

	GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS Y BIBLIOTECARIOS		CÓDIGO	FO-GS-15
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN		VERSIÓN	02
			FECHA	03/04/2017
			PÁGINA	1 de 1
ELABORÓ		REVISÓ	APROBÓ	
Jefe División de Biblioteca		Equipo Operativo de Calidad	Líder de Calidad	

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES): NOMBRES Y APELLIDOS COMPLETOS

NOMBRE(S): MARTÍN ANDRÉS APELLIDOS: CONTRERAS CELIS

NOMBRE(S): _____ APELLIDOS: _____

FACULTAD: INGENIERÍAS

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

DIRECTOR:

NOMBRE(S): GLORIA ESMERALDA APELLIDOS: SANDOVAL MARTÍNEZ

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): DISEÑO ELÉCTRICO PARA LA REPOSICIÓN DE LA RED DE MEDIA TENSIÓN 34.5KV CELDA BELC36 ENTRE SUBESTACIÓN CORNEJO Y PUENTE GÓMEZ. CENS.

Este trabajo pretende realizar el proceso de un diseño eléctrico, el cual consiste en reponer los equipos y estructuras que se encuentran en un estado de deterioro, para así mejorar su capacidad térmica y operativa, en una de las redes de energía que hacen parte de la infraestructura de Centrales Eléctricas de Norte de Santander. Este proyecto cuenta con una red de 6.7 kilómetros de la celda Belc36 localizada entre subestación Cornejo y Puente Gómez, a la cual se le realizará una propuesta de diseño eléctrico para la reposición de esta red de media tensión 34.5kv, con el fin de ejecutar la construcción de dicha por parte del operador de red. Su objetivo es la reposición de los apoyos y la red, de este tramo de la celda, con el fin de mejorar la calidad del servicio, evitando fallas en el sistema por problemas que se vienen presentando en la zona. Se llevará a cabo la ubicación del nuevo trazado de la red, se hará el desarrollo de los cálculos pertinentes y por último, el presupuesto para la construcción de la obra, junto con el presupuesto en unidades constructivas según la Creg015.

PALABRAS CLAVES: Diseño eléctrico, reposición, redes eléctricas, mantenimiento.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 84 PLANOS: _____ ILUSTRACIONES: _____ CD ROOM: _____

*Copia No controlada**

DISEÑO ELÉCTRICO PARA LA REPOSICIÓN DE LA RED DE MEDIA TENSIÓN
34.5KV CELDA BELC36 ENTRE SUBESTACIÓN CORNEJO Y PUENTE GÓMEZ, CENS

MARTÍN ANDRÉS CONTRERAS CELIS

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2021

DISEÑO ELÉCTRICO PARA LA REPOSICIÓN DE LA RED DE MEDIA TENSIÓN
34.5KV CELDA BELC36 ENTRE SUBESTACIÓN CORNEJO Y PUENTE GÓMEZ, CENS

MARTÍN ANDRÉS CONTRERAS CELIS

Anteproyecto de grado presentado como requisito para optar el título de Ingeniero

Electromecánico

Director(a)

GLORIA ESMERALDA SANDOVAL MARTÍNEZ

Mg. en Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica

Codirector

DIEGO MAURICIO CONTRERAS BUITRAGO

Ing. Electromecánico

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2021

**ACTA DE SUSTENTACIÓN PROYECTO DE GRADO
MODALIDAD TRABAJO DIRIGIDO**

FECHA: 16 de septiembre de 2021

HORA: 04:00 P.M

LUGAR: Sustentación Virtual

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TITULO DEL TRABAJO DE GRADO: "DISEÑO ELÉCTRICO PARA LA REPOSICIÓN DE LA RED DE MEDIA TENSIÓN 34.5KV CELDA BELC36 ENTRE SUBESTACIÓN CORNEJO Y PUENTE GÓMEZ, CENS".

JURADOS: Ing: GERMAN ENRIQUE GALLEGO RODRIGUEZ
Ing: LUIS RODOLFO DAVILA MARQUEZ

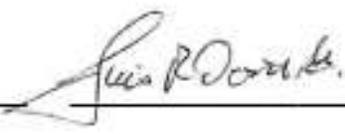
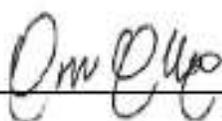
DIRECTOR Mgs: GLORIA ESMERALDA SANDOVAL MARTINEZ

CODIRECTOR: Ing: DIEGO MAURICIO CONTRERAS BUTRAGO

APROBADA

NOMBRE DEL ESTUDIANTE:	CÓDIGO	CALIFICACION
MARTÍN ANDRÉS CONTRERAS CELIS	1091177	4.4

FIRMA DE LOS JURADOS:



VOBO. COORDINADOR COMITÉ CURRICULAR 

Magnus Et.

Dedicatoria

Mi trabajo de grado va dedicado con todo mi amor a mis padres Martín Alonso Contreras Eslava y Eddy Yulieth Celis Álvarez, ya que ellos después de Dios han sido mi motor de vida en esta tierra, han cuidado de mí, me han instruido con sabiduría, me han guiado por el camino recto, me han enseñado el camino de la educación y me han dado su apoyo y compañía en todos los años de mi vida impulsándome a seguir y ser fuerte ante las adversidades, no han escatimado de sus recursos para traerme hasta este momento, y creo que no alcanzaría esta página y muchas más para describir todo lo que han hecho por mí.

A mi compañera de vida Sheyla Salome Rodríguez García, que ha estado conmigo en todo este proyecto educativo, en la inscripción, en el primer momento que puse un pie en la universidad, me ha acompañado cada segundo de este proceso hasta hoy, me ha regalado su apoyo, ayuda, comprensión, cariño, ha sido mi bastón en momentos de dificultad animándome y ayudándome a levantar y por sobre todo me ha entregado su amor.

Martín Andrés Contreras Celis

Agradecimientos

Primeramente agradezco a Dios pues mi vida se la debo a Él, sin el nada de esto sería posible y a que me ha dado la vida y la salud, me ha dado una familia maravillosa y me ha dotado de las capacidades para estar acá hoy.

A mis Padres por todo lo expresado anteriormente en la dedicatoria, gracias porque me han regalado la mejor herencia que se le puede dejar a los hijos, la educación, la cual nunca nadie me la podrá quitar.

A mi compañera de vida por todo ese gran acompañamiento, fuerzas y enseñanzas que me ha durante este tiempo de mi etapa formativa, como universitario y como persona.

A mis hermanos por cada uno de esos momentos de apoyo y compañía a lo largo de mi vida.

A mi directora de tesis la Mg. Gloria Esmeralda Sandoval Martínez por el conocimiento impartido durante mi periodo educativo y su apoyo en mi trabajo de grado, me ha ayudado a crecer en gran manera para mi futuro profesional.

A mi codirector el Ing. Diego Mauricio Contreras Buitrago junto con Ingessa S.A.S, por brindarme la oportunidad y el conocimiento para la elaboración de mi trabajo de grado.

A todos aquellos que aportaron compañía y transmitieron conocimientos en esta etapa de mi vida, como docentes y compañeros, con quienes compartí diversos momentos y sentimientos.

Resumen

Este trabajo pretende realizar el proceso de un diseño eléctrico, el cual consiste en reponer los equipos y estructuras que se encuentran en un estado de deterioro, para así mejorar su capacidad térmica y operativa, en una de las redes de energía que hacen parte de la infraestructura de Centrales Eléctricas de Norte de Santander. Este proyecto cuenta con una red de 6.7 kilómetros de la celda Belc36 localizada entre subestación Cornejo y Puente Gómez, a la cual se le realizará una propuesta de diseño eléctrico para la reposición de esta red de media tensión 34.5kv, con el fin de ejecutar la construcción de dicha por parte del operador de red. Su objetivo es la reposición de los apoyos y la red, de este tramo de la celda, con el fin de mejorar la calidad del servicio, evitando fallas en el sistema por problemas que se vienen presentando en la zona. Se llevará a cabo la ubicación del nuevo trazado de la red, se hará el desarrollo de los cálculos pertinentes y por último, el presupuesto para la construcción de la obra, junto con el presupuesto en unidades constructivas según la Creg015.

Palabras claves: Diseño eléctrico, reposición, redes eléctricas, mantenimiento.

Abstract

This work aims to carry out the process of an electrical design, which consists of replacing equipment and structures that are in a state of deterioration, in order to improve their thermal and operational capacity, in one of the energy networks that are part of the infrastructure of Centrales Eléctricas de Norte de Santander. This project has a network of 6.7 kilometres of the Belc36 cell located between Cornejo and Puente Gómez substation, which will undergo an electrical design proposal for the replacement of this 34.5kv medium voltage network, in order to execute the construction of said network by the network operator. Its objective is the replacement of the supports and the network of this section of the cell, in order to improve the quality of service, avoiding failures in the system due to problems that have been occurring in the area. The location of the new network layout, the development of the relevant calculations and finally, the budget for the construction of the work will be carried out, along with the budget in construction units according to Creg015.

Keywords: electrical design, replacement, electrical networks, maintenance.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	16
1. Problema	17
1.1 Título	17
1.2 Planteamiento del problema	17
1.3 Objetivos	18
1.3.1 Objetivo general	18
1.3.2 Objetivos específicos	18
1.4 Formulación del problema	18
1.5 Justificación	19
2. Referentes Teóricos	21
2.1 Antecedentes	21
2.2 Marco Teórico	22
2.2.1 Redes de distribución de media tensión	22
2.2.2 Redes de distribución rural en M.T	24
2.2.3 Clasificación de los niveles de tensión	24
2.2.4 Selección del conductor	24
2.2.5 Regulación de tensión	25
2.2.6 Factores de corrección	26

2.2.7 Pérdidas máximas de potencia	27
2.2.8 Unidades constructivas	28
2.2.9 Configuraciones estructurales	28
2.2.10. Calculo mecánico de conductores	28
2.2.11 Hipótesis de diseño y límites de tensión mecánica	29
2.2.12 Cálculo mecánico de apoyos	31
2.2.13 Condiciones de operación	33
2.2.14 Momentos de reacción en el apoyo	38
2.2.15 PLS- CADD	40
2.3 Marco Conceptual	41
2.4 Marco Contextual	43
2.5 Marco Legal	44
3. Metodología	45
3.1 Tipo de investigación	45
3.2 Recopilación de la información	45
4. Resultados	47
4.1 Selección de la Ruta Para el Trazado de la Red	47
4.2 Selección del Conductor	53
4.3 Regulación de Tensión	54
4.4 Pérdidas Máximas de Potencia	55

4.5 Cálculos Mecánicos	56
4.6 Planos Eléctricos	62
4.7 Presupuesto	67
4.8 Unidades Constrictivas	72
4.9 Comparación Presupuesto Y Unidades Constructivas	73
5. Conclusiones	74
6. Recomendaciones	76
Referencias Bibliográficas	77
Anexos	79

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Niveles de tensión de servicio	24
Tabla 2. Límites de regulación de voltaje. Sum. CNS – NT- 02	25
Tabla 3. Factores de corrección de regulación de tensión	27
Tabla 4. Constantes de regulación KG para conductor ACSR	27
Tabla 5. Hipótesis de diseño de conductores	29
Tabla 6. Condiciones de operación	33
Tabla 7. Fuerza transversal por viento sobre postes normalizados	37
Tabla 8. Coordenadas y ubicación para el nuevo trazado de la nueva red	50
Tabla 9. Cálculo de regulación de tensión	54
Tabla 10. Cálculo de pérdidas de potencia	56
Tabla 11. Características conductor 336 MCM	57
Tabla 12. Características de la guarda	57
Tabla 13. Características técnicas del cable de acero usado como retenida	58
Tabla 14. Resultados cálculo mecánico de apoyos	59
Tabla 15. Presupuesto de mano de obra reposición celda Belc36	67
Tabla 16. Presupuesto de materiales reposición celda Belc36	70
Tabla 17. Resumen del presupuesto	71
Tabla 18. UC Belc36	72
Tabla 19. Costo de UC Belc36	73
Tabla 20. Comparación del presupuesto de obra vs presupuesto UC	73

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Representación cartesiana de fuerzas y momentos	31
Figura 2. Aplicación de la carga de rotura en ensayos mecánicos	32
Figura 3. Fuerza transversal por viento en conductores	35
Figura 4. Vano viento o elovano	36
Figura 5. Características geométricas de un poste	37
Figura 6. Cotas para el cálculo del momento transversal	40
Figura 7. Ubicación de la empresa INGESSAS S.A.S, ubicada AV 10E No. 10-66 Barrio la Riviera Cúcuta, Norte de Santander	44
Figura 8. Ubicación de la red existente, red 34.5kv celda belc36 municipio de Cornejo, Norte de Santander	47
Figura 9. Mapa de amenaza por remoción en masa	48
Figura 10. Mapa de amenaza por remoción en masa	48
Figura 11. Ubicación de la red proyectada, red 34.5kv celda belc36 municipio de Cornejo, Norte de Santander	49
Figura 12. Comparación de la ruta de las redes existente y proyectada	49
Figura 13. Previsualización de los trazados de la red existente y proyectada, red 34.5kv celda belc36 municipio de Cornejo, Norte de Santander	51
Figura 14. Interfaz de Global Mapper con la información geográfica para analizar, red 34.5kv celda belc36 municipio de Cornejo, Norte de Santander	52
Figura 15. Curvas de nivel de la red para visualizar la diferencia de alturas de los puntos del trazado, red 34.5kv celda Belc36 municipio de Cornejo, Norte de Santander	52

Figura 16. Visualización del perfil de elevación del trazado, red 34.5kv celda belc36 municipio de Cornejo, Norte de Santander	53
Figura 17. Representación de la curva en AutoCAD respecto a los puntos de los apoyos en el plano X, Y	59
Figura 18. Trazado, perfil de nivel y catenarias parte 1	60
Figura 19. Trazado, perfil de nivel y catenarias parte 2	61
Figura 20. Trazado, perfil de nivel y catenarias parte 3	61
Figura 21. Convenciones poste de media tensión	62
Figura 22. Convenciones conductor MT	62
Figura 23. Convenciones de estructuras MT	63
Figura 24. Plano eléctrico reposición MT celda Belc36 parte 1	64
Figura 25. Plano eléctrico reposición MT celda Belc36 parte 2	65
Figura 26. Plano eléctrico reposición MT celda Belc36 parte	66

Lista de Anexos

	Pág.
Anexo 1. Características técnicas y eléctricas del conductor	80
Anexo 2. Estructura en abertura trifásica en H RH230 34.5kV. Sum. Cens	81
Anexo 3. Estructura especial trifásica RE300 34.5kV. Sum. Cens	82
Anexo 4. Estructura en suspensión trifásica en H SH225 34.5kV. Sum. Cens	83
Anexo 5. Estructura en suspensión trifásica en H SH226 34.5kV. Sum. Cens	84

Introducción

La calidad del servicio eléctrico se ve afectada por la falta de fortalecimiento y mantenimiento de las redes eléctricas, por lo que en este documento se encuentra plasmado el proceso de un diseño eléctrico para la reposición, el cual consiste en reponer los equipos y estructuras que se encuentran en un estado de deterioro, con el fin de mejorar su capacidad térmica y operativa, en una de las redes de energía que hacen parte de la infraestructura de Centrales Eléctricas de Norte de Santander (CENS).

Este proyecto cuenta con una red de 6.7 kilómetros de la celda Belc36 localizada entre subestación Cornejo y Puente Gómez, a la cual se le realizara una propuesta de diseño eléctrico para la reposición de esta red de media tensión 34.5kv, con el fin de ejecutar la construcción de dicha por parte del operador de red.

El principal objetivo para la elaboración de este diseño eléctrico, es la reposición de los apoyos y la red, de este tramo de la celda, con el fin de mejorar la calidad del servicio, evitando fallas en el sistema por problemas que se vienen presentando en la zona como lo son la remoción de tierras y daños en las estructuras de difícil acceso al mantenimiento.

