

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA PARA EL BARRIO CALLUMA DE PIFO (ZONA 3).

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA

Manuel Lizandro Llumiquinga Ushiña

manuel.llumiquinga@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. CATALINA ELIZABETH ARMAS FREIRE, MSC.

elizabeth.armas@epn.edu.ec

CODIRECTOR: ING. CARLOS ORLANDO ROMO HERRERA, MSC.

carlos.romo@epn.edu.ec

Quito, septiembre 2021

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por el Sr Llumiquinga Ushiña Manuel Lizandro como requerimiento parcial a la obtención del título de TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA, bajo nuestra supervisión:



**Ing. Catalina Elizabeth
Armas**

DIRECTORA DEL
PROYECTO

**Ing. Carlos Orlando Romo
Herrera**

CODIRECTOR DEL PROYECTO

DECLARACIÓN

Yo Llumiquinga Ushiña Manuel Lizandro con CI: 1727665323 declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Sin perjuicio de los derechos reconocidos en el primer párrafo del artículo 144 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación – COESC-, soy titular de la obra en mención y otorgo una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva de uso con fines académicos a la Escuela Politécnica Nacional.

Entrega toda la información técnica pertinente, en caso de que hubiese una explotación comercial de la obra por parte de la EPN, se negociará los porcentajes de los beneficios conforme lo establece la normativa nacional vigente.



Manuel Llumiquinga

CI: 1727665323

Teléfono: 0962720657

Correo: manuel.llumiquinga@epn.edu.ec

DEDICATORIA

El presente trabajo les dedico principalmente a mis padres, por su apoyo incondicional, amor y trabajo, gracias a ustedes he logrado llegar aquí, a mis hermanos, por siempre apoyarme y estar presente en este proceso, a todas las personas que me han brindado su apoyo.

AGRADECIMIENTO

Gracias a mis padres: María Etelvina y Segundo Eduardo por ser las principales personas que me han apoyado, gracias por confiar y creer en mí.

A mis hermanos, por ser el apoyo moral y por los consejos que me dieron para mejorar cada día.

A los ingenieros, profesores, autoridades y directora de tesis por el conocimiento, la paciencia y el apoyo brindado para terminar esta tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	Introducción	1
1.1	Objetivo general.....	2
1.2	Objetivos específicos	2
2	Metodología.....	3
2.1	Descripción de la metodología usada	3
3	Resultados y Discusión.....	5
3.1	Información de campo	5
3.2	Normas para sistemas de distribución E.E.Q. S.A.	7
	Norma para sistema de distribución Parte A (Guía de Diseño de Redes para Distribución).....	7
	Norma para sistema de distribución Parte B (Unidades de Propiedad y de Construcción).....	8
	Norma para sistema de distribución Parte C (Especificaciones Técnicas de Equipos y Materiales).....	8
3.3	Demanda y carga instalada de usuarios	8
	Determinación de la demanda y carga instalada.....	8
3.4	Red de medio voltaje, bajo voltaje, alumbrado público y acometidas	12
	Red primaria	12
	Red secundaria.....	17
	Alumbrado público	22
3.5	Equipos y elementos de la red de distribución	26
	Seccionamiento y protecciones	26
	Selección de postes.....	29
3.6	Estudio económico estimado de materiales y equipos	30
4	Conclusiones y Recomendaciones	34

4.1	Conclusiones	34
4.2	Recomendaciones	35
5	Referencias Bibliográficas	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 Reconocimiento del terreno (a) vista frontal (b) vista superior.	5
Figura 3.2 Postes eléctricos existentes.	6
Figura 3.3 Visualización de la plataforma (GIS-EEQ).....	6
Figura 3.4 Punto de conexión de la red primaria	12
Figura 3.5 Ubicación del tablero de distribución e inicio de la red secundaria	18
Figura 3.6 Código QR de la memoria técnica	32
Figura 3.7 Sociabilización del proyecto	33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Valores de referencia de la demanda máxima unitaria y carga instalada	9
Tabla 3.2 Factor M	11
Tabla 3.3 Factor N.....	11
Tabla 3.4 Valor de porcentajes de acuerdo al tipo de usuario	14
Tabla 3.5 Potencia nominal de los transformadores.	14
Tabla 3.6 Máximos y mínimos calibres de conductores para instalación aérea.	15
Tabla 3.7 Caída de voltaje en la red primaria	16
Tabla 3.8 Potencia de (kVA-Km) en redes aéreas, red primaria	16
Tabla 3.9 Conductores de la red secundaria (circuito 1).....	18
Tabla 3.10 Conductores de la red secundaria (circuito 2).....	18
Tabla 3.11 Caída máxima de voltaje en la red secundaria.....	19
Tabla 3.12 Factor de diversidad	20
Tabla 3.13 Potencia de (kVA-M) para redes aéreas de la red secundaria	21
Tabla 3.14 Especificaciones de vías.....	22
Tabla 3.15 Potencia de la luminaria en función al tipo de vía	23
Tabla 3.16 Especificaciones de las luminarias.....	24
Tabla 3.17 Valores de seccionadores portafusibles.....	26
Tabla 3.18 Tipos de fusibles para transformadores convencionales de distribución ...	26
Tabla 3.19 Valores de los fusibles de la red secundaria	29
Tabla 3.20 Características de postes.....	29
Tabla 3.21 Estructura de postes	30
Tabla 3.22 Descripción de equipos y materiales.....	30
Tabla 3.23 Presupuesto estimado total del proyecto	32

RESUMEN

En el presente proyecto de titulación se diseña la red de distribución eléctrica del barrio Calluma de la parroquia Pifo. En el proyecto se desarrolla una memoria técnica, la cual es un documento que muestra una descripción detallada del diseño que incluye: análisis, justificaciones y cálculos, de acuerdo a las normas para Sistemas de Distribución de la Empresa Eléctrica de Quito (E.E.Q. S.A.), partes A, B y C. Con la memoria técnica los dirigentes del barrio Calluma podrán realizar los trámites pertinentes en la E.E.Q. S.A., para la construcción de la red diseñada.

El proyecto contiene cinco capítulos los cuales son resumidos a continuación:

El capítulo 1 contiene la introducción e información que indica el problema planteado y cómo se desarrolla la solución del proyecto; además, se indican el objetivo general y objetivos específicos.

El capítulo 2 se refiere a los tipos de metodologías que se aplicaron en el desarrollo del proyecto y cómo se usaron; así mismo, se detallan las actividades realizadas para cumplir con los objetivos planteados.

El capítulo 3 se refiere a los resultados del proyecto, el cual contiene: información de campo, el análisis y estudio de las normas de la E.E.Q. S.A., cálculos de la demanda y carga instalada de usuarios, diseño de las redes de medio y bajo voltaje, alumbrado público y acometida; y, finalmente el estudio económico estimado de los materiales y equipos.

El capítulo 4 contiene las conclusiones y recomendaciones obtenidas a partir de los resultados del proyecto.

Finalmente, en el capítulo 5 se enlistan las referencias bibliográficas utilizadas.

PALABRAS CLAVES: Normas, redes eléctricas, sistemas de distribución, demanda, transformador.

ABSTRACT

In this degree project, the electrical distribution network of the Calluma neighborhood of the Pifo parish is designed. In the project, a technical report is developed, which is a document that shows a detailed description of the design that includes: analysis, justifications and calculations, according to the rules for Distribution Systems of the Quito Electric Company (E.E.Q. S.A.), parts A, B and C. With the technical report, the leaders of the Calluma neighborhood can carry out the pertinent procedures at the E.E.Q S.A., for the construction of the designed network.

The project contains five chapters, which are summarized below:

Chapter 1 contains the introduction and information that indicates the problem posed and how the solution of the project is developed; In addition, the general objective and specific objectives are indicated.

Chapter 2 refers to the types of methodologies that were applied in the development of the project and how they were used; Likewise, the activities carried out to meet the objectives are detailed.

chapter 3 refers to the results of the project, which contains: field information, the analysis and study of the E.E.Q. S.A., calculations of the demand and installed load of users, design of the medium and low voltage networks, public lighting and connection; and, finally, the estimated economic study of the materials and equipment.

Chapter 4 contains the conclusions and recommendations obtained from the project results.

Finally, chapter five lists the bibliographic references used.

KEY WORDS: Standards, electrical networks, distribution systems, demand, transformer.

1 INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica es un servicio básico e indispensable que beneficia a los miembros de una comunidad. Los beneficios son: iluminar las noches y lugares oscuros; mejora el estilo de vida de las personas; permite utilizar diferentes dispositivos eléctricos y electrónicos; con el alumbrado público es posible la circulación segura de peatones y vehículos, reduciendo la cantidad de accidentes de tránsito y la inseguridad; finalmente, promueve las operaciones comerciales y económicas.

La parroquia de Pifo se encuentra en el extremo nororiente del cantón Quito, esta parroquia es un sector muy concurrido y comercial; por su ubicación geográfica se conecta con otras zonas municipales de los valles, permitiendo movilizarse de una forma rápida entre los valles y la ciudad de Quito mediante la vía Ruta Viva.

