

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas
Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA DE LA CALLE 10 DE AGOSTO, PARROQUIA SAN ISIDRO, CARCHI.

Trabajo de grado presentado ante la Universidad Técnica del Norte previo a la obtención del título de grado de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico.

Autor:

Nelson Fabricio Guamialamá Vinueza

Tutor:

Ing. Ramiro Mauricio Vásquez Villarruel

Asesores:

Ing. Jhonny Javier Barzola Iza, MSc

Ing. Gerardo Isaías Collaguazo Galeano, PhD

Ibarra – Ecuador

2021



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO		
CÉDULA DE IDENTIDAD:	040188193-3	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Guamialamá Vinueza Nelson Fabricio	
DIRECCIÓN:	Ibarra, Panamericana Norte y Av. Carchi, Barrio los Olivos.	
EMAIL:	nfguamialamav@utn.edu.ec	
TELÉFONO FIJO:	(06)-2977-898	TELÉFONO MÓVIL: 0996778962

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA DE LA CALLE 10 DE AGOSTO, PARROQUIA SAN ISIDRO, CARCHI.
AUTOR:	Guamialamá Vinueza Nelson Fabricio
FECHA:	Enero - 2021
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Ramiro Mauricio Vásquez Villarruel

2. CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de esta y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

En la ciudad de Ibarra, noviembre del 2020.

EL AUTOR:



.....
Nelson Fabricio Guamialamá Vinueza

040188193-3



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

Ing. Ramiro Vásquez

CERTIFICA

Que después de haber examinado el presente trabajo de investigación elaborado por el señor estudiante; GUAMIALAMÁ VINUEZA NELSON FABRICIO certifico que ha cumplido con las normas establecidas en la elaboración de trabajo de investigación titulado: **“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA DE LA CALLE 10 DE AGOSTO, PARROQUIA SAN ISIDRO, CARCHI”**, para la obtención de título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico; aprobando la defensa, impresión y empastado.



Firmado electrónicamente por:
**RAMIRO MAURICIO
VASQUEZ
VILLARRUEL**

.....
**Ing. Ramiro Vásquez MSc
DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo de grado a Dios, por haberme dado la fortaleza, la sabiduría y el valor para haber culminado con éxito esta etapa de mi formación profesional.

De manera muy especial, lo dedico con mucho cariño a mi madre Libia Vinuesa, por ser un gran ejemplo de humildad, esfuerzo, perseverancia y ser el motor sustancial para seguir siempre adelante cumpliendo metas, esforzándome cada día más.

A mi hermana, por creer en mí y brindarme su apoyo incondicional durante esta etapa universitaria.

Agradecimientos

Primeramente, a Dios por haberme guiado por el camino correcto y derramar sus bendiciones en mi vida.

A mi madre, le agradezco por su amor, sacrificio y apoyo incondicional que me brinda día a día y es a quien le debo todos los logros de mi vida.

A mi familia, que han sido parte de mi vida desde el día en que nací, y siempre he contado con su compañía y preocupación.

A la Universidad Técnica del Norte por haber permitido prepararme profesionalmente, a mis profesores universitarios por el conocimiento y experiencia. Un especial agradecimiento al MSc. Mauricio Vásquez e hijo Ing. Ramiro Vásquez, por su ayuda y apoyo durante este proyecto.

Al personal del Departamento de Calidad de la Energía y Estudios Eléctricos de la empresa EMELNORTE S.A, en especial al Ing. Eduardo Ruano y MSc. Hernán Pérez por la asesoría y conocimientos brindados en el desarrollo del presente trabajo de grado.

Nelson Guamialamá

Tabla de contenido

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA	ii
2. CONSTANCIA.....	iii
3. CERTIFICACIÓN	iv
Dedicatoria	v
Agradecimientos.....	vi
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN	xvii
A1. CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA	xvii
A2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	xviii
A3. EL PROBLEMA.....	xviii
A4. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.....	xviii
A5. ALCANCE DEL TRABAJO	xix
A6. OBJETIVO GENERAL.....	xx
A7. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	xx
CAPÍTULO 1.....	1
Sistemas eléctricos y redes subterráneas	1
1.1 Sistemas eléctricos.....	1
1.1.1 Subestación eléctrica de distribución.....	1
1.1.2 Sistema primario	1
1.1.2.1 Alimentador.....	2
1.1.2.2 Troncal.....	2
1.1.2.3 Ramal o derivación	2
1.1.2.4 Centros de transformación	2
1.1.3 Transformadores.....	2
1.1.3.1 Transformadores de tipo sumergible.....	3
1.1.3.2 Transformadores tipo pedestal	3
1.1.3.3 Transformador convencional con frente muerto	3
1.1.4 Sistema secundario	3
1.1.5 Acometidas	4
1.1.5.1 Acometidas aérea	4
1.1.5.2 Acometidas subterráneas	4
1.1.5.3 Usuarios finales.....	4
1.2 Tipos de redes de distribución.....	5
1.2.1 Red de distribución aérea.....	5

1.2.2	Red de distribución subterránea.....	5
1.3	Topología de la red.....	6
1.3.1	Sistema con topología tipo radial.....	6
1.3.2	Sistema con topología tipo anillo.....	7
1.3.3	Sistema con topología tipo malla.....	8
1.4	Proyección de la demanda por micro áreas.....	8
1.4.1	Micro aéreas.....	9
1.5	Criterios para el diseño y construcción de la red subterránea.....	9
1.5.1	Normas.....	9
1.5.2	Homologación de las unidades de propiedad.....	10
1.5.3	Identificador nemotécnico de las unidades de propiedad.....	10
1.5.4	Simbología.....	10
1.5.5	Elementos de la canalización.....	10
1.5.5.1	Banco de ductos.....	11
1.5.5.2	Ancho de zanja.....	12
1.5.5.3	Pozos.....	12
1.5.6	Cámaras de transformación y seccionamiento.....	13
1.5.6.1	Bases de hormigón para instalación de equipos.....	13
1.5.7	Equipos de seccionamiento y protección.....	13
1.5.7.1	Fusible unipolar tipo abierto.....	13
1.5.7.2	Celda de medio voltaje aislada en SF6.....	14
1.5.7.3	Tablero de bajo voltaje.....	14
1.5.7.4	Puesta a tierra.....	14
1.5.8	Conductores.....	14
1.5.8.1	Conductores de medio voltaje.....	15
1.5.8.3	Conductores para neutro.....	15
1.5.8.4	Conductores de telecomunicación.....	16
1.5.8.5	Tendido de conductores.....	16
1.5.9	Transición de red aérea a subterránea.....	16
1.5.10	Alumbrado público.....	16
1.6	Herramientas y softwares computacionales.....	16
1.7	Análisis técnico económico.....	17
1.7.1	Inversión inicial.....	17
1.7.2	Costo operacional.....	17
1.7.3	Relación de costo beneficio.....	17
1.7.4	Flujo neto de caja.....	17

1.7.5	Período de recuperación.....	18
CAPÍTULO 2.....		19
Diseño de la red eléctrica subterránea		19
2.1	Introducción.....	19
2.2	Ubicación y delimitación del área de estudio	19
2.3	Descripción de la red de distribución actual.....	20
2.3.1	Subestación y alimentadores primarios.....	20
2.3.2	Capacidad de los centros de transformación.....	20
2.3.3	Redes secundarias y alumbrado público.....	23
2.3.4	Usuarios finales.....	24
2.4	Softwares computacionales y herramientas	24
2.4.1	ArcGIS-EMELNORTE	24
2.4.2	CYMDIST	25
2.4.3	DIALux.....	26
2.4.4	Variables y parámetros de ajuste	27
2.4.4.1	Carga instalada	27
2.4.4.2	Demanda.....	27
2.4.4.3	Demanda máxima.....	28
2.4.4.4	Demanda coincidente o demanda máxima diversificada	28
2.4.4.5	Demanda coincidente.....	28
2.4.4.6	Factor de coincidencia	29
2.4.4.7	Índice de saturación por micro área	29
2.4.4.8	Demanda proyectada	30
2.4.4.9	Cálculo del área total habilitada por micro área.....	30
2.4.4.10	Demanda de diseño.....	30
2.4.4.11	Corriente.....	31
2.4.4.12	Ancho de zanja.....	31
2.5	Estudio y proyección de la demanda mediante micro áreas	32
2.5.1	Operación actual de la red aérea	32
2.5.2	Análisis de la demanda actual	33
2.5.3	Voltajes de operación.....	33
2.5.3.1	Aplicación del método de la REA.....	38
2.5.4	Proyección de la demanda por micro áreas.....	39
2.5.4.1	Plan de uso y ocupación de suelo.....	39
2.5.4.2	Cálculo de la proyección de la demanda.....	39
2.6	Diseño de red de medio-bajo voltaje y alumbrado público	41

2.6.1	Red subterránea de bajo voltaje.....	42
2.6.1.1	Consumo de usuarios.....	42
2.6.1.2	Centro de transformación	43
2.6.1.3	Topología de la red.....	44
2.6.1.4	Caída de voltaje	45
2.6.1.5	Selección de conductores para red de bajo voltaje.....	48
2.6.2	Alumbrado público	49
2.6.2.1	Caída de voltaje	49
2.6.2.2	Cálculos luminotécnicos.....	51
2.6.3	Red subterránea de medio voltaje.....	52
2.6.3.1	Topología de la red.....	52
2.6.3.2	Selección de conductores para red de medio voltaje	53
2.7	Dispositivos de seccionamiento y protección.....	54
2.7.1	Centro de transformación	54
2.7.2	Tablero de distribución.....	55
2.8	Infraestructura subterránea	55
2.8.1	Pozos.....	55
2.8.2	Banco de ductos	55
2.8.3	Cajas de derivación	56
2.8.4	Ancho de zanja.....	56
2.9	Transición de red aérea–subterránea y subterránea–aérea	57
2.10	Sistemas de puesta a tierra	57
2.10.1	Malla de puesta a tierra.....	57
CAPÍTULO 3.....		58
Análisis técnico-económico de la red subterránea.....		58
3.1	Introducción.....	58
3.2	Análisis técnico	58
3.2.1	Parámetros de cálculo.....	58
3.2.2	Ingreso de datos de la nueva red subterránea	59
3.2.3	Condiciones de simulación.....	59
3.3	Simulación de la red aérea y subterránea.....	59
3.3.1	Pérdidas	60
3.3.2	Valor actual neto	61
3.3.3	Tasa interna de retorno.....	62
3.4	Análisis económico	63
3.4.1	Costos	63

3.4.1.1	Inversión en obra eléctrica.....	64
3.4.1.2	Inversión en obra civil.....	66
3.4.1.3	Inversión total del proyecto.....	67
3.5	Validación económica.....	68
3.5.1	Ingresos y beneficios.....	68
3.5.2	Ingresos por venta de energía.....	68
3.5.2.1	Resumen de egresos.....	68
3.5.2.3	Ingresos por disminución de pérdidas técnicas.....	70
3.6	Evaluación económica.....	70
	Conclusiones.....	74
	Recomendaciones.....	75
	REFERENCIAS.....	76
	ANEXOS.....	80
	Anexo A: Resultado de demanda por micro área.....	80
	Anexo B: Resultado de demanda coincidente total por cada micro área.....	81
	Anexo C: Áreas habilitadas.....	84
	Anexo D: Proyección de demanda por micro áreas.....	90
	Anexo E. Resultado del análisis luminotécnico.....	93

Índice de figuras

Fig. 1 Tendido de ductos de la red subterránea. Fuente: (ELECTRIC, 2019).	6
Fig. 2 Diagrama unifilar de una red tipo radial, Fuente: (UNAM, 2018).....	7
Fig. 3 Diagrama unifilar de una red tipo anillo, Fuente: (Aucapiña, 2012).....	8
Fig. 4 Diagrama unifilar de una red tipo malla, Fuente: (Duque, 2016).....	8
Fig. 5 Indicador nemotécnico Fuente: (MERNNR, 2018).....	10
Fig. 6 Banco de ductos Fuente: (Aucapiña, 2012).....	11
Fig. 7 Pozo de revisión tipo E Fuente: (Aucapiña, 2012).....	12
Fig. 8 Conductor de medio voltaje con asilamiento (XLPE). Fuente: (Centelsa, 2020).	15
Fig. 9 Conductor de bajo voltaje monopolar (TTU). Fuente: (Electro Cables , 2019).	15
Fig. 10 Ortofotografía del área de estudio, Alimentador El Ángel 3. Fuente: (EMELNORTE, 2019).....	19
Fig. 11 Ortofotografía del área de estudio, calle 10 de agosto. Fuente: (EMELNORTE, 2019).	20
Fig. 12 Centro de transformación tipo pedestal. Fuente: (EMELNORTE, 2019).....	23
Fig. 13 Red de bajo voltaje. Fuente: (EMELNORTE, 2019).	23
Fig. 14 Área de trabajo en SIG. Fuente: (EMELNORTE, 2019).	25
Fig. 15 Flujograma de la red subterránea Fuente: Autor.	32
Fig. 16 Ventana de propiedades de la red. Fuente: (EMELNORTE, 2019).....	34
Fig. 17 Ventano de atributos de la red. Fuente: (EMELNORTE, 2019).....	34
Fig. 18 Tabla de selección por atributo. Fuente: (EMELNORTE, 2019).....	35
Fig. 19 Redes primarias y secundarias del alimentador El Ángel tres. Fuente: (EMELNORTE, 2019).....	35
Fig. 20 Exportación de datos desde ArcGIS. Fuente: (EMELNORTE, 2019).	36
Fig. 21 Ventana de exportación de datos, Fuente: (EMELNORTE, 2019).	36
Fig. 22 Modelación de redes secundarias en CYMDIST. Fuente: (EMELNORTE, 2019).	36
Fig. 23 Redes secundarias en CYMDIST. Fuente: Autor.	37
Fig. 24 Alimentador dividido en micro áreas de (500*500): Fuente Autor.....	37
Fig. 25 Cálculo de dimensionamiento del transformador. Fuente: (EMELNORTE, 2019).	43
Fig. 26 Topología de la red de BV del CT_N1. Fuente: Autor.	44
Fig. 27 Topología del CT_N1. Fuente: Autor.....	45
Fig. 28 Niveles de iluminación y ubicación de postes y luminarias Fuente: Autor.	51
Fig. 29 Topología de la red de BV del CT_N1. Fuente: Autor.	52
Fig. 30 Transición de la red de MV del CT_N1. Fuente: (EMELNORTE, 2019).	53
Fig. 31 Red de MV del CT_N1. Fuente: Autor.....	53
Fig. 32 Seccionamiento de la red de MV del CT_N1. Fuente: Autor.....	54
Fig. 33 Flujograma de análisis técnico-económico Fuente: Autor.	58

Fig. 34 Pérdidas de la red aérea de la calle 10 de agosto. Fuente: Autor..... 60
Fig. 35 Pérdidas de la red subterránea de la calle 10 de agosto. Fuente: Autor. 60

Índice de tablas

TABLA 1. 1 Capacidad nominal de transformadores.....	2
TABLA 1. 2 Ductos y tubería metálica para emplear en las canalizaciones y transiciones... 11	11
TABLA 1. 3 Dimensiones de pozos.....	12
TABLA 1. 4 Calibre de conductor de puesta a tierra.....	14
TABLA 2. 1 Centros de transformación existentes.....	21
TABLA 2. 2 Tipo de usuarios del Alimentador El Ángel 3.....	24
TABLA 2. 3 Mediciones mensuales de cabecera del alimentador El Ángel 3.....	33
TABLA 2. 4 Voltajes del alimentador El Ángel tres.....	33
TABLA 2. 5 Demanda de un usuario de la micro área 88.....	39
TABLA 2. 6 Datos de micro área 50.....	40
TABLA 2. 7 Índices de saturación.....	41
TABLA 2. 9 Consumos de usuarios en kWh/mes (CT_N1).....	42
TABLA 2. 10 Consumo individual de usuarios CT_N1.....	45
TABLA 2. 11 Caída de voltaje del CT_N1.....	47
TABLA 2. 8 Calibre de conductores.....	48
TABLA 2. 12 Demanda de alumbrado público por pozo del circuito CK_N1.....	49
TABLA 2. 13 Características de luminarias.....	51
TABLA 2. 14 Ancho de zanjas.....	57
TABLA 3. 1 Datos para simulación de la red.....	59
TABLA 3. 2 Pérdidas de energía El Ángel tres.....	61
TABLA 3. 3 Inversión eléctrica.....	64
TABLA 3. 4 inversión obra civil.....	66
TABLA 3. 5 Costo total de inversión.....	67
TABLA 3. 6 Consumo de energía promedio por tipo de usuario.....	62
TABLA 3. 7 Precios medios de usuarios finales.....	63
TABLA 3. 8 Tasa de crecimiento anual de consumo de energía.....	63
TABLA 3. 9 Costo total de inversión.....	68
TABLA 3. 10 Proyección por venta de energía.....	69
TABLA 3. 11 Proyección por venta de energía.....	70
TABLA 3. 12 Datos de evaluación económica.....	70
TABLA 3. 12 Evaluación económica.....	71

RESUMEN

Debido al desarrollo creciente de proyectos urbanísticos, comerciales e industriales en nuestro país las empresas distribuidoras se han visto en la obligación de repotenciar las redes eléctricas debido al incremento de demanda. Además, la principal problemática existente en las redes aéreas, son las altas interrupciones de suministro eléctrico y la contaminación visual del sector. El presente proyecto tiene como finalidad el diseño y análisis de una red subterránea que alimentará la Calle 10 de agosto de la parroquia San Isidro, en donde se tomó criterios de planificación, normas y reglamentos vigentes en el país cumpliendo así índices de calidad de servicio. Se consideró la proyección de la demanda en el presente estudio para realizar un análisis de esta a nivel distributivo, mismo que presenta una tendencia logística teniendo un punto de saturación. El diseño del proyecto se desarrolló en base al levantamiento de información de las redes aéreas existentes, en donde se determinó los problemas que posee para así efectuar el nuevo diseño de la red subterránea que contiene las redes de medio-bajo voltaje y alumbrado público con parámetros establecidos de equipos y elementos que la conforman. Posteriormente el diseño propuesto es analizado con la herramienta computacional CYMDIST utilizada por EMELNORTE S.A el cual permitió modelar la red y establecer su vida útil. Finalmente se realizó el análisis económico de la red estableciendo la factibilidad del proyecto.

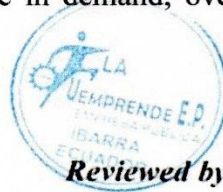
Palabras Claves: redes eléctricas, demanda eléctrica, red subterránea, interrupciones de suministro eléctrico, contaminación visual.



Abstract

Because of the growing development of urban, commercial, and industrial projects in Ecuador, electrical distribution companies are repowering the electrical networks due to the increase in demand. Besides, the main problem in the overhead networks is the high power supply interruptions and visual pollution. The purpose of this project is the design and analysis of an underground network in the 10 de Agosto street of San Isidro parish, for it, planning criteria, norms, and regulations complying with service quality indices. The demand projection was considered through an analysis of it at the distributional level, presenting a logistic trend having a saturation point. The design of the project was developed relying on information from the existing overhead electrical networks, where the problems were determined, to carry out the new design of the underground network that contains medium, low voltage networks and public lighting with parameters established, equipment, and elements that comprise it. Subsequently, the proposed design was analyzed with the CYMDIST computational tool used by EMELNORTE S.A to model the network and establishing its useful life. Finally, the economic analysis of the network was carried out, establishing the feasibility of the project.

Keywords: electrical networks, increase in demand, overhead network, power supply interruptions, visual pollution.



VICTOR RAÚL RODRÍGUEZ VITERI

Reviewed by Victor Raúl Rodríguez Viteri

INTRODUCCIÓN

A1. CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA

La readecuación de proyectos urbanísticos, comerciales e industriales ha incrementado el uso de la tecnología en la distribución eléctrica subterránea, siendo la principal ventaja la confiabilidad en el suministro de energía hacia los usuarios finales con respecto de otros. Así mismo, la distribución subterránea viene a ser un recurso para satisfacer las necesidades de los clientes de obtener un servicio de energía eléctrica de mayor calidad (Ponce, 2016).

Los sistemas eléctricos con el pasar de los años han ido evolucionando y mejorando cada vez más, al punto de que se realiza el soterramiento de las redes de medio-bajo voltaje y alumbrado público perfeccionando el entorno de las zonas pobladas y la continuidad del suministro eléctrico (Otaneda, 2019).

La parroquia San Isidro del cantón Espejo ubicado en la provincia del Carchi al estar en la zona andina del Ecuador se encuentra rodeado de lugares que son atractivos para la visualización de los turistas, la parte central de esta parroquia se ve afectada por el excesivo cableado eléctrico y de telecomunicaciones que se encuentran ubicados en postes de alumbrado público por lo que se considera realizar el soterramiento de estos mejorando la visualización y eficiencia de la red.

Por tal motivo se considera efectuar un estudio que permita conocer el estado de la red, demanda actual y futura para garantizar que el suministro de energía eléctrica hacia los usuarios finales durante su etapa de vida útil sea de calidad y tenga niveles óptimos de confiabilidad, además de reducir pérdidas y cortes de energía.

En el presente proyecto se realizará el soterramiento de la red aérea de medio-bajo voltaje y alumbrado público de la calle 10 de agosto que consiste en la instalación de una nueva canalización por la acera con el uso de ductos, construcción de pozos de revisión como también equipos de maniobra y protección; además la ejecución del tendido de los conductores eléctricos será de forma manual o maquinaria siguiendo las normas y reglamentos establecidos por el Ministerio de Electricidad y Recursos Naturales no Renovables (MERNNR), (Ocejo, 2008). Se hará uso de la metodología empleada por la Empresa Eléctrica Regional Norte (EMELNORTE S.A) logrando homogeneidad en la implementación del proyecto.

A2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El principal problema presente en dicho proyecto, son las interrupciones de suministro eléctrico perturbadas por los campos magnéticos que se generan por los cables de transmisión próximos a estas redes, gracias a empresas de distribución de servicios eléctricos y de telecomunicaciones que han generado la formación de un excesivo cableado aéreo dentro y fuera de la ciudad; tanto eléctrico, de telefonía, acceso a internet y servicios de televisión, que en muchas de las ocasiones varios de estos cables se encuentran en desuso, afectando las transmisión de energía, el cual complica el mantenimiento preventivo que se les da a dichas redes de distribución eléctrica haciéndolo más demoroso y aumentando costos.

La comunidad de San Isidro ha crecido en la parte estructural en los últimos años, viéndose en la necesidad de realizar un estudio de factibilidad de la parte eléctrica existente que permita efectuar el soterramiento de las redes de medio-bajo voltaje y alumbrado público, disminuyendo las interrupciones de distribución provocadas por las redes situadas en los postes.

En cuanto a la parte eléctrica existente en la calle 10 de agosto implementada por (EMELNORTE S. A), en la etapa de desarrollo ya no satisface las necesidades requeridas por los abonados, dado el crecimiento de la parroquia las redes de medio-bajo voltaje y alumbrado público no cumplen los requerimientos y normas establecidas por el ente regulador lo que implica dificultades técnicas.

Se establece que se debe realizar un estudio de factibilidad para el soterramiento de las líneas de medio-bajo voltaje aplicando normativas reguladas por los diferentes entes reguladores del país, ayudando a disminuir las interrupciones de suministro de energía eléctrica en dicho sector y brindando un mayor confort a la población.

A3. EL PROBLEMA

¿Cómo realizar el estudio de factibilidad del sistema de distribución eléctrica subterráneo de la calle 10 de agosto en la parroquia San Isidro, Carchi?

A4. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

Las empresas eléctricas se ven obligadas a tener mayor disponibilidad en sus sistemas eléctricos debido al incremento de demanda eléctrica de nuevos usuarios conectados a la red por lo cual la implementación de estudios de demanda futura permite que el sistema sea más eficiente al momento de distribuir la energía.

Un adecuado levantamiento de información de la red de área de distribución existente de medio-bajo voltaje y alumbrado público en la calle principal 10 de agosto, permitirá verificar en un punto si las cargas están bien balanceadas o se deba dimensionar un nuevo transformador que abastezca dicha carga, así como también un posible cambio de la red de medio voltaje por otro tramo de la red.

Cada red de distribución ya sea eléctrica o de telecomunicaciones debe tener su respectiva separación para que no afecte la distribución produciendo fallas de interferencia y por tal motivo disconformidad en la población.

Otro punto muy importante es la posible instalación de un nuevo centro de transformación de energía para satisfacer las necesidades existentes en la zona, una vez realizado el respectivo balanceo de las cargas existentes se da paso a ejecutar un análisis de factibilidad que permita solucionar los problemas existentes en la red.

A5. ALCANCE DEL TRABAJO

En dicho proyecto se realizará el análisis y diseño de la red de medio-bajo voltaje y alumbrado público de la calle 10 de agosto de la parroquia San Isidro ubicada en el cantón Espejo provincia del Carchi Norte del país, la parte central del estudio está delimitada por las calles Espejo y Mejía, debido a la alta contaminación visual e interrupciones de suministro eléctrico.

Además, se evaluará la demanda eléctrica de todos los usuarios existentes, se diseñará los nuevos circuitos de la red eléctrica subterránea mediante la elaboración de los planos de operación con la nueva topología de la red. Los diferentes puntos de interconexión estarán ubicados a lo largo de la red subterránea mismos que cuentan con ductos y pozos de revisión para el tendido y empalmes de los conductores tanto eléctricos como de telecomunicación dependiendo del estudio realizado haciendo uso de la plataforma ArcGIS.

En el presente trabajo de grado se realizará principalmente el estudio de factibilidad de la red subterránea, de tal manera que cumpla con todos los requerimientos técnicos establecidos por las normas vigentes en el país. Por otra parte, es importante realizar las especificaciones técnicas y el cálculo económico de los diferentes rubros presentes en el proyecto, con la finalidad de cumplir con las normas y regulaciones establecidas por los diferentes entes reguladores. El cálculo estimado del presupuesto de la red eléctrica subterránea se realizará en base a los precios de la cámara de construcción del país.

A6. OBJETIVO GENERAL

- Realizar el estudio de factibilidad de la red de distribución eléctrica subterránea de la calle 10 de agosto, aplicando la normativa vigente correspondiente a estos procesos, para el mejoramiento de transmisión de señal de cada red de distribución existente.

A7. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar el estado del arte.
- Realizar el levantamiento de información de la red eléctrica de distribución actual para el diseño de un plano con el nuevo trazado de las líneas a soterrarse considerando cargas futuras.
- Cuantificar el nuevo presupuesto de dicho proyecto de acuerdo con los precios unitarios de cada material y nuevo diseño de soterramiento eléctrico realizado en la calle 10 de agosto.

CAPÍTULO 1

Sistemas eléctricos y redes subterráneas

1.1 Sistemas eléctricos

El sistema eléctrico de distribución tiene la función de generar la energía eléctrica y transportarla hacia el consumidor residencial, comercial o industrial, mediante las etapas de generación, transmisión y distribución las mismas que cumplen con una tarea específica de brindar energía de alta calidad sin corte de suministro (Vasquez, 2013), este sistema eléctrico está constituido por los siguientes elementos:

- Subestación eléctrica de distribución.
- Sistema primario.
- Transformadores.
- Sistema secundario.
- Acometidas.

1.1.1 Subestación eléctrica de distribución

Una subestación de distribución es el punto de conexión eléctrico dentro de un sistema de potencia, está constituida por transformadores, interruptores, seccionadores, relés, entre otros, cuya función principal es la recepción de las líneas de subtransmisión y reducir los niveles de alto voltaje de las líneas de transmisión o subtransmisión a niveles de medio voltaje para su ramificación en múltiples salidas, las subestaciones pueden ser clasificadas de acuerdo con su nivel de voltaje, ubicación, configuración (Chusin & Escobar).

1.1.2 Sistema primario

Es la parte de la red de distribución de medio voltaje constituida por elementos como conductores, aisladores, equipos de protección que operan al voltaje primario del sistema e inician en las barras de medio voltaje en la subestación de distribución y terminan en los bushings de entrada de los transformadores de distribución (Doñes, 2015), dentro de este sistema se puede diferenciar entre:

- Alimentador.
- Troncal.
- Ramal o derivación.

1.1.2.1 Alimentador

Constituye por su capacidad de transporte la parte principal de la red primaria, suministra energía desde la subestación hasta los transformadores de distribución con una topología de forma radial (Avilés & Rodríguez, 2017).

1.1.2.2 Troncal

Se define como el circuito primario trifásico de mayor extensión que parte desde la subestación hacia las derivaciones, suministrando energía a mayor capacidad, se procura que la zona este despejada ya que está protegido únicamente por el relé de la subestación y reconectores (Navas, 2017).

1.1.2.3 Ramal o derivación

La derivación es el tramo trifásico o monofásico de un alimentador dependiendo de la demanda de energía, las mismas pueden ser derivaciones primarias, secundarias y terciarias, limitadas por su capacidad de corriente y capacidad de transporte (Navas, 2017).

1.1.2.4 Centros de transformación

Es la parte final de la red primaria, sirve para dividir y proteger circuitos eléctricos, de uso comercial, residencial e industrial reduciendo los niveles de voltaje a 120/210 o 127/220 V, la distribución de los centros de transformación pueden darse por distribución en anillo eléctrico o por distribución radial (Sanches & Nieto, 2010).

1.1.3 Transformadores

Estos equipos tienen como función principal aumentar o disminuir el voltaje, constituido por dos devanados conectados por medio de la relación de transformación, para las líneas eléctricas subterráneas el Ministerio de Energía de Recursos Naturales no Renovables (MERNNR) establece las siguientes potencias las cuales se muestran en la TABLA 1. 1.

TABLA 1. 1 Capacidad nominal de transformadores.

CAPACIDAD DE TRANSFORMADORES						
3	5	7,5	10	15	25	30
37,5	50	75	100	112,5	125	150

200	250	300	350	400	500	kva
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Fuente: (MERNNR M. d., 2018).

Para redes subterráneas se utilizan los siguientes tipos de transformadores monofásicos y trifásicos homologados por el MERNNR:

- Transformadores de tipo sumergible.
- Transformadores tipo pedestal.
- Transformador convencional con frente muerto.

1.1.3.1 Transformadores de tipo sumergible

Son instalados en bóvedas o cámaras subterráneas que pueden sufrir inundaciones por lo que son diseñado bajo un sistema de drenaje evitando que el transformador quede totalmente sumergido (Avilés & Rodríguez, 2017).

1.1.3.2 Transformadores tipo pedestal

Los transformadores tipo pedestal (Pad-Mounted) se utilizan en sitios donde la distribución de energía eléctrica es subterránea como edificios, urbanizaciones, centros comerciales, sin necesidad de construir una cámara de transformación (Preciado & Rodas, 2015).

1.1.3.3 Transformador convencional con frente muerto

No tiene elementos expuestos en medio voltaje, su funcionamiento y conexión es similar a los transformadores convencionales a excepción de que la conexión exterior se realiza por medio de conectores elastómeros (Avilés & Rodríguez, 2017).

1.1.4 Sistema secundario

Es el conjunto de equipos o elementos que se utilizan para transportar la energía eléctrica a voltajes menores o de utilización que van entre 120/240 V a tres hilos monofásicos y 127/220 V trifásicos a cuatro hilos, los conductores serán de cobre o aluminio aislados, este tipo de redes es utilizada para llevar la energía eléctrica desde los transformadores de distribución tipo poste hasta las acometidas de los usuarios finales (Pino, 2016).

1.1.5 Acometidas

La acometida es la instalación que conecta un punto de la red de distribución secundaria con el conductor del medidor de energía de cada abonado, que equivale a conectar la carga de dicho usuario, esta conexión puede ser aérea o subterránea dependiendo del tipo de circuito (Curipoma, 2016).

1.1.5.1 Acometidas aérea

La acometida aérea se realiza desde un punto de la red de bajo voltaje hasta el medidor del abonado para cargas iguales o menores a 35 kW, con conductor de aluminio (Carrión, 2017).

1.1.5.2 Acometidas subterráneas

Para una acometida subterránea se la ejecuta desde un punto de la red de bajo voltaje subterránea para cargas mayores a 35 kW y menores a 225 kW, haciendo uso de conductor de cobre con chaqueta (EERS, 2012).

1.1.5.3 Usuarios finales

El abonado o usuario es una persona natural o jurídica que mantiene un acuerdo con la empresa eléctrica distribuidora, dependiendo de esta concordancia se suministra energía eléctrica a su residencia o establecimiento (ARCERNNR, 2018).

Las diferentes cargas conectadas al sistema son de tipo residencial, comercial e industrial que dependiendo de su comportamiento muestran el rango de voltaje a suministrarse, se realiza un respectivo análisis de carga para el dimensionamiento de transformadores de distribución (Ramirez, 2015).

