5.2.2.	Determinación de la categoría del usuario.....	37
5.2.3.	Número de usuarios.....	37
5.3.	UBICACIÓN DEL TRANSFORMADOR.....	37
5.4.	DETERMINACION DE LA DEMANDA DE DISEÑO ( <b>DD</b> ).....	39
5.4.1.	Demanda máxima diversificada ( <b>DMD</b> ).....	39
5.4.2.	Demanda de alumbrado público ( <b>DAP</b> ).....	40
5.4.3.	Pérdidas de la red de bajo voltaje ( <b>Dloss</b> ).....	40
5.4.4.	Demanda de Diseño ( <b>DD</b> ).....	41
5.3.7.	Puesta a Tierra en los Centros de Transformación.....	42
5.5.	Diseño de la red bajo voltaje.....	42
5.5.1.	Red de bajo voltaje.....	42
5.6.	Red de medio voltaje.....	49
5.6.1.	Transición de red aérea a subterránea.....	49
5.6.2.	Instalación de transformador trifásico Pad Mounted.....	50
5.6.3.	Selección de conductores.....	50
5.6.4.	Diseño de la red.....	52
5.7.	Alumbrado público.....	52
5.7.1.	Selección de equipos y conductores.....	52
5.7.2.	Estudio de iluminación.....	52
5.7.3.	Diseño de la red de alumbrado público.....	54
5.8.	Obra civil.....	54

5.8.1. Pozos y tapas.....	55
5.8.2. Zanjas.....	56
5.8.3. Banco de Ductos .....	56
5.8.4. Trazado de Ductos y Pozos.....	57
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	58
6.1. Conclusiones.....	58
6.2. Recomendaciones .....	59
7. BIBLIOGRAFÍA .....	60
8. ANEXOS .....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3. 1. Redes de distribución eléctrica [4].	7
Figura 3. 2. Ventajas y desventajas de las redes de distribución aéreas [10].	9
Figura 3. 3. Ventajas y desventajas de las redes de distribución aéreas [10].	10
Figura 3. 4. Redes de distribución según su tensión nominal [10].	10
Figura 3.5. Redes de distribución urbana.	11
Figura 3. 6. Clasificación de los abonados residenciales [10].	12
Figura 3. 7. Topología radial [6].	14
Figura 3. 8. Topología malla [6].	15
Figura 3. 9. Topología anillo [6].	15
Figura 3.10. Transformador sumergible [13].	16
Figura 3. 11. Transformador tipo pedestal [13].	17
Figura 3.12. Transformador tipo seco [15].	17
Figura 3.13. Características y Aplicaciones de las celdas de MV [14].	18
Figura 3. 14. Partes de un conductor XLPE de media tensión [14].	19
Figura 4.1. Procedimiento para la evaluación de la red eléctrica subterránea de la urbanización colinas del sur.	23
Figura 4.3. Configuración de un electrodo por esquina [15].	29
Figura 5. 1. Área de estudio para red soterrada urbanización colinas del sur.	36
Figura 5. 2. Ubicación del centro de transformación CT-01.	38
Figura 5. 3. Ubicación del centro de transformación CT-02.	38
Figura 5. 4. Ubicación del centro de transformación CT-03.	39
Figura 5. 5. Ubicación del centro de transformación CT-04.	39
Figura 5. 6. Representación gráfica de la acometida domiciliaria.	48
Figura 5. 7. Transición aérea a subterránea urbanización colinas del sur.	49
Figura 5. 8. Resultado para campos de evaluación.	53
Figura 5. 9. Planificación de disposición de disposiciones de luminaria.	53
Figura 5. 10. Vista previa intensidad lumínica horizontal.	54

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3. 1. Niveles de voltaje normalizados en Ecuador [8]. .....	8
Tabla 3. 2. Características principales de los cables de BV [14]. .....	20
Tabla 4.1. Planilla de determinación de la demanda [15]. .....	25
Tabla 4.2. Clasificación de usuarios residenciales dependiente de la DMU [15]. .....	26
Tabla 4.3. Formato para cómputo de caída de voltaje [15]. .....	31
Tabla 5. 1. Localización de la Urbanización .....	36
Tabla 5. 2. Tipo de usuario residencial valores referenciales demanda máxima unitaria DMU [15]. .....	37
Tabla 5. 3. Valores obtenidos de demanda máxima diversificada <i>DMD</i> . .....	40
Tabla 5. 4. Resumen de resultados obtenidos del cálculo de alumbrado público ( <i>AP</i> ). .....	40
Tabla 5. 5. Resumen de resultados obtenidos de pérdidas en el transformador ( <i>Dloss</i> ). .....	41
Tabla 5.6. Resumen capacidad de transformadores ( <i>DDT</i> ). .....	41
Tabla 5. 8. Colores de identificación de cada circuito. ....	43
Tabla 5. 9. Regulación de voltaje en bajo voltaje de cada trafo. ....	45
Tabla 5. 10. Total (m) de los conductores de baja tensión CT-01. ....	46
Tabla 5. 11. Total (m) de los conductores de baja tensión CT-02. ....	46
Tabla 5. 12. Total (m) de los conductores de baja tensión CT-03. ....	47
Tabla 5. 13. Total (m) de los conductores de baja tensión CT-04. ....	47
Tabla 5. 14. Total (m) de los conductores de baja tensión. ....	47
Tabla 5.15. Planilla de determinación de caída de voltaje redes primarias. ....	51
Tabla 5.16. Calibre y medida total del conductor de medio voltaje. ....	51
Tabla 5. 17. Dimensiones y tipos de pozos considerados en el proyecto. ....	55

## RESUMEN

### TEMA:

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

### Autores:

Caiza Inte Ángel Javier

Pilco Díaz Bertha Libelia

En los últimos años, la red de distribución tradicional (aérea) ha sido sustituida por una red subterránea debido a su fiabilidad, seguridad y estética frente a la red aérea este cambio se nota en los últimos tiempos en diferentes áreas, como urbanización, centros urbanos, conjuntos habitacionales mismos que han optado por redes subterráneas para brindar servicios eléctricos a los consumidores.

Debido a que la red de distribución debe estar al día en la planificación, ejecución y entrega, esto les permite brindar un excelente servicio a sus usuarios. Para comenzar se realiza el levantamiento de campo con los planos arquitectónicos proporcionados para determinar los parámetros y ubicación de los elementos constructivos subterráneos tanto civil y eléctrico. En base a la información obtenida, se realiza la propuesta de diseño de la red subterránea en aspectos de determinación de la demanda, demanda de diseño, caídas de voltaje aplicando la normativa de diseño vigente para redes de distribución de la Empresa Eléctrica Quito (EEQ) y un estudio para alumbrado público (ARCERNNR) 029/2020 emitida por Agencia de Regulación, Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables. Seguidamente, utilizando el software de dibujo, se realiza los respectivos planos de distribución de media, baja tensión, alumbrado público, ductos y pozos. Una vez culminado la etapa de diseño se procede a determinar el material y equipo necesario que resulte para la ejecución del proyecto, el mismo que se elabora mediante rubros tanto eléctrico y civil, los mismos que deben ser considerados al momento de su construcción.

### Palabras Clave:

Diseño, distribución, subterránea, plano, fiabilidad.

## ABSTRACT

### THEME:

“EVALUATION OF THE UNDERGROUND ELECTRICITY NETWORK IN MEDIUM AND LOW VOLTAGE OF THE TRANSFORMATION SYSTEM FOR PUBLIC LIGHTING OF THE "URBANIZATION CONSORTIUM HABITATIONAL SOUTHERN HILLS" LOCATED IN THE CANTON SALCEDO”

### Authors:

Caiza Inte Ángel Javier

Pilco Díaz Bertha Libelia

In recent years, the traditional distribution network (overhead) has been replaced by an underground network due to its reliability, security, and aesthetics in relation to the overhead network. This change is noted in the recent times in different areas, such as urbanization, urban centers and housing developments that have opted for underground networks to provide electrical services to consumers.

Because of the distribution network must be up to date in planning, execution and delivery, this allows them to provide excellent service to their users. To begin with, the field survey is carried out with the architectural plans provided to determine the parameters and location of the underground construction elements, both civil and electrical. On the basis of the information obtained, the proposed design of the underground network in aspects of determination of the claim, demand design, brownouts by applying the rules of design current for distribution networks of the Quito's Electricity Company, (EEQ), and a study for public lighting (ARCERNNR) 029/2020 issued by the Agency for Regulation, Control of Energy and Non-Renewable Natural Resources. Then, using the CAD software, the respective distribution plans of medium, low voltage, public lighting, ducts and wells are made. Once the design stage is completed, we proceed to determine the necessary material and equipment for the execution of the project, the same one that is elaborated through both electrical and civil items, the same ones that must be considered at the time of its construction.

### Keywords:

Design, distribution, underground, drawing, reliability.



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

## ***AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen del proyecto de investigación al idioma Inglés cuyo título versa: **“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”**, presentado por **Caiza Inte Ángel Javier** y **Pilco Díaz Bertha Libelia**, estudiantes de la carrera de **Ingeniería Eléctrica** perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimare conveniente.

Latacunga, 29 de marzo del 2022.

Atentamente,



Firmado digitalmente por  
**EDISON MARCELO  
PACHECO PRUNA**

.....  
**Lic. Edison Marcelo Pacheco Pruna Mg.**  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS**  
**C.C. 050261735-0**



**CENTRO  
DE IDIOMAS**



# **1. INFORMACIÓN GENERAL**

## **Título:**

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.

## **Fecha de inicio:**

Octubre del 2022

## **Fecha de finalización:**

Abril del 2022

## **Lugar de ejecución:**

Salcedo

## **Facultad que auspicia:**

Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA)

## **Carrera que auspicia:**

Ingeniería en Electricidad

## **Equipo de Trabajo:**

Tutor: Ing. Marco León. Ms.C,

Estudiantes: Caiza Inte Angel Javier,

Pilco Diaz Bertha Libelia.

## **Área de Conocimiento:**

07 ingeniería, Industria y Construcción / 071 Ingeniería y Profesiones Afines / 0713 Electricidad y Energía.

## **Línea de investigación:**

Energías Alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

## **Sub líneas de investigación de la Carrera:**

Control y optimización en el uso de la energía del sector Industrial, comercial y residencial.

## **2. INTRODUCCIÓN**

### **2.1. EL PROBLEMA:**

#### **2.1.1. Situación Problemática:**

Un sistema de distribución eléctrica aéreo dentro del casco urbano, ciudadelas y urbanizaciones tienden a tener la presencia de conductores y estructuras eléctricas cerca de los edificios, esto conduce a problemas estéticos y poca confiabilidad de la red eléctrica por lo que, en Ecuador y en otros países, existe una creciente necesidad de modernizar el diseño de sus redes de distribución eléctrica a sistemas subterráneos.

Por tal motivo se planteó este proyecto con el fin de diseñar una instalación moderna dentro de la “Urbanización Consorcio Habitacional Colinas Del Sur”, debido a que el mismo no cuenta con un sistema subterráneo, con esto garantizar la seguridad energética y el funcionamiento del sistema eléctrico mediante la aplicación de la guía para diseño de sistemas de distribución de la Empresa Eléctrica Quito (EEQ), haciendo referencia los datos obtenidos durante las visitas al sitio de desarrollo del proyecto.

#### **2.1.2. Formulación del problema:**

La falta del diseño de la red eléctrica subterránea en media, baja tensión y alumbrado público hace necesario evaluar a la Urbanización Colinas del Sur para que se prevea de un sistema subterráneo mediante la aplicación de la guía diseño de la Empresa Eléctrica Quito.

### **2.2. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN**

330000 ciencias Tecnológicas / 3306 Ingeniería y Tecnología Eléctricas / 3306.09  
Transmisión y Distribución

### **2.3. BENEFICIARIOS:**

#### **2.3.1. Beneficiarios directos**

Los habitantes del conjunto habitacional colinas del sur.

#### **2.3.2. Beneficiarios indirectos**

Personal operativo ELEPCO S.A

## **2.4. JUSTIFICACIÓN:**

El estudio de “Energías alternativas y renovables, uso eficiente de la energía y protección del medio ambiente” es un eje de investigación conducente a la carrera de ingeniero eléctrico en la Universidad Técnica de Cotopaxi del grupo de investigación de sistemas eléctricos y energía. El contexto de este estudio debe tener en cuenta la evaluación de redes subterráneas para su respectiva investigación, diseño y aplicación en el conjunto residencial al que se destina esta propuesta.

Hoy en día, el suministro de energía eléctrica es fundamental en todas las áreas y el alumbrado público, por lo que el sistema de subterráneos brinda mayor confiabilidad, seguridad y estética a la población, en este caso en el conjunto habitacional ya mencionado. La energía utilizada en el alumbrado público deberá ser mínima, sin descuidar los indicadores de calidad y continuidad establecidos en las normas nacionales e internacionales vigente. Al diseñar este proyecto, se evalúa los parámetros como demanda de diseño, caídas de voltaje, la correcta elección de conductores de media y baja tensión, elegir el tipo de pozo subterráneo y los materiales para su ejecución. Con esto se mejora la calidad de los servicios energéticos en la urbanización.

Finalmente, utilizando el software de dibujo, se traza las líneas de media y baja tensión, el sistema de alumbrado público y recorrido de ductos. Además, con el uso del software Excel, se evalúa los parámetros de demanda, diseño de la demanda, caída de tensión y se elabora rubros tanto eléctrico y civil de material y equipo necesario de este proyecto.

## **2.5. HIPÓTESIS**

¿Se puede realizar el diseño de la red eléctrica subterránea en media y baja tensión utilizando la guía de diseño de redes de distribución de la empresa eléctrica Quito para la “Urbanización Consorcio Habitacional Colinas del Sur” localizado en el Cantón Salcedo - San Miguel – Chípoalo?

## **2.6. OBJETIVOS:**

### **2.6.1. General:**

Evaluar la red eléctrica subterránea en media y baja tensión, sistema de transformación y la red de alumbrado público para la “Urbanización Consorcio Habitacional Colinas del Sur” localizado en el Cantón Salcedo - San Miguel - Chípoalo.

### **2.6.2. Específicos:**

Realizar el estudio del arte de los equipos y elementos principales de la red eléctrica subterránea.

Esquematizar la red eléctrica subterránea en media y baja tensión a partir de la demanda máxima unitaria y del tipo de usuario conforme a normativas.

Diseñar el recorrido de la red eléctrica subterránea en media y baja tensión, y alumbrado público, considerando las normas vigentes de la Empresa Eléctrica Quito.

## 2.7. SISTEMA DE TAREAS

Objetivos específicos	Actividad (tareas)	Resultados esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Realizar el estudio del arte de los equipos y elementos principales de la red eléctrica subterránea.	Investigación Bibliográfica de trabajos referentes a normativa de Redes soterradas y los elementos que intervienen.	Información: definición, unidades, cálculo y antecedentes referente a A redes Subterráneas.	Investigación bibliográfica: Libros Tesis Paper Revistas Normativas Informes
Esquematar la red eléctrica subterránea en media y baja tensión a partir de la demanda máxima unitaria y del tipo de usuario conforme a normativas.	Elaboración de cuadros de demanda de diseño, caída de voltaje revisando la normativa vigente	Obtención de la demanda para cada trazo, la caída de tensión de cada vano.	Normativas Excel guía de diseño EEQ ARCERNNR
Diseñar el recorrido de la red eléctrica subterránea en media y baja tensión, y alumbrado público, considerando las normas vigentes de la Empresa Eléctrica Quito.	Diseño de trazos de red de baja, media y alumbrado público mediante el uso del AutoCAD	Graficas desde los centros de transformación Hasta los pozos y seguidamente hacia las acometidas.	AutoCAD Formato institucional UTC

### **3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

#### **3.1. ANTECEDENTES**

El proceso de modernización de los sistemas de energía de media y baja tensión en muchas partes del país está avanzando, y se están integrando tecnologías avanzadas para garantizar la seguridad y confiabilidad para los usuarios residenciales y comerciales e industriales. Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo evaluar la red subterránea del conjunto habitacional colinas del sur [1].

La red Subterránea MV/BT garantiza una calidad de energía óptima y continua para todos los consumidores, las redes eléctricas aéreas actuales no garantizan confiabilidad y seguridad para algunos usuarios [2].

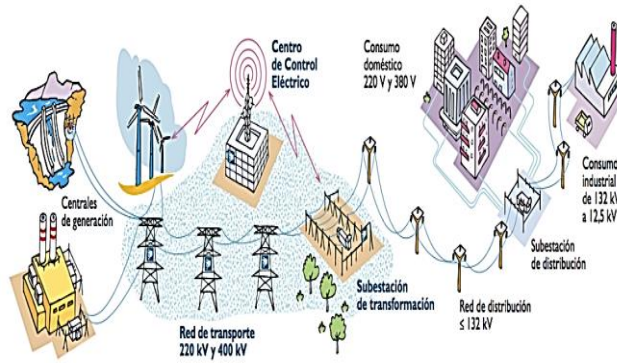
#### **3.2. DESCRIPCIÓN DE SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN SUBTERRÁNEO**

Una red subterránea es la que transmite energía eléctrica a través de conductores colocados bajo tierra, aumentando la confiabilidad y reduciendo los accidentes. Los sistemas de distribución subterráneos son menos propensos a averías que los sistemas de distribución aéreos, pero cuando lo hacen, son más difíciles de localizar y tardan más en repararse [3].

Por esta razón, para evitar interrupciones prolongadas y brindar flexibilidad operativa, en el caso de los sistemas radiales subterráneos, se ubican seccionadores para permitir la transferencia de carga desde este alimentador principal a otra unidad logística mayor.

##### **3.1.1. Redes de Distribución Eléctrica**

Es la parte del sistema de suministro eléctrico, que incluye las etapas de generación, transmisión y utilización de la energía eléctrica [4]. Estos sistemas están conformados por subestaciones receptoras secundarias que son las encargadas de transformar la energía recibida de la subtransmisión, luego serán enviados a través de circuitos primarios que recorren los sectores urbanos y rurales [4]. Su misión es llegar hasta los distintos tipos de usuarios finales, como usuarios industriales, comerciales y residenciales. En la Figura 3.1. Se observa cómo está conformado las redes de distribución eléctrica.



**Figura 3. 1.** Redes de distribución eléctrica [4].

### 3.1.2. Topología de la red

La topología de las redes de distribución de energía se refiere a cómo están diseñadas o la disposición de las ramas y alimentadores; factores que determinan el modo de entrega. Proporcionar servicios eléctricos a los clientes desde la fuente. Por sus aspectos compositivos, las redes subterráneas se pueden dividir en: Radiales, Anillos, entre otras. La elección del tipo de topología vendrá determinada por estudios económicos [5].

### 3.1.3. Constitución del sistema de distribución

El sistema de distribución de energía es una colección de materiales que componen y conducen la energía desde la subestación hasta el usuario. Generalmente, la distribución de energía eléctrica incluye en líneas de distribución primaria, transformadores de distribución, líneas de distribución secundaria y ramales de servicio y medidores [7].

#### a. Subestación de distribución

La subestación es una parte componente del sistema de potencia y es el vínculo más importante entre las estaciones generadoras, los sistemas de transmisión, los sistemas de distribución y las cargas [7].

Las subestaciones eléctricas se pueden clasificar por clase de tensión, por ubicación interna o externa, por configuración y por su clasificación [7].

#### b. Sistema de distribución en media y baja tensión

En el documento Normas de conexión de cuartos de transformadores y sistemas de medición para el suministro eléctrico, el servicio de energía en media tensión que una distribuidora brinda a los consumidores desde su red de distribución en media tensión es:

- Sistema Monofásico a  $13.8/\sqrt{3}$  KV; este sistema proporciona, cuando la demanda de un predio es mayor a 30 KW y menor a 90 KW y su capacidad total instalada no exceda 100 KVA monofásico.
- Sistema trifásico a 13.8 KV; la distribuidora abastece este voltaje cuando la demanda física del predio es mayor a 30 KW y menor a 1000 KW [8].

Utilizando datos del catálogo digital de redes de distribución de energía eléctrica, se explica sobre la cobertura de los servicios eléctricos y la evolución de la demanda, los niveles de tensión de las redes de distribución pactadas en valores estandarizados mayores a 13.8 KV, con base en la normatividad IEC, en nuestro país se han considerado los siguientes niveles de tensión nominal:

**Tabla 3. 1.** Niveles de voltaje normalizados en Ecuador [8].

Medio Voltaje	Bajo Voltaje
6.300 (V)	En redes monofásicas 120/240 (V)
13.800 GRDY / 7.967 (V)	En redes trifásicas 127/220 (V)
22.000 GRDY / 12.700 (V)	-
22.860 GRDY / 13.200 (V)	-
34.500 GRDY / 19.920 (V)	-

### c. Líneas de media tensión y baja tensión

En general, las líneas de media y baja tensión sirven para industrias, edificios, grado 3 y zonas residenciales. De igual forma alimentan transformadores de distribución a partir de líneas secundarias de baja tensión, estas redes de distribución secundaria abastecen a las localidades mencionadas, así como a pequeñas industrias, pueden ser aéreas y terrestres [9].

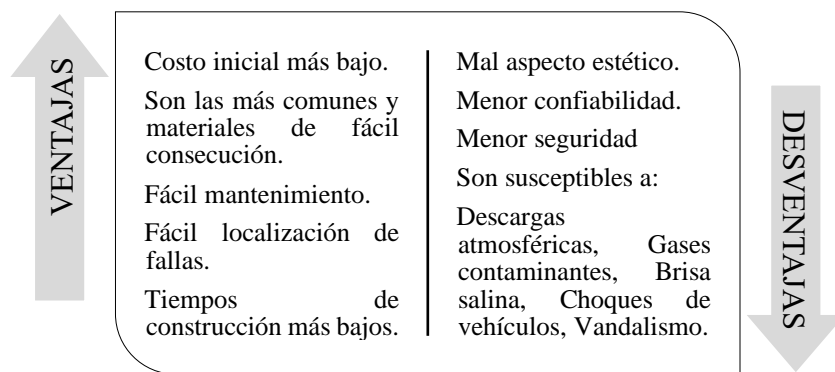
## 3.3. CLASIFICACIÓN DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN

### 3.1.4. De acuerdo con su construcción

#### 3.1.4.1. Redes de distribución aéreas

Las redes aéreas son usadas desde hace muchos años atrás en la transmisión y la distribución de energía eléctrica a grandes distancias. Normalmente el tendido de conductores son múltiplos de tres de aluminio y se encuentran suspendidos por torres y postes de concreto. Usualmente está desnudos, dicha modalidad esta sostenida mediante aisladores implantados en crucetas, en postes de concreto [4] [10].





**Figura 3. 2.** Ventajas y desventajas de las redes de distribución aéreas [10].

Las partes principales de un sistema aéreo son esencialmente:

**a. Postes**

Los postes pueden ser de concreto o metálicos y sus características de peso, longitud y resistencia a la fractura son determinadas por el tipo de construcción de los perímetros.

**b. Conductores**

Son utilizados para circuitos primarios el aluminio y el ACSR no cubiertos y en calibres 4/0, 2/0, 1/0 y 2 AWG y para circuitos secundarios en cables descubiertos o aislados y en los mismos calibres. Estos circuitos son de 3 y 4 hilos con neutro puesto a tierra [10].

**c. Crucetas**

Son utilizadas crucetas de ángulo de hierro galvanizado de 2,4 metros para 13.2 kV y 11.4 kV con diagonales en varilla o de ángulo de hierro (pie de amigo) [10].

**d. Aisladores**

Son de tipo ANSI 55.5 para media tensión (espigo y disco) y NSI 53.3 para baja tensión (carretes).

**e. Herrajes**

Todos los herrajes manipulados en las redes aéreas de baja y mediana tensión son de acero galvanizado. (Grapas, varillas de anclaje, tornillos de máquina, collarines, úes, espigos, etc.) [10].

**f. Equipos de seccionamiento**

El corte se efectúa con cortacircuitos y seccionadores monopolares para ejecutar sin carga de (100 A - 200 A) [10].

