



**Diseño de redes de media y baja tensión para proyectos de electrificación de urbanizaciones
en ICELCO INGENIERÍA S.A.S.**

Carlos Leonel Escobar Polo

Informe de práctica para optar al título de Ingeniero Electricista

Asesor

Diego Adolfo Mejía Giraldo, PhD en Ingeniería Eléctrica

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Eléctrica
Medellín, Antioquia, Colombia
2022

Cita	(Escobar Polo, 2022)
Referencia	Escobar Polo, C. (2022). <i>Diseño de redes de media y baja tensión para proyectos de electrificación de urbanizaciones en ICELCO INGENIERÍA S.A.S.</i> Informe de práctica. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

Quiero dedicar los resultados de este trabajo principalmente a mis padres quienes me apoyaron y estuvieron junto a mí en los momentos malos y en los menos malos. Me han enseñado a ser la persona que soy hoy y ellos son los responsables de que mantuviera la calma y afrontara las dificultades sin perder el rumbo en este objetivo de lograr el título profesional de ingeniero electricista.

También quiero dedicarle este trabajo a mi hermano. Por su comprensión y porque ha sido esa voz de aliento cuando más lo he necesitado, porque le quiero. Nunca dejaré de estar agradecido con ellos por esto.

Agradecimientos

Agradezco enormemente a los ingenieros Andrés Amézquita, Wilson Vallejo, Jenny Jaramillo y Álvaro Córdoba porque me brindaron todo su conocimiento, experiencia y consejos en el desarrollo de la práctica académica, atendiendo cada una de mis inquietudes y logrando un seguimiento y acompañamiento de admirar en cada una de mis funciones.

Tabla de contenido

Resumen	9
Abstract	10
Introducción	11
1 Objetivos	12
1.1 Objetivo general	12
1.2 Objetivos específicos	12
2 Marco teórico	13
3 Metodología	16
4 Resultados y análisis	18
4.1 Alcance Físico	19
4.2 Normatividad Aplicable	19
4.3 Selección del transformador	21
4.4 Coordinación de aislamiento	22
4.4.1 Niveles de aislamiento DPS	23
4.4.2 Selección de aisladores	23
4.5 Cálculo de regulación y pérdidas	26
4.6 Cantidad y presupuesto de materiales	35
5 Conclusiones	43
Referencias	44

Lista de tablas

Tabla 1. Datos generales del proyecto Conjunto Campestre Nueva Esperanza	19
Tabla 2. Puntos que aplican al proyecto y su nivel de profundidad	20
Tabla 3. Demanda máxima diversificada CEDENAR	21
Tabla 4. Selección del transformador de acuerdo con tabla CEDENAR y demanda de alumbrado público	22
Tabla 5. Datos técnicos transformador óptimo para el proyecto	22
Tabla 6. Parámetros del DPS de distribución seleccionado	23
Tabla 7. Correlación entre tensiones no disruptivas normalizadas al impulso de rayo y distancias en el aire mínimas	25
Tabla 8. Aspectos generales del cálculo de Regulación y pérdidas en el circuito de Media Tensión	31
Tabla 9. Aspectos generales del cálculo de Regulación y pérdidas en el circuito de Baja Tensión	31
Tabla 10. Constantes de regulación de los diferentes conductores en media tensión	32
Tabla 11. Constantes de regulación del conductor trenzado en baja tensión	32
Tabla 12. Cálculo de regulación y pérdidas en Media Tensión del proyecto Conjunto Campestre Nueva Esperanza	34
Tabla 13. Cálculo de regulación y pérdidas en Baja Tensión del proyecto Conjunto Campestre Nueva Esperanza	34
Tabla 14. Materiales y costo de la estructura de baja tensión LA327 con cable trenzado	36
Tabla 15. Materiales y costo de la estructura de Media Tensión retención trifásica disposición horizontal ICEL 550	38
Tabla 16. Estructuras y demás elementos utilizados en la red trenzada de baja tensión del proyecto Conjunto Campestre Nueva Esperanza	41
Tabla 17. Estructuras y demás elementos utilizados en la red de media tensión del proyecto Conjunto Campestre Nueva Esperanza	41

Tabla 18. Equipo y estructura de transformación proyecto Conjunto Campestre Nueva Esperanza 42

Tabla 19. Precio cajas de distribución aérea del proyecto Conjunto Campestre Nueva Esperanza 42

Tabla 20. Costo total tentativo del proyecto Conjunto Campestre Nueva Esperanza 42

Lista de figuras

Figura 1. Punto de conexión del proyecto	18
Figura 2. Plano red aérea Conjunto Campestre Nueva Esperanza	28
Figura 3. Convenciones utilizadas proyecto Conjunto Campestre Nueva Esperanza	29
Figura 4. Plano con los nodos, longitud de tramos y acometidas para el cálculo de regulación y pérdidas en baja tensión	30
Figura 5. Detalle estructura de baja tensión LA327 con cable trenzado	37
Figura 6. Detalle estructura de media tensión retención trifásica disposición horizontal ICEL 550	39

Siglas, acrónimos y abreviaturas

RETIE	Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas
NTC	Norma Técnica Colombiana
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ANSI	American National Standards Institute
ICONTEC	Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación
CEDENAR	Centrales Eléctricas de Nariño
kVA	Kilovoltamperio
kW	Kilovatio
kV	Kilovoltio
V	Voltio
A	Amperio
W	Vatio
BIL	Basic Isulation Level
Fp	Factor de potencia
M.T	Media Tensión
B.T	Baja Tensión
Km	Kilómetro
Mts.	Metros
mm.	Milímetros
PhD	Philosophiae Doctor

Resumen

En este informe se presenta una de las actividades realizadas durante el periodo de prácticas en los diferentes proyectos y trabajos de campo ejecutados en el escenario de prácticas Icelco ingeniería S.A.S. Dentro de estas labores y funciones, se documenta el apoyo en el proyecto de electrificación del conjunto campestre Nueva Esperanza ubicado en zona rural del municipio de Iles. Paralelamente, en este informe, se describe de manera breve y concisa algunos de los puntos abordados durante el desarrollo del proyecto, así como la metodología empleada para llevar a cabo cada apartado del mismo. Además, mediante la cotización del material visitando sitios web de comercializadoras del mismo, se detalla la estimación de la cantidad y elaboración del presupuesto de material para la electrificación del proyecto. Por último, se asistió actividades como el diseño de instalaciones eléctricas de usuario final por medio de la elaboración de planos eléctricos, memorias de cálculo y aplicación normativa RETIE.

Palabras clave: Operador de red, subestación aérea, kVA por usuario, regulación, pérdidas de energía.

Abstract

This report presents one of the activities carried out during the internship period in the different projects and field work carried out in the Icelco Ingeniería S.A.S. interships scene. Within these tasks and functions, the support for the electrification project of the Nueva Esperanza residential countryside complex located in the rural area of the municipality of Iles is documented. At the same time, this report briefly and concisely describes some of the items addressed during the development of the project, as well as the methodology used to carry out each section of the project. In addition, by quote the material by visiting websites of marketers of the same, the estimation of the quantity and preparation of the material budget for the electrification of the project is detailed. Lastly, activities such as the design of end-user electrical installations were assisted through the development of electrical plans, calculation reports and application of RETIE regulations.

Keywords: Independent system operator, Pole Mounted Substation, Maxinum diversified demand, regulation, energy loss.

Introducción

ICELCO INGENIERÍA S.A.S. es una empresa que cuenta con servicios de diseño de redes de distribución de energía eléctrica, montajes eléctricos de baja y media tensión, diseño y construcción de sistemas de iluminación e instalaciones de uso final. Actualmente, la empresa tiene un contrato vigente de mantenimientos de las redes eléctricas de media y baja tensión de la zona Sur del departamento de Nariño. Dentro de las principales actividades realizadas como auxiliar de ingeniería esta práctica la elaboración de un informe para el operador de red de Nariño CEDENAR S.A.S. E.S.P el cual debe contener al detalle el desarrollo de los puntos RETIE que aplican al proyecto de diseño de red de media tensión y baja tensión del conjunto campestre Nueva Esperanza. El alcance del proyecto comprende el diseño y la construcción de la red externa del conjunto campestre, lo cual implica un análisis de los requerimientos expuestos en el anexo general del RETIE en su artículo 10. El enfoque de esta práctica es el análisis financiero del proyecto partiendo de la cantidad total de materiales de la obra y el costo de estos.

Las limitaciones en el desarrollo de este proyecto de prácticas se dieron por el tiempo de ejecución del mismo, ya que el desarrollo a cabalidad de un proyecto de estos no coincide con los tiempos de desarrollo de la práctica profesional. Como consecuencia, en este informe se indican los resultados alcanzados durante el desarrollo de la práctica académica. Por lo tanto, se propuso, por medio de esta práctica profesional, cooperar en las etapas de diseño y construcción de redes eléctricas en media y baja tensión; y a su vez fortalecer los conocimientos adquiridos en la academia y obtener nuevos conocimientos técnicos y presupuestales basados en la experiencia de los integrantes que componen la empresa.