Se llevará a cabo la ubicación del nuevo trazado de la red, encontrando una mejor ruta, posteriormente se hará el desarrollo de los cálculos pertinentes y por último el presupuesto para la construcción de la obra, junto con el presupuesto en unidades constructivas según la Creg015.

1. Problema

1.1 Título

Diseño eléctrico para la reposición de la red de media tensión 34.5kv celda belc36 entre subestación cornejo y puente Gómez, CENS

1.2 Planteamiento del problema

La red de 34.5kv ubicada entre subestación Cornejo y puente Gómez perteneciente a la celda Belc36 es un tramo principal que alimenta varios municipios como Santiago, Salazar, Gramalote, Sardinata y otros diferentes sectores, esta red se encuentra en un estado no óptimo debido a diferentes factores tales como la obsolescencia de la misma, incumplimiento en distancias de seguridad y se encuentra incluida en el plan de inversión del operador de red solicitado por la Creg015 para el periodo tarifario 2019-2023.

En este mismo contexto, sus estructuras se encuentran afectadas por varias circunstancias como el deterioro por el paso del tiempo, la cual ha causado la corrosión en algunas torrecillas de hierro produciendo la pérdida en su calidad operativa al ser afectada su resistencia mecánica, algunos puntos de la red pasan por un sector denominado el alto de los compadres, donde está más propensa a recibir descargas atmosféricas, dañando así sus protecciones o equipos y por su posición ralentizando la acción de mantenimiento y reparación debido al difícil acceso a la zona, asimismo, una sección del recorrido de la red se encuentra en una ubicación donde el terreno presenta fallas geológicas y se han presentado derrumbes de piedra y rocas, hundimientos, entre otras, además una parte de esta, incumple las distancias de seguridad al pasar por encima de unas viviendas, cabe destacar que al estar incluida en el plan de inversión para la CREG 015, es un

indicador de que se están presentando fallas en la prestación del servicio, por esta razón se necesita la intervención para su reposición.

En tal sentido, se hace necesario indagar sobre el mejor diseño eléctrico para la reposición de equipos de la red Belc36 de 34.5kv, solucionando y demostrando así los diferentes cálculos establecidos para este proyecto en los cuales encontramos cálculos mecánicos de las estructuras junto con cálculos eléctricos, buscando y determinando la georreferenciación de la ruta adecuada, con el fin de encontrar la mejor reposición de red y garantizar la viabilidad del proyecto, buscando mejorar la eficiencia de la red perteneciente a CENS.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general. Realizar el diseño eléctrico para la reposición de la red de media tensión 34.5kv de la celda BELC36 ubicada en la zona de cornejo.

1.3.2 Objetivos específicos. Determinar la nueva ruta georreferenciando el nuevo trazado de la red de media tensión 34.5kv de la celda BELC36.

Realizar los cálculos eléctricos pertinentes para el diseño bajo la reglamentación RETIE, NTC – 2050, NORMA CENS.

Elaborar el presupuesto de obra y unidades constructivas correspondiente al diseño propuesto.

1.4 Formulación del problema

¿Cuál es el diseño eléctrico adecuado para la reposición de equipos en la celda Belc36 de 34.5kv que se encuentra entre subestación Cornejo y Puente Gómez, que garantice un mejor servicio de energía en la zona?

1.5 Justificación

Los problemas asociados al desempeño de la red eléctrica, afectan en gran manera a la población que es alimentada por la empresa prestadora del servicio de energía, estas fallas en la prestación generan efectos que pueden ir desde corte de la energía en largos periodos de tiempo, hasta daños en los equipos eléctricos que están siendo alimentados por la red del operador, produciendo una gran afectación en los consumidores del servicio.

En este mismo sentido, el operador de red se ve perjudicado al dejar de prestar un servicio de calidad de energía a sus clientes, debido a que están obligados bajo normativas a mantener una excelente prestación de energía eléctrica a sus consumidores, y en consecuencia, al no llegar a prestar un servicio óptimo para el consumidor, la empresa sería sancionada con grandes multas económicas por parte del ente sancionador SSPD, también se ve perjudicado al recibir exigencias por parte de hogares o empresas que sufrieron pérdida de algún equipo por fallas en las caídas de tensión y sobre carga de corriente quemando así sus dispositivos o por otros diferentes motivos implicados en la mala calidad de energía, por ello, la empresa tendría que responder a sus clientes.

Debido a lo expresado anteriormente, se debe resaltar la importancia de llevar energía eléctrica y de calidad a los hogares, donde el operador de red es responsable, así mismo, se debe dar cumplimiento a lo dictaminado en la Resolución 015 de 2018 dada por la Comisión de regulación de Energía Eléctrica y Gas (CREG), la cual solicita a los operadores de red , presentar a la CREG el plan de inversiones de acuerdo con los parámetros establecidos, por ello, es necesario invertir en el mejoramiento continuo en sus redes de distribución, y entre ellas se

encuentra la reposición de la red de media tensión 34.5kv celda BELC36 ubicada entre la subestación cornejo y puente Gómez, para así garantizar un servicio con calidad de energía.

2. Referentes Teóricos

2.1 Antecedentes

Bernes & Robles (2016), en Managua, Nicaragua en su proyecto de grado denominado “*Diseño, cálculos eléctricos y mecánicos de un proyecto de electrificación rural en la comunidad Tisey municipio de Wiwili*” este trabajo trata de un diseño de una red de media tensión y baja tensión, montaje de transformadores, instalaciones internas para la electrificación rural de la comunidad Tisey, ubicada en el municipio de Wiwili.

Con este estudio se pretende abarcar, el diseño de planos eléctricos como el presupuesto del mismo, cálculos eléctricos y mecánicos, los cuales se requieren para poder radicar proyectos de electrificación, cumpliendo con las Normas de construcción eléctricas en baja Tensión y Media.

El diseño consiste en llevar la energía a la comunidad el Tisey desde el punto más cercano mediante la construcción de una línea de media tensión conectada a un punto existente con un voltaje primario 14.4KV/24.9,2KV y Secundario de 120/240 V para la distribución a las viviendas.

Quintero (2013), en Barranquilla, Colombia, en su proyecto de grado denominado “*Diseño de circuito de media tensión para alimentar el corregimiento de san José de oriente (cesar)*”. Este trabajo de grado se enfoca en el proceso de distribución de la energía eléctrica. Que va desde la etapa de estudio hasta la etapa de realización como la determinación de la viabilidad del proyecto. La presente propuesta se realiza para un grupo social que requiere una mejora inmediata del sistema energético.

Es necesario ante cualquier crisis social afrontar una solución pertinente para garantizar una conformidad de las partes inherentes, y en la rama de la Ingeniería Eléctrica se enfoca de manera contundente el diseño y la planificación de proyectos contundentes que conlleven a un mejor desempeño en el área que corresponda, para el caso se tratará de la distribución de la energía.

Vega (2020), en san José de Cúcuta, Colombia, en su proyecto de grado denominado “*Apoyo en el diseño de reposición de redes de media y baja tensión del circuito 1T01714 del barrio lleras restrepo de la ciudad de san José de Cúcuta*”. Este trabajo se enfoca en la realización de un diseño de red de baja tensión en la ciudad de Cúcuta, específicamente el circuito 1T01714 del barrio Lleras restrepo, circuito que es propiedad del operador de red CENS, por ende aporta demasiado conocimiento para el desarrollo de mi proyecto de grado que es también un diseño para este mismo operador de red, pues en él se ven reflejado un diseño eléctrico bajo las normas colombianas junto con las del operador, este proyecto comparte una gran experiencia en los cálculos mecánicos, cálculos eléctrico, entre otra información necesaria para acompañar y culminar mi trabajo, también muestra como nuestra institución la universidad Francisco de Paula Santander de donde nace este proyecto, fructifica conocimientos los cuales se ven reflejados en nuestro producto final de grado, demostrando así la capacidad de formación de profesionales competentes en diversas áreas de la ingeniería para la vida.

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Redes de distribución de media tensión. En el diseño, construcción, reposición y mantenimiento de los circuitos de MT, deben ser considerados los siguientes criterios operativos:

- Mantener un solo calibre de conductor para el ramal principal o troncal del circuito, en los cascos urbanos la troncal se debe proyectar en parámetros mínimos en calibre 266.8 MCM, y los ramales en 2/0 salvo que por cálculos se requiera de un conductor de mayor capacidad.
- En redes rurales el calibre del conductor estará soportado por los cálculos electromecánicos adecuados, y el calibre mínimo permitido será de 2 AWG.
- Seccionar el circuito principal en (3) partes tratando de dividir la carga proporcionalmente (mediante el uso de reconectores, seccionadores o cuchillas), procurando que cada una de estas secciones tengan suplencia preferiblemente con un circuito de otra S/E de potencia con el fin de darle una mayor operatividad y confiabilidad al sistema. Cuando se instalen equipos en serie (seccionadores, reconectores, reguladores, etc.), el calibre del conductor que los une debe ser igual al del circuito.
- Sobre la troncal principal no se deben instalar fusibles en serie, únicamente se deberán usar en las derivaciones hacia ramales secundarios y deberán estar acompañados de DPS.
- Se debe procurar antes de construir nuevos circuitos, redistribuir la carga entre los circuitos existentes.
- En general se deberá propender por la utilización de corredores viales para instalación de los nuevos circuitos y de ser posible se regirá por esta premisa las remodelaciones.
- La red principal o troncal corresponde a la ruta del tramo de mayor calibre o momento eléctrico acumulado desde la subestación hasta el último punto de análisis. (J. Proyectos, 2016).

2.2.2 Redes de distribución rural en M.T. La distribución rural de media tensión podrá expandirse a un nivel de tensión de 34.5 kV, 13.2 kV o 7.620 kV dependiendo de las características del punto de conexión definidas por CENS, dando continuidad a la configuración existente. En el caso de la electrificación rural, las distancias entre apoyos dependerán de la topografía del terreno y del diseño debidamente aprobado por CENS, y debe soportarse con los respectivos cálculos mecánicos, perfiles topográficos y curvas de tendido de conductores. (J. Proyectos, 2016, p. 10)

2.2.3 Clasificación de los niveles de tensión. Con el fin de atender la demanda del sistema con niveles de voltaje que garanticen el adecuado funcionamiento de los equipos eléctricos, debe tenerse un rango definido de operación del voltaje. Para efectos de rangos de utilización tolerables se cumplirá lo expresado en el artículo 12 del RETIE. (J. Proyectos, 2016, p. 8)

Tabla 1. Niveles de tensión de servicio.

NIVEL DE TENSIÓN DE SERVICIO	TENSIÓN NOMINAL ENTRE FASES
Extra alta tensión (EAT)	Tensiones superiores a 230 kV
Alta tensión (AT)	Tensiones mayores o iguales a 57.5 kV y menores o iguales a 230 kV
Media tensión (MT)	Tensiones mayores o iguales a 1000 V y menores a 57.5 kV
Baja tensión (BT)	Tensiones mayores o iguales a 25 V y menores a 1000 V
Muy baja tensión (MBT)	Tensiones menores de 25 V

Fuente: CNS – NT- 02.

2.2.4 Selección del conductor. Todos los cálculos para la selección del conductor tienen como base la demanda máxima diversificada proyectada y se debe seleccionar de tal forma que cumpla con los valores establecidos de regulación, de porcentajes de pérdidas de potencia

establecidos en el capítulo 2 de la norma CENS y debe tenerse en cuenta el criterio de pérdidas técnicas en la selección del conductor económico.

La empresa no aceptará conductores maltratados, quemados perforados o con abolladuras, estos deben ser nuevos y cumplir con las normas correspondientes.

En ningún momento los conductores deben ser sometidos a tensiones mecánicas por encima de las especificadas y el tendido en redes aéreas no debe pasar el 25% de la tensión de rotura. (J. Proyectos, 2016, p. 23)

2.2.5 Regulación de tensión. La regulación de tensión se calcula aplicando la metodología presentada por la empresa electrificadora, en sus normas para el diseño y construcción de sistemas de distribución, los límites de regulación de voltaje están establecidos en la Tabla 2. (J. Proyectos, 2016, p. 14)

Tabla 2. Límites de regulación de voltaje. Sum. CNS – NT- 02.

Nivel de tensión	Área	Límites de regulación de voltaje
Circuitos de baja tensión	Zona urbana	3%
	Zona Rural	3%
	Alumbrado público	3%
	Acometidas	2%
Circuitos de media tensión	Para expansión de redes derivadas de un circuito alimentador principal	Menor o igual al 1 % a partir del barraje de la subestación de distribución
	Para acometidas de uso exclusivo	Menor o igual al 0.03 % a partir del punto de conexión

Fuente: CNS – NT- 02

En la Ecuación 1, se puede calcular la regulación de tensión. Sum. CNS – NT- 02:

$$R\% = F_c \frac{K_G}{V_L^2} M \quad (1)$$

Donde:

F_c = Factor de corrección.

M = Momento eléctrico

V_L = Voltaje de línea

K_G = constante de regulación y se calcula como (Ver Ecuación 2):

$$K_G = KG * 100 \quad (2)$$

$$KG = (r \cos \varphi + XL \operatorname{sen} \varphi)$$

En el cual:

r = Resistencia por unidad de longitud del conductor a una temperatura determinada (Ohm/km).

φ = Angulo del factor de potencia de la carga.

XL = Reactancia inductiva por unidad de longitud del conductor (Ohm/km).

2.2.6 Factores de corrección. Los valores de la constante de regulación (KG) para cables de aluminio aislado con distintos factores de potencia encontrados en la norma de la empresa electrificadora, están determinados para sistemas tetrafilares balanceados; por esta razón, se debe aplicar el factor de corrección correspondiente al sistema utilizado. (J. Proyectos, 2016, p. 16)

Tabla 3. Factores de corrección de regulación de tensión.

Tipo de subestación	Tipo de red		
	Monofásica (FN)	Bifilar (FF)	Trifilar (FFN)
Monofásica	8,00	2,00	2,00
Trifásica	6,00	1,732	2,25

Fuente: CNS – NT- 02.

Tabla 4. Constantes de regulación KG para conductor ACSR.

Tensión	Constante KG para distintos factores de potencia									
	B.T.	13200 V			34500 V					
	Calibre (AWG)	0,80	0,90	0,95	0,80	0,90	0,95	0,80	0,90	0,95
2/0	36,50	40,79	42,85	37,59	41,58	43,41	49,62	50,29	49,65	
3/0	29,14	32,51	34,11	30,23	33,29	34,67	42,11	41,90	40,83	
4/0	23,25	25,87	27,11	24,33	26,66	27,67	36,07	35,16	33,76	
266,8 MCM	20,10	22,54	23,72	20,50	22,83	23,93	20,52	22,84	23,94	
300 MCM	18,05	20,23	21,28	18,45	20,52	21,49	18,47	20,53	21,50	
336,4 MCM	16,00	17,92	18,85	16,40	18,21	19,06	16,42	18,23	19,07	

Fuente: CNS – NT- 02.

2.2.7 Pérdidas máximas de potencia. Las pérdidas máximas de potencia, se calculan aplicando la metodología presentada por la empresa electrificadora en sus normas para el diseño y construcción de sistemas de distribución (Ver Ecuación 3). El máximo porcentaje de pérdida permitido de potencia para las redes de media tensión es el 1%. (J. Proyectos, 2016, p. 20)

$$PL\% = \frac{r M}{V_L^2 \cos \varphi} 100 \quad (3)$$

Donde:

M = Momento eléctrico KVA*m

R = resistencia por unidad de longitud en Ohm/km

Φ = Angulo de factor de potencia de la carga

V_L = Tensión de línea en voltios

2.2.8 Unidades constructivas. La CREG define las UC como un conjunto de elementos que conforman una unidad típica de un sistema eléctrico, destinada a la conexión de otros elementos de una red; al transporte o a la transformación de la energía eléctrica o a la supervisión o al control de la operación de activos de los STR o SDL. (CREG, 2018, p. 9)

2.2.9 Configuraciones estructurales. Dependiendo de varios factores se puede optar por varias configuraciones estructurales, las más utilizadas son la configuración tipo horizontal y la configuración tipo bandera.