### g. Transformadores y protecciones

Se emplean transformadores monofásicos con los siguientes valores de potencia o nominales: 5 a 75 kVA y para transformadores trifásicos de 30 - 45 - 75 -112.5 y 150 kVA protegidos por cortacircuitos, fusible y pararrayos tipo válvula dependiendo del voltaje moderado [10].

#### 3.1.4.2. Redes de distribución subterráneas

Estas redes son utilizadas en zonas donde por razones de urbanismo, estética, congestión o condiciones de seguridad no es aconsejable utilizar el sistema aéreo. Actualmente el sistema subterráneo es competitivo en referencia al sistema aéreo en las zonas urbanas céntricas [10].

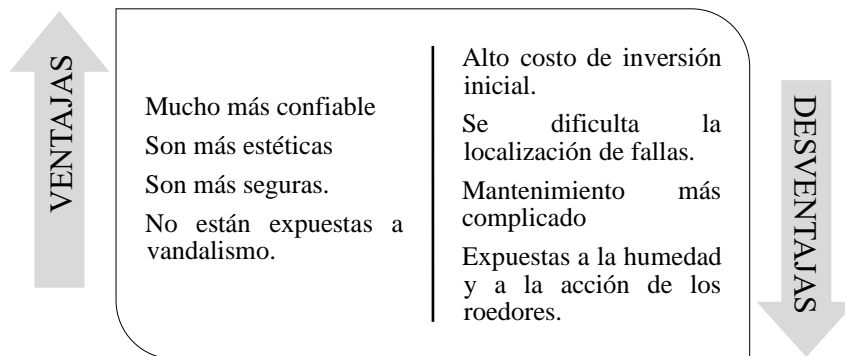


Figura 3. 3. Ventajas y desventajas de las redes de distribución aéreas [10].

Los conductores utilizados son aislados acorde con el voltaje de operación los que están conformados por varias capas de aislantes y cubiertas protectoras. Estos cables están directamente enterrados o instalados en bancos de tuberías (dentro de las excavaciones), con cajas de observación en intervalos regulares [10].

#### 3.1.5. De acuerdo con voltajes nominales.

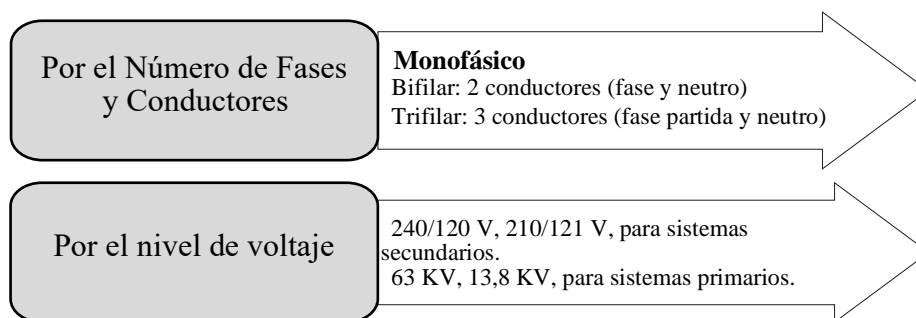


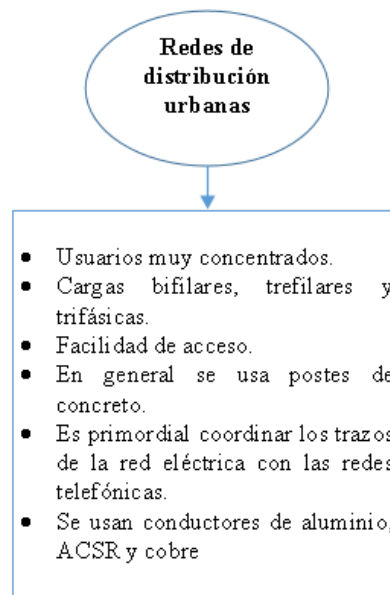
Figura 3. 4. Redes de distribución según su tensión nominal [10].

### 3.1.6. De acuerdo con su ubicación geográfica

Un sistema de distribución debe atender a los usuarios con energía eléctrica localizada en zonas urbanas, suburbanas, rurales y turísticas y la clasificación de acuerdo con la zona a servir.

#### a. Redes de distribución urbanas

Los programas de distribución urbana son desarrollados particularmente por cada empresa de energía y la mayoría de las veces son proyectos de remodelación y recuperación de pérdidas de cableado [10]. Las principales características de las redes de distribución urbanas se muestran en la Figura 3.5.



**Figura 3.5.** Redes de distribución urbana [10].

#### b. Redes de distribución rurales.

Son evidentes las enormes ventajas de disponer de energía eléctrica en las zonas rurales del país. Nadie cuestiona la necesidad de proporcionar a dichos núcleos (corregimientos o extensiones territoriales distintas de las aglomeraciones urbanas o suburbanas que comprenden las zonas de explotaciones agrícolas, pecuarias o forestales y localidades que no sobrepasen los 3000 habitantes, excluyendo los sectores turísticos, residenciales o industriales) de un suministro eléctrico seguro y eficiente [10].

**c. Redes de distribución suburbanas.**

Que tienen características intermedias donde puede existir gran concentración de usuarios que tienen un consumo bajo como los suburbios o asentamientos espontáneos.

**d. Redes de distribución turística.**

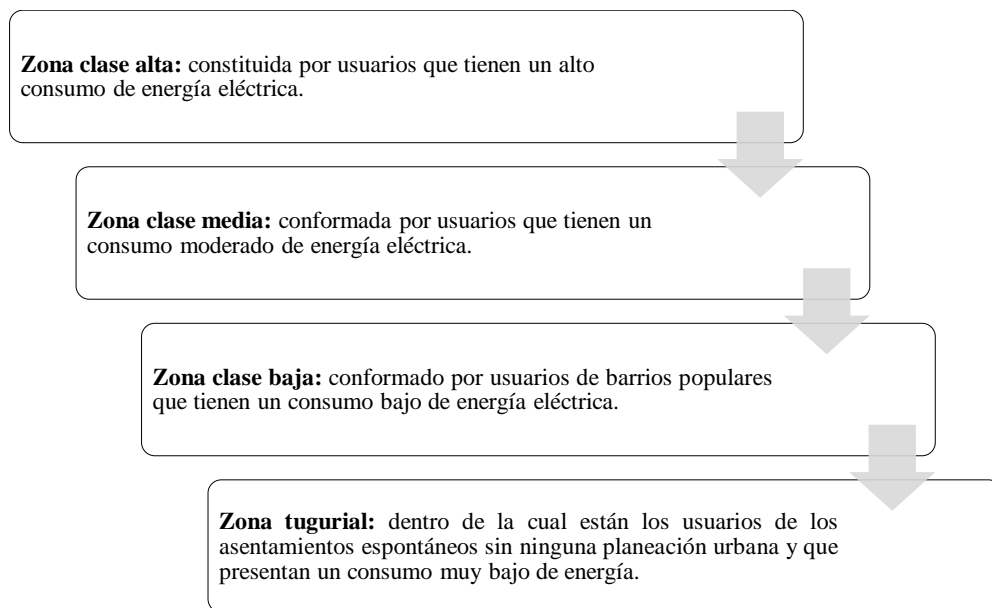
Donde los ciclos de carga están relacionados con las temporadas de vacaciones en donde se aplica la construcción subterránea para armonizar con el entorno.

**3.1.7. De acuerdo con el tipo de cargas.**

La finalidad del usuario destina la energía eléctrica, también sirve de criterio para clasificar las cargas.

**a. Redes de distribución para cargas residenciales.**

Comprenden básicamente a los edificios de apartamentos, multifamiliares, condominios, urbanizaciones, etc. Estas cargas se caracterizan por ser especialmente resistentes (alumbrado y calefacción) y aparatos electrodomésticos de pequeñas características reactivas. De acuerdo con el nivel de vida y a los hábitos de los consumidores residenciales tomando en cuenta que los centros urbanos se agrupan en sectores definidos de acuerdo con las clases socioeconómicas [10].



**Figura 3. 6.** Clasificación de los abonados residenciales [10].

#### **b. Redes de distribución para cargas comerciales**

Caracterizadas por ser resistentes las cuales se localizan en áreas céntricas de las ciudades donde se realizan actividades comerciales como los centros comerciales y edificios de oficinas. Tienen algún elemento razonable que bajan un poco el factor de potencia [10].

#### **c. Redes de distribución para cargas industriales.**

Tienen un componente importante de energía reactiva debido a la gran cantidad de motores instalados. Con frecuencia se hace imprescindible corregir el factor de potencia. Además, es indispensable distinguir las otras redes para calefacción y alumbrado. A estas cargas se les controla el consumo de reactivos y se realiza la administración de carga pues tienen doble tarifa (alta y baja) para evitar que su pico máximo coincida con el de la carga residencial [10].

#### **d. Redes de distribución para cargas de alumbrado público.**

Para contribuir a la seguridad ciudadana en las horas nocturnas se instalan redes que alimentan lámparas de mercurio y sodio de característica resistentes, así como también las lámparas led que se encuentran innovando el mercado en los últimos años [10].

#### **e. Redes de distribución para cargas mixtas**

En este tipo de redes se tienen varias de estas cargas en una misma red de distribución. No muy deseables pues se dificulta el control de pérdidas [10].

### **3.4. RED ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA**

Las redes subterráneas de distribución de energía eléctrica de baja tensión, a las que se localizan enterradas, en tubos, canales cubiertos entre otros; las cuales son empleadas para mejorar zonas de urbanismo, para un mejor entorno estético, mejora las condiciones de seguridad y tramita la congestión del cableado. Se encuentra formado por elementos como: ductos (tubos), cables, cámaras, pozos, empalmes, uniones, terminales. Para su construcción, el soporte se encuentra conformado por cajas de paso y para el tendido por medio de canalizaciones, bancos de ductos, tuberías de PVC, para las acometidas parte de las cajas de paso. Con la finalidad que tienen las redes subterráneas de evitar y mitigar riesgos públicos al contacto eléctrico y proteger los sistemas de distribución solo para la verificación técnica profesional [11].

### 3.4.1. Sistema de topología de distribución de redes subterráneas

La topología (estudio de los cuerpos geométricos) de una red de distribución hace referencia a la forma y el diseño de cómo se transporta la energía por medio del tramo de circuitos de distribución. Entre las principales se mencionan las topologías tipo radial, malla y anillo [6].

#### a. Topología de tipo radial

Se caracteriza por la distribución por uno solo de sus extremos transmitiendo la energía en manera radial a los receptores y al emisor. Las líneas de distribución se extienden desde la subestación como los rayos de una rueda de bicicleta, de donde viene su nombre. La principal ventaja de un arreglo radial es que son simples y económicos, su principal desventaja es que cualquier problema deja a un número de usuarios fuera de servicio hasta que el problema sea resuelto [6].

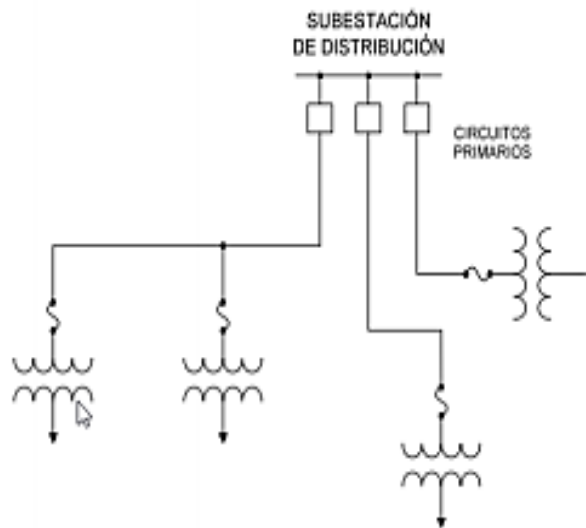
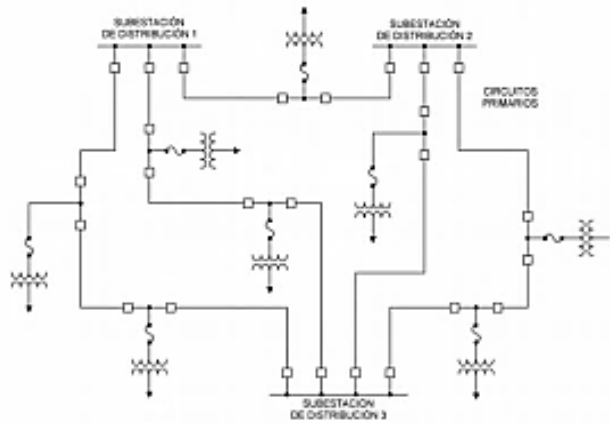


Figura 3. 7. Topología radial [6].

#### b. Topología de tipo malla

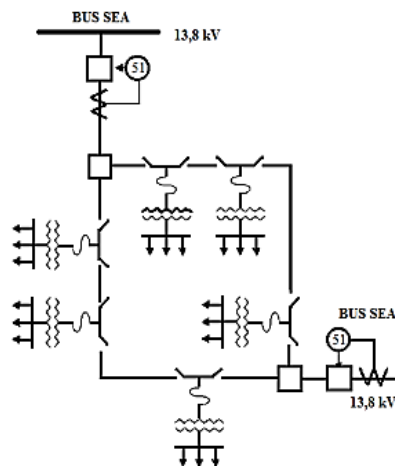
El arreglo en lazo o malla se muestra en la siguiente figura, esta conexión es la más costosa que la de arreglo radial, debido a que requiere más equipo, pero cualquier punto sobre la línea tiene servicio desde dos direcciones [6].



**Figura 3. 8.** Topología malla [6].

### c. Topología de tipo anillo

En el sistema de distribución tipo anillo, se encuentra determinado por más de un trayecto como muestra la Figura 3.9, desde la fuente a la carga, para brindar el servicio eléctrico, formando un ciclo completo entre el abastecimiento y el lugar de partida; lo cual permite abastecer a grandes cargas, por lo tanto, los transformadores de distribución se alimentan en seccionamiento [6].



**Figura 3. 9.** Topología anillo [6].

### 3.4.2. Componentes y elementos de la red subterránea

Los materiales y equipos que se instalan en el sistema de distribución subterránea de acuerdo con la norma que se encuentra homologada por diferentes empresas del país y el cual se encuentra aprobada por el Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables [12].

### 3.4.2.1. Transformadores de distribución

La máquina más importante es el transformador. Los transformadores de distribución IEM se utilizan en redes de distribución subterránea con cargas monofásicas y un sistema de alimentación en anillo o radial, para zonas residenciales y comerciales, para uso doméstico y alumbrado [13].

#### a. Transformadores de distribución subterránea sumergibles

Este tipo de transformadores se construyen de tal manera que operan satisfactoriamente en los sistemas de redes subterráneas los que son instalados en bóvedas debajo del nivel del terreno. Debido a que están expuestos a quedar sumergidos totalmente en agua o lodo, la tapa, accesorios, boquillas, registros de mano y manijas de operación están herméticamente sellados. [13].



Figura 3.10. Transformador sumergible [13].

#### b. Transformador tipo pedestal

Los transformadores de tipo pedestal, son utilizados como parte de sistemas de distribución. Los transformadores tipo Pad Mounted, son empleados como parte de sistemas de división subterráneas, idóneos para aplicarlos en residencias, sitios turísticos, hoteles, edificios, entre otros, por lo que cuentan con compartimientos sellados de seguridad tanto para alta y baja tensión, lo cual hace que su funcionamiento sea seguro previniendo posibles accidentes al público. El Transformador ya mencionado es un equipo dentro de un gabinete, generalmente su ubicación se realiza a la intemperie, con terminales de media tensión de frente muerto y provisto de puertas con cerraduras [13].





**Figura 3. 11.** Transformador tipo pedestal [13].

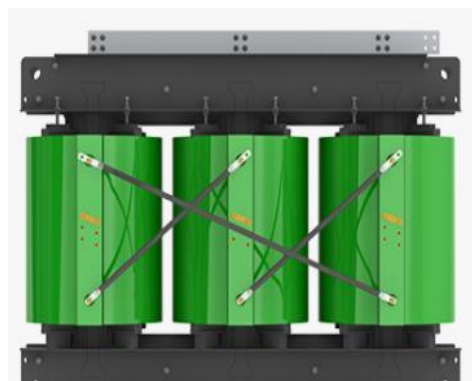
**c. Transformadores convencionales con frente muerto.**

Se encuentran establecidos en la norma (ARCERNNR) los cuales se encuentran homologados por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable por lo que se indica que este tipo de transformadores se caracterizan por no disponer de elementos expuesto en MV que puedan generar riesgos al contacto [13].

**Transformador tipo seco**

Los transformadores tipo seco son equipos que utilizan el aire como medio de refrigeración, así también como de aislamiento de sus bobinas y demás componentes.

Su función principal y frecuente es la misma de los transformadores sumergidos en líquido aislante, adecuados a los niveles de tensión primaria utilizados para las industrias, residencias y emprendimientos en general [13]



**Figura 3.12.** Transformador tipo seco [15].

### 3.4.2.2. Transformador tipo pedestal o Pad Mounted

Los transformadores tipo pedestal son ideales entre seguridad y estética, edificios, áreas residenciales, cumpliendo consistentemente con las normas internacionales IEC, ANSI C-57 y las normas nacionales NTE INEN 2683:2014 monofásicas y NTE INEN 2684:2014 trifásicas [13]. Están diseñados para uso externo e interno según norma. Se utilizan en instalaciones eléctricas industriales, comerciales y residencial. Son compactos, seguros y su apariencia les permite instalar en un lugar visible. Tienen compartimentos, sello de seguridad, que facilita su funcionamiento seguro y de bajo riesgo. Es un equipo en un armario de metal, con puerta de bloqueo, bien diseñado. Soporta diferentes condiciones climáticas [13].

### 3.4.2.3. Equipos de sección y protección

#### a. Celdas de medio voltaje en SF<sub>6</sub>.

Las celdas con aislamiento en SF<sub>6</sub> deben ser diseñadas y probadas para ser aplicadas en el interior, empleando como medio de aislamiento el gas hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>) y como sistema de extinción SF<sub>6</sub> o vacío, cumpliendo con las reglamentaciones y normas [14]. Las celdas de aislamiento en SF<sub>6</sub> deberán ser diseñadas para todo tipo de instalaciones al interior [14]. Este tipo de celdas no deberán ser ubicadas en cámaras subterráneas, para este caso deberá instalarse equipos de tipo sumergible según norma NEC 923-7b3.

Características constructivas	Aplicaciones
<ul style="list-style-type: none"><li>• Armadas y probadas en fábrica, para aplicaciones en servicio interior.</li><li>• Aislamiento en SF<sub>6</sub>.</li><li>• Resistencia al arco eléctrico.</li><li>• Máxima seguridad para las personas.</li><li>• Máxima seguridad de operación.</li><li>• Resistencia a las condiciones atmosféricas.</li><li>• Libre de mantenimiento.</li><li>• Dimensiones reducidas.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Maniobras de conexión y desconexión de redes de distribución con carga en medio voltaje.</li><li>• Interrupción automática de corrientes de falla en medio voltaje.</li><li>• Maniobras de conexión y desconexión de transformadores de distribución.</li></ul>

**Figura 3.13.** Características y Aplicaciones de las celdas de MV [14].

#### b. Interruptor para redes subterráneas

Tiene las siguientes características:

- Posee seccionadores interruptores de apertura con carga e interruptores de falla con sistema de extinción al vacío.

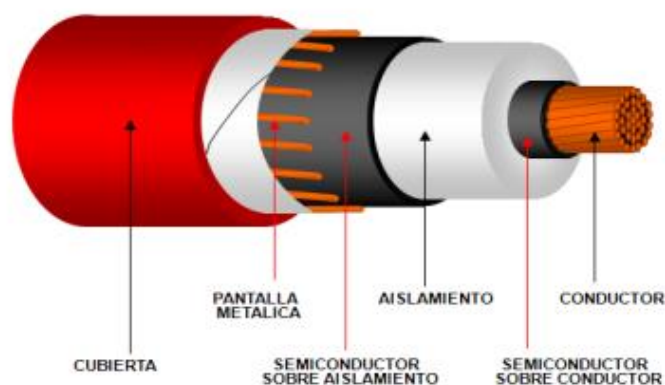
- Los interruptores están conectados con codos y encerrados en un tanque de acero soldado y con aislamiento en SF6, totalmente protegido del medio ambiente.
- El interruptor estará disponible desde 2 vías hasta 6 vías, en estos se alojarán terminales de barra, seccionadores y/o interruptores de fallas.
- Los terminales estarán equipados con boquillas tipo pozo con capacidad de 200 A o boquillas tipo perno de 600 o 900 A.
- El interruptor para redes subterráneas tiene certificación de resistencia a los arcos eléctricos según la norma IEC 298.

#### 3.4.2.4. Conductores

##### a. Cables para red de MV

En el sistema de distribución subterráneo de medio voltaje, utiliza cables monopolares con conductor de cobre aislados (100% y 133% de nivel de aislamiento) con polietileno reticulado termoestable (XLPE) o polietileno reticulado retardante a la arborescencia (TRXLPE) para voltajes de 15 kV, 25 kV y 35 kV [14].

En la figura 3.14 se representa sus características principales como son:



**Figura 3. 14.** Partes de un conductor XLPE de media tensión [14].

##### b. Cables para red de BV

Para red secundaria subterránea se utilizan cables con conductor de cobre, aislamiento de 2.000 V con polietileno (PE) y chaqueta de policloruro de vinilo (PVC) resistente a la humedad [14].

**Tabla 3. 2.** Características principales de los cables de BV [14].

Conductor	Cobre suave
Tipo de Aislamiento	Polietileno (PE)
Chaqueta	Policloruro de vinilo (PVC)

#### **3.4.2.5. Materiales y elementos civiles**

Dentro de este punto se considera ductos, pozos, contas de señalización, tapas, soportes y acometidas domiciliarias mismos detalles se encuentran especificados en el Anexo A, de este documento.

## **4. MATERIALES Y MÉTODOS**

Seguidamente se especifica los elementos y criterios del procedimiento utilizado en la evaluación. Revisar, analizar y describir: la planificación de la construcción de líneas de la red eléctrica de media y baja tensión, centros de transformación y alumbrado público, los mismos que sirve de base para la elaboración del proyecto.

### **4.1. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN**

Para este proyecto se requiere aplicar el método de investigación deductivo, este método se usará para el análisis de metodologías y procedimientos para el cálculo, además con la ayuda del método descriptivo se realizará la recolección, tabulación y posterior análisis de los datos, a través de la investigación bibliográfica, de fuentes secundarias mediante textos, libros, artículos, folletos, revistas y tesis.

### **4.2. MATERIALES E INSTRUMENTOS**

Los siguientes puntos detallan los principales materiales utilizados para desarrollar y aprobar la normativa para las redes de distribución subterráneas. Es importante destacar la verificación continua del plano de construcción eléctrica durante la fase de ejecución.

#### **4.2.1. Normativas**

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizaron diferentes normas de diseño y técnicas de construcción de redes soterradas, las mismas que han sido elaboradas por organismos y empresas eléctricas de distribución.

##### **a. ARCERNR**

Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables en conjunto con las empresas eléctricas de distribución ha trabajado en la homologación de especificaciones técnicas, unidades de propiedad, unidades constructivas, simbología, entre otros, para la aplicación por parte de las empresas distribuidoras en los procesos que desarrollan a diario.

## **b. Guía de diseño EEQ**

Se toma en cuenta los parámetros de diseño que constituye este proyecto de investigación para el estudio técnico con relación a los cálculos que se realizan en búsqueda de tipo de usuario, caídas de voltaje en baja, media tensión y los procedimientos que se llevan a cabo para realizar una red soterrada, debido a que la ELEPCO S.A no cuenta con una normativa específica por lo que los proyectistas se basan en esta normativa de la empresa eléctrica de Quito para la presentación de sus proyectos.