1 Objetivos

1.1 Objetivo general

Apoyar en las etapas del diseño de redes de media y baja tensión para proyectos de electrificación de urbanizaciones del departamento de Nariño.

1.2 Objetivos específicos

- Apoyar en el diseño de redes de distribución de energía eléctrica en AutoCAD.
- Apoyar en la construcción del presupuesto de materiales de los diferentes proyectos de electrificación.
- Acompañar las actividades de mantenimiento correctivo de las redes de transmisión y distribución de energía eléctrica de la zona sur del departamento de Nariño
- Reportar los diferentes mantenimientos correctivos realizados en la zona sur del departamento de Nariño a CEDENAR

2 Marco teórico

El desarrollo de esta práctica académica está asociada al diseño de redes de distribución primaria y secundaria de energía eléctrica para proyectos de electrificación de urbanizaciones. Con base en esto y para poder llevar a cabo los proyectos, se deberá considerar que el diseño de la red eléctrica debe tener: apoyos o postes, usuarios conectados a los postes, calibre de los conductores de la red primaria y secundaria de distribución, transformadores, conjuntos utilizados para la conexión entre poste y poste, cumplimiento de los esfuerzos mecánicos por medio de la ubicación de templetes.

Se aplicarán los diferentes conceptos estudiados en transporte de energía como lo son: barrajes secundarios, regulación de tensión, pérdidas de energía, demanda máxima diversificada, dimensionamiento de transformadores, ramales, estructuras para distribución en media y baja tensión. Cualquier diseño debe cumplir con lo establecido en el reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE) y con la norma del operador de red donde se vaya a llevar a cabo la construcción de la red. En el desarrollo de este proyecto se omiten aspectos de diseño que se exigen en el (RETIE) y que son de obligatorio cumplimiento, por razones que se justificarán.

A continuación, se definen los principales conceptos teóricos que se utilizarán durante la práctica académica:

Acometida: Derivación de la red local del servicio respectivo que llega hasta el registro de corte del inmueble. En edificios de propiedad horizontal o condominios, la acometida llega hasta el registro de corte general (Ministerio de Minas y Energía, 1997).

Capacidad o potencia instalada: También conocida como carga conectada, es la sumatoria de las cargas en kVA continuas y no continuas, previstas para una instalación de uso final. Igualmente, es la potencia nominal de una central de generación, subestación, línea de transmisión o circuito de la red de distribución (Ministerio de Minas y Energía, 1997).

Carga continua: Carga cuya corriente máxima se prevé que circule durante tres horas o más (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC], 1998).

Comercializador de electricidad: Persona natural o jurídica que comercializa electricidad, bien en forma exclusiva o combinada con otra u otras actividades del sector eléctrico, cualquiera de ellas sea la actividad principal. (Ministerio de Minas y Energía, 1997).

Cuarto eléctrico: Recinto o espacio en un edificio dedicado exclusivamente a los equipos y dispositivos eléctricos, tales como transformadores, celdas, tableros, UPS, protecciones, medidores, canalizaciones y medios para sistemas de control entre otros (Ministerio de Minas y Energía, 1997).

Distancia de seguridad: Distancia mínima alrededor de un equipo eléctrico o de conductores energizados, necesaria para garantizar que no habrá accidente por acercamiento de personas, animales, estructuras, edificaciones o de otros equipos (Ministerio de Minas y Energía, 1997).

Equipotencializar: Es el proceso, práctica o acción de conectar partes conductivas de las instalaciones, equipos o sistemas entre sí o a un sistema de puesta a tierra, mediante una baja impedancia, para que la diferencia de potencial sea mínima entre los puntos interconectados (Ministerio de Minas y Energía, 1997).

Mantenimiento: Conjunto de acciones o procedimientos tendientes a preservar o restablecer un bien, que le permita garantizar la máxima confiabilidad (Ministerio de Minas y Energía, 1997).

Nivel de riesgo: Equivale a grado de riesgo. Es el resultado de la valoración conjunta de la probabilidad de ocurrencia de los accidentes, de la gravedad de sus efectos y de la vulnerabilidad del medio (Ministerio de Minas y Energía, 1997).

Panel de distribución (panelboard): Un solo panel o grupo de paneles diseñados para ensamblarse en forma de un solo panel, que incluye elementos de conexión, dispositivos automáticos de protección contra sobrecorriente y puede estar equipado con interruptores para accionamiento de circuitos de alumbrado, calefacción o fuerza; está diseñado para ser instalado en un armario o caja colocado en o sobre una pared o tabique y es accesible sólo por su frente (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC], 1998).

Punto de conexión: Es el punto eléctrico en el cual el equipo de un usuario está conectado a un STR o SDL para propósito de transferir energía eléctrica entre las partes. El punto de conexión indica la frontera respecto a la propiedad de los activos entre el Operador de Red y el cliente (CEDENAR, 2019).

Sistema de Puesta a Tierra (SPT) (GROUNDING SYSTEM): Conjunto de elementos conductores de un sistema eléctrico específico, sin interrupciones ni fusibles, que unen los equipos eléctricos con el suelo o terreno. Comprende la puesta a tierra y todos los elementos puestos a tierra (CEDENAR, 2019).

Subestación: Conjunto único de instalaciones, equipos eléctricos y obras complementarias, destinado a la transferencia de energía eléctrica, mediante la transformación de potencia (Ministerio de Minas y Energía, 1997).

Tableros de medida: Estructuras metálicas o no metálicas que cumplen con condiciones mecánicas y de seguridad, construidos para instalarse generalmente de manera empotrada, sobre puesta en los muros o paredes o autosoportados y destinados a encerrar equipos de baja tensión como medidores de energía, equipos de protección y transformadores de medida (CEDENAR, 2019).

3 Metodología

Las siguientes actividades se llevaron a cabo con el apoyo y seguimiento de personal calificado de ICELCO S.A.S.

1. Interpretación a cabalidad las normas técnicas que rigen el diseño y construcción de redes de distribución de energía eléctrica y que aplican al proyecto de electrificación. Estas normas y reglamentos son:

- CEDENAR. (2019). Norma de diseño y construcción de Centrales Eléctricas de Nariño. 2019.

Esta norma se puede solicitar directamente al operador de red CEDENAR.

- Ministerio de Minas y Energía. (2013). Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE.

Este reglamento se puede consultar directamente en la página web del ministerio de minas y energía sección Misional/Energía eléctrica/Reglamentos Técnicos.

- Guía Técnica Colombiana NTC 262. Electrotecnia Guía para la selección de dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias (DPS) en transformadores de distribución. ICONTEC 2016.

- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC]. (1998). Norma técnica colombiana NTC2050.

Estas dos normas anteriores se pueden consultar en el sitio web del Icontec sección buscador de normas.

2. Realización de visita en campo para establecer posibles puntos de conexión del proyecto y obtener información que ayude al proceso de diseño. A través de la visita se evalúa la factibilidad del terreno para la colocación del poste de arranque, la vecindad del mismo con el fin de verificar que no haya interferencia de la vegetación ni en domicilios de otros usuarios, y los posibles recorridos de la red primaria. El criterio más importante para establecer el punto de conexión fue la cercanía del circuito alimentador (54SP02) al proyecto y que se había notificado, por diligencias hechas meses atrás, que el circuito contaba con la disponibilidad de potencia requerida.

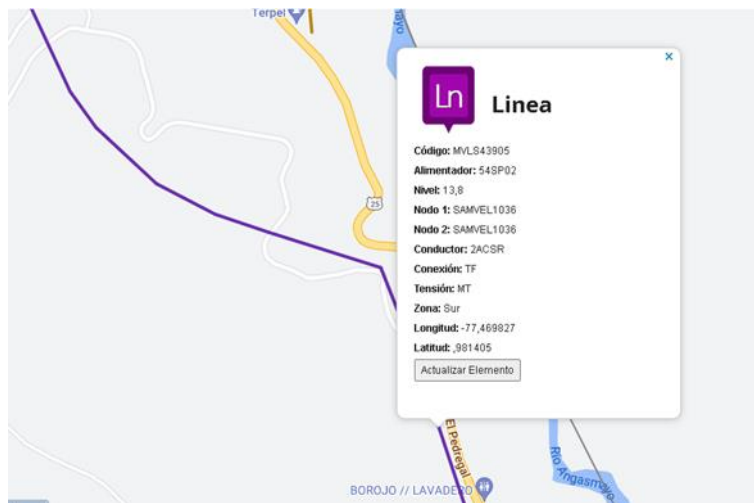
3. Elaboración de los diseños eléctricos a través del software Autocad, en el cual se especifican detalles del proyecto como lo son la ruta de los conductores (Media tensión y baja tensión), ubicación del transformador, punto de conexión, etc.