En la actualidad Pifo ha experimentado un acelerado crecimiento debido a nuevos asentamientos de familias en las zonas periféricas de la parroquia, lo que ha provocado que se formen nuevos barrios que no cuentan con los servicios básicos como: electricidad, agua potable, alcantarillado, calles asfaltadas, etc. Las necesidades mencionadas no se han visto atendidas por las autoridades de la parroquia, por diferentes factores económicos y de organización.

En el presente proyecto se realiza el diseño de la red de distribución eléctrica para el barrio Calluma de la parroquia Pifo, en el que se calculan la carga instalada y demanda eléctrica de las viviendas, se diseñan las redes de medio y bajo voltaje, alumbrado público y acometidas; se seleccionan los equipos y elementos de la red de distribución; y, finalmente se realiza el estudio económico de materiales y equipos.

Con el diseño de la red de distribución eléctrica los dirigentes del barrio Calluma pueden iniciar los trámites necesarios en la Empresa Eléctrica Quito S.A. (E.E.Q. S.A.) para la futura construcción de la red de distribución diseñada.

1.1 Objetivo general

Diseñar la red de distribución eléctrica para el barrio Calluma de Pifo (Zona 3).

1.2 Objetivos específicos

- Realizar un levantamiento de información de campo.
- Analizar las normas para Sistemas de Distribución establecida por la Empresa Eléctrica Quito S.A.
- Realizar el cálculo de la demanda y carga instalada.
- Diseñar la red de medio voltaje, bajo voltaje, alumbrado público y acometidas.
- Seleccionar los equipos y elementos de la red de distribución.
- Realizar el estudio económico estimado de materiales y equipos.

2 METODOLOGÍA

El presente proyecto se realizó con base en las investigaciones de tipo exploratoria y descriptiva.

La investigación exploratoria es utilizada por la visita técnica que se hizo al barrio de Calluma, en el cual se recolectó información acerca de la ubicación y estado de la red de distribución más cercana, las residencias y los diferentes factores que afectan el diseño de la red eléctrica.

La investigación descriptiva se basa en describir y analizar los siguientes aspectos: la información recolectada del proyecto, los planos eléctricos actualizados del barrio y las normas e información en general acerca de sistemas de distribución eléctrica.

2.1 Descripción de la metodología usada

En el levantamiento de la información se realizó una visita técnica al lugar en donde se desarrolló el proyecto para la recolección de información; como por ejemplo: el tamaño y números de lotes, planos de ubicación; y, además se identificó la red de distribución eléctrica más cercana y el estado de esta.

Se analizaron las normas para Sistemas de Distribución parte A (Guía para diseño de redes para distribución), parte B (Unidades de Propiedad y Construcción) y parte C (Especificaciones Técnicas de Equipos y Materiales). Se determinaron las condiciones, reglas, parámetros y recomendaciones que se aplican en el diseño de la red de distribución eléctrica, con el fin de obtener un trabajo de calidad, seguro y eficiente.

Con el análisis de la información recolectada y siguiendo las normas mencionadas se realizaron los cálculos de la demanda eléctrica y carga instalada de los usuarios residenciales y comerciales, considerando el crecimiento de usuarios en un determinado tiempo.

Se diseñaron la red de distribución eléctrica de medio y bajo voltaje, alumbrado público y las acometidas; se detallaron: los elementos (postes, luminarias, centros de transformación y puestas a tierras) y sus ubicaciones. Además, se definieron las rutas de los conductores de medio y bajo voltaje, mismas que se dibujaron en un plano según lo indicado por la norma para Sistemas de Distribución parte A (Guía para diseño de redes de distribución).

Con los cálculos obtenidos se seleccionaron los equipos, elementos y materiales, tales como: el tipo de cable, las protecciones eléctricas, el transformador, los soportes y estructuras para el centro de transformación, entre otros; de acuerdo a las normas para Sistemas de Distribución parte B (Unidades de Propiedad y Construcción) y parte C (Especificaciones Técnicas de Equipos y Materiales) de la E.E.Q. S.A.

Finalmente, se realizó un presupuesto estimado de los equipos y materiales, clasificándolos según su uso, características técnicas y eléctricas.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se describe de forma específica el desarrollo del proyecto, los pasos y acciones que se realizaron para cumplir con los objetivos específicos; y además, se presentan los resultados alcanzados en cada uno de ellos.

3.1 Información de campo

Se realizó la visita técnica en el barrio Calluma de la parroquia de Pifo, para recolectar información e identificar el lugar en donde se realizó el diseño de la red de distribución. La información más relevante que se obtiene es la siguiente:

- En la Figura 3.1 se observa el área en la que se realizó el diseño de la red. La información indicada por los propietarios se determina que en los lotes se construirán casas, locales comerciales y áreas deportivas.

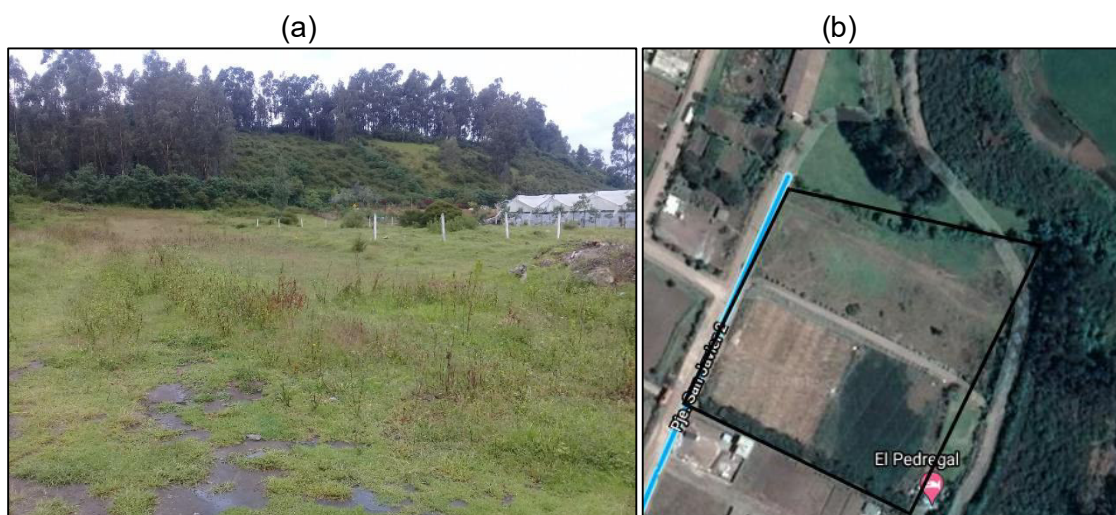


Figura 3.1 Reconocimiento del terreno (a) vista frontal (b) vista superior.

- En el plano entregado por los dirigentes de la parroquia se determinó que existen 12 lotes los cuales no son simétricos, tienen diferentes áreas, por ejemplo el lote 1 tiene una área de 1 815.39 (m²), el lote 2 tiene una área de 583.69 (m²) y el lote 3 tiene una área de 1 280.09 (m²).
- En el plano también se determina que el tamaño de la calle principal es igual a 10 (m) y la ubicación de los postes existentes. En la figura 3.2 se observan uno los postes existentes.
- El plano entregado por los dirigentes se encuentra en el Anexo 1.



Figura 3.2 Postes eléctricos existentes.

La información acerca de la red de distribución más cercana se obtiene del Sistema de Información Geográfica de Sistemas Eléctricos de Distribución (GIS-EEQ). El GIS por sus siglas en inglés o también conocido como SIG por las siglas en español, es un sistema que se utiliza para describir y categorizar la tierra y otras geografías, con el fin de mostrar información relevante acerca de un lugar. [1]

El GIS-EEQ es un conjunto de información geográfica y eléctrica clasificada, en el cual se encuentra la ubicación de estaciones y subestaciones de distribución y transmisión, líneas de transmisión, información acerca de los transformadores, redes eléctricas, consumo energético por área, ubicación y potencia de los elementos principales de las redes de distribución de alta y media tensión. En la Figura 3.3 se observa el mapa de la plataforma GIS-EEQ que indica el tipo de transformador que existe en el lugar y el valor de la red primaria de 13.16 (kV).