Configuración horizontal. Esta configuración es utilizada cuando no se tienen inconvenientes con las distancias mínimas de seguridad.

Configuración tipo bandera. Esta configuración es utilizada para aumentar las distancias de seguridad con edificios o zonas de acceso público. Para apoyos de alineación se usa una sola cruceta, para el resto de apoyos se usan dos crucetas.

Configuración H. Estas configuraciones son utilizadas cuando los vanos entre apoyos deben ser muy largos y por ende las anteriores estructuras no soportarían los esfuerzos en dichos vanos. Para apoyos de alineación se usa una sola cruceta, para el resto de apoyos se usan dos crucetas.

Configuración especial RE300. Esta es una configuración en retención utilizada en vanos aún mayores entre apoyos de los soportados por las estructuras en H y además pueden ser usados en ángulos de hasta 90° a estos rangos altos de vanos. Estas tienen dos adaptaciones una de las cuales cuenta con crucetas y la otra con templetes internos.

2.2.10. Calculo mecánico de conductores. El objeto de los cálculos mecánicos es controlar la tensión mecánica de los conductores para las diferentes condiciones de carga mecánica a las

que estarán expuestas las estructuras, conductores, herrajes y los diferentes elementos que componen la red; ello con el fin de brindar seguridad y continuidad en la prestación del servicio, buscando identificar la relación adecuada entre la longitud de vanos y capacidad de estructuras. (Dávila, Las, & Aeras, 2019)

2.2.11 Hipótesis de diseño y límites de tensión mecánica. La Tabla muestra las diferentes hipótesis usadas para el cálculo mecánico de los conductores según la zona donde se encuentre ubicada la red.

Tabla 5. Hipótesis de diseño de conductores.

Hipótesis*	Parámetros	Zona según altura sobre el nivel del mar		
		0<msnm<1000	1000<msnm<2000	2000<msnm
Condición extrema	Temperatura (°C)	21	15	9
	Vel. Viento (km/h)	100	80	60
	% carga de rotura	40	40	40
Every day stress	Temperatura (°C)	25	19	14
	Vel. Viento (km/h)	15	11	7
	% carga de rotura	20	20	20
Condición de máxima flecha	Temperatura (°C)	75	70	65
	Vel. Viento (km/h)	0	0	0

* Hipótesis usadas en el cálculo mecánico de los conductores

Flecha del cable. Para el cálculo de las flechas (Ver Ecuación 4), se utiliza la aproximación parabólica, quedando de la siguiente forma,

$$f = \frac{a^2 P}{8T} [m] \quad (4)$$

Donde:

a = vano (m)

P = peso del cable (kgf/m)

T = Tensión en el cable (kgf)

La longitud del cable se determina de forma aproximada con la siguiente expresión (Ecuación 5):

$$L = a \left(1 + \frac{a^2 P^2}{24T^2} \right) [m] \quad (5)$$

Sobrecarga en los cables. Cuando el viento sopla en dirección transversal a la línea, se ejerce una presión (fuerza en cada unidad de superficie) sobre los conductores. La carga unitaria en un conductor debida a la acción del viento (P_v) es el resultado de multiplicar un coeficiente de presión por la presión dinámica que actúa sobre el mismo y por el diámetro del conductor.

(Ecuación 6). (Dávila, Las, & Aeras, 2019)

$$p_v = C_f q \phi \left[\frac{kgf}{m} \right] \quad (6)$$

La presión dinámica (Ecuación 7) que ejerce el viento se calcula de la siguiente forma:

$$q = 0.0613 v^2 \left[\frac{kgf}{m^2} \right] \quad (7)$$

Donde V es la velocidad del viento en m/s .

El coeficiente de presión C_F es igual a 1.1 si el diámetro del conductor es menor a 15.8 mm , e igual a 1.0 si es mayor a 15.8 mm .

La carga unitaria total con viento, también llamado peso unitario aparente (Ecuación 8), es igual a:

$$P_t = \sqrt{P^2 + P_v^2} \left[\frac{kgf}{m} \right] \quad (8)$$

2.2.12 Cálculo mecánico de apoyos. El cálculo mecánico se realiza de forma individual para cada uno de los apoyos según su función, bajo condiciones de operación normal y anormal, teniendo en cuenta todas las cargas que pueden actuar sobre estos.

La Figura 1, ilustra la representación de las fuerzas y momentos flectores en un sistema cartesiano. De esta forma tendremos fuerzas longitudinales en la dirección X, transversales en la dirección Z y verticales en la dirección Y, así como también momentos longitudinales, transversales y de torsión en sus respectivas direcciones.

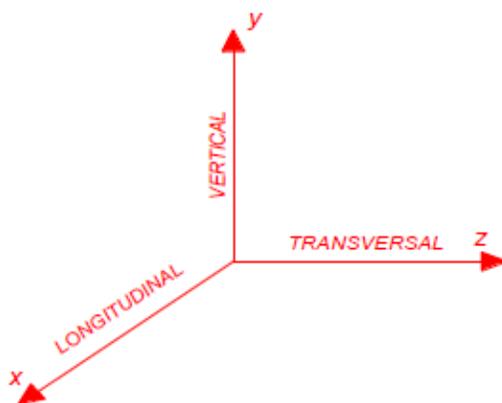


Figura 1. Representación cartesiana de fuerzas y momentos.

El factor de seguridad en apoyos no deberá ser menor a 2,5. (RETIE, 2013, p. 121-122)

Metodología de cálculo. Para el cálculo mecánico de los apoyos se realiza primero el cálculo mecánico de los conductores, obteniendo las tensiones máximas para cada hipótesis; Luego, se determinarán todas las fuerzas longitudinales, transversales y verticales que actúan en cada uno de los apoyos dependiendo de su función y configuración estructural. Conocidas estas fuerzas se calculan los momentos flectores en la base de los apoyos en su dirección longitudinal y transversal (los efectos de torsión serán ignorados). Finalmente se calcula el momento flector

equivalente, verificando que este sea menor al momento flector resistente del poste. (Dávila, Las, & Aeras, 2019)

Momento resistente. El momento resistente de un poste viene dado por un factor de seguridad y por su carga de rotura, el cual es determinado mediante ensayos mecánicos por la empresa fabricante. Esta carga es aplicada a una distancia de 20 cm de la cima del poste según especifica la norma NTC 1329. (Dávila, Las, & Aeras, 2019)

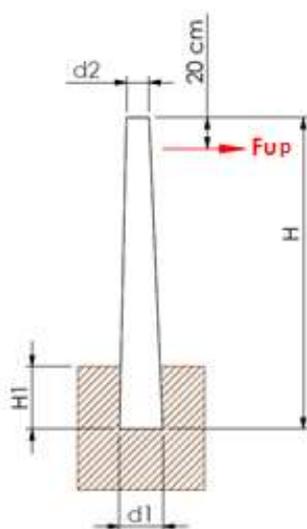


Figura 2. Aplicación de la carga de rotura en ensayos mecánicos

Fuente: NTC 1329

El momento resistente de un poste (Ecuación 9) se calcula de la siguiente manera,

$$M_U = \frac{F_{up}}{f_s} (H - H_1 - 0,2) [\text{kg m}] \quad (9)$$

Donde:

F_{up} = carga de rotura del poste (kg)

H_1 = longitud de empotramiento (m) (Ver Ecuación 10)

f_s = factor de seguridad igual a 2,5

$$H1 = 0,1 H + 0,6[m] \quad (10)$$

2.2.13 Condiciones de operación. En la tabla 6 se muestra las condiciones de operación.

Tabla 6. Condiciones de operación.

Tipo de apoyo	Condición normal	Condición anormal
Alineación (ALN)	Todos los conductores sanos con velocidad máxima de viento transversal.	No aplica.
Ángulo sin apertura (ANG)	Todos los conductores sanos con velocidad máxima de viento transversal.	No aplica.
Retención 0° (RET)	Todos los conductores sanos con velocidad máxima de viento transversal.	Desequilibrio de tensión horizontal del 50% sin considerar la acción transversal por viento.
Retención en ángulo (RAG)	Todos los conductores sanos con velocidad máxima de viento transversal.	Desequilibrio de tensión horizontal del 50% sin considerar la acción transversal por viento.
Terminal (TER)	Todos los conductores sanos con velocidad máxima de viento transversal.	No aplica.

*Condiciones de operación para evaluar los cálculos mecánicos.

Fuente: Dávila, Las, & Aeras, 2019.

Fuerzas longitudinales. Se representan en la dirección X en sentido longitudinal del tramo recto de la línea. Estas fuerzas se presentan en apoyos de retención (ang 0°) y terminales. En apoyos de retención (ang 0°) se debe al desequilibrio de tensiones que se puede presentar a causa de un conductor roto o por diferencia en la longitud de los vanos adyacentes (condición anormal). En apoyos terminales la fuerza longitudinal es igual al 100% de la tensión horizontal ejercida por los conductores en un solo sentido. (Dávila, Las, & Aeras, 2019)

La fuerza longitudinal en apoyos terminales es igual a (Ecuación 11):

$$F_L = T_{max}N \quad (11)$$

Y para para apoyos de retención (ang 0°) en condición anormal (Ecuación 12)

$$F_L = 0.5T_{max}N \quad (12)$$

Donde:

T_{max} = Tensión máxima obtenida del cálculo mecánico de conductores (kgf)

N = número de fases o de conductores

Fuerzas transversales. Las fuerzas transversales se representan en la dirección Z en sentido perpendicular a la línea para tramos rectos. Son originadas por la acción del viento sobre conductores, postes y equipos y por la fuerza resultante de tracciones en cambios de dirección de la línea (apoyos de ángulo y retención en ángulo). En estos apoyos, la dirección Z (*transversal*) va en el sentido de la fuerza resultante, y es en esta dirección donde se aplica la fuerza del viento (Dávila, Las, & Aeras, 2019).

Fuerzas de viento en condición normal. La fuerza que ejerce el viento sobre los conductores, postes y equipos se determina teniendo en cuenta la presión dinámica del viento y del coeficiente aerodinámico que depende de la geometría que se esté analizando. La dirección del viento se asumirá horizontal en dirección transversal (Dávila, Las, & Aeras, 2019).

La presión dinámica es igual a (Ecuación 13):

$$F_L = 0,0613 V^2 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right] \quad (13)$$

Donde V es la velocidad del viento en m/s .

Sobre conductores:

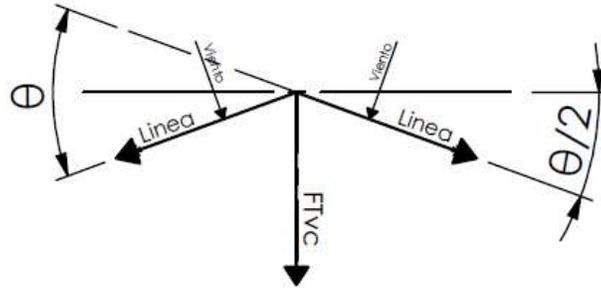


Figura 3. Fuerza transversal por viento en conductores

Para conductores o haces de conductores la fuerza de viento (Ecuación 14) es igual a:

$$F_{Tvc} = N C_f q A \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) [\text{kg}] \quad (14)$$

$$F_{Tvc} = N C_f q \phi a_v \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) [\text{kg}]$$

Donde:

N = número de fases o de conductores

θ = ángulo de deflexión de la línea

A = área superficial expuesta al viento

C_f = coeficiente aerodinámico

ϕ = diámetro del conductor (m)

a_v = elovano (m)

El vano viento o elovano es la longitud de vano horizontal a considerar para calcular la fuerza de viento que se transmite al poste. Esta longitud queda determinada por la semisuma de los vanos contiguos al apoyo, así (Ecuación 15):

$$a_v = \frac{a_1 + a_2}{2} [\text{m}] \quad (15)$$

Donde a_1 y a_2 son la longitud horizontal de los vanos adyacente y posterior.

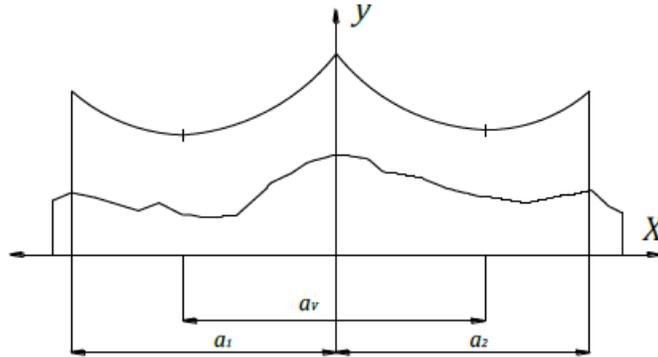


Figura 4. Vano viento o elovano

Sobre postes: Para calcular la fuerza transversal del viento sobre postes se aplica la Ecuación 16 con el área superficial expuesta determinada de la siguiente forma:

$$A = H_2 \left(\frac{d'_1 + d_2}{2} \right) [m^2] \quad (16)$$

Donde d'_1 es el diámetro del poste a nivel del terreno (Ecuación 17).

$$d'_1 = d_1 - 0,015H_1 [m] \quad (17)$$

Por lo tanto, la fuerza de viento sobre un poste queda de la siguiente forma (Ecuación 18):

$$F_{tvp} = C_f q A [kg] \quad (18)$$

$$F_{tvp} = C_f q (H - H_1) \left(\frac{d_1 - 0,015H_1 + d_2}{2} \right) [kg]$$

La fuerza de viento F_{tvp} se aplica en el centro de masa del poste que está ubicado a una distancia H_g del terreno (Ecuación 19).

$$H_g = \frac{H - H_1}{3} \frac{2d_2 + d'_1}{d'_1 + d_2} [m] \quad (19)$$

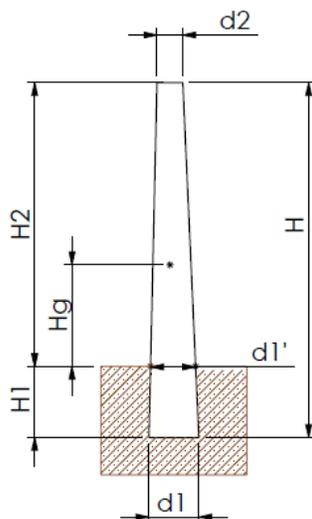


Figura 5. Características geométricas de un poste.

En la Tabla 7, se tabulan los valores de la fuerza transversal por viento sobre los postes (F_{Tvp}) de 12m y 14m normalizados para la velocidad de viento considerada de 100 km/h.

Tabla 7. Fuerza transversal por viento sobre postes normalizados.

Designación del poste	Carga de diseño (kg)	Longitud total (m)	Fuerza de viento (kg)
12/510	510	12	107
12/750	750	12	107
12/1050	1050	12	128.8
14/750	750	14	146.4
14/1050	1050	14	159.2
14/1350	1350	14	172

* Tabla normalizada de fuerzas transversales para postes de 12m y 14m.

Fuente: Dávila, Las, & Aeras, 2019.

Fuerza por resultante de tracciones en condición normal. La fuerza resultante por cambio de dirección en la línea se da en apoyos de ángulo sin retención y en apoyos de retención en ángulo, esta fuerza es igual a (Ecuación 20):

$$F_{TR} = 2NT_{max} \text{Sen} \left(\frac{\theta}{2} \right) [\text{kg}] \quad (20)$$

Fuerza por resultante de tracciones en condición anormal. La condición de operación anormal tiene en cuenta el desequilibrio de tensión horizontal debido a la rotura de un conductor en uno de los vanos o por diferencia en la longitud de los vanos contiguos. La fuerza resultante con desequilibrio de tracciones es igual a (Ecuación 21):

$$F_{TR} = \sqrt{0,5T_{max}^2 \text{Cos}^2 \left(\frac{\theta}{2} \right) + 1,5T_{max}^2 \text{Sen}^2 \left(\frac{\theta}{2} \right)} \quad (21)$$

Y el ángulo de la resultante se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Cos}(\alpha) = \frac{F_{TR}^2 + T_{max}^2 - 0,5T_{max}^2}{2F_{TR}T_{max}} \quad (22)$$

Fuerzas verticales. Las fuerzas verticales se representan en la dirección *Y* y se presentan a causa del peso propio de los conductores, transformadores, aisladores y demás elementos que soporta el poste.