4. Realización de ajustes al diseño propuesto.
5. Estimación de la cantidad y elaboración del presupuesto de material para la electrificación del proyecto. Se obtienen las correspondientes cotizaciones visitando diferentes sitios web de comercializadoras del material.
6. Escritura del informe final que contiene la descripción al detalle de la metodología planteada para llevar a cabo el diseño eléctrico del proyecto. En la metodología se establecen los enfoques que se emplearon para desarrollar el trabajo (cualitativo, cuantitativo o mixto), las técnicas e instrumentos aplicados y las fases de ejecución de la propuesta de prácticas.

4 Resultados y análisis

Se le asignó a ICELCO INGENIERÍA S.A.S. el proyecto de electrificación del conjunto campestre Nueva Esperanza ubicado en el kilómetro 37 vía panamericana entre Ipiales – Pasto. Una de las actividades realizadas durante el desarrollo de la práctica profesional fue precisamente la elaboración del diseño de la red externa (Media tensión y baja tensión) siguiendo los lineamientos generales de las instalaciones eléctricas, expuestas en el anexo general del RETIE en su artículo 10. Debido a que la empresa tiene acceso al sistema de distribución de la zona sur del departamento de Nariño puedo compartir el circuito del punto de conexión el cual se puede observar en la **Figura 1**.

Figura 1
Punto de conexión del proyecto



Nota. Fuente <https://www.cednar.com.co/>.

En la **Tabla 1** se muestran aspectos generales del proyecto tales como: la localización, número de usuarios y tipo de subestación:

Tabla 1*Datos generales del proyecto Conjunto Campestre Nueva Esperanza*

Nombre del proyecto:	Conjunto Campestre Nueva Esperanza
Dirección:	Km 37 Vía panamericana Ipiales – Pasto
Municipio:	Iles
Estrato:	4
Tipo:	Residencial
N° Usuarios:	19
Subestación:	SAPUYES
Circuito:	54SP02
Tipo Subestación Proyectada:	Aérea Tipo Poste
Operador de red:	CEDENAR S.A.

4.1 Alcance Físico

Se proyecta la instalación de un transformador trifásico en aceite de 45kVA alimentado a un nivel de tensión de 13.8kV desde el punto de conexión establecido por CEDENAR SA E.S.P operador de red de la zona, el cual está ubicado sobre la vía Ipiales-Pasto Circuito 54SP02 y alimentado desde la subestación SAPUYES. Desde el transformador proyectado se harán las respectivas derivaciones en red trenzada de baja tensión a un nivel de 208-120V para alimentar las diferentes cajas de distribución aérea a las cuales tendrán acceso los usuarios para instalación de sus acometidas aéreas.

4.2 Normatividad Aplicable

En la **Tabla 2** se presentan los puntos Retie que de acuerdo con el alcance del proyecto tienen aplicabilidad, así como su nivel de profundidad:

Tabla 2*Puntos que aplican al proyecto y su nivel de profundidad*

ASPECTOS RETIE PROYECTO			
ITEM	APLICA	PROFUNDIDAD	EXPLICACIÓN NO APLICACIÓN
A	NO	NA	El alcance del proyecto solamente incluye red externa del Conjunto Campestre Nueva Esperanza (Red de Media tensión y Baja tensión)
B	SI	BAJA	
C	NO	NA	No se requiere cálculo de cortocircuito y falla a tierra según norma de diseño y construcción CEDENAR S.A. E.S.P. capítulo IX Sección 9.1.2.5: "Cálculo de cortocircuito para cargas mayores o iguales a 1 MVA, el cálculo debe realizarse desde la subestación alimentadora."
D	NO	NA	
E	SI	MEDIA	
F	SI	BAJA	
G	NO	NA	Según Retie en el Art. 14 Sección 14. 4 deben: "Incluir un análisis del campo electromagnético el diseño de líneas con tensión superior a 57.5 kV", "Para redes de distribución y uso final, el valor de exposición al público debe medirse a partir de las distancias de seguridad, donde se tenga la posibilidad de permanencia prolongada de personas (hasta 8 horas) o en zonas de amplia circulación del público." Ya que para el presente proyecto no existe exposición constante del público a los campos producidos por las redes de media tensión, no se excede el valor dado por el reglamento, y por este motivo no requiere memorias de cálculo para campos electromagnéticos.
H	SI	BAJA	
I	SI	BAJA	
J	NO	NA	El alcance del proyecto solamente incluye red externa del Conjunto Campestre Nueva Esperanza (Red de Media tensión y Baja tensión)
K	NO	NA	El alcance del proyecto solamente incluye red externa del Conjunto Campestre Nueva Esperanza (Red de Media tensión y Baja tensión)
L	NO	NA	Según norma de diseño y construcción de CEDENAR S.A. E.S.P. la cual es autónoma, se exigirá diseño mecánico para líneas de media tensión, incluyendo ramales y alimentadores principales, acorde a las siguientes longitudes. Para niveles de tensión de 13.2 kV ó 13.8kV, se exigirá diseño mecánico para longitudes iguales o superiores a 5000 metros y para niveles de tensión de 34.5 Kv o superiores a partir de 1500 metros. La distancia de este proyecto en M.T es de 145 metros.
M	SI	BAJA	
N	SI	BAJA	
O	SI	BAJA	
P	SI	ALTA	
Q	NO	NA	
R	SI	BAJA	
S	SI	MEDIA	
T	NO	NA	
U	SI	MEDIA	
V	NO	NA	No se requiere desviación de la NTC 2050 siguiendo los lineamientos del operador de red.
W	NO	NA	El proyecto no requiere demás estudios para su correcta y segura operación.

4.3 Selección del transformador

En la **Tabla 3** se encuentran los kVA por usuario definidos por CEDENAR S.A. E.S.P. Para la selección del transformador.

Tabla 3

Demanda máxima diversificada CEDENAR

Número de Usuarios	kVA por usuario											
	Estrato											
	Alto		Medio Alto		Medio		Medio Bajo		Bajo		Bajo Bajo	
1	1.35	1.35	1.19	1.19	0.97	0.97	0.86	0.86	0.74	0.74	0.63	0.63
2	2.56	1.28	2.27	1.13	1.85	0.93	1.57	0.79	1.4	0.7	1.24	0.62
3	3.67	1.22	3.27	1.09	2.66	0.89	2.21	0.74	2	0.67	1.83	0.61
4	4.71	1.18	4.22	1.06	3.42	0.86	2.81	0.7	2.56	0.64	2.39	0.6
5	5.71	1.14	5.14	1.03	4.15	0.83	3.37	0.67	3.09	0.62	2.93	0.59
6	6.67	1.11	6.02	1	4.85	0.81	3.92	0.65	3.59	0.6	3.46	0.58
7	7.6	1.09	6.88	0.98	5.52	0.79	4.46	0.64	4.08	0.58	3.96	0.57
8	8.5	1.06	7.72	0.96	6.18	0.77	4.99	0.62	4.54	0.57	4.46	0.56
9	9.39	1.04	8.54	0.95	6.82	0.76	5.51	0.61	4.99	0.55	4.93	0.55
10	10.27	1.03	9.35	0.94	7.45	0.75	6.02	0.6	5.43	0.54	5.4	0.54
11	11.13	1.01	10.15	0.92	8.07	0.73	6.53	0.59	5.86	0.53	5.85	0.53
12	11.99	1	10.94	0.91	8.68	0.72	7.03	0.59	6.29	0.52	6.29	0.52
13	12.83	0.99	11.73	0.9	9.29	0.71	7.54	0.58	6.7	0.52	6.71	0.52
14	13.67	0.98	12.5	0.89	9.89	0.71	8.04	0.57	7.11	0.51	7.13	0.51
15	14.5	0.97	13.28	0.89	10.48	0.7	8.54	0.57	7.51	0.5	7.53	0.5
16	15.33	0.96	14.04	0.88	11.07	0.69	9.03	0.56	7.91	0.49	7.93	0.5
17	16.15	0.95	14.81	0.87	11.66	0.69	9.53	0.56	8.31	0.49	8.32	0.49
18	16.97	0.94	15.57	0.86	12.24	0.68	10.02	0.56	8.7	0.48	8.7	0.48
19	17.78	0.94	16.32	0.86	12.82	0.67	10.52	0.55	9.09	0.48	9.07	0.48
20	18.6	0.93	17.08	0.85	13.4	0.67	11.01	0.55	9.47	0.47	9.43	0.47

Fuente. (CEDENAR, 2019)

Por lo tanto, para los 19 usuarios del proyecto de estrato 4 (medio alto) se obtuvo el dimensionamiento del transformador trifásico como se muestra en la **Tabla 4**.