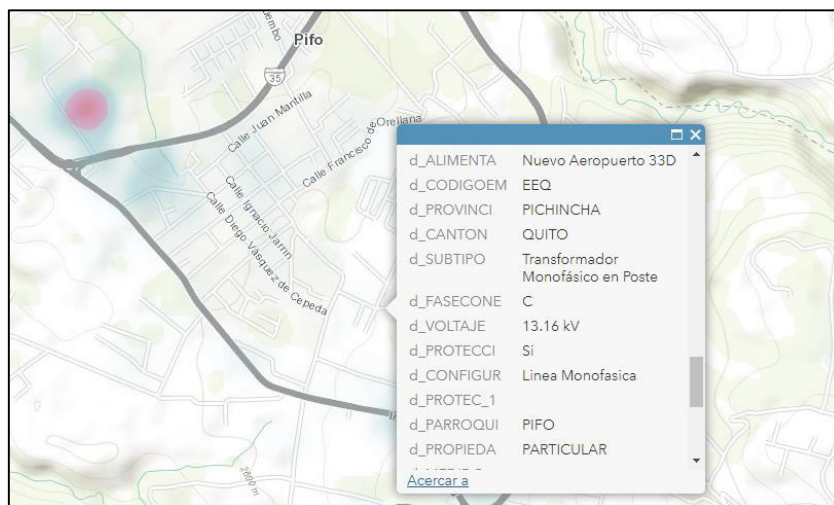


Figura 3.3 Visualización de la plataforma (GIS-EEQ) [10].

3.2 Normas para sistemas de distribución E.E.Q. S.A.

El objetivo de las normas es instituir técnicas de orden teórico y práctico para la regulación estándar de los sistemas de distribución en la fase de diseño y construcción; además, para orientar al personal de la empresa, clientes, profesionales independientes y empresas especializadas en el diseño y/o construcción en sistemas de distribución, en el cumplimiento de los requisitos y especificaciones técnicas y administrativas en las diferentes etapas de desarrollo de los proyectos eléctricos. [2]

La E.E.Q. S.A. es el ente regulador en el área de la electricidad en la ciudad de Quito, por lo cual esta entidad tiene normativas para el diseño y construcción de proyectos relacionados con la energía eléctrica. La norma para sistemas de distribución se divide en las siguientes tres partes:

Norma para sistema de distribución Parte A (Guía de Diseño de Redes para Distribución).

Esta parte de la norma contiene un conjunto de criterios y recomendaciones teóricas y prácticas para la ejecución y diseño de las redes de distribución en áreas urbanas y rurales que se encuentren dentro del área de servicio de la E.E.Q S.A. Los nuevos sistemas se incorporan a la red de la E.E.Q S.A, como parte del proceso de ampliación del área de suministro. [2]

Esta norma contiene información para el diseño de redes de distribución y está dividida en secciones que se resumen a continuación:

- Sección A-01, se encuentra información general de la empresa eléctrica: el área de servicio, las tensiones que emplea la empresa, las configuraciones de los sistemas de distribución, la descripción general del sistema de potencia, entre otros datos.
- Secciones A-02 y A-03, contienen las definiciones, abreviaturas; y código de símbolos; respectivamente, que se utilizan para el diseño de los planos y esquemas eléctricos.
- Sección A-04, contiene tipos de formatos, rotulados, dimensiones y escalas para el desarrollo de planos.
- Sección A-10, contiene la metodología que se utiliza en el diseño de la red. El propósito de esta sección es establecer una secuencia y definir el alcance de las actividades para el desarrollo adecuado del diseño de una red.

- Sección A-11, contiene los parámetros del diseño como: la clasificación de los consumidores, determinación de la carga y demanda máxima unitaria, valores de referencia para la determinación de demanda diversificada, tipo de instalación, etc.
- Sección A-12, contiene información acerca del dimensionamiento del transformador, secciones y materiales de conductores, recomendaciones para el trazado de las redes primarias y secundarias.
- Secciones A-13, A-15 y A-20, se refieren al dimensionamiento y selección de las protecciones eléctricas, estructuras de soportes y cámaras de transformación. Además, indica la clasificación de los materiales y equipos, de acuerdo a sus características técnicas y eléctricas.

Norma para sistema de distribución Parte B (Unidades de Propiedad y de Construcción).

Esta norma contiene recomendaciones, disposiciones y gráficos de los equipos y elementos para el diseño de la red. La información disponible es la siguiente: tipos y tamaños de postes, tipos de transformadores, recomendaciones para la instalación, separaciones mínimas entre postes, alturas y separaciones entre conductores y las residencias.

Las secciones más importantes son: guía para la utilización de tipos de diseños y listas de materiales, estructuras de redes aéreas de distribución, tensores y anclajes, identificación de fases y circuitos, conexión a tierra y alumbrado público.

Norma para sistema de distribución Parte C (Especificaciones Técnicas de Equipos y Materiales).

En esta norma se encuentran especificaciones técnicas y eléctricas de los siguientes equipos y elementos: transformadores monofásicos y trifásicos; luminarias, conductores, postes; y herrajes que son las piezas metálicas utilizadas en sujeción, como por ejemplo: pernos, tornillos, tipos de crucetas, perfiles angulares, abrazaderas y varillas de anclaje.

3.3 Demanda y carga instalada de usuarios

Determinación de la demanda y carga instalada

La área cuenta con 12 lotes que están ubicados en una zona periférica (sector rural) de la Parroquia de Pifo, por lo que son usuarios residenciales, de acuerdo al plano de

distribución de estratos de consumo de la E.E.Q. S.A del Anexo 2. Se determina que los moradores el barrio Calluma son de estrato tipo C.

A partir del tipo de estrato determinado se definen los valores de la demanda máxima unitaria que es igual a 2.63 (kVA), y la carga instalada que es igual a 6.63 (kVA) de acuerdo a la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Valores de referencia de la demanda máxima unitaria y carga instalada [2].

Valores de referencia de la Demanda Máxima y la Carga Instalada de un usuario residencial tipo, sin considerar la influencia de las cocinas de inducción				
Usuario residencial tipo	DMU (kW)	DMU (kVA)	CI (kW)	CI (kVA)
E	1.1	1.16	1.84	1.94
D	1.6	1.68	3.22	3.39
C	2.5	2.63	6.3	6.63

Con los valores especificados y usando la Ecuación 3.1, se determina la Demanda Máxima Unitaria Proyectada (DMU_p).

$$DMU_p = DMU \cdot \%$$

Ecuación 3.1 Demanda máxima unitaria proyectada [2].

Donde:

DMU : 2.63 (kVA) Demanda máxima unitaria

% : 1.25 Tasa de crecimiento

DMU_p : (kVA) Demanda máxima unitaria proyectada

Por lo tanto:

$$DMU_p = 3.29 \text{ (kVA)}$$

La tasa de crecimiento de 1.25 se considera para un incremento de usuarios proyectado a 10 años, según la parte A de la norma [2].

Usando la Ecuación 3.2 se obtiene la Demanda Máxima Diversificada de las cocinas de inducción:

$$DMD_{CI} = 0.6 \cdot N_{CI} \cdot FC_{CI} \cdot DMU_{CI}$$

Ecuación 3.2 Demanda Máxima Diversificada de las cocinas de inducción [2].

Donde:

- N_{CI} : 12 Número de cocinas de inducción
- FC_{CI} : Factor de coincidencia
- DMU_{CI} : (kW) Demanda máxima unitaria de cocinas de inducción

Usando la Ecuación 3.3 se obtiene el Factor de Coincidencia de las cocinas de inducción:

$$FC_{CI} = e^{-0.7243} \cdot N_{CI}^{-0.128443} + 0.037$$

Ecuación 3.3 Factor de coincidencia de cocinas de inducción [2].

Se considera que todas las casas tienen cocinas de inducción por criterio propio de diseño, por lo que el número de cocinas de inducción es el mismo que el número de usuarios.

Por lo tanto:

$$FC_{CI} = 0.39$$

Usando la Ecuación 3.4 se obtiene la Demanda Máxima Unitaria de cocinas de inducción.

$$DMU_{CI} = CI \cdot FD$$

Ecuación 3.4 Demanda Máxima Unitaria de cocinas de inducción [2].

Donde:

- CI : 3 (kW) Carga instalada de una cocina de inducción
- FD : 0.8 Factor de demanda

Los valores de referencia de CI y FD se obtienen de la parte A de la norma [2].

Usando la Ecuación 3.4 se obtiene:

$$DMU_{CI} = 2.4 \text{ (kW)}$$

Reemplazando los valores obtenidos en las ecuaciones Ecuación 3.3 y Ecuación 3.4 en la Ecuación 3.2 se obtiene:

$$DMD_{CI} = 6.73 \text{ (kW)}$$

Usando la Ecuación 3.5 se obtiene la Demanda Máxima Diversificada (DMD).

$$DMD = (Factor\ M \cdot Factor\ N) + DMD_{CI}$$

Ecuación 3.5 Demanda Máxima Diversificada [2].

Donde:

Factor M : 18.7 Factor de coincidencia

Factor N : 0.78 Relación de energía consumida por mes y por cliente con la demanda máxima.

DMD_{CI} : 6.73 (kW) Demanda máxima diversificada de cocinas de inducción

El valor del factor M y factor N se obtienen de la Tabla 3.2 y Tabla 3.3, respectivamente.

Tabla 3.2 Factor M [2].

Nro. De usuarios	Factor M
1 a 4	1
5	9.49
6	10.8
7	12.1
8	13.5
9	14.8
10	16.1
11	17.4
12	18.7

Tabla 3.3 Factor N [2].