2.2.14 Momentos de reacción en el apoyo. En la base del apoyo se producirán momentos de reacción, para los cuales se calculará el momento resultante en la dirección longitudinal y en la dirección transversal.

Momento longitudinal resultante en apoyos MT. El momento longitudinal resultante (Ecuación 23) en apoyos de media tensión es igual a:

$$M_{lmt} = F_L H_c \quad (23)$$

Donde HC es la altura a la que están ubicados los conductores.

Momento transversal resultante en apoyos MT . El momento transversal resultante en apoyos de media tensión (Ecuación 24) es igual a:

$$M_{Tmt} = M_{Tv}M_{TFR}M_{TDFV} \quad [\text{kg m}] \quad (24)$$

Donde M_{Tv} (Ecuación 25) es el momento transversal por fuerzas de viento,

$$M_{Tv} = (F_{Tvc}H_C + F_{Tvc}H_g) \quad [\text{kg m}] \quad (25)$$

Siendo 1,2 un factor amplificador que tiene en cuenta la fuerza de viento sobre los aisladores, crucetas y demás accesorios, y H_t la altura a la que se ubica el transformador. M_{TFR} es el momento transversal por fuerza resultante, el cual se da en apoyos de ángulo sin retención y de retención angular.

M_{TDFV} es el momento transversal debido al desequilibrio de fuerzas verticales (Ecuación 26), el cual solo se da en apoyos con configuración en bandera,

$$M_{TDFV} = (P_a)(L_1 + L_2 + L_3) + P_{cr}L_c + M_{Tpt} \quad [\text{kg m}] \quad (26)$$

Y M_{Tpt} es el momento transversal causado por el peso del transformador (solo se tiene en cuenta si en el poste se va apoyar un transformador) Ecuación 27,

$$M_{Tpt} = P_tL_t \quad (27)$$

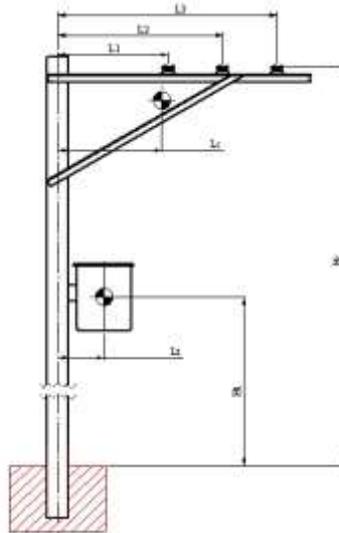


Figura 6. Cotas para el cálculo del momento transversal.

Momento de reacción equivalente. El momento de reacción en la base del apoyo se determinará de la siguiente forma (Ecuación 28):

$$M_{EQ} = \sqrt{M_T^2 + M_L^2} \quad (28)$$

Con:

$$M_T = M_{Tmt} + M_{Tbt} \quad (29)$$

$$M_L = M_{Lmt} + M_{Lbt} \quad (30)$$

Criterio de selección de postes. Para la selección del poste a utilizar según las condiciones y cargas que va a soportar se debe cumplir la siguiente expresión (Ecuación 31):

$$M_U > MEQ \quad (31)$$

2.2.15 PLS- CADD. Luego de ver toda la metodología de cálculo para determinar los apoyos de las estructuras se busca la manera de optimizar este proceso, esto se logra haciendo uso del

software PLS-CADD que automatiza el cálculo de las cargas para las estructuras del diseño y la verificación de la resistencia de acuerdo con la mayoría de los estándares internacionales (ASCE, NESC, IEC, CENELEC, etc.).

PLS-CADD perteneciente a Power Line Systems en los últimos 30 años ha tenido una estrecha participación con las organizaciones que desarrollaron estos estándares y los comentarios de las compañías eléctricas que requieren su uso.

2.3 Marco Conceptual

Cable. Conjunto de alambres sin aislamiento entre sí y entorchado por medio de capas concéntricas.

Capacidad de Carga. Corriente que puede soportar un conductor o aparato de maniobra sin sufrir sobrecarga térmica o dinámica.

Carga. La potencia eléctrica requerida para el funcionamiento de uno o varios equipos eléctricos o la potencia que transporta un circuito.

Código de Redes. Conjunto de reglas, normas, estándares y procedimientos técnicos expedidos por la CREG a los cuales deben someterse las empresas de servicios públicos del sector eléctrico y otras personas que usan el Sistema de Transmisión Nacional, de acuerdo a lo establecido en la Ley 143 (1994).

Conductor. Es el nombre dado a aquellos materiales a través de los cuales se transporta la energía eléctrica.

Corriente Eléctrica. Es el movimiento de cargas eléctricas entre dos puntos que no se hallan en el mismo potencial, por tener uno de ellos un exceso de electrones con respecto al otro. Es un transporte de energía.

Corrosión. Ataque a una materia y destrucción progresiva de la misma, mediante una acción química, electroquímica o bacteriana.

Demanda. Es la carga promedio solicitada a la fuente de suministro en el punto de recepción durante un intervalo de tiempo. También se define como la cantidad de potencia requerida por un usuario o suscriptor en un período de tiempo dado, expresado en kilovatios (kW) o kilovoltio amperios (kVA).

Parámetro del Conductor. Es la razón entre la fuerza mecánica horizontal aplicada a un conductor a determinadas condiciones de diseño y su peso aparente por unidad de longitud.

Sobrecarga. Funcionamiento de un equipo excediendo su capacidad normal o de plena carga nominal, o de un conductor con exceso de corriente sobre su capacidad nominal, cuando tal funcionamiento, de persistir por suficiente tiempo, causa daños o sobrecalentamiento peligroso. Una falla a tierra no es una sobrecarga.

Tensión (de un circuito). Es la diferencia de potencial eléctrico entre dos conductores, que hacen que fluyan electrones por una resistencia. Tensión es una magnitud, cuya unidad es el voltio También se define como el mayor valor eficaz de la diferencia de potencial entre dos conductores cualesquiera del circuito al que pertenecen.

Apoyo. Nombre genérico dado al dispositivo de soporte de conductores y aisladores de las líneas o redes aéreas. Pueden ser postes, torres u otro tipo de estructuras.

Carga de diseño. La máxima carga aplicada a 20 centímetros de la cima, para la cual ha sido calculado y diseñado el poste.

Carga de rotura. Es aquella que, aplicada a 20 centímetros de la cima, produce el colapso estructural del poste por fluencia del acero, por aplastamiento del concreto o por ambas causas en forma simultánea.

Factor de seguridad. Es la relación entre el esfuerzo máximo permisible y el esfuerzo de trabajo de un equipo o material.

Momento resistente. Es el momento flector máximo que puede resistir un poste teniendo en cuenta un factor de seguridad.

Momento equivalente. Es el momento flector resultante debido a las diferentes cargas que actúan sobre el poste.

Tensión de rotura. Es la tensión máxima que puede soportar un conductor antes de fallar.

2.4 Marco Contextual

El proyecto será realizado en las instalaciones de la empresa INGESSA S.A.S, ubicada en AV 10E No. 10-66 Barrio la Riviera, en la ciudad de Cúcuta.



Figura 7. Ubicación de la empresa INGESSAS S.A.S, ubicada AV 10E No. 10-66 Barrio la Riviera Cúcuta, Norte de Santander.

Fuente: Google Maps.

2.5 Marco Legal

En la realización del presente diseño se tendrán en cuenta los criterios aplicables contenidos en los siguientes documentos:

- Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE
- Código Eléctrico Colombiano – Norma NTC 2050
- Normas para el diseño y construcción de redes de distribución (CENS 2015)
- Comisión de Regulación de Energía y Gas - CREG

3. Metodología

3.1 Tipo de investigación

El presente proyecto de grado se centra en una investigación de tipo cualitativa, ya que se enfoca en encontrar por medio de análisis de diversos factores, los mejores resultados para la selección de los elementos y así encontrar la mejor configuración, logrando un objetivo concreto. Aplicando diversos conceptos cualitativos en el análisis y descripción de las redes, junto con cuantitativos en la resolución de cálculos que contribuyen significativamente en la resolución del problema presentado en la red de media tensión 34.5KV celda BELC36 entre subestación cornejo y puente Gómez.

3.2 Recopilación de la información

Recopilar información de libros, tesis académicas, proyectos y normas relacionadas con el diseño de redes de energía eléctrica; se realizará un análisis detallado de toda la información anteriormente recopilada y se llevará a cabo la selección de dicha información que sea valiosa para el proyecto.

Luego de esto, se llevará a cabo la recolección de información en la zona del diseño en donde se realizara un levantamiento de los datos necesarios, tanto de la red existente como del nuevo trazado, determinar la ruta más óptima para la reconfiguración de la red, tomando información como coordenadas geográficas, información de estructuras entre otros.

Se realizaran los respectivos cálculos eléctricos, según las normas del operador para la selección de los conductores, que serán pertinentes para la consolidación del óptimo diseño y demostrar el excelente funcionamiento de la red para su futuro.

Se procederá luego con la elaboración de los planos eléctricos solicitados por el operador de red, los cuales contendrán: planos de red existente y planos de red proyectada con todas las convenciones según la norma de diseño CENS, información del diseño tablas, etc.

Por último se realizara un presupuesto de obra, el cual también llevara el presupuesto en unidades constructivas solicitado por el operador y la CREG para finalizar así el diseño.

4. Resultados

4.1 Selección de la Ruta Para el Trazado de la Red

El trazado de la red fue realizado por medio de salidas a terreno, donde se identificó la ruta a intervenir de la celda Belc36 entre la subestación cornejo y puente Gómez, después de identificar la línea de distribución de 34.5Kv, se envió a realizar un estudio geológico de la zona para determinar la calidad del terreno y así proseguir con el nuevo camino de la red.

Las posiciones de los nuevos apoyos de la ruta, se registraron por medio de un equipo GPS, los cuales se utilizaron en los softwares Google Earth, MapSource, Global Mapper y PLS-CADD, estos softwares cuentan con la capacidad de visualizar la cartografía de la zona, perfiles de elevación, curvas de nivel por medio de conexiones satelitales y análisis estructurales para los apoyos (PLS-CADD) que fueron usados para el diseño de la red.

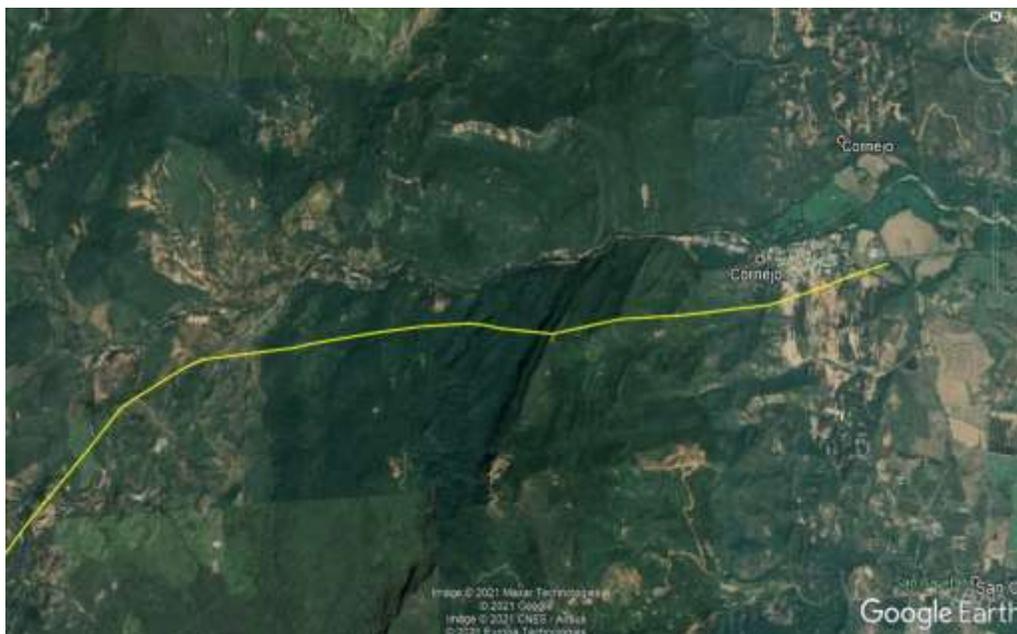


Figura 8. Ubicación de la red existente, red 34.5kv celda belc36 municipio de Cornejo, Norte de Santander.

Fuente: Google Earth.

El informe geológico arrojó, que una parte de la trayectoria de la red existente, estaba en riesgo alto de remoción de tierra, por lo cual, fue necesario encontrar un nuevo trazado para la red eléctrica.

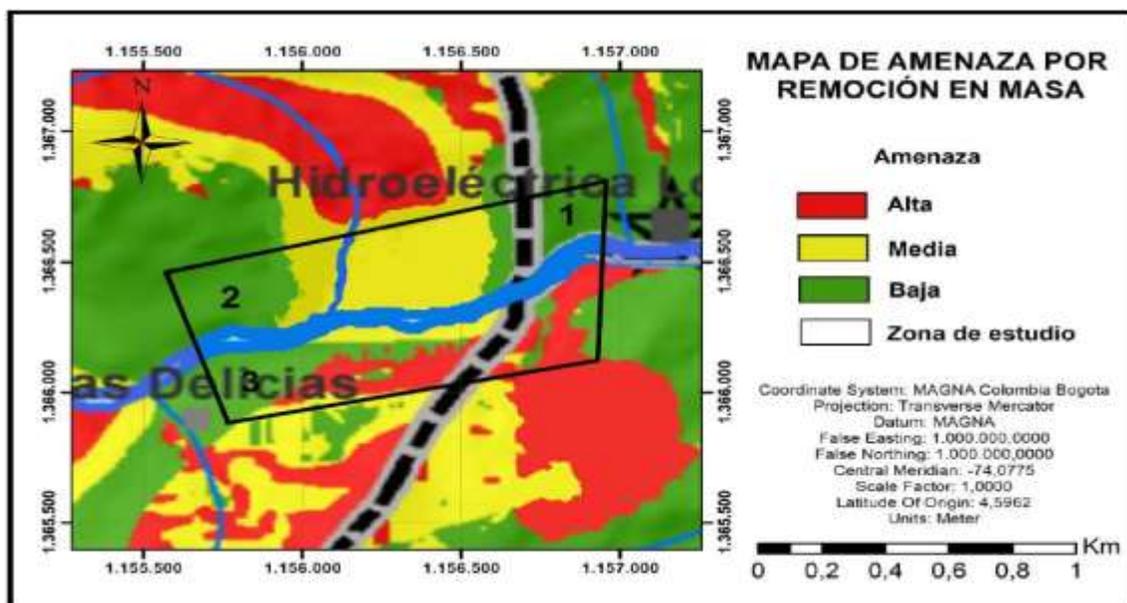


Figura 9. Mapa de amenaza por remoción en masa.

Fuente: Hernández (2021).