Existen varios tipos de usuarios finales que se clasifican de acuerdo con su tipo de carga, entre ellos se mencionan los más frecuentes:

a) Abonados con carga residencial

Comprenden los edificios, apartamentos, condominios, etc. Estas cargas se caracterizan por ser resistivas con pequeñas características reactivas, los que se agrupan por sectores de acuerdo con el consumo: alta, media, baja (Ramirez, 2015).

b) Abonados con carga comercial

Se encuentran en áreas céntricas de las ciudades donde se realizan actividades comerciales, se caracterizan por ser resistivas y tiene algún componente inductivo que ayuda a bajar el factor de potencia (Ramirez, 2015).

c) Abonados con carga industrial

Tiene un componente importante de energía reactiva debido a la conexión de motores instalados, es necesario corregir el factor de potencia y hacer un seguimiento de consumo de reactivos para evitar que su pico máximo coincida con el de la carga residencial (Carrión, 2017).

1.2 Tipos de redes de distribución

Los diferentes tipos de redes de distribución están dirigidos a aumentar la confiabilidad y cobertura de energía a los usuarios finales de tal manera que estos queden satisfechos, buscando la reducción de costos, reducción de pérdidas en los sistemas y disminuir tasas de interrupción de energía (Duchicela, 2015), entre los más importantes están los siguientes:

- Red de distribución aérea.
- Red de distribución subterránea.

1.2.1 Red de distribución aérea

En este tipo de redes el conductor va soportado sobre aisladores instalados en crucetas que a su vez se encuentran en postes de hormigón o de madera, los conductores usados son desnudos o aislados y los materiales de la estructura van de acuerdo con el nivel de voltaje y tipo de contaminación de la zona (Bedoya, 2016).

Las partes principales que conforman este tipo de red son: Postes, crucetas, herrajes, aisladores, transformadores, sistema de protección y seccionamiento.

1.2.2 Red de distribución subterránea

Es aquella que transporta energía eléctrica a través de conductores que se encuentran ubicados bajo tierra o tendidos sobre canalizaciones permitiendo tener una mayor confiabilidad y reduciendo al mínimo los accidentes (Navas, 2017), como se observa en la Fig. 1.



Fig. 1 Tendido de ductos de la red subterránea. Fuente: (ELECTRIC, 2019).

Según (Rodríguez Mera, 2017) manifiesta: “Este tipo de redes es utilizada principalmente en ciudades donde por razones de urbanismo, estética, o condiciones de seguridad no es aconsejable o no se puede utilizar el sistema aéreo, adicionalmente las redes de distribución eléctrica subterránea facilitan el mantenimiento y calidad del servicio en cuanto a continuidad.”

Entre las ventajas de las redes subterráneas se tiene la estética en entorno urbano, los bajos costos de operación y mantenimiento, además de la protección de los cables, que impiden las pérdidas causadas por conexiones ilegales, como también se proporciona mucha mayor seguridad a los usuarios y aumento en la vida útil de la instalación (Loor, 2016).

1.3 Topología de la red

La topología de la red de distribución hace referencia al esquema o método escogido para que la energía eléctrica se distribuya desde la fuente hacia la carga, permitiendo que la desconexión sea mínima, existen varios tipos de topología como son:

- Sistema con topología tipo radial.
- Sistema con topología tipo anillo.
- Sistema con topología tipo malla.

1.3.1 Sistema con topología tipo radial

Según (Navas, 2017) señala: “La configuración radial es aquella donde el flujo de energía tiene una sola trayectoria de la fuente a la carga, como se observa en la Fig. 2, se caracteriza por su alimentación que parte desde una sola fuente ubicada en uno de sus extremos,

transmitiendo la energía en forma radial hacia el consumidor o usuario, una falla o interrupción que se produzca obliga a cortes de suministro, otra de sus principales características es que en caso de contingencias permite pasar parte de la carga de un alimentador primario a otro.”

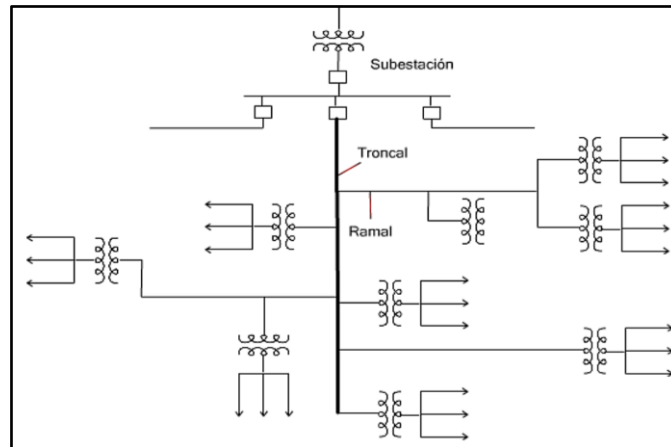


Fig. 2 Diagrama unifilar de una red tipo radial, Fuente: (UNAM, 2018).

1.3.2 Sistema con topología tipo anillo

Se alimenta por dos puntos diferentes de la red eléctrica por lo que se tiene dos tipos de topología anillo que son:

- Anillo cerrado.
- Anillo abierto.

1.3.2.1 Anillo cerrado

La alimentación y servicio hacia las redes se las realiza a través de más de una línea eléctrica teniendo sus dos extremos alimentados, la energía alimenta a todas las cargas sin presentar interrupciones de servicio ante la salida de una de sus fuentes, su ventaja es la alta confiabilidad en el sistema (Curipoma, 2016).

1.3.2.2 Anillo abierto

Se constituye por formar una anillo, se caracteriza por tener dos líneas eléctricas distintas, pero se encuentra conectado a una sola de ellas quedando la otra como reserva ante una falla, similar a un sistema radial con la posibilidad de una doble alimentación, (Treich, 2008) como se observa en la Fig. 3.

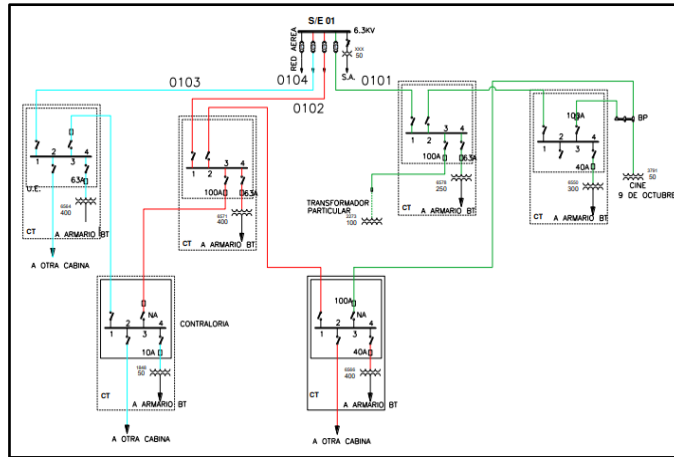


Fig. 3 Diagrama unifilar de una red tipo anillo, Fuente: (Aucapiña, 2012).

1.3.3 Sistema con topología tipo malla

Tiene más de un camino de alimentación a la red, una alta confiabilidad con respecto a las anteriores configuraciones, pero su desventaja es su complejidad al momento de realizar una coordinación de protecciones y no se permitirá el cambio de calibre en los tramos del transformador y terminal (Duque, 2016), como se observa en la Fig. 4.

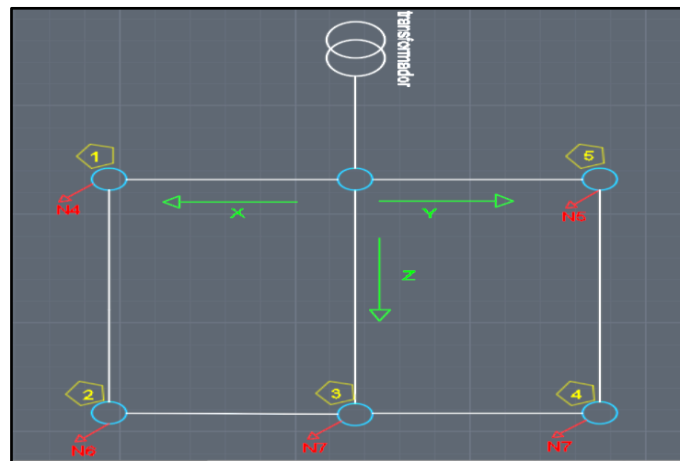


Fig. 4 Diagrama unifilar de una red tipo malla, Fuente: (Duque, 2016).

1.4 Proyección de la demanda por micro áreas

Es un punto clave que permite estimar la demanda futura a corto, mediano y largo plazo dependiendo del tipo de análisis a ejecutarse, la información debe de ser lo más exacta posible para así construir redes con mayor confiabilidad ya sea en sistemas de transmisión o distribución.

Los métodos para realizar este tipo de análisis son los siguientes:

- **Horizonte de tiempo:** Corto plazo, mediano plazo y largo plazo.
- **Tipo de demanda eléctrica:** Energía (Wh), potencia (W).
- **Técnicas matemáticas:** Estadísticas, inteligencia artificial, micro áreas.

1.4.1 Micro aéreas.

Este método propone que la zona de estudio sea dividida en varias zonas llamadas micro áreas tomando en cuenta el sistema eléctrico existente, se pueden escoger micro áreas de 0.25 km^2 , 7 km^2 , etc., dependiendo del grado de resolución que se desee obtener en el pronóstico de la carga se puede dividir según alimentadores o subestaciones, se recomienda utilizar áreas simétricas de 500m x 500m (Ariza Ramírez, 2013).

1.5 Criterios para el diseño y construcción de la red subterránea

Para realizar el diseño y construcción de la red subterránea es necesario seguir las normas y regulaciones de construcción subterránea que se rigen para cada país, en Ecuador el (MERNNR), se encarga de esta sección, proveyendo la información necesaria de los elementos a utilizarse en el diseño, con la finalidad de realizar un trabajo confiable.

Se considera como punto de partida el levantamiento de información de la red instalada, la que permite determinar la demanda actual y futura que requiere el sistema, posteriormente mediante la proyección de la demanda se calcula el dimensionamiento de cada uno de los elementos de la nueva red, los que están regulados por normas de construcción civil y eléctrica del país.

1.5.1 Normas

Los aspectos técnicos de construcción contendrán planos y documentos del proyecto que tienen relación directa con las obras civiles y eléctricas a ejecutar, las normas y reglamentos para la obra civil se ejecutará y construirá de acuerdo con la última versión vigente de las normas y regulaciones nacionales.

- MERNNR: Ministerios de Energía y Recursos Naturales no Renovables.
- INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- ARCONEL (actual ARCERNNR): Agencia de Regulación y Control de Electricidad de Recursos Naturales no Renovables.
- EMELNORTE: Empresa Eléctrica Regional Norte.

1.5.2 Homologación de las unidades de propiedad.

La homologación define las unidades de propiedad y constructivas de las redes subterráneas, estandarizando los materiales y equipos que se utilizan y pone en consideración las especificaciones técnicas de cada componente de la red y a su vez definen la simbología que se debe utilizar para todo diseño futuro (MERNNR, 2018).

1.5.3 Identificador nemotécnico de las unidades de propiedad.

El identificador nemotécnico nos indica como es la estructura de las redes de distribución subterránea, las cuales se encuentran divididas en cinco campos como se indica en la Fig. 5 (MERNNR, 2018).

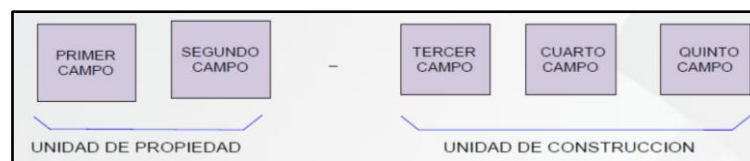


Fig. 5 Indicador nemotécnico Fuente: (MERNNR, 2018).

Los dos primeros campos definen las unidades de propiedad, al primer grupo pertenecen los elementos instalados en la red y el segundo al nivel de servicio a los cuales están sirviendo dichos elementos, mientras que los tres siguientes definen las unidades de construcción, que están conformadas constructivamente tomando en cuenta el número de fases, disposición de los elementos y función o especificación, en el presente diseño se toma en cuenta la codificación nemotécnica de la homologación establecida por el MERRNR en su Capítulo 1.

1.5.4 Simbología.

La simbología es una representación gráfica de los elementos eléctricos facilitando su identificación al realizar diagramas unifilares y planos, representando elementos que conforman la red eléctrica y que están homologados por normas y se encuentran en la sección 6 del MERRNR.

1.5.5 Elementos de la canalización

Los elementos de la canalización en una red subterránea no pueden ser vistos debido a su topología, deben ser construidos e instalados bajo normas técnicas que rigen los entes

reguladores para su perfecto funcionamiento y aumentar la confiabilidad del sistema (Martínez, 2014).

1.5.5.1 Banco de ductos

Los bancos de ductos son diseñados para instalaciones directas bajo tierra que deben ser de tubería PVC rígida, como se observa en la Fig. 6, para la red de MV y BV se utiliza tubo PVC tipo B, para el alumbrado público y acometidas domiciliarias tubo PVC tipo II (Duchicela, 2015), los que están normalizados por las normas NTEINEN 1869 y 2227, como se puede apreciar en la TABLA 1. 2.

TABLA 1. 2 Ductos y tubería metálica para emplear en las canalizaciones y transiciones.

Diámetro del ducto (mm)	Transición ducto (mm)	Voltaje (kV)	Calibre del conductor (AWG o Kcmil)
160	160	35	1/0, 2/0, 3/0, 4/0, 250, 300, 350, 500
110	110	15-25	2, 1/0, 2/0, 3/0, 4/0, 250, 300, 350
160	160	15-25	500
110	110	0.6	4, 2, 1/0, 2/0, 3/0, 4/0
50	50	0.6 (Alumbrado Público y acometidas)	6, 4, 2, 1/0

Fuente: (MERNNR M. d., 2019).

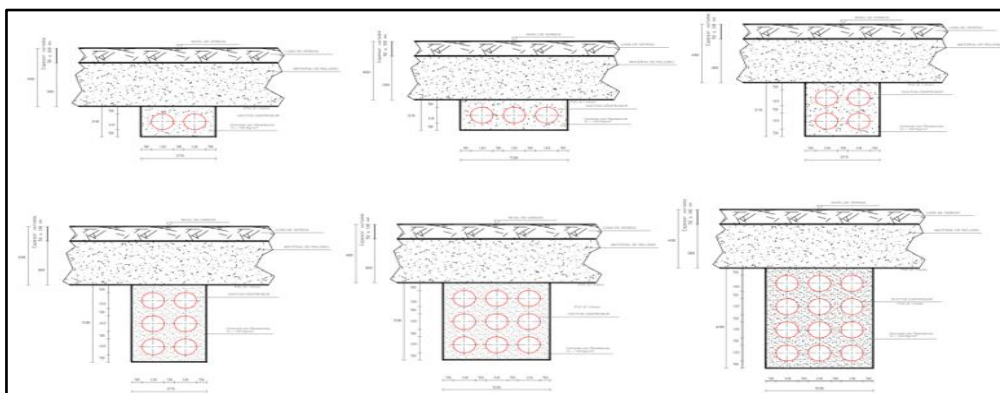


Fig. 6 Banco de ductos Fuente: (Aucapiña, 2012).

La suma del área de la sección transversal de todos los conductores o cables en una canalización no debe exceder 40% de la sección transversal inferior de la canalización. NEC 354-5 (MERNNR M. d., 2019).

1.5.5.2 Ancho de zanja

La profundidad de la zanja se determina a partir de las características y números de conductores que se vayan a colocar, teniendo en cuenta que la separación mínima entre ductos es de 5 cm independientemente del nivel de voltaje, diámetro de ducto y el ancho de zanja (Martínez, 2014).

1.5.5.3 Pozos

Es el lugar donde desembocan los ductos, son cuadrangulares en su mayoría de diferentes tipos, TABLA 1. 3, son construidos de hormigón armado de 210 o 220 kg/cm^2 con acceso por su parte superior, como se puede apreciar en la (Fig. 7), las tapas para los pozos se construyen generalmente de hormigón o de acero dúctil.

Se hace uso de los pozos o cajas de revisión según la longitud del tramo y características del terreno ubicándolos a una distancia de 50 m como máximo, desde aquí se realiza los empalmes para las acometidas hacia los usuarios o abonados.

TABLA 1. 3 Dimensiones de pozos.

TIPOS	Largo (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)	Aplicación
Tipo A	0.60	0.60	0.75	MV-ACOMETIDA
Tipo B	0.90	0.90	0.90	MV-BV-AP
Tipo C	1.20	1.20	1.20	MV-BV-AP
Tipo D	1.60	1.20	1.50	MV-BV-AP
Tipo E	2.50	2.00	2.00	MV-BV-AP

Fuente: (MERNR M. d., 2019).

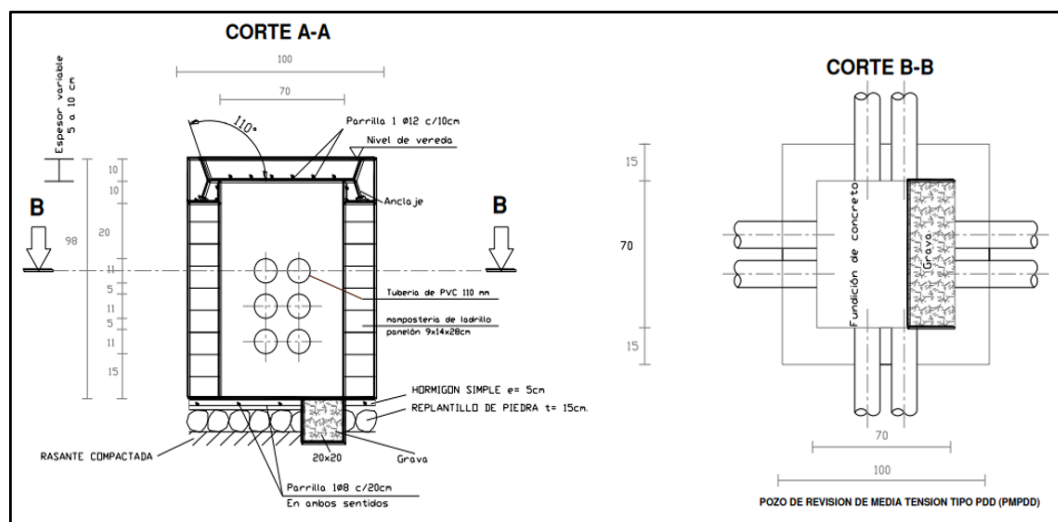


Fig. 7 Pozo de revisión tipo E Fuente: (Aucapiña, 2012).

1.5.6 Cámaras de transformación y seccionamiento

Los equipos de transformación, protección y seccionamiento para redes subterráneas deberán estar instalados en cámaras eléctricas a nivel o subterráneas, en sitios de uso exclusivo para este objeto, que permita disponer en forma adecuada el ingreso de los cables a la cámara.

En las cámaras de transformación se alberga el transformador y pueden ser instaladas en la acera o en el subsuelo tomando en cuenta que se debe centralizar la carga, podrá servir hasta 4 manzanas en BV utilizando tableros de distribución con interruptores termomagnéticos.

1.5.6.1 Bases de hormigón para instalación de equipos

Los dispositivos deberán contar con una base de hormigón armado, con una resistencia mínima de $f'c = 160 \text{ kg/cm}^2$, en cámaras de transformación se debe construir una base de hormigón la que permite la sujeción de equipos, sus dimensiones dependen de los equipos a instalarse, el MERNNR establece que donde se instale transformadores se deberá construir un pozo junto a la base, tal que permita dejar reserva de los cables para operar y manipular los barrajes de puesta a tierra y cualquier otro elemento (MERNNR M. d., 2019).

1.5.7 Equipos de seccionamiento y protección

Los equipos solo deben ser manipulados cuando están desconectados, y consiste en aislar eléctricamente una instalación de la red de alimentación cuando ocurre una falla en su funcionamiento, de esta manera se protege los elementos conectados en el sistema disminuyendo los daños.

1.5.7.1 Fusible unipolar tipo abierto

Las especificaciones se encuentran homologadas por el Ministerio de Recursos Naturales no Renovables (MERNNR), se deben indicar en el plano de la red y diagrama unifilar con su respectiva simbología, su voltaje nominal de operación está entre 13.2 kV a 22.8 kV con capacidad interruptora mínima de 12,5 kA y su capacidad nominal es de 100 A (MERNNR M. d., 2018).

1.5.7.2 Celda de medio voltaje aislada en SF6

Están diseñadas para todo tipo de aplicaciones en servicio interior, instaladas en cabinas subterráneas, patios, etc. Operan con corrientes de hasta 630 A y voltajes hasta 38 kV a 60 Hz aisladas con gas SF6, su principal ventaja del SF6 es la conexión y desconexión de las redes de distribución con carga en medio voltaje (Aucapiña, 2012).

1.5.7.3 Tablero de bajo voltaje

Es una combinación de varios dispositivos de protección y maniobra alojados en una caja de metal aislada eléctricamente que permite distribuir la energía de forma ordenada y equilibrada mediante sus barras para no sobrecargar a una sola línea. Deben ser elaborados utilizando las normas IEC 61439-1 e IEC 61439-2, su voltaje nominal no debe superar los 1000 V para corriente alterna (CA) y 1500 para corriente continua (CC) (Barzallo, 2016).

1.5.7.4 Puesta a tierra

Tiene al menos un conductor o punto conectado a tierra, se deben conectar a tierra los neutros de todos los transformadores a los bancos de transformación existentes, como también los circuitos monofásicos a dos hilos o tres hilos y circuitos trifásicos a cuatro hilos con conexión estrella o delta (Y- Δ) (Mora & Muños, 2010).

A continuación, en la (TABLA 1. 4); **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se puede observar el calibre de conductor para puesta a tierra de redes subterráneas:

TABLA 1. 4 Calibre de conductor de puesta a tierra.

Conductor de puesta a tierra	
N° conductor	Acometida
8 AWG	2 AWG
6 AWG	1 AWG – 1/0 AWG
4 AWG	2/0 AWG – 3/0 AWG
2 AWG	4/0 AWG – 350 MCM
1/0 AWG	400 MCM – 60 MCM
2/0 AWG	650 MCM – 1,100 MCM

Fuente: (NATSIM, 2012).

1.5.8 Conductores

Los conductores se encargan de transportar energía, en su mayoría son metálicos con algunas aleaciones que mejoran la conductividad permitiendo el flujo de corriente, en el

sistema de distribución subterráneo se utilizaran cables monopolares con conductor de cobre con polietileno reticulado termoestable según rigen los entes reguladores (Castro & Herrera, 2015).

1.5.8.1 Conductores de medio voltaje

En el presente proyecto se utilizará redes subterráneas en medio voltaje conductor de cobre de polietileno reticulado (XLPE), como se puede apreciar en la Fig. 8, o polietileno reticulado retardante a la arborescencia (TRXLPE), el aislamiento dependerá del nivel de voltaje de la red, desde 15 kV hasta 35 kV en redes de medio voltaje (Molina J. , 2019).

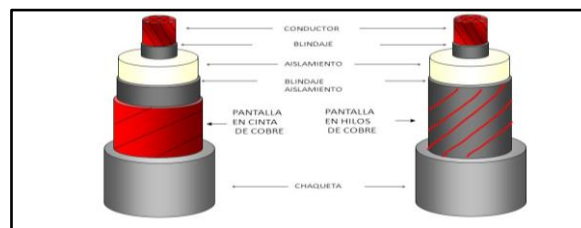


Fig. 8 Conductor de medio voltaje con aislamiento (XLPE). Fuente: (Centelsa, 2020).

1.5.8.2 Conductores de bajo voltaje

Para la red de bajo voltaje subterránea se utiliza conductores de cobre con aislamiento de 2.000 V de polietileno y chaqueta de policloruro de vinilo (PVC) resistente a la humedad, su sección varía de acuerdo con el lugar donde se apliquen, todos estos conductores son de aislamiento TTU (Aucapiña, 2012), como se observa en la Fig. 9.

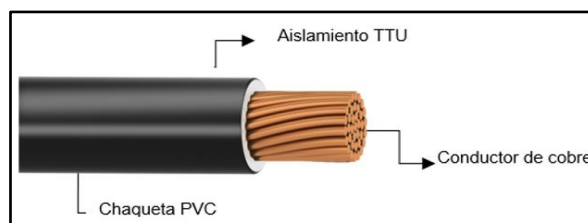


Fig. 9 Conductor de bajo voltaje monopolar (TTU). Fuente: (Electro Cables , 2019).

1.5.8.3 Conductores para neutro

Para instalaciones subterráneas se utilizan conductores de cobre desnudo para neutros y puesta a tierra, los calibres utilizados son los siguientes, 6, 4, 2, a 7 hilos y 1/0, 2/0, 3/0, 4/0 a 19 hilos.

1.5.8.4 Conductores de telecomunicación

Los conductores de servicio de telecomunicación deberán tener una distancia de separación mínima de 20 cm para cables directamente enterrados o alojados en ductos de una instalación subterránea.

1.5.8.5 Tendido de conductores.

Los conductores deben ser siempre desenrollados. el tendido de los cables se realiza tomando en cuenta la curvatura del suelo para que no sufra daños, se deberá hacer a temperaturas superiores a los 0 °C para que no se agrieten, pueden ser tendidos a mano desde un vehículo en marcha o con poleas accionados a mano por motor (Martínez, 2014).

1.5.9 Transición de red aérea a subterránea

En una red subterránea la transición desde la red aérea se la realiza desde el poste más cercano que debe ser de 12 m para medio voltaje y 10 m para bajo voltaje, los conductos por donde pasan los conductores tendrán un diámetro de 4" milímetros, para su previa conexión se utilizará puntas terminales las que serán seleccionadas adecuadamente para el calibre del voltaje del conducto, según esta establecido por normas de las empresas eléctricas o entes reguladores (MERNNR M. d., 2019).

1.5.10 Alumbrado público

Según (ARCERNNR, 2018) menciona: "Se debe considerar áreas urbanas y centros poblados rurales, iluminación de vías, espacios públicos destinados a la movilidad y ornamentación, se debe determinar los niveles de iluminación y factores de uniformidad que están en función de la intensidad del tráfico vehicular y peatonal".

Para las redes subterráneas los circuitos de alumbrado público no deberán superar el 6% del voltaje nominal de la línea, serán independientes y se conformarán por dos conductores de fase que estarán controlados por célula fotoeléctrica o temporizadores desde el tablero de distribución, se recomienda utilizar luminarias de tipo diodo emisor de luz (LED).

1.6 Herramientas y softwares computacionales

Los sistemas eléctricos hoy en día han presentado avances acelerados por lo que se ha implementado varios sistemas que son capaces de hacer simulaciones que se reflejan a la

realidad al realizar cálculos de diseño, simulaciones, dibujos, permitiendo tomar decisiones acertadas antes de su ejecución y haciéndolos más seguros a la hora de aplicación de la ingeniería como son el ArcGIS, CYMDIST y DIALux.

1.7 Análisis técnico económico

Es un análisis costo – beneficio, que contempla los aspectos técnicos operativos necesarios para la producción de un bien o servicio, determina la economía del proyecto incluyendo costos directos como indirectos de los materiales, equipos, mano de obra involucrados, y así poder tomar una decisión.

1.7.1 Inversión inicial

Comprende la adquisición de todos los activos fijos o tangibles y diferidos o intangibles necesarios para iniciar las operaciones de la empresa, con excepción del capital de trabajo (Baca Urbina, 2016).

1.7.2 Costo operacional

Son los gastos necesarios como costos de producción, costos administrativos, costos de mantenimiento y operación para mantener un proyecto, línea de procesamiento o un equipo en funcionamiento (Irrázabal, 2014).

1.7.3 Relación de costo beneficio

Según (Váquiro, 2010) refiere: “El método tasa costo-beneficio se utiliza para evaluar la inversión gubernamental o de interés social, los beneficios como los costos no se cuantifican como privado, sino que se toman en cuenta criterios sociales”.

1.7.4 Flujo neto de caja

Muestra el saldo inicial del dinero, los ingresos y egresos de dinero con su respectivo saldo final, se dividen en operativos, no operativos y se subdividen de acuerdo con la actividad inherente a cada empresa, en este caso si el saldo es positivo indica que los ingresos fueron mayores que los egresos en donde se ve reflejado en ganancias (Díaz, 2017).

1.7.5 Período de recuperación

El periodo de recuperación de la inversión (PRI), es el número de períodos necesarios para recuperar la inversión inicial, resultado que compara con el número de período aceptable por la empresa. El período se calcula acumulando los flujos de efectivo sucesivo hasta que su suma sea igual a la inversión final (Molina A. , 2017).

CAPÍTULO 2

Diseño de la red eléctrica subterránea

2.1 Introducción

En este capítulo se realiza paso a paso un diagnóstico de la red aérea actual que alimenta la Calle 10 de agosto mediante el uso del Sistema de Información Geográfica (ArcGIS), se tiene acceso a la base de datos de la EMELNORTE S.A que brinda la información física de la red. Por otro lado, se hará uso del Software CYMDIST para determinar el estado de la red con sus parámetros eléctricos, el modo de operación, su demanda actual y la requerida a futuro definiendo micro áreas, utilizando la zonificación de uso de suelo establecido por el Departamento de Planificación del Municipio de Espejo; partiendo de este análisis se procedió a diseñar la red subterránea con todos los equipos de medio y bajo voltaje siguiendo estrictamente los lineamientos, las normas del MERNNR y la Regulación No. ARCONEL 005/18, de la ARCERNNR (anteriormente ARCONEL).

2.2 Ubicación y delimitación del área de estudio

El área de estudio comprende todo el alimentador El Ángel tres de la parte urbana y rural de la parroquia San Isidro, ubicada en el cantón Espejo provincia del Carchi Norte del país, conformada por ciento cuarenta y ocho micro áreas de 500 x 500 m con una superficie 250.000 m² cada una, como se observa en la Fig. 10. En particular se realizó el estudio y diseño de la red área en la calle 10 de agosto, parte central de la parroquia delimitada por las calles Espejo y Mejía, debido a la contaminación visual e interrupciones de suministro eléctrico, como se observa en la Fig. 11.

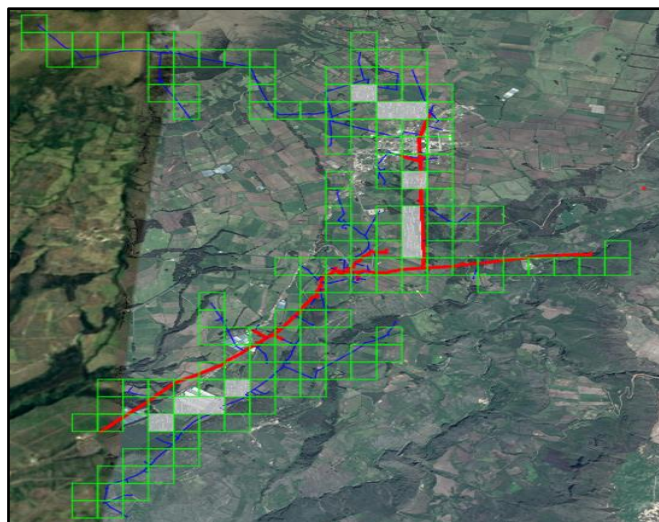


Fig. 10 Ortofotografía del área de estudio, Alimentador El Ángel 3. Fuente: (EMELNORTE, 2019).



Fig. 11 Ortofotografía del área de estudio, calle 10 de agosto. Fuente: (EMELNORTE, 2019).

2.3 Descripción de la red de distribución actual

La red eléctrica del alimentador El Ángel tres, instalada en el área de estudio es una red aérea con topología radial compuesta eléctricamente de la siguiente manera:

- Subestación y alimentadores primarios.
- Capacidad de los centro de transformación.
- Redes secundarias y alumbrado público.
- Usuarios finales.

2.3.1 Subestación y alimentadores primarios

El alimentador El Ángel tres actualmente se encuentra abastecido por la subestación eléctrica El Ángel, se derivan tres alimentadores a un voltaje de operación de 69 kV a 13.8 kV, con un transformador de 2.5 MVA, mismo que suministra la energía a la calle 10 de agosto de la parroquia San Isidro, parte central del estudio.

2.3.2 Capacidad de los centros de transformación

En el alimentador El Ángel tres, existe una potencia total instalada de 3,4275 MVA, distribuida en 161 transformadores de distribución monofásicos y trifásicos de tipo convencionales y autoprotegidos.

En la TABLA 2. **1¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se puede apreciar el número de centros de transformación con su respectiva capacidad instalada en cada micro área del alimentador El Ángel tres; cabe mencionar que se utilizó de ejemplo la

micro área 88 para realizar los cálculos de método de la REA y proyección de la demanda que se muestran a continuación en el presente proyecto.

TABLA 2. 1 Centros de transformación existentes.