Categoría	Factor N
E	0.348
D	0.497
C	0.784
B	1.057
A	1.45
A1	2.44

Usando la Ecuación 3.5 y un factor de potencia igual a 0.95 se obtiene:

$$DMD = 21.30\ (kW) \rightarrow 22.42\ (kVA)$$

Las cargas especiales que se consideraron para este proyecto son: un salón comunal, vivienda de un conserje, la iluminación de las canchas de fútbol, iluminación de los parqueaderos, espacios verdes y juegos infantiles, al realizar el cálculo de la demanda se obtiene como resultado 11.13 (kVA) de acuerdo a la plantilla de la norma para sistemas de distribución parte A (Apéndice A-11-D). En el Anexo 3 se incluye la plantilla de cálculo de las cargas especiales y la demanda.

3.4 Red de medio voltaje, bajo voltaje, alumbrado público y acometidas

Red primaria

La acometida de alta tensión (red primaria) inicia desde la red que llega de la calle San Vicente. La red primaria corresponde al circuito del Nuevo Aeropuerto 33D en Pifo como se muestra en la Figura 3.4 esta información se obtiene del GIS-EEQ.



Figura 3.4 Punto de conexión de la red primaria [1]

La red de alta tensión (primaria) es monofásica, aérea, radial, de un voltaje nominal de 13.16 (kV), desde el punto señalado con una flecha en el mapa nace la derivación hacia un transformador monofásico de 50 (kVA) montado en un poste existente, desde el cual se realiza la derivación al transformador diseñado y que se calcula a continuación.

Transformador de la red primaria

Para determinar la capacidad del transformador se utiliza los valores de DMD y DMD_{CI} calculados anteriormente.

La Demanda de Diseño en los bornes secundarios del transformador (DD) se calcula usando la Ecuación 3.6.

$$DD = \frac{DMD + DMD_{CI} + D_{AP} + D_{PT}}{F_p}$$

Ecuación 3.6 Demanda de diseño [2].

Donde:

- DD : (kVA) Demanda de diseño en los bornes secundarios del transformador
- DMD_{CI} : 6.72 (kW) Demanda máxima diversificada de cocinas de inducción

- DMD : 21.30 (kW) Demanda máxima diversificada
- D_{AP} : (kW) Demanda de alumbrado público
- D_{PT} : (kW) Demanda de pérdidas técnicas resistivas
- F_P : 0.95 Factor de potencia de acuerdo a la norma [1]

Usando la ecuación 3.7, se obtiene la demanda de pérdidas técnicas resistivas (D_{PT}), que es el 3.6 (%) de la DMD de acuerdo a la norma parte A (sección A-11 parámetros de diseño).

$$D_{PT} = DMD \cdot 3.6 (\%)$$

Ecuación 3.7 Demanda de pérdidas técnicas resistivas [2].

Por lo tanto:

$$D_{PT} = 0.76 \text{ (kW)}$$

El valor de la demanda de pérdidas de alumbrado público (D_{AP}), depende del tipo y la potencia de las luminarias. Para este proyecto se seleccionaron luminarias de vapor de sodio de alta presión de potencia de 100 (W), por lo tanto el (D_{AP}) es igual a 0.1 (kW).

Usando la Ecuación 3.6 se obtiene:

$$DD = 30.4 \text{ (kVA)}$$

Para determinar el valor de la capacidad del transformador de distribución se utiliza la Ecuación 3.8.

$$KVA(t) = DD \cdot (\%) + DMD_{CE}$$

Ecuación 3.8 Capacidad del transformador [2].

Donde:

- DD : 30.4 (kVA) Demanda de diseño en los bornes secundarios del transformador.
- (%) : (%) Porcentaje de acuerdo con el tipo de usuario se obtiene de la Tabla 3.4.
- DMD_{CE} : 11.13 (kVA) Demanda máxima diversificada correspondiente a las cargas especiales.

Tabla 3.4 Valor de porcentajes de acuerdo al tipo de usuario [2].

USUARIO TIPO	PORCENTAJE (%)
A y B	90
C	80
D y E	80
Comerciales e Industriales	90

Usando la Ecuación 3.8 se obtiene:

$$KVA(t) = 35.45 \text{ (kVA)}$$

Utilizando la Tabla 3.5 y la capacidad del transformador de distribución igual a 35.45 (kVA), se selecciona la capacidad comercial del transformador, número de fases y voltajes nominales.

Tabla 3.5 Potencia nominal de los transformadores [2].

VOLTAJE NOMINAL		N° DE FASES	POTENCIA NOMINAL (kVA)
MV (kV)	BV (V)		
6	220/127	3	15; 30; 45; 50; 60; 75; 100; 112,5; 125; 150; 160; 200, 225, 250, 300, 350
6	240/120	2	5; 10; 15; 25; 37,5; 50
13,2	220/127	3	15; 30; 45; 50; 60; 75; 100; 112,5; 125; 150; 160; 200, 225, 300, 350
<u>13,86GRDY/7,62</u>	<u>240/120</u>	<u>1</u>	5; 10; 15; 25; <u>37,5</u> ; 50
22,8	220/127	3	15;30 45; 50;60 75; 100; 112,5; 125; 150; 160; 200; 225; 250; 300; 350
22,86GRDY/13,2	240/120	1	5; 10; 15; 25; 37,5; 50

La capacidad nominal del transformador seleccionado, debe ser mayor a la capacidad calculada. Un transformador monofásico de tres hilos, además, es compatible con las cocinas de inducción; los cuales funcionan con 220 (V_{AC}). Por lo tanto, se selecciona un transformador monofásico de tres hilos con una capacidad igual a 37.5 (kVA) con voltaje nominal 13.86 (kV_{AC}) y 240/120 (V_{AC}).

Conductores de la red primaria

El tipo de conductor que se utiliza en el tendido de la red de alta tensión es de aluminio (ACSR) el cual se conecta a los bordes primarios de transformador, calibre 2 AWG, desnudo, para la fase; y el conductor de cobre (Cu), calibre 2 AWG, desnudo, para el neutro; se selecciona este calibre por que no genera una caída de tensión elevada. Para los bordes secundarios del transformador se utiliza un conductor de calibre 2/0 AWG, tipo aluminio (ACSR) para la fase y para el neutro el conductor es de calibre 2/0 AWG de cobre (Cu). Los cables tipo (ACSR) son ideales para trabajar en la intemperie, sin que les afecte la humedad y la temperatura ambiente en su rendimiento. Además, es muy común utilizarlos en líneas de transmisión y distribución de energía eléctrica. En la Tabla 3.6 se muestran los parámetros del conductor seleccionado.

Tabla 3.6 Máximos y mínimos calibres de conductores para instalación aérea [2].

		(AAC)		(ACSR)		Multiconductor
		(mm ²)	(AWG) o (MCM)	(mm ²)	(AWG) o (MCM)	(AWG)
22,8 y 13,2 (kV)	Máximo	177.35	350	198.3	336.4	
	Mínimo	33.61	2	39.22	2	
6,3 (kV)	Máximo	177.35	350	198.3	336.4	
	Mínimo	33.61	2	39.22	2	
Red Secundaria	Máximo	107.22	4 / 0			
	Mínimo	53.49	1 / 0			
Alumbrado Público		21.16	4			
Acometida	Mínimo					8

Cálculo de caída de tensión en la red primaria

Para realizar el cálculo de la caída de voltaje se utiliza la plantilla de acuerdo a la norma para sistemas de distribución parte A (Apéndice A-12-D). En el Anexo 4 se encuentra la plantilla del cálculo de la caída de voltajes para la red primaria y en el Anexo 8 se encuentra el plano eléctrico de la red primaria.

A continuación, se indica el procedimiento para completar la información en dicha plantilla:

1. Anotar los datos generales acerca del proyecto en la parte superior de la plantilla como: el tipo de instalación (aérea); el voltaje de alimentación es 13.2 (kV_{AC}) de una fase; el porcentaje límite de caída de tensión es de acuerdo a la Tabla 3.7.

Tabla 3.7 Caída de voltaje en la red primaria [2]

Componentes del Sistema de Distribución	Alimentador	
	Urbano	Rural
	Caída de voltaje	Caída de voltaje
Primario	3.00 (%)	3.50 (%)

2. Realizar un esquema eléctrico de la red primaria (Anexo 8).
3. En la columna 1 de la plantilla se coloca la designación del tramo de la red partiendo del punto de alimentación hacia los centros de transformación: (0-1)
4. En la columna 2 se anota la distancia en kilómetros entre el punto de alimentación y el transformador: (0.37 (Km))
5. En la columna 3 se anota el número de centro de transformación designado: (CT-01)
6. En la columna 4 se coloca la capacidad del transformador: (37.5 (kVA))
7. En la columna 5 se anota la potencia transferida del tramo: (37.5 (kVA))
8. En la columna 6 se anota en número de fases: (1)
9. En la columna 7 se anota el calibre del conductor: (2 AWG)
10. En la comuna 8 se anota el valor de la potencia por la distancia (kVA – Km) para el 1 (%) de caída de voltaje de acuerdo a la Tabla 3.8.