Tabla 4

Selección del transformador de acuerdo con tabla CEDENAR y demanda de alumbrado público

SELECCIÓN DE TRANSFORMADOR								
N° Usuarios	Estrato 4 (medio alto)		Alumbrado público			Total kVA	Transformador trifásico óptimo	
	kVA por Usuario	kVA Totales de todos los usuarios	N° de Luminarias	W por luminaria	Demanda alumbrado público (kVA)		kVA transformador seleccionado	Cargabilidad Transformador %
19	0.86	16.34	16	80	1.28	17.62	45	39.16

Por lo tanto, en la **Tabla 5** se indican las características del transformador seleccionado las cuales son:

Tabla 5

Datos técnicos transformador óptimo para el proyecto

Capacidad transformador:	45 kVA
Tipo de transformador:	Trifásico en aceite
Tensión primaria:	13200V
Tensión secundaria:	208-120V
Corriente nominal primaria:	1.88A
Corriente nominal secundaria:	124.91A

4.4 Coordinación de aislamiento

Comprende la selección de las sobretensiones de soportabilidad requeridas de los equipos en relación con las tensiones que pueden aparecer en el sistema en el cual los equipos serán utilizados. Teniendo presente la norma CEDENAR S.A. E.S.P. la cual expresa que el tipo de aislamiento se seleccionará de acuerdo con el nivel de tensión de servicio de la siguiente manera:

Nivel	Aislamiento (kV)	BIL (kV)
Media tensión 13.2 kV	15	95

Con los valores definidos anteriormente se especifican los equipos y materiales involucrados en la instalación aguas abajo del dispositivo de protección contra sobretensiones.

4.4.1 Niveles de aislamiento DPS

Según norma de diseño y construcción de sistemas de distribución eléctricos de CEDENAR S.A. E.S.P. para protección de subestación aérea contra sobretensiones se utilizarán pararrayos tipo distribución los cuales se seleccionarán según los criterios establecidos en el numeral 8.6 de la misma norma, por lo tanto, en la **Tabla 6** se enmarcan los parámetros del pararrayos seleccionado:

Tabla 6

Parámetros del DPS de distribución seleccionado

CARACTERÍSTICAS DESCARGADOR DE SOBRETENSIONES		
PARAMETROS	UNIDAD	DPS
Tensión de servicio	kV	13.2
Tensión nominal	kV	12
Aislamiento (BIL)	kV	110
Tensión sostenida	kV	36
Cap. Nominal de descarga	kA	10
Máxima tensión de cebado	kV	68
Factor puesta a tierra	-	0.8
Factor de seguridad mínima de aislamiento	-	1.4

Fuente. (CEDENAR, 2019)

4.4.2 Selección de aisladores

Sistema neutro corrido con puesta a tierra múltiple, la distancia de fuga se calcula de la siguiente forma (EPM, 2019):

$$Distancia\ de\ fuga = V_{Ln} * 1.1 * K_a * \Delta_{fuga} \quad (1)$$

Donde:

Δ_{fuga} : es la distancia de fuga específica nominal mínima para el nivel de contaminación de la zona [mm/kV] y que para el proyecto se considera ligera y es de 12.7 mm/kV.

K_a : es el factor de corrección por altura sobre el nivel del mar definido en la siguiente ecuación:

$$K_a = e^{m * \frac{H}{8150}} \quad (2)$$

Donde:

H: Altura sobre el nivel del mar en metros

m: 1 para la coordinación de tensiones soportadas al impulso tipo rayo

$$Distancia\ de\ fuga = \frac{13.2 * 1.1}{\sqrt{3}} * 1.2014 * 12.7 = 127.91mm$$

La distancia de fuga de los aisladores debe ser por lo menos de 127.91 mm.

Las distancias de arco (Fase a tierra) y entre fases son iguales para los sistemas en la gama I (Sistemas con V_m de 1 kV hasta 245 kV) y se determinan de acuerdo con tensiones de soportabilidad normalizadas de referencia que acoge el operador de red de la zona CEDENAR S.A. E.S.P. Por lo tanto, para un valor de BIL del de 95 kV las distancias deben ser mínimo de 160 mm tal y como se sugiere en la **Tabla 7**.

Tabla 7

Correlación entre tensiones no disruptivas normalizadas al impulso de rayo y distancias en el aire mínimas

Tensión no disruptiva normalizada al impulso de rayo kV	Distancia mínima en el aire mm	
	Estructura punta	Estructura conductor
20	60	
40	60	
60	90	
75	120	
95	160	
125	220	
145	270	
170	320	
200	380	
250	480	
325	630	
380	750	
450	900	
550	1100	
650	1300	
750	1500	
850	1700	1600
1050	1900	1700
1175	2100	1900

Fuente. (IEC, 2018)

Los aisladores se deben especificar con los siguientes valores:

Distancia de fuga mínima: 128 mm

Distancia de arco mínima: 160 mm

La distancia entre fases se especifica con el siguiente valor:

Distancia entre fases mínima: 160 mm

4.5 Cálculo de regulación y pérdidas

Según norma CEDENAR S.A. E.S.P. el cálculo de la regulación de voltaje y cálculo de pérdidas debe utilizar la siguiente metodología: Inicialmente se determina el voltaje en cada nodo del sistema. Para ello se utilizan las constantes de regulación de manera que:

$$\% Reg \text{ Nodo } m = K * kVA \text{ Acum } \text{Nodo } m * L(\text{longitud tramo}) \quad (3)$$

Donde K es la constante de regulación que depende del conductor, del voltaje y del factor de potencia $\cos(\phi)$ del sistema:

$$K = \frac{R * \cos(\phi) + X * \sin(\phi)}{10 * (kV_{LL})^2} \quad (4)$$

Los valores de las constantes de regulación para los tipos de conductores utilizados se toman del numeral 8.3.4 de la misma norma.

La regulación acumulada en el nodo $m+1$ es:

$$\% Reg. \text{Acum } \text{nodo } m + 1 = \% Reg \text{ Acum } \text{nodo } m + \% Reg \text{ nodo } m + 1 \quad (5)$$

El voltaje en el nodo m será:

$$V_m = V_o(1 - \%Reg. \text{Acum } \text{nodo } m) \quad (6)$$

Conocidos los voltajes en cada uno de los nodos, se empieza a calcular las pérdidas. Para calcularlas se debe comenzar por el final del circuito de manera que se vayan acumulando pérdidas desde el último tramo hasta el primero.

Además, para determinar la demanda total en un tramo se debe tener en cuenta no sólo la demanda de los usuarios acumulados en el nodo final del tramo, utilizando las curvas de demanda máxima diversificada, sino las pérdidas acumuladas del tramo siguiente. La demanda en un tramo J debida a los usuarios acumulados desde el último tramo del mismo ramal está dada por las curvas de demanda máxima diversificada. La demanda total del tramo J incluye además las pérdidas acumuladas en el tramo siguiente y sub-ramales, así:

$$kVA \text{ total } \text{tramo } J = kVA_{usacum \text{ tramo } J} + Perd_{\text{tramo } (J+1)} + Perd_{\text{acum sub ramales}} \quad (7)$$

Las pérdidas (para sistemas trifásicos) en el tramo J están dadas por la siguiente ecuación:

$$P_{tramo J} [kW] = \frac{LJ * RJ * 3 * \left[\left(\frac{kVA \text{ total tramo } J}{\sqrt{3} * kV_{LL}} \right)^2 \right]}{1000} \quad (8)$$

Donde:

LJ: Longitud del tramo en kilómetros

RJ: Ohmios / kilómetro

kVLL: Voltaje en el nodo final del tramo J

Las pérdidas acumuladas en el nodo J se calculan por la ecuación:

$$Perd \text{ acum tramo } J = Perd \text{ tramo } J + Perd \text{ acum tramo } (J + 1) \quad (9)$$

Los criterios tenidos en cuenta siguiendo la norma CEDENAR S.A. E.S.P. a la hora de realizar los cálculos de regulación fueron los siguientes:

- El porcentaje de regulación total acumulada en Media Tensión a partir de la subestación de subtransmisión, no debe exceder el 10%
- Los calibres MÍNIMOS exigidos para redes de baja tensión en zona urbana y rural será el ACSR #2
- El porcentaje de regulación a partir del transformador no debe exceder los siguientes valores:

Redes de B.T urbanas: 5%

Redes de B.T rurales: 5%

Inicialmente, se realizó la ubicación de postes, del transformador y trazado de la red primaria y secundaria en el plano urbanístico otorgado por el propietario del proyecto, así como también las estructuras de Media tensión y baja tensión y las acometidas que sirvieron para la asignación de los nodos los cuales son indispensables a la hora del cálculo de regulación y pérdidas. Se dibujó el plano de la red que se muestra en la **Figura 2**, con el fin de hacer mucho más práctico el proceso de diseño de la red eléctrica. En la **Figura 3**, se observan las convenciones utilizadas para la realización del plano de la red aérea del conjunto campestre Nueva Esperanza. En la **Figura 4** se detallan los nodos del proyecto de electrificación, la longitud de los tramos y el número de acometidas respectivo.