Alimentador El Ángel 3					
Micro área	N° Transformadores	Capacidad instalada (kva)	Micro área	N° Transformadores	Capacidad instalada (kva)
1	1	10	75	5	147,5
2			76	8	195
3			77	1	25
4			78		
5	1	5	79		
6			80	1	5
7	2	20	81	1	5
8			82		
9	1	10	83		
10	1	5	84	1	25
11			85	1	50
12			86		
13			87	2	55
14			88	10	335
15			89	7	187,5
16			90		
17			91		
18	1	10	92	1	45
19			93		
20	3	40	94	3	100
21	1	5	95	1	15
22			96		
23	1	10	97	1	15
24	1	25	98	2	40
25			99	2	25
26			100		
27			101	3	175
28			102	1	10
29			103	1	25
30	1	5	104	2	15
31			105	1	30
32	1	15	106	1	15
33			107	1	30
34	1	5	108	1	15
35			109	1	10
36	1	5	110		
37	1	15	111	1	10
38	1	15	112		
39	1	15	113	1	10
40	11	330	114	4	80
41			115		
42			116		
43			117		

44	3	30	118		
45	2	20	119	1	10
46	1	15	120		
47	1	10	121	1	15
48	2	60	122	1	10
49	1	30	123	1	10
50	3	42,5	124		
51	2	150	125	1	10
52	2	40	126		
53			127	2	20
54	2	25	128	4	115
55			129		
56	1	10	130	1	10
57	1	45	131		
58			132	2	75
59	3	30	133		
60	1	10	134		
61			135		
62			136	1	10
63	1	5	137	2	47,5
64	2	20	138	1	10
65	1	10	139	1	15
66			140	3	45
67			141	1	25
68	1	25	142	2	20
69			143	2	25
70	1	50	144		
71	1	37,5	145		
72			146	1	5
73	1	15	147	2	15
74			148	1	10

Fuente: (EMELNORTE, 2019).

El transformador para intervenir de la zona central del estudio está identificado con el código E3T40 es de tipo trifásico pedestal radial con una potencia de 50 kva, su lado primario es de 13.8 kV y su lado secundario es de 220/127 V, como se puede apreciar en la Fig. 12; cabe mencionar que el nuevo centro de transformación no debe ser sobredimensionado como establece la Dirección de Planificación de EMELNORTE S.A.



Fig. 12 Centro de transformación tipo pedestal. Fuente: (EMELNORTE, 2019).

2.3.3 Redes secundarias y alumbrado público

Las redes de bajo voltaje destinadas al suministro de energía a los diferentes tipos de usuarios de la zona central del estudio son de tipo trifásicas (220/127 V) a 4 hilos y monofásicas (240/120 V) a 3 hilos, montadas en postes de hormigón de 9 y 11 metros con conductores de tipo ASC # 2 para fases, de tipo ASC # 4 para neutro y MULT AL (4x4, 3x4 y 2x4) para acometidas monofásicas y trifásicas, como se observa en la Fig. 13, la red de alumbrado público está alimentada desde el transformador más cercano con conductor ASC # 2 y 4 para el hilo piloto, las luminarias de vapor de sodio son de 70, 150 y 250 W en la mayoría de los casos.



Fig. 13 Red de bajo voltaje. Fuente: (EMELNORTE, 2019).

2.3.4 Usuarios finales

En el alimentador El Ángel tres se encuentran diferentes tipos de usuarios, cada uno de ellos poseen diferencias propias de su condición, con un total de 1519 usuarios obtenidos de la plataforma ArcGIS, la cantidad que predomina es de tipo residencia, como se puede apreciar en la TABLA 2. 2. En la zona central del estudio existen usuarios de tipo residencial, comercial e industrial con un total de 1519 usuarios.

TABLA 2. 2 Tipo de usuarios del Alimentador El Ángel 3.

Tipo de usuarios	Cantidad
Residencial	1416
Comercial	88
Industrial	15
TOTAL	1519

Fuente: (EMELNORTE, 2019).

2.4 Softwares computacionales y herramientas

Los sistemas eléctricos hoy en día han presentado avances acelerados por lo que se ha implementado varios sistemas que son capaces de hacer simulaciones que se reflejan a la realidad al realizar cálculos de diseño, simulaciones, dibujos, permitiendo tomar decisiones acertadas antes de su ejecución y haciéndolos más seguros a la hora de aplicación de la ingeniería.

A continuación, se describen los programas computacionales que serán de utilidad para la realización del presente proyecto:

- ArcGIS-EMELNORTE
- CYMDIST
- DIALux

2.4.1 ArcGIS-EMELNORTE

El sistema de información geográfica SIG o GIS en español e inglés respectivamente, es utilizado para ingresar, almacenar, recuperar, manipular y obtener datos referenciados geográficamente, una de las razones para el uso del GIS es la gestión de información respecto al área de estudio obteniendo un listado de los elementos existentes y topología de la red (ArcGIS, 2020).

ArcGIS funciona como una base de datos con información geográfica que se encuentra asociada a objetos gráficos en mapas digitales, también es utilizado por personas de todo el mundo para poner el conocimiento geográfico al servicio de los sectores del gobierno, la empresa, la ciencia, la educación. Además, ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se muestra un ejemplo de visualización del GIS al ejecutarlo.

La infraestructura en el GIS está compuesta de la siguiente manera para la visualización al ejecutar varias de las opciones:

- ✓ Muestra GIS.
- ✓ Actualiza GIS.
- ✓ Aplica GIS.

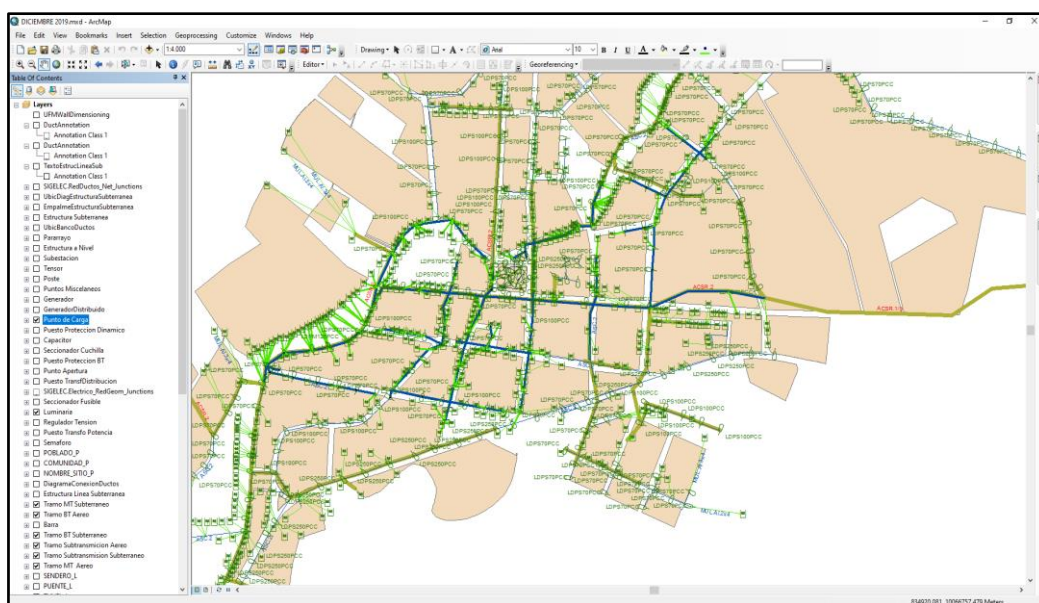


Fig. 14 Área de trabajo en SIG. Fuente: (EMELNORTE, 2019).

2.4.2 CYMDIST

Es un software de análisis de redes de distribución que permite realizar varios tipos de estudios en sistemas equilibrados o desequilibrados, monofásicos, bifásicos o trifásicos, con configuraciones radiales, en anillo o mallada en diferentes condiciones de funcionamiento y con distintos escenarios.

Es importante realizar un análisis de las redes de distribución para identificar su comportamiento mediante fallas, cargas desbalanceadas y efectos eléctricos que pueden afectar a la red, las funciones de análisis de flujo de carga, cortocircuito y optimización puedan ejecutarse en sistemas de distribución equilibrados o desequilibrados, con diferentes combinaciones de fases y configuraciones (Duchicela, 2015).

A continuación, se presenta las características y funciones más importantes para llevar a cabo los análisis:

- ✓ Flujo de carga y caída de voltaje.
- ✓ Análisis de cortocircuito.
- ✓ Balance y distribución de cargas.
- ✓ Dimensionamiento y ubicación óptima de condensadores.
- ✓ Análisis armónico.
- ✓ Optimización en la configuración de redes eléctricas.
- ✓ Administrador avanzado de proyectos y planificador de redes.
- ✓ Modelación de la generación distribuida.
- ✓ Análisis dinámico a largo plazo.
- ✓ Análisis de confiabilidad.
- ✓ Ubicación óptima de reguladores de voltaje.
- ✓ Ubicación óptima de reconectores.
- ✓ Evaluación de riesgos por relámpago.
- ✓ Análisis de dispositivos de protección.

Para el caso de la red subterránea a diseñarse se debe realizar un análisis del comportamiento de las redes aéreas existentes ante las cargas conectadas y así realizar la respectiva transición de aéreo a subterráneo.

2.4.3 DIALux

Este programa permite diseñar sistemas de iluminación para interiores y exteriores, posibilita un análisis cuantitativo de un proyecto, además cuenta con la funcionalidad de renderización 3D facilitando los cálculos de iluminación (DIAL, 2016).

A continuación, se presenta las características y funciones más importantes para llevar a cabo los análisis:

- ✓ Crear muy fácilmente proyectos de iluminación eficaz y profesional.
- ✓ Datos actualizados de luminarias de los fabricantes líderes a nivel mundial.
- ✓ Software actualizado y técnicamente novedoso siempre disponible gratuitamente.
- ✓ Evaluación energética en un abrir y cerrar de ojos.
- ✓ Escenas de luz de color con LED o con otras luminarias con cambio de color.

2.4.4 Variables y parámetros de ajuste

Los factores que se utilizan para diseño y construcción de una red eléctrica subterránea y centros de transformación son los siguientes:

- Carga instalada.
- Demanda.
- Demanda máxima.
- Demanda máxima coincidente o diversificada.
- Demanda coincidente.
- Factor de coincidencia.
- Índice de saturación por micro área
- Demanda proyectada.
- Cálculo del área total habilitada por micro área
- Demanda de diseño.
- Corriente.
- Ancho de zanja.

2.4.4.1 Carga instalada

Es la suma de las potencias nominales individuales de todos los elementos consumidores de energía de la instalación eléctrica en cuestión (Trashorras, 2016), se la encuentra aplicando la Ec.1 (EMELNORTE, 2018).

$$C_{ins} = \sum P_i \quad (1)$$

Dónde:

C_{ins} : Cargas instaladas, [kW].

P_i : Potencia del elemento i, [kW].

2.4.4.2 Demanda

La demanda de una instalación eléctrica es la carga medida en las terminales receptoras de un sistema, durante un periodo de tiempo determinado. Este periodo se conoce como intervalo de demanda y puede ser de 10 a 30 minutos o más, dependiendo del objeto que se persiga (Trashorras, 2016).

2.4.4.3 Demanda máxima

Definida como el valor máximo de la potencia, que en un intervalo de tiempo dependiendo del objetivo que se persiga, es requerida de la red por el consumidor comercial o industrial individual, es necesario sumar todas las demandas de los circuitos de derivación. (EEQ, 2015), para determinar la demanda máxima de un usuario se parte de la demanda individual haciendo uso de la Ec.2 (EMELNORTE, 2018).

$$D_{ind} = \frac{D_{Mcoin}(5 \text{ usuarios})}{\frac{F_c(5 \text{ usuarios})}{5}} \quad (2)$$

Dónde:

D_{ind} : Demanda individual, [kW].

D_{Mcoin} : Demanda máxima coincidente, [kW].

F_c : Factor de coincidencia.

2.4.4.4 Demanda coincidente o demanda máxima diversificada

Se denomina de esta manera debido a la coincidencia entre usuarios, el que representa la simultaneidad de un grupo de usuarios, es la demanda de un grupo de usuarios promediada en un intervalo de tiempo.

Para determinar la demanda máxima coincidente de 5 abonados, se utilizó la Ec.5 (EMELNORTE, 2018), la que contiene dos factores A y B que corresponden al método de la Administración de Electrificación Rural (REA), el factor A, relaciona la energía consumida por mes y por cliente, se utilizó la Ec.3 (EMELNORTE, 2018), el factor B, representa la energía consumida, mejora el factor de coincidencia con mayor uso y se lo encuentra aplicando la Ec.4 (EMELNORTE, 2018).

$$Factor_A = Co[1 - 0.4 + 0.4(Co^2 + 40)^{1/2}] \quad (3)$$

$$Factor_B = 0.005925 * \left(\frac{KWh}{mes}\right)^{0.886} \quad (4)$$

$$D_{Mcoin} = (Factor A) * (Factor B) \quad (5)$$

2.4.4.5 Demanda coincidente

Es el factor de coincidencia del número de las demandas individuales multiplicado con la sumatoria de las demandas coincidentes y se expresa mediante la Ec.6 (EMELNORTE, 2018).

$$D_{Mcointotal} = fc * \sum D_{ind1} D_{ind2} D_{ind3} \dots D_{indn} \quad (6)$$

Dónde:

$D_{Mcoincidente}$: Demanda máxima coincidente total, [kW].

F_c : Factor de coincidencia correspondiente al número de abonados.

2.4.4.6 Factor de coincidencia

Es la relación que existe entre la demanda máxima coincidente de un sistema y la sumatoria de las demandas máximas individuales de los clientes o usuarios (Harper, 2017), se determina haciendo uso de la Ec.8 (EMELNORTE, 2018).

$$F_c = \frac{1}{F_{div}} = \frac{D_{Msist}}{\sum D_M i} \quad (7)$$

Dónde:

F_c : Factor de coincidencia.

F_{div} : Factor de diversidad.

D_{Msist} : Demanda máxima del sistema, [kW].

En caso de tener más de 5 abonados el factor de coincidencia se determina haciendo uso de la Ec.9 (EMELNORTE, 2018).

$$F_c = e^{-0,7243 * n^{-0,128443}} + 0,037 \quad (8)$$

Dónde:

F_c : Factor de coincidencia.

n : Número de abonados (5 en adelante).

2.4.4.7 Índice de saturación por micro área

Para el cálculo del índice de saturación intervienen dos parámetros, la población actual y plan de ordenamiento urbano de la zona, indicando resultados que determinan el crecimiento de cada tipo de zona y se expresa mediante la Ec.12 (EMELNORTE, 2018).

$$I_s = \frac{D_{max_sat_i}}{A_{t_i}} \quad (9)$$

Donde:

I_s : Índice de saturación, [kW].

$D_{max_sat_i}$: Demanda máxima de saturación en micro área i, [kW].

A_{t_i} : Área total habitada en micro área i, [m²].

2.4.4.8 Demanda proyectada

Para determinar la demanda proyectada se multiplica el índice de saturación y el área habilitada, se expresa mediante la Ec.16 (EMELNORTE, 2018).

$$D_{\max_sat_i} = A_{t_i} * I_s \quad (10)$$

Donde:

$D_{\max_sat_i}$: Demanda máxima de saturación en micro área i, [kW].

A_{t_i} : Área total habilitada en micro área i, [m^2].

I_s : Índice de saturación, [kW].

2.4.4.9 Cálculo del área total habilitada por micro área

Para determinar el área total habilitada se toma en cuenta que las aceras y calles son de uso exclusivo para servicios básicos por lo que no se toma en cuenta para realizar la proyección, solamente se toma en cuenta el área neta de construcción la cual se determina mediante las Ec.13, Ec.14, Ec.15, (EMELNORTE, 2018).

$$A_{hp_i} = A_{n_i} * COS \quad (11)$$

$$A_{p_i} = A_{hp_i} * h \quad (12)$$

$$A_{t_i} = \sum A_{p_i} \quad (13)$$

Donde:

A_{hp_i} : Área total habilitada por zona en la microárea i, [m^2].

A_{n_i} : Área neta por zona en la microárea i, [m^2].

COS: Coeficiente de ocupación del suelo en la planta baja, [%].

A_{hp_i} : Área permitida por zonificación en la microárea i, [m^2].

h: Altura máxima de pisos de las edificaciones.

A_{hp_i} : Área total habilitada en la microárea i, [m^2].

2.4.4.10 Demanda de diseño

Para el dimensionamiento de los elementos de una red y para el cálculo de caída del voltaje se debe considerar que, a partir de cada uno de los puntos de los circuitos de alimentación, incide el número variable de consumidores, y que la potencia transferida a la carga es en general menor que la sumatoria de las demandas máximas individuales.

Para el dimensionamiento se considera valores de demanda de diseño los que son determinados por la NTE INEN 1753 para períodos de 15 y 10 años en redes primarias y centros de transformación o circuitos secundarios respectivamente.

Para el cálculo de la demanda de diseño se hace uso de la (Ec.11) (EMELNORTE, 2018), tomando en cuenta la demanda del alumbrado público.

$$DD = \frac{D_{Mcoin} + D_{AP} + D_{PT}}{F_p} \quad (14)$$

Dónde:

- DD : Demanda de diseño, [kva].
- D_{Mcoin} : Demanda máxima coincidente, [kW].
- D_{AP} : Demanda de alumbrado público, [kW].
- D_{PT} : Demanda de pérdidas técnicas, [kW].
- F_p : Factor de potencia, [kW].

2.4.4.11 Corriente

Para determinar la corriente de un alimentador se determina haciendo uso de la Ec.15 (EMELNORTE, 2018).

$$I = \frac{D_{max}P}{\sqrt{3} * V_{LL} * \cos \phi} \quad (15)$$

Donde:

- I : Corriente por el conductor
- $D_{max}P$: Demanda máxima proyectada
- V_{LL} : Voltaje de línea a línea
- $\cos \phi$: Factor de potencia

2.4.4.12 Ancho de zanja

Para determinar el ancho de zanja se determina haciendo uso de la Ec.14 (EMELNORTE, 2018).

$$B_d = N * D + (N - 1)e + 2x \quad (16)$$

Donde:

- B_d : Ancho de zanja. [mm].

- N: Número de tubos (vías) en sentido horizontal.
 D: Diámetro del tubo. [mm].
 h: Espacio entre tubos (Mínimo 50 mm). [mm].
 x: Distancia entre la tubería y la pared de la zanja (Mínimo 100mm). [mm].

Para la red subterránea se realiza la siguiente metodología de EMELNORTE S.A, como se indica en la Fig. 15, que permite realizar de una manera rápida y adecuada el estudio y análisis de la zona, siendo la que se detalla a continuación:



Fig. 15 Flujograma de la red subterránea Fuente: Autor.

2.5 Estudio y proyección de la demanda mediante micro áreas

En esta fase se realizó un correcto análisis de la demanda actual del alimentador El Ángel tres, mismo que permitió conocer el nivel de demanda futura para el adecuado dimensionamiento del centro de transformación de distribución para la zona central del estudio de la calle 10 de agosto con la potencia requerida por el sistema y así asegurar la factibilidad del estudio.

Para determinar la demanda futura se establece como primer punto, la estimación de la demanda, la cual establece la demanda máxima por micro área del alimentador y como segundo punto, la proyección de la demanda, donde se realizó un análisis de la zonificación y uso de suelo urbano tomando en cuenta a la micro área que esté totalmente construida y más demanda de energía disponga, ya que en base a ello se determina una proyección de demanda que se ajuste a las condiciones de crecimiento de la zona.

2.5.1 Operación actual de la red aérea

Analizado el estado actual de la red del alimentador El Ángel tres se procede a realizar un segundo análisis, el cual consiste en modelar las redes de medio-bajo voltaje y alumbrado público para determinar su estado en función de los siguientes parámetros: niveles de voltaje, distribución de carga en los conductores, flujo de carga, entre otros, haciendo uso del software

ArcGIS y CYMDIST que es actualizado constantemente con la base de datos de la empresa eléctrica EMELNORTE S.A, teniendo un conocimiento previo.

2.5.2 Análisis de la demanda actual

Se obtuvo los datos de demandas de un año móvil registradas en los medidores que se encuentran en las cabeceras del alimentador El Ángel tres por parte de la Dirección de Estudios Eléctricos de EMELNORTE S.A, en el cual se muestra que la demanda máxima del alimentador se registró en el mes de agosto, como se observa en la TABLA 2. 3.

TABLA 2. 3 Mediciones mensuales de cabecera del alimentador El Ángel 3.

Meses	Energía total (kWh)	Demanda máxima (kW)	Demanda Promedio	Factor de carga
Mayo	222.766,23	521,84	309,87	0,59
Junio	226.058,36	528,01	304,79	0,58
Julio	91.191,14	241,03	135,73	0,56
Agosto	370.025,80	1.005,39	502,13	0,50
Septiembre	246.725,50	587,54	334,18	0,57
Octubre	177.873,20	437,46	256,28	0,59
Noviembre	197.213,30	789,03	266,69	0,34
Diciembre	157.016,10	406,20	219,65	0,54
Enero	233.113,30	520,75	315,00	0,60
Febrero	171.556,40	472,79	234,83	0,50
Marzo	149.271,70	383,22	222,23	0,58
Abril	166.696,8	691,42	224,07	0,32

Fuente: (EMELNORTE, 2019).

2.5.3 Voltajes de operación

A continuación, se detallan los valores de voltajes, corrientes y factor de potencia de cada mes en los medidores de las cabeceras del alimentador El Ángel tres, necesarios para determinar el estado actual de la red, como se puede apreciar en la TABLA 2. 4.

TABLA 2. 4 Voltajes del alimentador El Ángel tres.

Meses	Voltaje pu			Corrientes			Factor de potencia		
	Va(pu)	Vb(pu)	Vc(pu)	Ia	Ib	Ic	Fp(a)	Fp(b)	Fp(c)
Mayo	7.748,34	7.837,37	7.693,80	27,43	29,83	13,25	95,00	94,55	97,02
Junio	7.710,04	7.800,82	7.658,85	26,22	29,88	15,23	96,19	94,11	97,90
Julio	7.669,04	7.759,61	7.601,67	4,91	11,77	15,00	98,40	99,18	99,41
Agosto	8.009,80	8.066,85	7.952,34	29,06	50,82	46,98	99,52	99,18	98,99
Septiembre	7.818,73	7.856,00	7.746,89	22,61	37,33	17,92	98,01	95,08	97,58

Octubre	7.655,74	7.757,04	7.614,96	25,52	19,69	13,60	97,30	96,58	96,43
Noviembre	7.842,22	7.985,89	7.794,67	42,21	25,94	37,44	96,74	95,13	93,13
Diciembre	7.849,80	7.956,55	7.798,95	19,92	20,20	13,20	98,13	96,06	95,53
Enero	7.649,01	7.727,06	7.606,21	25,56	27,99	16,69	95,31	97,62	97,12
Febrero	7.813,35	7.907,12	7.774,26	24,03	19,56	10,80	98,44	95,98	93,13
Marzo	7.692,81	7.846,26	7.699,12	27,41	13,54	10,44	96,31	96,50	96,58
Abril	7.704,59	7.833,09	7.692,69	36,87	24,05	35,80	93,59	92,31	91,37

Fuente: (EMELNORTE, 2019).

Para proceder con la simulación realizó los siguientes pasos:

- Identificado el alimentador a intervenir se realiza la exportación de las redes de medio-bajo voltaje y alumbrado público del alimentador El Ángel tres desde la plataforma ArcGIS hacia CYMDIST.
- Iniciado el software ArcGIS se selecciona la opción *Tramo de BT*, haciendo clic izquierdo sobre el mismo, se selecciona la opción *Open Attribute Table*, como se puede apreciar en la Fig. 16, desplegándose de esta manera la tabla de atributos, como se observa en la Fig. 17.

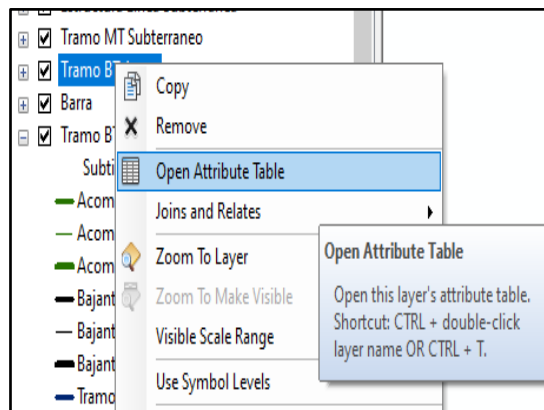


Fig. 16 Ventana de propiedades de la red. Fuente: (EMELNORTE, 2019).

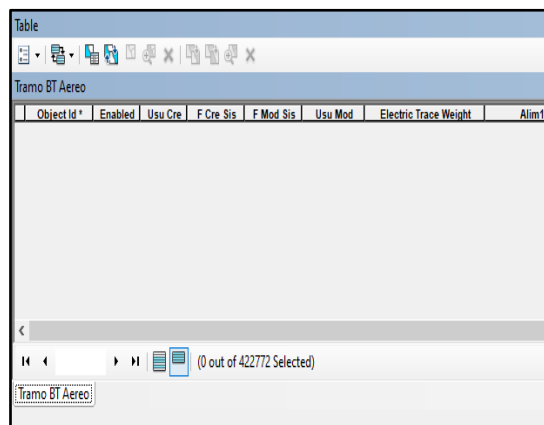



Fig. 17 Ventano de atributos de la red. Fuente: (EMELNORTE, 2019).

- c) A continuación, sobre la tabla atributos de la red con ayuda del botón [*Selec By Attributes*; , se abre la tabla seleccionar por atributos y se ingresa los siguientes parámetros [*ALIMENTADORID="130013T03"*], como se observa en la Fig. 18, de tal manera se marcan las redes primarias y secundarias del alimentador El Ángel tres a exportar como se puede apreciar en la Fig. 19.

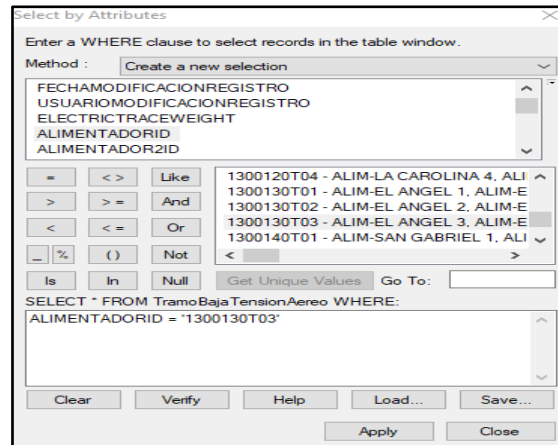


Fig. 18 Tabla de selección por atributo. Fuente: (EMELNORTE, 2019).

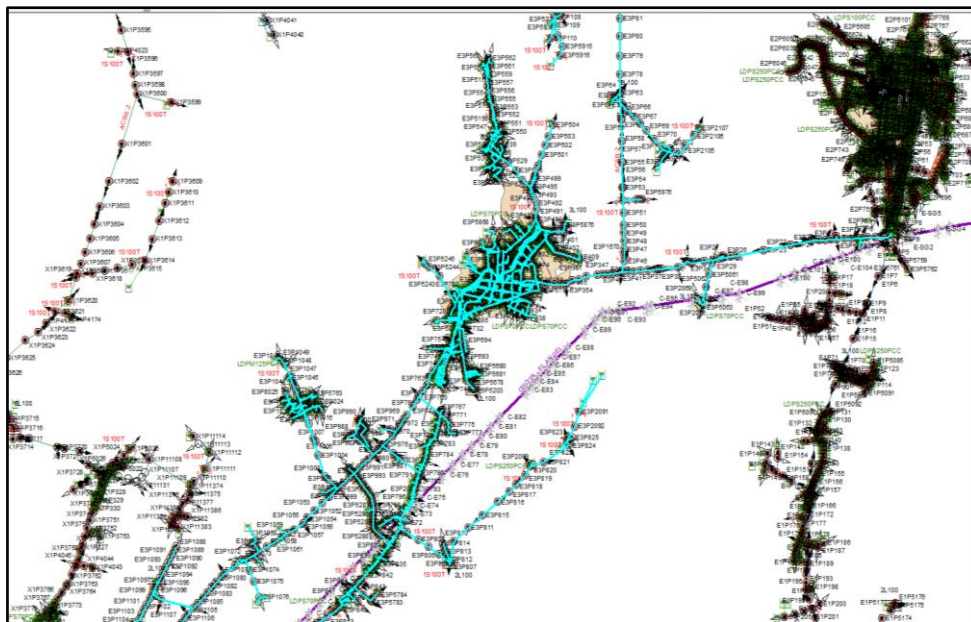


Fig. 19 Redes primarias y secundarias del alimentador El Ángel tres. Fuente: (EMELNORTE, 2019).

- d) Para finalizar se exporta los datos hacia CYMDIST dando clic izquierdo sobre Tramo de BT Aéreo y en pestaña *Data* se despliega la opción *Export Data*, como se puede apreciar en la Fig. 20, haciendo clic derecho sobre ella se dirige a la ventana de exportación de datos y se selecciona el tipo de archivo que debe ser de tipo *Layer's*, se elige la carpeta de destino, como se observa en la Fig. 21.

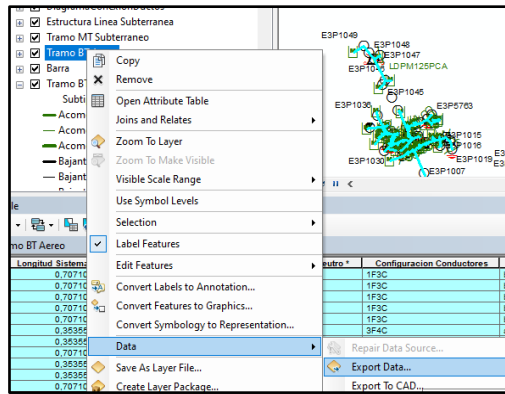


Fig. 20 Exportación de datos desde ArcGIS. Fuente: (EMELNORTE, 2019).

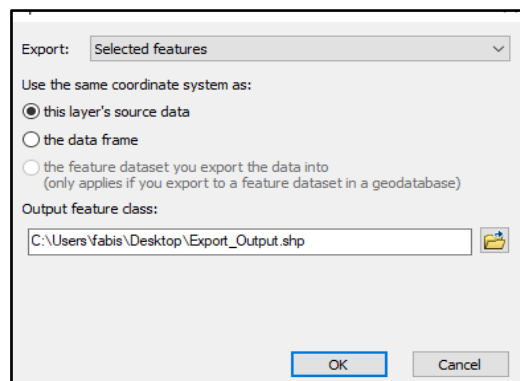


Fig. 21 Ventana de exportación de datos, Fuente: (EMELNORTE, 2019).

- e) En la plataforma CYMDIST se procede a modelar las redes primarias, secundarias y acometidas de la red aérea con los datos proporcionados desde ArcGIS para tipo y calibre de conductor utilizado, además de los diferentes dispositivos empleados, como se observa en la Fig. 22.

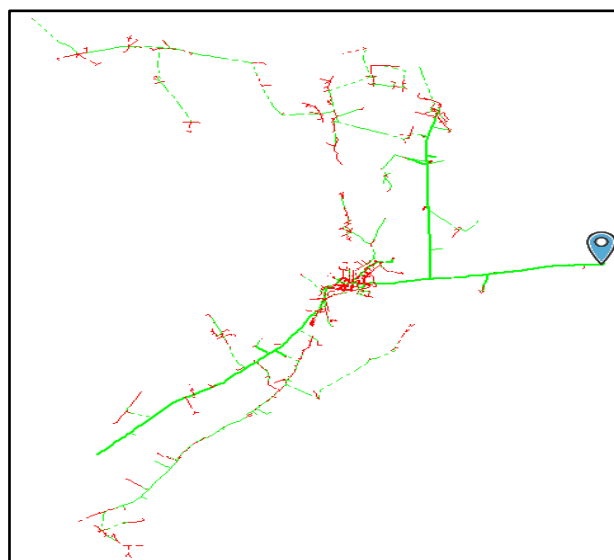


Fig. 22 Modelación de redes secundarias en CYMDIST. Fuente: (EMELNORTE, 2019).

- f) Con la adquisición del consumo de energía de un año móvil facturado por la Dirección Comercial de EMELNORTE S.A. de todos los clientes conectados en el alimentador, se procede a realizar el análisis de la red aérea de medio-bajo voltaje y alumbrado público, como se observa en la Fig. 23, luego de esto se ingresa los datos de la demanda máxima anual como también el promedio de consumo de energía de los usuarios.