Tabla 3.8 Potencia de (kVA-Km) en redes aéreas, red primaria [2].

Material conductor : aleación de aluminio (ASC)						
Conductor		(KVA-km) PARA 1% de caída de voltaje				
Sección (mm ²)	Calibre (AWG)	6.3 (kV)		22.8 GRDY/ 13.2 (kV)		
		3Φ	1Φ	3Φ	22,8 (kV)	13,2 (kV)
21	4	230	115	3010	1500	495
34	2	345	172	4490	2230	735
54	1/0	500	253	6540	3230	1065
68	2/0	600	303	7800	3845	1270
85	3/0	720	360	9220	4530	1495
107	4/0	840	423	10785	5290	1740

11. En la columna 9 se coloca el resultado de la multiplicación de la potencia transferida de la columna 5 con el valor de longitud del tramo de la columna 2. Usando la Ecuación 3.9 se obtiene:

$KVA \cdot KM = \text{Potencia transferida} \cdot \text{longitud del tramo}$

Ecuación 3.9 Potencia transferida por la distancia [2].

Donde:

Potencia transferida : 37.5 (kVA)

Longitud del tramo : 0.37 (KM)

Por lo tanto:

$$kVA - KM = 13.87 (kVA \cdot KM)$$

En la columna 10 se anota el valor de la caída de voltaje en el tramo expresado en porcentaje de voltaje nominal, para obtener ese valor se divide entre el valor de la columna 9 y el valor de la columna 8. Reemplazando el valor obtenido en la Ecuación 3.9 en la Ecuación 3.10 se obtiene la caída de voltaje en un tramo:

$$\%V = \frac{\text{Potencia transferida por la distancia}}{\text{Potencia por la distancia para el 1\% de la caída de voltaje}}$$

Ecuación 3.10 Caída de voltaje en un tramo [2].

Donde:

(%V)	:	(%) Caída de voltaje
Potencia transferida por la distancia	:	13.87 (kVA*KM)
Potencia por la distancia para el 1 (%) de la caída de voltaje	:	735 (kVA*KM)

Por lo tanto:

$$\%V = 0.018 (\%)$$

12. En la columna 11 se anota la suma de los porcentajes de caída de voltaje de los tramos.

Red secundaria

La red secundaria inicia desde la salida de bajo voltaje 240/120 (V) del transformador determinado para el proyecto, pasa por las protecciones principales y termina en un pequeño tablero de distribución.

El tablero de distribución que se seleccionó para el proyecto es de 40 cm de largo, 25 cm de ancho y 30 cm de alto, como se muestra en el diagrama del Anexo 5; y se ubica

sobre el poste, debajo del transformador de distribución determinado como se muestra en la Figura 3.5. Del tablero nacen las derivaciones a la red secundaria (monofásico, radial y voltaje nominal de 240 /120 (V_{AC})) que se dirigen a las acometidas de los lotes.

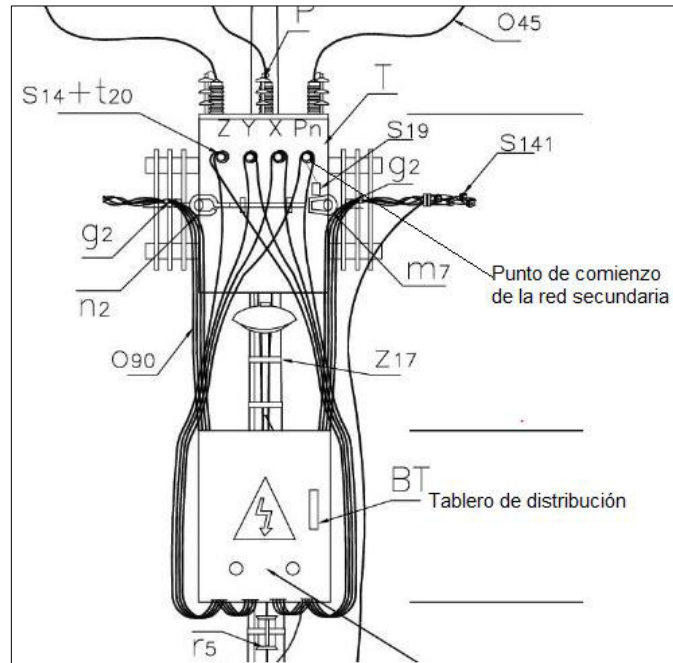


Figura 3.5 Ubicación del tablero de distribución e inicio de la red secundaria [4]

Conductores de la red secundaria

Para los tramos que tienen una demanda baja se utiliza los conductores indicados en la Tabla 3.9.

Tabla 3.9 Conductores de la red secundaria (circuito 1)

Tipo	Calibre	Descripción
(ACSR)	1/0 (AWG)	Fase
(Cu)	1/0 (AWG)	Desnudo, neutro

En los tramos (5-6) y (6-7) de la red secundaria la demanda unitaria es mayor, debido a que se consideran en dichos tramos cargas especiales y mayor número de usuarios, por lo que se utiliza los siguientes conductores de la Tabla 3.10.

Tabla 3.10 Conductores de la red secundaria (circuito 2)

Tipo	Calibre	Descripción
(ACSR)	2/0 (AWG)	Fase
(Cu)	2/0 (AWG)	Desnudo, neutro

Las acometidas son parte de la red secundaria en la cual se utiliza conductor de cobre recubierto de 8 (AWG) según la Tabla 3.6.

Cálculo de la caída de voltaje en la red secundaria

Para realizar el cálculo de la caída de voltaje se utiliza una plantilla de acuerdo a la norma para sistemas de distribución parte A (Apéndice A-12-B). En el Anexo 6 se encuentra el cálculo de la caída de voltaje en la red secundaria para todos los tramos y en el Anexo 9 se encuentra el plano eléctrico de la red secundaria.

La plantilla se completa de la siguiente manera:

1. Anotar los datos generales del proyecto en la parte superior, se indica el tipo de instalación (aérea); el voltaje y número de fases (240/120 (V_{AC}), 1 fase); el límite de caída de tensión es de acuerdo a la Tabla 3.11.

Tabla 3.11 Caída máxima de voltaje en la red secundaria [2].

Componentes del Sistema de Distribución	Alimentador	
	Urbano	Rural
	Caída de voltaje	Caída de voltaje
Secundario	2.50 (%)	3.00 (%)

2. Realizar un esquema eléctrico de la red secundaria (Anexo 9).
3. En la columna 1 se designa el tramo entre dos postes, se toma como ejemplo el tramo (1-2) para realizar los siguientes cálculos.
4. En la columna 2 se anota la distancia del tramo: (40 (m))
5. En la columna 3 se anota en número total de abonados del tramo: (1)
6. En la columna 4 se anota el resultado de la Ecuación 3.11 :

$$KVA = N \cdot \frac{DMU_p}{FD}$$

Ecuación 3.11 Demanda por tramo [3].

Donde:

- N : 1 El número de usuarios
- DMU_p : 3.29 (kVA) Demanda máxima unitaria proyectada
- FD : Factor de diversidad se obtiene de la Tabla 3.12

El valor de DMU_p cambia si se considera que el tramo tiene cargas especiales ya que se suma la demanda máxima unitaria proyectada y la demanda máxima diversificada que corresponda a las cargas especiales.

Tabla 3.12 Factor de diversidad [2]

NÚMERO DE USUARIO	FACTOR DE DIVERSIDAD	NÚMERO DE USUARIOS	FACTOR DE DIVERSIDAD
1	1	26	3
2	1.5	27	3.01
3	1.78	28	3.02
4	2.01	29	3.03
5	2.19	30	3.04
6	2.32	31	3.04
7	2.44	32	3.05
8	2.54	33	3.05
9	2.61	34	3.06
10	2.66	35	3.06
11	2.71	36	3.07
12	2.75	37	3.07
13	2.79	38	3.08
14	2.83	39	3.08
15	2.86	40	3.09
16	2.88	41	3.09
17	2.9	42	3.1
18	2.92	43	3.1
19	2.93	44	3.1
20	2.94	45	3.1
21	2.95	46	3.1
22	2.96	47	3.1
23	2.97	48	3.1
24	2.98	49	3.1
25	2.99	50	3.1

Usando la Ecuación 3.11 se obtiene:

$$kVA = 3.29 \text{ (kVA)}$$

7. En la columna 5 se anota el calibre del conductor de fase: (1/0)
8. La columna 6 se utiliza si el proyecto es de red subterránea.
9. En la columna 7 se anota el valor de potencia por distancia para cada caída de voltaje del 1 (%) de acuerdo a la Tabla 3.13.