### **4.2.2. Software**

#### **a. Software de dibujo**

A partir del diseño arquitectónico se desarrollará los planos de red de medio, bajo voltaje seguidamente el plano de acometidas y alumbrado público para finalizar con el trazado de ductos en red subterránea utilizando el software AUTOCAD, el cual nos permitirá realizar el modelo de las estructuras de los planos eléctricos, para lo cual se utiliza diferentes herramientas propias del software que facilita el trazado y mediciones.

#### **b. Excel**

Basándose en las normas de diseño y construcción de la empresa distribuidora de la Empresa Eléctrica Quito (EEQ), que presentan la forma de cálculo de los parámetros de diseño por lo cual, con el uso de Excel se desarrolla en las planillas, caídas de voltaje en primario y secundario, finalizando la lista de materiales referencial de todo el proyecto. Excel es una herramienta que nos permite elaborar cálculos y determinar todo parámetro y la técnica del proyecto de investigación denominado urbanización consorcio habitacional colinas del sur.

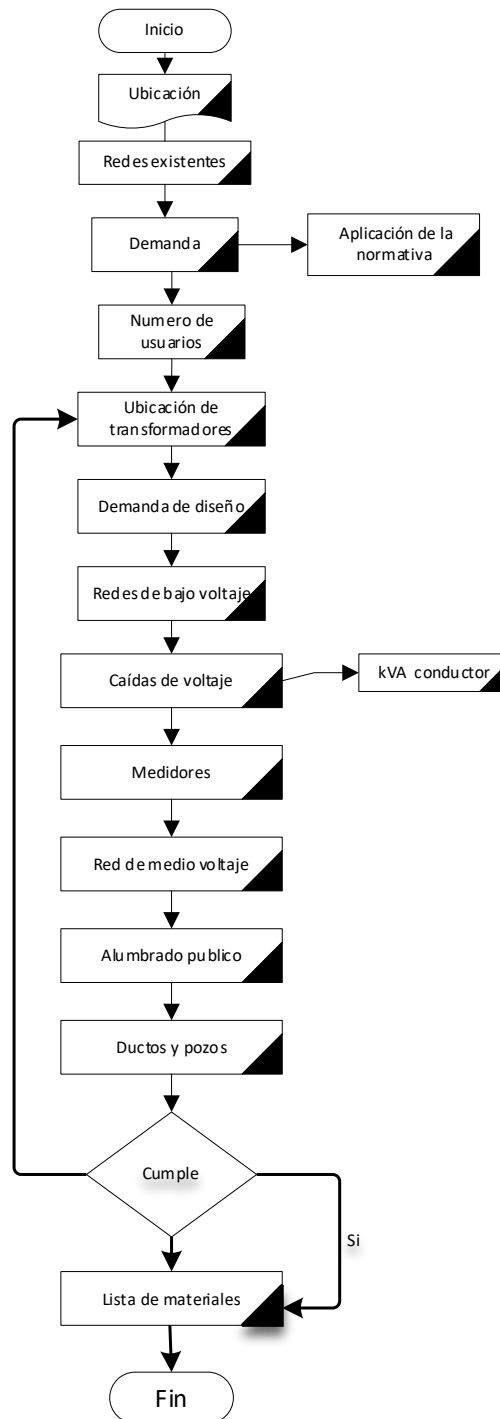
#### **c. DIALux evo 8.2**

DIALux es un software que se puede descargar e instalar de manera gratuita está diseñado para proyectos de iluminación, esta aplicación simula espacios y visualiza los resultados mediante imágenes fotorrealistas tomados de otros programas (como CAD) e incluye catálogos de todas de las empresas dedicadas a elaboración de lámparas de todo tipo, por lo cual se utilizó dentro de esta investigación para el análisis de iluminación para alumbrado público.

### **4.3. Diseño del sistema de distribución para la urbanización colinas del sur**

Para determinar el estudio de evaluación de la red de distribución, se realizó el diseño teniendo en cuenta los factores y parámetros ocupados para cada método de cálculo mediante

la guía de diseño de redes de distribución parte A de la Empresa Eléctrica Quito (EQQ). Para lograr este objetivo se parte de la metodología descrita en la Figura 4.1. Que describe el proceso que se va a llevar a cabo en cumplimiento de las normativas y organismos reguladores [15].



**Figura 4.1.** Procedimiento para la evaluación de la red eléctrica subterránea de la urbanización colinas del sur.

#### 4.3.1. Ubicación

El cantón Salcedo está dentro de la provincia de Cotopaxi se encuentra ubicado al Sur de la ciudad de Latacunga, cabecera cantonal: San Miguel, Extensión: 484.4 km<sup>2</sup>. , el lugar de estudio denominado “Urbanización Consorcio Habitacional Colinas del Sur” se encuentra localizado en el barrio Chípoalo junto a al anillo vial de la E35, el mismo que cuenta con un área de 68345.92 m<sup>2</sup>, distribuido según diseño arquitectónico a cargo del Arq. Wilson Vásquez se tiene 130 predios con un área de construcción de 168 m<sup>2</sup>, dos áreas de recreación que cuentan juegos infantiles y cancha de uso múltiple.

#### 4.3.2. Descripción de las Redes Existentes

La red aérea actual pasa por la cabecera sur oriente de la urbanización con un voltaje primario de 13.8 kV alimentado desde la subestación 03SA13B1S3 salcedo sur - oriente con coordenadas X: 767449 Y: 9883222 poste numeración 65628, de la misma forma existe una segunda red aérea desde el poste 65632 que se encuentra en un extremo de la avenida principal que pasa por la urbanización.

### 4.4. DEMANDA

#### 4.4.1. Cálculo de la Demanda Máxima Unitaria

Tomando en cuenta la planilla para determinación de demanda de diseño del apéndice A-11-D, parte A guía de diseño de redes de distribución de la Empresa Eléctrica Quito, como se muestra en la Tabla 4.1.

Columna 1 N<sup>o</sup>, orden de los elementos descritos, columna 2 descripciones, se ubica los nombres de los elementos y equipos eléctricos, columna 3 cantidad donde se ubica el número o cantidad de puntos, columna 4 potencia nominal ( $P_n$ ), de cada uno de los elementos y equipos eléctricos expresados en watts ( $W$ ). Columna 5 carga instalada ( $CI$ ), resulta del producto de la potencia nominal ( $P_n$ ), por la cantidad que describe la ecuación (4.1), columna 6 factor de frecuencia de uso ( $FFU_n$ ), representa el porcentaje de uso de cada uno de los aparatos eléctricos descritos en la columna 2, cuya equivalencia se calcula con la siguiente ecuación:

$$CI = P_n \cdot cantidad \quad (4.1)$$



Columna 7 carga instalada representativa ( $CI$ ) del usuario indica la proporción de la carga de la instalación utilizada simultáneamente durante el período de solicitud, lo que permite evaluar el valor adoptado en comparación con las instalaciones existentes y similares, que resulta del producto de factor de frecuencia de uso ( $FFU_n$ ), por la carga instalada ( $CI$ ), así como la ecuación (4.2), columna 8 factor de simultaneidad ( $FS_n$ ), expresado en porcentaje, el será fijado por el proyectista para cada carga instalada, dependiendo del uso de equipos, artefactos y dispositivos, utilizando la siguiente ecuación:

$$CIR = (FFU_n). (CI) \quad (4.2)$$

**Tabla 4.1.** Planilla de determinación de la demanda [15].

ANEXO	<b>DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA</b>				FECHA:							
NOMBRE DEL PROYECTO: ACTIVIDAD TIPO: LOCALIZACION: USUARIO TIPO: NUMERO DE USUARIOS:												
<b>PLANILLA PARA LA DETERMINACION DE DEMANDAS UNITARIAS DE DISEÑO</b>												
No.	APARATOS ELECTRICOS Y DE ALUMBRADO				FFUN	CIR	Fsn	DMU				
	DESCRIPCION	CANT.	Pn(W)	Pt(W)	(%)	(W)	(%)	(W)				
<b>TOTAL</b>												
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;"> <b>FACTOR DE POTENCIA (FP) :</b> <input style="width: 50px;" type="text"/>  <b>DMU:</b> <input style="width: 50px;" type="text"/> kVA  <b># USUARIOS</b> <input style="width: 50px;" type="text"/> </td> <td style="width: 50%;"> <b>FACTOR DE DEMANDA (FDM):</b> <input style="width: 50px;" type="text"/>  <b>I DISPARO</b> <input style="width: 50px;" type="text"/> A    <b>POTENCIA</b> <input style="width: 50px;" type="text"/> W  <b>DAP:</b> <input style="width: 50px;" type="text"/> Kw    <b>DD:</b> <input style="width: 50px;" type="text"/> DMD+DAP+DI <input style="width: 50px;" type="text"/> KVA         </td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: right;"><b>TRANSFORMADOR A INSTALAR = KVA</b></td> </tr> </table>									<b>FACTOR DE POTENCIA (FP) :</b> <input style="width: 50px;" type="text"/> <b>DMU:</b> <input style="width: 50px;" type="text"/> kVA <b># USUARIOS</b> <input style="width: 50px;" type="text"/>	<b>FACTOR DE DEMANDA (FDM):</b> <input style="width: 50px;" type="text"/> <b>I DISPARO</b> <input style="width: 50px;" type="text"/> A  <b>POTENCIA</b> <input style="width: 50px;" type="text"/> W <b>DAP:</b> <input style="width: 50px;" type="text"/> Kw  <b>DD:</b> <input style="width: 50px;" type="text"/> DMD+DAP+DI <input style="width: 50px;" type="text"/> KVA	<b>TRANSFORMADOR A INSTALAR = KVA</b>	
<b>FACTOR DE POTENCIA (FP) :</b> <input style="width: 50px;" type="text"/> <b>DMU:</b> <input style="width: 50px;" type="text"/> kVA <b># USUARIOS</b> <input style="width: 50px;" type="text"/>	<b>FACTOR DE DEMANDA (FDM):</b> <input style="width: 50px;" type="text"/> <b>I DISPARO</b> <input style="width: 50px;" type="text"/> A  <b>POTENCIA</b> <input style="width: 50px;" type="text"/> W <b>DAP:</b> <input style="width: 50px;" type="text"/> Kw  <b>DD:</b> <input style="width: 50px;" type="text"/> DMD+DAP+DI <input style="width: 50px;" type="text"/> KVA											
<b>TRANSFORMADOR A INSTALAR = KVA</b>												

De la Tabla 4.1. Se determina los siguientes parámetros descritos a continuación:

Columna 9 demanda máxima unitaria (*DMU*), definida como el valor máximo de la potencia que en un intervalo de tiempo en watts (*W*), obtenida del producto de la carga instalada representativa (*CIR*) por el factor de simultaneidad ( $FS_n$ ), como indica la ecuación (4.3).

$$DMU = CIR \cdot FS_n \quad (4.3)$$

El factor de demanda (*FDM*), tiene que estar dentro del rango de 0,5 a 0.9 para usuarios residenciales, mismo valor obtenido de la demanda máxima unitaria (*DMU*), entre la carga instalada representativa (*CIR*), total misma descrita en la ecuación (4.4).

$$FDM = \frac{DMU}{CIR} \quad (4.4)$$

La demanda máxima unitaria total obtenida, expresada en vatios, es convertida a kilovolt ampere (kVA), mediante la reducción correspondiente y la consideración del factor de potencia que, en general, para clientes residenciales es del 0,95, así como en la ecuación (4.5).

$$DMU = \frac{DMU}{1000 \cdot 0,95} \quad (4.5)$$

#### 4.4.2. Tipos de Usuarios Residenciales

De acuerdo con el apéndice A-11.05.-, Tabla A-11-4, Parte A guía de diseño de redes de distribución de la Empresa Eléctrica Quito, se tiene los valores de referencia de demanda máxima unitaria (*DMU*) de la carga instalada para usuario residencial, que considera la utilización de equipos eléctricos para uso general, cocción de alimentos y calentamiento de agua con lo cual se determinara el tipo de usuario ver Tabla 4.2, tomando en referencia la demanda máxima unitaria (*DMU*) determinada en el punto 4.1.1. [15].

**Tabla 4.2.** Clasificación de usuarios residenciales dependiente de la DMU [15].

USUARIO RESIDENCIAL	DMU KW	DMU KVA	CI KW	CI KVA
E	1,81	1,91	3,02	3,18
D	2.21	2,33	4,42	4,65
C	2,97	3,13	7,43	7,82
B	4.08	4,29	13,6	14,32
A	5.49	5,78	21,96	23,12
A1	6.86	7,22	27,44	28,88

#### 4.4.3. Número de Usuarios

De acuerdo con el plano arquitectónico Anexo A, de la urbanización colinas del sur se prevé de 130 predios por ende se tiene 130 usuarios de tipo residencial que están distribuidos dentro del mismo que requieren ser electrificados.

#### 4.5. UBICACIÓN DE TRANSFORMADORES

Para ubicar los transformadores de debe considerar que una inadecuada ubicación de los centros de transformación conduce a problemas de elementos sobredimensionados o sobrecargados, dando lugar a costos de inversión y problemas de operación como baja tensión y alto nivel de pérdidas por lo cual para este proyecto se toma en consideración los siguientes aspectos para la ubicación:

- Ubicar en el centro eléctrico de la carga
- Mayor concentración de usuarios

#### 4.6. DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA DE DISEÑO (*DD*)

De acuerdo con el apéndice A-11.04, determinación de la demanda de diseño, literal a) clientes residenciales, parte A guía de diseño de redes de distribución de la Empresa Eléctrica Quito, la demanda a considerar para el dimensionamiento de la red en un punto dado debe calcularse mediante la siguiente ecuación (4.6):

$$DD = \frac{DMD + DAP + D_{loss}}{FP} \quad (4.6)$$

Donde,

*DMD*: Demanda Máxima Diversificada

*DAP*: Demanda de Alumbrado Público

*D<sub>loss</sub>*: Perdidas técnicas

a) Demanda Máxima Diversificada (*DMD*)

Como primer paso para dimensionar el transformador se toma en cuenta la sección A-11 apéndice A-11.03, procedimiento para la determinación de la demanda máxima diversificada literal a) sectores con predominio de clientes residenciales, que muestra la tabla A-11-3, parte A guía de diseño de redes de distribución de la Empresa Eléctrica Quito. Donde muestran las demandas diversificadas que deben ser consideradas según el estrato asignado que se determinó en el punto 4.4.2 de este documento y el número de clientes asignado para cada transformador [15].

b) Demanda de Alumbrado Público (*DAP*)

Se determina respecto a la cantidad y la potencia de la lámpara por trafo, como se muestra en la ecuación (4.7):

$$DAP = \frac{\#LAMPARAS \cdot POTENCIA \cdot 1,25}{1000} \quad (4.7)$$

c) Demanda de Pérdidas Técnicas resistivas ( $D_{loss}$ )

La demanda de pérdidas técnicas resistivas se calcula multiplicando la demanda máxima diversificada *DMD* por el porcentaje de pérdidas técnicas del 3,6 % así como muestra en (4.8):

$$D_{loos} = 0,036 \cdot (DMD) \quad (4.8)$$

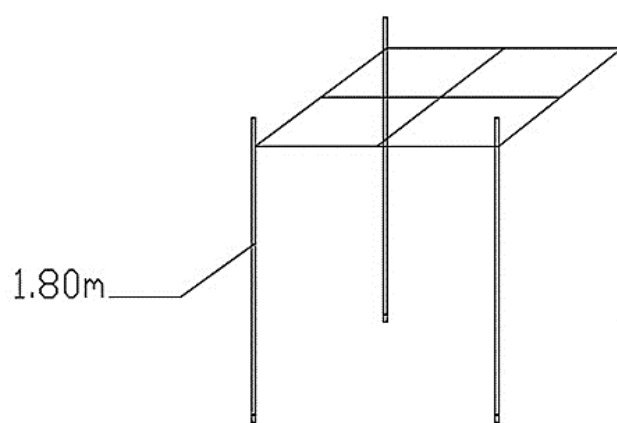
Por último, los parámetros anteriores se presentarán juntamente con los datos del punto 4.4.1. De este documento que utiliza la planilla para determinación de demanda de diseño del apéndice A-11-D, parte A guía de diseño de redes de distribución de la Empresa Eléctrica Quito [15].

#### **4.6.1. Puesta a Tierra**

Los sistemas de puesta a tierra deben garantizar la seguridad de los trabajadores de la línea de distribución y del público. El objetivo de un sistema de puesta a tierra es mantener seguras a las personas, las instalaciones y los equipos. El sistema de puesta a tierra debe evitar a toda costa que una persona pase de contacto a un paso de tensión que supere un umbral tolerable y ponga en peligro la vida de la persona o su integridad [15].

Seguidamente se toma en cuenta el estudio realizado de cálculo de puestas a tierra para centros de transformación apartado 3.4.4.2.1, de la Escuela Politécnica Nacional de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, en el cual describe el método de un electrodo en cada esquina misma configuración que se puede ver en la figura 4.3.y por último mediante la ecuación (4.9) que relaciona  $\rho$  resistividad del terreno, área que encierra los 4 electrodos y longitud del conductor que une las picas [17].

$$RPT = 0,443 \cdot \frac{\rho}{\sqrt{A}} + \frac{\rho}{l} \quad (4.9)$$



**Figura 4.3.** Configuración de un electrodo por esquina [15].

Donde,

$A$  : área total

$L$  : longitud total del conductor

Mismos resultados que deben estar dentro de los márgenes admisibles para puestas a tierra que son  $25 \Omega$  para redes subterráneas. Cabe aclarar que para esto se toma en cuenta los siguientes materiales para realizar la puesta a tierra:

- Conductor de cobre desnudo 1/0 AWG.
- Enterrados a una profundidad de 0.70 cm desde el nivel del suelo.
- Varillas copperweld de 1.80 m de largo y 1.6 cm de diámetro.

#### **4.7. REDES DE BAJO VOLTAJE**

De acuerdo con la ubicación de los transformadores se plantea el trazado de circuitos correspondiente a cada trafo, por lo que, durante esta fase de diseño, el proyectista debe utilizar todos los recursos para conseguir la solución viable, por un lado, teniendo en cuenta el objetivo principal de la instalación, que debe conseguirse con el uso de circuitos de baja tensión. El voltaje más cercano y apropiado para crear ramas de la red para las cargas de los usuarios, esta conexión debe garantizar que las caídas de voltaje estén dentro del rango permisible, para lo cual se toma en cuenta las recomendaciones de la sección A-12.05. Recomendaciones para trazado, Parte A guía de diseño de redes de distribución de la Empresa Eléctrica Quito [15].

#### **4.8. CAIDAS DE VOLTAJE**

Para este punto primeramente se define los rangos admisibles de caída de voltaje dependiendo si el alimentador es urbano o rural mismos rangos admisibles descritos en la sección A-11, Tabla A-11-8. Caída Máxima de Voltaje en la Red Secundaria (S/E con cambiador de taps bajo carga), Parte A guía de diseño de redes de distribución de la Empresa Eléctrica Quito.

##### **4.8.1 Calculo de Caída de Voltaje**

Para la red de bajo voltaje se realizan las conexiones de los usuarios en diferentes intervalos dependiendo de la parte y el espaciamiento de los circuitos, donde se sigue un procedimiento específico para calcular la caída de tensión máxima para que cada circuito esté sujeto a un porcentaje aceptable de caída de tensión, para lo cual se toma como referencia el formato tipo para cómputo de caída de voltaje circuitos secundarios del apéndice: A-12-B, Parte A guía de diseño de redes de distribución de la Empresa Eléctrica Quito. Así como muestra la Tabla 4.3.

El formado de caída de voltaje se llenará con los datos que se anotaran de la siguiente forma y siguiendo el orden que se describe a continuación:

Se inicia anotando los datos del proyecto que pide el formato de caídas de voltaje mismos que se deben colocar en la parte superior. Seguidamente la representación del diagrama de circuito, según la configuración del proyecto, con la ubicación de los pozos hacia el abonado y la distancia entre ellos la misma, expresada en metros y al mismo tiempo, indicando los siguientes datos número de pozo y el número de usuarios conectados [15].

Después se anotarán todos los datos pedidos en las columnas mismas que se describen a continuación, columna 1 ref. 1a designación del tramo del circuito comprendido entre dos pozos o puntos de derivación, columna 2 longitud anotar la longitud del tramo en metros (km).

**Tabla 4.3.** Formato para cómputo de caída de voltaje [15].

CÁLCULOS DE REGULACIÓN EN BAJO VOLTAJE		HOJA: ANEXO:									
		FECHA:									
PROYECTO: CONSUMIDOR: CATEGORÍA: DMJP: NÚMERO TOTAL DE CONSUMIDORES: LIMITE DE CAIDA DE VOLTAJE: ESQUEMA:		TRANSFORMADOR: REFERENCIA: POTENCIA NOMINAL: <b>KVA</b> FASES: MATERIAL DEL CONDUCTOR:									
DATOS					CARGA	LINEA			COMPUTO		
TRAMO			TRANSFORMADOR		DD	No. DE	TAMAÑO.	FCV	KVA-m	V (%)	
REF.	LONG (m)	USUARIOS	REF.	KVA	KVA	FASES	AWG	KVA-m		PARCIAL	ACUMULADO
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
										CAIDA DE VOLTAJE (%) :	
Ing. <b>Diseñador</b>											

Columna 3 anotar el número de usuarios totales del tramo, columna 4 y 5 se anotan la referencia del transformador y la capacidad de este, columna 6 demanda de diseño (*DD*), para el cálculo de este se toma en cuenta la tabla A-11-3 demanda máxima diversificada (*DMD*) que depende del tipo de usuario de la sección: A-11, parte A guía de diseño de redes de distribución de la Empresa Eléctrica Quito y el factor de potencia, así como describe la ecuación (4.10) [15].

$$RPT = \frac{DMD}{FP} \tag{4.10}$$

Columna 7 y 8 Se anota el número de fases y el calibre del conductor de acuerdo con la columna 10 [15]. Columna 9 se anota el kVA-m de acuerdo con el calibre del conductor de la columna 8 mismo valor que se toma del anexo E.1, calibre de conductores de aluminio y cobre de redes subterráneas [15], columna 10 se realiza el producto de la demanda en kVA (columna 4) por la longitud del tramo (columna 2) [15]. Columna 11 el cociente calculado de la sección del conductor (columna 10) se divide por Kva m característico del conductor (columna 9), correspondiente a la caída de tensión local en la sección porcentaje del valor nominal [15].

Columna 12 el valor de la caída de voltaje total, que es la suma de las caídas locales a lo largo de una sección transversal, a lo largo de los caminos desde el transformador hasta los extremos de las ramas alimentadas [15].

#### **4.9. MEDIDORES**

El sistema de medición vendrá del pozo más cercano de la vivienda y está atravesando la red BV, Fase y Neutro usarán un cable tipo TTU #4 AWG de calibre mínimo, el mismo cable alcanzará el medidor de energía bifásico 3 hilos que estará ubicado en la parte frontal exterior de la residencia, el cual estará a una altura no mayor de 1.50 m medidos desde el nivel del suelo para facilitar la lectura del consumo por parte del personal de la empresa distribuidora [15].

Además, se determina la corriente tomando en cuenta la potencia entre el voltaje por el factor de potencia que muestra la ecuación 4.11, para la elección del conductor adecuado.

$$I = \frac{P}{V \cdot FP} (A) \quad (4.11)$$

#### **4.10. RED DE MEDIO VOLTAJE**

##### **4.10.1 Transición Aérea Subterránea**

Es necesario realizar este procedimiento de alimentación de una red aérea a subterránea Para lo cual se prevé de los siguientes materiales:

- Crucetas
- Seccionador tipo abierto
- Pararrayos
- Cable de cobre # 2 AWG 7 HILOS puesta a tierra
- Punto terminal tipo exterior
- Codo metálico reversible
- Tubería de acero galvanizado 4"
- Hebillas de acero inoxidable
- Codo metálico 90°



#### **4.10.2 Seccionamiento y Protección**

Este punto especifica los requisitos mínimos para Dispositivos de seccionamiento y protección que deben seleccionarse y aplicarse. El diseñador considera al diseñar la red, el propósito es lograr un objetivo Fiabilidad razonable y facilidad de operación y mantenimiento de la instalación [15].