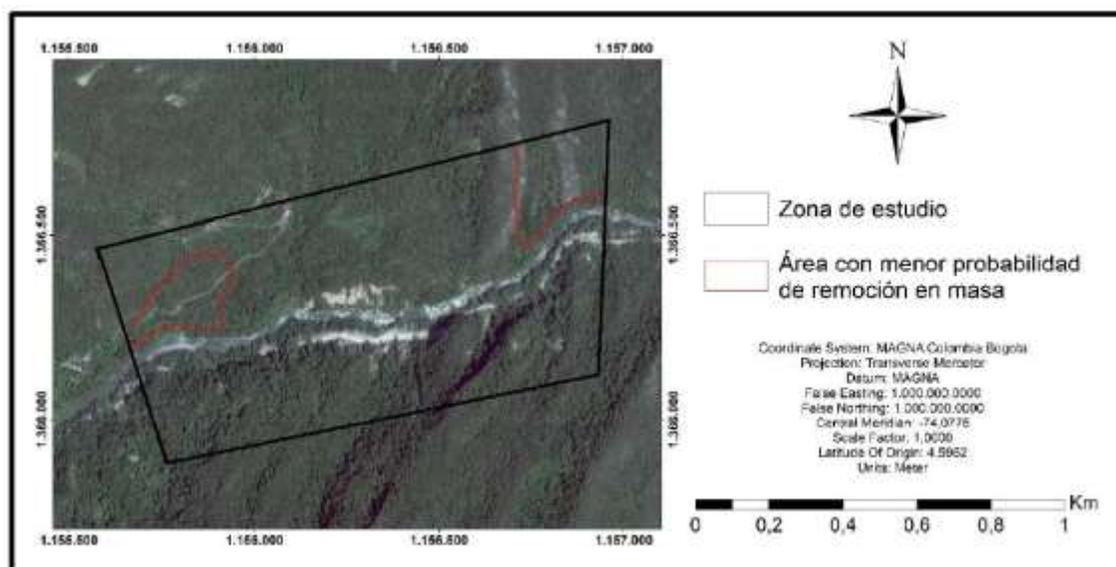


Figura 10. Mapa de amenaza por remoción en masa.

Fuente: Hernández (2021).

Dado los resultados anteriores, se optó por pasar el nuevo trazado a la parte norte donde el terreno es más estable según el estudio geológico, y se procedió a determinar la nueva ruta de la red eléctrica 34.5 Kv Belc36 toman las coordenadas geográficas de cada punto.

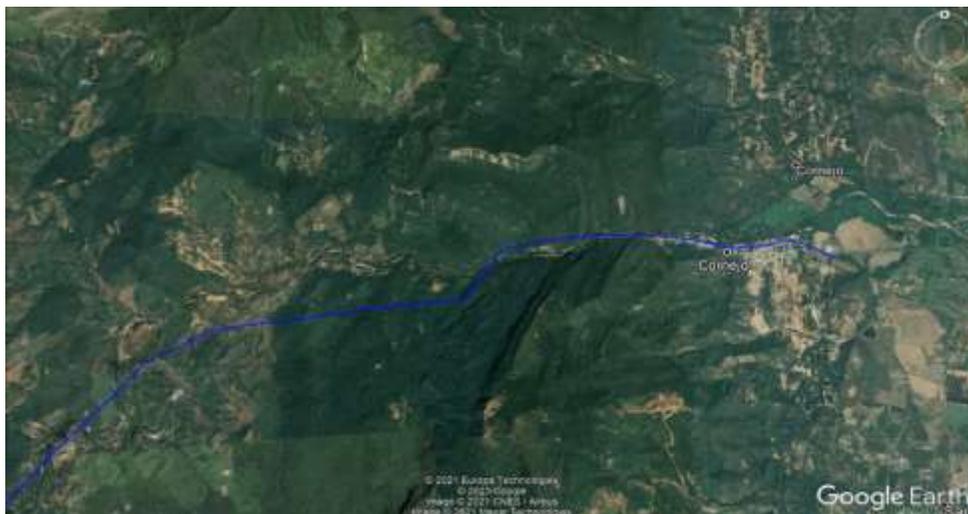


Figura 11. Ubicación de la red proyectada, red 34.5kv celda belc36 municipio de Cornejo, Norte de Santander.

Fuente: Google Earth.

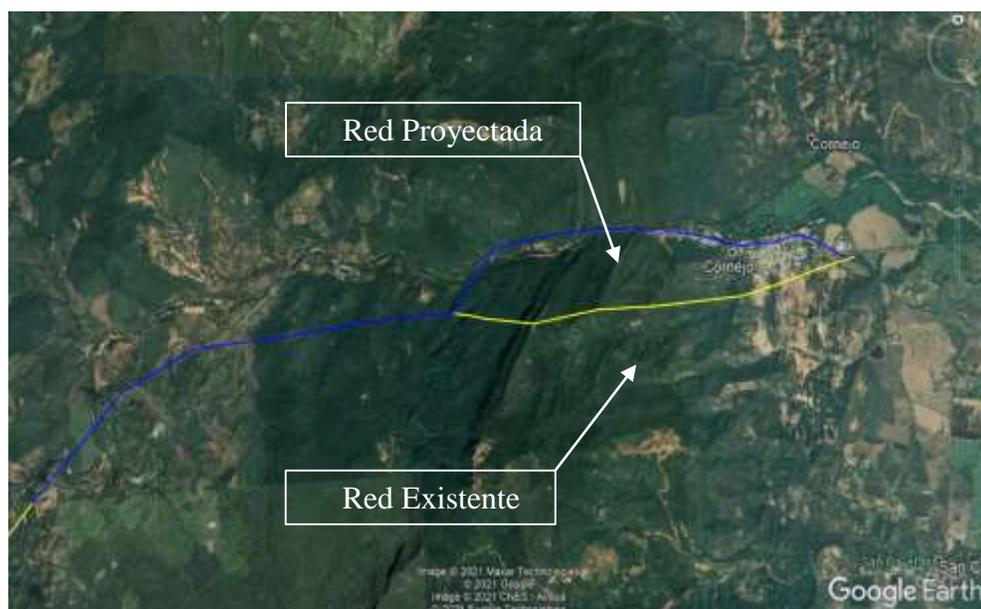


Figura 12. Comparación de la ruta de las redes existente y proyectada.

Fuente: Google Earth.

Tabla 8. Coordenadas y ubicación para el nuevo trazado de la nueva red.

COORDENADAS REPOSICIÓN CELDA BELC36 PUENTE GÓMEZ - CORNEJO							
PUNTO	ESTE	NORTE	ALTURA(m)	PUNTO	ESTE	NORTE	ALTURA(m)
P40	1151460	1364205	381	P77	1158007	1366446	264
P41	1151617	1364409	358	P78	1158060	1366435	264
P41-1	1151786	1364629	361	P79	1158113	1366420	263
P42	1151938	1364828	386	P80	1158169	1366408	261
P43	1152440	1365134	400	P81	1158209	1366396	260
P44	1152570	1365210	385	P82	1158235	1366379	262
P45	1152697	1365269	367	P83	1158287	1366364	263
P46	1153631	1365367	473	P84	1158341	1366356	262
P47	1153788	1365400	480	P85	1158392	1366342	260
P47-1	1153970	1365435	478	P86	1158446	1366352	258
P48	1154363	1365510	424	P87	1158468	1366356	258
P49	1154552	1365536	420	P88	1158502	1366358	258
P50	1154866	1365580	410	P89	1158547	1366362	257
P51	1155356	1365606	444	P90	1158563	1366364	257
P52	1155788	1366304	337	P91	1158623	1366370	256
P53	1155887	1366339	338	P92	1158678	1366375	255
P52-1	1156328	1366410	348	P93	1158725	1366378	255
P56	1156623	1366468	340	P94	1158770	1366384	255
P57	1157196	1366504	278	P95	1158809	1366389	254

* Coordenadas obtenidas con GPS Garmin Etrex 10.

Las coordenadas tomadas con el instrumento GPS fueron descargadas, procesadas y utilizadas en el software Google Earth, para la visualización del nuevo trazado de la red, estos puntos fueron transformados de gpx que es el formato interno del GPS Garmin a formato KML o KMZ, tratados por el programa Google Earth, donde permite tener una simulación de la red en la zona, con información topográfica y condiciones del terreno, lo cual permitió identificar valles, peñas, montañas entre otras.

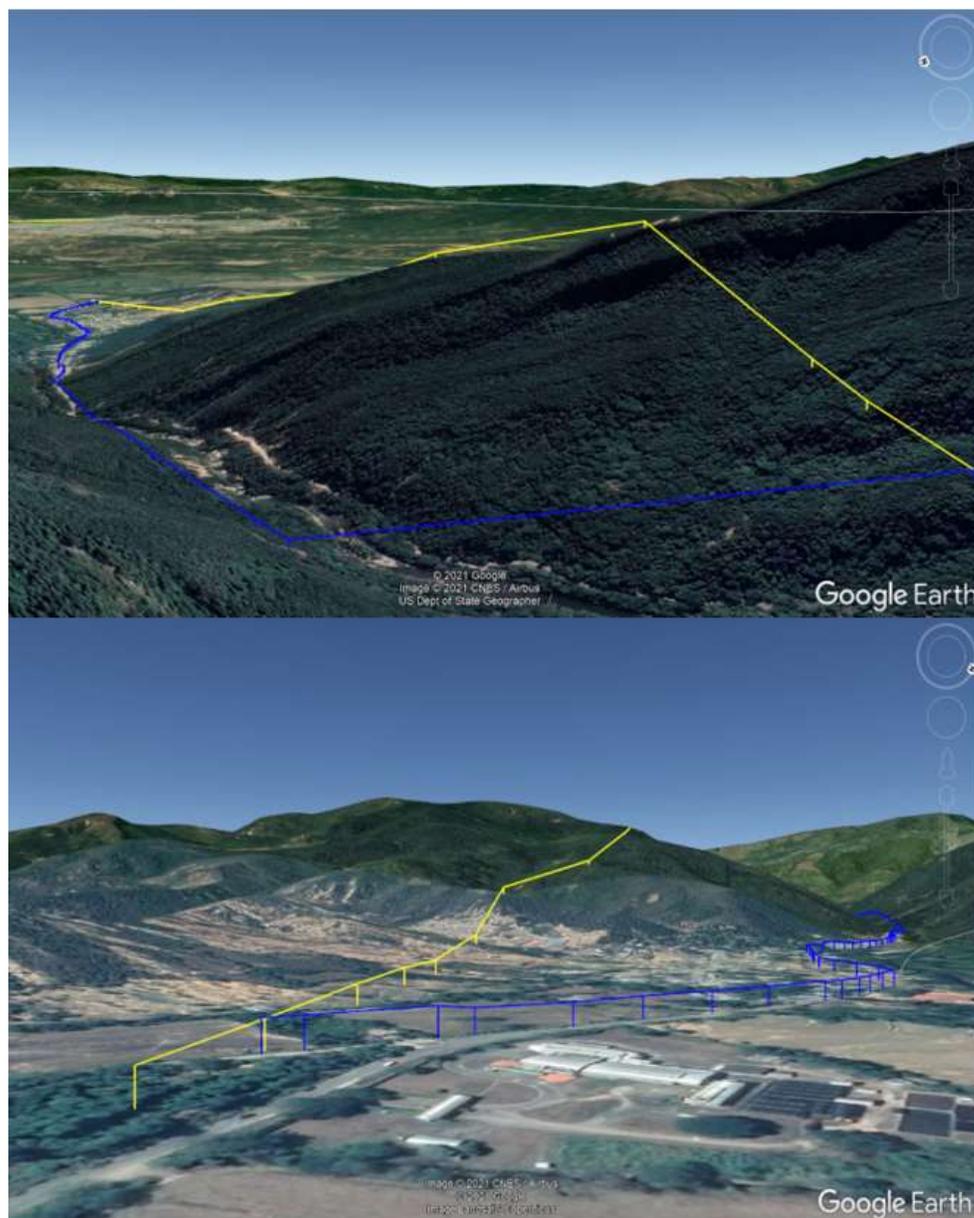


Figura 13. Previsualización de los trazados de la red existente y proyectada, red 34.5kv celda belc36 municipio de Cornejo, Norte de Santander.

Fuente: Google Earth.

Teniendo la información del terreno entregada del archivo KML del programa Google Earth, se procedió a ser leída y tratada por el software Global Mapper, donde obtenemos la información de la topografía del terreno, arrojándonos las curvas de nivel y así hallando el perfil de elevación

de la ruta de la red, permitió observar los desniveles del terreno por donde pasaran las líneas eléctricas, teniendo una idea de las flechas de la red.

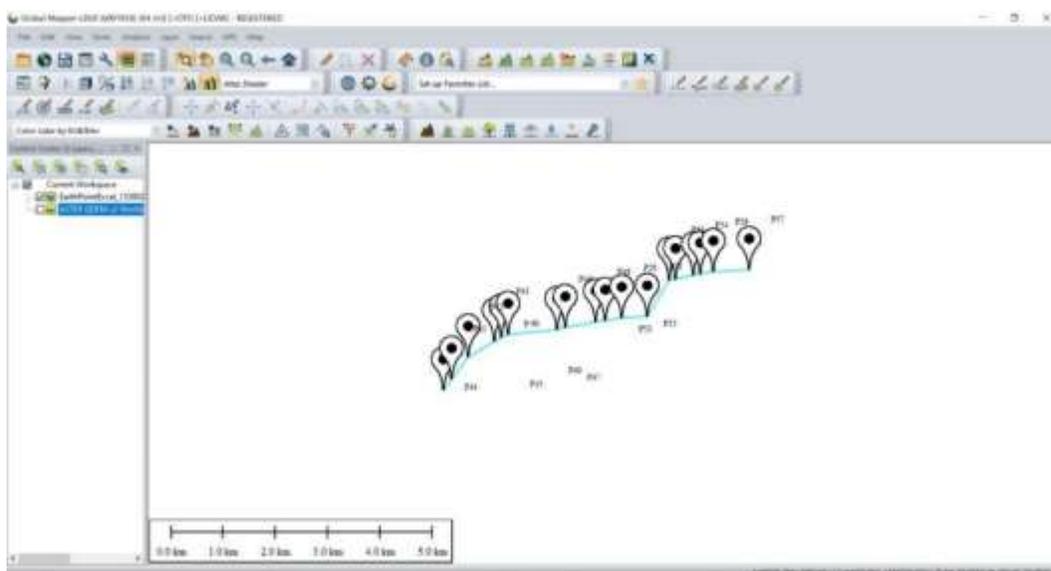


Figura 14. Interfaz de Global Mapper con la información geográfica para analizar, red 34.5kv celda belc36 municipio de Cornejo, Norte de Santander.

Fuente: Global Mapper.

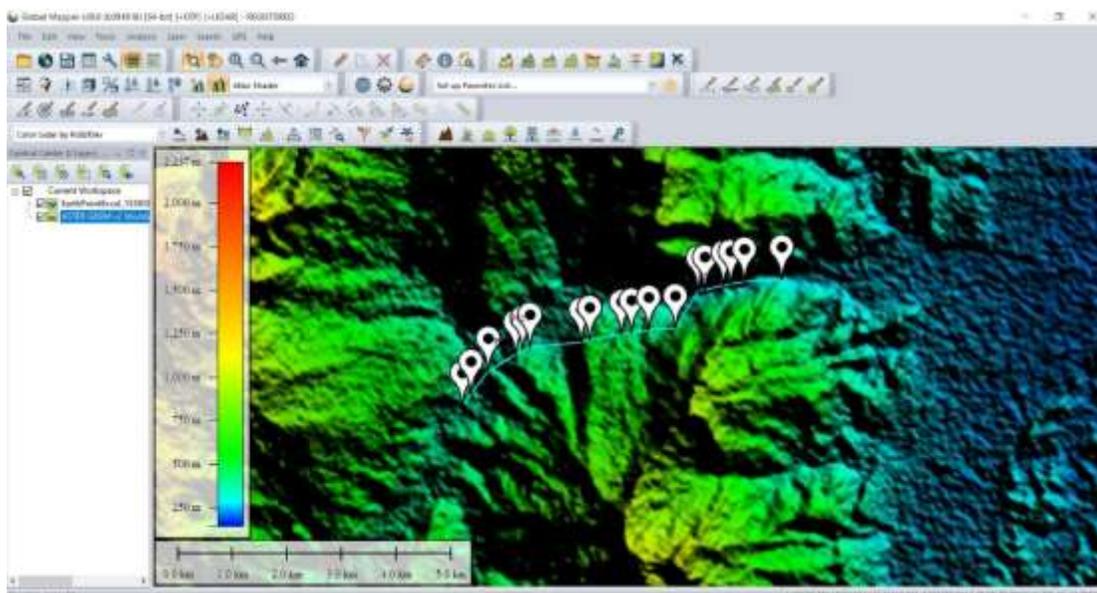


Figura 15. Curvas de nivel de la red para visualizar la diferencia de alturas de los puntos del trazado, red 34.5kv celda Belc36 municipio de Cornejo, Norte de Santander.