Tabla 3.13 Potencia de (kVA-M) para redes aéreas de la red secundaria [2]

Material conductor: aluminio desnudo (ASC)							
Conductor		(kVA-m)		Conductor		(kVA-m)	
Sección (mm ²)	Calibre (AWG)	3Φ	1Φ	Sección (mm ²)	Calibre (AWG)	3Φ	1Φ
34	2	429	283	85	3/0	925	604
54	1/0	655	431	107	4/0	1094	731
68	2/0	766	502				

10. Usando la Ecuación 3.12 se obtiene el valor de la columna 8 que es el resultado de la multiplicación del valor de la columna 4 (Demanda del tramo) y del valor de la columna 2 (distancia del tramo).

$$\text{KVA} - \text{m} = \text{Demanda del tramo} \cdot \text{Distancia del tramo}$$

Ecuación 3.12 Demanda de un tramo por la distancia [2].

Demanda del tramo : 3.29 (kVA)

Distancia del tramo : 40 (m)

Por lo tanto:

$$(\text{KVA} - \text{m}) = 131.6 (\text{kVA-m})$$

11. En la columna 9 se anota el resultado de la división entre el valor de la columna 8 (Demanda del tramo) y el valor de la columna 7 (Potencia por distancia para cada caída de voltaje del 1 (%)).

$$(\%V) = \frac{\text{Demanda de un tramo por la distancia}}{\text{Potencia por distancia para cada caída de voltaje del 1 (\%)}}$$

Ecuación 3.13 Caída de voltaje de un tramo [2].

Donde:

Demanda de un tramo por la distancia : 131.6 (kVA-m)

Potencia por distancia para cada caída de voltaje del 1 (%) : 431 (kVA-m)

Usando la Ecuación 3.13 se obtiene la caída de voltaje de un tramo:

$$\%V = 0.30 (\%)$$

12. En la columna 10 se anota la sumatoria de las caídas de voltajes de los tramos. (0.30) es el valor del primer tramo. En la sumatoria total se obtuvo 2.79 (%) de caída de tensión el cual no sobrepasa el 3 (%) indicado.

Alumbrado público

El circuito para el alumbrado público tiene las siguientes características;

1. Aéreo, debido a la ubicación geográfica del proyecto (sector rural).
2. Voltaje nominal de 240 (V_{AC}).
3. Conductor de aluminio (AAC) de calibre 4 (AWG) de acuerdo a la Tabla 3.6.
4. El control de las luminarias se realiza mediante fotocontrol.

La vía de este proyecto mide 10 (m), por lo que se determina que es una vía tipo LOCAL G vehicular de acuerdo a la Tabla 3.14.

Tabla 3.14 Especificaciones de vías [2].

TIPO DE VÍA(1)	TRÁNSITO	ESPECIFICACIONES MÍNIMAS DE VÍAS					
		No. Carriles por sentido	Ancho Vía (m)	Ancho Acera (m)	Parterre (m)	Ancho Carril Estacionamiento (m)	Ancho Total (m)
Expresa	Vehicular	3	21.9		6		36.5
Arterial principal	Vehicular	3	21.9	4	6		35.9
Arterial Secundario	Vehicular	2	14.6	4	4	2.2	31
Colectora A	Vehicular	2	14	2.5	3	2	26
Colectora B	Vehicular	2	14.6	2.5	3		22.6
Colectora C	Vehicular	2	14.6	2.5			19.6

TIPO DE VÍA(1)	TRÁNSITO	ESPECIFICACIONES MÍNIMAS DE VÍAS					
		No. Carriles por sentido	Ancho Vía (m)	Ancho Acera (m)	Parterre (m)	Ancho Carril Estacionamiento (m)	Ancho Total (m)
Colectora D	Vehicular	1	7	2		2	18
Local A	Vehicular	2	12	2			16
Local B	Vehicular	1	7	3		2	15
Local C	Vehicular	1	7	3		2	14
Local D	Vehicular	1	7	2		2	13
Local E	Vehicular	1	6	2		2	12
Local F	Vehicular	1	7	2			11
Local G	Vehicular	1	6	2			10
Local H	Vehicular	1	6	1.5			9
Local I	Vehicular	1	5.6	1.5			8
Local J	Vehicular						6
A (2)	Peatonal						6
B (2)	Peatonal						3
Escalinata	Peatonal						2.4

Con la especificación anterior y de acuerdo la Tabla 3.15, se selecciona la potencia de la luminaria de 100 (W). En la Tabla 3.16 se indica las especificaciones técnicas de las luminarias, para este proyecto son luminarias de vapor de sodio de alta presión.

Tabla 3.15 Potencia de la luminaria en función al tipo de vía [2].

Tipo de Vía	Parámetros Fotométricos					Altura Recomendada Montaje (m)	Potencia Luminar
	Lp Mínimo (cd/m ²)	Uo Mínimo	T.I Máximo (%)	UL Mínimo	SR Mínimo		
Colectora Arterial Principal Arterial Secundaria Expresa	2	0.4	10	0.5 a 0.7 (1)	0.5	10(2)	400 (W) (2) (6) (8)

Tipo de Vía	Parámetros Fotométricos					Altura Recomendada Montaje (m)	Potencia Lumínar
	Lp Mínimo (cd/m ²)	Uo Mínimo	T.I. Máximo (%)	UL Mínimo	SR Mínimo		
Local A	2	0.4	10	0.5 a 0.7 (1)	0.5	10	400 (W) (2) (6) (8)
Local B	2	0.4	10	0.5 a 0.7 (1)	0.5	10	400 (W) (2) (6) (8)
Local C	1.5	0.4	10	0.5 a 0.7 (1)	0.5	10	250 (W) (2) (6) (8)
Local D	1	0.4	10	0.5	0,5	8 (3)	150 (W) (7)
Local E	1	0.4	10	0.5	0,5	8	150 (W) (7)
Local F a H	0.75	0.4	15	N.R (9)	N.R	8	100 (W) (7)
Local I	0.75	0.4	15	N.R (9)	N.R	7.45 (4)	100 (W) (7)
Local J	0.5	0.4	15	N.R	N.R	7.45	70 (W) (7)
Peatonal A	0.5	0.4	15	N.R	N.R	7.45	70 (W) (7)
Peatonal B Escal.	0.5	0.4	15	N.R	N.R	4.70 (5)	70 (W) (7)

Tabla 3.16 Especificaciones de las luminarias [2].

Especificación Técnica	Fotocontrol incorporado	Potencia (W)	Código
<ul style="list-style-type: none"> Luminaria con lámpara de vapor de sodio de alta presión. Tipo horizontal cerrada completa Balasto tipo electromagnético Reactor encapsulado Ignitor tipo superposición 	No tiene	70	02785662
	Si tiene		02785862
<ul style="list-style-type: none"> Luminaria de vapor de sodio de alta presión. Tipo horizontal cerrada completa Balasto tipo magnético con reactor encapsulado Ignitor tipo superposición 	No tiene	100	02785667
	Si tiene		02785867

Especificación Técnica	Fotocontrol incorporado	Potencia (W)	Código
<ul style="list-style-type: none"> Luminaria con lámpara de vapor de sodio de alta presión Tipo horizontal cerrada completa Balasto tipo electromagnético Reactor encapsulado Ignitor tipo superposición. 	No tiene	150	02785673
	Si tiene		02785873
<ul style="list-style-type: none"> Luminaria con lámpara de vapor de sodio de alta presión Tipo horizontal cerrada completa Balasto tipo electromagnético Reactor encapsulado de doble nivel de potencia Circuito temporizador programado para funcionamiento durante 4 horas a potencia nominal y el resto del tiempo a potencia reducida, Ignitor tipo superposición Dos capacitores que garanticen un factor de potencia a 0.92 inductivo como mínimo, para los dos estados de potencia, nominal y reducida. 	No tiene	250	02785878
<ul style="list-style-type: none"> Luminaria con lámpara de vapor de sodio de alta presión Tipo horizontal cerrada completa Balasto tipo electromagnético Reactor encapsulado de doble nivel de potencia Circuito temporizador programado para funcionamiento durante 4 horas a potencia nominal y el resto del tiempo a potencia reducida Ignitor tipo superposición Dos capacitores que garanticen un factor de potencia a 0.92 inductivo como mínimo, para los dos estados de potencia, nominal y reducida. 	No tiene	400	02785882

En el Anexo 7 se encuentra el plano eléctrico del alumbrado público.

3.5 Equipos y elementos de la red de distribución

Seccionamiento y protecciones

Selección de un seccionador portafusible y tirafusible para la red primaria

- Se selecciona un seccionador portafusible Unipolar, abierto de 15 (kV_{AC}), de una tensión nominal de 13.8 (kV_{AC}) de acuerdo a la Tabla 3.17.

Tabla 3.17 Valores de seccionadores portafusibles [6].