La sección A, apéndice A-13.02 parte A guía de diseño de redes de distribución de la Empresa Eléctrica Quito, se desglosa de acuerdo con su función y tipo de instalación de esta manera y tomando en cuenta el criterio se elegirá el que más este acorde con seguridad y eficiencia. Mismo que se selecciona con la corriente ( $I$ ) que debe seccionar en caso de falla como muestra la ecuación (4.12) [15].

$$I = \frac{S_{3\theta}}{\sqrt{3} \cdot VLL} \quad (4.12)$$

#### **4.11. ALUMBRADO PÚBLICO**

El diseño e instalación de distribución de energía en centros urbanos y núcleos de población rural deberá considerar el equipamiento y control automático del alumbrado de las vías públicas, plazas y espacios verdes de servicio a la comunidad incluidos en el planeamiento urbanístico. Por lo tanto, el diseño incluirá la determinación de niveles de iluminación y elementos uniformes, la selección de fuentes de luz y accesorios de iluminación, la aplicación de, la ubicación y disposición de los elementos en el edificio [19].

Para la simulación del alumbrado público, se utilizará DIALux al mismo que se insertaran parámetros dependiendo del aérea de estudio, para lo cual se basa en la resolución Nro. ARCERNNR – 029/2020 [19]

#### **4.12. DUCTOS Y POZOS**

##### **4.12.1 Configuración de Ductos**

De acuerdo con la sección A-20, apéndice A- 20.8 tubería, los ductos servirán para protección de los cables de red subterránea, los cuales deberán ser de PVC según la norma NTE INEN 2227, NTE INEN 1869 y acorde a la normativa de la ARCERNNR, de pared estructurada interior liso y exterior corrugado, para red de MV y BV (diámetro de 110 y 160 mm); y tubo

PVC del tipo II pesado para alumbrado público y acometidas domiciliarias (diámetro 50 mm). También deben considerarse aspectos como:

La configuración de los ductos en cada tramo estará dada en base a la necesidad del número de conductores de media y baja voltaje, mismo que estará constituido por filas y columnas [15].

Para los sistemas de comunicación de equipos eléctricos, se colocará en toda canalización un triducto de polietileno de pared exterior lisa e interior con estrías longitudinales, de 40 mm de diámetro.

Utilizar separadores para una distancia uniforme, mismos que deben ser de lámina de PVC.

#### **4.12.2 Tipos de Pozos**

Se construirán los pozos con paredes de concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup> ladrillos o bloques de hormigón el espesor de la pared será de al menos 12 cm. La pared interior de un pozo de ladrillo o mampostería debe enlucirse con mortero 1:3 y alisado con cemento la entrada a la fosa estará en la acera de esta manera. Se utilizará para proteger al personal de mantenimiento. La distancia de pozo a pozo será de 30 y 60 metros entre ellos [15].

Tomando en cuenta los aspectos antes mencionados se determina los tipos de pozos a utilizar dependiendo a la necesidad y aplicación que el proyectista disponga dentro del proyecto, por lo tanto, en la Tabla A-20-3, dimensiones para los pozos de servicio eléctrico de la sección: A-20, Parte A guía de diseño de redes de distribución de la Empresa Eléctrica Quito, se considera los diferentes tipos de pozos, dimensiones y aplicaciones [15].

#### **4.13. MATERIAL Y EQUIPO NECESARIO**

Luego de haber realizado un análisis del sistema de distribución subterráneo se determina el material y equipo necesario que resulte para la ejecución del proyecto, se elabora rubros tanto eléctrico y civil, los mismos que deben ser considerados al momento de su construcción organizado de la siguiente manera:

- Materiales y equipos de bajo voltaje.
- Materiales y equipos de media tensión.
- Conductores de media y baja tensión.
- Alumbrado público y accesorios.
- Transformadores y accesorios.
- Puesta tierra y accesorios.
- Torres, postes y accesorios.
- Pozos y ductos.

## **5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

En el presente capítulo se detallan los diseños para el soterramiento de la Urbanización Consorcio Habitacional Colinas Del Sur y se presentan los resultados obtenidos en el cálculo de estudio de carga, demanda, regulación de voltaje medio y bajo voltaje los cuales se realizan con la ayuda de las normativas de diseño y construcción de redes de distribución.

Seguidamente se tiene detallado el análisis y descripción de los aspectos constructivos de la obra civil y en los planos se visualizan las rutas Redes de media y baja tensión, centros de transformación y alumbrado público; las mismas Como base para el desarrollo del proyecto.

Para realizar los cálculos de estudio de cargas y demanda se utilizó una planilla para la determinación de la demanda unitaria para usuarios residenciales, de la misma manera para la determinación de regulación de voltaje en media y bajo, continuando con una hoja de presupuesto referencial que nos permite un análisis del costo que va a tener el proyecto, todo esto mediante la ayuda del Excel el cual permite realizar cálculos matemáticos y presentar resultados de manera eficiente. Seguidamente se añade un estudio de iluminación para alumbrado público donde se presenta la Inter distancia máxima a la que se debe colocar cada lámpara. Finalmente se presenta el diseño con la ayuda de AutoCAD de planos de red medio, bajo, acometidas, alumbrado público, ductos, diagramas unifilares y plano de ubicación.

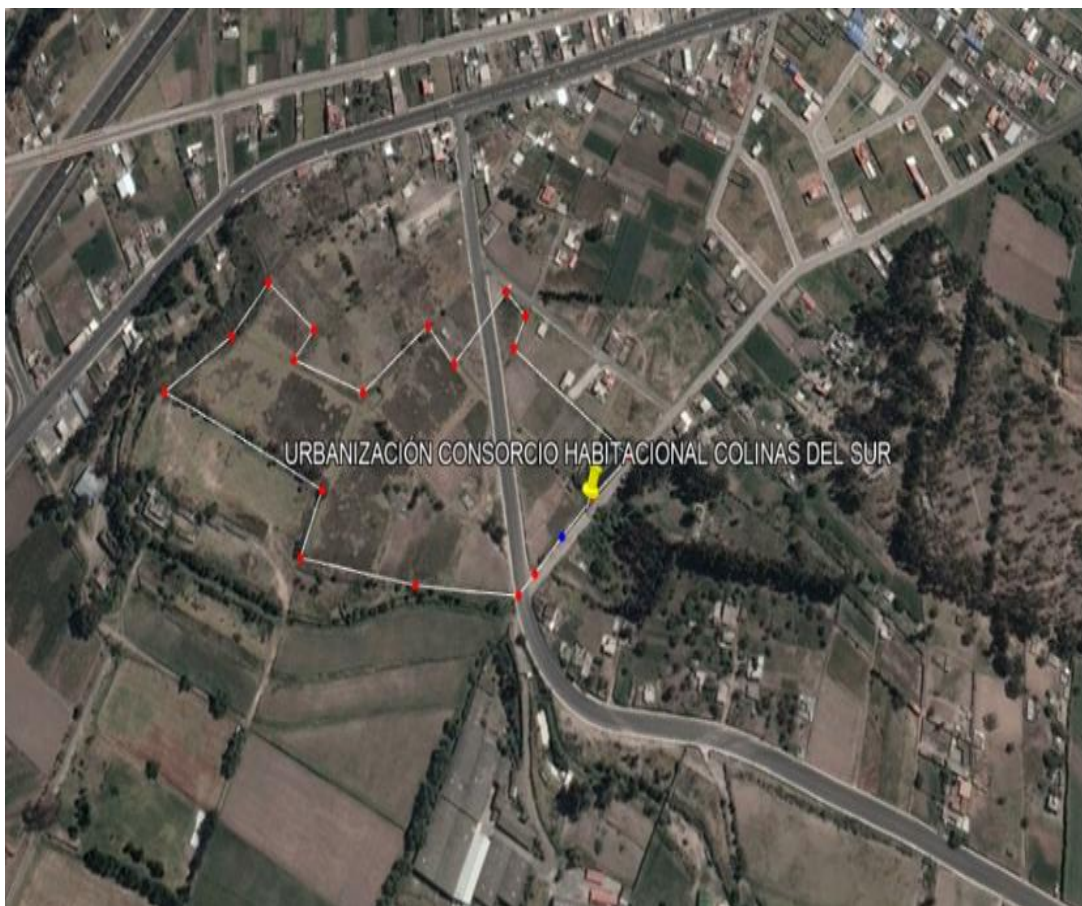
### **5.1. UBICACIÓN**

El cantón Salcedo está dentro de la provincia de Cotopaxi se encuentra ubicado al sur de la ciudad de Latacunga, cabecera cantonal: San Miguel, Extensión: 484.4 km<sup>2</sup>, el lugar de estudio denominado “Urbanización Consorcio Habitacional Colinas del Sur” se encuentra localizado en el barrio Chípoalo junto a al anillo vial de la E35, el mismo que cuenta con un área de 68345.9259 m<sup>2</sup>, distribuido según diseño arquitectónico se tiene 130 predios con un área de construcción de 168 m<sup>2</sup>, dos áreas de recreación que cuentan juegos infantiles y cancha de uso múltiple el mismo que se puede observar en relación con la ubicación mediante Google maps se traza su localización que se puede visualizar en la Figura 5. 1, la zona está ubicada y direccionada en la Tabla 5.1. De la siguiente manera:

Provincia: Cotopaxi

Cantón: Salcedo - Parroquia "San Miguel"

Barrio: Chípoalo



**Figura 5. 1.** Área de estudio para red soterrada urbanización colinas del sur.

**Tabla 5. 1.** Localización de la Urbanización.

NORTE:	PREDIOS DE DISTINTOS DUEÑOS
Sur:	Uwe nickelsen
Este:	S/N anillo vial
Oeste:	Predios distintos dueños

## 5.2. CÁLCULO Y DETERMINACIÓN DEMANDA

### 5.2.1. Demanda máxima unitaria (*DMU*)

Con un estimado de las cargas que se tiene dentro de una vivienda, se determinó la demanda máxima unitaria, referente al cálculo este es la máxima potencia consumida en un intervalo de tiempo el cual se determina en la (Columna 9) de determinación de la demanda, el cual está relacionado directamente con el factor de potencia (0.95), para caso residencial multiplicado por 1000 para obtener kVA como muestra la ecuación (4.5), considerando que todas las residencias van a tener una carga similar o igual, se puede decir que vamos a tener 3.04 kVA en cada una de las viviendas ver Anexo C.

### 5.2.2. Determinación de la categoría del usuario

El valor obtenido anteriormente de  $DMU = 3.04 \text{ KVA}$  de acuerdo con lo especificado en el punto 4.4.2 en este documento, ubica en un estrato o tipo de usuario C. como se muestra en la Tabla 5.2.

**Tabla 5. 2.** Tipo de usuario residencial valores referenciales demanda máxima unitaria DMU [15].

USUARIO RESIDENCIAL	DMU KW	DMU KVA	CI KW	CI KVA
E	1,81	1,91	3,02	3,18
D	2,21	2,33	4,42	4,65
C	2,97	3,13	7,43	7,82
B	4,08	4,29	13,6	14,32
A	5,49	5,78	21,96	23,12
A1	6,86	7,22	27,44	28,88

De la Tabla 5.2. el mismo que presenta los diferentes tipos de usuarios residenciales clasificados de acuerdo a la demanda máxima unitaria, por lo cual se ubica de 2,33 a 3,13 kVA por lo cual de acuerdo con la *DMU* que se obtuvo de 3.04 ubica en usuario tipo C.

### 5.2.3. Número de usuarios

El número de usuarios se determina de acuerdo con el número de predios que están distribuidos dentro del plano arquitectónico del Anexo A, en donde se puede apreciar que se tiene 130 usuarios que son tomados en cuenta dentro de la urbanización colinas del sur.

## 5.3. UBICACIÓN DEL TRANSFORMADOR

Partiendo desde la red aérea actual con un voltaje primario de 13.8 kV que se encuentra en un extremo de la avenida principal que pasa por la urbanización que parte desde el poste 65632, hacia los centros de transformación que se ubican considerando la mayor concentración de

usuarios, el centro eléctrico de la carga y espacio físico adecuado por lo cual se ubica el primer centro de transformación CT-01 en la acera de la calle B, en los límites de los predios I1 y I18 como muestra la Figura 5. 2.

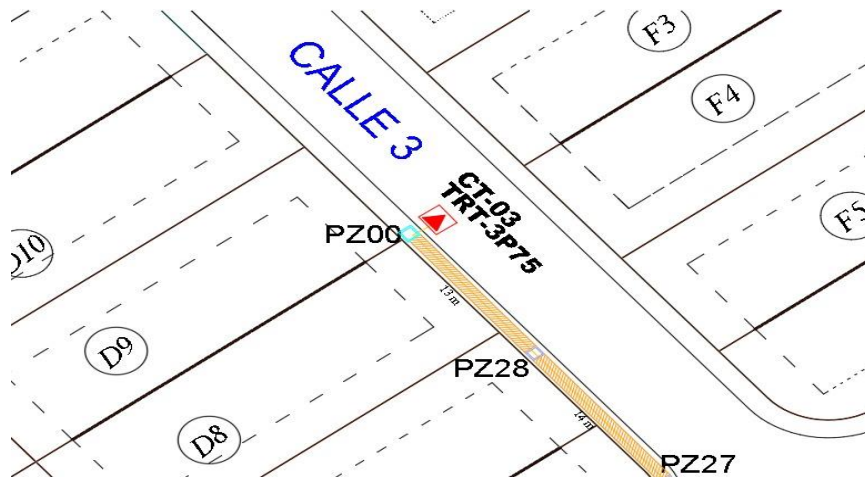


**Figura 5. 2.** Ubicación del centro de transformación CT-01.

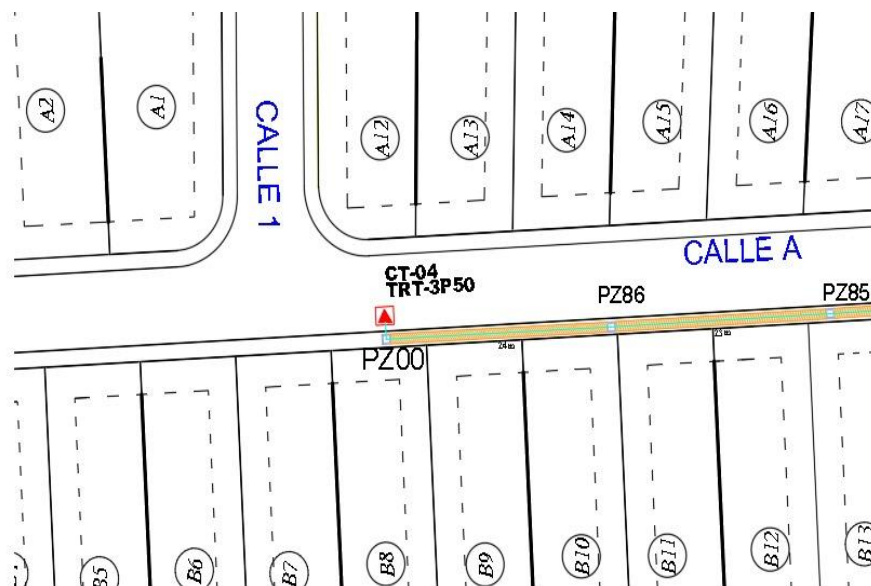
Una segunda red que se ubica en la cabecera sur oriente poste de numeración 65628 hacia los centros de transformación restantes, CT-02 se ubicará en la acera de la calle 3, en los límites de los predios E8 y E9 ver Figura 5. 3, el tercer centro de transformación CT-03 se ubicará en la calle 3, en los límites de los predios D8 y D9 de acuerdo con la Figura 5. 3, finalmente el cuarto centro de transformación CT-04 se ubicará en la calle A, en frente del predio B8 como muestra la Figura 5. 4.



**Figura 5. 3.** Ubicación del centro de transformación CT-02.



**Figura 5. 4.** Ubicación del centro de transformación CT-03.



**Figura 5. 5.** Ubicación del centro de transformación CT-04.

#### **5.4. DETERMINACION DE LA DEMANDA DE DISEÑO (DD)**

De acuerdo con los parámetros especificados en el punto 4.6, de este documento para con este procedimiento finalmente obtener la demanda de diseño por lo cual se tiene los resultados de cada uno de ellos de la siguiente manera:

##### **5.4.1. Demanda máxima diversificada (DMD)**

En relación con la demanda máxima diversificada ver Anexo D, se determina con el número de usuarios y el estrato en este caso C. mismo procedimiento de obtención se describió en el punto 4.6 literal A, de esta manera obteniendo los resultados presentados en la Tabla 5. 3.

**Tabla 5. 3.** Valores obtenidos de demanda máxima diversificada *DMD*.

PLANILLA DETERMINACIÓN DE DEMANDA	# USUARIOS	DEMANDA MÁXIMA DIVERSIFICADA <i>DMD</i> (kW)
1	30	43,03
2	35	49,27
3	34	48,00
4	31	44,30

La Tabla 5.3, indica los valores obtenidos de cada conjunto de usuarios que va a abarcar cada transformador, la demanda máxima diversificada se elige de acuerdo con el tipo y número de usuario.

#### 5.4.2. Demanda de alumbrado público (*DAP*)

En el aspecto de alumbrado público se proveerá de una lámpara de 100 W de capacidad, para el cálculo correspondiente el cual resulta de multiplicar la potencia de lámpara, número de lámparas y por 1,25 que relaciona 1000 para obtener el resultado en kW como muestra la ecuación (4.8), Posterior a esto se continúa realizando el mismo procedimiento para obtener los siguientes resultados presentados por cada transformador en su totalidad se tiene 70 lámparas repartidas de la siguiente manera en la Tabla 5. 4, consecuentemente obtenemos,

**Tabla 5. 4.** Resumen de resultados obtenidos del cálculo de alumbrado público (*AP*).

TRAFO	# LÁMPARAS	AP [kW]
CT-01	24	3
CT-02	15	1,88
CT-03	16	2
CT-04	15	1,88

#### 5.4.3. Pérdidas de la red de bajo voltaje ( $D_{loss}$ )

Para las pérdidas de la red de bajo voltaje se considera la ecuación (4.9) que describe el porcentaje de pérdidas admisibles 3,6 % por la demanda máxima diversificada (*DMD*) en kW, obteniendo los resultados resumidos en la Tabla 5.5, que muestra los valores calculados de demanda de alumbrado público y demanda máxima diversificada con los cuales se determina las pérdidas técnicas que va a tener cada transformador.



**Tabla 5. 5.** Resumen de resultados obtenidos de pérdidas en el transformador ( $D_{loss}$ ).

PLANILLA DETERMINACIÓN DE DEMANDA	DEMANDA DE ALUMBRADO PÚBLICO (AP) kW	DEMANDA MÁXIMA DIVERSIFICADA (DMD) KW	PÉRDIDAS DE LA RED DE BV( $D_{loss}$ ) KW
1	3	43.03	1.54
2	1.88	49,27	1.77
3	2	48,00	1.72
4	1.88	44,30	1.59

#### 5.4.4. Demanda de Diseño ( $DD$ )

Finalmente, después de haber hecho los cálculos de los parámetros que muestra la ecuación (4.10) para con esto obtener la demanda de diseño que no es más que la sumatoria de demanda de alumbrado público y pérdidas de la red de bajo voltaje en relación con el factor de potencia que para clientes residenciales se considera 0.95, obteniendo los siguientes resultados que muestra la Tabla 5.6, columna 3 demanda de diseño y de la misma manera estos resultados se encuentran en la planilla de determinación de demanda en el Anexo C.

En caso de que no exista un transformador con la demanda de diseño requerida se debe proceder escoger un transformador próximo que exista dentro del mercado, anteriormente se obtuvo 50 kVA misma capacidad de transformador si existe, por ende, se procede a escoger uno de 50 kVA, y sucesivamente se elige la capacidad del transformador que depende del conjunto de usuarios que se asignó a cada trafo. De la misma manera la Tabla 5.6, presenta los resultados obtenidos a continuación:

**Tabla 5.6.** Resumen capacidad de transformadores ( $DDT$ ).

PLANILLA DETERMINACIÓN DE DEMANDA	# USUARIOS	DEMANDA DE DISEÑO (DDT) Kva	TRANSFORMADOR POR UTILIZAR
1	30	50	75
2	35	55,7	75
3	34	54	75
4	31	50	75

La Tabla 5.6, muestra todos los parámetros calculados anteriormente para llegar a obtener la demanda de diseño. Cabe mencionar que la urbanización se va a proveer de 4 transformadores de 75 kVA, abarcando una demanda total de la urbanización de 300 kVA. Se considera los CT-01 y CT-02 de 75 kVA debido al incremento de carga o incorporación de nuevos sistemas eléctricos o bombeo de agua.

### **5.3.7 Puesta a Tierra en los Centros de Transformación**

El centro de transformación contará con una puesta a tierra, mediante una bajante con cable de cobre desnudo calibre 1/0 AWG, la cual estará enterrado a 70 cm del suelo, se instalan varillas copperweld de 1,80 m de largo y 1,6 cm de diámetro, las cuales estarán ubicadas de acuerdo con la Figura 4.3, el área encerrada por las picas es de  $A = 16m^2$  con una longitud de  $L = 4 m$ . El cable y las varillas estarán sólidamente unidas mediante soldadura exotérmica.

Esto se consideró ya que se tiene un terreno del tipo caliza blanca, lo cual, de acuerdo con el Anexo E, tiene una resistividad de  $190 \Omega m$ , con estos datos se determina mediante la ecuación (4.10) la resistencia de puesta a tierra de  $25 \Omega$  que esta dentro del rango admisible que debe de tener una puesta a tierra.

## **5.5. DISEÑO DE LA RED BAJO VOLTAJE**

Después que se ha realizado el estudio de la demanda para el conjunto de usuarios de la urbanización. Seguidamente se detalla el análisis de diseño de redes medio, bajo voltaje y alumbrado público.

Para esto, se tomará en cuenta normativas vigentes, criterios de diseño y construcción de redes soterradas con relación a la elección de conductores, regulación de voltaje y centros de transformación que intervienen en el proyecto.

### **5.5.1. Red de bajo voltaje**

Red de baja tensión 220/127 V alimentada por el transformador trifásico Pad Mounted para lo cual se toma en cuenta un análisis de los centros de transformación, tipo y calibre de conductor en relación con la red de bajo voltaje y su respectivo trazado desde los centros de transformación hasta las acometidas de los usuarios.

**a. Diseño de la red**

Los parámetros de diseño de la red de medio voltaje del proyecto en estudio cumplen con lo establecido en la sección A-12. “Normas para sistema de distribución eléctrica de redes subterráneas” del documento parte A de la guía de sistema de distribución que da a conocer las normas, requisitos, condiciones e instrucciones para el trazado [18].

Primeramente, se sitúan los centros de transformación, para seguidamente definir la ruta de los circuitos de cada transformador para tener una caída de voltaje admisible para el recorrido de la red de bajo voltaje se toma en consideración las condiciones donde se va a ubicar la base del Pad Mounted, para seguidamente fijar las rutas de los circuitos que va a tener cada centro de transformación. Anexo F, se presenta el plano de trazado de la red de bajo voltaje, el cual tiene el diseño de trazo de los cuatro transformadores con sus respectivos circuitos.

El respectivo plano está trazado a una escala de 1:1. El plano contiene los trazados de cada circuito hasta su centro de transformación también contiene una tabla con la simbología y descripción de cada uno de los elementos que conforman el circuito, los cuales son: pozos, cámara de transformación, tipo y calibre de conductores.