Figura 2
Plano red aérea Conjunto Campestre Nueva Esperanza



Figura 3

Convenciones utilizadas proyecto Conjunto Campestre Nueva Esperanza

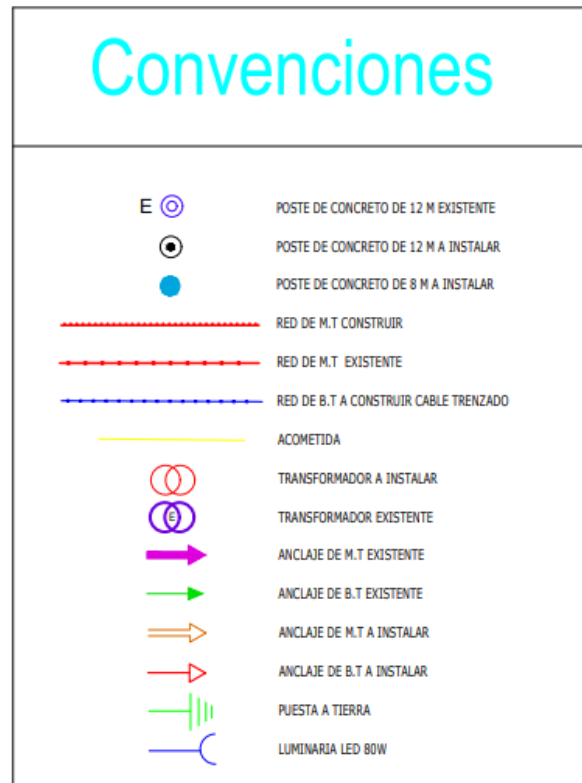
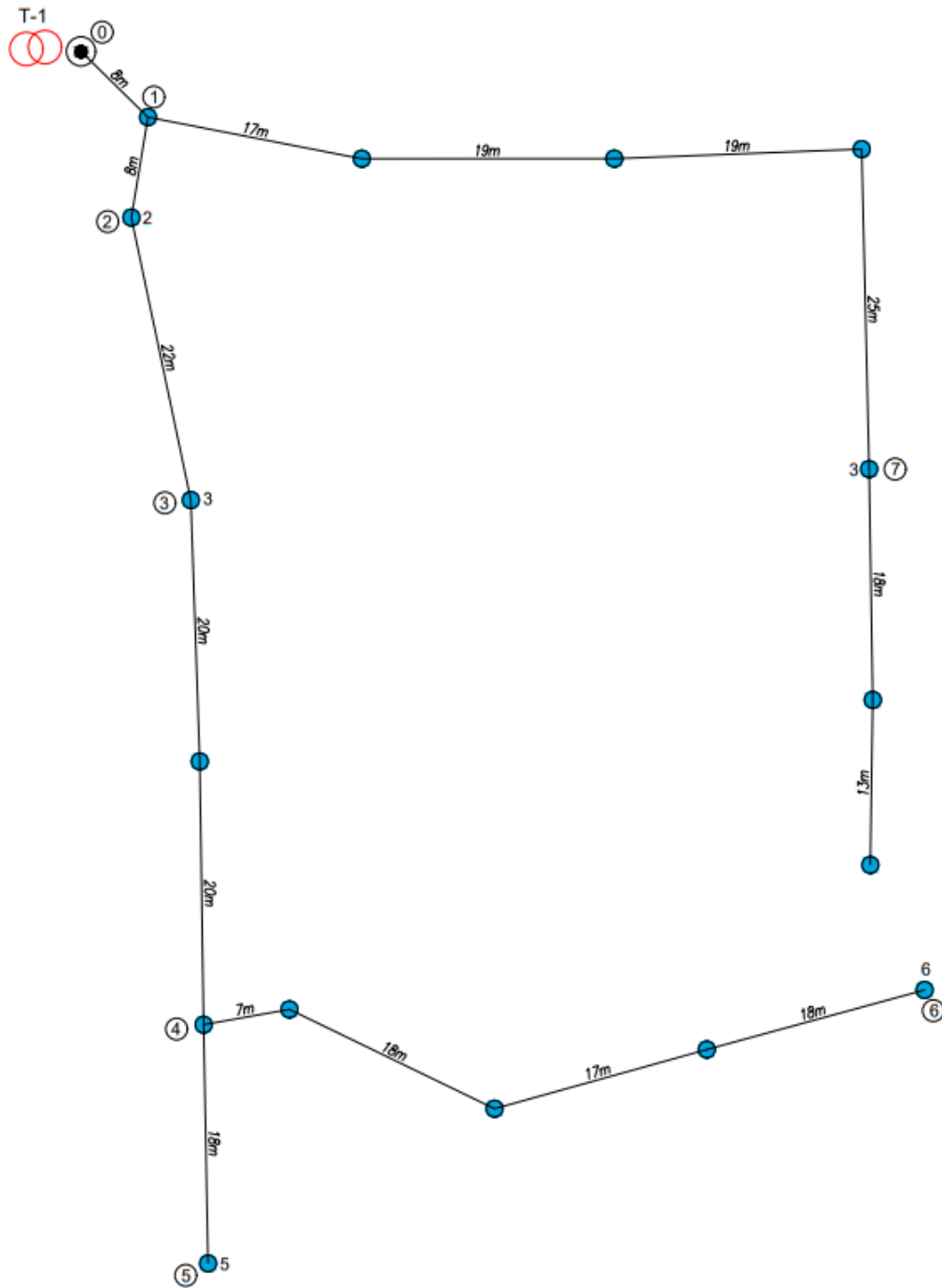


Figura 4

Plano con los nodos, longitud de tramos y acometidas para el cálculo de regulación y pérdidas en baja tensión



En el programa Excel se hicieron los respectivos cálculos de regulación tanto de media tensión como los de baja tensión. En la **Tabla 8** y **Tabla 9** se indican los aspectos relevantes del cálculo en media tensión y baja tensión como por ejemplo tipo de transformador, longitud de los circuitos y factor de potencia de la instalación.

Tabla 8

Aspectos generales del cálculo de Regulación y pérdidas en el circuito de Media Tensión

CÁLCULO DE REGULACION DE MEDIA TENSIÓN			
Proyecto Red de Media Tensión y Baja Tensión conjunto campestre Nueva Esperanza			
Cálculo de regulación y pérdidas en Media Tensión			
Subestación	Sapuyes		
N° Transformadores	1		
Tensión Operación Transformador	13.8 kV/208-120V		
Tipo Transformador	Trifásico		
Factor de Potencia (cos θ)	0.95	SEN θ	0.31
Potencia instalada	45	kVA	
Temperatura Conductor	75°C		
Longitud red M.T	144	M	

Tabla 9

Aspectos generales del cálculo de Regulación y pérdidas en el circuito de Baja Tensión

CÁLCULO DE REGULACION DE BAJA TENSION			
Proyecto Red de Media Tensión y Baja Tensión Conjunto Campestre Nueva Esperanza			
Cálculo de regulación y pérdidas en Baja Tensión			
Transformador	T-1		
Tipo de subestación			
Monofásica			
Trifásica	X		
Factor de Potencia (cos θ)	0.95	SEN θ	0.31
Número de Usuarios	19		
Demanda Total	16.34	KVA	
Carga Alumbrado	1.28	KVA	
Carga Total	17.62	KVA	
Transformador Optimo	45	KVA	
kVA/Usuario	0.86		
Temperatura Conductor	90°C		

Teniendo en cuenta que la red de media tensión es abierta utilizando conductores ACSR, los valores de las constantes de regulación de los conductores para el respectivo cálculo se obtuvieron de norma CEDENAR y se indican en la **Tabla 10**. Para obtener las constantes de regulación de los conductores de la red secundaria la cual es en cable trenzado cuádruplex se procedió a utilizar la ecuación (4) sugerida por CEDENAR y estas constantes se pueden observar en la **Tabla 11**.

Tabla 10

Constantes de regulación de los diferentes conductores en media tensión

K CONSTANTE DE REGULACIÓN EN M.T TABLA CEDENAR			
Calibre AWG	FACTOR DE POTENCIA		
	0.9	0.95	0.8
2	0.000583	0.000595	0.000362
1/0	0.000382	0.000388	0.000286
2/0	0.000305	0.000311	0.000308
4/0	0.000288	0.000267	

Fuente. (CEDENAR, 2019)

Tabla 11

Constantes de regulación del conductor trenzado en baja tensión

Resistencia eléctrica c.a. y reactancia inductiva para Cables de Aluminio tipo Múltiplex para 600V a 60Hz. Instalación aérea autosoportada				
Calibre AWG	Resistencia a corriente alterna R (ohm/km)		Reactancia inductiva XL (ohm/km)	
	75°C	90°C	Tríplex	Cuádruplex
2	1.048	1.100	0.098	0.112
1/0	0.659	0.692	0.095	0.109
2/0	0.523	0.549	0.093	0.107
3/0	0.415	0.436	0.091	0.105
4/0	0.329	0.346	0.090	0.103

Fuente. (CENTELSA, 2005)

Una vez se ejecuta el programa de cálculo que se logró desarrollar en Excel teniendo en cuenta los lineamientos dados en la metodología de cálculo de regulación y pérdidas de CEDENAR se llega a los resultados obtenidos en media tensión **Tabla 12** y los resultados obtenidos en baja tensión **Tabla 13**. Entre los resultados obtenidos están el conductor óptimo a utilizar, así como la regulación total que debe ser menor al 5% y el porcentaje de pérdidas tanto para los circuitos de media tensión como de baja tensión.