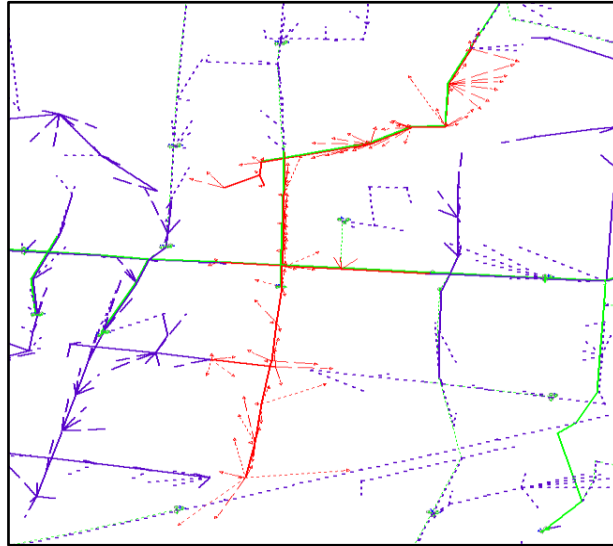


Fig. 23 Redes secundarias en CYMDIST. Fuente: Autor.

- g) La simulación de los circuitos en el software CYMDIST da como resultado el reporte de demandas máximas por cada poste, al realizar una intersección espacial en el software ArcGIS, podemos apreciar la sumatoria de demandas máximas por cada micro área, como se observa en la Fig. 24.

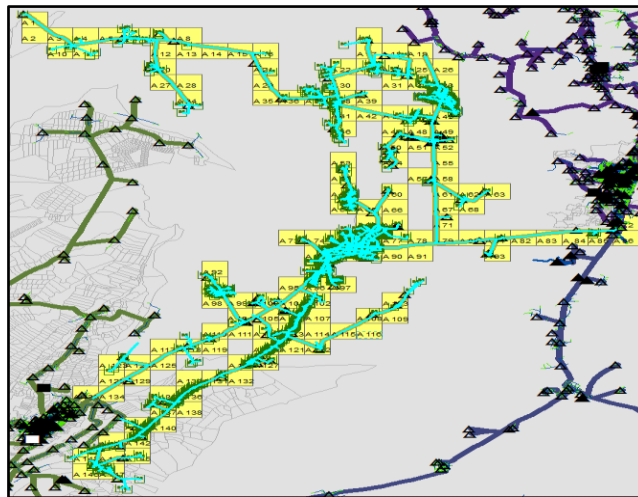


Fig. 24 Alimentador dividido en micro áreas de (500*500): Fuente Autor.

El reporte de demandas por micro área obtenido en ArcGIS fue simulado tomando en cuenta las redes primarias y secundarias del alimentador, reflejando los valores que se pueden observar en la Tabla del (Anexo A).

Haciendo relación entre la demanda máxima del alimentador y la potencia instalada de transformadores, se concluye que existe un sobredimensionamiento de capacidad de transformación; por tal motivo, se procedió a calcular un factor de ajuste y determinar la demanda máxima coincidente total por cada micro área y reducir el nivel de sobre dimensionamiento de transformadores mediante el método de la REA.

2.5.3.1 Aplicación del método de la REA

Para la aplicación de este método se tomó como referencia los datos de la micro área 88, se usó las (Ec.3, Ec.4 Y Ec.5), para proceder al cálculo de la demanda máxima coincidente mediante los factores A y B se tomó en cuenta el consumo en kWh de un consumidor de la micro área, con un valor de 1.005,39 kWh/mes, obteniendo los siguientes resultados:

$$Factor_A = 11.1245 \quad (3)$$

$$Factor_B = 0.005925 * 1.005,39 * 0.885 = 5,271 \quad (4)$$

$$D_{Mcoin} = (11.1245) * (1,026) = 58,647 \text{ kW} \quad (5)$$

A continuación para determinar la demanda máxima de un usuario se parte de la demanda individual haciendo uso de la Ec.2, con un factor de coincidencia para 200 usuarios existentes en la micro área en mención.

$$D_{ind} = \frac{58,647}{\frac{0,282}{200}} = 27,768 \text{ kW} \quad (2)$$

Para finalizar se utilizó la (Ec.7) del presente capítulo para determinar la demanda máxima coincidente total de la micro área 88. Es importante señalar que a cada micro área se le agregó la potencia de alumbrado público, en este se tiene ochenta y dos luminarias de 70, 100 y 250 W dando como resultado 110,7 kW, con esos datos se puede encontrar la demanda máxima coincidente total haciendo uso de la Ec.6.

$$F_c = 0,282 \quad (7)$$

$$D_{Mcointotal} = 0,282 * 2.658,028$$

$$D_{Mcointotal} = 750,649 + 110,7 \quad (6)$$

$$D_{Mcointotal} = 861,349 \text{ kW}$$

En la (TABLA 2. 5), se pueden apreciar los resultados obtenidos al aplicar el método de la REA con una demanda máxima coincidente total de 1078,192 con los datos de un usuario de la micro área 88.

TABLA 2. 5 Demanda de un usuario de la micro área 88.

Consumo kWh	Factor _B	D _{ind} (kW)	D _{Mcoin} (kW)	D _{Mcointotal} (kW)
1005,390	5,271	27,768	58,647	861,349

Fuente: Autor.

El cálculo para cada una de las micro áreas en la zona de estudio es el mismo, los valores de los resultados calculados se indican en la Tabla del (Anexo B).

2.5.4 Proyección de la demanda por micro áreas

La proyección de la demanda permitió determinar cómo crece a futuro la población mediante varios factores que influyen directamente en su proyección, para el presente estudio se opta por los planes municipales (Uso y ocupación de suelo), establecido por el GAD de Espejo el cual mediante un censo poblacional determina un “Coeficiente de Ocupación del Suelo” (COS) y el “Coeficiente de Utilización del Suelo” (CUS) para cada tipo de suelo, con estos parámetros se podrá establecer una proyección de demanda acertada.

2.5.4.1 Plan de uso y ocupación de suelo

Con el análisis de uso de suelo se definió la micro área saturada por cada uno de los tipos de suelo como son: residencial, comercial, industrial y equipamiento, cada una de estas micro áreas fue utilizada como referencia para lograr saturar las micro áreas restantes. La asignación de usos de suelo se establece de acuerdo con la ocupación o actividad que se desarrolla en cada una de ellas.

2.5.4.2 Cálculo de la proyección de la demanda

Para calcular la demanda proyectada por micro área se realiza el siguiente proceso:

- a) Establecer número y tipo de usuarios por cada micro área de la zona de estudio.
- b) Definir micro áreas simétricas, el cálculo del área neta total se lo realiza disminuyendo el área de ocupación de calles.

- c) El área total habilitada por tipo de usuario se la determina al multiplicar el COS por el área neta total.
- d) El área permitida total se adquiere al multiplicar el área habilitada por el número de pisos permitidos, con esto se determina que área posee más demanda.
- e) Para finalizar se determina el índice de saturación que es la relación entre la demanda máxima y el área total habilitada, el cual ayuda al cálculo de la demanda máxima proyectada.

Como ejemplo se toma la micro área número 88 teniendo los siguientes datos que se pueden apreciar en la TABLA 2. 6.

TABLA 2. 6 Datos de micro área 50.

Tipología:	Residencial, comercial, equipamiento
Área neta:	250.000 m^2
Número de usuarios:	200

Fuente: Autor.

Se tiene un área neta de 250.000 m^2 , a la cual se le resta el área de uso de calles que es de 535,579893 m^2 , dando como resultado un área neta total de 249.464,4201 m^2 (A_{n_i}).

El ArcGIS muestra que la micro área en mención es de uso residencial, comercial y equipamiento siendo la altura autorizada de 4 pisos con un COS de 0.8, y se procede al cálculo del área total habilitada por micro área haciendo uso de la Ec.11.

$$A_{hp_i} = 249.464,42 * 0.8 \tag{11}$$

$$A_{hp_i} = 199.571,53 \text{ m}^2$$

Por consiguiente, este resultado ayuda al cálculo del área permitida por zonificación mediante la Ec.12 de la siguiente manera:

$$A_{p_i} = 199.571,53 * 4 \tag{12}$$

$$A_{p_i} = 798.286,14 \text{ m}^2$$

En caso de tener varios tipos de uso de suelo es recomendable efectuar la sumatoria de todas las zonas que intervienen en aquella área, en este caso la micro área es de uso residencial por lo que el área total habilitada es el mismo valor al del área permitida.

Posteriormente se realiza el cálculo del índice de saturación, teniendo en cuenta las demandas máximas por micro área en cada tipo de zona, haciendo uso de la (Ec.9), los índices para cada tipo de zona se muestran en la TABLA 2. 7.

$$I_s = \frac{183,26}{798.286,14} = 0,001259 \quad (9)$$

TABLA 2. 7 Índices de saturación

Tipo	Micro área	Índice de saturación (Is)
Residencial	88	2,295/100000
Comercial	107	2,010/100000
Equipamiento	77	2,229/100000

Fuente: Autor.

Continuando con el ejemplo de la micro área 88, se realizó el cálculo de la demanda máxima de saturación con un total de 174,11 kW, haciendo uso de la (Ec.10) para cada uno de los tipos de suelo existentes en la zona.

$$\begin{aligned}
 D_{\max_sat_i} &= 36.078,40 * 0,0002295 = 8,04 \\
 D_{\max_sat_i} &= 310.906,53 * 0,0002010 = 62,49 \\
 D_{\max_sat_i} &= 451.301,21 * 0,0002229 = 103,57 \\
 \sum D_{\max_sat_i} &= 174,11 \text{ kW}
 \end{aligned} \quad (10)$$

En Anexo C se puede apreciar los resultados de la demanda máxima de saturación individual de las micro áreas restantes de la zona en estudio.

Para conocer como crece la demanda en la zona de estudio se calculó el factor de ajuste entre la demanda máxima del alimentador y la demanda máxima total coincidente, los cálculos se pueden apreciar en el Anexo D.

2.6 Diseño de red de medio-bajo voltaje y alumbrado público

Calculado el crecimiento de la demanda eléctrica futura a través de la proyección de la demanda del alimentador El Ángel tres se procedió a realizar el diseño de las redes eléctricas subterráneas de medio-bajo voltaje y alumbrado público en la calle 10 de agosto. Se desarrolló la metodología y procesos para el dimensionamiento de los componentes de la red, para lo cual se dividió la red en dos circuitos; circuitos número 1 (CK_N1) y circuito número dos (CK_N2). Los criterios de diseño se ejecutaron de acuerdo con las normas y reglamentos estipulados por los diferentes entes reguladores del país.

2.6.1 Red subterránea de bajo voltaje

Para el diseño de una red eléctrica subterránea el MERNNR indica que se debe agrupar los abonados y centralizar los centros de transformación para disminuir costos de operación y ostentar mayor confiabilidad al momento de la transmisión de energía.

La red de bajo voltaje es de tipo radial subterránea a partir de los terminales de BV del transformador hasta el ingreso al breaker principal del tablero de distribución, será con conductor aislado unipolar calibre # 1 AWG para las fases y # 1 Cu desnudo para el neutro.

Las redes subterráneas de BV proyectadas en la calle 10 de agosto, serán canalizadas en un solo lado de la calzada; sin embargo, habrá cuatro cruces para dar servicio a los abonados que están en la acera opuesta a la canalización principal.

El diseño de la red eléctrica subterránea se ejecuta en el sistema de información geográfica (ArcGIS), cuenta con ductos para los conductores y la topología de la red aérea existente.

2.6.1.1 Consumo de usuarios

Mediante el ArcGIS se determinó el número de usuarios existentes en el centro de transformación número uno (CT_N1) con sus respectivos consumos durante un mes, como se observa en la TABLA 2. 8, los que ayudaron a determinar el nuevo centro de transformación.

TABLA 2. 8 Consumos de usuarios en kWh/mes (CT_N1).

# Usuarios	Consumo (kWh/cliente)	# Usuarios	Consumo (kWh/cliente)	# Usuarios	Consumo (kWh/cliente)
1	139,71	29	136,79	57	134,86
2	138,43	30	137,73	58	137,66
3	135,75	31	137,21	59	138,34
4	133,13	32	134,54	60	183,26
5	146,76	33	137,19	61	181,24
6	146,86	34	138,57	62	179,07
7	135,35	35	135,66	63	178,28
8	135,55	36	172,14	64	174,85
9	137,45	37	171,92	65	176,80
10	136,71	38	137,69	66	177,85
11	137,54	39	141,60	67	177,54
12	138,56	40	168,83	68	174,80
13	139,11	41	169,99	69	172,90
14	138,66	42	149,45	70	142,54

15	145,22	43	148,38	71	142,23
16	140,39	44	147,96	72	142,58
17	142,56	45	156,45	73	142,20
18	143,77	46	140,73	74	141,32
19	144,54	47	140,41	75	142,02
20	145,56	48	139,91	76	142,41
21	145,00	49	139,55	77	165,44
22	145,11	50	138,77	78	161,82
23	139,71	51	140,83	79	141,58
24	137,25	52	139,55	80	140,33
25	138,37	53	137,00	81	140,47
26	138,19	54	134,98	82	139,93
27	138,48	55	134,05	83	139,72
28	135,80	56	135,06	TOTAL (kW/h)	12.174,51

Fuente: (EMELNORTE, 2019).

2.6.1.2 Centro de transformación

La Dirección de Planificación, dispone de tablas de cálculo que cuentan con normas y regulaciones nacionales e internacionales para el dimensionamiento del centro de transformación. A continuación, como se observa en la Fig. 25, muestra el cálculo del nuevo centro de transformación para la calle 10 de agosto.

Ingresar tipo de Red "M" para Monofásico y "T" para Trifásica	
	T
Ingresar # luminarias	23
Ingresar Potencia Luminarias (W)	150
Ingresar Factor de potencia residencial	0,95
Sumatoria Demanda Máxima individual (kW)	209,65
Número total de abonados	83
Factor de coincidencia	0,31
Demanda Máxima coincidente total (kW)	65,36
Demanda de diseño (kVA)	74,91
Potencia de transformador normalizada	
75 kVA	
DIRECCIÓN DE PLANIFICACIÓN INGENIERÍA EN ESTUDIOS ELÉCTRICOS	

Fig. 25 Cálculo de dimensionamiento del transformador. Fuente: (EMELNORTE, 2019).

El centro de transformación número uno (CT_N1) se determinó en base al estudio de la demanda, donde se calculó la potencia requerida para cada micro área tomando en cuenta la demanda por cocinas de inducción y alumbrado público.

El transformador por instalarse es de tipo Pad-Mounted de uso exterior de 75 kva a un voltaje de 13800 V a 220/127 V, con una sobrecarga del 20% el cual opera al exceder la potencia nominal, mismo que estará montado en una base de hormigón con un espacio hueco lateral que servirá para el ingreso subterráneo del cable apantallado de MV y la salida de BV.

2.6.1.3 Topología de la red

Se diseñó la topología de la red subterránea para bajo voltaje de la calle 10 de agosto, como se puede apreciar en la Fig. 26, tomando en cuenta aspectos técnicos de construcción se determinó el espacio físico donde se encontrará ubicado el centro de transformación CT_N1, pozos y cajas de derivación, el montaje del centro de transformación será a nivel de piso y se creará un espacio en el centro de salud San Isidro, para esto se deberá realizar un permiso para el uso del espacio previsto.

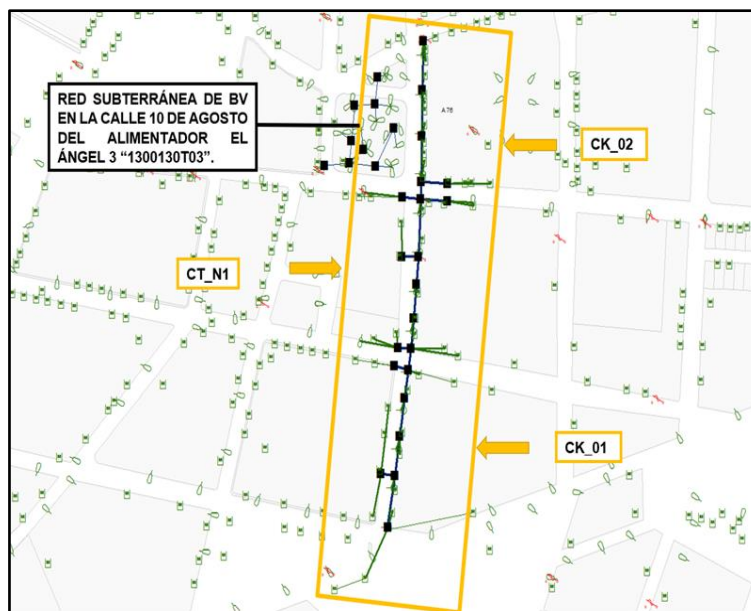


Fig. 26 Topología de la red de BV del CT_N1. Fuente: Autor.

Los pozos y cajas de derivación se eligieron de manera selectiva dependiendo del nivel de voltaje de los conductores que cruzan a través de ellos, la distancia se determinó según la densidad de carga y la concentración de abonados que estarán conectados al centro de transformación.

2.6.1.4 Caída de voltaje

Cumpliendo con la Regulación No. ARCONEL 005/18, la Dirección de Planificación de EMELNORTE S.A estipula una tabla de cálculo con conductores tipo TTU, misma que no debe superar el límite del 3% de caída de voltaje para su correcto funcionamiento. Se realizó un bosquejo de la topología de bajo voltaje del CT_N1 tomando como referencia las distancias de pozos, como se observa en la Fig. 27.

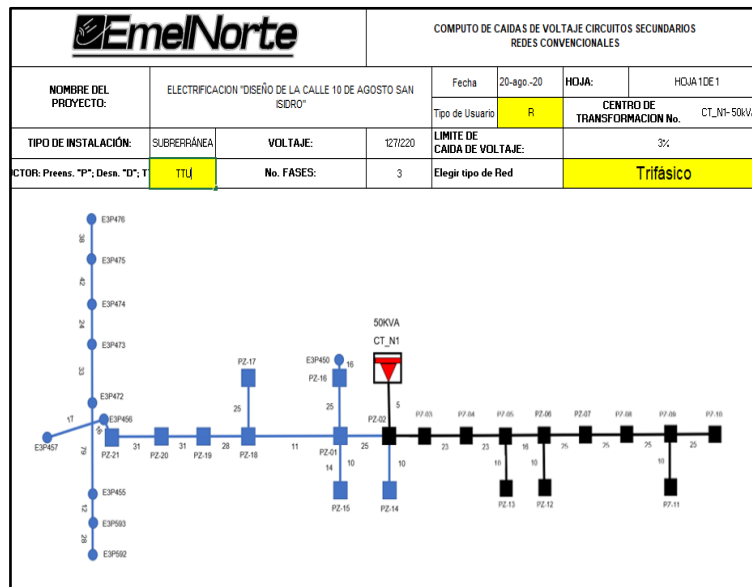


Fig. 27 Topología del CT_N1. Fuente: Autor.

A continuación, se ingresó el consumo de un mes de los usuarios por punto de carga, en este caso se cuenta con pozos y postes con un número de usuarios agrupados como se puede apreciar en la TABLA 2. 9.

TABLA 2. 9 Consumo individual de usuarios CT_N1.

Pozo- Poste #	Consumo (kWh/mes/cliente)	Energía/poste (kWh)	Demanda individual kva	Demanda por poste kva
PZ_02	139,71	139,71	0,94	0,94
PZ_03	138,43	274,19	0,93	1,84
	135,75		0,91	
PZ_04	133,13	133,13	0,89	0,89
PZ_05	146,76	146,76	0,98	0,98
PZ_06	146,86	282,21	0,99	1,89
	135,34		0,91	
PZ_07	135,54	135,55	0,91	0,91
PZ_08	137,45	137,45	0,92	0,92
PZ_09	136,71	274,25	0,92	1,84

	137,54		0,92	
PZ_10	138,56	561,55	0,93	3,77
	139,11		0,93	
	138,66		0,93	
	145,22		0,97	
PZ_11	140,39	426,72	0,94	2,86
	142,56		0,96	
	143,77		0,96	
PZ_12	144,54	290,10	0,97	1,95
	145,55		0,98	
PZ_13	145,00	290,11	0,97	1,95
	145,11		0,97	
PZ_01	139,71	276,96	0,94	1,86
	137,25		0,92	
PZ_14	138,37	276,55	0,93	1,86
	138,19		0,93	
PZ_15	138,48	138,48	0,93	0,93
PZ_16	135,80	272,58	0,91	1,83
	136,79		0,92	
PZ_17	137,73	546,67	0,92	3,67
	137,21		0,92	
	134,54		0,90	
	137,19		0,92	
PZ_18	138,57	138,57	0,93	0,93
PZ_19	135,66	617,40	0,91	4,14
	172,14		1,16	
	171,92		1,15	
	137,69		0,92	
PZ_20	141,60	629,88	0,95	4,23
	168,83		1,13	
	169,99		1,14	
	149,45		1,00	
PZ_21	148,38	452,78	1,00	3,04
	147,96		0,99	
	156,45		1,05	
E3P456	140,73	140,73	0,94	0,94
E3P457	140,41	280,32	0,94	1,88
	139,91		0,94	
E3P593	139,55	139,55	0,94	0,94
E3P455	138,77	279,59	0,93	1,88
	140,83		0,94	
E3P472	139,55	1091,50	0,94	7,32
	137,00		0,92	
	134,98		0,91	
	134,05		0,90	
	135,06		0,91	
	134,85		0,90	
	137,66		0,92	
	138,34		0,93	
E3P473	183,26	1251,35	1,23	8,40

	181,24		1,22	
	179,07		1,20	
	178,28		1,20	
	174,84		1,17	
	176,80		1,19	
	177,85		1,19	
E3P474	177,54	810,01	1,19	5,44
	174,80		1,17	
	172,90		1,16	
	142,54		0,96	
	142,23		0,95	
E3P475	142,58	1179,38	0,96	7,91
	142,20		0,95	
	141,32		0,95	
	142,02		0,95	
	142,41		0,96	
	165,44		1,11	
	161,82		1,09	
	141,58		0,95	
E3P476	140,33	560,46	0,94	3,76
	140,47		0,94	
	139,93		0,94	
	139,72		0,94	
Total	12.174,51	12.174,51	81,69	81,69

Fuente: (EMELNORTE, 2019).

En la TABLA 2. 9, se puede observar que todos los pozos de los dos circuitos y postes existentes tienen al menos un usuario conectado con un consumo total de 12174,51 kWh/mes. Una vez determinado los valores de cada pozo y poste se realizó el cálculo de caída de voltaje para los dos circuitos previstos, dando como resultado los valores para el CT_N1, como se observa en la TABLA 2. 10.

TABLA 2. 10 Caída de voltaje del CT_N1.

DATOS			Carga/usuario	Luminarias	CIRCUITO	CONDUCTOR		COMPUTO		
TRAMO		Nro.				kva/tramo	kva/tramo	FASE	CALIBRE	FDV
DESIG.	L(m)	CONSUM.			Conf. de red			AWG	kva-m	kva-m
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
CT_N1-PZ_02	5	1	0,94	0,16	Trifásico	# 1/0	655	25,19	0,03	0,03
PZ_02-PZ_03	23	1	2,78	0,16	Trifásico	# 1/0	655	67,51	0,09	0,09
PZ_03-PZ_04	23	1	2,73	0,16	Trifásico	# 1/0	655	66,49	0,09	0,09
PZ_04-PZ_05	23	2	1,88	0,16	Trifásico	# 1/0	655	32,58	0,04	0,04
PZ_05-PZ_06	16	3	2,88	0,16	Trifásico	# 1/0	655	39,47	0,05	0,05
PZ_05-PZ_13	13	2	2,93	0	Trifásico	# 1/0	655	73,29	0,10	0,10
PZ_06-PZ_07	25	1	2,80	0,32	Trifásico	# 1/0	655	31,19	0,04	0,04
PZ_06-PZ_12	10	2	3,84	0,16	Trifásico	# 1/0	655	99,95	0,13	0,13

PZ_07-PZ_08	25	1	1,83	0,3	Trifásico	# 1/0	655	53,69	0,07	0,07
PZ_08-PZ_09	25	2	2,76	0,16	Trifásico	# 1/0	655	73,01	0,10	0,10
PZ_09-PZ_10	25	4	5,61	0,32	Trifásico	# 1/0	655	59,24	0,08	0,08
PZ_09-PZ_11	10	4	4,70	0,16	Trifásico	# 1/0	655	121,54	0,16	0,16
PZ_02-PZ_01	25	2	2,80	0,32	Trifásico	# 1/0	655	31,12	0,04	0,04
PZ_02-PZ_14	10	2	2,79	0,16	Trifásico	# 1/0	655	32,46	0,04	0,04
PZ_01-PZ_18	11	1	2,79	0,32	Trifásico	# 1/0	655	31,04	0,04	0,04
PZ_01-PZ_15	10	1	2,79	0,16	Trifásico	# 1/0	655	73,64	0,10	0,10
PZ_01-PZ_16	25	2	3,69	0,32	Trifásico	# 1/0	655	112,09	0,15	0,15
PZ_18-PZ_19	28	3	4,59	0,16	Trifásico	# 1/0	655	118,71	0,16	0,16
PZ_08-PZ_17	25	4	4,59	0,12	Trifásico	# 1/0	655	147,20	0,20	0,20
PZ_19-PZ_20	31	4	8,37	0,16	Trifásico	# 1/0	655	264,34	0,35	0,35
PZ_20-PZ_21	31	3	7,26	0	Trifásico	# 1/0	655	116,23	0,15	0,15
PZ_21-E3P456	16	0	3,98	0	Trifásico	# 1/0	655	67,70	0,09	0,09
E3P456_E3P457	17	0	2,83	0	Trifásico	# 1/0	655	79,11	0,10	0,10
E3P592_E3P593	28	2	2,82	0,26	Trifásico	# 1/0	655	36,97	0,05	0,05
E3P593_E3P455	12	2	2,81	0,53	Trifásico	# 1/0	655	263,76	0,35	0,35
E3P455_E3P472	79	8	9,20	0,15	Trifásico	# 1/0	655	308,45	0,41	0,41
E3P472_E3P473	33	7	15,72	0,15	Trifásico	# 1/0	655	380,83	0,50	0,50
E3P473_E3P474	24	5	13,83	0,15	Trifásico	# 1/0	655	587,13	0,78	0,78
E3P474_E3P475	42	8	13,35	0,15	Trifásico	# 1/0	655	512,86	0,68	0,68
E3P475_E3P476	38	4	11,67	0,07	Trifásico	# 1/0	655	446,42	0,59	0,59

Fuente: (EMELNORTE, 2018).

En la TABLA 2. 10, se calculó el calibre del conductor para las redes secundarias del CT_N1, los circuitos se diferencian por colores: el color verde para el CK_N1 mientras que el amarillo representa el CK_N2. El cálculo de caída de voltaje se determinó a partir de una demanda de diseño de 74,91 kW, aumentando las pérdidas técnicas y demandas del alumbrado se obtiene como resultado una demanda de 78,85 kva. En este caso la potencia del transformador normalizada a instalarse para dicho circuito es de 75 kva, permitiendo a futuro ingresar más usuarios aumentando la carga al transformador.

2.6.1.5 Selección de conductores para red de bajo voltaje

El MERNNR rige que los diferentes calibres de conductores para redes subterráneas de bajo voltaje deben ser con aislamiento tipo TTU con un voltaje de servicio de 2.000 V con chaqueta PVC, siendo los conductores que se pueden apreciar en la TABLA 2. 11.

TABLA 2. 11 Calibre de conductores.

TIPO	Calibre TTU (AWG, MCM)	N°. Circuitos de salida.
Red secundaria	1/0, 1/0	CK_N1 y CK_N2
Acometida	2, 4	CK_N1 y CK_N2

Alumbrado Público	6, 8	CK_N1 y CK_N2
Semáforos	6, 8	CK_N1 y CK_N2

Fuente: Autor.

2.6.2 Alumbrado público

Los criterios de diseño subterráneo del alumbrado público van de la mano con lo establecido en la Regulación No. ARCONEL 005/18, donde la red de alumbrado público y el sistema de semaforización están alimentados por los centros de transformación más cercanos.

Las luminarias serán instaladas en postes metálicos de 10m de longitud con un brazo metálico de 1.50 m y una potencia de 150 y 200 W de tipo Diodo Emisor de Luz (LED), cumpliendo con la regulación establecida.

El suministro de energía será de forma subterránea con conductor # 6 AWG para las fases y # 8 AWG para neutro con aislamiento de 2.000 V desde el pozo más cercano, la luminaria cuenta con una fotocelda para su operación individual, la distancia entre postes es de 25 m cumpliendo los niveles de luminancia en el área.

2.6.2.1 Caída de voltaje

En el caso del CT_N1 se conectarán 23 luminarias de 70, 150 y 250 W desde el pozo más cercano y postes existentes, la potencia de cada luminaria ayuda a determinar la caída de voltaje por pozo incrementando la demanda de energía, como se puede apreciar en la TABLA 2. 12.

TABLA 2. 12 Demanda de alumbrado público por pozo del circuito CK_N1.

# Poste		# Luminarias	Potencia(W)	Total(W)	Fp/lum	kva/poste
PZ-01	Lado A	1	150	150	0,95	0,16
	Lado B	0	0	0	0,93	
PZ-02	Lado A	1	150	150	0,95	0,16
	Lado B	0	0	0	0,83	
PZ-03	Lado A	0	0	0	0,85	0
	Lado B	0	0	0	0,83	
PZ-04	Lado A	1	150	150	0,95	0,16
	Lado B	0	0	0	0,95	
PZ-05	Lado A	1	150	150	0,95	0,16
	Lado B	0	0	0	0,95	
PZ-06	Lado A	1	150	150	0,95	0,16
	Lado B	0	0	0	0,95	

PZ-07	Lado A	1	150	150	0,95	0,16
	Lado B	0	0	0	0,95	
PZ-08	Lado A	1	150	150	0,95	0,16
	Lado B	0	0	0	0,95	
PZ-09	Lado A	1	150	150	0,95	0,16
	Lado B	0	0	0	0,95	
PZ-10	Lado A	1	150	150	0,95	0,16
	Lado B	0	0	0	0,95	
PZ-11	Lado A	0	0	0	0,95	0
	Lado B	0	0	0	0,95	
PZ-12	Lado A	0	0	0	0,95	0
	Lado B	0	0	0	0,95	
PZ-13	Lado A	0	0	0	0,95	0
	Lado B	0	0	0	0,95	
PZ-14	Lado A	0	0	0	0,95	0
	Lado B	0	0	0	0,95	
PZ-15	Lado A	1	250	250	0,95	0,26
	Lado B	0	0	0	0,95	
PZ-16	Lado A	1	150	150	0,95	0,16
	Lado B	0	0	0	0,95	
PZ-17	Lado A	0	0	0	0,95	0
	Lado B	0	0	0	0,95	
PZ-18	Lado A	1	150	150	0,95	0,16
	Lado B	0	0	0	0,95	
PZ-19	Lado A	1	150	150	0,95	0,16
	Lado B	0	0	0	0,95	
PZ-20	Lado A	1	150	150	0,95	0,32
	Lado B	1	150	150	0,95	
PZ-21	Lado A	1	150	150	0,95	0,16
	Lado B	0	0	0	0,95	
E3P592	Lado A	1	250	250	0,95	0,26
	Lado B	0	0	0	0,95	
E3P593	Lado A	1	250	250	0,95	0,26
	Lado B	0	0	0	0,95	
E3P455	Lado A	1	70	70	0,95	0,07
	Lado B	0	0	0	0,95	
E3P472	Lado A	1	70	70	0,95	0,07
	Lado B	0	0	0	0,95	
E3P473	Lado A	1	70	70	0,95	0,07
	Lado B	0	0	0	0,95	
E3P474	Lado A	1	70	70	0,95	0,07
	Lado B	0	0	0	0,95	
E3P475	Lado A	1	70	70	0,95	0,07
	Lado B	0	0	0	0,95	

Fuente: (EMELNORTE, 2019).

En la (TABLA 2. 12), se muestran los niveles de caída de voltaje del alumbrado público del CT_N1, al no exceder el 3% de caída de voltaje se determina que el diseño se encuentra en óptimas condiciones de funcionamiento.

2.6.2.2 Cálculos luminotécnicos

El cálculo del alumbrado público se diseñó de acuerdo con la Regulación No. ARCONEL 005/18, se hizo uso de la plataforma DIALux para realizar un análisis luminotécnico de la calle 10 de agosto con las siguientes características, como se observa en la TABLA 2. 13.

TABLA 2. 13 Características de luminarias.

Flujo luminoso (lm)	Altura de montaje (m)	Longitud del brazo (m)
15000	10,00	1.50

Fuente: Autor.

Producto del análisis se obtuvo como resultado los niveles óptimos de iluminación del alumbrado público como también la ubicación de postes y luminarias de la calle 10 de agosto, como se observa en la Fig. 28.



Fig. 28 Niveles de iluminación y ubicación de postes y luminarias Fuente: Autor.