**Tabla 5. 8.** Colores de identificación de cada circuito.

CENTROS DE TRANSFORMACIÓN	
CT-01	C1
	C2
	C3
	C4
CT-02	C1
	C2
	C3
	C4
CT-03	C1
	C2
	C3
	C4
	C5
CT-04	C1
	C2
	C3
	C4
	C5
	C6

La Tabla 5.8, Muestra los colores que identifican la línea de trazado de cada circuito perteneciente a cada transformador.

Cabe recalcar que si los planos contienen el tipo y calibre de conductor de los circuitos de bajo voltaje es debido al estudio que se realizó en regulación de voltaje tomando en cuenta aspectos que recomienda la EEQ para la elección de conductores subterráneos, además a esto se presenta los colores del trazado de cada circuito dentro del plano general de baja tensión para identificar y evitar confusiones, así como en la Tabla 5. 8.

### **b. Cálculo de regulación de tensión en secundarios**

Obteniendo la configuración de la red de bajo voltaje que se muestra en el Anexo G, para seguidamente realizar el cálculo y determinación la caída de voltaje de acuerdo con la planilla de la EEQ, una vez realizado este procedimiento se obtienen resultados de caída que están dentro del límite establecido. Para esto se optaron por conductores de aluminio recomendado para redes soterradas para cada uno de los circuitos secundarios de la red, a continuación, se dan a conocer los parámetros tomados en cuenta para el cálculo de caída de voltaje.

Los usuarios determinados para este proyecto pertenecen a un estrato de consumo tipo C. por lo cual para determinar la DD de la columna 6 del anexo G.1, G.2, G.3, G.4. Se toma en cuenta la tabla demanda máxima diversificada (DMD) de la sección: A- 11 de guía para diseño de redes de distribución de la empresa eléctrica quito mismos datos se encuentran en el Anexo D considerando la utilización de equipos eléctricos para uso general, cocción y calentamiento de agua. Se toma este valor dependiendo del número de usuarios y estrato de consumo dividido para el factor de potencia.

Para la obtención de los valores de kVA-m, se obtiene del producto de la columna 6 *DD* con la longitud del tramo de la columna 2 *LONG* (m) y los kVA del conductor depende del calibre del conductor según la normativa de la Empresa Eléctrica Quito (EEQ), da a conocer una tabla que contiene el calibre del conductor con su especificación de kVA mostrados en la tabla del Anexo I.1.

Seguidamente se procede al cómputo del parcial de caída de voltaje que resulta de dividir la columna 10 de kVA calculados con respecto a los kVA del conductor. Finalmente se obtiene el acumulado de caída de voltaje que es igual a la sumatoria del acumulado anterior con el parcial del punto en donde se está obteniendo la caída de voltaje.

Para las plantillas de las guías de diseño de la EEQ se considera que los niveles de caída de voltaje admisibles que son de 3% en zonas urbanas y 3,5 en zonas rurales, para esto con la ayuda de excel se procedió a realizar el respectivo cálculo obteniendo resultados favorables que están dentro de los rangos admisibles en baja tensión.

Para cada uno de los centros de transformación CT y sus respectivos circuitos se realiza un proceso repetitivo especificado anteriormente para obtener los resultados de caída de voltaje, obteniendo los siguientes resultados presentados en la Tabla 5. 9, mismos resultados que están dentro del rango admisible que no sobrepasa del 3% que especifica las normas de la empresa eléctrica quito para redes urbanas. Cabe mencionar que todos estos resultados de regulación de voltaje se pueden verificar en el Anexo G,1,2,3,4.

**Tabla 5. 9.** Regulación de voltaje en bajo voltaje de cada trafo.

CENTROS DE TRANSFORMACIÓN		# USUARIOS	% CAÍDA DE VOLTAJE
CT-01	C1	9	2,218
	C2	3	2,038
	C3	7	2,351
	C4	11	1,820
CT-02	C1	9	2,161
	C2	8	2,276
	C3	9	2,075
	C4	9	2,192
CT-03	C1	8	2,100
	C2	8	2,018
	C3	7	1,630
	C4	7	1,918
	C5	4	1,728
CT-04	C1	4	1,030
	C2	6	1,795
	C3	10	2,313
	C4	4	1,667
	C5	3	1,008
	C6	4	2,255

### c. Conductores

Los conductores utilizados en las líneas subterráneas en este caso bajan tensión serán de aluminio y estarán aislados con una mezcla de polímeros adecuada. Deben estar protegidos de la corrosión que pueda ocasionar el suelo sobre el que se instalen, y tener la resistencia mecánica suficiente para soportar los esfuerzos a los que puedan estar sometidos.

Consecuentemente a los resultados de las caídas de voltaje se obtuvo de manera directa los calibres de los conductores de la red de bajo voltaje. Los mismos son conductores de aluminio de bajo voltaje de tipo TTU, considerados para este proyecto los cuales se eligen de acuerdo con su kVA-m y su respectiva configuración ya sea este monofásico o trifásico en banco de ductos o en un solo ducto en este caso banco de ductos trifásico de acuerdo con el Anexo H.

Seguidamente, tomando en cuenta el calibre y distancia de recorrido de cada tipo de conductor determinado en el formato de caída de voltaje se obtuvo el total (m) del conductor por trazo ver Tabla 5.10, Tabla 5.11, Tabla 5.12 y Tabla 5.13, para esto se prevé un desperdicio de 1,05 para con esto obtener el total de cada tipo de conductor Tabla 5. 12, referente a bajo voltaje.

**Tabla 5. 10.** Total (m) de los conductores de baja tensión CT-01.

CONFIGURACIÓN CALIBRE CONDUCTOR	TOTAL (m)
3X4 +(1X4) TTU AL	428,4
3X 1/0+(1X1/0) TTU AL	646,8
3X 2+(1X2) TTU AL	336
3X 2/0+(1X2/0) TTU AL	823,2

En la Tabla 5.10, en la configuración se muestra el calibre de los conductores por circuito que salen del CT-01 obtenidos en los cálculos de baja tensión y la longitud de respectivo calibre en metros.

**Tabla 5. 11.** Total (m) de los conductores de baja tensión CT-02.

CONFIGURACIÓN CALIBRE CONDUCTOR	TOTAL (m)
3X4 +(1X4) TTU AL	252
3X 2/0+(1X2/0) TTU AL	848,4
3X1/0 +(1X1/0) TTU AL	1537,2

En la Tabla 5.11, en la configuración se muestra el calibre de los conductores por circuito que salen del CT-02 obtenidos en los cálculos de baja tensión y la longitud de respectivo calibre en metros.

**Tabla 5. 12.** Total (m) de los conductores de baja tensión CT-03.

CONFIGURACIÓN CALIBRE CONDUCTOR	TOTAL (m)
3X1/0 +(1X1/0) TTU AL	1184,4
3X 2/0+(1X2/0) TTU AL	743,4
3X2 +(1X2) TTU AL	420
3X4 +(1X4) TTU AL	394,8

En la Tabla 5.12, en la configuración se muestra el calibre de los conductores por circuito que salen del CT-03 obtenidos en los cálculos de baja tensión y la longitud de respectivo calibre en metros.

**Tabla 5. 13.** Total (m) de los conductores de baja tensión CT-04.

CONFIGURACIÓN CALIBRE CONDUCTOR	TOTAL (m)
3X4 +(1X4) TTU AL	1327,20
3X2+(1X2) TTU AL	436,80

En la Tabla 5.13, en la configuración se muestra el calibre de los conductores por circuito que salen del CT-04 obtenidos en los cálculos de baja tensión y la longitud de respectivo calibre en metros.

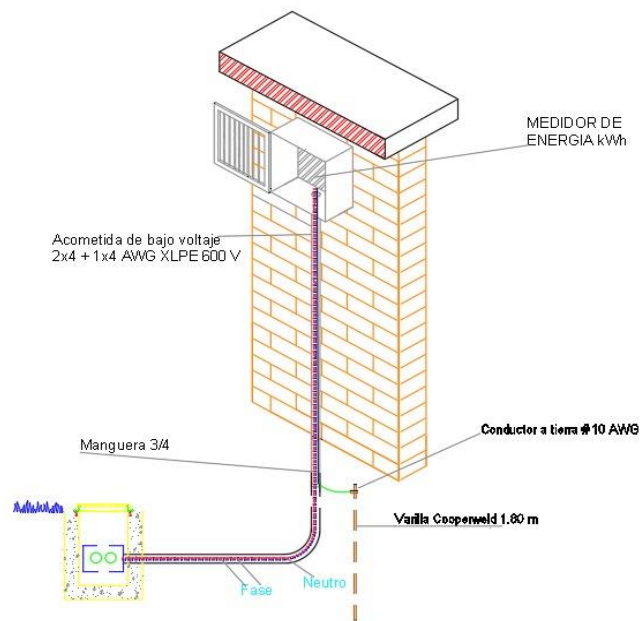
**Tabla 5. 14.** Total (m) de los conductores de baja tensión.

CALIBRE	TOTAL (m)
3X4/0 XLPE CU+(1X4/0 DES CU)	153,78
DESNUDO 4	51,26
3X4 +(1X4) TTU AL	2402,40
3X2 +(1X2) TTU AL	1192,80
3X1/0 +(1X1/0) TTU AL	3368,40
3X 2/0+(1X2/0) TTU AL	2415,00

En la Tabla 5.14, en la configuración, se muestra un resumen de la suma total del calibre de los conductores de los cuatro transformadores.

#### d. Medidores

Este punto el cual es complementario dentro del análisis de la red de bajo voltaje, se incluye las acometidas que llegan a cada uno de los usuarios de la urbanización, con las especificaciones que se da a conocer en el punto 4.9 de metodología, utilizando la ecuación (4.11) se determina una corriente con el cual se procede a elegir de la Tabla del Anexo J, por lo cual se va utilizar un cable tipo TTU calibre No. 4 AWG, se considera este calibre debido al incremento de carga que se pueda tener más adelante. El mismo que es direccionado desde el pozo de distribución hacia la parte frontal de la residencia con una tubería o manguera PVC como se muestra en la Figura 5. 6.



**Figura 5. 6.** Representación gráfica de la acometida domiciliaria.

No se considera medidores centralizado debido a la extensión de la urbanización, pérdidas excesivas en la línea que va de cada medidor hasta la vivienda y por último el incremento en el costo que genera por el mismo echo de aumentar el calibre de conductor.

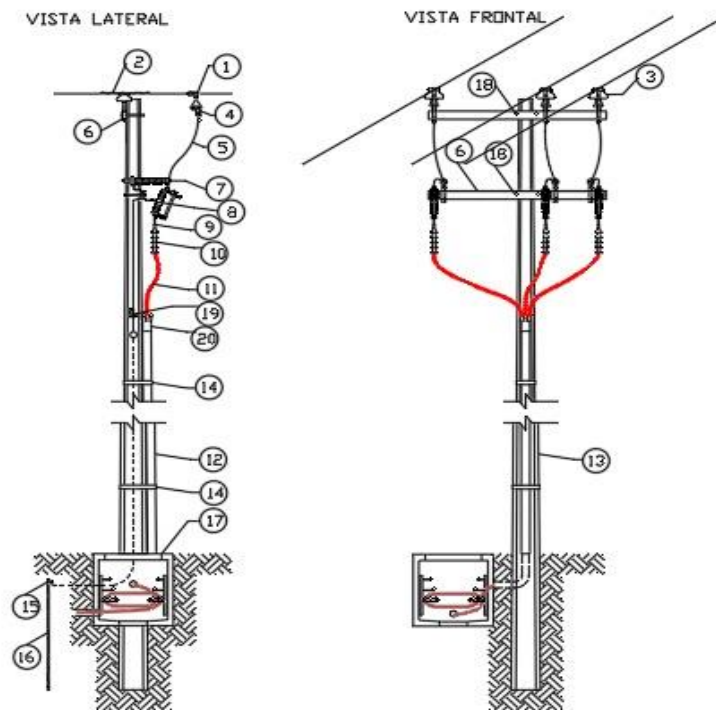


## 5.6. RED DE MEDIO VOLTAJE

Continuando con la siguiente etapa de este proyecto que tiene que ver con la definición de los elementos de la red de medio voltaje para lo cual primeramente se menciona la parte de transición de la red aérea a subterránea y a continuación se selecciona el diseño de la red, para seguidamente proceder con la ubicación de las bases de los transformadores Pad Mounted.

### 5.6.1. Transición de red aérea a subterránea

Para la transición se tomará desde la red aérea actual que pasa por la cabecera sur oriente de la urbanización con un voltaje primario de 13.8 kV alimentado desde la subestación 03SA13B1S3 salcedo sur-oriente con coordenadas X:767449 Y:9883222 poste numeración 65628 hacia el centro de transformación de la misma forma existe una segunda transición desde el poste 65632 que se encuentra en un extremo de la avenida principal que pasa por la urbanización, los mismos que permiten soterrar la red de distribución para la urbanización colinas del sur quedando la transición interpretada de manera gráfica en Figura 5. 7.



**Figura 5. 7.** Transición aérea a subterránea urbanización colinas del sur.

Para lo cual se prevé de los siguientes materiales:

1.- CONECTOR TIPO ESTRIBO 2.- AMARRE DE ALUMINIO SUAVE 3.- AISLADOR TIPO PIN POST 4.- CONECTOR TIPO PERICO 5.- CABLE DE COBRE DESNUDO 6.- CRUCETA 7.- APARTARAYOS 8.-CORTACIRCUITOS FUSIBLE 9.-CONECTOR TIPO BAYONETA 10.- TERMINAL DE USO EXTERIOR 11.-CABLE DE POTENCIA	12.-TUBO TIPO PAD DE 4" 13.- POSTE DE CONCRETO 14.- FLEJE DE ACERO INOX. DE ½ DE ESPESOR 15.- SOLDADURA TIPO CADWELD 16.- VARILLA COOPERWELD 17.- REGISTRO DE CONCRETO PREFABRICADO 18.- ABRAZADERA TIPO UC 19.- CONECTOR DERIVADOR 90° 20.- SELLO TERMOCONTRACTIL
---	--

### 5.6.2. Instalación de transformador trifásico Pad Mounted

La instalación del transformador debe realizarse en un lugar específico para garantizar el acceso y desmonta mediante un vehículo elevador o montacargas, con capacidad de levantar y levantar Transformador de transporte. Los transformadores no deben instalarse en pasos de personal o Ruta a pie obligatoria. Si el transformador está cerca de paso de vehículos es necesario instalar barreras de contención.

De esta manera y con las especificaciones dadas anteriormente se considerará los detalles constructivos de las bases del transformador para el proyecto ver Anexo I, cumpliendo con las normativas vigentes.

### 5.6.3. Selección de conductores

Para este punto se presenta cuáles son los calibres de los conductores para esta red de medio voltaje, por lo que se presenta la diferencia entre una red primaria y secundaria, el cual se deriva de una troncal principal para abastecer a las redes secundarias, para determinar este aspecto se consideró la planilla de caída de voltaje para redes primarias de la EEQ, para lo cual se realiza en Excel y se presentan resultados en la Tabla 5.15.

**Tabla 5.15.** Planilla de determinación de caída de voltaje redes primarias.

		COMPUTO DE CAÍDAS DEVOLTAJE				HOJA: 1				
		CIRCUITOS PRIMARIOS				ANEXO:				
PROYECTO:						FECHA: MARZO - 2022				
CONSUMIDOR	RESIDENCIAL	TRANSFORMADOR	CT-PRIMARIO							
CATEGORÍA	C	REFERENCIA								
DMUP		POTENCIA NOMINAL	250	KVA						
NÚMERO TOTAL DE CONSUMIDORES	130	FASES	3							
LÍMITE DE CAÍDA DE VOLTAJE	3 %	MATERIAL DEL CONDUCTOR	XLPE							
ESQUEMA:										
<p>ESQUEMA</p> <p>CAÍDA DE TENSIÓN EN REDES PRIMARIAS</p>										
DATOS				CARGA	LINEA		COMPUTO			
TRAMO		TRANSFORMADOR		DD	No. DE	TAMAÑO.	FCV	KVA-Km	V(%)	
REF.	LONG(Km)	REF.	KVA	KVA	FASES	AWG	KVA-Km		PARCIAL	ACUMULADO
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0-1	0.150	30	50,00	75,00	3F	4/0	1370	11,3	0,008	0,008
0-4	0.260	0	50,00	150,00	3F	4/0	1370	39,0	0,028	0,028
4-1	0.10	33	50,00	75,00	3F	4/0	1370	7,5	0,005	0,034
4-2	0.12	34	50,00	75,00	3F	4/0	1370	9,0	0,007	0,035
4-3	0.15	32	50,00	75,00	3F	4/0	1370	11,3	0,008	0,0367
NOTA:									CAÍDA DE VOLTAJE(%):	0,034

A continuación, podemos concretar que el calibre determinado para la red de medio voltaje es de calibre 4/0 que es ideal para esta red, determinado mediante la tabla anterior que el conductor se escogió de acuerdo con la tabla de conductores de la empresa eléctrica quito que especifica que este conductor para una caída de tensión de 1%. En Tabla 5.16, se resume las medidas totales y su respectivo calibre.

**Tabla 5.16.** Calibre y medida total del conductor de medio voltaje.

CONFIGURACIÓN TIPO DE CONDUCTOR	TOTAL (m)
3X4/0 XLPE CU+(1X4/0 DES CU)	205,04

#### **5.6.4. Diseño de la red**

Para el diseño de la red de medio voltaje en instalaciones subterráneas para su disposición en tuberías PVC debajo de aceras o entradas de vehículos, debe seguir caminos de longitud mínima entre centros de transformación y utilizando la misma intersección bajo la acera que el circuito secundario. Estas intersecciones deben hacerse en las esquinas.

La red se alimentará desde la red sur oriente que pasa cerca de la urbanización misma que se tomará desde los postes de numeración P 65628 y P 65632 un nivel de 13.8 kV, misma información que se puede verificar en el Anexo J.1.

### **5.7. ALUMBRADO PÚBLICO**

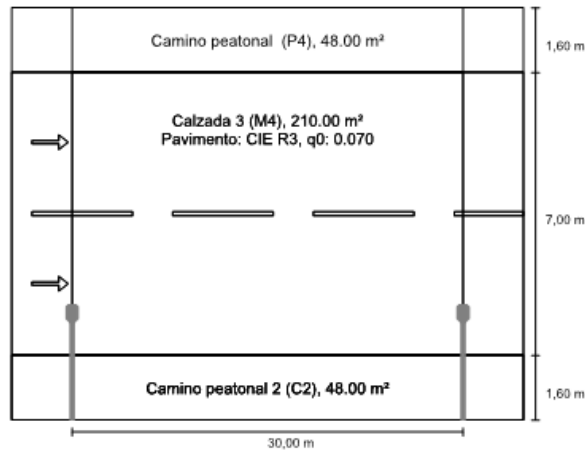
En esta parte se determina el tipo de luminaria que se va a utilizar con respecto al alumbrado público con las siguientes características tipo de luminaria, potencia, distancia entre postes y niveles iluminación entre otras especificaciones que deben cumplir la iluminación. Cabe mencionar que para obtener niveles de iluminación adecuada se utilizó el DIALux EVO 8.2.

#### **5.7.1. Selección de equipos y conductores**

De acuerdo con las normas establecidas y tomadas en cuenta dentro de este proyecto, menciona que el calibre de conductor a utilizar debe ser de 3x6 Al aluminio AWG. Debido a que para el proyecto se considera punto de luz simple, la misma que tendrá un poste metálico de 7 m con brazo integrado con luminaria de 100 W tipo led con fotocélula para iluminación vial.

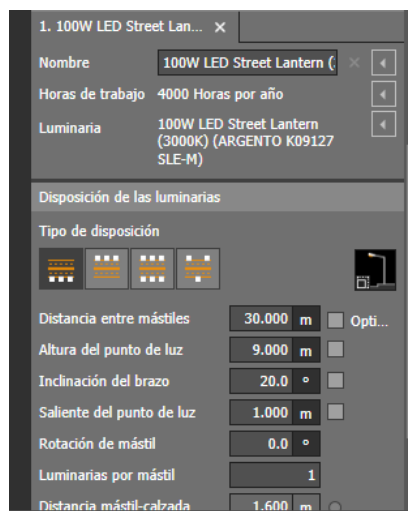
#### **5.7.2. Estudio de iluminación**

Utilizando el DIALux EVO 8.2 se realiza el análisis respectivo tomando en cuenta datos como el ancho de la calle de 7 m, aceras de 1.60 m a los dos extremos de la calle, con una distancia de poste a poste de 30 m y una lámpara de 100W de tipo led. Figura 5. 8, en la se muestra cómo queda el esquema configurado de acuerdo con los datos anteriores.



**Figura 5. 8.** Resultado para campos de evaluación.

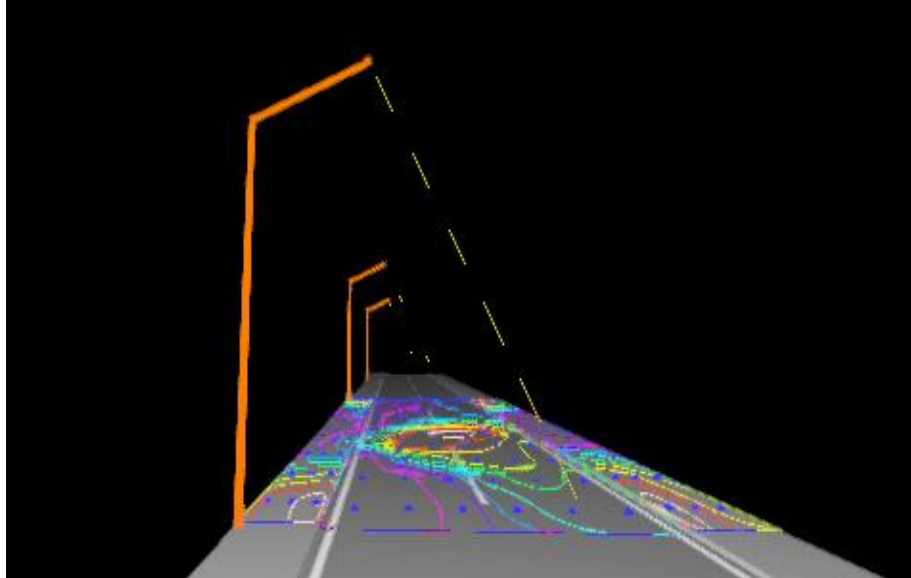
El DIALux mediante el uso de los catálogos de los diferentes fabricantes de lámparas para uso vial, de esta manera simula un sistema de iluminación permitiendo el ingreso de datos como la altura del mástil, longitud que va a tener el brazo, entre otras especificaciones que se deben ingresar, los resultados obtenidos al realizar esta simulación se presentan en el Anexo K, y la Figura 5. 9, que se muestra a continuación muestra los datos con los que se realizaron la simulación.



**Figura 5. 9.** Planificación de disposición de disposiciones de luminaria.

Finalmente, el DIALux presenta los resultados con las siguientes especificaciones el alumbrado público se determina con la norma (ARCERNNR) 029/2020, para cumplir con los requisitos mínimos de la vía. Para la altura de montaje de la luminaria se consideró una calzada (M4) ,210.00 metros cuadrados a una altura de 7 metros, de esta manera se cumplirá los requisitos fotométricos.

La vía cuenta con dos caminos peatonales de 1.60 m y una calzada de 7m. Por diseño se consideró un ángulo de 0 grados de la luminaria con respecto al plano. Obteniendo un resultado admisible en referente a iluminación en la Figura 5. 10, vista previa intensidad lumínica horizontal. se presenta la disposición de las lámparas y los resultados fotométricos de iluminación.



**Figura 5. 10.** Vista previa intensidad lumínica horizontal.

### **5.7.3. Diseño de la red de alumbrado público**

Con respecto al trazado de la red de alumbrado público se toma en cuenta con una separación de poste a poste de 30 m los mismos que se pueden revisar en el plano del Anexo L, con las especificaciones de las luminarias de cada poste también cabe recalcar que la red de iluminación se distribuye y comparte por las canalizaciones de las acometidas y saldrá al pozo más cercano de ahí su respectivo poste.