Fuente: Global Mapper.

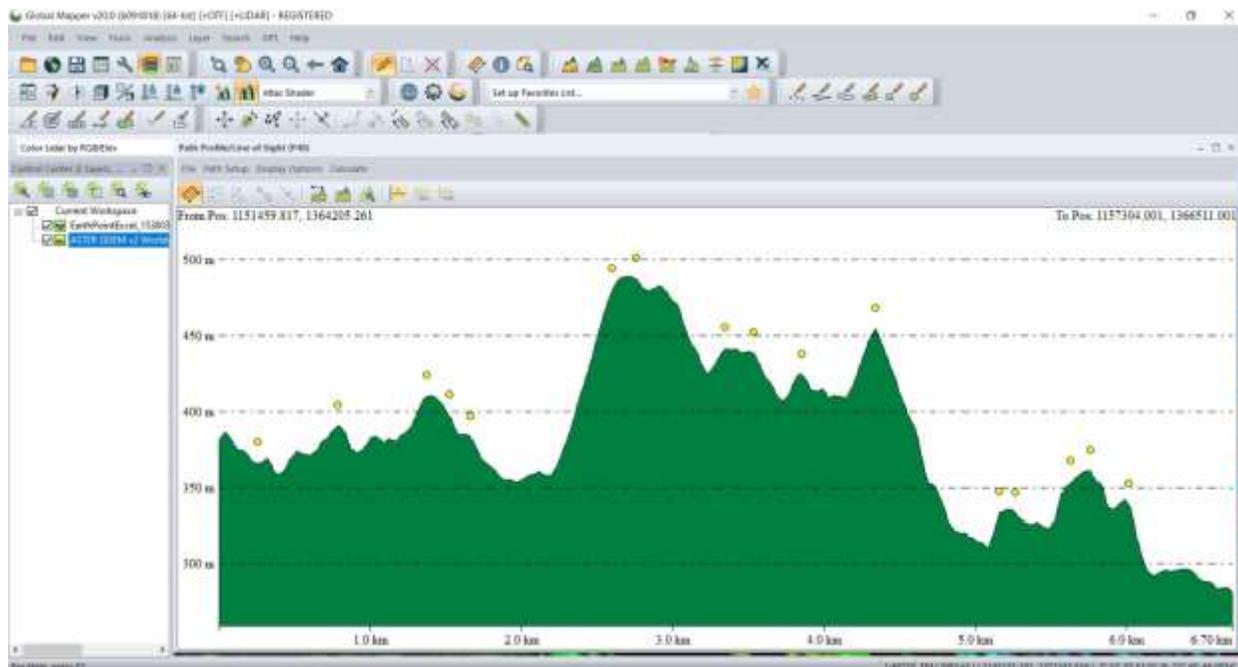


Figura 16. Visualización del perfil de elevación del trazado, red 34.5kv celda belc36 municipio de Cornejo, Norte de Santander.

Fuente: Google Earth.

4.2 Selección del Conductor

Para la selección de la red se tuvo en cuenta la petición de CENS, que solicito aumentar en calibre del conductor de 266 KCMIL a 336.4 KCMIL, claramente se debe mencionar que a celda Belc36 es una troncal que alimenta diversas subestaciones de diferentes municipios de Norte de Santander, con lo cual el conductor solicitado por operador de red tiene una capacidad operativa de 90°C y 15.000V – 35.000V para 530A, aplicándole el factor de ajuste del 80%, el conductor toleraría 424A siendo esta corriente superior a la corriente nominal del circuito.

4.3 Regulación de Tensión

La demanda para realizar el cálculo de regulación fue suministrada por el operador de red, la cual es de 4.5MVA, equivalente a todas las cargas a suplir de las subestaciones alimentadas.

La regulación de tensión se obtiene utilizando la Ecuación 32:

$$R\% = F_c \frac{K_G}{V_L^2} M \quad (32)$$

Para el primer tramo se calculó de la siguiente manera:

$$R\% = 1 \times \frac{18.23}{(34500 [V])^2} \times 4500 [kVA] \times 5[m]$$

$$R\% = 0.0004$$

De igual modo se llevó a cabo el cálculo de la regulación en EXCEL de los demás vanos del trazado de la red, estos resultados se encuentran en la siguiente Tabla.

Tabla 9. Cálculo de regulación de tensión.

CALCULO DE REGULACIÓN REPOSICIÓN CELDA BELC36 PUENTE GÓMEZ							
PUNTO	TRAMO	DISTANCIA	MOMENTO	CTE	F.C.	CONDUCTOR	REGULACION
		(m)	(kVA*Mt)	REGULACION			DE VOLTAJE
				kg/FP.:0,9			%R
P40	P40	5,00	26121,80	18,23	1,00	ACSR336 MCM	0,0004001
P41	P40-P41	257,00	1342660,60	18,23	1,00	ACSR336 MCM	0,0205643
P41-1	P41-P41-1	278,00	1452372,16	18,23	1,00	ACSR336 MCM	0,0222447
P42	P41-1-P42	250,00	1306090,07	18,23	1,00	ACSR336 MCM	0,0200042
P43	P42-P43	588,00	3071923,86	18,23	1,00	ACSR336 MCM	0,0470499
P44	P43-P44	150,00	783654,04	18,23	1,00	ACSR336 MCM	0,0120025
P45	P44-P45	141,00	736634,80	18,23	1,00	ACSR336 MCM	0,0112824
P46	P45-P46	940,00	4910898,68	18,23	1,00	ACSR336 MCM	0,0752159
P47	P46-P47	160,00	835897,65	18,23	1,00	ACSR336 MCM	0,0128027

P47-1	P47-P47-1	185,00	966506,66	18,23	1,00	ACSR336 MCM	0,0148031
P48	P47-1-P48	401,00	2094968,48	18,23	1,00	ACSR336 MCM	0,0320868
P49	P48-P49	190,00	992628,46	18,23	1,00	ACSR336 MCM	0,0152032
P50	P49-P50	318,00	1661346,58	18,23	1,00	ACSR336 MCM	0,0254454
P51	P50-P51	490,00	2559936,55	18,23	1,00	ACSR336 MCM	0,0392083
P52	P51-P52	814,00	4252629,28	18,23	1,00	ACSR336 MCM	0,0651337
P52-1	P52-P52-1	560,00	2925641,77	18,23	1,00	ACSR336 MCM	0,0448095
P56	P52-1-P56	300,00	1567308,09	18,23	1,00	ACSR336 MCM	0,0240051
P57	P56-P57	683,00	3568238,08	18,23	1,00	ACSR336 MCM	0,0546515
TOTAL							0,53691

* Cálculo de regulación de tensión metodología CENS

Según la norma CENS - CAPITULO 2 PARÁMETROS DE DISEÑO, la suma de regulación de todos los tramos no puede ser superior al 1%; con lo cual se cumple con este requisito.

4.4 Pérdidas Máximas de Potencia

Las pérdidas máximas de potencia se calculan utilizando la Ecuación 33:

$$PL\% = \frac{r M}{V_L^2 \cos \varphi} 100 \quad (33)$$

Para el primer tramo se calculó de la siguiente manera:

$$PL\% = \frac{(0.162 \times \frac{5}{1000}) \times (4500[kVA] \times 5[m])}{(34500 [V])^2 \times 0.9} 100$$

$$PL\% = 1.6 \times 10^{-6}$$

De igual modo se llevó a cabo el cálculo de la pérdida de potencia en EXCEL de los demás vanos del trazado de la red, estos resultados se encuentran en la siguiente tabla.

Tabla 10. Cálculo de pérdidas de potencia.

CALCULO PERDIDAS DE POTENCIA REPOSICIÓN CELDA BELC36 PUENTE GÓMEZ					
PUNTO	TRAMO	DISTANCIA	MOMENTO	RESISTENCIA	PERDIDAS DE POTENCIA
		(m)	(kVA*Mt)	(ohm/km)	%PL
P40	P40	5,00	26121,80	0,00081	0,0000016
P41	P40-P41	257,00	1342660,60	0,04187	0,0042504
P41-1	P41-P41-1	278,00	1452372,16	0,04529	0,0049733
P42	P41-1-P42	250,00	1306090,07	0,04073	0,0040220
P43	P42-P43	588,00	3071923,86	0,09579	0,0222491
P44	P43-P44	150,00	783654,04	0,02444	0,0014479
P45	P44-P45	141,00	736634,80	0,02297	0,0012794
P46	P45-P46	940,00	4910898,68	0,15313	0,0568610
P47	P46-P47	160,00	835897,65	0,02606	0,0016474
P47-1	P47-P47-1	185,00	966506,66	0,03014	0,0022024
P48	P47-1-P48	401,00	2094968,48	0,06532	0,0103478
P49	P48-P49	190,00	992628,46	0,03095	0,0023231
P50	P49-P50	318,00	1661346,58	0,05180	0,0065075
P51	P50-P51	490,00	2559936,55	0,07982	0,0154508
P52	P51-P52	814,00	4252629,28	0,13260	0,0426390
P52-1	P52-P52-1	560,00	2925641,77	0,09122	0,0201806
P56	P52-1-P56	300,00	1567308,09	0,04887	0,0057916
P57	P56-P57	683,00	3568238,08	0,11126	0,0300193
				TOTAL	0,23219

* Cálculo de pérdidas de potencia metodología CENS.

Se cumple con la norma CENS - CAPITULO 2 PARÁMETROS DE DISEÑO siendo que es menor al 1% estipulado en la norma como perdida máxima para este tipo de red.

4.5 Cálculos Mecánicos

La selección de los apoyos se realizó por medio del software PLS-CADD donde se realizaron los cálculos mecánicos, en el cual se cargaron las consideraciones para dicha tarea, como los son tipos de estructuras de cada punto, características del conductor, características de la retenidas, perfiles de elevación y topografía trazada por las curvas de nivel ya previstas.

Las características técnicas del conductor:

Tabla 11. Características conductor 336 MCM.

Característica	Unidad	Valor
Calibre	kcmil	336
Designación	-	LINNET
Configuración	-	Desnudo
Sección total	mm ²	288.6
Diámetro	mm	18.3
Masa	kg/m	0.690
Carga de rotura	kgf	6396
Módulo de elasticidad	kg/mm ²	8358
Coef. De expansión térmica	1/°C	0.0000190

* Especificaciones técnicas conductor de media tensión

Fuente: CENTELSA - Aluminio acsr.

Las características técnicas del cable de guarda:

Tabla 12. Características de la guarda.

Característica	Unidad	Valor
Tamaño nominal	Pulg	1/4
Torón/hilos	-	1/7
Material	-	Acero galvanizado extra resistente
Sección total	mm ²	22.66
Diámetro	mm	6.35
Masa	kg/m	0.180
Carga de rotura	kgf	3010
Módulo de elasticidad	kg/mm ²	17576
Coef. De expansión térmica	1/°C	0.00001152

* Especificaciones técnicas para retenidas

Fuente: EMCOCABLES.

Las características técnicas de la retenida:

Tabla 13. Características técnicas del cable de acero usado como retenida.

Característica	Unidad	Valor
Tamaño nominal	Pulg	5/16
Torón/hilos	-	1/7
Material	-	Acero galvanizado extra resistente
Sección total	mm ²	42.18
Diámetro	mm	7.9
Masa	kg/m	0.230
Carga de rotura	kgf	5080
Módulo de elasticidad	kg/mm ²	17576
Coef. De expansión térmica	1/°C	0.00001152

* Especificaciones técnicas para retenidas.

Fuente: EMCOCABLES.

Como se vio en la selección de la ruta de la cerda Belc36, las curvas de nivel fueron determinadas por diferentes procesos de transformación de la información, empezando por la extracción del archivo del GPS con formato gpx y terminando en el análisis de Global Mapper por medio de conexión satelital, este arrojó un archivo el cual contaba con 1040 puntos de coordenadas magna sirga utilizadas en Colombia junto con su altura correspondientes, las cuáles fueron utilizadas en el software PLS-CADD.

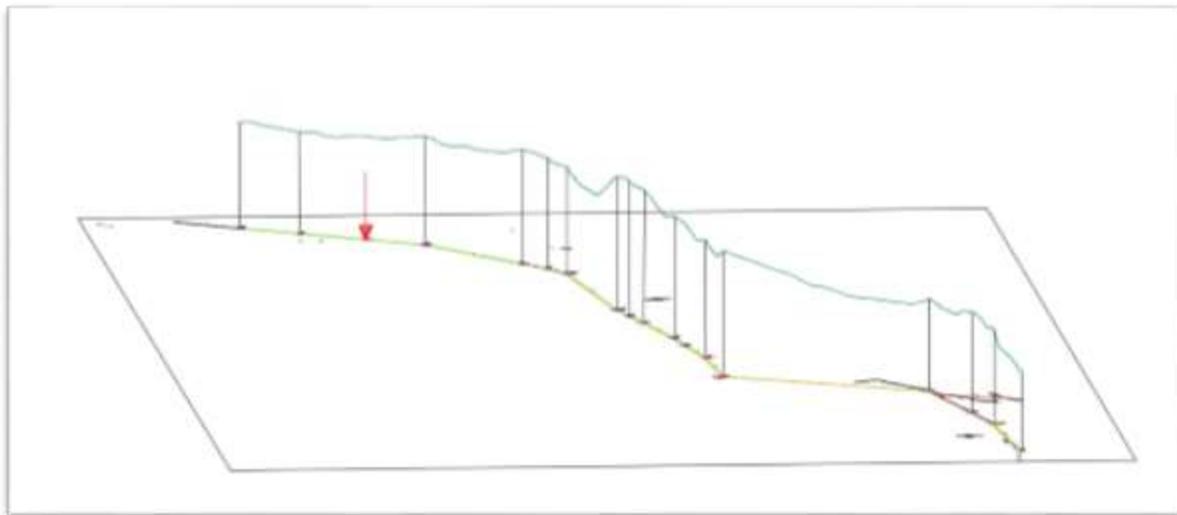


Figura 17. Representación de la curva en AutoCAD respecto a los puntos de los apoyos en el plano X, Y

Fuente: AutoCAD.

Los datos obtenidos del perfil de nivel son arrojados con un archivo xyz, esta información es tratada por PLS-CADD junto con la selección de las características antes mencionadas, como las del conductor y tipo de estructuras; este software procedió a realizar los análisis mecánicos para luego generar un resultado con los tipos de apoyos a utilizar y un plantillado de las curvas de red.

Tabla 14. Resultados cálculo mecánico de apoyos.