Tabla 12

Cálculo de regulación y pérdidas en Media Tensión del proyecto Conjunto Campestre Nueva Esperanza

NODO		LONG.	CARGA	kVA	MOMENT	REGULACIÓN		VOLT	CONDUCTOR	K	R	PÉRDIDAS Kw		PÉRDIDAS	PÉRDIDAS
INICIAL	FINAL	Km	kVA	CORREGIDOS	KVA*LONG	PARC	TOTAL	NODO	ACSR	CONDUCTOR	(ohm/km)	PARCIAL	ACUMUL	ACU KVA	%
A	T-1	0.144	45.000	45.000	6.48	0.00386	0.00386	13.7995	2	0.000595	1.108	0.00169669	0.0016967	0.0018	0.0041778%

Tabla 13

Cálculo de regulación y pérdidas en Baja Tensión del proyecto Conjunto Campestre Nueva Esperanza

NODO		LONG.	Nº	CARGA	kVA	MOMENT	REGULACIÓN		VOLT	CONDUCTOR	K	R	PERDIDAS kW		PÉRD	PÉRD
INICIAL	FINAL	MTS	USU	kVA	CORREGIDOS	KVA*LONG	PARC	TOTAL	NODO	CUADRUPLEX	CONDUCTOR	(ohm/km)	PARCIAL	ACUMUL	ACU KVA	%
0	1	8.0	23	33.940	34.575	271.52	0.421	0.421	207.1243	1/0	1.55038831	0.692	0.15426134	0.899	0.9990	2.94%
1	2	8.0	16	24.170	24.717	193.36	0.3	0.721	206.5003	1/0	1.55038831	0.692	0.07931222	0.571	0.6350	2.63%
2	3	22.0	14	21.360	21.717	469.92	0.729	1.45	204.984	1/0	1.55038831	0.692	0.17087835	0.492	0.5468	2.56%
3	4	40.0	11	17.120	17.144	684.8	1.062	2.512	202.775	1/0	1.55038831	0.692	0.19786238	0.3213	0.3570	2.09%
4	5	18.0	5	8.430	8.430	151.74	0.235	2.747	202.2862	1/0	1.55038831	0.692	0.02163222	0.0216	0.0240	0.29%
4	6	60.0	6	9.920	9.920	595.2	0.923	3.67	200.3664	1/0	1.55038831	0.692	0.10177261	0.102	0.1131	1.14%
1	7	80.0	7	11.380	11.380	910.4	1.411	2.132	203.5654	1/0	1.55038831	0.692	0.17301052	0.173	0.1922	1.69%

Luego de realizar el respectivo cálculo se concluyó que los conductores óptimos para media tensión son conductores desnudos ACSR N°2 para las tres fases del circuito primario y para el circuito de red secundaria cable trenzado trifásico cuádruplex 3x 1/0 AL AWG XLPE 90°C + 1/0 ACSR

4.6 Cantidad y presupuesto de materiales

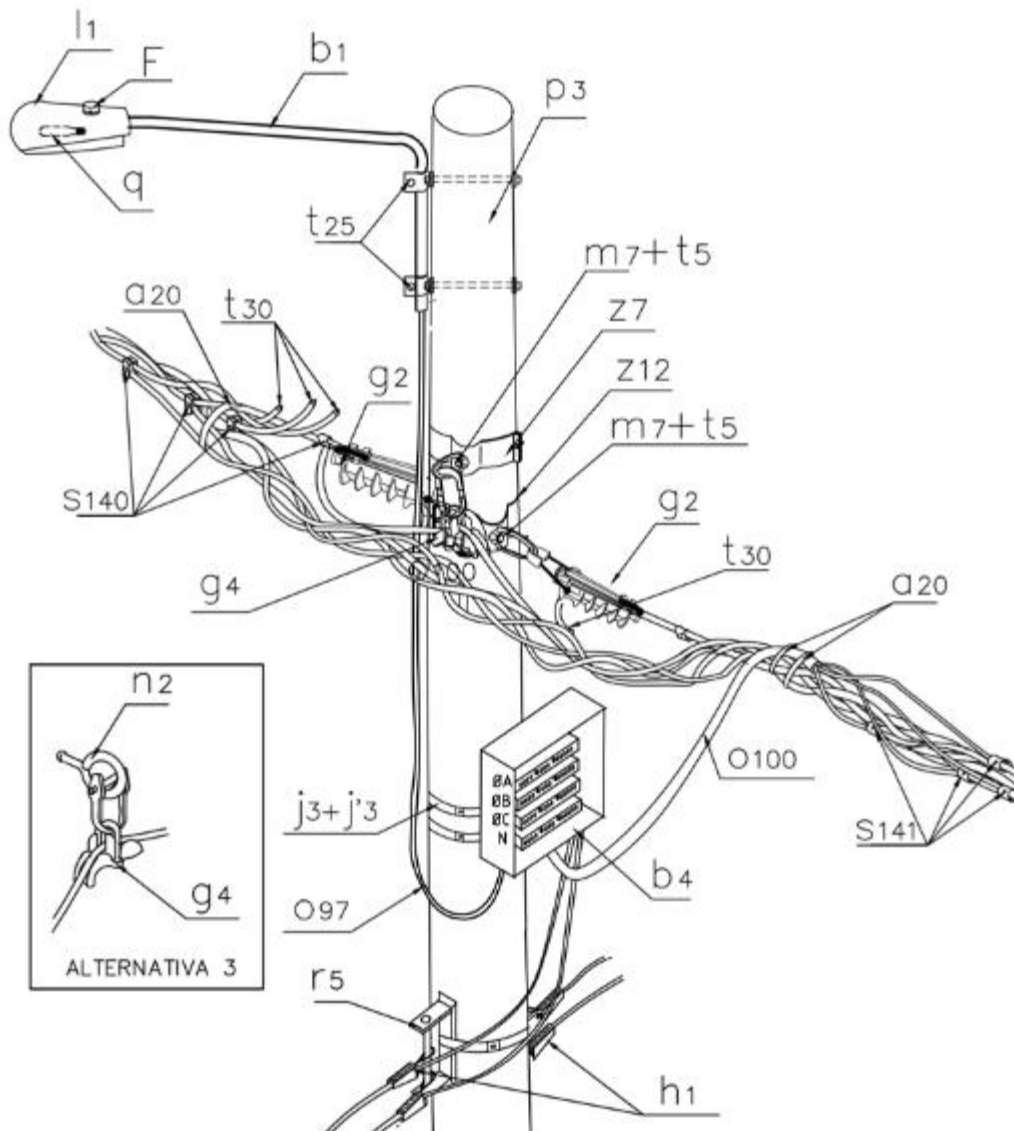
Una vez se definieron en el plano urbanístico el tipo y la cantidad de estructuras necesarias para el proyecto tanto de baja tensión como de media tensión, se procedió a calcular la cantidad de materiales que necesita cada estructura para poder ser montada. En la **Tabla 14** se indica por ejemplo el tipo, la cantidad y precio de cada uno los materiales que conforman la estructura LA327 la cual corresponde a un circuito secundario en retención doble con conductor trenzado de B.T. Para la respectiva cotización se visitó diferentes sitios web de comercializadores de materiales eléctricos del mercado nacional. El detalle de esta se puede observar en la **Figura 5** donde se nombra cada elemento que compone esta estructura y que se puede identificar junto con la **Tabla 14**. Tanto en la figura 5 como en la tabla 13 se detallan algunos elementos cuya cantidad son cero debido a que la cantidad de estos materiales se elabora por aparte, por ejemplo, las luminarias que se van a utilizar, el cable trenzado y los soportes de luminarias.