## **5.8. OBRA CIVIL**

Los parámetros de construcción civil del proyecto de investigación cumplen con los parámetros de la sección 2 "Manual de Construcción del Sistema de Distribución de Energía" documentos y reglamentos de certificación de la red subterránea, requisitos, condiciones e instrucciones para realizar el trabajo especificado en el documento. Normas para sistemas de distribución –parte –A- desarrolladas por la Empresa Eléctrica Quito.

### 5.8.1. Pozos y Tapas

Dentro de este proyecto constan en total 116 pozos distribuido en 34 de media tensión y 82 de baja tensión en relación con el tipo de pozo estos están descritos en el manual de construcción EEQ, los pozos están diseñados para cumplir las especificaciones como son las distancias mínimas de tal forma que compaginen con el tipo de zanjas a los cuales serán conectados, cabe recalcar que los pozos contienen los ductos de entrada y salida de conductores, que reparten las acometidas.

Su construcción se especifica de acuerdo con el manual de construcción, donde los pozos deben cumplir requerimientos de construcción como:

Sus paredes serán de hormigón armado de 210 Kg/cm<sup>2</sup> (en calzada).

Ladrillo o bloque de hormigón pesado en acera.

La pared deberá cumplir con un espesor mínimo de 12 cm.

Finalmente, cabe recalcar que estos pozos son diseñados para estar bajo la acera, en la Tabla 5.17, se especifica las dimensiones de cada pozo que fueron tomados en cuenta para este proyecto.

**Tabla 5. 17.** Dimensiones y tipos de pozos considerados en el proyecto.

TIPO	# POZOS	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES (m)		
			ANCHO	LARGO	PROFUNDIDAD
A	16	EUO – OPA	0.6	0.6	0.75
B	65	EUO – OPB	0.9	0.9	0.9
C	34	EUO – OPC	1,2	1,2	1,2
D	1	EUO – OPD	1,6	1,2	1,5

De acuerdo con la Tabla 5.17, cada pozo tiene su aplicación y uso dentro del proyecto quedando así:

Tipo A.- para alumbrado público y acometidas.

Tipo B.- para baja tensión y alumbrado público.

Tipo C.- para media tensión.

Tipo D.- para barraje de 5 vías.

### 5.8.2. Zanjas

Las zanjas serán determinadas de acuerdo con el banco de ductos que va a contener, además de los requerimientos de media, baja tensión, acometidas y alumbrado público los mismos que serán instalados a lo largo de la trayectoria del proyecto. De acuerdo con la ecuación (5.11) que permite el cálculo del ancho de la zanja que depende del número de tubos, diámetro exterior del tubo, distancia entre tubería.

Para media tensión: Número de tubos 6, diámetro exterior 0,1143 m, espacio entre tubos 0,05 m y distancia entre la pared y la tubería 0,1 m.

$$Bd = (6 \cdot 0,1143) + (6 - 1) \cdot 0,05 + 2(0,1) = 1,1358 \text{ m}$$

De acuerdo con el cálculo el ancho de la zanja para media tensión va a ser de 1,1358 metros y con el mismo procedimiento obtenemos las zanjas de baja tensión que tendrán un ancho de 0,50 m aproximadamente.

### 5.8.3. Banco de Ductos

El manual de construcción de la EEQ y ARCERNNR determina que la separación mínima de los ductos es de 5 cm, el cual no depende del diámetro de la tubería y del nivel de tensión. También cabe recalcar que la distancia que debe tener entre cada separador debe ser de 2,5 m. los ductos considerados son de 4 pulgadas color naranja para redes subterráneas.

Por lo cual los bancos de ductos deben cumplir las siguientes especificaciones requeridas para el proyecto:

- Hormigón de 140 Kg/cm<sup>2</sup>.
- Cama de arena o ripio de 5 cm primera fila de los ductos.
- Ducto de polietileno de alta densidad 50,8 de mm de  $\varnothing$  de color rojo o anaranjado
- Separador de tubería seguido de una capa de arena de 5 cm.
- La última capa de arena será de 10 cm de altura sobre el último ducto.
- Cinta señalizadora de advertencia 30 cm con la leyenda " no excave. Líneas de alta tensión".



Cabe recalcar que para el proyecto se considera las siguientes configuraciones referente a media tensión denominado de la siguiente manera, Estructura para redes subterráneas, banco de ductos, configuración 2 filas por 2 columnas de 110 mm en acera: EUO-OB2X2B2 y para baja tensión, Estructura para redes subterráneas, banco de ductos, configuración 2 filas por 2 columnas de 50 mm en acera: EUO-OB1X2B1. Las mismas que se visualizan a continuación.

#### **5.8.4. Trazado de Ductos y Pozos**

Dentro del trazado de los ductos y pozos se tomó en cuenta de acuerdo con el recorrido que va a llevar los conductores de la red de media, bajo voltaje y alumbrado público, por lo cual con la ayuda del AutoCAD se presenta el trazado con sus respectivas especificaciones y requerimientos del proyecto. El mismo que se pueden observar en el Anexo M.

#### **5.9. MATERIAL Y EQUIPO NECESARIO**

Finalmente, este proyecto de investigación analizara los aspectos como son material y equipo necesario para la ejecución del proyecto los mismo determinados por el diseñador, por lo cual se detalla mediante rubros tanto eléctrica y civil correspondientes al proyecto, especificaciones importantes para los usuarios o encargado de la urbanización consorcio habitacional colinas del sur. Se elaboró acorde a los equipos y accesorios que se van a utilizar al momento de la ejecución del proyecto mismos que se encuentra detallados en el Anexo N.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. CONCLUSIONES

Con el desarrollo de nuevas tecnologías para la sociedad, ciudades, urbanizaciones mismas que buscan estar al día en diseño y construcción de sus redes eléctricas de distribución, por lo que actualmente optan su diseño en sistemas subterráneos que reduce impacto visual que se ve en el tendido de la red aérea además mejora la continuidad del servicio eléctrico.

Con el estudio del arte de los equipos y elementos que conforman el sistema eléctrico de distribución en baja y media tensión, infraestructura de la obra civil y eléctrica, se puede concluir que el proyecto de soterramiento de las redes de distribución de electricidad de la urbanización consorcio habitacional colinas del sur se contemplan diferentes parámetros de diseño y construcción establecidos en las normas utilizadas. Desde la transición aéreo – subterráneo, centros de transformación hasta los usuarios, para tomar en cuenta cada uno de los elementos de la red en orden y secuencia.

Basados en la guía de diseño para redes de distribución de la Empresa Eléctrica Quito, se calcula la demanda máxima unitaria utilizando la planilla para determinación de la demanda, obteniendo 3.04 kVA de acuerdo con la *DMU* obtenida se ubica en un usuario tipo C. De lo anterior se considera para este proyecto que cada uno de los usuarios van a tener una demanda máxima unitaria igual o similar.

Al realizar el cómputo de caída de tensión, en la red proyectada, se obtuvo resultados admisibles quedando que el máximo porcentaje es de 0.034 % para red de media tensión, 2.35 % para red de baja tensión mismos que no superan los rangos de caída de voltaje permisible.

Para el diseño del alumbrado público se cumple con los parámetros de luminosidad del área del proyecto con 70 luminarias tipo led de una potencia de 100 W, los mismos que están distribuidos cada 30 metros para tener una buena calidad lumínica acorde a lo establecido en la (ARCERNNR) 029/2020 y la utilización DIALux EVO 8.2.

Del mismo modo, el análisis y planificación del trazado de la red de medio, baja tensión, alumbrado público y centros de transformación permiten la identificación correcta e instalación de diferentes componentes eléctricos, cumplir con las especificaciones técnicas, normativas, requisitos, condiciones y directrices establecidas en la normativa local, nacional y organismos reguladores. Además, el análisis de los planos constructivos de recorridos de las redes de media

y baja tensión, alumbrado público y centros de transformación permitió identificar la red de alimentación aérea con un nivel de 13,8 kV para media tensión hasta los centros de transformación trifásicos tipo pad Mounted de la urbanización y la red para baja tensión de 220 V.

Se describió los aspectos constructivos contempladas en el diseño como son zanjas que albergan los bancos de ductos con un material de relleno de tierra o hormigón armado de 210 kg/cm<sup>2</sup> (ductos bajo acera). Los pozos (tipo A, B, C y D) con pisos constituidos por una capa de material filtrante (grava), paredes de hormigón armado de 210 kg/cm<sup>2</sup> y de mampostería de ladrillo o bloque de hormigón pesado (bajo acera).

## **6.2. RECOMENDACIONES**

La empresa distribuidora de la localidad debe disponer una guía de diseño y construcción propia para que los proyectistas realicen su estudio de acuerdo con ellas y no haciendo uso de otras.

Es importante que las demás empresas realicen su estudio en conjunto las mismas que son telefonía, TV cable, y ELEPCO S.A., con el propósito de que todos estos sistemas vayan compartiendo el proyecto subterráneo.

Al momento de la implementación del proyecto de soterramiento de redes en Medio, Bajo voltaje y alumbrado público, se debe cumplir con el diseño referente a la obra civil y obra eléctrica para de esta manera el proyecto cumpla sus expectativas.

Debido a que dentro del mercado eléctrico y mercado dedicado a materiales de construcción se deberá cumplir que cada material especificado en el proyecto sea de las mismas características.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] V. TURRUBIATES, «REDES DE DISTRIBUCIÓN AÉREAS Y SUBTERRÁNEAS,» 27 MARZO 2019. [En línea]. Available: <https://www.exposolucionesenenergia.com>.
- [2] AREATECNOLOGIA, «REDES DE DISTRIBUCION,» [En línea]. Available: <https://areatecnologia.com/>. [Último acceso: 2022].
- [3] E. MORENO, ESTUDIO DE RENTABILIDAD DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCION SUBTERRANEO, INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL, ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA, 2008.
- [4] G. GONZALES, «GESTION Y OPERACION DE LA RED ELECTRICA,» [En línea]. Available: <https://n9.cl/alluc>.
- [5] WEBNODE, 2014. [En línea]. Available: <https://distribucion.webnode.com.co>.
- [6] C. M. Q. Velez, ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL SOTERRAMIENTO DE LAS REDES DE DISTRIBUCION DE ELECTRICIDAD EN LA GENERACION URBANA DEL CENTRO HISTORICO DE LA CIUDAD DE LOJA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES , 2020.
- [7] G. ENRIQUEZ, Manual Del Técnico En Subestaciones Eléctricas, Industriales Y Comerciales, LIMUSA, 2008.
- [8] ANDREA, «NIVELES DE VOLTAJE,» [En línea]. Available: <https://es.scribd.com>.
- [9] MELFOSUR, «Distribución de Media y Baja Tensión,» [En línea]. Available: <https://n9.cl/u3fu4>.
- [10] S. CASTAÑO, REDES DE DISTRIBUCION DE ENERGIA, MANIZALES.
- [11] V. C. DUBERNEY ÁVILA, ANÁLISIS DE LA RED SUBTERRÁNEA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA DE LA ZONA CENTRO DE PEREIRA, UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA FACULTAD DE TECNOLOGÍA PROGRAMA TECNOLOGÍA ELÉCTRICA PEREIRA, 2008.
- [12] Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2022. [En línea]. Available: <https://www.rekursyenergia.gob.ec/>.
- [13] J. P. HARLEN PEÑA, NORMAS DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, FACULTAD DE INGENIERIAS; CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, 2021.
- [14] Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, «MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA DE REDES SUBTERRÁNEAS,» [En línea]. Available: <http://www.unidadespropiedad.com>.
- [15] EMPRESA ELECTRICA QUITO, «NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCION PARTE A,» 2021. [En línea]. Available: <http://ftp.eeq.com.ec>.
- [16] R. ALVAREZ, «MEDICION DE LA PUESTA A TIERRA DE INSTALACIONES ELECTRICAS,» 2019. [En línea]. Available: <https://rafael-alvarezp.blogspot.com>.

- [17] L. MIGUEL, DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRICO Y DE COMUNICACION DEL EDIFICIO URBAN PLAZA, ESCUELA POLITECNICA NACIONAL, FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA, 2009.
- [18] AGENCIA DE REGULACION Y CONTROL DE ELECTRICIDAD, 2018. [En línea]. Available: <https://www.regulacionelectrica.gob.ec>.
- [19] J. Ordoñez y L. Nieto, Mantenimiento de sistemas electricos de distribucion, Guayaquil: Universidad politecnica Salesiana, 2010.
- [20] Zaphir Trade S.A., «info@zaphir.net,» 14 05 2020. [En línea]. Available: <https://zaphir.net/la-energia-electrica-en-ecuador/>.

## 8. ANEXOS

### Anexo A: Materiales y elementos civil.

#### Anexo A.1. Detalles de elementos y materiales.

##### A.1.1. Banco de ductos

Para conservar una distancia uniforme entre ductos se deberán utilizar separadores según las especificaciones indicadas en la sección 3, estos deberán ser de láminas de PVC. La separación mínima horizontal y vertical entre ductos de un mismo banco será de 5 cm, independiente del diámetro de tubería y del nivel de voltaje empleado [14].

La distancia longitudinal entre cada separador será de 2.5 m.

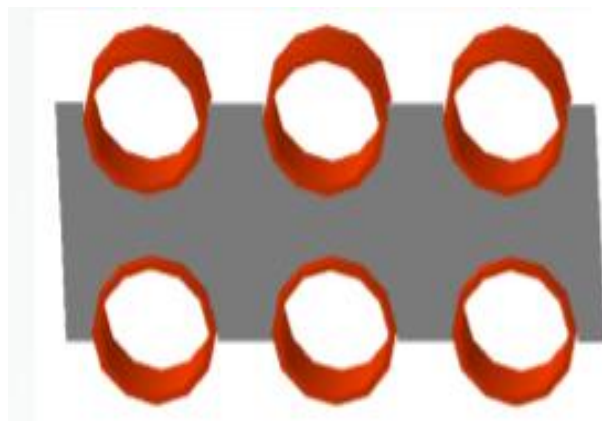


Figura A. 1. Separadores [17].

##### a. Material de relleno de banco de ductos

- **En Acera**

Cuando el banco de ductos este instalado bajo las aceras el material de relleno será de arena y de hormigón de 140 Kg/cm<sup>2</sup> de requerirse una mayor resistencia mecánica.

El fondo de la zanja tendrá un terminado uniforme sobre el cual se colocará una cama de arena o ripio de 5 cm dependiendo del material de relleno del banco de ductos que puede ser arena u hormigón respectivamente, consiguiendo un piso regular y uniforme, de tal manera que, al colocar la primera fila de los ductos, esta se apoye en toda su longitud [14].

Cuando el material de relleno del banco de ducto es arena, luego se coloca la primera fila de ductos y se colocará el separador de tubería, seguido de una capa de arena de 5 cm y

así sucesivamente hasta completar el número de ductos requeridos. La última capa de arena será de 10 cm de altura sobre el último ducto [14].

Cuando el material de relleno del banco de ducto es hormigón, se debe armar el banco de ductos con los separadores según lo requerido, y se debe rellenar todo de hormigón hasta una altura de 10 cm por encima de la última tubería [14].

La distancia de las paredes de las zanjas hacia los ductos será de 10 cm.

- **En Calzada**

Cuando el banco de ductos esté instalado bajo las calzadas el material de relleno deberá ser de hormigón con resistencia mínima de 180 Kg/cm<sup>2</sup>, hasta 10 cm por encima del ducto superior. Sobre el banco de ductos se colocará material de relleno (libre de piedra) dos capas de 25 cm compactado en forma mecánica, luego de esto se colocará una capa de 10 cm de subbase compactada (arena, ripio o lastre) que depende del material de terminado de la calzada si es adoquín, hormigón o asfalto respectivamente [14].

En ambos casos, después de la capa de 10 cm sobre el último ducto irá una capa de 20 cm de material de relleno (libre de piedra) compactado manualmente, la siguiente capa de 10 cm será compactada en forma mecánica, luego de esto se colocará una capa de 10 cm de subbase compactada (arena o ripio) que depende del material de terminado de la acera si es adoquín y hormigón respectivamente [14].

El fondo de la zanja tendrá un terminado uniforme sobre el cual se colocará una cama de ripio de 5 cm.

**b. Distancias de separación entre banco de ductos eléctricos y otros servicios**

La separación horizontal mínima entre bancos de ductos eléctricos y otros servicios será de 25 cm, no se instalarán ductos de otros servicios paralelamente por encima o debajo de ductos eléctricos, en casos excepcionales la separación vertical será la misma que se indicó anteriormente [14].

**c. Profundidad**

La profundidad mínima a la que deben instalarse los ductos o bancos de ductos debe ser considerada con respecto a la parte superior de los ductos. En los casos que no se puedan obtener estos valores de profundidad mínimas, se deberá colocar en todo el trayecto de la zanja hormigón de resistencia mecánica que garantice la misma protección al banco de ductos que con las condiciones de profundidades mínimas establecidas [14].

#### d. Ancho de la zanja

El ancho de ésta debe permitir colocar la plantilla y hacer el acoplamiento sin dificultad y compactar con el relleno.

$$B_d = N.D + (N - 1)e + 2x \quad (\text{A. 1})$$

Donde,

$B_d$  : corresponde al ancho de la zanja,

$N$ : es el número de tubos (vías) en sentido horizontal,

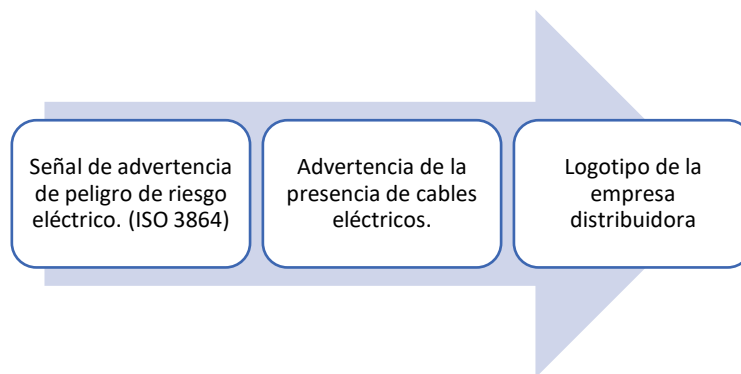
$D$ : es el diámetro exterior del tubo, el espacio entre tubos (Mínimo 5 cm) y

$x$ : es la distancia entre la tubería y la pared de la zanja. (Mínimo 10 cm)

#### e. Cintas de señalización

Para indicar la existencia de ductos eléctricos se debe colocar una cinta o banda de PVC en toda la trayectoria del banco de ductos. La cinta o banda se colocará a una profundidad de 20 cm medidos desde el nivel del piso terminado de la acera o calzada [14].

La cinta de señalización deberá contener la siguiente información:



**Figura A. 2.** Información de la cinta de señalización.

#### •Tipo de ducto

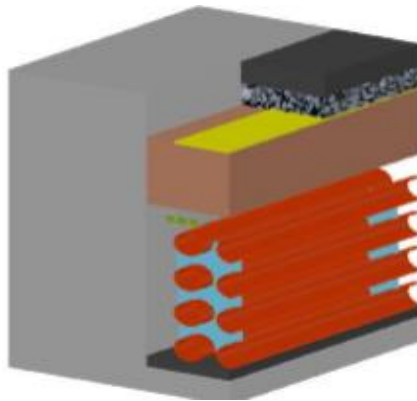
Según la Norma NTE INEN 2227 y NTE INEN 1869 deberán instalarse tubo PVC de pared estructurada e interior lisa tipo B para red de MV y BV (diámetro de 110 y 160 mm) y tubo PVC del tipo II pesado para alumbrado público y acometidas domiciliarias (diámetro 50 mm) [14]. Los mismos que deberán ser tapados con el fin de mantenerlos libres de basura, roedores,



agua, etc. Los accesorios como pegamento, anillos de goma y tapones tienen que ser diseñados para uso con la tubería arriba especificada. Se utilizarán únicamente los materiales provenientes de fábricas que tengan el sello de calidad INEN. El color del ducto para instalaciones eléctricas subterráneas será de color naranja. La suma del área de la sección transversal de todos los conductores o cables en una canalización no debe excederse del 40% de la sección transversal de la canalización. NEC 354-5 [14].

#### **f. Configuración de ductos**

La configuración de los ductos dentro de una misma zanja estará dada en base al número de filas por el número de columnas: Se puede utilizar las siguientes configuraciones de ductos, donde el primer dígito indica el número de filas y el segundo dígito indique el número de columnas [14].



**Figura A. 3.** Ductos [14].

#### **A.1.2. Pozos**

Se utilizarán pozos cuando existan cambios de dirección, transición aérea a subterránea, así como a lo largo de los tramos rectos de la ruta del circuito. La distancia entre pozos dependerá del diseño y la distancia será de 30 y 60 metros [14].

Los pozos deben mantener un espacio de trabajo limpio (cables y accesorios sujetos a la pared), suficiente para desempeñar las labores de mantenimiento.

Los pozos serán construidos con paredes de hormigón armado de 210 Kg/cm<sup>2</sup> (en calzada) o de mampostería de ladrillo o bloque de hormigón pesado. El espesor de la pared será como mínimo de 12 cm.

Las paredes interiores de los pozos serán construidas de mampostería de ladrillo o bloque y serán enlucidas con mortero 1:3 y alisadas con cemento.

Las tapas de los pozos podrán ser de:

- Hormigón armado: Tendrá un marco y brocal metálico. El espesor de la losa de la tapa será de 70 mm (solamente para acera).
- Acero dúctil o grafito esferoidal: Clase D400-400 kN (para calzada o acera).

#### **a. Dimensiones**

Dependiendo del tipo los pozos se construirán según las dimensiones establecidas en la homologación.

#### **b. Forma**

Los pozos se construirán de forma cuadrada o rectangular según el ángulo que forme el banco de ductos. En caso de ser necesario se construirá pozos de forma octogonal. 3.12.3

#### **c. Consideraciones**

En las calles y veredas en donde se construyen los pozos y ductos, generalmente existen instalaciones de agua potable, alcantarillado, teléfonos, energía eléctrica, etc., por lo cual, durante el diseño y la construcción se deberá consultar y coordinar con las entidades responsables de estos servicios para contar con los planos e información correspondientes de las instalaciones existentes [14].

La distancia entre la parte inferior de los ductos más profundos y la base del pozo debe ser mínimo de 10 cm. El banco de ductos debe estar centrado con respecto a las paredes laterales del pozo.

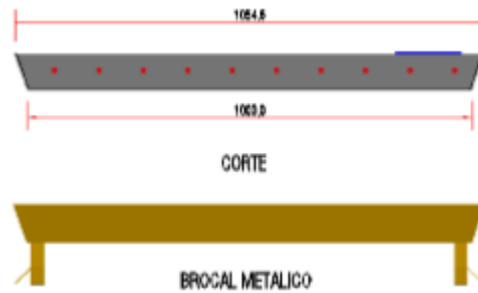
El banco de ductos no podrá rebasar el nivel de pared del pozo, quedarán a 5 cm antes de salir a la superficie interior del pozo para dar una curvatura con radio de 3 cm (chaflán) para que ingresen los cables al ducto sin dañar a la chaqueta [14].

#### **d. Tapas**

##### **• Tapas de hormigón**

Las tapas de hormigón tendrán un marco y brocal metálico construido de pletina de acero de espesor de 4 mm y 50 mm de base por 75 mm de alto con una abertura de 110 grados tanto para el brocal como para el marco de la tapa [14].

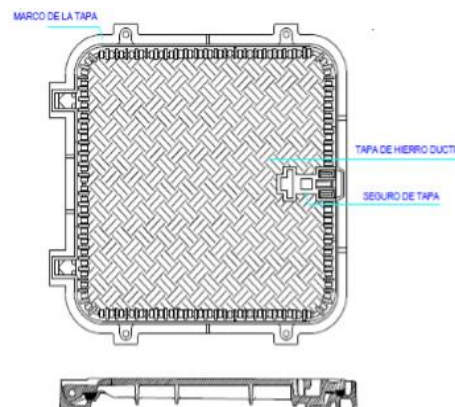
La resistencia del hormigón de la tapa será de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , de 70 mm de espesor en vereda y 150 mm en calzada con armadura  $\varnothing=12 \text{ mm}$  cada 100 mm, en ambas direcciones.