Los cálculos luminotécnicos del diseño de la red subterránea de la calle 10 de agosto se especifican en el (Anexo E) del presente proyecto cumpliendo con las normas de la regulación.

2.6.3 Red subterránea de medio voltaje

La red de medio voltaje será radial subterránea a partir de la bajante trifásica en MV hasta el ingreso de los bushings de entrada del centro de transformación, con conductor aislado unipolar calibre # 2/0 AWG tanto para las fases y neutro a un voltaje de operación de 15 kV mejorando la calidad de servicio.

2.6.3.1 Topología de la red

La topología de la red es de tipo radial determinada a partir del CT_N1. La topología de la red aérea existente es del mismo tipo y ha tenido buenos resultados en su funcionamiento. En el presente estudio se logró definir el camino más corto hacia el alimentador y se diseñó la red de medio voltaje en la plataforma ArcGIS, como se observa en la Fig. 29.

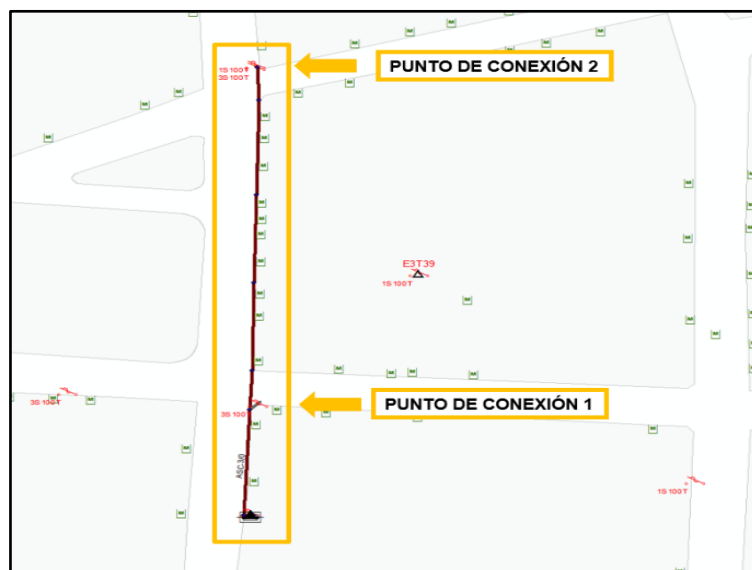


Fig. 29 Topología de la red de BV del CT_N1. Fuente: Autor.

A continuación, se modeló la red de MV del alimentador El Ángel tres en la plataforma CYMDIST, se modifica la red existente por la diseñada en la plataforma ArcGIS, como referencia se tiene el punto de conexión 1 situado en el poste E3P450 ubicado entre la calle 10 de agosto y Gustavo Almeida, el punto de conexión 2 situado en el poste E3P456 ubicado entre la calle 10 de agosto y Sucre como se muestra en la Fig. 30.

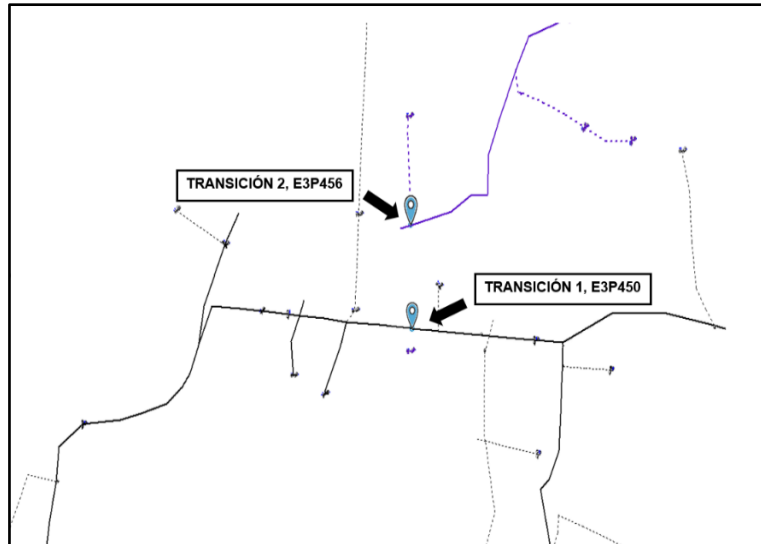


Fig. 30 Transición de la red de MV del CT_N1. Fuente: (EMELNORTE, 2019).

Finalmente se seleccionó el tipo de conductores que se va a utilizar para modelar le red de medio voltaje, transformador, equipos de seccionamiento y protección ya calculados. A continuación, en la Fig. 31, se muestra el diseño final de la red de MV.

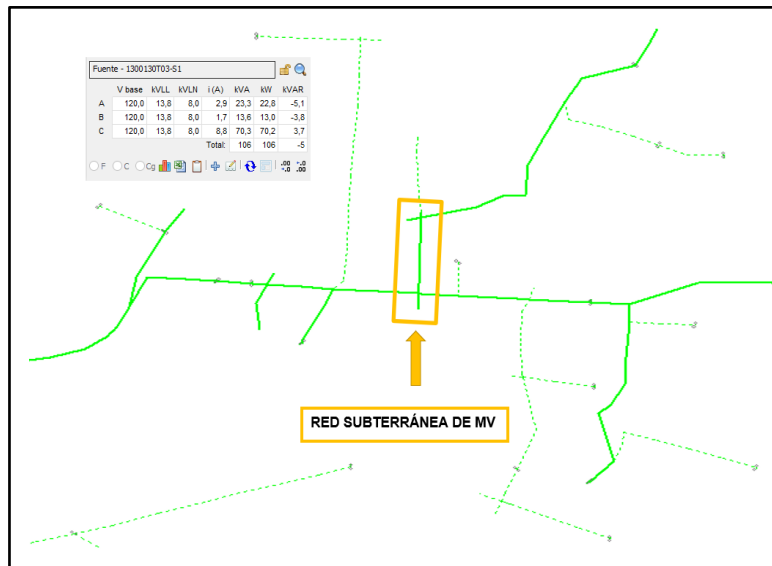


Fig. 31 Red de MV del CT_N1. Fuente: Autor.

2.6.3.2 Selección de conductores para red de medio voltaje

Haciendo uso de la demanda máxima del alimentador de 1857,16 kW obtenida de la sumatoria de las demandas máximas de saturación de cada micro área se determina la corriente del alimentador haciendo uso de la Ec.15.

$$I = \frac{1857,168 (kW)}{\sqrt{3} * 13,8(kV) * 0,95} \quad (15)$$

$$I = 81,79 \text{ Amp.}$$

La corriente que cruza por el conductor del alimentador es de 81,787A por lo que el calibre admisible de conductor para esta corriente es de # 1 AWG tipo monopolar, debido a la normalización de la Dirección de Planificación se debe colocar conductor calibre # 2/0 AWG.

2.7 Dispositivos de seccionamiento y protección

Para evitar fallas e interrupciones en el suministro de energía eléctrica del sistema subterráneo de la calle 10 de agosto, se coordinaron los diferentes dispositivos de seccionamiento y protección debido a que existen entidades financieras, comerciales y una casa de salud en el área de estudio.

En este caso se instalará tres seccionadores con sus respectivos fusibles en el poste E3P450 ubicado entre la calle 10 de agosto y Gustavo Almeida que es el punto de conexión 1, los tres seccionadores sobrantes se instalarán en el poste E3P456 ubicado entre la calle 10 de agosto y Sucre que es el punto de conexión 2, para realizar las transiciones aérea-subterránea y subterránea-aérea de red de medio voltaje como se observa en la Fig. 32.

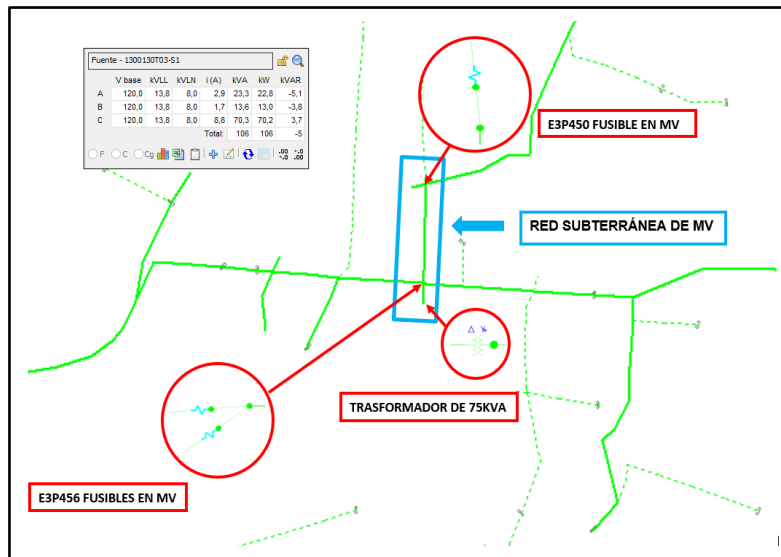


Fig. 32 Seccionamiento de la red de MV del CT_N1. Fuente: Autor.

2.7.1 Centro de transformación

Se instalará un kit de Inserto de Buje y Conector de Codo (BIEC) en los terminales de MV del transformador por cada circuito de salida a fin de interconectar el cable de MV con el transformador.

2.7.2 Tablero de distribución

Se ha previsto la instalación de un tablero de distribución principal tipo TDP, mismo que cuenta con dos circuitos de salida con protección individual y uno de reserva, el primero y el segundo serán salidas trifásicas con protección de 100 A con conductor tipo TTU calibre 2/0 AWG para alimentar a los circuitos de BV subterráneos CK-1 y CK-2.

2.8 Infraestructura subterránea

A continuación, se puntualiza el tipo de pozos, banco de ductos, cajas de derivación y ancho de zanja para la red eléctrica subterránea, regidos por los entes reguladores del país.

2.8.1 Pozos

Las dimensiones se modifican dependiendo del nivel de voltaje de los conductores que los atraviesan, se realizó una red de canalización selectiva encontrando de bajo voltaje, medio voltaje y en casos se comparten para los dos niveles de voltaje, se construyen de hormigón armado y tienen acceso por su parte superior, la base es de material granular con la finalidad de drenar el agua proveniente del exterior, es así como se diseñó las siguientes clasificaciones:

- **Caja de revisión tipo PZB:** Cajas de revisión de 90 x 90 x 90 cm exclusivamente para la red de MV subterránea.
- **Caja tipo revisión tipo PZA:** Se ha previsto construir cajas de revisión de 60 x 60 x 60 cm para las redes de BV y AP.

Las cajas de revisión se construirán exclusivamente en los siguientes sitios:

- A la salida y llegada de la red de canalización en cruce de vía.
- En las aceras junto al ingreso de las acometidas domiciliarias.
- En sitios donde se dificulta el paso de conductores, ya sea por diferencia de nivel y/o por curvatura en la red de canalización.

2.8.2 Banco de ductos

Tomando en consideración las redes de medio-bajo voltaje, alumbrado público ornamental y acometidas domiciliarias subterráneas, se realizó una red de canalización selectiva

dependiendo de la cantidad de conductores que lo atraviesen y del tipo de tráfico que va a soportar la canalización, es así como se diseñó una red con las siguientes clasificaciones:

- **Canalización tipo SC4:** Existirán 4 ductos PVC reforzado de 110mm tipo TDP, más dos tuberías PVC de 51mm, para los circuitos exclusivos de MV y BV.
- **Canalización tipo SC3:** Habrá 2 ductos PVC reforzados de 110mm de diámetro de tipo TDP, más dos tuberías de PVC de 51mm, para los circuitos exclusivos de BV y AP.
- **Canalización tipo SC2:** Será con manguera flexible anillada de 1 ½", con preferencia para las acometidas domiciliarias desde las cajas de revisión más cercanas hasta la fachada adyacente a dos abonados.
- **Canalización tipo SC1:** Se construirá con manguera flexible anillada de 1", exclusiva para las redes de alumbrado público.

2.8.3 Cajas de derivación

Las cajas de derivación son de uso especial para la conexión de acometidas hacia los medidores de cada abonado, se realiza la conexión necesaria de los abonados monofásicos o trifásicos alimentados desde el centro de transformación permitiendo disminuir fallas por puntos calientes aumentando la factibilidad de la red.

2.8.4 Ancho de zanja

Para determinar el ancho de zanja se determina haciendo uso de la Ec.16 del presente capítulo.

$$B_d = N * D + (N - 1)e + 2x \quad (16)$$

Donde:

B_d : Ancho de zanja. [mm].

N: Número de tubos (vías) en sentido horizontal.

D: Diámetro del tubo. [mm].

h: Espacio entre tubos (Mínimo 50 mm). [mm].

x: Distancia entre la tubería y la pared de la zanja (Mínimo 100mm). [mm]

El ancho de zanja depende del número de ductos a instalarse en los pozos, a continuación se pueden apreciar los cálculos realizados en la TABLA 2. 14.

$$B_d = 3 * 160 + (4 - 1)5 + 2(200)$$

$$B_d = 1.000mm$$

TABLA 2. 14 Ancho de zanjas.

Tipo	N	D	E	x	B_d
Zanja MV	3	160mm	5	200mm	1.000mm
Zanja BV	3	110mm	5	200mm	750mm

Fuente: Autor

2.9 Transición de red aérea–subterránea y subterránea–aérea

La transición aérea-subterránea y subterránea-aérea en MV se la realizarán en los postes E3P450 y E3P456, la primera transición permite el soterramiento de la red mientras que la segunda permite que la red vuelva a ser aérea y continúe con su trayectoria normal, se instalará tres seccionadores en cada poste con sus respectivos fusibles. Se debe cambiar e implementar los postes mencionados por postes de hormigón de 12 m y 500 kg de ruptura transversal.

Se debe instalar puntas terminales de tipo exterior en cada extremo de los cables monopolares, la bajante será con tubería de acero galvanizado con diámetro de 4" atado con cintas metálicas al poste y con un codo metálico reversible en uno de sus extremos.

2.10 Sistemas de puesta a tierra

Con el objeto de disponer una buena referencia de puesta a tierra para garantizar un buen voltaje fase-tierra, la protección de personas y equipos es necesario prever una malla de puesta a tierra misma que se menciona a continuación:

2.10.1 Malla de puesta a tierra

La malla de puesta a tierra será construida de acuerdo con las normas y reglamentos estipulados por los diferentes entes reguladores del país, estará constituida por 4 electrodos de varilla de Copperweld de 1.8 m de longitud y 5/8" de diámetro, enterradas hasta que quede a 60 cm por bajo del nivel del piso. Se encontrarán interconectadas por conductor calibre # 2/0 AWG con puntos de suelda exotérmica tipo Cadweld formando una malla. Se tendrá acceso a los puntos de puesta a tierra a través de un conductor del mismo calibre de la malla, donde se conectarán las partes no vivas de los equipos y neutro del transformador.

CAPÍTULO 3

Análisis técnico-económico de la red subterránea

3.1 Introducción

Se presenta un presupuesto estimado de los costos eléctricos y civiles que se requieren para la construcción del proyecto; además se realizó un análisis técnico y económico de la red subterránea de la calle 10 de agosto, de esta manera se busca analizar la factibilidad para lo cual se definió tres etapas: primero se ejecutó un análisis técnico de la red subterránea propuesta en el capítulo de diseño, luego de esto se efectuó un análisis de los egresos e ingresos económicos para determinar la ventaja económica de la red subterránea, finalmente con los datos de ingresos y egresos se realizó la evaluación económica para obtener los indicadores de la factibilidad (VAN y TIR), observar Fig. 33, así encontrando la rentabilidad económica del proyecto.



Fig. 33 Flujograma de análisis técnico-económico Fuente: Autor.

3.2 Análisis técnico

Se presenta un análisis de la red propuesta en el capítulo de diseño, donde se realizó una evaluación de la red realizando flujos de carga haciendo uso de la plataforma CIMDIST obteniendo una simulación real de la red, de tal forma que se pueda comprobar si la topología de la red, centro de transformación, dispositivos de seccionamiento y protección, conductores, son los adecuados para el futuro comportamiento de la red subterránea.

3.2.1 Parámetros de cálculo

Se define los parámetros considerados para la simulación de la red según las normas establecidas por los entes reguladores, se efectúan corridas de flujo y se obtiene los resultados para su análisis.

3.2.2 Ingreso de datos de la nueva red subterránea

Considerado el nuevo diseño de la red se estable la ruta de los conductores, la ubicación del centro de transformación, demanda de la carga y calibres de conductores. A continuación se puede apreciar en la (TABLA 3. 1) los datos ingresados para la simulación de la red.

TABLA 3. 1 Datos para simulación de la red

Transformador	Nombre	Potencia nominal	Voltaje de operación
	CT_N1	75 kva	13,8 / 0,24 kV
Carga	Nombre	Cap. Conectada	Factor de potencia
	C1	12.174,51 kva	97 %
Conductor	Tipo	Material	Aislamiento
	1/0 AWG – 20 kV	Cu	XLPE

Fuente: Autor.

3.2.3 Condiciones de simulación

Debido a que se busca conocer el comportamiento de la red a futuro se realizó la simulación de la red aérea y subterránea con la demanda máxima del alimentador de 1.005,39 kWh/mes, la plataforma CIMDIST permite correr flujos de carga con tomando en cuenta la caída de voltaje del 3%. Con esto se hace posible simular la red y obtener resultados cercanos a la realidad.

3.3 Simulación de la red área y subterránea

En la simulación de la red se analizan tres parámetros: caídas de voltaje en la red primaria, nivel de carga de los conductores y perdidas del sistemas. Los resultados obtenidos se pueden observar en las Fig. 34 y Fig. 35, en donde los escenarios de análisis corresponden al sistema que satisface la demanda del año 30.

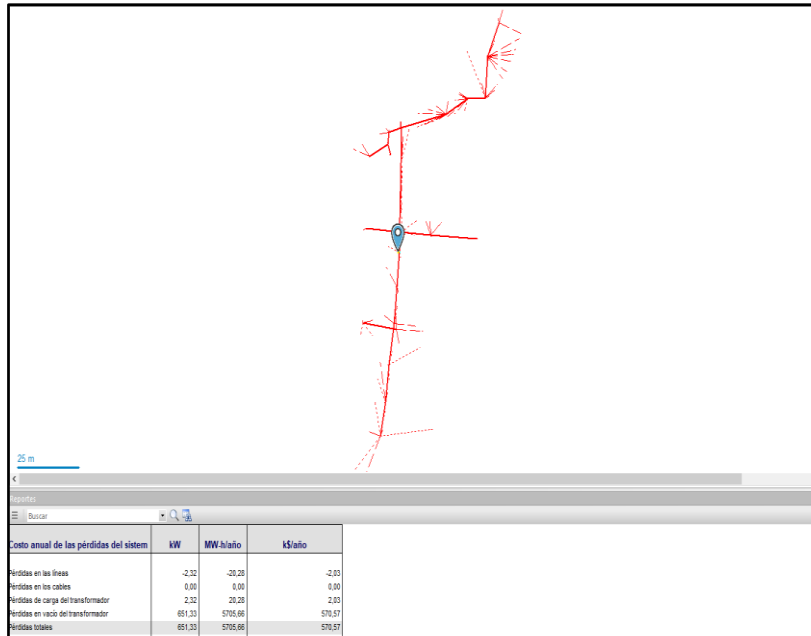


Fig. 34 Pérdidas de la red aérea de la calle 10 de agosto. Fuente: Autor.

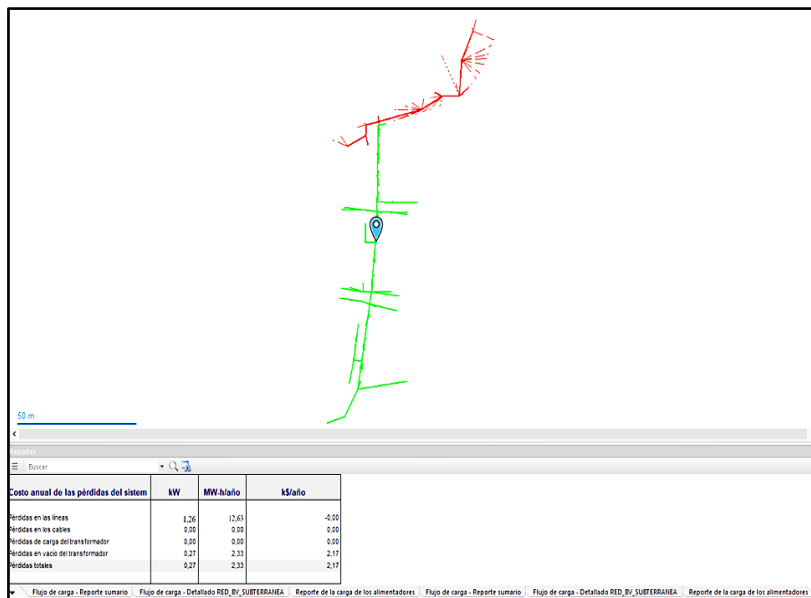


Fig. 35 Pérdidas de la red subterránea de la calle 10 de agosto. Fuente: Autor.

El resultado del flujo de carga de los transformadores instalado y a instalarse en el área de estudio, con estos resultados se puede comprobar que la capacidad seleccionada para el nuevo transformador de la red subterránea es el correcto.

3.3.1 Pérdidas

El análisis de pérdidas de energía se realizó tomando como referencia la demanda máxima del alimentador de 1.005,39 kW, en donde se realizaron flujos de carga en la plataforma

CYMDIST de la red aérea actual y la red subterránea propuesta, como se pueden observar en la siguiente TABLA 3. 2.

TABLA 3. 2 Pérdidas de energía del alimentador El Àngel tres.

ALIMENTADOR (Calle 10 de agosto)	Pérdidas MWh/año	
	Red área	Red subterránea
1300130T03	20,28	12,63

Fuente: Autor.

En la TABLA 3. 2 se puede apreciar que existe un total de pérdidas en el conductor de 20,28 MWh/año de la red aérea, mientras que en el diseño presentado de la red subterránea con conductor de cobre tipo TTU existen un total de pérdidas de 12,63 MWh/año, con un ahorro en pérdidas técnicas del 37,72%, de esta manera mejorando la calidad de suministro eléctrico hacia los usuarios finales además de beneficiar económicamente a la empresa distribuidora, cabe mencionar que las simulaciones de flujo de carga se la realizó tomando en cuenta una tolerancia de caída de voltaje del 3% cumpliendo las normas establecidas por MERNNR en la Regulación No. ARCONEL 005/18, de la ARCERNNR.

A continuación, para el desarrollo del análisis económico se presentan las variables que son de utilidad para determinar los indicadores de viabilidad del proyecto:

- Valor actual neto
- Tasa interna de retorno

3.3.2 Valor actual neto

Según (Baca Urbina, 2016) menciona: “Es el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos descontados a la inversión inicial con la abreviatura VAN, permite determinar la valoración de una inversión en función de la diferencia entre el valor actualizado y todos los cobros derivados”, se expresa mediante la Ec.17.

$$VAN = -I_o + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+r)^t} \quad (17)$$

Donde:

F_t : Flujo neto en el tiempo t, [\\$].

I_o : Inversión inicial, [\\$].

- r: Costo del capital (tasa de descuento), [%].
n: Número de periodos.

3.3.3 Tasa interna de retorno

Según (Baca Urbina, 2016) menciona: “La tasa interna de retorno con la abreviatura TIR indica la rentabilidad de realizar un proyecto y a su vez es la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero, es la tasa que iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial”.

El cálculo se determina haciendo uso de la Ec.18 (Baca Urbina, 2016).

$$VAN = -I_o + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} = 0 \quad (18)$$

Donde:

- VAN: Valor actual neto, [\$].
 F_t : Flujo neto en el tiempo t, [\$].
 I_o : Inversión inicial, [\$].
n: Número de periodos.
TIR: Tasa interna de retorno, [%].

Para el desarrollo de la validación económica hay que tener presente los consumos de energía promedio por cada tipo de usuario residencial y comercial como se puede apreciar en la TABLA 3. 3, existen 84 usuarios conectados al CT_N1 de la calle 10 de agosto, necesarios para determinar los egresos e ingresos del presente proyecto, existe un consumo total promedio de 147.735,57 kWh/año, el cual se estableció como base para determinar el consumo proyectado.

TABLA 3. 3 Consumo de energía promedio por tipo de usuario.

Consumo de energía por tipo de usuario			
Tipo de usuario	# Usuarios	Consumo promedio (kWh/mes)	Consumo promedio (kWh/año)
Residencial	78	11.245,40	12.790,82
Comercial	6	1.065,90	134.944,75
Total	84	12.311,30	147.735,57

Fuente: Autor.

En la TABLA 3. 4, se puede observar el precio medio de energía de usuarios finales en centavos por kilowatt hora (¢/kWh), establecido por la ARCERNNR.

TABLA 3. 4 Precios medios de usuarios finales.

Precio medio de energía (¢/kWh)	
Usuario residencial	9,42
Usuario comercial	7,38
Alumbrado público	10,17

Fuente: ARCERNNR.

Adicionalmente, el MERNNR establece la tasa de crecimiento anual de energía para cada tipo de usuarios final, como se puede apreciar en la TABLA 3. 5.

TABLA 3. 5 Tasa de crecimiento anual de consumo de energía.

Tasa de crecimiento anual de energía	
Usuario residencial	4,80%
Usuario comercial	5,70%

Fuente: MERNNR.

3.4 Análisis económico

En este punto se realizó un análisis detallado de los precios unitarios de cada elemento y dispositivo tanto eléctricos como civiles que conforman la red subterránea en la calle 10 de agosto parroquia San Isidro, incluyendo mano de obra y herramientas a utilizarse para el montaje o construcción de estos.

3.4.1 Costos

Los costos presentes en el proyecto son de dos tipos: los costos de inversión y costos de operación y mantenimiento (O&M). Los costos de inversión representan los equipos, materiales, mano de obra, y costos indirectos como de obra eléctrica y civil necesarios para la ejecución del proyecto, mientras que los costos de operación y mantenimiento es un rubro que no se requiere para le inversión inicial del proyecto pero estará presente durante la vida útil.

3.4.1.1 Inversión en obra eléctrica

Se realizó los cálculos unitarios y totales de los distintos equipos, materiales, elementos, accesorios eléctricos, costos indirectos, mano de obra de montaje y desmontaje de cada uno de los rubros para llevar a cabo la construcción de la red subterránea de medio-bajo voltaje y alumbrado público como se puede observar en la TABLA 3. 6.

TABLA 3. 6 Inversión eléctrica.

INVERSIÓN ELÉCTRICA					
RED SUBTERRÁNEA DE LA CALLE 10 DE AGOSTO, PARROQUIA SAN ISIDRO					
PRESUPUESTO ESTIMADO DE OBRA ELÉCTRICA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
	ELÉCTRICO, SOTERRAMIENTO ELÉCTRICO				130.661,98
1	CAJA DE REVISIÓN ELÉCTRICA (1.0X1.0X1.0)	u	7,00	235,22	1.646,57
2	CAJA DE REVISIÓN ELÉCTRICA (0.8X0.8X0.8)	u	14,00	173,33	2.426,59
3	CABLE DE CU, 3 X TTU #1/0 AWG + DESNUDO 1/0 AWG	m	420,47	33,25	13.981,50
4	CONECTOR SUMERGIBLE BAJO VOLTAJE EN AMBOS EXTREMOS UNA FASE PARA CABLE 1/0 AWG	u	84,00	76,57	6.432,05
5	CONECTOR ESTANCO DOBLE DENTADO, PRINCIPAL 27 kv 120 mm (3-2/0 AWG)	u	9,00	8,41	75,69
6	CONECTOR DE COBRE, TIPO ESPIGA U OJO 85 mm 3/0 MONOPOLAR DE MV	u	9,00	19,52	175,72
7	BARRA DE 8 ESPACIOS PARA DERIVACIÓN DE NEUTRO EN ACOMETIDAS	u	21,00	68,29	1.434,13
8	BARRA DE ESPACIOS PARA CONEXIÓN A TIERRA	u	21,00	69,06	1.450,26
9	TRANSFORMADOR PAD MOUNTED DE 75 kva TRIFÁSICO 13.2 kv/ 220-127V	u	1,00	8.866,90	8.866,90
10	BASE DE HORMIGÓN ARMADO PARA TRANSFORMADOR PAD MOUNTED	u	1,00	278,60	278,60
11	POSTE METÁLICO TELESCÓPICO DE 10 M	u	13,00	693,01	9.009,16
12	LUMINARIA LED 15.260 LM, 7.400K, 187W, 220-240 50/60HZ, IP 66	u	13,00	204,34	2.656,37
13	CABLE DE CU, TTU # 8 AWG	m	235,35	1,57	369,97
14	CABLE DE CU, TTU # 6 AWG	m	235,35	2,52	593,08
15	CABLE DE CU, TTU # 4 AWG	m	773,90	3,86	2.984,15
16	CABLE DE CU, TTU # 2 AWG	m	773,90	4,99	3.863,29
17	MALLA PUESTA A TIERRA PARA TRANSFORMADOR PAD MOUNTED	u	1,00	244,20	244,20
18	CABLE AISLADO MONOPOLAR DE ALUMINIO X 3, SECCIÓN CIRCULAR 2/0 AWG, ASILADO AL 100% 15 kv, XLPE	m	153,22	44,72	6.852,75
19	PUNTAS TERMINALES DE USO EXTERIOR PARA 15 kv CALIBRE 1/0 AWG	u	12,00	151,52	1.818,29
21	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	u	1,00	1.687,06	1.687,06
22	PICADO Y RESANADO PARA INST. ELECTRICAS E= 1.5 cm	m	535,33	23,62	12.642,35
23	CAJA DE REVISIÓN DE COMUNICACIÓN (0.6X0.6X0.6)	u	21,00	149,33	3.135,89
24	ABRAZADERA ACERO GALVANIZADO, PLETINA, 3 PERNOS, 38 X 4 X 160 mm	u	6,00	8,40	50,40
25	BASTIDOR ACERO GALVANIZADO, PLETINA 38 X 4 mm (1 1/2 X 5/32"), 4 VÍA	u	8,00	22,64	181,15

26	TUBERÍA RÍGIDA DE 4" (PARA BAJANTE DE EMT, INCLUYE TUB, CODO, UNIÓN, REVERSIBLE RÍGIDOS)	u	3,00	232,12	696,35
27	BLOQUE DE HORMIGÓN, ANCLAJE, TIPO CÓNICO, BASE INFERIOR 400 mm, SUPERIOR 150 mm, AGUJERO 20 mm	u	2,00	16,56	33,12
28	BRAZO DE ACERO GALVANIZADO, PARA TENSOR FAROL, TUBULAR 51 mm (2") Y 1 500 mm	u	3,00	37,56	112,68
29	CABLE DE ACERO GALVANIZADO, GRADO SIEMENS MARTIN, 7 HILOS, 9,52 mm (3/8"), 3155 kgf	m	120,00	232,12	27.853,92
30	CRUCETA DE ACERO GALVANIZADO, UNIVERSAL, PERFIL "L" 75 X 75 X 6 mm (3 X 3 X 1/4") Y 1000 m	u	10,00	37,88	378,84
31	GUARDACABO GALVANIZADO, PARA CABLE ACERO 12, 7 mm (1/2")	u	3,00	5,59	16,78
32	PERNO MÁQUINA ACERO GALVANIZADO, TUERCA, ARANDELA PLANA Y PRESIÓN, 12,7 X 38 mm (1/2 X 1 1/2")	u	30,00	2,45	73,44
33	PERNO "U" ACERO GALVANIZADO, CON 2 TUERCAS, ARANDELAS: 2 PLANAS Y 2 PRESIÓN DE 16 X 150 mm (5/8" X 6"), ANCHO DENTRO DE LA U	u	4,00	6,37	25,49
34	PIE AMIGO DE ACERO GALVANIZADO, PERFIL "L" (1 1/2X1/4X28") PERNO MÁQUINA ACERO GALVANIZADO, TUERCA, ARANDELA PLANA Y PRESIÓN (5/8X1.5")	u	20,00	7,64	152,88
35	POSTE DE HORMIGÓN ARMADO, CIRCULAR, CRH 500 kg, 12 m	u	2,00	434,56	869,11
36	VARILLA DE ANCLAJE ACERO GALVANIZADO, TUERCA Y ARANDELA, 16 X 1800 mm (5/8 X 71")	u	3,00	11,89	35,67
37	PERNO ESPARRAGO O DE ROSCA CORRIDA DE ACERO GALVANIZADO, 16 mm DE DIÁMETRO Y 300mm DE LONGITUD, CON 4 TUERCAS, 2 ARANDELAS PLANAS Y DOS PRESIÓN	u	20,00	8,44	168,72
38	CONDUCTOR DESNUDO SÓLIDO DE AL PARA ATADURAS, NO. 4 AWG	m	12,00	3,25	39,02
39	CINTA DE ARMAR DE ALEACIÓN DE AL, 1,27 mm (3/64") DE ESP. X 7,62 mm (5/16") DE ANCHO	m	6,00	3,25	19,51
40	PARARRAYOS DE ÓXIDO METÁLICO, CLASE DISTRIBUCIÓN POLIMÉRICO, 10 kV, CON DESCARGADOR. INCLUYE CONECTORES Y DEMÁS ACCESORIOS PARA MONTAJE EXTERIOR SOBRE CRUCETA EN POSTE.	u	9,00	70,57	635,15
41	CONECTOR ESTANCO DE ALEACIÓN DE AL, RANURAS PARALELAS, UN PERNO, RANGO 8 - 1 AWG	u	54,00	5,84	315,58
42	AISLADOR ROLLO, PORCELANA, 0,25 kV, ANSI 53-2	u	8,00	3,28	26,21
43	CONDUCTOR DE AL - ACERO DESNUDO, CABLEADO, ACSR, 2/0 AWG, 7 (6/1) HILOS	m	10,05	1,28	12,90
44	CONDUCTOR DE AL - ACERO DESNUDO, CABLEADO, ACSR, 4/0 AWG, 7 (6/1) HILOS	m	10,05	1,37	13,75
45	CONDUCTOR DE AL, CABLEADO, ASC, 2 AWG, 7 (6/1) HILOS	m	10,05	0,68	6,87
46	CONDUCTOR DE AL, CABLEADO, ASC, 4 AWG, 7 (6/1) HILOS	m	10,05	0,54	5,43
47	GRAPA DE ALEACIÓN DE AL, DERIVACIÓN PARA LÍNEA EN CALIENTE, RANGO 2 A 2/0 AWG	u	18,00	23,17	417,10
48	RETENCIÓN PREFORMADA, PARA CABLE DE AL, CALIBRE 1/0 AWG	u	8,00	8,44	67,49
49	LAZO DE MEDIO VOLTAJE MONOFÁSICO CON GRUPO DE LÍNEAS ENERGIZADAS	u	1,00	290,74	290,74
50	LAZO DE MEDIO VOLTAJE TRIFÁSICO CON GRUPO DE LÍNEAS ENERGIZADAS	u	6,00	726,77	4.360,61
51	APLOMADO DE POSTES Y SUBIDA DE CRUCETA CON GRUPO DE LÍNEAS ENERGIZADAS	u	2,00	726,77	1.453,54

52	TERMINAL DE TIPO OJAL ALEACIÓN CU-SN 50 mm - 1/0 AWG	u	168,00	5,59	939,12
53	SECCIONADOR FUSIBLE, 1P, ABIERTO, 15 kV, 10 KA, BIL 110 kV, 100 A	u	9,00	121,37	1.092,31
54	SUELDA EXOTÉRMICA DE 90 -115 GRAMOS	u	22,00	14,17	311,78
55	TIRAFUSIBLE, CABEZA FIJA, TIPO K, 2 A.	u	9,00	6,34	57,02
56	BARRA 4 VÍAS 15 kV-200 A, ELASTIMOLD 164J4	u	3,00	6,34	19,01
57	VARILLA DE ACERO RECUBIERTA DE CU, PARA PUESTA A TIERRA, 16 X 1800 mm (5/8 X 71")	u	21,00	20,16	423,36
58	ARMADA O DESARMADA DE TAD-0TS (TENSOR A TIERRA BT)	u	3,00	11,80	35,39
59	EXTRACCIÓN DE POSTE DE HORMIGÓN C/G)	u	2,00	110,98	221,95
60	ARMADA O DESARMADA ESD-SER	u	4,00	8,11	32,45
61	ARMADA O DESARMADA ESD-SEP	u	11,00	8,11	89,23
62	ARMADA O DESARMADA DE ESTRUCTURA EST-3VR	u	9,00	77,20	694,76
63	ARMADA O DESARMADA DE ESTRUCTURA EST-3VP	u	2,00	77,20	154,39
64	INSTALACIÓN O DESINSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA	u	21,00	8,11	170,35
65	MONTAJE O DESMONTAJE DE LUMIN. 70 W - 150 W -250 W	u	11,00	12,37	136,09
66	CINTA DE SEÑALIZACIÓN POLIETILENO 250 mm	m	990,33	1,32	1.307,23
67	PRESINTO PLÁSTICO 250 mm	m	990,33	0,60	594,20
TOTAL:					254.431,28

Fuente: Autor.