Tabla 14*Materiales y costo de la estructura de baja tensión LA327 con cable trenzado*

SIMB.	CANT.	DESCRIPCIÓN	Vr/UNITARIO	0%	Vr/TOTAL
a20	3	Amarre plástico para cable trenzado	\$ 115	\$ 115	\$ 345.00
b1	0	Soporte para luminaria horizontal f3/4" x 2 m en vías secundarias	\$ 0	\$ 0	\$ 0.00
b4	0	Caja de distribución aérea BT	\$ 0	\$ 0	\$ 0.00
F	0	Fotocontrol 1000 W / 1800 VA 205 / 285 V, tipo N.C.	\$ 0	\$ 0	\$ 0.00
g2	2	Grapa retención aislada para red trenzada de B.T.	\$ 16,835	\$ 16,835	\$ 33,670.00
g4	1	Grapa de suspensión para cable trenzado de B.T.	\$ 36,481	\$ 36,481	\$ 36,481.00
h1	0	Tensor de acometidas	\$ 0	\$ 0	\$ 0.00
j3	3	Metros de cinta de acero inoxidable 5/8"x 0,03"	\$ 3,210	\$ 3,210	\$ 9,630.00
j'3	3	Hebilla de acero inoxidable 5/8"	\$ 682	\$ 682	\$ 2,046.00
l1	0	Luminaria de sodio 70 W para alumbrado público		\$ 0	\$ 0.00
m7	3	Tuerca de ojo alargado 5/8"	\$ 8,126	\$ 8,126	\$ 24,378.00
o97	0	Cable BT Aéreo Al 2x25+54,6 mm ² , neutro auto soportado.	\$ 0	\$ 0	\$ 0.00
o100	0	Cable BT Aéreo Al 3x35+54,6 mm ² , neutro auto soportado.	\$ 0	\$ 0	\$ 0.00
p3	0	Poste de concreto 8 m 510kg	\$ 0	\$ 0	\$ 0.00
q	0	Bombilla de sodio 70 W sodio HID, 90 V	\$ 0	\$ 0	\$ 0.00
r5	0	Percha porta aislador de un puesto	\$ 0	\$ 0	\$ 0.00
s140	4	Conector de tornillo con chaqueta aislante, tipo 1	\$ 15,921	\$ 15,921	\$ 63,684.00
s141	0	Conector de tornillo con chaqueta aislante, tipo 2	\$ 0	\$ 0	\$ 0.00
t5	3	Tornillo de carruaje 5/8" x 1 1/2"	\$ 1,900	\$ 1,900	\$ 5,700.00
t25	0	Tornillo soporte para brazo de luminaria 1/2"	\$ 0	\$ 0	\$ 0.00
t30	4	Tapón sellador de cable 4/0 AWG	\$ 1,280	\$ 1,280	\$ 5,120.00
z7	1	Abrazadera de una salida tipo 2, 140 mm	\$ 16,275	\$ 16,275	\$ 16,275.00
z12	1	Abrazadera de dos salidas tipo 2, 140 mm	\$ 17,055	\$ 17,055	\$ 17,055.00
n2	0	perno de ojo tipo 2	\$ 0	\$ 0	\$ 0.00
		TOTAL			\$ 214,384.00

Figura 5

Detalle estructura de baja tensión LA327 con cable trenzado



Fuente. (ENEL, 2011)

El proceso es similar para las estructuras de media tensión utilizadas en el proyecto. A manera de ejemplo, en la **Tabla 15** se define el tipo, la cantidad y precio de cada uno los materiales que conforman la estructura de retención trifásica disposición horizontal ICEL 550 utilizada por el operador de red nariñense CEDENAR S.A. E.S.P.

En la **Figura 6** se puede observar el detalle de este tipo de estructura, así como los componentes que la conforman y que se pueden identificar junto con la Tabla 15. Dentro de esta estructura hay elementos que se utilizan para encrucetado de madera y que se pueden identificar en la figura 6 y es por eso que estos elementos no se tienen en cuenta en la tabla 14. La cantidad de templetes en media tensión y los elementos que los conforman se elabora por aparte y luego, al igual que esta estructura, se contabilizarán de manera general en la parte final de este informe.

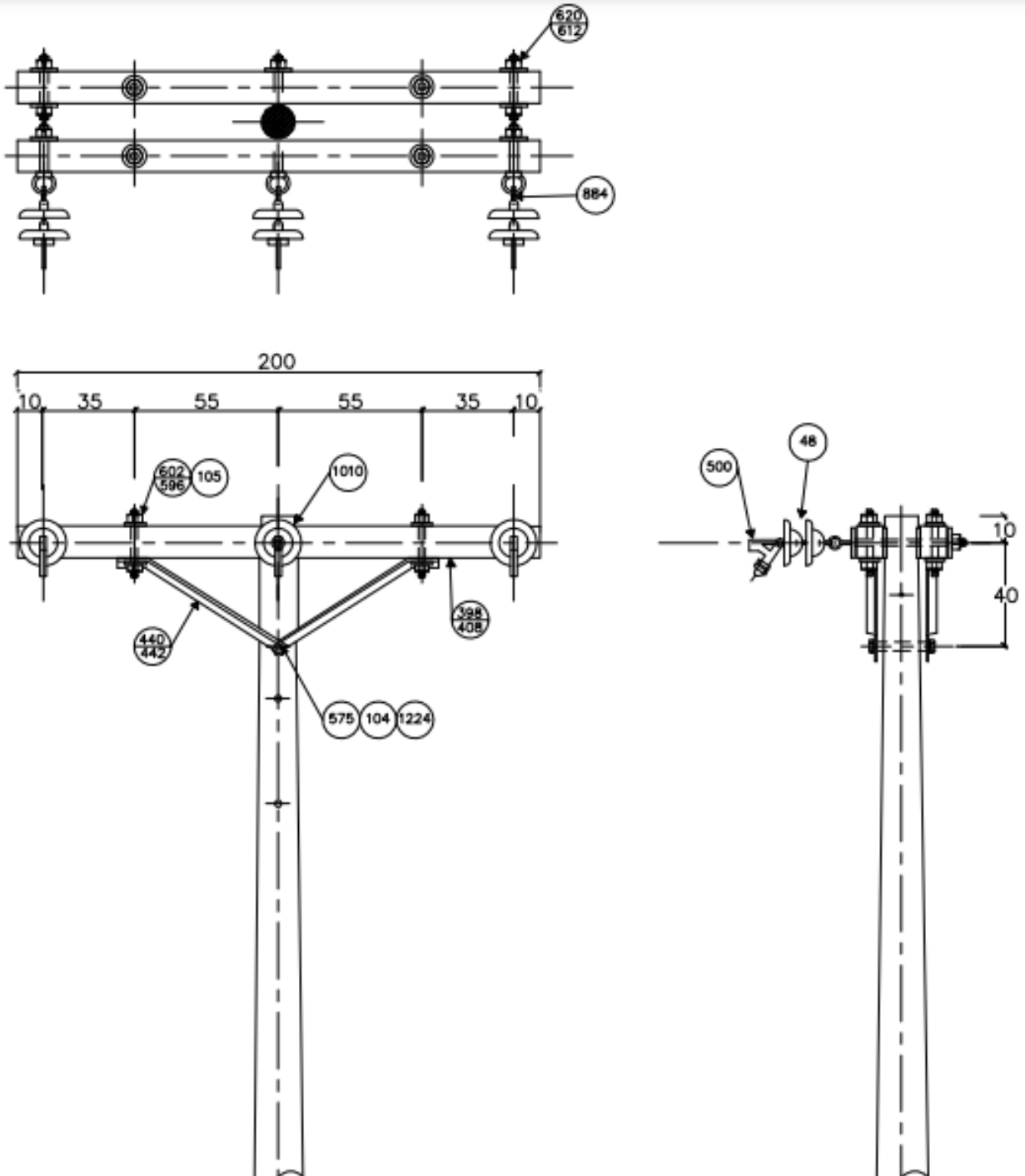
Tabla 15

Materiales y costo de la estructura de Media Tensión retención trifásica disposición horizontal ICEL 550

SIMB	CANT.	DESCRIPCIÓN	V/UNITARIO	0%	V/TOTAL
.		AISLADOR DE SUSPENSIÓN POLIMÉRICO		\$	
48	3	15KV	\$ 50,659	50,659	\$ 151,977
104	7	ARANDELA DE PRESION DE 5/8"	\$ 600	\$ 600	\$ 4,200
105	4	ARANDELA DE PRESION DE 1/2"	\$ 450	\$ 450	\$ 1,800
				\$	
408	2	CRUCETA METÁLICA DE 2.4 M	\$ 110,550	110,550	\$ 221,100
		DIAGONAL METÁLICA EN VARILLA (0,68		\$	
442	4	CMS)	\$ 18,720	18,720	\$ 74,880
		GRAPA DE RETENCION EN ALUMINIO DE 6 -		\$	
500	3	2/0 AWG 3000 KG.	\$ 25,000	25,000	\$ 75,000
				\$	
575	1	PERNO 5/8" X 8" GALVANIZADO EN CALIENTE	\$ 11,149	11,149	\$ 11,149
596	4	PERNO 1/2" X 1 1/2" GALVANIZADO EN CALIENTE	\$ 1,900	\$ 1,900	\$ 7,600
612	1	ESPARRAGO DE 5/8" X 10" CON 4 TUERCAS	\$ 6,437	\$ 6,437	\$ 6,437
				\$	
884	3	TUERCA DE OJO ALARGADO DE 5/8"	\$ 11,550	11,550	\$ 34,650
1222	3	ARANDELA CUADRADA PLANA DE 1/2"	\$ 2,008	\$ 2,008	\$ 6,024
				\$	
1224	13	ARANDELA CUADRADA PLANA DE 5/8"	\$ 17,055	17,055	\$ 221,715
		TOTAL			\$ 816,532