TENSION NOM. SIST. (KV)	TENSION MAX. SEC. (KV eficaz)	FRECUENCIA (Hz)	CORRIEN. NOM. (A)	Corriente soporte. De corta duración (ka ef).		TENSION SOPORT. NOMINAL				COD CRE
						Impulso Atmosf. (Kv crest)		frecuencia inducción en seco (Kv crest)		
				Simétrica	Asimétrica	Tierra-Terminal	Termi-Termi	Tierra-Terminal	Termi-Termi	
10.5	15	50	100	7.1	10	95	95	35	35	430
13.8	15	60	100	7.1	10	95	95	35	35	430
24.9	27	50	100	5.6	8	125	125	42	42	431
34.5	27	50	100	5.6	8	150	150	50	50	442

- La corriente de la red primaria es de 2.84 (A) y con sobrecarga de 20 (%) se obtiene 3.4 (A). Se selecciona un tirafusible tipo K de 6 (A) de acuerdo con la Tabla 3.18.

Tabla 3.18 Tipos de fusibles para transformadores convencionales de distribución [2].

TRANSFORMADOR (KVA)	VOLTAJE PRIMARIO						VOLTAJE SECUNDARIO					
	22.8 GrdY / 13.2 (kV)			13.2 GrdY / 7.6 (kV)			6.3 (kV)			240/120 (V)		
	(In)	FUSIBLE	CÓDIGO	(In)	FUSIBLE	CÓDIGO	(In)	FUSIBLE	CÓDIGO	(In)	FUSIBLE	CÓDIGO
5	0.38	1H	02624101	0.66	2H	02624102	0.79	2H	02624102	20.38	25	02620162
10	0.76	2H	02624102	1.32	2H	02624102	1.59	3H	02624103	41.66	35	02621102
15	1.14	2H	02624102	1.97	3H	02624103	2.38	5H	02624105	62.5	63	02621106
25	1.89	5H	02624105	3.29	5H	02624105	3.97	8K	02624208	104.17	100	02621110
37,5	2.84	6K	02624206	4.93	10K	02624210	5.95	12K	02624212	156.25	125	02621112
50	3.79	10K	02624210	6.58	12K	02624212	7.94	15K	02624215	208.33	160	02621116

Pararrayo para la red primaria

Para la protección de equipos instalados a la intemperie y cables derivados de la red aérea se utiliza un pararrayo, sus características son; tipo distribución, polimérico y de óxido metálico de 10 (kV_{AC}) de acuerdo a la norma para sistemas de distribución parte A (Equipos y materiales, sección A-20).

Puesta a tierra

El suelo es utilizado para cultivo por lo cual es húmedo, con un valor medio de la resistividad de 50 (Ω m). Se utiliza una puesta a tierra para el centro de transformación de varilla galvanizada de acero recubierta de cobre (Cu), el tamaño es 1.80 (m) de longitud y 16 (mm) de diámetro, con 2 conductores suaves, desnudos de calibre 2 (AWG), un conductor se conecta con el pararrayo y otro conductor se conecta al neutro del transformador, el valor máximo de resistencia para instalaciones aéreas es de 25 (Ω). También se coloca dos puestas a tierras de las mismas características en dos puntos más alejados de la red secundaria con respecto al transformador de acuerdo a lo establecido en la norma para sistemas de distribución parte A (Dimensionamiento y trazado, sección A-12.10).

Fusibles para la red secundaria

- Un transformador de 37.5 (kVA) se tiene una corriente nominal 156 (A) y con un 20 (%) de sobrecarga se obtiene 187.2 (A), estos valores se obtienen de la norma para sistemas de distribución parte B (Estructuras en redes aéreas de distribución, Apéndice B-00-J página 1). Se selecciona un fusible tipo cartucho principal para toda la red secundaria, sus características son; tipo NH, DIN2 de 500 (V) a 224 (A) de acuerdo a la norma para sistemas de distribución parte C (sección C-01, equipos de protección y seccionamiento), que estarán montados en bases portafusibles de tipo NH, de 500 (V) a 250 (A).

Para el cálculo de los fusibles de la red secundaria, se lo divide en 2 circuitos.

- El circuito 1 tiene 5 usuarios, para determinar la demanda del circuito se utiliza la Ecuación 3.11.

$$KVA(d) = N \cdot \frac{DMUp}{FD}$$

Donde:

N : 5 El número de usuarios

DMUp : 3.29 (kVA) Demanda máxima unitaria proyectada
FD : 2.19 Factor de diversidad

Usando la Ecuación 3.11 se obtiene:

$$KVA = 7.51 \text{ (kVA)}$$

- El circuito 2 tiene 7 usuarios, más las cargas especiales.

$$KVA = \left(N \cdot \frac{DMUp}{FD} \right) + DMD_{CE}$$

Ecuación 3. 14 Demanda total con cargas especiales [3].

Donde:

N : 7 El número de usuarios
DMUp : 3.29 (kVA) Demanda máxima unitaria proyectada
FD : 2.44 Factor de diversidad
DMD_{CE} : 11.3 (kVA) Demanda máxima diversificada correspondiente a las cargas especiales

Usando la Ecuación 3. 14 se obtiene:

$$KVA = 20.73 \text{ (kVA)}$$

Reemplazando los valores de las demandas obtenidas de los dos circuitos en la Ecuación 3.15 se calcula la corriente de los fusibles.

$$I_{\text{carga}} = \frac{S}{V} \cdot 1.2$$

Ecuación 3.15: Corriente de carga [3].

Donde:

S : 7.51 (kVA) Potencia aparente
V : 240 (V_{AC}) Voltaje

- Usando la Ecuación 3.15 con el valor de la demanda que se obtuvo del circuito 1, se obtiene:

$$I_{\text{carga}} = 37.55 \text{ (A}_{AC}\text{)}$$

- Usando la Ecuación 3.15 con el valor de la demanda que se obtuvo del circuito 2, se obtiene:

Donde:

S : 20.74 (kVA) Potencia aparente

V : 240 (V_{AC}) Voltaje

Por lo tanto:

$$I_{\text{carga}} = 103.7(\text{A}_{\text{AC}})$$

Tabla 3.19 Valores de los fusibles de la red secundaria

Nº. Circuito	Nº. Usuarios	Demanda (kVA)	Corriente I (A)	20 (%) sobrecarga	Fusible comerciales
1	5	7.51	37.55	45.06	50 (A)
2	7 + C. especial	20.74	103.7	124.44	125 (A)

Tablero de distribución

En el tablero de distribución se instalan las protecciones para la red secundaria que son:

- Dos portafusibles de tipo de NH de 500 (V) a 250 (A).
- Un cartucho de fusible tipo DIN1, 500 (V) a 50 (A).
- Un cartucho de fusible tipo DIN1, 500 (V) a 125 (A).

El diagrama eléctrico de las protecciones eléctricas se encuentra en el Anexo 10.

Selección de postes

La longitud del poste depende de factores como: el ancho de la vía, ancho de la acera y el sentido de circulación en la vía. Para la selección de postes se utiliza el análisis mencionado en la selección de luminarias en función del tipo de vía, en la que se indica el tamaño de los postes a instalar de acuerdo a [2]. Los postes seleccionados se muestran en la Tabla 3.20.

Tabla 3.20 Características de postes

Longitud	Peso	Características
11.5 (m)	500 (kg)	Red primaria, se utiliza para colocar todos los elementos del centro de transformación, tipo: circular, hormigón centrífugo.
11.5 (m)	200 (Kg)	Red secundaria, tipo circular, de hormigón centrifugado.

La estructura de los postes se selecciona de acuerdo a la norma para sistemas de distribución parte A (Selección de estructuras de soporte, sección A-14.03). En la Tabla 3.21 se detalla el tipo de estructura, el tipo de tensor y puestas a tierra.

Tabla 3.21 Estructura de postes

N ^o poste	Tipo de estructura	Tensor	Puesta a tierra	Tensión	Observaciones
1	LVU1/RVU1	G1-1	T1-1	M.T	CT-1 37,5 (kV)
2	A2			B.T	
3	A2			B.T	
4	A2		T1-1	B.T	Parte más alejada
5				B.T	Poste existente
6				B.T	Poste existente
7			T1-1	B.T	Poste existente, Parte más alejada

3.6 Estudio económico estimado de materiales y equipos

Se selecciona todos los elementos que se necesitan para la instalación de la red de distribución eléctrica con las características de cada elemento y equipo, de acuerdo a la norma para sistemas de distribución parte C (sección C-01). En la Tabla 3.22 se muestra una descripción de los equipos y materiales más importantes del diseño de la red de distribución.