En la TABLA 3. 6 antes indicada se determinó un presupuesto referencial en obra eléctrica total de 254.431,28 (doscientos cincuenta y cuatro mil cuatrocientos treinta y un dólares americanos con veintiocho centavos), se incluyó mano de obra, herramientas para montaje o desmontaje de dispositivos y transporte de materiales; cabe mencionar que no se incluye el Impuesto al Valor Agregado (IVA 12%).

3.4.1.2 Inversión en obra civil

El análisis de costos para la inversión en obra civil se realizó considerando rubros que forman parte de la construcción como: excavación de zanjas, construcción de aceras, adoquinado entre otros, como se observa en la TABLA 3. 7. Se determinó que los costos de obras civiles se encuentran entre el 22,41% de los costos de inversión de obra eléctrica.

TABLA 3. 7 inversión obra civil.

INVERSIÓN CIVIL				
RED SUBTERRÁNEA DE LA CALLE 10 DE AGOSTO, PARROQUIA SAN ISIDRO				
PRESUPUESTO ESTIMADO DE OBRA CIVIL				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL
TRABAJOS INICIALES (LEVANTAMIENTO DE ACERAS, RETIRO DE ADOQUINES)	m ²	990,33	1,48	1.465,68
EXCAVACIÓN (ZANJAS A MÁQUINA Y A MANO)	m ³	742,75	2,43	1.804,88
HORMIGÓN SIMPLE FC 210 kg/ m ³	m ³	7,56	139,93	1.057,87
ENCOFRADO DE MADERA	m ²	28,00	13,09	366,52
ENLUCIDA MORTERO 1:3	m ²	28,00	7,24	202,72

ARENA	m ³	99,03	13,75	1.361,70
RIPIO	m ³	3,15	15,75	49,61
RELLENO LIBRE DE PIEDRA	m ³	742,75	3,75	2.785,31
TAPA DE ACERO ESFEROIDAL CLASE D400-400KN	c/u	84,00	264,10	22.184,40
TAPA DE POZO TIPO C CON MARCO METÁLICO	c/u	21,00	50,00	1.050,00
SEPARADORES DE TUBERÍA LAMINA PVC	c/u	42,00	3,27	137,34
TUBO PVC CORRUGADO COLOR TOMATE DE 4"	m	87,33	3,35	292,54
MANGUERA FLEXIBLE ANILLADA DE 1 1/2"	m	87,33	3,00	261,97
MANGUERA FLEXIBLE DE 4"	m	420,47	2,83	1.189,93
MAGUERA FLEXIBLE DE 1 1/4"	m	773,90	0,62	479,81
SOPORTES METÁLICOS	c/u	42,00	27,80	1.167,60
CONSTRUCCIÓN DE ACERA	m ²	903,00	12,90	11.648,75
SUBTOTAL				47.506,63
COSTOS INDIRECTOS (0,20%)				9.501,32
TOTAL				57.007,95

Fuente: Autor.

En la (TABLA 3. 7), se determinó un presupuesto referencial en obra civil total de 57.008,00 (cincuenta y siete mil ocho dólares americanos), se incluyó mano de obra, herramientas para montaje o desmontaje de dispositivos y transporte de materiales; cabe mencionar que no se incluye el Impuesto al Valor Agregado (IVA 12%).

3.4.1.3 Inversión total del proyecto

Una vez realizado el análisis de costo de inversión tanto de obra eléctrica como obra civil, se determinó que la inversión total es de USD 348.811,99 (treientos cuarenta y ocho mil ochocientos once dólares americanos con noventa y nueve centavos), incluido el Impuesto al Valor Agregado (IVA 12%).

En la TABLA 3. 8, se muestra el resumen de costos por cada tipo de obra y el resultado total de la inversión necesaria para la fase de ejecución del proyecto de la red eléctrica subterránea para la calle 10 de agosto.

TABLA 3. 8 Costo total de inversión.

COSTO TOTAL DE INVERSIÓN	
RED ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA DE LA CALLE 10 DE AGOSTO	
INVERSION EN OBRA ELECTRICA	254.431,28
INVERSION EN OBRA CIVIL	57.008,00
IVA 12%	38.199,84
TOTAL	348.811,99

Fuente: Autor.

3.5 Validación económica

Para determinar si la implementación de la red subterránea es viable económicamente se debe establecer los egresos e ingresos anuales; además la inversión inicial que se detalla anteriormente con un horizonte de tiempo de 30 años, vida útil del proyecto.

3.5.1 Ingresos y beneficios

Se analizó los ingresos económicos y financieros del proyecto considerando los siguientes beneficios: venta de energía, ahorro de pérdidas técnicas y costo de distribución de energía, siendo el primer beneficio el más relevante. La Dirección de Planificación de EMELNORTE S.A establece un esquema para el cálculo técnico y económico: además se tomó como referencia las estadísticas y consumo de costos de energía que establece ARCERNNR.

3.5.2 Ingresos por venta de energía

En la vida útil de proyectos la venta de energía es el beneficio más importante del análisis de ingresos, su valor puede variar dependiendo del tipo de usuario de la red que puede ser residencial, comercial e industrial. Los ingresos por venta de energía se obtuvieron siguiendo el siguiente proceso:

- a) Se obtuvo los valores promedio de consumo anual de cada tipo de usuario de la calle 10 de agosto mediante la Dirección Comercial de EMELNORTE S.A.
- b) Se consiguió los valores medios de las tarifas que se aplica a cada tipo de usuario a través de la ARCERNNR.
- c) Se logró obtener la tasa de crecimiento de consumo de cada tipo de usuario establecido por MERNNR.

3.5.2.1 Resumen de egresos

En la tabla se presentan los gastos por concepto de compra, costos de operación y mantenimiento de la red subterránea como se puede observar en la TABLA 3. 10.

TABLA 3. 9 Costo total de inversión.

Costos de compra de energía, operación y mantenimiento [USD]					
Año	Compra de energía	O&M	Año	Compra de energía	O&M

1	14.093,97	5.155,10	16	77.144,06	12.957,96
2	15.785,24	5.394,13	17	86.401,34	13.177,62
3	17.679,46	5.594,42	18	96.769,50	13.397,28
4	19.800,99	5.814,08	19	108.381,84	13.616,94
5	22.177,10	6.033,74	20	121.387,66	13.836,60
6	24.838,35	6.253,40	21	135.954,17	14.056,26
7	27.818,95	6.473,06	22	152.268,67	14.275,92
8	31.157,22	6.692,72	23	170.540,91	14.495,58
9	34.896,08	6.912,38	24	191.005,81	14.715,24
10	39.083,60	7.132,04	25	213.926,50	14.934,90
11	43.773,63	7.351,70	26	239.597,68	15.154,56
12	49.026,46	7.571,36	27	268.349,40	15.374,22
13	54.909,63	7.791,02	28	300.551,32	15.593,88
14	61.498,78	8.010,68	29	336.617,47	15.813,54
15	68.878,63	8.230,34	30	377.011,56	16.033,20

Fuente: Autor.

3.5.2.2 Resumen de ingresos por venta de energía

Como se describió anteriormente la red subterránea permite abastecer la demanda de energía eléctrica y obtener un ingreso por concepto de venta de energía, el cálculo se observa en la TABLA 3. 10.

TABLA 3. 10 Proyección por venta de energía.

Consumo de energía por tipo de usuario (USD/año)							
Año	Residencial	Comercial	Total	Año	Residencial	Comercial	Total
Año 1	159.863,45	11.973,19	171.836,64	Año 16	269.693,22	293.471,04	563.164,26
Año 2	167.185,43	12.618,86	179.804,29	Año 17	277.015,21	302.219,88	579.235,09
Año 3	174.507,42	13.264,52	187.771,94	Año 18	284.337,19	310.968,72	595.305,91
Año 4	181.829,40	13.910,19	195.739,59	Año 19	291.659,18	319.717,56	611.376,74
Año 5	189.151,39	14.555,85	203.707,24	Año 20	298.981,16	328.466,40	627.447,56
Año 6	196.473,37	15.201,51	211.674,88	Año 21	306.303,15	337.215,24	643.518,39
Año 7	203.795,36	15.847,18	219.642,54	Año 22	313.625,13	345.964,08	659.589,21
Año 8	211.117,34	16.492,84	227.610,18	Año 23	320.947,12	354.712,92	675.660,04
Año 9	218.439,33	17.138,51	235.577,84	Año 24	328.269,10	363.461,76	691.730,86
Año10	225.761,31	17.784,17	243.545,48	Año 25	335.591,09	372.210,60	707.801,69
Año11	233.083,30	18.429,84	251.513,14	Año26	342.913,07	380.959,44	723.872,51
Año12	240.405,28	19.075,50	259.480,78	Año27	350.235,06	389.708,28	739.943,34
Año13	247.727,27	19.721,16	267.448,43	Año28	357.557,05	398.457,12	756.014,17
Año14	255.049,25	20.366,83	275.416,08	Año29	364.879,03	407.205,96	772.084,99
Año15	262.371,24	21.012,49	283.383,73	Año30	372.201,02	415.954,80	788.155,82

Fuente: Autor.

3.5.2.3 Ingresos por disminución de pérdidas técnicas

El análisis de ingreso por disminución de pérdidas técnicas de energía se lo realizó con un ahorro del 37,72%, teniendo como resultado los ingresos por disminución en pérdidas que se pueden observar en la TABLA 3. 11.

TABLA 3. 11 Proyección por venta de energía.

Ingresos por disminución en pérdidas técnicas (USD/año)			
Año	Pérdidas	Año	Pérdidas
Año 1	894,28	Año 16	4.894,75
Año 2	1.001,59	Año 17	5.482,12
Año 3	1.121,78	Año 18	6.139,97
Año 4	1.256,39	Año 19	6.876,76
Año 5	1.407,15	Año 20	7.701,97
Año 6	1.576,00	Año 21	8.626,20
Año 7	1.765,12	Año 22	9.661,34
Año 8	1.976,93	Año 23	10.820,70
Año 9	2.214,16	Año 24	12.119,18
Año10	2.479,85	Año 25	13.573,48
Año11	2.777,43	Año26	15.202,29
Año12	3.110,72	Año27	17.026,56
Año13	3.484,00	Año28	19.069,74
Año14	3.902,08	Año29	21.358,10
Año15	4.370,32	Año30	23.921,07

Fuente: Autor

3.6 Evaluación económica

Para determinar la viabilidad económica del proyecto se analizan los siguientes parámetros: VAN y TIR. Para el análisis se considera un periodo de 30, vida útil del proyecto.

Es sustancial conocer datos previos que influyen en el cálculo de la evaluación económica como son la tasa de actualización, (O&M), costos de energía, entre otros, detallados a continuación en la TABLA 3. 12.

TABLA 3. 12 Datos de evaluación económica.

EMPRESA ELÉCTRICA NORTE S.A.		
DIRECCIÓN DE PLANIFICACIÓN		
ESTUDIOS ELÉCTRICOS		
Datos preliminares	Valor	Unidad
Tasa de actualización	12	%

Costo de impacto social	0	[¢/kWh]
Costo de energía no suministrada	0	[¢/kWh]
Costo de generación	3,26	[¢/kWh]
Costo de transmisión	0,69	[¢/kWh]
Costo de distribución	5,59	[¢/kWh]
Costo de comercialización	2,15	[¢/kWh]
Inversión de la calle 10 de agosto	348.811,99	[USD]
Operación y mantenimiento (O&M), (3% del valor de venta de energía)	5.155,10	[USD]
Compra de energía	0,0954	[USD]
Ahorro en pérdidas	0,1169	[USD]

Fuente: Autor.

Se determinó los indicadores financieros que permiten comprobar la factibilidad del proyecto, para este análisis se tomó los resultados de los estudios de costos e ingresos estableciendo así los egresos que tiene la red al momento de realizar la distribución de energía hacia los usuarios, a esto se le añadió los costos de operación y mantenimiento que es el 3% de las ventas de energía anual, como se puede apreciar en la TABLA 3. 13.

TABLA 3. 13 Evaluación económica.

Año	Egresos [USD]			Ingresos [USD]			Beneficios netos	Valores actualizados				
	Compra de energía	O&M	Total (E)	Venta de energía	Pérdidas	Total (I)		Costos	Beneficios	B. Netos	Retorno	
0			348.811,99				-	348.811,99	348.811,99		-348.811,99	-348811,99
1	14.093,97	5.155,10	19.249,07	171.836,76	894,28	172.731,04	153.481,97	17.186,66	154.224,14	171.410,80	-177401,19	
2	15.785,24	5.394,13	21.179,37	179.804,43	1.001,59	180.806,01	159.626,64	16.884,06	144.137,44	161.021,50	-16379,69	
3	17.679,46	5.594,42	23.273,88	186.480,75	1.121,78	187.602,53	164.328,65	16.565,88	133.531,77	150.097,65	133717,96	
4	19.800,99	5.814,08	25.615,07	193.802,75	1.256,39	195.059,13	169.444,06	16.278,84	123.963,60	140.242,44	273960,40	
5	22.177,10	6.033,74	28.210,84	201.124,74	1.407,15	202.531,89	174.321,05	16.007,58	114.922,03	130.929,61	404890,01	
6	24.838,35	6.253,40	31.091,75	208.446,74	1.576,00	210.022,73	178.930,98	15.752,04	106.404,05	122.156,09	527046,1	
7	27.818,95	6.473,06	34.292,01	215.768,73	1.765,12	217.533,84	183.241,83	15.511,96	98.401,26	113.913,22	640959,32	
8	31.157,22	6.692,72	37.849,94	223.090,72	1.976,93	225.067,65	187.217,71	15.286,95	90.901,04	106.187,99	747147,31	
9	34.896,08	6.912,38	41.808,46	230.412,72	2.214,16	232.626,87	190.818,41	15.076,54	83.887,58	98.964,12	846111,43	
10	39.083,60	7.132,04	46.215,64	237.734,71	2.479,85	240.214,56	193.998,92	14.880,19	77.342,65	92.222,84	938334,27	
11	43.773,63	7.351,70	51.125,33	245.056,71	2.777,43	247.834,13	196.708,80	14.697,31	71.246,39	85.943,70	1024277,97	
12	49.026,46	7.571,36	56.597,82	252.378,70	3.110,72	255.489,42	198.891,60	14.527,25	65.577,77	80.105,02	1104382,99	
13	54.909,63	7.791,02	62.700,65	259.700,70	3.484,00	263.184,69	200.484,04	14.369,37	60.315,13	74.684,50	1179067,49	
14	61.498,78	8.010,68	69.509,46	267.022,69	3.902,08	270.924,77	201.415,31	14.223,01	55.436,57	69.659,58	1248727,07	
15	68.878,63	8.230,34	77.108,97	274.344,68	4.370,32	278.715,00	201.606,03	14.087,52	50.920,18	65.007,70	1313734,77	
16	77.144,06	12.957,96	90.102,02	431.932,22	4.894,75	436.826,97	346.724,95	14.697,59	71.255,94	85.953,53	1399688,30	

17	86.401,34	13.177,62	99.578,96	439.254,22	5.482,12	444.736,33	345.157,37	14.503,11	64.773,32	79.276,43	1478964,73
18	96.769,50	13.397,28	110.166,78	446.576,21	6.139,97	452.716,18	342.549,40	14.326,04	58.871,02	73.197,06	1552161,79
19	108.381,84	13.616,94	121.998,78	453.898,21	6.876,76	460.774,96	338.776,18	14.164,88	53.499,09	67.663,97	1619825,76
20	121.387,66	13.836,60	135.224,26	461.220,20	7.701,97	468.922,17	333.697,91	14.018,26	48.611,64	62.629,90	1682455,66
21	135.954,17	14.056,26	150.010,43	468.542,19	8.626,20	477.168,39	327.157,96	13.884,90	44.166,52	58.051,42	1740507,08
22	152.268,67	14.275,92	166.544,59	475.864,19	9.661,34	485.525,52	318.980,93	13.763,66	40.125,04	53.888,70	1794395,78
23	170.540,91	14.495,58	185.036,49	483.186,18	10.820,70	494.006,88	308.970,39	13.653,46	36.451,75	50.105,21	1844500,99
24	191.005,81	14.715,24	205.721,05	490.508,18	12.119,18	502.627,35	296.906,30	13.553,33	33.114,14	46.667,47	1891168,46
25	213.926,50	14.934,90	228.861,40	497.830,17	13.573,48	511.403,65	282.542,25	13.462,38	30.082,45	43.544,83	1934713,29
26	239.597,68	15.154,56	254.752,24	505.152,17	15.202,29	520.354,45	265.602,21	13.379,79	27.329,43	40.709,22	1975422,51
27	268.349,40	15.374,22	283.723,62	512.474,16	17.026,56	529.500,72	245.777,10	13.304,81	24.830,18	38.134,99	2013557,50
28	300.551,32	15.593,88	316.145,20	519.796,16	19.069,74	538.865,89	222.720,69	13.236,76	22.561,92	35.798,68	2049356,18
29	336.617,47	15.813,54	352.431,01	527.118,15	21.358,10	548.476,24	196.045,23	13.175,02	20.503,83	33.678,85	2083035,03
30	377.011,56	16.033,20	393.044,76	534.440,14	23.921,07	558.361,21	165.316,45	13.119,01	18.636,93	31.755,94	2114790,97
							VALOR TOTAL	786.390,15	2.026.024,80	2.114.790,97	
							VAN			2.114.790,97	
							TASA INTERNA DE RETORNO [TIR]			43%	
							RELACIÓN BENEFICIO/COSTO [B/C]			2,57	
							RECUPERACION DE LA INVERCION (AÑOS)			3 años	

Fuente: Autor.

En la (TABLA 3. 13), se puede apreciar los costos y beneficios presentes en el proyecto para la Empresa Eléctrica Regional Norte (EMELNORTE S.A) y el Gobierno Autónomo Descentralizado de Espejo (GAD Espejo) descritos a continuación:

Costos:

- Compra de energía.
- Operación y mantenimiento de la red.

Beneficios:

- Venta de energía.
- Ahorro de energía.

Estos cálculos fueron efectuados en la etapa de validación económica del presente capítulo.

Finalmente, se determinó un VAN total del proyecto con un valor de \$ 2.114.790,97 (dos millones ciento catorce mil setecientos noventa dólares americanos con noventa y siete centavo) mayor a cero, lo que representa que la rentabilidad del proyecto es superior al tipo de interés del 12% del banco Central del Ecuador, mientras que el cálculo de la TIR obtenido es del 43% que representa un aumento en relación con el tipo de interés empleado en el cálculo del VAN. Por tanto, estos valores determinan que el proyecto es viable y se puede

realizar su ejecución mejorando la calidad de suministro eléctrico, y así como también evitando la contaminación visual en la calle 10 de agosto, obteniendo un beneficio económico para el GAD municipal de Espejo; además se puede apreciar que la relación costo beneficio es de 2,57, indicando que a partir del tercer año contado a partir de la ejecución del proyecto se empieza obtener beneficios que van aumentando con el transcurso de los años.

Conclusiones

- El presente trabajo presenta una alternativa de diseño de la red eléctrica para la calle 10 de agosto de la parroquia San Isidro, diseño que ha sido realizado con la metodología establecida por EMELNORTE S.A, y evaluado económicamente obteniéndose muy buenos resultados, por lo que se concluye que la normativa es muy útil y aplicable a una red real, logrando obtener buenos resultados al momento de realizar una planificación.
- La metodología propuesta para el rediseño considera el soterramiento de las redes eléctricas, por lo que el diseño propuesto debe garantizar el suministro eléctrico bajo los estándares de calidad establecidos en el país, por tal motivo con la finalidad de realizar un diseño bajo estos parámetros es necesario realizar un levantamiento de información en el campo, definiendo micro áreas para obtener niveles óptimos de voltaje en el suministro de energía eléctrica hacia los diferentes tipos de usuarios conectados a la red subterránea.
- Con el rediseño se obtiene un beneficio económico de \$ 2.114.790,97 (dos millones ciento catorce mil setecientos noventa dólares americanos con noventa y siete centavo) en un horizonte de treinta años, mismo que se recuperara a partir del tercer año de su ejecución lo que indica que es un proyecto perfectamente viable además de optimizar recursos económicos para la Empresa Eléctrica Regional Norte.

Recomendaciones

- En estudios similares se recomienda cambiar a la metodología de redes neuronales artificiales para el pronóstico de energía eléctrica en sistemas de distribución, este método permite un mayor ajuste al comportamiento de los datos, reduciendo así el tiempo de pronóstico a 12 períodos.
- Realizar la coordinación de protecciones en bajo voltaje del alimentador El Ángel 3 haciendo uso de fusibles tipo bayoneta para redes subterráneas incluyendo las curvas de protección en la plataforma CYMTCC utilizada por EMELNORTE S.A, para una adecuada planificación y así mejorando la eficiencia de suministro eléctrico hacia los usuarios finales.
- Se recomienda hacer un levantamiento de información en la zona de estudio para realizar una comparación con la base de datos en la plataforma ARCGIS utilizada por la empresa distribuidora, para confirmar que este actualizada ya que una información errónea podría ocasionar problemas para el desarrollo del proyecto.

REFERENCIAS

- ARCERNNR. (2018). REGULACIÓN N° ARCONEL 005/18. En *Prestación del Servicio de Alumbrado público* (pág. 26). Quito.
- ArcGIS. (2020). *ArcGIS*. Obtenido de <https://www.sigsa.info/productos/esri/plataforma-arcgis>
- Ariza Ramírez, A. (2013). *Métodos utilizados para el pronóstico de demanda de energía eléctrica en sistemas de distribución*. Obtenido de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/3862/62131A719.pdf;jsessionid=51EA5157B062B083BAAB3E3B2DBCE652?sequence=1>
- Aucapiña, J. (02 de Junio de 2012). *Proyecto de especificaciones técnicas para el diseño de redes subterráneas de la empresa eléctrica regionla centro Sur S.A.* Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1929/12/UPS-CT002386.pdf>
- Avilés, D., & Rodríguez, R. (2017). *Diseño para la cobversión a un sistema subterráneo de la red de distribución eléctrica en el sector del Campus Centenario de la Universidad Politécnica Salesiana*. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14275/1/UPS-GT001896.pdf>
- Baca Urbina, G. (2016). *Evaluación de proyectos*. Obtenido de https://www.academia.edu/13450952/Evaluacion_de_Proyectos_6ta_ed_Gabriel_Baca_Urbina
- Barzallo, C. (2016). *“Estudio y diseño de instalaciones eléctricas para el mejoramiento del sistema eléctrico de media y baja tensión de la compañía Factorytech en la ciudad de Guayaquil*. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/5431/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-77.pdf>
- Bedoya, J. (2016). *Caracterización de la carga eléctrica y aplicacion de resultados de transformadores de distribución en el minicipio de la ceja del Tambo*. Obtenido de <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/2686/TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf?sequence=1>
- Carrión, F. V. (2017). *Diseño de la red subterránea de media y baja tensión, centros de transformación y alumbrado público del sector sur de la Av. Jaramillo Alvarado de la ciudad de Loja*. Obtenido de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/19192/1/Vicente%20Pr%c3%b3cel%20c%20Fernando%20Javier.pdf>
- Castro, E., & Herrera, C. (2015). *Diseñar un manual Técnico para el manejo y operación de la nueva Subestación Alpachaca 69 kv. de la Empresa Eléctrica Regional Norte S.A.* Obtenido de Universidad Técnica del Norte: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/4458>
- Centelsa. (27 de Mayo de 2020). *Claves de energía y telecomunicaciones S.A.* Obtenido de <https://www.centelsa.com/cables-para-media-tension/>
- Chusin, L., & Escobar, B. (s.f.). *Análisis de confiabilidad de sistemas de distribución eléctrica con penetración de generación distribuida*. Obtenido de Escuela Politécnica Nacional: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/10825>

- Curipoma, L. (Marzo de 2016). *Diseño y simulación del sistema eléctrico de la red subterránea con la aplicación de nuevos criterios técnicos – económicos impulsados por la empresa eléctrica Ambato regional centro norte s.a. en el centro del cantón Tisaleo provincia de Tungurahua*. Obtenido de UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI:
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2149/1/T-UTC-3864.pdf>
- DIAL. (Junio de 23 de 2016). *DIAL GmbH*. Obtenido de <http://www.dial.de/DIAL/es/home.html>
- Díaz, C. (2017). *Despacho económico de cargas en sistemas eléctricos de potencia: modelado, simulado y análisis*. Obtenido de Universidad de Oviedo:
https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/43733/TFM_CarlaDiazGonzalez.pdf;jsessionid=689D29FD949F122661BE7E94326EFFCF?sequence=3
- Doñes, G. (2015). *Selección y análisis de equipo de protección en los sistemas de distribución (23 kv) para proporcionar la acción correcta a la naturaleza de las fallas*. Obtenido de Universidad Nacional Autónoma de México: <https://repositorio.unam.mx/contenidos/321693>
- Duchicela, D. (Febrero de 2015). *Diseño y análisis técnico economico de la red de distribucion electrica subterranea de la Av. Manuel córdova Galarza oara la empresa eléctrica Quito*. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/10483>: bibdigital.epn.edu.ec
- Duque, B. (2016). *DISEÑO DE RED ELÉCTRICA DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA (BAJA TENSIÓN) PARA UN SECTOR DE 250 VIVIENDAS CORALES -CUBA*. Obtenido de Universidad Técnica de Pereira:
<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/7674/62131924D946d.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- EEQ, E. E. (31 de 03 de 2015). *Normas para el sistema de distribucion - PARTE A, guía para diseño de distribución*. Recuperado el 08 de 11 de 2019, de
<http://www.eeq.com.ec:8080/documents/10180/921866/Gu%C3%ADa+para+dise%C3%B1o+de+redes+para+distribuci%C3%B3n/b681b238-2c70-4ee6-b737-ecca4ca8b55c>
- EERS, E. E. (2012). *Normas técnicas para el diseño de redes eléctricas urbanas y rurales*. Obtenido de http://www.eerssa.gob.ec/eerssa/lotaip/2017/noviembre/archivos/a3/Normas_tecnicas_para_el_diseño_de_redes_electricas_urbanas_y_rurales.pdf
- ELECTRIC, W. (2019). *Red Subterránea*. San Isidro.
- Electro Cables . (27 de 11 de 2019). Obtenido de <https://www.electrocable.com/index.php/es/categorias-productos/construccion/cobre/ttu.html>
- EMELNORTE. (2018). *Adecuación de las redes de distribución de emelnorte, dimensionamiento de transformadores y método de calculo de caidas de votaje en redes secundarias de sistribución*.
- EMELNORTE. (2019). *Sistema de Información Geográfica*. Ibarra.
- Harper, G. E. (2017). *El ABC de la calidad de la Energia Electrica*. México: Limusa S.A. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/337186882/El-ABC-de-la-calidad-de-la-energia-electrica-Enriquez-Harper-pdf>
- Irarrázabal, A. (2014). *Contabilidad: Fundamentos y usos*. EdicionesUC: Universidad Católica de Chile.