**Figura A. 4.** Tapa hormigón [14].

- **Tapas de grafito esferoidal**

Los pozos ubicados en calzada obligatoriamente deberán tener una tapa de grafito esferoidal (acero dúctil) clase D400-400 kN de dimensiones señaladas en la tabla del punto 2.1, pudiendo ser una o dos tapas articuladas de acuerdo con la dimensión del pozo, estas deberán cumplir con las especificaciones técnicas indicadas en este documento. Estas tapas dispondrán de un seguro de cierre de  $\frac{1}{4}$  de vuelta con su llave respectiva [14].



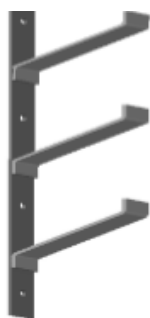
**Figura A. 5.** Tapas de grafito esferoidal [14].

Las tapas en fundición dúctil están en un marco de acero galvanizado, que provee el soporte y bisagras para las tapas. El diseño de la tapa provee un soporte antideslizante para los vehículos y peatones.

### **e. Soportes**

Los cables dentro de los pozos deben quedar accesibles y soportados de forma que no sufran daño debido a su masa, curvaturas o movimientos durante su ejecución, para ello los pozos dispondrán de soportes de acero galvanizado o fibra de vidrio para sujetar y ordenar los conductores que se encuentren dentro del mismo.

Los soportes de los cables deben estar diseñados para resistir la masa de los propios cables y de cargas dinámicas; se deberá mantenerlos separados y ser adecuados al medio ambiente. Los cables deben quedar soportados cuando menos 10 cm arriba del piso para estar adecuadamente protegidos. La ubicación de los soportes debe permitir el movimiento del cable sin que exista concentración de esfuerzos destructivos.



**Figura A. 6.** Soportes [14].

#### **A.1.3. Cámaras eléctricas**

Los proyectos de diseño y construcción de cámaras eléctricas para el empleo de las empresas distribuidoras, se regirá por las presentes especificaciones técnicas, las cuales tienen por objetivo definir las características que deben satisfacer las obras necesarias para la adecuada utilización de las cámaras, parámetros eléctricos requeridos, los materiales de construcción, propuestos, iluminación interior, ventilación, drenaje, planos de distribución, detalles constructivos y otros según cada aplicación [14].

Las dimensiones interiores mínimas de las cámaras de las empresas distribuidoras y particulares con celdas o interruptores de M.V de tres vías y tablero de distribución de BV para potencias de 250 hasta 800 kVA, en función del número de transformadores y del voltaje nominal que alimenta a la cámara [14].

#### A.1.4. Transición de red aérea - subterránea

La transición de una línea aérea a subterránea o de subterránea a aérea se realizará en un poste de altura mínima de 12 m para medio voltaje y 10 m para bajo voltaje, los cables utilizados en ella se alojarán en la tubería rígida de acero galvanizado [14].

En toda transición se instalará puntas terminales de uso exterior para los extremos de los cables monopoles de medio voltaje, debidamente instalada con todos los elementos que los proveedores recomiendan. Las puntas terminales serán seleccionadas adecuadamente para el voltaje y el calibre del conductor [14].

La transición subterránea de medio voltaje que se deriven a las redes aéreas incluirá:

- Estructura con dos crucetas para instalación de seccionadores tipo abierto y pararrayos.
- Estructura con una cruceta para sujeción de los cables de MV.
- Kit para sujeción de los cables.
- Cable de cobre descubierto, cableado suave #2 AWG 7 hilos, para puesta a tierra.
- Pararrayos. El conductor de puesta a tierra de los pararrayos se alojará dentro del poste.
- Seccionadores tipo abierto.
- Punta terminal tipo exterior, seleccionada según el voltaje de la red y el calibre del cable monopolar de medio voltaje.
- Conector de cobre, tipo espiga u ojo, seleccionado según el calibre del cable monopolar de medio voltaje.
- Codo metálico reversible o tapón de salida múltiple, para sellar la tubería en su punto superior, seleccionada según el número y diámetro de los conductores.
- Codo metálico rígido con curva amplia de 90°, de igual diámetro que la vertiente, para unir al pozo que se instala al pie del poste. El codo no debe ser cortado y no sobrepasará la pared terminada del pozo. Se colocará una tuerca corona en el ingreso del codo metálico al pozo para la protección contra la fricción del cable. La distancia de la parte superior del pozo al codo será mínima de 30 cm.
- La puesta a tierra estará conformada por una varilla de acero recubierta de cobre de 1,80 m por 15,87 mm (5/8") de diámetro. La conexión se realizará mediante suelda exotérmica.

### **A.1.5. Acometidas domiciliarias**

Las acometidas domiciliarias saldrán del pozo más cercano a la vivienda por donde este atravesando la red de BV. Se utilizará cable tipo TTU de calibre mínimo #6 AWG para las fases y el neutro, el mismo que llegará al medidor que estará ubicado en la fachada del inmueble. Para la protección de los cables se utilizará los siguientes elementos con diámetro mínimo de 2”:

- Tubería PVC
- Tubo rígido de acero metálico.
- Tubería de polietileno de alta densidad flexible.

En los casos en donde no se pueda empotrar la tubería en la fachada de la vivienda, se colocará tubería rígida desde el pozo de revisión. Si del pozo sale más de una acometida domiciliaria, se instalará un barraje aislado de BV el cual se alimentará desde la red principal y de este se derivarán para más. Para la derivación desde el cable principal de BV hacia la barra aislada o al medidor (en caso de una acometida) se utilizarán empalmes de resina o gel con sus respectivos conectores de compresión de cobre [14].

**Anexo B: Plano arquitectónico.**

**Anexo B.1.**Plano arquitectónico urbanización colinas del sur.

## **ANEXO PLANOS**

## Anexo C: Planillas de determinación de la demanda.

### Anexo C.1. Planilla del transformador CT-01

ANEXO	DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA				FECHA:	1-mar.-22				
NOMBRE DEL PROYECTO:		CONSORCIO HABITACIONAL COLINAS DEL SUR								
ACTIVIDAD TIPO:		RESIDENCIAL								
LOCALIZACIÓN:		SALCEDO - SAN MIGUEL - CHÍPOALO.								
USUARIO TIPO:		C								
NUMERO DE USUARIOS:		30								
PLANILLA PARA LA DETERMINACIÓN DE DEMANDAS UNITARIAS DE DISEÑO										
APARATOS ELECTRICOS Y DE ALUMBRADO					FFUN	CIR	Fsn	DMU		
No.	DESCRIPCIÓN	CANT.	Pn(W)	Pt(W)	(%)	(W)	(%)	(W)		
1	PUNTOS DE ALUMBRADO	30	100	3000,0	40%	1200,0	50%	600,00		
2	TOMACORRIENTES	15	150	2250,0	35%	787,5	60%	472,50		
3	APLIQUES	5	25	125,0	30%	37,5	35%	13,13		
4	COCINA DE INDUCCIÓN	1	3500	3500,0	30%	1050,0	50%	525,00		
5	CAFETERA	1	600	600,0	20%	120,0	40%	48,00		
6	TELEVISOR	1	250	250,0	20%	50,0	50%	25,00		
7	BATIDORA	1	200	200,0	10%	20,0	30%	6,00		
8	PLANCHA	1	1100	1100,0	20%	220,0	40%	88,00		
9	CALENTADOR DE AGUA	1	2000	2000,0	20%	400,0	50%	200,00		
10	REFRIGERADORA	1	300	300,0	100%	300,0	100%	300,00		
4	LAVADORA	1	400	400,0	30%	120,0	30%	36,00		
4	MICROONDAS	1	800	800,0	20%	160,0	10%	16,00		
11	ASPIRADORA	1	600	600,0	30%	180,0	50%	90,00		
12	COMPUTADORA	1	500	500,0	40%	200,0	70%	140,00		
13	HORNO ELECTRICO	1	2500	2500,0	20%	500,0	50%	250,00		
14	LICUADORA	1	60	60,0	15%	9,0	15%	1,35		
15	MICROONDAS	1	1000	1000,0	20%	200,0	20%	40,00		
16	EQUIPO DE SONIDO	1	500	500,0	20%	100,0	20%	20,00		
17	LAVADORA	1	395	395,0	20%	79,00	20%	15,80		
<b>TOTAL</b>				<b>20080,0</b>		<b>5733,0</b>		<b>2886,78</b>		
FACTOR DE POTENCIA (FP):		0,95		FACTOR DE DEMANDA (FDM):		0,50				
DMU:		3,04 kVA		I DISPARO		34,29 A				
# USUARIOS		30		# LAMPARAS		24		Dloss	1,54908	
DMD:		43,03 KW		POTENCIA		100 W		DAP:		3 Kw
DD:		DMD+DAP+Dloss/0,95		50 KVA						
<b>TRANSFORMADOR A INSTALAR = 75 KVA</b>										



## Anexo C.2. Planilla del transformador CT-02

ANEXO	DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA				FECHA:	1-mar.-22		
NOMBRE DEL PROYECTO:		CONSORCIO HABITACIONAL COLINAS DEL SUR						
ACTIVIDAD TIPO:		RESIDENCIAL						
LOCALIZACIÓN :		SALCEDO - SAN MIGUEL - CHIPOALO.						
USUARIO TIPO:		C						
NUMERO DE USUARIOS:		35						
<b>PLANILLA PARA LA DETERMINACIÓN DE DEMANDAS UNITARIAS DE DISEÑO</b>								
<b>APARATOS ELECTRICOS Y DE ALUMBRADO</b>					<b>FFUN</b>	<b>CIR</b>	<b>Fsn</b>	<b>DMU</b>
No.	DESCRIPCIÓN	CANT.	Pn(W)	Pt(W)	(%)	(W)	(%)	(W)
1	PUNTOS DE ALUMBRADO	30	100	3000,0	40%	1200,0	50%	600,00
2	TOMACORRIENTES	15	150	2250,0	35%	787,5	60%	472,50
3	APLIQUES	5	25	125,0	30%	37,5	35%	13,13
4	COCINA DE INDUCCIÓN	1	3500	3500,0	30%	1050,0	50%	525,00
5	CAFETERA	1	600	600,0	20%	120,0	40%	48,00
6	TELEVISOR	1	250	250,0	20%	50,0	50%	25,00
7	BATIDORA	1	200	200,0	10%	20,0	30%	6,00
8	PLANCHA	1	1100	1100,0	20%	220,0	40%	88,00
9	CALENTADOR DE AGUA	1	2000	2000,0	20%	400,0	50%	200,00
10	REFRIGERADORA	1	300	300,0	100%	300,0	100%	300,00
4	LAVADORA	1	400	400,0	30%	120,0	30%	36,00
4	MICROONDAS	1	800	800,0	20%	160,0	10%	16,00
11	ASPIRADORA	1	600	600,0	30%	180,0	50%	90,00
12	COMPUTADORA	1	500	500,0	40%	200,0	70%	140,00
13	HORNO ELECTRICO	1	2500	2500,0	20%	500,0	50%	250,00
14	LICUADORA	1	60	60,0	15%	9,0	15%	1,35
15	MICROONDAS	1	1000	1000,0	20%	200,0	20%	40,00
16	EQUIPO DE SONIDO	1	500	500,0	20%	100,0	20%	20,00
17	LAVADORA	1	395	395,0	20%	79,00	20%	15,80
<b>TOTAL</b>				<b>20080,0</b>		<b>5733,0</b>		<b>2886,78</b>
<b>FACTOR DE POTENCIA (FP) :</b>		<b>0,95</b>		<b>FACTOR DE DEMANDA (FDM):</b>		<b>0,50</b>		
<b>DMU:</b>	<b>3,04</b>	<b>kVA</b>			<b>I DISPARO</b>	<b>34,29</b>		
<b># USUARIOS</b>	<b>35</b>				<b># LAMPARAS</b>	<b>15</b>	<b>Dloss</b>	<b>1,77372</b>
<b>DMD:</b>	<b>49,27</b>	<b>KW</b>			<b>POTENCIA</b>	<b>100</b>	<b>W</b>	
					<b>DAP:</b>	<b>1,875</b>	<b>Kw</b>	
					<b>DD:</b>	<b>DMD+DAP+Dloss/0,95</b>		<b>55,7 KVA</b>
<b>TRANSFORMADOR A INSTALAR =75 KVA</b>								

### Anexo C.3. Planilla del transformador CT-03

ANEXO		DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA				FECHA: 1-mar.-22			
NOMBRE DEL PROYECTO:		CONSORCIO HABITACIONAL COLINAS DEL SUR							
ACTIVIDAD TIPO:		RESIDENCIAL							
LOCALIZACIÓN :		SALCEDO - SAN MIGUEL - CHÍPOALO.							
USUARIO TIPO:		C							
NUMERO DE USUARIOS:		34							
<b>PLANILLA PARA LA DETERMINACIÓN DE DEMANDAS UNITARIAS DE DISEÑO</b>									
APARATOS ELECTRICOS Y DE ALUMBRADO					FFUN	CIR	Fsn	DMU	
No.	DESCRIPCIÓN	CANT.	Pn(W)	Pt(W)	(%)	(W)	(%)	(W)	
1	PUNTOS DE ALUMBRADO	30	100	3000,0	40%	1200,0	50%	600,00	
2	TOMACORRIENTES	15	150	2250,0	35%	787,5	60%	472,50	
3	APLIQUES	5	25	125,0	30%	37,5	35%	13,13	
4	COCINA DE INDUCCIÓN	1	3500	3500,0	30%	1050,0	50%	525,00	
5	CAFETERA	1	600	600,0	20%	120,0	40%	48,00	
6	TELEVISOR	1	250	250,0	20%	50,0	50%	25,00	
7	BATIDORA	1	200	200,0	10%	20,0	30%	6,00	
8	PLANCHA	1	1100	1100,0	20%	220,0	40%	88,00	
9	CALENTADOR DE AGUA	1	2000	2000,0	20%	400,0	50%	200,00	
10	REFRIGERADORA	1	300	300,0	100%	300,0	100%	300,00	
4	LAVADORA	1	400	400,0	30%	120,0	30%	36,00	
4	MICROONDAS	1	800	800,0	20%	160,0	10%	16,00	
11	ASPIRADORA	1	600	600,0	30%	180,0	50%	90,00	
12	COMPUTADORA	1	500	500,0	40%	200,0	70%	140,00	
13	HORNO ELECTRICO	1	2500	2500,0	20%	500,0	50%	250,00	
14	LICUADORA	1	60	60,0	15%	9,0	15%	1,35	
15	MICROONDAS	1	1000	1000,0	20%	200,0	20%	40,00	
16	EQUIPO DE SONIDO	1	500	500,0	20%	100,0	20%	20,00	
17	LAVADORA	1	395	395,0	20%	79,00	20%	15,80	
<b>TOTAL</b>				<b>20080,0</b>		<b>5733,0</b>		<b>2886,78</b>	
FACTOR DE POTENCIA (FP) :		0,95		FACTOR DE DEMANDA(FDM):		0,50			
DMU:		3,04 kVA		I DISPARO		34,29			
# USUARIOS		34		# LAMPARAS		16		Dloss 1,728	
DMD:		48 KW		POTENCIA		100 W			
				DAP:		2,00 Kw			
		DD:		DMD+DAP+Dloss/0,95		54 KVA			
<b>TRANSFORMADOR A INSTALAR =75KVA</b>									

## Anexo C.4. Planilla del transformador CT-04

ANEXO:	<b>DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA</b>				FECHA:	1-mar.-22		
NOMBRE DEL PROYECTO:	CONSORCIO HABITACIONAL COLINAS DEL SUR							
ACTIVIDAD TIPO:	RESIDENCIAL							
LOCALIZACIÓN :	SALCEDO - SAN MIGUEL - CHÍPOALO.							
USUARIO TIPO:	C							
NUMERO DE USUARIOS:	31							
<b>PLANILLA PARA LA DETERMINACIÓN DE DEMANDAS UNITARIAS DE DISEÑO</b>								
	<b>APARATOS ELECTRICOS Y DE ALUMBRADO</b>				<b>FFUN</b>	<b>CIR</b>	<b>Fsn</b>	<b>DMU</b>
<b>No.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANT.</b>	<b>Pn(W)</b>	<b>Pt(W)</b>	<b>(%)</b>	<b>(W)</b>	<b>(%)</b>	<b>(W)</b>
1	PUNTOS DE ALUMBRADO	30	100	3000,0	40%	1200,0	50%	600,00
2	TOMACORRIENTES	15	150	2250,0	35%	787,5	60%	472,50
3	APLIQUES	5	25	125,0	30%	37,5	35%	13,13
4	COCINA DE INDUCCIÓN	1	3500	3500,0	30%	1050,0	50%	525,00
5	CAFETERA	1	600	600,0	20%	120,0	40%	48,00
6	TELEVISOR	1	250	250,0	20%	50,0	50%	25,00
7	BATIDORA	1	200	200,0	10%	20,0	30%	6,00
8	PLANCHA	1	1100	1100,0	20%	220,0	40%	88,00
9	CALENTADOR DE AGUA	1	2000	2000,0	20%	400,0	50%	200,00
10	REFRIGERADORA	1	300	300,0	100%	300,0	100%	300,00
4	LAVADORA	1	400	400,0	30%	120,0	30%	36,00
4	MICROONDAS	1	800	800,0	20%	160,0	10%	16,00
11	ASPIRADORA	1	600	600,0	30%	180,0	50%	90,00
12	COMPUTADORA	1	500	500,0	40%	200,0	70%	140,00
13	HORNO ELECTRICO	1	2500	2500,0	20%	500,0	50%	250,00
14	LICUADORA	1	60	60,0	15%	9,0	15%	1,35
15	MICROONDAS	1	1000	1000,0	20%	200,0	20%	40,00
16	EQUIPO DE SONIDO	1	500	500,0	20%	100,0	20%	20,00
17	LAVADORA	1	395	395,0	20%	79,00	20%	15,80
	<b>Total</b>			<b>20080,0</b>		<b>5733,0</b>		<b>2886,78</b>
<b>FACTOR DE POTENCIA (FP) :</b>	<b>0,95</b>		<b>FACTOR DE DEMANDA (FDM):</b>				<b>0,50</b>	
<b>DMU:</b>	<b>3,04 kVA</b>		<b>I DISPARO</b>				<b>34,29</b>	
<b># USUARIOS</b>	<b>31</b>		<b># LAMPARAS</b>		<b>15</b>		<b>Dloss</b>	
			<b>POTENCIA</b>		<b>100 W</b>			
<b>DMD:</b>	<b>44,3 KW</b>		<b>DAP:</b>		<b>1,875 Kw</b>			
			<b>DD:</b>		<b>DMD+DAP+Dloss/0,95</b>		<b>50 KVA</b>	
<b>TRANSFORMADOR A INSTALAR =75 KVA</b>								

## Anexo D: Demanda Máxima Diversificada (DMD)

Tabla D.1. Demanda Máxima Diversificada (DMD) considerando la utilización de equipos eléctricos para uso general, cocción y calentamiento de agua. (kW)

#USUARIOS	ESTRATO A1	ESTRATO A	ESTRATO B	ESTRATO C	ESTRATO D	ESTRATO E
1	6.86	5.49	4.08	2.97	2.21	1.81
2	10.97	8.78	6.52	4.76	3.53	2.9
3	15.08	12.07	8.96	6.54	4.85	3.98
4	19.2	15.37	11.41	8.32	6.18	5.07
5	23.15	18.53	13.76	10.03	7.45	6.11
6	26.34	21.09	15.66	11.42	8.48	6.96
7	28.51	23.63	17.54	12.79	9.5	7.8
8	32.93	26.36	19.57	14.27	10.6	8.8
9	36.1	28.9	21.46	15.65	11.62	9.54
10	39.27	31.44	23.34	17.02	12.64	10.34
11	42.44	33.97	25.22	18.4	13.66	11.21
12	45.61	36.51	27.11	19.75	14.68	12.05
13	49.02	39.25	29.14	21.25	15.78	12.95
14	52.19	41.78	31.02	22.63	16.8	13.79
15	55.36	44.32	32.91	24	17.82	14.63
16	58.53	46.86	34.79	25.37	18.84	15.46
17	61.7	49.4	36.68	26.75	19.86	16.3
18	64.87	51.94	38.56	28.12	20.88	17.14
19	67.8	54.28	40.3	29.39	21.82	17.91
20	71.22	57.01	42.33	30.87	22.92	18.81
21	74.14	59.36	44.07	32.14	23.86	19.59
22	77.31	61.9	45.96	33.52	24.88	20.42
23	80	64.04	47.55	34.68	25.75	21.13
24	82.6	66.19	49.14	35.84	26.61	21.84
25	85.12	68.14	50.59	36.9	27.4	22.49

Tabla D.2. Demanda Máxima Diversificada (DMD) considerando la utilización de equipos

# USUARIOS	ESTRATO A1	ESTRATO A	ESTRATO B	ESTRATO C	ESTRATO D	ESTRATO E
26	87.8	70.29	52.19	38.06	28.26	23.2
27	90.73	72.63	53.93	39.33	29.2	23.97
28	94.87	75.95	56.39	41.13	30.54	25.06
29	96.34	77.13	57.26	41.76	31.01	25.45
30	99.26	79.47	59	43.03	31.95	26.22
31	102.19	81.81	60.74	44.3	32.89	27
32	105.12	84.15	62.48	45.57	33.83	27.77
33	108.04	86.5	64.22	46.84	34.78	28.54
34	110.73	88.65	65.82	48	35.64	29.25
35	113.65	90.99	67.56	49.27	36.58	30.03
36	116.34	93.14	69.15	50.43	37.44	30.73
37	119.26	95.48	70.89	51.7	38.39	31.51
38	121.94	97.63	72.48	52.86	39.25	32.22
39	124.99	100.07	74.3	54.19	40.23	33.7
40	127.55	102.12	75.82	55.3	41.06	33.7
41	130.24	104.27	77.41	56.46	41.92	34.41
42	132.92	106.41	79.01	57.62	43.78	35.12
43	135.11	108.17	80.31	58.57	43.49	35.7
44	138.29	110.71	82.31	59.95	44.51	36.53
45	141.21	113.06	83.94	61.22	45.45	37.31
46	143.89	115.2	85.53	62.38	46.31	38.01
47	146.82	117.54	87.27	63.65	47.26	38.79
48	149.75	119.89	89.01	64.92	48.2	39.56
49	152.19	121.84	90.46	65.97	48.98	40.21
50	154.87	123.99	92.06	67.14	49.85	40.91
51	157.8	126.33	93.8	68.41	50.79	41.69
52	160.24	128.28	95.24	69.46	51.57	42.33
53	162.67	130.23	96.69	70.52	52.36	42.98
54	165.84	132.77	98.58	71.89	53.38	43.81
55	168.28	134.73	100.03	72.95	54.16	44.46
56	171.21	137.07	101.77	74.22	55.11	45.23
57	173.65	139.02	103.22	75.28	55.89	45.88
58	176.33	141.17	104.81	76.44	56.75	46.58

**Anexo E: Naturaleza y resistividad del terreno**

**Tabla E.1.** Naturaleza y resistencia del terreno ( $\Omega\text{m}$ ) [16].

NATURALEZA DEL TERRENO	RESISTIVIDAD EN $\Omega\text{m}$
TERRENOS PANTANOSOS	De algunas unidades a 30
LIMO	20 a 100
HUMUS	10 a 150
TURBA HÚMEDA	5 a 100
ARCILLA PLÁSTICA	50
MARGAS Y ARCILLAS COMPACTAS	100 a 200
MARGAS DEL JURÁSICO	30 a 40
ARENA ARCILLOSA	50 a 500
ARENA SILÍCEA	200 a 3.000
SUELO PEDREGOSO CUBIERTO DE CÉSPED	300 a 5.00
SUELO PEDREGOSO DESNUDO	1500 a 3.000
CALIZAS BLANDAS	100 a 300
CALIZAS COMPACTAS	1.000 a 5.000
CALIZAS AGRIETADAS	500 a 300
PIZARRAS	50 a 300
ROCA DE MICA Y CUARZO	800
GRANITOS Y GRES PROCEDENTE DE ALTERACIÓN	1.500 a 10.000
GRANITO Y GRES MUY ALTERADO	100 a 600