Tabla 3.22 Descripción de equipos y materiales

Equipos y materiales	Descripción
Transformador	Tipo monofásico, de tres hilos con una capacidad de 37.5 (kVA) con voltaje nominal de 13.2 (kV) y de 240/120 (V).
Conductores de la red primaria	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo (ASCR), calibre de 2 (AWG) desnudo para la fase • Tipo (Cu), calibre 2 (AWG), desnudo para el neutro • Tipo (ASCR), calibre de 2/0 (AWG) desnudo para la fase

Equipos y materiales	Descripción
Conductores de la red primaria	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo (Cu), calibre 2/0 (AWG), desnudo para el neutro
Conductores de la red secundaria	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo (ASCR), calibre de 2/0 (AWG), para la fase. • Tipo (Cu), calibre de 2/0 (AWG), para el neutro. • Tipo (ACSR), calibre de 1/0 (AWG), para la fase. • Tipo (Cu), calibre de 1/0 (AWG), para el neutro.
Conductor del alumbrado público	Tipo (AAC), de calibre de 4 (AWG).
Luminarias del alumbrado público	Tipo vapor de sodio (Na), de alta presión, tipo horizontal cerrada, potencia de 100 (W) y 240 (V), tienen fotocontrol.
Seccionador portafusible	Tensión máxima de 15 (kV), frecuencia de uso 60 (Hz), con corriente nominal de 100 (A).
Fusible de la red primaria	Tipo tirafusible, tipo K de 6 (A).
Pararrayo	Tipo distribución, polimérico, oxido metálico de 10 (A).
Fusible de la red secundaria	Tipo cartucho, tipo NH, DIN1 de 500 (V) a 224 (A).
Portafusibles	Tipo NH, de 500 (V) a 250 (A).
Puesta a tierra	Varilla galvanizada de acero recubierta de cobre, el tamaño de 1.8 (m) de longitud y un diámetro de 16 (mm).
Fusibles de la red secundaria	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo cartucho, tipo DIN1, de 500 (V) a 50 (A). • Tipo cartucho, tipo DIN1, 500 (V) a 125 (A).
Portafusible	Tipo NH, de 500 (V) a 250 (A).
Postes	<ul style="list-style-type: none"> • Altura de 11.5 (m) de longitud, tipo circular, Hormigón centrifugado, con peso de 500 (kg). • Altura de 11.5 (m) de longitud, tipo circular, de hormigón centrifugado, con peso de 200 (kg).

El cálculo del presupuesto estimado del proyecto es de acuerdo a los precios establecidos por diferentes entidades que proveen de equipos y materiales a la E.E.Q S.A. En la Tabla 3.23 se muestra el costo del proyecto. En el Anexo 11 se encuentra un desglose más específicos de los precios de los equipos y materiales.

Tabla 3.23 Presupuesto estimado total del proyecto

Presupuesto	
Costo total (sin IVA)	8 280.61 (\$)
Costo total (con IVA)	9 274.39 (\$)
Presupuesto	
Costo por lote (sin IVA)	690.05 (\$)
Costo por lote (con IVA)	772.86 (\$)

En la Figura 3.6 se muestra un código QR que dirige a la memoria técnica del proyecto, el cual contiene especificaciones técnicas, eléctricas, información adicional y los precios unitarios de los equipos y materiales. La memoria técnica se sociabilizó y entregó a los dirigentes del barrio Calluma para que realicen los trámites para la implementación del proyecto como se muestra en la Figura 3.7.



Figura 3.6 Código QR de la memoria técnica



Figura 3.7 Sociabilización del proyecto

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Mediante la visita técnica se recolectó información importante, las cuales son: el tamaño de los lotes; los lotes no son simétricos por lo que sus áreas son diferentes como el lote 1 con un área de 1 815.39 (m²) y el lote 2 con un área de 583.69 (m²), el número de lotes que es 12, el tamaño de la calle la cual es de 10 (m), además, se obtuvo un plano geográfico con información eléctrica como el número de postes existentes en los lotes los cuales son 3.
- El voltaje de la red de alta tensión es de 13.16 (kV), un transformador se encuentra en la calle san Vicente, el cual es de tipo monofásico de 50 (kVA), esta información de obtuvo del sistema GIS-EEQ.
- El valor de referencia de la demanda máxima unitaria es de 2.63 (kVA) y la carga instalada 6.63 (kVA). Al considerar el constante crecimiento del barrio y los usuarios se tiene una demanda máxima unitaria proyectada de 3.29 (kVA). La demanda total del proyecto es 22.42 (kVA).
- La caída de voltaje en la red primaria es de 0.018 (%) que es adecuada según la norma, el valor máximo que puede alcanzar es de 3.5 (%). la caída de voltaje en la red secundaria es 2.79 (%) que se encuentra dentro del rango recomendado, el valor máximo que puede alcanzar es de 3 (%).
- La red primaria, secundaria y el alumbrado público es de tipo aérea por su ubicación geográfica, por lo que sus elementos y equipos estarán con estructuras de soporte en postes.
- En el cálculo de la capacidad del transformador se toma en cuenta el uso de cocinas de inducción que tienen un consumo eléctrico significativo, el cual es de 2.4 (kW), además, se considera que todas las residencias del proyecto podrán tener una cocina, por lo que se obtiene un transformador monofásico de 37.5 (kVA).
- El presupuesto estimado de los equipos y materiales de todo el proyecto es de 8 280.61 (\$USD) sin considerar el IVA, por lo tanto el costo por lote es de 690.05 (\$USD).

4.2 Recomendaciones

- En las visitas técnicas al lugar en donde se realice el diseño de la red tomar anotaciones y fotos acerca de la red más cercana, así como los elementos, obtener los planos del lugar e información acerca de los lotes como: si es para construcción de residencias, comercio o industria.
- Es necesario conocer las normas de los entes reguladores que en este caso es E.E.E Q.S.A., para obtener un diseño de la red con los estándares establecidos por la empresa para no tener inconvenientes al momento de la implementación.
- Para realizar el diseño de la red primaria, secundaria y alumbrado público es necesario tener en cuenta el tipo de instalación de la red, pues en una red aérea es muy diferente a la red subterránea, como por ejemplo: el tipo de cable y elementos adicionales que necesita la red subterránea.
- Se recomienda el uso del sistema GIS-EEQ ya que es un sistema que se mantiene actualizado, para un mejor uso se debe utilizar en un navegador rápido y liviano como Firefox.
- En la selección de los equipos y materiales es necesario utilizar las normas para redes de distribución parte B y C, en las cuales se encuentra información y recomendaciones técnicas acerca de los equipos y materiales más importantes.
- Al momento de realizar el presupuesto estimado de equipos y materiales se debe analizar los valores que tienen las entidades que proveen a la E.E.Q S.A.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ArcGIS Resources , «ArcGIS Resources,» [En línea]. Available: <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n0000000t000000.htm>. [Último acceso: 26 noviembre 2020].
- [2] EEQ, «NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCION PARTE A, GUIA PARA DISEÑO DE REDES PARA DISTRIBUCION,» quito, 2014.
- [3] J. F. B. Baños, «GUIA PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE REDES DE DISTRIBUCIÓN,» Quito, 2002.
- [4] CODENSA S.A. ESP, «CODENSA S.A. ESP,» [En línea]. Available: http://ikinormas.micodensa.com/Norma/centros_transformacion_redes_aereas_urbanos_rurales/centros_transformacion_aereos_urbanos_trifasicos/ctu501_centro_distribucion_urbano_montaje_poste. [Último acceso: 07 09 2021].
- [5] EEQ, «NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCION PARTE C, ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPOS Y MATERIALES,» quito, 2015.
- [6] Cooperativa Rural de Electrificación, «cre.com.bo,» Enero 2016. [En línea]. Available: <https://www.cre.com.bo/wp-content/uploads/2019/08/01SECCIONADOR-FUSIBLE.pdf>. [Último acceso: 7 Agosto 2020].
- [7] EEQ, «NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCION PARTE B, UNIDADES DE PROPIEDAD Y DE CONSTRUCCIÓN,» quito, 2015.
- [8] Visita Ecuador, «Visita Ecuador,» [En línea]. Available: <https://visitaecuador.com/ve/mostrarRegistro.php?idRegistro=25404#:~:text=La%20Parroquia%20de%20Pifo%20se,0%2C5%20Hb%2FHa>. [Último acceso: 04 Junio 2020].
- [9] R. Blasco, «Consumer.es,» 05 Octubre 2009. [En línea]. Available: <https://www.consumer.es/economia-domestica/servicios-y-hogar/problemas-electricos-en-el-hogar.html>. [Último acceso: 04 Junio 2020].

- [10] Gis-sigde.maps.arcgis, «Gis-sigde.maps.arcgis,» [En línea]. Available: <https://gis-sigde.maps.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?useExisting=1&layers=8e65086cb50945998d318069ae2f2e3d>. [Último acceso: 25 noviembre 2020].
- [11] L. D. D. Garzón, «Diseño Y análisis técnico económico de la red de distribución subterránea de la av. Manuel Córdova Galarza para la empresa eléctrica Quito,» Quito, 2015.
- [12] K. I. V. Herrera, «Homologación de precios unitarios para la construcción de redes eléctricas aéreas de distribución en el Ecuador,» Quito, 2015.
- [13] E. F. D. Quili, «Normas técnicas para diseño y expansión de la redes secundarias de distribución de la empresa eléctrica regional centro sur C.A.,» Cuenca, 2011.
- [14] N. D. D. Quiñonez, «Estudio de factibilidad para la implementación de un nuevo sistema de alumbrado público en av.Olmedo de la ciudad de Esmeraldas,» Guayaquil, 2018.
- [15] S. Varela, «Diseño eléctrico , Especificaciones técnicas,» Quito, 2017.