- Loor, J. (2016). *Diseño de redes eléctricas subterráneas para seguridad energética*. Obtenido de Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí extensión Chone: <https://repositorio.ulead.edu.ec/bitstream/123456789/649/1/ULEAM-IEL-0015.pdf>
- Martínez, D. (2014). *Diseño de redes de distribución y centros de transformación para una urbanización de viviendas*. Obtenido de Universidad Politécnica de Cartagena: <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/4253/pfc5807.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- MERNNR. (2018). *Manual de construcción del sistema de distribución eléctrica de redes subterráneas*. Recuperado el 2019 de 11 de 18, de <http://www.unidadesdepropiedad.com/pdf/2d/Subterranas/Manual%20de%20construccion.pdf>
- MERNNR, M. d. (2018). *Marco teórico para la homologación del sistema de distribución eléctrica de redes subterranas*. Recuperado el 7 de Noviembre de 2019, de http://www.unidadesdepropiedad.com/index.php?option=com_content&view=
- MERNNR, M. d. (2019). *Manual de construcción del sistema de distribución eléctrica de redes subterráneas*. Recuperado el 2019 de 11 de 18, de <http://www.unidadesdepropiedad.com/pdf/2d/Subterranas/Manual%20de%20construccion.pdf>
- Molina, A. (2017). *El Pri*. Obtenido de Conexionesan: <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2017/01/el-pri-uno-de-los-indicadores-que-mas-llama-la-atencion-de-los-inversionistas/#:~:text=El%20per%C3%ADodo%20de%20recuperaci%C3%B3n%20de,ser%C3%A1%20cubierta%20la%20inversi%C3%B3n%20inicial>
- Molina, J. (2019). *Análisis, evaluación de la red de distribución en media y baja tensión para mejorar los índices y niveles de calidad en el suministro eléctrico*. Obtenido de Universidad Católica de Santiago de Guayaquil: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/12475>
- Mora, E., & Muños, C. (2010). *Análisis del sistema de puesta a tierra de la casa de la cultura nucleo del Guayas*. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2198/12/UPS-GT000150.pdf>
- NATSIM, E. (2012). *Normas de acometidas cuartos de transformadores y sistemas de medición para el suministro de electricidad*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/albertama/natsim-2012-13326343>
- Navas, R. (2017). *Estudio de coordinación de protecciones de los alimentadores primarios de la subestacion San Agustín y creación de un manual de procedimientos empleando la metodología aplicada en EMELNORTE*. Obtenido de ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/18978>
- Ocejo, J. (Septiembre de 2008). *Proyecto de soterramiento de la red aérea de distribución de baja tensión*. Obtenido de http://www.aytoleiva.org/fileadmin/leiva/Documentos/Proyecto_Urbanizacion/RSBT-Leiva.pdf
- Otaneda, G. (2019). *DISEÑO DE UNA RED SOTERRADA DE MEDIO VOLTAJE, BAJO VOLTAJE Y ALUMBRADO PÚBLICO DEL CENTRO DE LA CIUDAD DE IBARRA PARA LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL NORTE*. Obtenido de

<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9588/2/04%20MEL%20065%20TRABAJO%20GRADO.pdf>

- Pino, I. (2016). *Análisis de un flujo de cargas en una red de baja tensión a cuatro hilos*. Obtenido de UNIVERSIDAD DE SEVILLA:
<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5714/direccion/Analisis+del+flujo+de+cargas+en+redes+de+BT+a+4+hilos%252F>
- Ponce, M. (2016). *Diseño de redes eléctricas subterráneas para seguridad energética*. Obtenido de <https://repositorio.ulead.edu.ec/bitstream/123456789/649/1/Ulead-IEL-0015.pdf>
- Preciado, G., & Rodas, J. (Julio de 2015). *Diseño para la construcción de los transformadores de distribución monofásicos tipo tanque*. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana:
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10657/1/UPS-GT001566.pdf>
- Ramírez, S. (2015). *Redes de distribución de energía*. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia:
<http://blog.espol.edu.ec/econde/files/2012/08/libro-redes-de-distribucion.pdf>
- Rodríguez Mera, R. (2017). *Trabajo de titulación modalidad proyecto de investigación*. Obtenido de Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí extensión Chone:
<https://repositorio.ulead.edu.ec/bitstream/123456789/650/1/Ulead-IEL-0016.pdf>
- Sanches, P., & Nieto, G. (2010). *Sistemas de potencia y diseño de maquinarias*. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana:
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2119/15/UPS-GT000156.pdf>
- Trashorras, J. (2016). *Sistemas Eléctricos en Centrales*. Madrid, ESPAÑA: Paraninfo SA.
- Treich, J. (2008). *Diseño de las instalaciones eléctricas de una urbanización situada en el municipio de ARNES*. Obtenido de Escola Técnica Superior Enginyeria:
<http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/1243pub.pdf>
- UNAM. (2018). *Sistemas de distribución*. Obtenido de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/784/A4%20SISTEMAS%20DE%20DISTRIBUCION.pdf?sequence=4>
- Váquiro, J. (2010). *La relación beneficio costo*. Obtenido de Pymes Futuro:
<http://www.pymesfuturo.com/costobeneficio.html>
- Vasquez, P. (2013). *Parametrización, control, determinación, y reducción de pérdidas de energía en base a la optimización en el montaje de estaciones de transformación en la provincia de Morona Santiago*. Obtenido de Universidad de Cuenca:
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/423>

ANEXOS

Anexo A: Resultado de demanda por micro área

DEMANDAS POR MICRO ÁREA.

Micro áreas	$D_{M_{ALIMENTADOR}}$ (kW)	D_M (kva)	Micro áreas	$D_{M_{ALIMENTADOR}}$ (kW)	D_M (kva)
1	0,00	0,00	75	3.315,84	3.490,36
2	0,00	0,00	76	7.902,39	8.318,31
3	0,00	0,00	77	991,24	1.043,41
4	36,74	38,68	78	0,00	0,00
5	38,11	40,11	79	0,00	0,00
6	266,15	280,16	80	0,00	0,00
7	74,72	78,65	81	42,14	44,35
8	0,00	0,00	82	0,00	0,00
9	43,06	45,33	83	0,00	0,00
10	111,83	117,71	84	0,00	0,00
11	75,51	79,49	85	321,41	338,33
12	0,00	0,00	86	0,00	0,00
13	37,10	39,06	87	3.445,33	3.626,66
14	0,00	0,00	88	8.072,06	8.496,91
15	0,00	0,00	89	4.643,33	4.887,72
16	40,57	42,71	90	0,00	0,00
17	0,00	0,00	91	0,00	0,00
18	43,75	46,05	92	39,75	41,84
19	0,00	0,00	93	71,52	75,29
20	75,71	79,70	94	2.317,94	2.439,93
21	38,60	40,64	95	908,51	956,32
22	75,88	79,87	96	0,00	0,00
23	306,75	322,90	97	840,80	885,06
24	76,17	80,19	98	978,80	1.030,32
25	39,19	41,26	99	728,69	767,04
26	0,00	0,00	100	65,01	68,43
27	0,00	0,00	101	64,44	67,83
28	0,00	0,00	102	33,74	35,52
29	0,00	0,00	103	478,30	503,48
30	0,00	0,00	104	32,59	34,31
31	39,35	41,42	105	114,08	120,09
32	437,90	460,95	106	0,00	0,00
33	688,73	724,98	107	858,63	903,82
34	45,43	47,82	108	155,26	163,43
35	0,00	0,00	109	40,58	42,71
36	40,57	42,70	110	0,00	0,00
37	717,35	755,10	111	130,06	136,91
38	367,84	387,20	112	0,00	0,00
39	71,83	75,61	113	245,59	258,51
40	5.768,53	6.072,14	114	1.351,82	1.422,97
41	255,72	269,17	115	0,00	0,00
42	0,00	0,00	116	0,00	0,00
43	40,10	42,21	117	0,00	0,00
44	496,92	523,07	118	0,00	0,00
45	582,27	612,92	119	65,46	68,90
46	277,54	292,15	120	40,43	42,56
47	74,91	78,85	121	760,49	800,51
48	74,34	78,25	122	307,36	323,53
49	37,51	39,48	123	82,17	86,49
50	35,66	37,53	124	117,99	124,20
51	0,00	0,00	125	0,00	0,00
52	72,95	76,79	126	0,00	0,00
53	74,41	78,32	127	273,52	287,91
54	124,52	131,07	128	434,45	457,32
55	0,00	0,00	129	33,78	35,56
56	123,68	130,19	130	0,00	0,00

57	83,48	87,88	131	73,89	77,78
58	0,00	0,00	132	593,83	625,08
59	1.021,99	1.075,78	133	0,00	0,00
60	44,06	46,38	134	0,00	0,00
61	0,00	0,00	135	0,00	0,00
62	42,67	44,92	136	146,88	154,61
63	43,55	45,84	137	1.102,03	1.160,04
64	659,45	694,15	138	461,72	486,02
65	35,16	37,01	139	84,23	88,66
66	0,00	0,00	140	718,09	755,88
67	0,00	0,00	141	272,32	286,65
68	77,41	81,49	142	344,31	362,43
69	1.253,20	1.319,15	143	577,28	607,66
70	210,82	221,91	144	254,05	267,42
71	0,00	0,00	145	38,44	40,46
72	0,00	0,00	146	117,95	124,16
73	79,24	83,41	147	165,79	174,51
74	34,38	36,19	148	433,27	456,07

Anexo B: Resultado de demanda coincidente total por cada micro área

Micro Área	# Usuarios	Fc	Σ Dind (kw)	Dmcoinc (kW)	Luminaria (kW)	Dmcoincota I (KW)
1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	1	1,00	12,01	12,01	0,00	12,01
5	1	1,00	12,94	12,94	0,00	12,94
6	7	0,41	88,32	36,61	0,00	36,61
7	2	0,65	24,92	16,20	0,00	16,20
8	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	1	1,00	13,92	13,92	0,00	13,92
10	3	0,55	37,08	20,39	0,00	20,39
11	2	0,65	25,46	16,55	0,00	16,55
12	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13	1	1,00	12,22	12,22	0,00	12,22
14	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16	1	1,00	12,78	12,78	0,00	12,78
17	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18	1	1,00	14,52	14,52	0,00	14,52
19	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	2	0,65	25,02	16,27	0,00	16,27
21	1	1,00	12,72	12,72	0,00	12,72
22	3	0,55	25,03	13,77	0,00	13,77
23	8	0,41	100,62	41,06	0,00	41,06
24	2	0,65	25,07	16,30	0,00	16,30
25	1	1,00	12,45	12,45	0,00	12,45
26	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
27	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
28	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
29	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
31	1	1,00	13,04	13,04	0,00	13,04
32	10	0,40	146,05	58,06	0,00	58,06
33	15	0,38	228,20	86,55	3,50	90,05
34	1	1,00	14,41	14,41	0,00	14,41
35	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
36	1	1,00	13,10	13,10	0,00	13,10
37	12	0,39	234,83	91,40	0,00	91,40
38	8	0,41	121,82	49,71	1,25	50,96
39	1	1,00	23,58	23,58	4,90	28,48
40	112	0,30	1.917,56	577,92	50,20	628,11
41	6	0,42	84,36	35,60	2,80	38,40
42	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

43	1	1,00	12,98	12,98	0,00	12,98
44	13	0,39	165,99	64,01	7,00	71,01
45	13	0,39	194,86	75,14	4,20	79,34
46	7	0,41	91,67	38,00	9,10	47,10
47	2	0,65	25,31	16,45	0,00	16,45
48	2	0,65	25,37	16,49	3,35	19,84
49	1	1,00	12,67	12,67	0,00	12,67
50	2	0,65	11,13	7,23	0,00	7,24
51	0	0,00	0,00	0,00	1,25	1,25
52	2	0,65	25,28	16,43	0,00	16,43
53	2	0,65	24,89	16,18	0,70	16,88
54	3	0,55	40,59	22,33	0,00	22,33
55	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
56	4	0,50	54,18	27,09	5,60	32,69
57	2	0,65	27,67	17,99	0,00	17,99
58	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
59	20	0,37	340,01	124,73	13,7	138,44
60	1	1,00	14,88	14,88	0,00	14,88
61	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
62	1	1,00	14,23	14,23	0,00	14,23
63	1	1,00	13,12	13,12	0,00	13,12
64	18	0,37	220,29	81,81	17,6	99,41
65	1	1,00	11,94	11,94	0,00	11,94
66	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
67	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
68	3	0,55	25,76	14,17	0,00	14,17
69	33	0,35	415,07	143,74	11,2	154,94
70	7	0,41	70,19	29,09	2,40	31,49
71	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
72	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
73	2	0,65	26,24	17,05	0,00	17,05
74	1	1,00	12,00	12,00	0,00	12,00
75	90	0,31	1.097,59	339,06	58,5	397,56
76	197	0,28	2.616,26	740,10	67,9	808,00
77	19	0,37	329,64	121,65	11,9	133,55
78	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
79	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
80	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
81	1	1,00	13,75	13,75	0,00	13,75
82	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
83	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
84	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
85	5	0,43	106,65	45,98	0,00	45,98
86	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
87	76	0,31	1.145,48	360,69	25,00	385,69
88	200	0,28	2.667,44	753,30	110,70	864,01
89	110	0,30	1.539,94	465,06	62,45	527,51
90	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
91	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
92	1	1,00	13,02	13,02	4,90	17,92
93	2	0,65	23,17	15,06	1,25	16,31
94	63	0,32	766,33	246,50	42,80	289,30
95	29	0,35	304,68	107,09	10,30	117,39
96	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
97	22	0,36	278,36	101,00	12,75	113,75
98	42	0,34	320,41	107,94	19,50	127,44
99	23	0,36	241,76	87,27	7,30	94,57
100	3	0,55	21,27	11,70	1,40	13,10
101	2	0,65	21,20	13,78	9,75	23,53
102	1	1,00	11,09	11,09	0,00	11,09
103	14	0,38	158,32	60,53	6,60	67,13
104	1	1,00	10,94	10,94	7,50	18,44
105	2	0,65	37,04	24,07	0,70	24,78
106	0	0,00	0,00	0,00	7,00	7,00
107	19	0,37	282,39	104,21	5,60	109,81
108	4	0,50	50,76	25,38	1,00	26,38
109	1	1,00	13,20	13,20	2,50	15,70
110	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
111	2	0,65	43,00	27,95	0,00	27,95
112	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
113	4	0,50	80,71	40,35	11,50	51,85
114	22	0,36	448,07	162,58	7,70	170,28
115	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
116	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
117	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

118	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
119	2	0,65	21,03	13,67	0,00	13,67
120	1	1,00	14,16	14,16	0,00	14,16
121	21	0,36	265,83	96,98	8,40	105,38
122	8	0,41	103,85	42,38	7,80	50,18
123	2	0,65	27,11	17,62	0,70	18,32
124	3	0,55	39,00	21,45	0,00	21,45
125	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
126	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
127	7	0,41	89,84	37,24	3,50	40,74
128	10	0,40	145,99	58,04	1,25	59,29
129	1	1,00	11,15	11,15	0,00	11,15
130	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
131	2	0,65	24,90	16,18	1,40	17,58
132	8	0,41	79,23	32,33	2,10	34,43
133	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
134	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
135	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
136	5	0,43	49,96	21,54	7,80	29,34
137	30	0,35	366,40	128,29	29,10	157,39
138	12	0,39	153,73	59,84	16,00	75,84
139	3	0,55	29,12	16,02	0,70	16,72
140	20	0,37	236,13	86,63	18,10	104,73
141	7	0,41	91,49	37,92	9,00	46,92
142	7	0,41	114,75	47,56	7,00	54,56
143	13	0,39	188,41	72,66	7,50	80,16
144	6	0,42	85,70	36,17	7,00	43,17
145	1	1,00	12,57	12,57	1,00	13,57
146	3	0,55	39,60	21,78	0,00	21,78
147	5	0,43	55,14	23,77	3,90	27,67
148	13	0,39	143,81	55,46	6,20	61,66

Anexo C: Áreas habilitadas

Micro área (500*500)	Área total (m2)	Uso de calles (m2)	Área neta total (m2)	Tipo de Suelo	Área neta por uso de	(COS%)	Área habilitada por piso (Ahp_i)	Número de pisos permitidos (h)	Área permitida (Ap_i)	Área total habilitada por micro área (At_i)	Índice de saturación	Demanda máxima proyectada (kW)	Demanda máxima proyectada total (kVA)
1	250.000	642,16	249.357,84	EQUIPAMIENTO	100.062,45	0,80	80.049,96	4,00	320.199,84	797.945,09	0,0002229	71,37	167,40
				COMERCIAL	149.295,39	0,80	119.436,31	4,00	477.745,25		0,0002010	96,03	
2	250.000	260,90	249.739,10	EQUIPAMIENTO	20.6936,29	0,80	165.549,03	4,00	662.196,12	799.165,13	0,0002229	147,60	175,13
				COMERCIAL	42.802,82	0,80	34.242,25	4,00	136.969,01		0,0002010	27,53	
3	250.000	550,16	249.449,84	EQUIPAMIENTO	1.251,79	0,80	1.001,43	4,00	4.005,72	798.239,50	0,0002229	0,89	160,53
				COMERCIAL	248.198,06	0,80	19.8558,44	4,00	794.233,78		0,0002010	159,64	
4	250.000	622,01	249.377,99	COMERCIAL	249.377,99	0,80	199.502,39	4,00	798.009,56	798.009,56	0,0002010	160,40	160,40
5	250.000	534,04	249.465,96	COMERCIAL	249.465,96	0,80	199.572,77	4,00	79.891,07	798.291,07	0,0002010	160,46	160,46
6	250.000	528,96	249.471,04	COMERCIAL	249.471,04	0,80	199.576,83	4,00	798.307,32	798.307,32	0,0002010	160,46	160,46
7	250.000	535,97	249.464,02	COMERCIAL	249.464,02	0,80	199.571,22	4,00	798.284,87	798.284,87	0,0002010	160,46	160,46
8	250.000	26,48	249.973,52	COMERCIAL	249.973,52	0,80	199.978,82	4,00	799.915,26	799.915,26	0,0002010	160,78	160,78
9	250.000	0,00	250.000,00	COMERCIAL	250.000,00	0,80	200.000,00	4,00	800.000,00	800.000,00	0,0002010	160,80	160,80
10	250.000	266,53	249.733,47	COMERCIAL	249.733,47	0,80	199.786,79	4,00	799.147,11	799.147,11	0,0002010	160,63	160,63
11	250.000	0,00	250.000,00	COMERCIAL	250.000,00	0,80	200.000,00	4,00	800.000,00	800.000,00	0,0002010	160,80	160,80
12	250.000	0,00	250.000,00	COMERCIAL	250.000,00	0,80	200.000,00	4,00	800.000,00	800.000,00	0,0002010	160,80	160,80
13	250.000	646,18	249.353,82	COMERCIAL	249.353,82	0,80	199.483,06	4,00	797.932,23	797.932,22	0,0002010	160,38	160,38
14	250.000	0,00	250.000,00	COMERCIAL	250.000,00	0,80	200.000,00	4,00	800.000,00	800.000,00	0,0002010	160,80	160,80
15	250.000	0,00	250.000,00	COMERCIAL	250.000,00	0,80	200.000,00	4,00	800.000,00	800.000,00	0,0002010	160,80	160,80
16	250.000	524,31	249.475,69	COMERCIAL	249.475,69	0,80	199.580,56	4,00	798.322,22	798.322,22	0,0002010	160,46	160,46
17	250.000	0,00	250.000,00	COMERCIAL	250.000,00	0,80	200.000,00	4,00	800.000,00	800.000,00	0,0002010	160,80	160,80
18	250.000	0,00	250.000,00	COMERCIAL	250.000,00	0,80	200.000,00	4,00	800.000,00	800.000,00	0,0002010	160,80	160,80
19	250.000	285,99	249.714,01	COMERCIAL	249.714,01	0,80	199.771,21	4,00	799.084,82	799.084,82	0,0002010	160,62	160,62
20	250.000	0,00	250.000,00	COMERCIAL	250.000,00	0,80	200.000,00	4,00	800.000,00	800.000,00	0,0002010	160,80	160,80
21	250.000	691,23	249.308,77	COMERCIAL	249.308,77	0,80	199.447,02	4,00	797.788,06	797.788,06	0,0002010	160,36	160,36
22	250.000	461,95	249.538,05	COMERCIAL	249.538,05	0,80	199.630,44	4,00	798.521,75	798.521,75	0,0002010	160,50	160,50
23	250.000	595,55	249.404,45	COMERCIAL	249.404,45	0,80	199.523,56	4,00	798.094,24	798.094,24	0,0002010	160,42	160,40
24	250.000	371,72	249.628,28	COMERCIAL	249.628,28	0,80	199.702,62	4,00	798.810,49	798.810,49	0,0002010	160,56	160,56
25	250.000	0,00	250.000,00	COMERCIAL	250.000,00	0,80	200.000,00	4,00	800.000,00	800.000,00	0,0002010	160,80	160,80
26	250.000	0,00	250.000,00	COMERCIAL	250.000,00	0,80	200.000,00	4,00	800.000,00	800.000,00	0,0002010	160,80	160,80
27	250.000	0,00	250.000,00	COMERCIAL	250.000,00	0,80	200.000,00	4,00	800.000,00	800.000,00	0,0002010	160,80	160,80
28	250.000	0,00	250.000,00	COMERCIAL	250.000,00	0,80	200.000,00	4,00	800.000,00	800.000,00	0,0002010	160,80	160,80
29	250.000	589,39	249.410,61	COMERCIAL	249.410,61	0,80	199.528,48	4,00	798.113,94	798.113,94	0,0002010	160,42	160,42
30	250.000	0,00	250.000,00	COMERCIAL	250.000,00	0,80	200.000,00	4,00	800.000,00	800.000,00	0,0002010	160,80	160,80
31	250.000	195,35	249.804,65	COMERCIAL	249.804,65	0,80	199.843,72	4,00	799.374,88	799.374,88	0,0002010	160,67	160,67
32	250.000	160,53	249.839,47	COMERCIAL	249.839,47	0,80	199.871,58	4,00	799.486,31	799.486,31	0,0002010	160,70	160,70
33	250.000	204,75	249.795,25	COMERCIAL	249.795,25	0,80	199.836,20	4,00	799.344,79	799.344,79	0,0002010	160,67	160,66
34	250.000	373,84	249.626,16	COMERCIAL	249.626,16	0,80	199.700,93	4,00	798.803,71	798.803,72	0,0002010	160,56	160,56

35	250.000	0,00	250.000,00	COMERCIAL	250.000,00	0,80	200.000,00	4,00	800.000,00	800.000,00	0,0002010	160,80	160,8
36	250.000	144,59	249.855,41	COMERCIAL	249.855,41	0,80	199.884,33	4,00	799.537,31	799.537,31	0,0002010	160,71	160,71
37	250.000	0,00	250.000,00	COMERCIAL	250.000,00	0,80	200.000,00	4,00	800.000,00	800.000,00	0,0002010	160,80	160,80
38	250.000	403,87	249.596,13	COMERCIAL	249.596,13	0,80	199.676,90	4,00	798.707,61	798.707,61	0,0002010	160,54	160,54
39	250.000	508,33	249.491,67	COMERCIAL	249.491,67	0,80	199.593,33	4,00	798.373,33	798.373,33	0,0002010	160,47	160,47
40	250.000	194,51	249.805,49	COMERCIAL	249.805,49	0,80	199.844,39	4,00	799.377,56	799.377,56	0,0002010	160,67	160,67
41	250.000	423,99	249.576,01	COMERCIAL	249.576,01	0,80	199.660,81	4,00	798.643,24	798.643,24	0,0002010	160,53	160,53
42	250.000	0,00	250.000,00	COMERCIAL	250.000,00	0,80	200.000,00	4,00	800.000,00	800.000,00	0,0002010	160,80	160,80
43	250.000	754,08	249.245,92	COMERCIAL	249.245,92	0,80	199.396,73	4,00	797.586,93	797.586,93	0,0002010	160,31	160,31
44	250.000	196,10	249.803,90	COMERCIAL	249.803,90	0,80	199.843,12	4,00	799.372,49	799.372,49	0,0002010	160,67	160,67
45	250.000	733,52	249.266,48	COMERCIAL	249.266,48	0,80	199.413,18	4,00	797.652,73	797.652,73	0,0002010	160,33	160,32
46	250.000	22,94	249.977,06	COMERCIAL	249.977,06	0,80	199.981,65	4,00	799.926,58	799.926,58	0,0002010	160,79	160,78
47	250.000	662,77	249.337,23	COMERCIAL	249.337,23	0,80	199.469,78	4,00	797.879,12	797.879,12	0,0002010	160,37	160,37
48	250.000	693,69	249.306,31	COMERCIAL	249.306,31	0,80	199.445,05	4,00	797.780,21	797.780,21	0,0002010	160,36	160,35
49	250.000	0,00	250.000,00	COMERCIAL	250.000,00	0,80	200.000,00	4,00	800.000,00	800.000,00	0,0002010	160,80	160,80
50	250.000	522,32	249.477,68	COMERCIAL	249.477,68	0,80	199.582,14	4,00	798.328,57	798.328,57	0,0002010	160,46	160,46
51	250.000	545,67	249.454,33	COMERCIAL	249.454,33	0,80	199.563,46	4,00	798.253,85	798.253,85	0,0002010	160,45	160,45
52	250.000	0,00	250.000,00	COMERCIAL	250.000,00	0,80	200.000,00	4,00	800.000,00	800.000,00	0,0002010	160,80	160,80
53	250.000	531,49	249.468,51	COMERCIAL	249.468,51	0,80	199.574,80	4,00	798.299,21	798.299,21	0,0002010	160,46	160,46
54	250.000	402,68	249.597,32	COMERCIAL	249.597,32	0,80	199.677,86	4,00	798.711,43	798.711,43	0,0002010	160,54	160,54
55	250.000	65,96	249.934,04	COMERCIAL	249.934,04	0,80	199.947,23	4,00	799.788,92	799.788,92	0,0002010	160,76	160,76
56	250.000	0,00	250.000,00	COMERCIAL	250.000,00	0,80	200.000,00	4,00	800.000,00	800.000,00	0,0002010	160,80	160,80
57	250.000	234,64	249.765,36	COMERCIAL	249.765,36	0,80	199.812,29	4,00	799.249,14	799.249,14	0,0002010	160,65	160,65
58	250.000	378,46	249.621,54	COMERCIAL	249.621,54	0,80	199.697,23	4,00	798.788,92	798.788,92	0,0002010	160,56	160,56
59	250.000	563,48	249.436,52	COMERCIAL	249.436,52	0,80	199.549,21	4,00	798.196,85	798.196,85	0,0002010	160,44	160,44
60	250.000	0,00	250.000,00	COMERCIAL	250.000,00	0,80	200.000,00	4,00	800.000,00	800.000,00	0,0002010	160,80	160,80
61	250.000	225,69	249.774,31	COMERCIAL	249.774,31	0,80	199.819,45	4,00	799.277,79	799.277,79	0,0002010	160,65	160,65
62	250.000	526,95	249.473,05	COMERCIAL	249.473,05	0,80	199.578,44	4,00	798.313,75	798.313,75	0,0002010	160,46	160,46
63	250.000	165,64	249.834,36	COMERCIAL	249.834,36	0,80	199.867,49	4,00	799.469,95	799.469,95	0,0002010	160,69	160,69
64	250.000	712,19	249.287,81	EQUIPAMIENTO	8,28	0,80	6,63	4,00	26,51		0,0002229	0,01	161,03
				COMERCIAL	241.699,73	0,80	193.359,79	4,00	773.439,16		0,0002010	155,46	
65	250.000	504,89	249.495,11	RESIDENCIAL	7.579,79	0,80	6.063,83	4,00	24.255,32	797.720,99	0,0002295	5,57	162,33
				EQUIPAMIENTO	25.376,14	0,80	20.300,91	4,00	81.203,66		0,0002229	18,10	
66	250.000	0,00	250.000,00	COMERCIAL	223.325,41	0,80	178.660,33	4,00	714.641,30		0,0002010	143,64	160,80
				RESIDENCIAL	793,56	0,80	634,85	4,00	2.539,39	798.384,35	0,0002295	0,58	
67	250.000	291,29	249.708,71	COMERCIAL	249.708,71	0,80	199.766,97	4,00	799.067,87	799.067,87	0,0002010	160,61	160,61
68	250.000	247,22	249.752,78	COMERCIAL	249.752,78	0,80	199.802,22	4,00	799.208,89	799.208,89	0,0002010	160,64	160,64
69	250.000	608,93	249.391,07	EQUIPAMIENTO	73.681,81	0,80	58.945,45	4,00	235.781,78		0,0002229	52,56	170,33
				COMERCIAL	123.504,21	0,80	98.803,37	4,00	395.213,47		0,0002010	79,44	
70	250.000	97,57	249.902,43	RESIDENCIAL	52.205,05	0,80	41.764,04	4,00	167.056,16	798.051,41	0,0002295	38,34	160,81
				COMERCIAL	249.106,58	0,80	199.285,27	4,00	797.141,08		0,0002010	160,23	
71	250.000	8,06	249.991,94	RESIDENCIAL	795,85	0,80	636,68	4,00	2.546,71	799.687,79	0,0002295	0,58	160,79
				COMERCIAL	249.991,94	0,80	199.993,56	4,00	799.974,21	799.974,21	0,0002010	160,79	160,79

				EQUIPAMIENTO	28.709,68	0,80	22.967,75	4,00	91.870,99		0,0002229	20,48	
				COMERCIAL	121.457,19	0,80	97.165,75	4,00	388.663,01		0,0002010	78,12	
72	250.000	109,24	249.890,76	RESIDENCIAL	99.723,88	0,80	79.779,10	4,00	319.116,42	799.650,42	0,0002295	73,24	171,84
73	250.000	166,67	249.833,33	COMERCIAL	249.833,33	0,80	199.866,66	4,00	799.466,65	799.466,65	0,0002010	160,69	160,69
				EQUIPAMIENTO	9.945,09	0,80	7.956,07	4,00	31.824,29		0,0002229	7,09	
				COMERCIAL	239.746,79	0,80	191.797,43	4,00	767.189,72		0,0002010	154,21	
74	250.000	0,00	250.000,00	RESIDENCIAL	308,12	0,80	246,50	4,00	986,00	800.000,00	0,0002295	0,23	161,52
				EQUIPAMIENTO	33.545,42	0,80	26.836,34	4,00	107.345,35		0,0002229	23,93	
				COMERCIAL	93.496,82	0,80	74.797,46	4,00	299.189,83		0,0002010	60,14	
75	250.000	512,94	249.487,06	RESIDENCIAL	122.444,82	0,80	97.955,86	4,00	391.823,42	798.358,60	0,0002295	89,92	173,98
				EQUIPAMIENTO	9.027,38	0,80	7.221,90	4,00	28.887,61		0,0002229	6,44	
				COMERCIAL	54.306,87	0,80	43.445,49	4,00	173.781,97		0,0002010	34,93	
76	250.000	523,69	249.476,31	RESIDENCIAL	186.142,06	0,80	14.8913,65	4,00	595.654,60	798.324,18	0,0002295	136,70	178,07
				EQUIPAMIENTO	98.762,83	0,80	79.010,26	4,00	316.041,05		0,0002229	70,45	
				COMERCIAL	122.295,29	0,80	97.836,23	4,00	391.344,91		0,0002010	78,66	
77	250.000	80,77	249.919,23	RESIDENCIAL	28.861,11	0,80	23.088,89	4,00	92.355,56	799.741,53	0,0002295	21,20	170,30
				EQUIPAMIENTO	19,93	0,80	15,94	4,00	63,76		0,0002229	0,01	
				COMERCIAL	249.064,03	0,80	199.251,23	4,00	797.004,90		0,0002010	160,20	
78	250.000	421,81	249.578,19	RESIDENCIAL	494,23	0,80	395,39	4,00	1.581,55	798.650,21	0,0002295	0,36	160,58
79	250.000	508,51	249.491,49	COMERCIAL	249.491,49	0,80	199.593,19	4,00	798.372,78	798.372,78	0,0002010	160,47	160,47
80	250.000	686,93	249.313,07	COMERCIAL	249.313,07	0,80	199.450,46	4,00	797.801,84	797.801,84	0,0002010	160,36	160,36
81	250.000	552,89	249.447,11	COMERCIAL	249.447,11	0,80	199.557,69	4,00	798.230,76	798.230,76	0,0002010	160,44	160,44
82	250.000	0,00	250.000,00	COMERCIAL	250.000,00	0,80	200.000,00	4,00	800.000,00	800.000,00	0,0002010	160,80	160,80
83	250.000	0,00	250.000,00	COMERCIAL	250.000,00	0,80	200.000,00	4,00	800.000,00	800.000,00	0,0002010	160,80	160,80
84	250.000	0,00	250.000,00	COMERCIAL	250.000,00	0,80	200.000,00	4,00	800.000,00	800.000,00	0,0002010	160,80	160,80
85	250.000	7,02	249.992,98	COMERCIAL	249.992,98	0,80	199.994,38	4,00	799.977,53	799.977,53	0,0002010	160,80	160,80
				EQUIPAMIENTO	1.229,53	0,80	983,62	4,00	3.934,49		0,0002229	0,88	
				COMERCIAL	244.960,32	0,80	195.968,26	4,00	783.873,04		0,0002010	157,56	
86	250.000	603,35	249.396,65	RESIDENCIAL	3.206,80	0,80	2.565,44	4,00	10.261,75	798.069,29	0,0002295	2,36	160,79
				EQUIPAMIENTO	28.111,44	0,80	22.489,15	4,00	89.956,60		0,0002229	20,05	
				COMERCIAL	176.812,06	0,80	141.449,65	4,00	565.798,61		0,0002010	113,72	
87	250.000	67,34	249.932,66	RESIDENCIAL	45.009,16	0,80	36.007,32	4,00	144.029,30	799.784,51	0,0002295	33,05	166,83
				EQUIPAMIENTO	11.274,50	0,80	9.019,60	4,00	36.078,40		0,0002229	8,04	
				COMERCIAL	97.158,29	0,80	77.726,63	4,00	310.906,53		0,0002010	62,49	
88	250.000	535,58	249.464,42	RESIDENCIAL	141.031,63	0,80	112.825,30	4,00	451.301,21	798.286,14	0,0002295	103,57	174,11
				EQUIPAMIENTO	1.054,41	0,80	843,53	4,00	3.374,13		0,0002229	0,75	
				COMERCIAL	139.749,20	0,80	111.799,37	4,00	447.197,46		0,0002010	89,89	
89	250.000	518,48	249.481,52	RESIDENCIAL	108.677,90	0,80	86.942,32	4,00	347.769,26	798.340,85	0,0002295	79,81	170,45
				EQUIPAMIENTO	24.097,91	0,80	19.278,33	4,00	77.113,32		0,0002229	17,189	
				COMERCIAL	220.598,38	0,80	176.478,71	4,00	705.914,82		0,0002010	141,89	
90	250.000	683,06	249.316,94	RESIDENCIAL	4.620,65	0,80	3.696,52	4,00	14.786,08	0,0002295	0,0002295	3,39	162,47
91	250.000	46,04	249.953,96	COMERCIAL	249.953,96	0,80	199.963,16	4,00	799.852,66	799.852,66	0,0002010	160,77	160,77
92	250.000	301,33	249.698,67	COMERCIAL	249.698,67	0,80	199.758,94	4,00	799.035,74	799.035,74	0,0002010	160,61	160,61
93	250.000	0,00	250.000,00	COMERCIAL	250.000,00	0,80	200.000,00	4,00	800.000,00	800.000,00	0,0002010	160,80	160,80