**Anexo F: Plano red de bajo voltaje.**

**Anexo F.1. Plano de trazado circuitos en bajo voltaje.**

## **ANEXO PLANOS**

**Anexo G: Planilla de cálculo de regulación en bajo voltaje.**

**Anexo G.1. Planilla del trafo CT-01.**

CÁLCULOS DE REGULACIÓN EN BAJO VOLTAJE										HOJA:	1	
										ANEXO:		
										FECHA:	MARZO 2022	
PROYECTO: TRANSFORMADOR CONJUNTO HABITACIONAL COLINAS DEL SUR – 50 KVA CONSUMIDOR: CONJUNTO HABITACIONAL COLINAS DEL SUR CATEGORÍA: C DMUP NÚMERO TOTAL DE CONSUMIDORES: 30 LIMITE DE CAÍDA DE VOLTAJE: 3,0 % ESQUEMA:										TRANSFORMADOR: CT-01 REFERENCIA: POTENCIA NOMINAL: 75 KVA FASES: 3 MATERIAL DEL CONDUCT: ALUMINIO TTU		
ESQUEMA TRANSFORMADOR TRIFÁSICO CT-01 75 kVA												
DATOS				TRANSFORMADOR		CARGA	LINEA	TAMAÑO	FCV	COMPUTO		
CIRCUITO	REF.	LONG (m)	USUARIOS	REF.	KVA	DD	No. DE FASES	AWG	KVA-m	PARCIAL	V (%) ACUMULADO	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
CIRCUITO 1	0-72	40	9	RST	50,00	16,48	3F	2/0	921	659,4	0,716	0,716
	72-5	9	9	RST	50,00	16,48	3F	2/0	921	148,4	0,161	0,877
	5-6	25	8	RST	50,00	15,02	3F	2/0	921	375,5	0,408	1,285
	6-7	28	5	RST	50,00	10,56	3F	2/0	921	295,6	0,321	1,606
	7-122	26	4	RST	50,00	8,76	3F	2/0	921	227,7	0,247	1,853
	7-8	28	3	RST	50,00	6,88	3F	2/0	921	192,8	0,209	2,062
	8-88	10	2	RST	50,00	5,01	3F	2/0	921	50,1	0,054	2,117
	88-99	30	1	RST	50,00	3,13	3F	2/0	921	93,8	0,102	2,218
CIRCUITO 2	0-71	71	3	RST	50,00	6,88	3F	4	316	488,8	1,547	1,547
	71-70	31	2	RST	50,00	5,01	3F	4	316	155,3	0,492	2,038
CIRCUITO 3	0-46	34	7	RST	50,00	13,46	3F	4	489	457,7	0,936	0,936
	46-45	35	4	RST	50,00	8,76	3F	2	316	306,5	0,970	1,906
	45-44	45	1	RST	50,00	3,13	3F	2	316	140,7	0,445	2,351
CIRCUITO 4	0-4	27	11	RST	50,00	19,37	3F	1/0	749	522,9	0,698	0,698
	4-3	28	9	RST	50,00	16,47	3F	1/0	749	461,3	0,616	1,314
	3-1	62	5	RST	50,00	10,56	3F	1/0	749	654,6	0,874	1,572
	1-52	37	2	RST	50,00	5,01	3F	1/0	749	185,4	0,248	1,820
NOTA:										CAÍDA DE VOLTAJE (%): 2,35		
Diseñador												



## Anexo G.2. Planilla del trafo CT-02.

		CÁLCULOS DE REGULACIÓN EN BAJO VOLTAJE				HOJA: 2						
						ANEXO:						
						FECHA: MARZO 2022						
PROYECTO:		TRANSFORMADOR CONJUNTO HABITACIONAL COLINAS DEL SUR - 75 KVA										
CONSUMIDOR	CONJUNTO HABITACIONAL COLINAS DEL SUR					TRANSFORMADOR	CT-02					
CATEGORÍA	C					REFERENCIA						
DMUP						POTENCIA NOMINAL	75 KVA					
NÚMERO TOTAL DE CONSUMIDORES	35					FASES	3					
LÍMITE DE CAÍDA DE VOLTAJE:	3,0 %					MATERIAL DEL CONDUCTOR	ALUMINIO TTU					
ESQUEMA:		<p style="text-align: center;"><b>ESQUEMA TRANSFORMADOR TRIFÁSICO CT-02 75 kVA</b></p>										
DATOS												
TRAMO			TRANSFORMADOR		CARGA	LINEA	TAMAÑO.	FCV	COMPUTO			
CIRCUITO	REF.	LONG (m)	USUARIOS	REF.	KVA	DD	Nº. DE FASES	AWG	KVA-m	KVA-m	PARCIAL	ACUMULADO
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	pozos											
CIRCUITO 1	0-24	27	9	RST	50,00	16,47	3F	1/0	749	444,8	0,594	0,594
	24 - 58	15	7	RST	50,00	13,46	3F	1/0	749	201,9	0,270	0,863
	58 - 57	39	6	RST	50,00	12,02	3F	1/0	749	468,8	0,626	1,489
	57 - 11	42	4	RST	50,00	8,76	3F	1/0	749	367,8	0,491	1,980
	11 - 12	27	2	RST	50,00	5,01	3F	1/0	749	135,3	0,181	2,16
CIRCUITO 2	0 - 55	52	8	RST	50,00	15,02	3F	1/0	749	781,1	1,043	1,043
	55 - 54	35	6	RST	50,00	12,02	3F	1/0	749	420,7	0,562	1,605
	54 - 10	42	4	RST	50,00	8,76	3F	1/0	749	367,8	0,491	2,096
CIRCUITO 3	10 - 9	27	2	RST	50,00	5,01	3F	1/0	749	135,3	0,181	2,28
	0 - 18	36	9	RST	50,00	16,47	3F	2/0	921	593,1	0,644	0,644
	18 - 19	26	8	RST	50,00	15,02	3F	2/0	921	390,5	0,424	1,068
	19 - 20	27	6	RST	50,00	12,02	3F	2/0	921	324,6	0,352	1,420
	20 - 65	46	4	RST	50,00	8,76	3F	2/0	921	402,9	0,437	1,858
CIRCUITO 4	65 - 13	40	2	RST	50,00	5,01	3F	2/0	921	200,4	0,218	2,075
	0 - 26	8	9	RST	50,00	16,47	3F	4	316	131,8	0,417	0,417
	26 - 67	6	5	RST	50,00	10,56	3F	4	316	63,3	0,200	0,618
	67 - 32	60	5	RST	50,00	10,56	3F	1/0	749	633,5	0,846	1,463
	32 - 31	23	3	RST	50,00	6,88	3F	4	316	158,3	0,501	1,964
	31 - 30	23	1	RST	50,00	3,13	3F	4	316	71,9	0,228	2,192
<b>10</b>									<b>CAÍDA DE VOLTAJE (%):</b>		<b>2,28</b>	
Ing. Diseñador												

### Anexo G.3. Planilla del trafico CT-03.

CÁLCULOS DE REGULACIÓN EN BAJO VOLTAJE										HOJA: 3		
										ANEXO:		
										FECHA: MARZO 2022		
PROYECTO: TRANSFORMADOR CONJUNTO HABITACIONAL COLINAS DEL SUR - 75 KVA					TRANSFORMADOR CT-03							
CONSUMIDOR CONJUNTO HABITACIONAL COLINAS DEL SUR					REFERENCIA							
CATEGORÍA C					POTENCIA NOMINAL 75 KVA							
DMUP					FASES 3							
NÚMERO TOTAL DE CONSUMIDORES 34					MATERIAL DEL CONDUCTOR ALUMINIO TTU							
LIMITE DE CAÍDA DE VOLTAJE: 3 %												
ESQUEMA:												
<p><b>ESQUEMA TRANSFORMADOR TRIFÁSICO CT-03 75 kVA</b></p>												
DATOS				CARGA		LINEA		COMPUTO				
CIRCUITO	TRAMO			TRANSFORMADOR		No. DE FASES	TAMAÑO. AWG	FCV KVA-m	V (%)			
	REF.	LONG (m)	USUARIOS	REF.	KVA				DD KVA	PARCIAL	ACUMULADO	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
CIRCUITO 1	pozos											
	0-23	35	8	RST	50,00	15,02	3F	1/0	749	525,7	0,702	0,702
	23-78	46	6	RST	50,00	12,02	3F	1/0	749	553,0	0,738	1,440
	78-16	41	4	RST	50,00	8,76	3F	1/0	749	359,1	0,479	1,920
CIRCUITO 2	16-15	27	2	RST	50,00	5,01	3F	1/0	749	135,3	0,181	2,100
	0-22	62	8	RST	50,00	15,02	3F	2/0	921	931,3	1,011	1,011
	22-21	26	6	RST	50,00	12,02	3F	2/0	921	312,5	0,339	1,351
	21-73	45	4	RST	50,00	8,76	3F	2/0	921	394,1	0,428	1,778
CIRCUITO 3	73-14	44	2	RST	50,00	5,01	3F	2/0	921	220,5	0,239	2,018
	0-91	42	7	RST	50,00	13,46	3F	1/0	749	565,5	0,755	0,755
	91-90	18	6	RST	50,00	12,02	3F	1/0	749	216,4	0,289	1,044
	90-89	39	3	RST	50,00	6,88	3F	1/0	749	268,5	0,358	1,402
CIRCUITO 4	89-88	34	1	RST	50,00	5,01	3F	1/0	749	170,4	0,227	1,630
	0-29	26	7	RST	50,00	13,46	3F	2	489	350,0	0,716	0,716
	29-82	48	5	RST	50,00	10,56	3F	2	489	506,8	1,036	1,752
CIRCUITO 5	82-34	26	1	RST	50,00	3,13	3F	2	489	81,3	0,166	1,918
	0-28	13	4	RST	50,00	8,76	3F	4	316	113,9	0,360	0,360
	28-27	14	3	RST	50,00	6,88	3F	4	316	96,4	0,305	0,665
	27-33	67	2	RST	50,00	5,01	3F	4	316	335,7	1,062	1,728
10						CAÍDA DE VOLTAJE (%): 2,10						
<p>Ing. Diseñador</p>												

### Anexo G.4. Planilla del trafo CT-04.

<b>CÁLCULOS DE REGULACIÓN EN BAJO VOLTAJE</b>		HOJA: <b>4</b>										
		ANEXO:										
		FECHA: <b>MARZO 2022</b>										
<b>PROYECTO: TRANSFORMADOR CONJUNTO HABITACIONAL COLINAS DEL SUR – 75 KVA</b>												
CONSUMIDOR	CONJUNTO HABITACIONAL COLINAS DEL SUR	TRANSFORMADOR <b>CT-04</b>										
CATEGORÍA	<b>C</b>	REFERENCIA										
DMUP		POTENCIA NOMINAL <b>75 KVA</b>										
NÚMERO TOTAL DE CONSUMIDORES	31	FASES <b>3</b>										
LIMITE DE CAÍDA DE VOLTAJE:	3 %	MATERIAL DEL CONDUCTOR <b>ALUMINIO TTU</b>										
<b>ESQUEMA TRANSFORMADOR TRIFÁSICO CT-04 75 kVA</b>												
DATOS				CARGA	LINEA				COMPUTO			
CIRCUITO	TRAMO			TRANSFORMADOR		DD	No. DE	TAMAÑO.	FCV	KVA-m	V (%)	
	REF.	LONG (m)	USUARIOS	REF.	KVA	KVA	FASES	AWG	KVA-m	PARCIAL	ACUMULADO	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	pozos											
CIRCUITO 1	0-86	24	4	RST	50,00	8,76	3F	4	316	210,2	0,665	0,665
	86-85	23	2	RST	50,00	5,01	3F	4	316	115,2	0,365	1,030
CIRCUITO 2	0-87	30	6	RST	50,00	12,02	3F	4	316	360,6	1,141	1,141
	87-100	30	3	RST	50,00	6,88	3F	4	316	206,5	0,654	1,795
CIRCUITO 3	0-97	9	10	RST	50,00	17,92	3F	2	489	161,2	0,330	0,330
	97-96	48	7	RST	50,00	13,46	3F	2	489	646,2	1,322	1,651
CIRCUITO 4	96-95	47	3	RST	50,00	6,88	3F	2	489	323,6	0,662	2,313
	0-39	47	4	RST	50,00	8,76	3F	4	316	411,6	1,303	1,303
CIRCUITO 5	39-40	23	2	RST	50,00	5,01	3F	4	316	115,2	0,365	1,667
	0-98	31	3	RST	50,00	6,88	3F	4	316	213,4	0,675	0,675
CIRCUITO 6	98-113	21	2	RST	50,00	5,01	3F	4	316	105,2	0,333	1,008
	0-42	61	4	RST	50,00	8,76	3F	4	316	534,2	1,691	1,691
	42-43	26	2	RST	50,00	6,86	3F	4	316	178,4	0,565	2,255
<b>10</b>									<b>CAÍDA DE VOLTAJE (%) :</b>		<b>2,31</b>	
Ing. Diseñador												

**Anexo H: Calibre de conductores.**

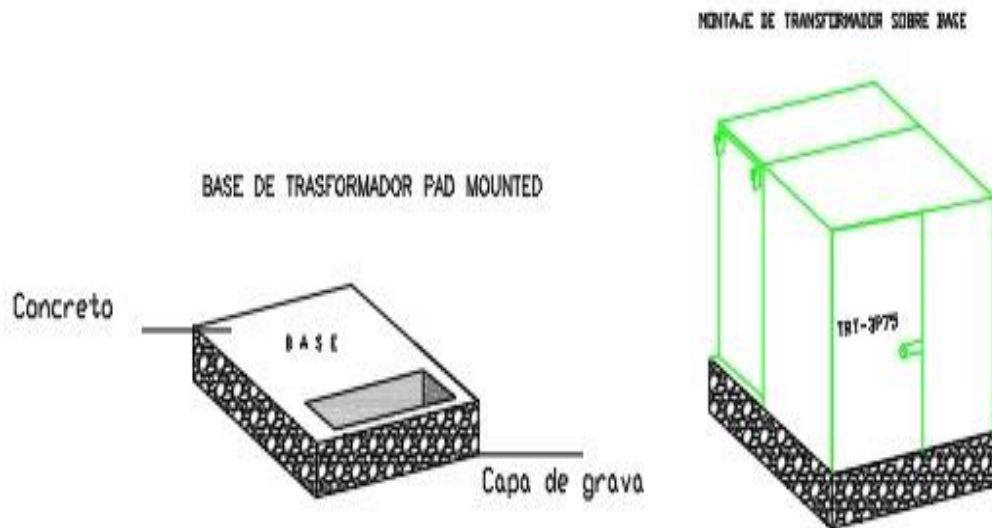
**Anexo H.1. Calibre de conductores de aluminio y cobre de redes subterráneas.**

**Tabla F.1.** Conductores de redes subterráneas.

CONDUCTOR		KVA – m, COBRE				KVA – m, ALUMINIO			
SECCIÓN	CALIBRE AWG o MCM	1 DUCTO		BANCO DE DUCTOS		1 DUCTO		BANCO DE DUCTOS	
		3Ø	1Ø	3Ø	1Ø	3Ø	1Ø	3Ø	1Ø
13.3	6	332	197	325	192	205	122	202	120
21.2	4	518	307	501	296	323	192	316	189
33.6	2	801	475	763	449	505	300	489	289
53.5	1/0	1214	719	1145	669	780	446	749	441
67.4	2/0	1484	877	1385	807	966	573	921	540
85	3/0	1807	1068	1668	968	1192	706	1127	660
107.2	4/0	2189	1292	19.96	1154	1463	867	1370	799
126.4	250	2487	1467	2273	1309	1679	993	1578	918
177	350	3210	1891	2890	1652	2226	1316	2067	1194
2530	500	...	...	...	...	2235	1090	2235	1090

**Anexo I: Detalles constructivos.**

**Anexo I.1. Detalle constructivo transformador pad Mounted.**



## Anexo J: Tabla de capacidad corriente (A).

### Anexo J.1.Capacidad corriente de conductor TTU aluminio en ducto.

**Tabla J.1.**Capacidad corriente de conductor (A) TTU aluminio en ducto.

Calibre	Área de sección transversal del conductor	Cantidad de alambres	Espesor promedio del aislamiento (PE)	Espesor promedio de la cubierta (PVC)	Diámetro exterior	Peso neto aproximado	75°		Presentación
							Capacidad de corriente al aire libre	Capacidad de corriente en ducto	
(AWG / kcmil)	(mm²)	(n°)	(mm)	(mm)	(mm)	(Kg/Km)	(A)	(A)	
8 AWG	8,37	7	1,14	0,38	6,75	43	55	40	A, B, C y D
6 AWG	13,30	7	1,14	0,76	8,47	84	75	50	A, B, C y D
4 AWG	21,20	7	1,14	0,76	9,69	129	100	65	A, B, C y D
2 AWG	33,60	7	1,14	0,76	11,22	171	135	90	A, B, C y D
1/0 AWG	53,50	19	1,40	1,14	14,53	299	180	120	A, B, C y D
2/0 AWG	67,40	19	1,40	1,14	15,70	315	210	135	B, C y D
3/0 AWG	85,00	19	1,40	1,14	17,02	403	240	155	B, C y D
4/0 AWG	107,00	19	1,40	1,14	18,49	480	280	180	B, C y D
250 kcmil	127,00	37	1,65	1,65	21,20	575	315	205	B, C y D
300 kcmil	152,00	37	1,65	1,65	22,60	692	350	230	B, C y D
350 kcmil	177,00	37	1,65	1,65	23,90	824	395	250	B, C y D
500 kcmil	253,00	37	1,65	1,65	27,25	1075	485	310	B, C y D
750 kcmil	380,00	61	2,03	1,65	32,71	1546	620	385	B, C y D

**Anexo K: Diseño de red de medio voltaje.**

**Anexo K.1.Plano de trazado de red de medio voltaje.**

## **ANEXO PLANOS**

**Anexo L: Resultados de simulación en DIALux**

**Anexo L.1. Resultado de estudio lumínico.**

## **ANEXO RESULTADOS DE ESTUDIO**

**Anexo M: Diseño de red de alumbrado público.**

**Anexo M.1. Trazado de red de alumbrado público.**

## **ANEXO PLANOS**



**Anexo N: Trazado de ductos.**

**Anexo N.1. Trazado ductos y pozos colinas del sur.**

## **ANEXO PLANOS**

## Anexo K: materiales y equipo necesario.

### Anexo K.1. listado de materiales eléctricos y de construcción.

MATERIAL Y EQUIPO NECESARIO CONSORCIO HABITACIONAL COLINAS DEL SUR		
UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANT.
<b>RUBRO A: TRANSICIÓN Y ACCESORIOS</b>		
m	Cable de cobre desnudo	10
c/u	Cruceta de acero galvanizado, perfil "L" 75x75x6x1200 mm	4
c/u	Pie amigo de acero galvanizado, perfil "L" 38x38x6x711mm	4
c/u	Perno "U" Acero Galvanizado, con 2 tuercas, Arandelas: 2 Planas y 2 Presión de 16 X 150 mm (5/8" X 6").	4
c/u	Perno esparrago con tuercas y arandelas	8
c/u	Perno maquina	8
c/u	Estribo para derivación de aleación de Cu-Sn	2
c/u	Grapa de aleación de Al, derivación para línea en caliente, rango 4-2/0	2
c/u	Reversible EMT 110mm	2
c/u	Tubo rígido de acero galvanizado 110mm 6m	2
m	Fleje de acero inoxidable ,0,76mm de espesor x 19,05mm de ancho	6
c/u	Hebilla para fleje de acero inoxidable de 19,05mm de ancho	2
c/u	Codo de acero inoxidable de 110mm curva amplia de 90°	2
c/u	Unión para tubo rígido Conduit de acero galvanizado 110mm	4
c/u	Abrazadera de acero galvanizado, pletina, 3 pernos 38x4x140 - 160mm	2
c/u	Conector tipo bayoneta	6
c/u	Corta circuito fusible	6
c/u	Terminal de uso exterior	6
c/u	Apartarayos	6
c/u	Aislador de suspensión, porcelana, clase ANSI 52-1	6
c/u	Accesorios para sujeción de terminal	2
<b>RUBRO B: CONDUCTORES Y ACSESORIOS</b>		
m	Conductor de cobre XLPE calibre 4/0 AWG 3X4/0 XLPE CU+(1X4/0 DES CU)	153,78
m	Conductor de aluminio TTU calibre 2/0 AWG 3X 2/0+(1X2/0)TTU AL	2415
m	Conductor de aluminio TTU calibre 2 AWG 3X2 +(1X2)TTU AL	1192,8
m	Conductor de aluminio TTU calibre 1/0 AWG 3X1/0 +(1X1/0)TTU AL	3368,4
m	Conductor de cobre calibre 4/0 AWG desnudo para neutro	51,26
c/u	Cinta scotch 23 auto fundente 3/4"x 9.15mts negro-3m	100
m	Conductor 12 TTU Al 2*TTU 12 alimentacion alumbrado publico	5775
c/u	Barraje tipo capuchon 5 vias sumergible	163
m	Conductor 6 TTU 2*TTU 6 Al alumbrado publico	12035,1
m	Conductor de aluminio TTU calibre 4 AWG 3X4 +(1X4)TTU AL acometidas	58500

MATERIAL Y EQUIPO NECESARIO CONSORCIO HABITACIONAL COLINAS DEL SUR		
UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANT.
<b>RUBRO C: TRANSFORMADORES Y ACSESORIOS</b>		
c/u	Transformador trifasico tipo Padmounted de 75 kVA 13,2 - 13,8 kV GRDY/ 7621 - 120-240 V	4
c/u	Seccionador 15 kV 1F con seccionamiento fusible unipolar ab 100 A	6
c/u	Bases de transformador	4
c/u	Pozo de media tension	4
c/u	Puntas terminales tipo exterior de 15 kV	6
c/u	Barraje de 5 vias MV	1
c/u	Tirafusible	6
c/u	Varilla recubierta de Cu para puesta a tierra 16x1800m (5/8x71") 1,80 m de longitud	16
m	Conductor cu desnudo para malla de tierra	96
c/u	Suelda exotermica	16
c/u	Elbow Connectors	19
<b>RUBRO D: ALUMBRADO PÚBLICO</b>		
c/u	Lamparas de 100 W Led	70
c/u	Tablero de control para AP 6 salidas	4
c/u	Poste ornamental fibra 7 m con un solo brazo para alumbrado publico	70
<b>RUBRO E: POZOS Y DUCTOS</b>		
c/u	Cinta identificación inst. eléctricas	2167
m	Tubería pvc 110 mm inen 2227	5578
m	Manguera de polietileno 2" eléctrica y conectividad	3177
c/u	Separadores tubería pvc-p 40 mm	1180,63
c/u	Tapón macho 110 mm	874
m	Triducto 40 mm polietileno	2167
c/u	Pozos tipo A	16
c/u	Pozos tipo B	65
c/u	Pozos tipo C	34
c/u	Pozos tipo D	1
c/u	Tapas para pozo	116
<b>RUBRO F: MEDIDORES Y ACCESORIOS</b>		
c/u	Medidor bifasico 127/220 V	130
c/u	Varilla recubierta de Cu para puesta a tierra 16x1800m (5/8x71") 1,80 m de longitud	130
c/u	Suelda exotermica	130
m	Manguera de polietileno 1/2" eléctrica y conectividad	1300