Estructura N°	Tamaño retenida (pulg)	# retenidas	Angulo máx. retenida (°)	Tensión crítica retenida (kg)	Selección poste	Configuración estructural
P40	5/15	4	45	1250	Torrecilla 12m	RH-230
P41	-	0	-	-	Torrecilla 12m	SH-225
P41-1	1/4	2	60	753	F14-1050	SH-226
P42	5/16	6	45	1468	Torrecilla 12m	RH-230
P43	5/15	4	60	1208	Torrecilla 12m	RH-230
P44	-	0	-	-	Torrecilla 12m	RH-225
P45	5/15	8	45	1344	Torrecilla 12m	RE-300
P46	1/4	6	60	1040	Torrecilla 12m	RE-300
P47	-	0	-	-	Torrecilla 12m	SH-226
P47-1	1/4	2	60	861	F14-1050	SH-225
P48	5/15	4	45	1372	Torrecilla 12m	RH-230

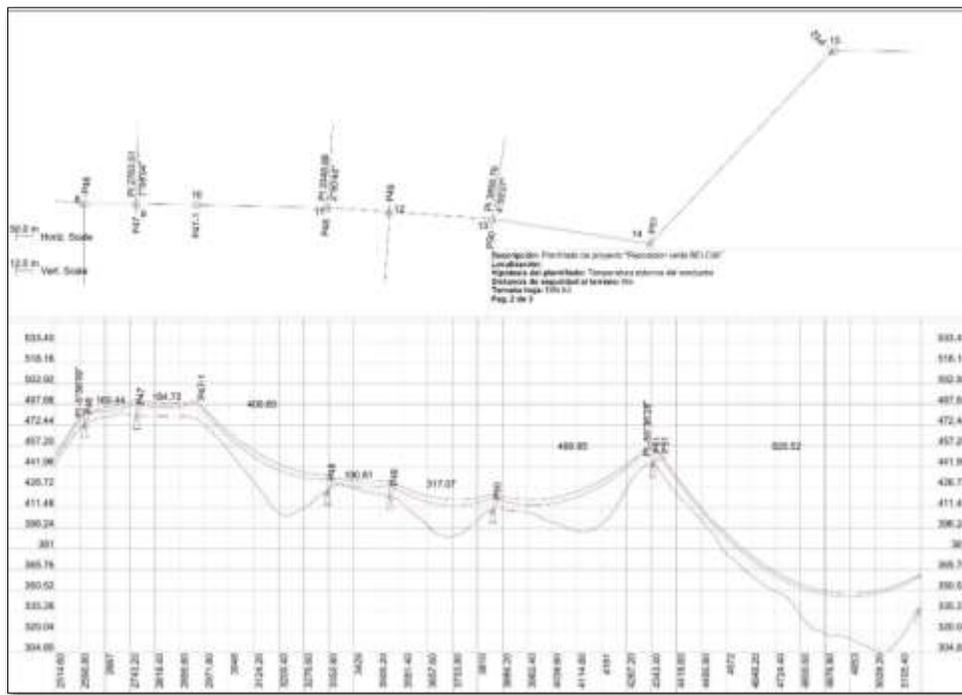


Figura 19. Trazado, perfil de nivel y catenarias parte 2.

Fuente: PLS-CADD

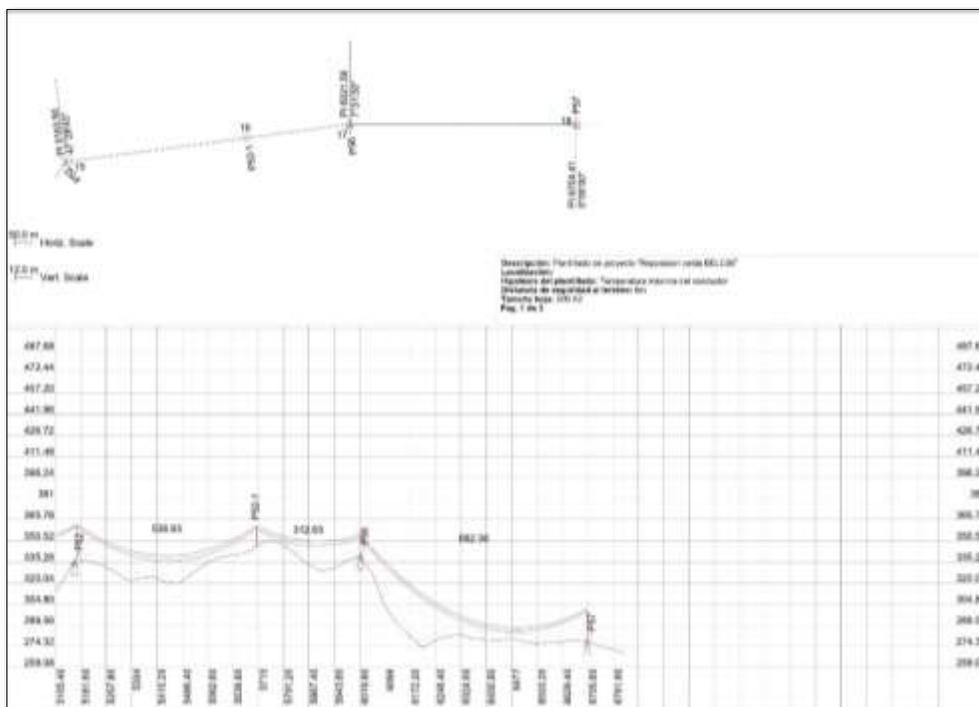


Figura 20. Trazado, perfil de nivel y catenarias parte 3.

Fuente: PLS-CADD.

4.6 Planos Eléctricos

Los planos se realizaron en el software AutoCAD utilizando las coordenadas geográficas cartesianas magna sirgas, para facilitar el entendimiento del plano, esta cuenta con una serie de convenciones que especifican que elementos se encuentran inmersos en él.

	POSTE DE CONCRETO 12m EXISTENTE
	POSTE DE CONCRETO 14m EXISTENTE
	POSTE DE CONCRETO 14m x 1050 kgf NUEVO
	POSTE DE CONCRETO 14m x 1500 kgf NUEVO
	POSTE DE CONCRETO 14m x 1350 kgf NUEVO
	POSTE FIBRA DE VIDRIO 14m x 1050 kgf NUEVO
	POSTE FIBRA DE VIDRIO 14m x 1500 kgf NUEVO
	POSTE FIBRA DE VIDRIO 14m x 1350 kgf NUEVO
	POSTE CONCRETO 16m x 1350 kgf NUEVO
	POSTE FIBRA DE VIDRIO 16m x 1050 kgf NUEVO
	POSTE FIBRA DE VIDRIO 16m x 1350 kgf NUEVO
	POSTE DE TUBO EXISTENTE
	POSTE DE METALICO EXISTENTE
	POSTE FIBRA DE VIDRIO 14m EXISTENTE
	TORRECILLA EXISTENTE
	TORRECILLA NUEVA 22m
	RIEL METALICO EXISTENTE

Figura 21. Convenciones poste de media tensión

	RED M.T PROYECTADA TRIFÁSICA CABLE ACSR 336MCM 34.5KV BELC36
	RED M.T 266 MCM EXISTENTE TRIFÁSICA 34.5KV
	CABLE DE GUARDAD DE 1/4" EXTRA ALTA RESISTENCIA
	CABLE DE GUARDAD DE 1/4" EXTRA ALTA RESISTENCIA EXISTENTE

Figura 22. Convenciones conductor MT

RH-230	_____	ESTRUCTURA EN ABERTURA EN H TRIFÁSICA TRIANGULAR
RH-231	_____	ESTRUCTURA EN ABERTURA EN H TRIFÁSICA HORIZONTAL
SH-225	_____	ESTRUCTURA EN SUSPENSIÓN EN H TRIFÁSICA TRIANGULAR
SH-226	_____	ESTRUCTURA EN SUSPENSIÓN EN H TRIFÁSICA HORIZONTAL
RE-300	_____	ESTRUCTURA EN RETENCIÓN ESPECIAL
RH-214	_____	ESTRUCTURA TERMINAL EN H TRIFÁSICA HORIZONTAL
732	_____	DERIVACIÓN TRIFÁSICA SIN CORTACIRCUITO
550	_____	ESTRUCTURA TERMINAL TRIFÁSICA DISPOSICIÓN HORIZONTAL
511	_____	ESTRUCTURA DE PASO TRIFÁSICA DISPOSICIÓN HORIZONTAL
560	_____	ESTRUCTURA M.T. RETENCIÓN DISPOSICIÓN HORIZONTAL

Figura 23. Convenciones de estructuras MT

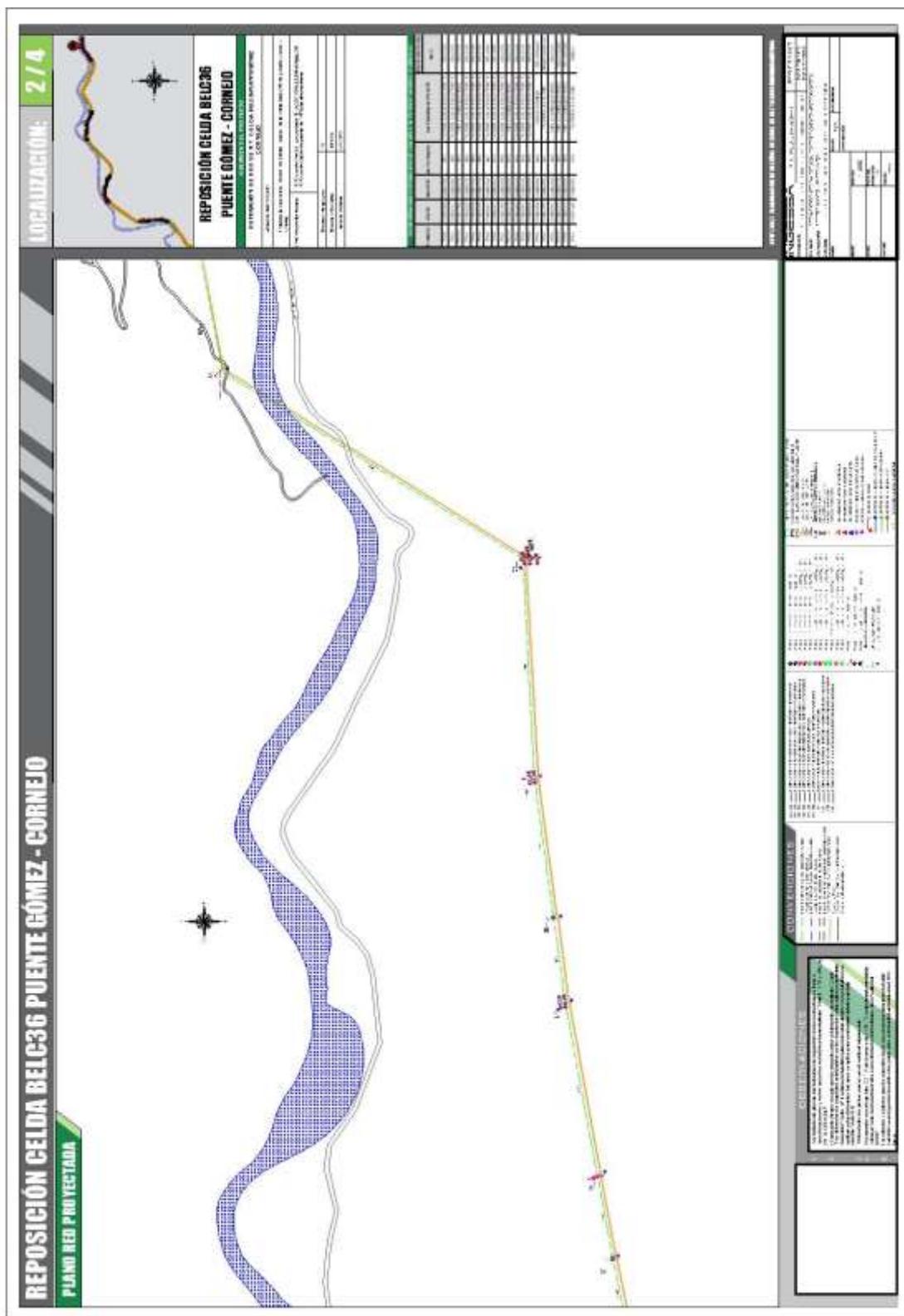


Figura 25. Plano eléctrico reposición MT celda Belc36 parte 2.

4.7 Presupuesto

El presupuesto fue realizado teniendo en cuenta el valor de los precios unitarios de cada ítem, estos están clasificados en dos grupos los cuales son mano de obra y material, se realizó la suma del producto del precio del ítem por la cantidad de elementos necesarios, de esta manera se aplicó para mano de obra y materiales de construcción, posteriormente para la mano de obra se añaden un porcentaje del total de la mano de obra, los cuales son la administración y utilidad de la contratista, establecidos por el operador de red del 7.5% y 5%, en el material se debe añadir el valor del IVA del 19%, de esto se obtiene un subtotal de la obra a la cual se le calcula el 5% que será asumido por la interventoría. La suma del subtotal más el valor de la interventoría nos da el valor total de la obra.

Tabla 15. Presupuesto de mano de obra reposición celda Belc36.

MANO DE OBRA MEDIA TENSION REPOSICION BELC36						
ITEM	TIPO	DESCRIPCION		URBANO	CANT	SUBTOTAL
A16	M.O.	ABERTURA DE HOYO, CARGUE Y DESCARGUE, HINCADA, APLOMADA Y APISONADA DE POSTE DE CONCRETO DE 12 METROS (INCLUYE TRANSPORTE Y ACERCAMIENTO HASTA EL SITIO DE INSTALACIÓN). GRADO DE DIFICULTAD MEDIO.	und	\$ 664.635,35	2,00	\$ 1.329.270,70
A20	M.O.	ABERTURA DE HOYO, CARGUE Y DESCARGUE, HINCADA, APLOMADA Y APISONADA DE POSTE DE CONCRETO DE 14 METROS (INCLUYE TRANSPORTE Y ACERCAMIENTO HASTA EL SITIO DE INSTALACIÓN). GRADO DE DIFICULTAD MEDIO.	und	\$ 775.481,02	4,00	\$ 3.101.924,08
A24	M.O.	ABERTURA DE HOYO, CARGUE Y DESCARGUE, HINCADA, APLOMADA Y APISONADA DE POSTE DE CONCRETO DE 16 METROS (INCLUYE TRANSPORTE Y ACERCAMIENTO HASTA EL SITIO DE INSTALACIÓN). GRADO DE DIFICULTAD MEDIO.	und	\$ 886.180,46	10,00	\$ 8.861.804,60
A45	M.O.	DESHINCADA, TRANSPORTE Y REINTEGRO DE POSTE DE	und	\$ 325.079,07	16,00	\$ 5.201.265,12

CONCRETO O FIBRA DE VIDRIO DE MEDIA TENSIÓN						
A53	M.O.	DESMANTELAMIENTO DE APOYO EN MEDIA TENSIÓN PARA ESTRUCTURA DE PASO (MONOFÁSICA O TRIFÁSICA) Y REINTEGRO DE MATERIALES A CENS.	und	\$ 75.895,65	1,00	\$ 75.895,65
A54	M.O.	DESMANTELAMIENTO DE APOYO EN MEDIA TENSIÓN PARA ESTRUCTURA DE RETENCIÓN (MONOFÁSICA O TRIFÁSICA) Y REINTEGRO DE MATERIALES A CENS.	und	\$ 100.170,56	3,00	\$ 300.511,68
A55	M.O.	DESMANTELAMIENTO DE APOYO DE MEDIA TENSIÓN EN DISPOSICIÓN H PARA ESTRUCTURA EN ABERTURA (MONOFÁSICA O TRIFÁSICA) Y REINTEGRO DE MATERIALES A CENS	und	\$ 121.082,08	7,00	\$ 847.574,56
A57	M.O.	DESMANTELAMIENTO DE APOYO EN MEDIA TENSIÓN EN DISPOSICIÓN H PARA ESTRUCTURA DE PASO O SUSPENSIÓN (MONOFÁSICA O TRIFÁSICA) Y REINTEGRO DE MATERIALES A CENS	und	\$ 96.514,70	6,00	\$ 579.088,20
A64	M.O.	VESTIDA DE ESTRUCTURA ABERTURA TRIFÁSICA EN MEDIA TENSIÓN (DISPOSICIÓN BANDERA O SEMIBANDERA)	und	\$ 146.526,87	1,00	\$ 146.526,87
A67	M.O.	VESTIDA DE ESTRUCTURA ABERTURA TRIFÁSICA EN MEDIA TENSIÓN (DISPOSICIÓN HORIZONTAL)	und	\$ 97.099,64	3,00	\$ 291.298,92
A68	M.O.	VESTIDA DE ESTRUCTURA TERMINAL TRIFÁSICA EN MEDIA TENSIÓN (DISPOSICIÓN HORIZONTAL)	und	\$ 97.977,05	3,00	\$ 293.931,15
A75	M.O.	VESTIDA DE ESTRUCTURAS EN H DISPOSICIÓN HORIZONTAL TRIFÁSICA (RETENCIÓN O SUSPENSIÓN, INCLUYE TRANSPORTE DE MATERIAL)	und	\$ 181.330,66	5,00	\$ 906.653,30
A77	M.O.	VESTIDA DE ESTRUCTURAS EN H DISPOSICIÓN TRIANGULAR TRIFÁSICA (RETENCIÓN O SUSPENSIÓN, INCLUYE TRANSPORTE DE MATERIAL)	und	\$ 219.059,13	9,00	\$ 1.971.532,17
A78	M.O.	VESTIDA O DESVESTIDA DE ESTRUCTURA ESPECIAL RE-300 (INCLUYE TRANSPORTE HASTA EL SITIO DE INSTALACION)	und	\$ 202.680,88	10,00	\$ 2.026.808,80