				EQUIPAMIENTO	424,38	0,80	339,50	4,00	1.358,01		0,0002229	0,30	
				COMERCIAL	213.514,50	0,80	170.811,60	4,00	683.246,39		0,0002010	137,33	
94	250.000	488,13	249.511,87	RESIDENCIAL	35.573,00	0,80	28.458,39	4,00	113.833,58	798.437,97	0,0002295	26,12	163,76
95	250.000	400,56	249.599,44	COMERCIAL	249.599,44	0,80	199.679,55	4,00	798.718,20	798.718,20	0,0002010	160,54	160,54
96	250.000	0,00	250.000,00	COMERCIAL	250.000,00	0,80	200.000,00	4,00	800.000,00	800.000,00	0,0002010	160,80	160,80
				EQUIPAMIENTO	3.629,55	0,80	2.903,64	4,00	11.614,57		0,0002229	2,59	
				COMERCIAL	237.667,48	0,80	190.133,98	4,00	760.535,94		0,0002010	152,87	
97	250.000	22,34	249.977,66	RESIDENCIAL	8.680,63	0,80	6.944,50	4,00	27.778,01	799.928,52	0,0002295	6,38	161,83
98	250.000	512,85	249.487,15	COMERCIAL	249.487,15	0,80	199.589,72	4,00	798.358,88	798.358,88	0,0002010	160,47	160,47
99	250.000	206,53	249.793,47	COMERCIAL	249.793,47	0,80	199.834,77	4,00	799.339,09	799.339,09	0,0002010	160,67	160,67
100	250.000	746,77	249.253,23	COMERCIAL	249.253,23	0,80	199.402,58	4,00	797.610,32	797.610,32	0,0002010	160,32	160,32
101	250.000	119,44	249.880,56	COMERCIAL	249.880,56	0,80	199.904,45	4,00	799.617,80	799.617,80	0,0002010	160,72	160,72
				EQUIPAMIENTO	1.503,56	0,80	1.202,85	4,00	4.811,39		0,0002229	1,07	
102	250.000	119,64	249.880,36	COMERCIAL	248.376,80	0,80	198.701,44	4,00	794.805,76	799.617,15	0,0002010	159,76	160,83
				EQUIPAMIENTO	336,75	0,80	269,40	4,00	1.077,61		0,0002229	0,24	
103	250.000	207,07	249.792,93	COMERCIAL	249.456,18	0,80	199.564,94	4,00	798.259,76	799.337,37	0,0002010	160,45	160,69
104	250.000	127,39	249.872,61	COMERCIAL	249.872,60	0,80	199.898,09	4,00	799.592,35	799.592,35	0,0002010	160,72	160,72
105	250.000	513,96	249.486,04	COMERCIAL	249.486,04	0,80	199.588,83	4,00	798.355,31	798.355,31	0,0002010	160,47	160,47
106	250.000	236,15	249.763,85	COMERCIAL	249.763,85	0,80	199.811,08	4,00	799.244,31	799.244,31	0,0002010	160,65	160,65
107	250.000	533,75	249.466,25	COMERCIAL	249.466,25	0,80	199.573,00	4,00	798.292,01	798.292,01	0,0002010	160,46	160,46
108	250.000	145,15	249.854,85	COMERCIAL	249.854,85	0,80	199.883,88	4,00	799.535,51	799.535,51	0,0002010	160,71	160,71
109	250.000	781,34	249.218,66	COMERCIAL	249.218,66	0,80	199.374,93	4,00	797.499,70	797.499,70	0,0002010	160,28	160,30
110	250.000	0,00	250.000,00	COMERCIAL	250.000,00	0,80	200.000,00	4,00	800.000,00	800.000,00	0,0002010	160,80	160,80
111	250.000	492,78	249.507,22	COMERCIAL	249.507,21	0,80	199.605,77	4,00	798.423,09	798.423,09	0,0002010	160,48	160,48
112	250.000	190,70	249.809,30	COMERCIAL	249.809,30	0,80	199.847,44	4,00	799.389,76	799.389,76	0,0002010	160,68	160,68
113	250.000	0,00	250.000,00	COMERCIAL	250.000,00	0,80	200.000,00	4,00	800.000,00	800.000,00	0,0002010	160,80	160,80
114	250.000	565,24	249.434,76	COMERCIAL	249.434,76	0,80	199.547,81	4,00	798.191,24	798.191,24	0,0002010	160,44	160,44
115	250.000	255,71	249.744,29	COMERCIAL	249.744,29	0,80	199.795,43	4,00	799.181,72	799.181,72	0,0002010	160,63	160,64
116	250.000	540,17	249.459,83	COMERCIAL	249.459,83	0,80	199.567,87	4,00	798.271,47	798.271,47	0,0002010	160,45	160,45
117	250.000	0,00	250.000,00	COMERCIAL	250.000,00	0,80	200.000,00	4,00	800.000,00	800.000,00	0,0002010	160,80	160,80
118	250.000	188,03	249.811,97	COMERCIAL	249.811,97	0,80	199.849,57	4,00	799.398,29	799.398,29	0,0002010	160,68	160,68
119	250.000	575,64	249.424,36	COMERCIAL	249.424,36	0,80	199.539,49	4,00	798.157,94	798.157,94	0,0002010	160,43	160,43
120	250.000	279,45	249.720,55	COMERCIAL	249.720,55	0,80	199.776,44	4,00	799.105,77	799.105,77	0,0002010	160,62	160,62
121	250.000	583,47	249.416,53	COMERCIAL	249.416,53	0,80	199.533,22	4,00	798.132,90	798.132,90	0,0002010	160,42	160,42
122	250.000	60,24	249.939,76	COMERCIAL	249.939,76	0,80	199.951,81	4,00	799.807,22	799.807,22	0,0002010	160,76	160,76
123	250.000	946,67	249.053,33	COMERCIAL	249.053,33	0,80	199.242,67	4,00	796.970,67	796.970,67	0,0002010	160,19	160,19
				EQUIPAMIENTO	83.563,00	0,80	66.850,40	4,00	267.401,61		0,0002229	59,60	
				COMERCIAL	157.731,47	0,80	126.185,18	4,00	504.740,71		0,0002010	101,45	
124	250.000	135,48	249.864,52	RESIDENCIAL	8.570,05	0,80	6.856,04	4,00	27.424,15	799.566,47	0,0002295	6,29	167,35
125	250.000	412,51	249.587,49	COMERCIAL	249.587,49	0,80	199.669,99	4,00	798.679,96	798.679,96	0,0002010	160,53	160,53
126	250.000	577,67	249.422,33	COMERCIAL	249.422,33	0,80	199.537,87	4,00	798.151,47	798.151,47	0,0002010	160,43	160,43
				EQUIPAMIENTO	138.405,19	0,80	110.724,16	4,00	442.896,62		0,0002229	98,72	
				COMERCIAL	92.361,59	0,80	73.889,27	4,00	295.557,08		0,0002010	59,41	
127	250.000	627,53	249.372,46	RESIDENCIAL	18.605,68	0,80	14.884,55	4,00	59.538,18	797.991,89	0,0002295	13,66	171,79

128	250.000	147,64	249.852,36	EQUIPAMIENTO	74.380,76	0,80	59.504,60	4,00	238.018,42	799.527,54	0,0002229	53,05	166,00
				COMERCIAL	174.522,30	0,80	139.617,84	4,00	558.471,37		0,0002010	112,25	
				RESIDENCIAL	949,30	0,80	759,44	4,00	3.037,75		0,0002295	0,70	
129	250.000	521,85	249.478,15	EQUIPAMIENTO	848,92	0,80	679,13	4,00	2.716,54	798.330,09	0,0002229	0,61	160,74
				COMERCIAL	246.276,96	0,80	197.021,57	4,00	788.086,27		0,0002010	158,41	
				RESIDENCIAL	2.352,28	0,80	1.881,82	4,00	7.527,28		0,0002295	1,73	
130	250.000	0,00	250.000,00	COMERCIAL	250.000,00	0,80	200.000,00	4,00	800.000,00	800.000,00	0,0002010	160,80	160,80
131	250.000	118,62	249.881,38	EQUIPAMIENTO	231.564,12	0,80	185.251,29	4,00	741.005,17	799.620,40	0,0002229	165,17	178,46
				COMERCIAL	1.763,25	0,80	1.410,60	4,00	5.642,39		0,0002010	1,13	
				RESIDENCIAL	16.554,01	0,80	13.243,21	4,00	52.972,84		0,0002295	12,16	
132	250.000	628,04	249.371,96	EQUIPAMIENTO	203.478,16	0,80	162.782,53	4,00	651.130,11	797.990,27	0,0002229	145,14	178,82
				COMERCIAL	263,92	0,80	211,13	4,00	844,53		0,0002010	0,17	
				RESIDENCIAL	45.629,88	0,80	36.503,91	4,00	146.015,62		0,0002295	33,51	
133	250.000	123,47	249.876,53	EQUIPAMIENTO	249.840,58	0,80	199.872,46	4,00	799.489,86	799.604,90	0,0002229	178,20	178,23
				COMERCIAL	35,95	0,80	28,76	4,00	115,05		0,0002010	0,02	
				RESIDENCIAL	114.893,11	0,80	91.914,49	4,00	367.657,95		0,0002229	81,95	
134	250.000	658,53	249.341,46	COMERCIAL	90.809,33	0,80	72.647,47	4,00	290.589,87	797.892,68	0,0002010	58,41	172,41
				RESIDENCIAL	43.639,02	0,80	34.911,21	4,00	139.644,86		0,0002295	32,05	
				EQUIPAMIENTO	73.660,06	0,80	58.928,05	4,00	235.712,20		0,0002229	52,54	
135	250.000	122,54	249.877,46	COMERCIAL	164.519,45	0,80	131.615,56	4,00	526.462,23	799.607,86	0,0002010	105,82	166,95
				RESIDENCIAL	11.697,95	0,80	9.358,36	4,00	37.433,43		0,0002295	8,59	
				EQUIPAMIENTO	186.498,30	0,80	149.198,64	4,00	596.794,57		0,0002229	133,01	
136	250.000	132,18	249.867,82	COMERCIAL	4.457,67	0,80	3.566,13	4,00	14.264,54	799.577,01	0,0002010	2,87	179,16
				RESIDENCIAL	58.911,85	0,80	47.129,48	4,00	188.517,91		0,0002295	43,26	
				EQUIPAMIENTO	152.330,07	0,80	121.864,05	4,00	487.456,22		0,0002229	108,65	
137	250.000	256,93	249.743,07	COMERCIAL	1.059,72	0,80	847,77	4,00	3.391,09	799.177,83	0,0002010	0,68	180,10
				RESIDENCIAL	96.353,29	0,80	77.082,63	4,00	308.330,52		0,0002295	70,76	
				EQUIPAMIENTO	178.779,65	0,80	143.023,72	4,00	572.094,87		0,0002229	127,52	
138	250.000	159,70	249.840,30	COMERCIAL	2.340,33	0,80	1.872,26	4,00	7.489,05	799.488,97	0,0002010	1,51	179,49
				RESIDENCIAL	68.720,33	0,80	54.976,26	4,00	219.905,06		0,0002295	50,47	
				EQUIPAMIENTO	231.814,29	0,80	185.451,43	4,00	741.805,73		0,0002229	165,35	
139	250.000	40,18	249.959,82	COMERCIAL	3.057,73	0,80	2.446,18	4,00	9.784,73	799.871,43	0,0002010	1,967	178,40
				RESIDENCIAL	15.087,80	0,80	12.070,24	4,00	48.280,96		0,0002295	11,08	
				EQUIPAMIENTO	174.905,04	0,80	139.924,03	4,00	559.696,12		0,0002229	124,76	
140	250.000	311,17	249.688,83	COMERCIAL	5.058,07	0,80	4.046,45	4,00	16.185,81	799.004,24	0,0002010	3,25	179,22
				RESIDENCIAL	69.725,72	0,80	55.780,58	4,00	223.122,30		0,0002295	51,21	
				EQUIPAMIENTO	214.124,39	0,80	171.299,51	4,00	685.198,05		0,0002229	152,73	
141	250.000	311,50	249.688,50	COMERCIAL	2.791,98	0,80	2.233,59	4,00	8.934,35	799.003,19	0,0002010	1,80	178,59
				RESIDENCIAL	32.772,12	0,80	26.217,70	4,00	104.870,78		0,0002295	24,07	
				EQUIPAMIENTO	193.777,00	0,80	155.021,60	4,00	620.086,40		0,0002229	138,22	
142	250.000	439,51	249.560,49	COMERCIAL	4.646,84	0,80	3.717,47	4,00	14.869,89	798.593,56	0,0002010	2,99	178,76
				RESIDENCIAL	51.136,65	0,80	40.909,32	4,00	163.637,27		0,0002295	37,55	
				EQUIPAMIENTO	184.392,58	0,80	147.514,07	4,00	590.056,27		0,0002229	131,52	
143	250.000	432,42	249.567,58	COMERCIAL	199,64	0,80	159,71	4,00	638,84	798.616,27	0,0002010	0,13	179,37

				RESIDENCIAL	64.975,36	0,80	51.980,29	4,00	207.921,16		0,0002295	47,72	
				EQUIPAMIENTO	167.387,71	0,80	133.910,16	4,00	535.640,66		0,0002229	119,39	
				COMERCIAL	8.843,74	0,80	7.075,00	4,00	28.299,98		0,0002010	5,69	
144	250.000	26,28	249.973,72	RESIDENCIAL	73.742,27	0,80	58.993,82	4,00	235.975,27	799.915,91	0,0002295	54,16	179,24
				EQUIPAMIENTO	226.762,84	0,80	181.410,27	4,00	725.641,08		0,0002229	161,75	
145	250.000	19,78	249.980,22	COMERCIAL	23.217,38	0,80	18.573,91	4,00	74.295,62	799.936,71	0,0002010	14,93	176,68
				EQUIPAMIENTO	208.613,80	0,80	166.891,04	4,00	667.564,15		0,0002229	148,80	
				COMERCIAL	2.110,41	0,80	1.688,33	4,00	6.753,30		0,0002010	1,36	
146	250.000	525,25	249.474,75	RESIDENCIAL	38.750,54	0,80	31.000,43	4,00	124.001,74	798.319,20	0,0002295	28,46	178,62
				EQUIPAMIENTO	179.314,27	0,80	143.451,41	4,00	573.805,65		0,0002229	127,90	
				COMERCIAL	45.733,19	0,80	36.586,55	4,00	146.346,21		0,0002010	29,42	
147	250.000	915,14	249.084,86	RESIDENCIAL	24.037,40	0,80	19.229,92	4,00	76.919,69	797.071,55	0,0002295	17,65	174,97
				EQUIPAMIENTO	144.474,05	0,80	115.579,24	4,00	462.316,97		0,0002229	103,05	
				COMERCIAL	5.393,72	0,80	4.314,98	4,00	17.259,91		0,0002010	3,47	
148	250.000	69,78	249.930,22	RESIDENCIAL	100.062,45	0,80	80.049,96	4,00	320.199,84	799.776,72	0,0002295	73,49	180,01

Anexo D: Proyección de demanda por micro áreas

MICRO ÁREA	Σ USUARIOS	FC	Σ DIND (KVA)	DMCOIN (KW)	LUMINARI A (KW)	DMCOINT OTAL (KW)	D_ALIM (KW)	F. AJUSTE	DMSATUR ACIÓN (KW)	DEMANDA PROYECTA DA (KW)
1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	1	1,00	12,01	12,01	0,00	12,01	36,74	3,05	160,40	489,21
5	1	1,00	12,94	12,93	0,00	12,93	38,11	2,94	160,46	471,74
6	7	0,41	88,32	36,21	0,00	36,21	266,15	7,35	160,46	1.179,37
7	2	0,65	24,92	16,19	0,00	16,19	74,72	4,61	160,46	739,69
8	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	1	1,00	13,92	13,92	0,00	13,92	43,06	3,09	160,80	496,87
10	3	0,55	37,08	20,39	0,00	20,39	111,83	5,48	160,63	880,24
11	2	0,65	25,46	16,55	0,00	16,55	75,51	4,56	160,80	733,24
12	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13	1	1,00	12,22	12,21	0,00	12,21	37,10	3,03	160,38	485,96
14	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16	1	1,00	12,78	12,78	0,00	12,78	40,57	3,17	160,46	508,66
17	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18	1	1,00	14,52	14,52	0,00	14,52	43,75	3,01	160,80	484,00
19	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	2	0,65	25,02	16,26	0,00	16,26	75,71	4,65	160,80	747,72
21	1	1,00	12,72	12,72	0,00	12,72	38,61	3,03	160,36	485,87
22	3	0,55	25,03	13,76	0,00	13,76	75,88	5,51	160,50	884,37
23	8	0,408	100,62	40,24	0,00	40,24	306,76	7,62	160,42	1.222,37
24	2	0,65	25,07	16,29	0,00	16,29	76,18	4,67	160,56	749,81
25	1	1,00	12,45	12,44	0,00	12,44	39,19	3,15	160,80	506,52
26	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
27	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
28	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
29	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
31	1	1,00	13,03	13,03	0,00	13,03	39,35	02	160,67	485,23
32	10	0,397	146,05	56,95	0,00	56,95	437,90	7,68	160,69	1.234,15
33	15	0,379	228,20	84,43	3,50	87,93	688,73	7,83	160,67	1.258,03
34	1	1,00	14,41	14,40	0,00	14,40	45,43	3,15	160,56	505,76
35	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
36	1	1,00	13,10	13,09	0,00	13,09	40,57	3,09	160,71	496,58
37	12	0,389	234,83	89,23	0,00	89,23	717,35	8,03	160,80	1.291,22
38	8	0,408	121,82	49,71	1,25	50,96	367,84	7,21	160,54	1.157,49
39	1	1,00	23,58	23,57	4,90	28,47	71,83	2,52	160,47	404,39
40	112	0,301	1.917,56	577,91	50,20	628,11	5.768,52	9,18	160,67	1.474,99
41	6	0,422	84,36	35,60	2,80	38,40	255,72	6,65	160,53	1.067,50
42	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
43	1	1,00	12,98	12,98	0,00	12,98	40,10	3,08	160,31	493,77
44	13	0,385	165,99	64,01	7,00	71,01	496,92	6,99	160,67	1.123,11
45	13	0,385	194,86	75,14	4,20	79,34	582,27	7,33	160,32	1.175,20
46	7	0,414	91,67	37,99	9,10	47,09	277,54	5,89	160,79	947,02
47	2	0,65	25,31	16,45	0,00	16,45	74,91	4,55	160,37	729,70
48	2	0,65	25,37	16,49	3,35	19,84	74,34	3,74	160,35	599,72
49	1	1,00	12,67	12,67	0,00	12,67	37,51	2,96	160,80	475,96
50	2	0,65	11,13	7,23	0,00	7,23	35,66	4,93	160,46	791,08
51	0	0,00	0,00	0,00	1,25	1,25	0,00	0,00	0,00	0,00
52	2	0,65	25,28	16,42	0,00	16,42	72,95	4,44	160,80	713,95
53	2	0,65	24,89	16,17	0,70	16,87	74,41	4,41	160,46	707,62
54	3	0,55	40,59	22,32	0,00	22,32	124,52	5,57	160,54	894,21
55	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
56	4	0,50	54,18	27,09	5,60	32,69	123,68	3,78	160,80	607,82
57	2	0,65	27,67	17,98	0,00	17,98	83,48	4,64	160,65	745,41
58	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
59	20	0,366	340,01	124,73	13,70	138,43	1.021,99	7,38	160,44	1.184,02
60	1	1,00	14,88	14,87	0,00	14,87	44,06	2,96	160,80	475,96
61	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
62	1	1,00	14,23	14,23	0,00	14,23	42,67	2,99	160,46	479,77
63	1	1,00	13,12	13,11	0,00	13,11	43,55	3,32	160,69	533,50
64	18	0,371	220,29	81,80	17,60	99,40	659,45	6,63	161,03	1.067,65

65	1	1,00	11,94	11,94	0,00	11,94	35,16	2,94	162,33	477,23
66	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
67	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
68	3	0,55	25,76	14,16	0,00	14,16	77,42	5,46	160,64	877,09
69	33	0,346	415,07	143,74	11,20	154,94	1.253,20	8,08	170,33	1.376,29
70	7	0,414	70,19	29,09	2,40	31,49	210,82	6,69	160,81	1.075,81
71	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
72	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
73	2	0,65	26,24	17,05	0,00	17,05	79,244	4,64	160,69	745,61
74	1	1,00	12,00	11,99	0,00	11,99	34,38	2,86	161,53	461,96
75	90	0,308	1.097,59	339,06	58,50	397,56	3.315,85	8,34	173,99	1.451,05
76	197	0,282	2.616,25	740,09	67,90	807,99	7.902,39	9,78	178,07	1.741,54
77	19	0,369	329,64	121,65	11,90	133,55	991,24	7,42	170,30	1.263,63
78	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
79	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
80	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
81	1	1,00	13,75	13,74	0,00	13,74	42,14	3,06	160,44	490,95
82	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
83	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
84	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
85	5	0,431	106,65	45,98	0,00	45,98	321,41	6,99	160,80	1.123,96
86	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
87	76	0,314	1.145,48	360,69	25,00	385,69	3.445,33	8,93	166,83	1.489,80
88	200	0,282	2.658,03	750,64	110,70	861,34	8.026,95	9,31	174,11	1.620,94
89	110	0,301	1.525,19	460,59	62,45	523,04	4.597,89	8,79	170,45	1.498,27
90	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
91	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
92	1	1,00	13,02	13,01	4,90	17,91	39,75	2,21	160,61	354,93
93	2	0,65	23,17	15,06	1,25	16,31	71,52	4,38	160,80	704,3
94	63	0,321	766,33	246,49	42,80	289,29	2.317,94	8,01	163,76	1.311,71
95	29	0,351	304,68	107,09	10,30	117,39	908,51	7,73	160,54	1.240,99
96	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
97	22	0,362	278,36	101,00	12,75	113,75	840,80	7,39	161,83	1.195,93
98	42	0,336	320,41	107,93	19,50	127,43	978,80	7,68	160,47	1.232,41
99	23	0,3609	241,76	87,27	7,30	94,57	728,69	7,7	160,67	1.237,13
100	3	0,55	21,27	11,70	1,40	13,10	65,01	4,96	160,32	795,18
101	2	0,65	21,20	13,78	9,75	23,53	64,44	2,73	160,72	438,77
102	1	1,00	11,09	11,09	0,00	11,09	33,74	3,04	160,83	488,91
103	14	0,382	158,33	60,53	6,60	67,13	478,31	7,12	160,69	1.144,11
104	1	1,00	10,94	10,94	7,50	18,44	32,59	1,76	160,72	282,86
105	2	0,65	37,04	24,07	0,70	24,77	114,08	4,6	160,47	738,15
106	0	0,00	0,00	0,00	7,00	7,00	0,00	0,00	7,00	0,00
107	19	0,369	282,39	104,21	5,60	109,81	858,63	7,81	160,46	1.253,16
108	4	0,50	50,76	25,37	1,00	26,37	155,26	5,88	160,71	944,95
109	1	1,00	13,20	13,19	2,50	15,69	40,58	2,58	160,30	413,56
110	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	160,80	0,00
111	2	0,65	43,00	27,94	0,00	27,94	130,06	4,65	160,48	746,24
112	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	160,68	0,00
113	4	0,5	80,71	40,35	11,50	51,85	245,59	4,73	160,80	760,58
114	22	0,362	448,06	162,58	7,70	170,28	1.351,82	7,93	160,44	1.272,26
115	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	160,64	0,00
116	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	160,45	0,00
117	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	160,80	0,00
118	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	160,68	0,00
119	2	0,65	21,04	13,67	0,00	13,67	65,46	4,78	160,43	766,85
120	1	1,00	14,17	14,16	0,00	14,16	40,43	2,85	160,62	457,76
121	21	0,364	265,83	96,97	8,40	105,37	760,49	7,21	160,42	1.156,66
122	8	0,408	103,85	42,37	7,80	50,17	307,36	6,12	160,76	983,85
123	2	0,65	27,11	17,61	0,70	18,31	82,17	4,48	160,19	717,65
124	3	0,55	39,00	21,45	0,00	21,45	117,99	5,5	167,35	920,42
125	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	160,53	0,00
126	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	160,43	0,00
127	7	0,414	89,84	37,23	3,50	40,73	273,52	6,71	171,79	1.152,72
128	10	0,397	146,00	58,04	1,25	59,29	434,45	7,32	166,00	1.215,15
129	1	1,00	11,15	11,15	0,00	11,15	33,78	3,03	160,74	487,03
130	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	160,80	0,00
131	2	0,65	24,90	16,18	1,40	17,58	73,89	4,2	178,46	749,53
132	8	0,408	79,23	32,33	2,10	34,43	593,83	17,24	178,82	3.082,80
133	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	178,23	0,00
134	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	172,41	0,00
135	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	166,95	0,00

136	5	0,431	49,96	21,54	7,80	29,34	146,88	5,00	179,16	895,78
137	30	0,350	366,40	128,28	29,10	157,38	1.102,03	7,00	180,10	1.260,68
138	12	0,389	153,73	59,83	16,00	75,83	461,72	6,08	179,49	1.091,32
139	3	0,55	29,12	16,01	0,70	16,71	84,23	5,04	178,40	899,11
140	20	0,366	236,13	86,62	18,10	104,72	718,09	6,85	179,22	1.227,63
141	7	0,414	91,49	37,92	9,00	46,92	272,32	5,80	178,59	1.035,84
142	7	0,414	114,75	47,56	7,00	54,56	344,31	6,31	178,76	1.127,98
143	13	0,385	188,41	72,65	7,50	80,15	577,28	7,20	179,37	1.291,46
144	6	0,422	85,70	36,16	7,00	43,16	254,05	5,88	179,24	1.053,92
145	1	1,00	12,57	12,56	1,00	13,56	38,44	2,83	176,68	500,00
146	3	0,55	39,60	21,77	0,00	21,77	117,95	5,41	178,61	966,31
147	5	0,431	55,14	23,77	3,90	27,67	165,79	5,99	174,97	1.048,06
148	13	0,385	143,81	55,45	6,20	61,65	433,27	7,02	180,01	1.263,63
Total									1.857,17	

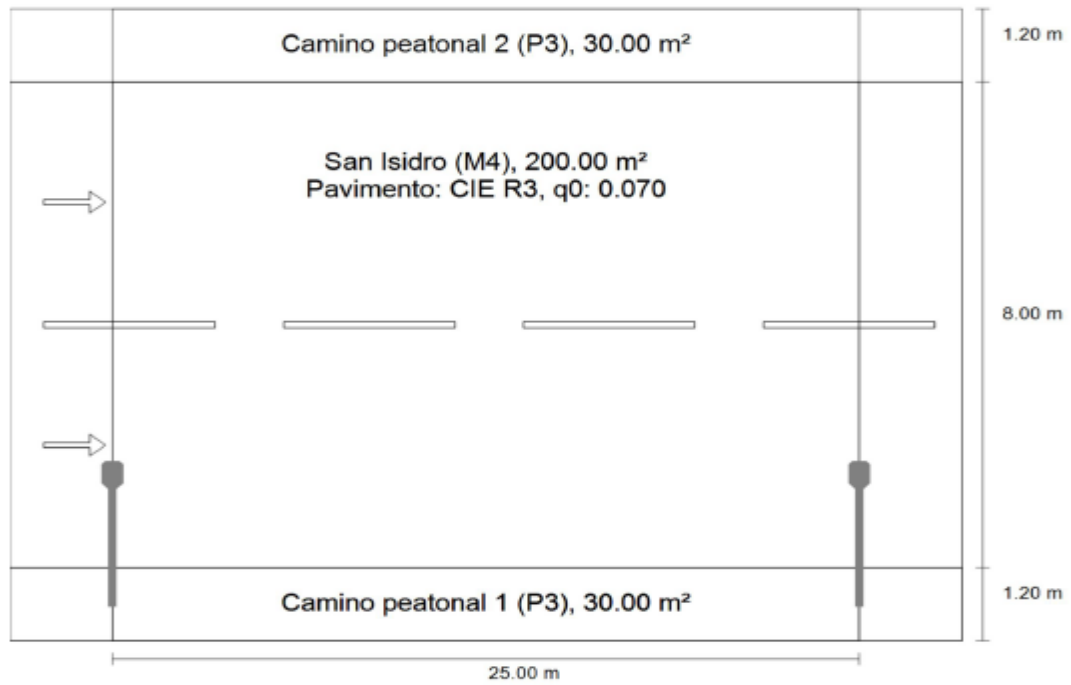
Anexo E. Resultado del análisis luminotécnico

Calculo_luminotecnico_SANISIDRO

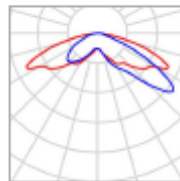
DIALux

Calle 10 de agosto · Alternativa 1

Resumen (hacia EN 13201:2015)



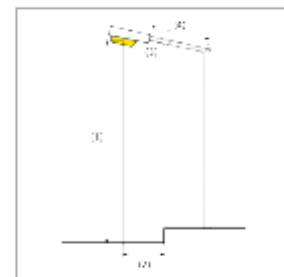
Calle 10 de agosto · Alternativa 1
Resumen (hacia EN 13201:2015)



Fabricante	CREE	P	185.0 W
Nº de artículo	LXDPR712E--	$\Phi_{Lámpara}$	15260 lm
Nombre del artículo	LEDway Road type PR 120 Led	$\Phi_{Luminaria}$	11182 lm
Lámpara	definido por el usuario	η	73.28 %

LEDway Road type PR 120 Led (unilateral abajo)

Distancia entre mástiles	25.000 m
(1) Altura de punto de luz	10.000 m
(2) Saliente del punto de luz	1.500 m
(3) Inclinación del brazo	5.0°
(4) Longitud del brazo	1.500 m
Horas de trabajo anuales	4000 h: 100.0 %, 185.0 W
Consumo	7400.0 W/km
ULR / ULOR	0.00 / 0.00
Intensidad lumínica máx	$\geq 70^\circ$: 439 cd/klm
Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).	$\geq 80^\circ$: 219 cd/klm $\geq 90^\circ$: 28.0 cd/klm
Clase de potencia lumínica	-
Los valores de intensidad lumínica en [cd/klm] para el cálculo de la clase de potencia lumínica se refieren al flujo luminoso de luminaria conforme a EN 13201:2015.	
Clase de índice de deslumbramiento	D.0



Calle 10 de agosto · Alternativa 1
Resumen (hacia EN 13201:2015)

Resultados para campos de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Camino peatonal 2 (P3)	E_m	10.68 lx	[7.50 - 11.25] lx	✓
	E_{min}	9.89 lx	≥ 1.50 lx	✓
San Isidro (M4)	L_m	0.83 cd/m ²	≥ 0.75 cd/m ²	✓
	U_o	0.62	≥ 0.40	✓
	U_l	0.76	≥ 0.60	✓
	TI	9 %	≤ 15 %	✓
	$R_{ef}^{(1)}$	0.88	-	-
Camino peatonal 1 (P3)	E_m	8.88 lx	[7.50 - 11.25] lx	✓
	E_{min}	8.11 lx	≥ 1.50 lx	✓

(1) Informativo, no es parte de la evaluación

Para la instalación se ha calculado con un factor de mantenimiento de 0.67.

Resultados para indicadores de eficiencia energética

	Tamaño	Calculado	Consumo
Calle 10 de agosto	D_p	0.071 W/lx*m ²	-
LEDway Road type PR 120 Led (unilateral abajo)	D_e	2.8 kWh/m ² año	740.0 kWh/año