Figura 6

Detalle estructura de media tensión retención trifásica disposición horizontal ICEL 500



Fuente. (CENS, 2008)

Una vez se realizó el mismo proceso con todas las estructuras involucradas en la instalación, se procedió a hacer el conteo del número total de estructuras, así como templetes de media y baja tensión, postes de concreto de 8m (510 kg) y 12m (750 kg), conductores, cajas de distribución aérea, kit completo de puesta a tierra transformador, kit puesta a tierra baja tensión y luminarias led de alumbrado público. En la **Tabla 16** se encuentran todas las estructuras de baja tensión utilizadas en la instalación. Como se ejemplificó anteriormente, a cada una de estas estructuras se le hizo el respectivo conteo de materiales que la conforman y sus precios, en esta tabla se reúnen todas ellas con un valor por estructura y número de estructuras de cada tipo para dar un valor total por tipo de estructura, así mismo sucede en el caso del cable trenzado cuádruplex, postes de concreto de 8 m, anclajes completos de baja tensión y puesta a tierra. En la **Tabla 17** se mencionan todas las estructuras de media tensión involucradas en la instalación, cada una de ellas tiene un valor unitario calculado como se ejemplificó anteriormente. También se mencionan los templetes de media tensión, conductores ACSR y postes de concreto de 12 m. Los materiales y equipos de transformación involucrados en la instalación se mencionan en la **Tabla 18**. El valor unitario de la estructura de transformación fue calculado de la misma manera como se calculó las estructuras de baja y media tensión ejemplificadas anteriormente. A cada una de las cajas de distribución aéreas de la instalación se les asigna 1.5 metros de cable trébol que es usado para generar la conexión de las mismas a la red trenzada de baja tensión y el valor de cada caja puede observarse en la **Tabla 18**. Finalmente, en la **Tabla 20**, se indican estos conglomerados de red primaria, red secundaria, equipos de transformación y cajas de distribución aérea dándose así un presupuesto tentativo, en cuanto a cantidad de material se refiere, del Conjunto Campestre Nueva Esperanza.

Tabla 16

Estructuras y demás elementos utilizados en la red trenzada de baja tensión del proyecto Conjunto Campestre Nueva Esperanza

RED TRENZADA DE BAJA TENSIÓN					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr/UNITARIO	Vr/TOTAL
1	ESTRUCTURA 320	U	6	\$ 59,842	\$ 359,049
2	ESTRUCTURA 321	U	3	\$ 69,369	\$ 208,106
3	ESTRUCTURA 322	U	3	\$ 223,458	\$ 670,375
4	ESTRUCTURA 324	U	1	\$ 124,296	\$ 124,296
5	ESTRUCTURA 327	U	4	\$ 214,384	\$ 857,536
6	CABLE CUADRUPLEX CPX XLPE 3x1/0 AL + 1/0 ACSR	M	300	\$ 27,251	\$ 8,175,300
7	POSTE DE CONCRETO DE 8 M (510 KG)	U	16	\$ 512,000	\$ 8,192,000
8	LUMINARIA COMPLETA	U	17	\$ 447,849	\$ 7,613,439
9	ANCLAJE COMPLETA PARA B.T.	U	8	\$ 157,687	\$ 1,261,495
10	PUESTA A TIERRA	U	4	\$ 326,657	\$ 1,306,630
	SUBTOTALES				\$ 28,768,225

Tabla 17

Estructuras y demás elementos utilizados en la red de media tensión del proyecto Conjunto Campestre Nueva Esperanza

RED MEDIA TENSIÓN					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr/UNITARIO	Vr/TOTAL
1	ESTRUCTURA 550	U	7	\$ 816,532	\$ 5,715,724
2	ESTRUCTURA 560	U	0	\$ 1,314,976	\$ 0
3	ESTRUCTURA 730	U	0	\$ 2,403,182	\$ 0
4	CABLE ACSR No 2	M	144	\$ 3,500	\$ 504,000
5	POSTE DE CONCRETO DE 12 M	U	4	\$ 759,675	\$ 3,038,700
6	RETENIDA COMPLETA DE M.T.	U	5	\$ 231,510	\$ 1,157,549
	SUBTOTALES				\$ 10,415,973

Tabla 18*Equipo y estructura de transformación proyecto Conjunto Campestre Nueva Esperanza*

MATERIALES Y EQUIPOS DE TRANSFORMACIÓN					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr/UNITARIO	Vr/TOTAL
1	ESTRUCTURA 711 (45kVA)	U	1	\$ 2,124,348	\$ 2,124,348
3	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE 45 kVA	U	1	\$ 9,060,850	\$ 9,060,850
5	KIT PUESTA A TIERRA TRANSFORMADOR	U	1	\$ 326,657	\$ 326,657
	SUBTOTALES				\$ 11,511,855

Tabla 19*Precio cajas de distribución aérea del proyecto Conjunto Campestre Nueva Esperanza*

CAJAS DE DISTRIBUCIÓN AEREA					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr/UNITARIO	Vr/TOTAL
1	CAJA PORTABORNERAS + CABLE TREBOL 4 x 1/0	U	5	\$ 397,286	\$ 1,986,431
2	SUBTOTALES				\$ 1,986,431

Tabla 20*Costo total tentativo del proyecto Conjunto Campestre Nueva Esperanza*

TOTAL CANTIDAD DE MATERIALES PROYECTO		
ITEM	DESCRIPCION	VALOR
1	RED TRENZADA DE BAJA TENSIÓN	\$ 28,768,225
2	RED MEDIA TENSIÓN	\$ 10,415,973
3	MATERIALES Y EQUIPOS DE TRANSFORMACIÓN	\$ 11,511,855
4	CAJAS DE DISTRIBUCION AÉREA	\$ 1,986,431
5	TOTAL	\$ 52,682,484

5 Conclusiones

- Gracias a las diferentes salidas a campo y a la realización de los diferentes proyectos en Icelco Ingeniería S.A.S. y mediante el apoyo del personal de la empresa, se consolidaron los conocimientos adquiridos en la academia tanto teóricos como normativos.
- Se adquirieron y aplicaron conocimientos sobre los requerimientos de diseño, construcción y documentación que debe llevar a cabo proyectos de electrificación de urbanizaciones.
- La práctica industrial permite mejorar habilidades como el trabajo en equipo y la proactividad sin dejar a un lado el trabajo coordinado y detallado.
- Durante el periodo de prácticas académicas dentro de las actividades que se desarrollaron pudo analizarse que es muy importante ser pragmático con el propósito de agilizar diferentes procesos.

Referencias

- Cables de energía y telecomunicaciones S.A. (2005). Cables & tecnología. *Retie: regulación de tensión en instalaciones eléctricas*, 6.
- CEDENAR. (2019). *Norma técnica de diseño y construcción de Centrales Eléctricas de Nariño S.A. E.S.P*
- CENS S.A. E.S.P. (2008). *Estructura terminal disposición horizontal trifásica 13.2 kV*. (CNS-03-550-02)
<https://www.cens.com.co/Portals/0/normas-y-especificaciones/estructuras/estructuras-13.2-kv.pdf?ver=2020-11-13>
- Enel Colombia S.A. E.S.P. (2011). *Circuito secundario en retención doble con conductor trenzado de Baja tensión (LA327)*.
- Empresas Públicas de Medellín E.S.P. (2019). *Guía Metodológica: coordinación de aislamiento para redes de distribución*. (GM-03)
<https://bit.ly/3RNYgYZ>
- International Electrotechnical Commission. (2018). *Insulation co-ordination - Part 2: Application guidelines*. (IEC 60071-2)
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC]. (1998). *Código Eléctrico Colombiano*. (NTC 2050).
- Ministerio de Minas y Energía. (2013). Resolución 90708 de 2013. *Por la cual se expide el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE*.
https://www.minenergia.gov.co/documents/3809/Anexo_General_del_RETIE_vigente_actualizado_a_2015-1.pdf
- Ministerio de minas y energía. (Julio 03, 1997). Resolución 108 de 1997. *Por la cual se señalan criterios generales sobre protección de los derechos de los usuarios de los servicios públicos domiciliarios de energía eléctrica y gas combustible por red física, en relación con la facturación, comercialización y demás asuntos relativos a la relación entre la empresa y el usuario, y se dictan otras disposiciones*.
<http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/Indice01/Resoluci%C3%B3n-1997-CR108-97>