A87	M.O.	ABERTURA DE HOYO, INSTALACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE TEMPLETE DIRECTO A TIERRA POR MEDIA TENSIÓN (INCLUYE TRANSPORTE HASTA EL SITIO DE INSTALACIÓN DE VIGUETA Y MATERIAL PARA EL TEMPLETE)	und	\$ 242.164,17	108,00	\$ 26.153.730,36
A90	M.O.	INSTALACION DE BAYONETA SENCILLA O DOBLE PARA INSTALACION DE CABLE DE GUARDA EN ESTRUCTURAS DE MEDIA TENSION, INCLUYE TRANSPORTE Y ACERCAMIENTO DE LOS MATERIALES HASTA EL SITIO DE INSTALACION.	und	\$ 117.718,69	38,00	\$ 4.473.310,22
A94	M.o.	FUNDIDA EN CONCRETO DE POSTE. (INCLUYE MATERIAL Y MANO DE OBRA)	m^3	\$ 375.529,94	15,40	\$ 5.783.161,08
B04	M.O.	TENDIDA Y TENSADO DE RED UNIFILAR EN MEDIA TENSIÓN CON CABLE DE ALUMINIO CALIBRE 2 AWG A 2/0 AWG (INCLUYE TRANSPORTE DE BODEGA CENS HASTA EL SITIO DE INSTALACIÓN)	m	\$ 2.778,45	1.242,00	\$ 3.450.834,90
B05	M.O.	TENDIDO Y TENSADO DE RED UNIFILAR EN MEDIA TENSIÓN CON CABLE DE ALUMINIO 4/0AWG A 336,8 MCM (INCLUYE TRANSPORTE DE BODEGA CENS HASTA EL SITIO DE INSTALACIÓN)	m	\$ 3.217,16	20.115,00	\$ 64.713.173,40
B07	M.O.	TENDIDO Y TENSADO DE CABLE DE ACERO EXTRARESISTENTE PARA CABLE DE GUARDA ESTRUCTURAS 13,2 KV 0 34,5 KV. (INCLUYE TRANSPORTE DE BODEGA CENS HASTA EL SITIO DE INSTALACIÓN)	m	\$ 2.193,52	13.410,00	\$ 29.415.103,20
B15	M.O.	CONSTRUCCION DE PUENTES EN ABERTURA DE ESTRUCTURA MEDIA TENSION EN RETENCION (LINEA DESENERGIZADA)	und	\$ 28.223,24	60,00	\$ 1.693.394,40
B20	M.O.	DESMANTELAMIENTO DE RED UNIFILAR EN MEDIA TENSIÓN Y REINTEGRO A LA EMPRESA	m	\$ 1.462,34	14.421,00	\$ 21.088.405,14
B22	M.O.	INSTALACIÓN DE AMORTIGUADOR VIBRACION PARA REDES DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIA TENSIÓN	und	\$ 14.038,50	132,00	\$ 1.853.082,00
E08	M.O.	INSTALACION KIT DE SPT PARA CIRCUITOS DE MEDIA TENSION	und	\$ 112.746,72	18,00	\$ 2.029.440,96
F06	M.O.	DISEÑO DE RED DE MEDIA TENSIÓN DE EXPANSIÓN Y REPOSICIÓN SIN PLANTILLADO	m	\$ 2.339,75	20.457,00	\$ 47.864.265,75
M09	M.O.	INSTALACIÓN DE CONECTOR DOBLE PERNO DE ALUMINIO EN	UND	\$ 10.142,00	84,00	\$ 851.928,00

PUENTE EN ESTRUCTURA DE ABERTURA		
	SUBTOTAL	\$ 235.303.915,21
	ADMINISTRACION (7,5%)	\$ 17.647.793,64
	UTILIDAD (5%)	\$ 11.765.195,76
	TOTAL MANO DE OBRA	\$ 264.716.904,61

* Presupuesto de la mano de obra de la red con precios unitarios bajo resolución 7200-008 de CENS

Tabla 16. Presupuesto de materiales reposición celda Belc36.

MATERIALES DE MEDIA TENSION REPOSICION BELC36						
ITEM	TIPO	DESCRIPCION	URBANO	CANT	SUBTOTAL	
211335	MAT	ABRAZADERA DOBLE DE 8" A 9"	UN	\$ 15.752,54	52,00	\$ 819.132,08
211336	MAT	ABRAZADERA DOBLE DE 9" A 10"	UN	\$ 15.582,41	2,00	\$ 31.164,82
200149	MAT	AISLADOR DE SUSPENSIÓN DE 6" ANSI 52-1 (PORCELANA)	UN	\$ 21.233,08	48,00	\$ 1.019.187,84
200138	MAT	AISLADOR DE SUSPENSIÓN POLIMÉRICO 15KV CLEV	UN	\$ 24.826,14	12,00	\$ 297.913,68
200157	MAT	AISLADOR TENSOR DE 7" ANSI 54-4 (PORCELANA)	UN	\$ 7.029,90	108,00	\$ 759.229,20
200145	MAT	AISLADOR TIPO PIN DE 15 KV ANSI 55-5 (PORCELANA)	UN	\$ 11.942,27	2,00	\$ 23.884,54
200142	MAT	AISLADOR TIPO PIN DE 34.5 KV. ANSI 56-3 (PORCELANA)	UN	\$ 34.612,36	1,00	\$ 34.612,36
200147	MAT	AISLADOR TIPO SUSPENSIÓN 10" ANSI 52-3 (PORCELANA)	UN	\$ 36.811,21	246,00	\$ 9.055.557,66
200524	MAT	ALAMBRE 10 AWG GALVANIZADO	KG	\$ 6.179,25	108,00	\$ 667.359,00
213311	MAT	ARANDELA CUADRADA DE 3/8" DE 4 X 4 X 1/4"	UN	\$ 2.281,24	108,00	\$ 246.373,92
200527	MAT	CABLE DE ACERO 1/4" EXTRA ALTA RESISTENCIA PARA RETENIDA	ML	\$ 1.284,00	14.080,50	\$ 18.079.362,00
200474	MAT	CABLE DE ALUMINIO ACSR 2/0 QUAIL	ML	\$ 2.953,20	1.304,10	\$ 3.851.268,12
200478	MAT	CABLE ACSR 336.4KCMIL	ML	\$ 7.034,18	21.120,75	\$ 148.567.157,24
	MAT	GUARDACABO DE 3/8"	UND	\$ 991,74	108,00	\$ 107.108,23
211275	MAT	CRUCETA METALICA DE 3" X 3" X 1/4" X 2.4 MTS.	UN	\$ 79.953,61	26,00	\$ 2.078.793,86
211278	MAT	CRUCETA METALICA DE 3" X 3" X 1/4" X 4 M	UN	\$ 137.911,23	19,00	\$ 2.620.313,37

211295	MAT	DIAGONAL EN V DE 48 CMS. PARA CRUCETA METALICA SIN DOBLEZ	UN	\$ 22.176,82	50,00	\$ 1.108.841,00
211392	MAT	ESPARRAGO DE 5/8"X12" CON CUATRO TUERCAS	UN	\$ 4.584,95	20,00	\$ 91.699,00
211394	MAT	ESPARRAGO DE 5/8"X16" CON CUATRO TUERCAS	UN	\$ 4.720,84	53,00	\$ 250.204,52
217942	MAT	ESTRIBO EN U 5/8"	UN	\$ 9.366,78	14,00	\$ 131.134,92
217321	MAT	GRAPA DE RETENCION EN ACERO PARA CALBE DE GUARDA 1/4"	UN	\$ 22.467,86	40,00	\$ 898.714,40
217324	MAT	GRAPA DE RETENCION DE ALUMINIO 4/0AWG A 336MCM	UN	\$ 41.797,41	81,00	\$ 3.385.590,21
213341	MAT	GRAPA DE RETENSION DE ALUMINIO 2/0AWG A 266MCM	UN	\$ 25.418,92	17,00	\$ 432.121,64
214911	MAT	KIT PUESTA A TIERRA PARA MEDIA TENSIÓN (INCLUYE ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA)	UN	\$ 172.363,09	19,00	\$ 3.274.898,71
211448	MAT	TORNILLO MAQUINA O PERNO GALVANIZADO DE 5/8" X 12"	UN	\$ 3.262,43	70,00	\$ 228.370,10
200031	MAT	POSTE DE CONCRETO 16 MTS X 1050 KG-F	UN	\$ 2.681.569,80	2,00	\$ 5.363.139,60
	MAT	POSTE DE CONCRETO 16 MTS X 1500 KG-F	UN	\$ 4.367.906,59	11,00	\$ 48.046.972,47
200016	MAT	POSTE DE CONCRETO DE 12 MTS. X 1050 KGS.	UN	\$ 1.098.575,42	2,00	\$ 2.197.150,84
200066	MAT	POSTE DE FIBRA DE VIDRIO DE 14M X1050 KG.F.	UN	\$ 2.037.280,00	4,00	\$ 8.149.120,00
211356	MAT	TUERCA DE OJO ALARGADO DE 5/8"	UN	\$ 5.748,04	138,00	\$ 793.229,52
218523	MAT	BLOQUE DE ANCLAJE POLIMERICICO	UN	\$ 29.443,19	108,00	\$ 3.179.864,52
SUBTOTAL						\$ 265.789.469,37
IVA						\$ 50.499.999,18
TOTAL MATERIAL						\$ 316.289.468,55

* Presupuesto de material de la red con precios unitarios bajo resolución 7200-008 de CENS

Tabla 17. Resumen del presupuesto.

RESUMEN PRESUPUESTO	
SUBTOTAL PRESUPUESTO MANO DE OBRA	\$ 264.716.904,61
SUBTOTAL PRESUPUESTO MATERIAL	\$ 316.289.468,55
SUBTOTAL PROYECTO	\$ 581.006.373,16
INTERVENTORIA (5%)	\$ 29.050.318,66
TOTAL, PROYECTO	\$ 610.056.691,82

* Resumen del presupuesto para identificar el total a invertir en el proyecto

4.8 Unidades Constrictivas

La CREG establece para los operadores de red, el reconocimiento de los activos por medio de unidades constructivas con valores definidos en su resolución 015 del 2018 capítulo 15 (CREG, 2018).

Se identificaron las UC y se determinaron cuantas unidades constructivas tenía el proyecto, procediendo a realizar una tabla en Excel.

Tabla 18. UC Belc36.

UNIDADES CONSTRUCTIVAS BELC36								
U.C. PUNTO	EQUIPOS		CABLES		ESTRUCTURAS			
	N3L125	N3L126	N3L90	N3L124	N3L78	N3L61	N3L71	N2L71
P40	1		0,257	0,514				
P41	1		0,278	0,556				
P41-1		1	0,250	0,500	2			
P42	1		0,588	1,176				
P43	1		0,150	0,300				
P44	1		0,141	0,282				
P45	1		0,940	1,880				
P46	1		0,160	0,320				
P47	1		0,185	0,370				
P47-1		1	0,401	0,802	2			
P48	1		0,190	0,380				
P49	1		0,318	0,636				
P50	1		0,490	0,980				
P51		1	0,814	1,628		5		
P52	1		0,560	1,120			1	
P53				0,000				2
P52-1		1	0,300	0,600	2			
P56		1	0,683	1,366		3		
P57	1						1	
	13,00	5,00	6,7050	13,4100	6,0000	8,0000	2,0000	2,0000

* Reporte de unidades constructivas BELC36

Posterior a hallar la cantidad de UC, se procede a encontrar el valor equivalente a cada código y calcular el total del valor de las unidades constructivas.

Tabla 19. Costo de UC Belc36.

Código UC	Cantidad [km, unidad]	Valor Unitario	Valor Total
N3L125	13	\$ 1.642.000,00	\$ 21.346.000,00
N3L126	5	\$ 376.000,00	\$ 1.880.000,00
N3L90	6,705	\$ 35.012.000,00	\$ 234.755.460,00
N3L124	13,41	\$ 3.655.000,00	\$ 49.013.550,00
N3L78	6	\$ 26.446.000,00	\$ 158.676.000,00
N3L61	8	\$ 6.953.000,00	\$ 55.624.000,00
N3L71	2	\$ 22.616.000,00	\$ 45.232.000,00
N2L71	2	\$ 4.226.000,00	\$ 8.452.000,00
TOTAL			\$ 574.979.010,00

* Reporte de reconocimiento total en pesos de unidades constructivas BELC36

4.9 Comparación Presupuesto Y Unidades Constructivas

Con el total del presupuesto y del total del valor de las UC se hace una comparativa para saber qué porcentaje de reintegro tiene el operador por parte de la Creg, recuperado así gran parte de la inversión.

Tabla 20. Comparación del presupuesto de obra vs presupuesto UC.

Comparativo	
Total Proyecto	\$ 610.056.691,82
Total UC	\$ 574.979.010,00
Diferencia	\$ 35.077.681,82
Reembolso%	94,25%

* Recuperación de la inversión por parte del operador de red

Se evidencia un reembolso de inversión del 94.25% para el operador de red por parte de la Creg, lo cual es realmente positivo.

5. Conclusiones

La ejecución de este proyecto abrió una gran puerta de conocimientos y aprendizajes, que contribuyen significativamente a mi formación y desarrollo como profesional, creando así grandes experiencias en la elaboración en diseño de redes.

La opinión acertada expresada por Ingessa S.A.S. en relación con el proyecto dirigido realizado fue satisfactoria, la cual permite la posibilidad de generar más espacios para próximos estudiantes de ingeniería electromecánica.

Este diseño presenta una ubicación óptima de la red, pues fue movida de una zona con fallas geológicas, catalogada con alta amenaza de remoción de tierra, a una zona segura con baja remoción de tierra, en este mismo sentido, se logró el fácil acceso al mantenimiento, al encontrarse en una zona montañosa de difícil acceso.

El diseño permitió la realización de un aumento de cargabilidad, debido al incremento del calibre del conductor, el cual fue pasado de 266 Kcmil a 336.a Kcmil logrando un aumento en la demanda de energía.

Este diseño, permitió ir en pro del cumplimiento de lo acordado en el plan de inversión solicitado por la CREG, para el periodo tarifario 2019 al 2023, evitando incumplimientos y posibles sanciones.

La comparativa de presupuesto de obra contra unidades constructivas, arrojaron un reintegro del 94.25% al operador de red, debido a que la resolución CREG015 del 2018, reconoce el

reintegro de los activos por unidades constructivas, donde la inversión por parte del OP será del 5.75%.

El diseño permitió la reposición de 6.7 km de red de una troncal energética principal celda BELC36 34.5 KV, que alimenta diversos municipios como: Santiago, Salazar, Gramalote y Sardinata; con el propósito, de obtener una mejora de la calidad del servicio con mayor capacidad del sistema y poder atender al incremento de consumos y conexión de nuevos clientes.

6. Recomendaciones

Se debe tener en cuenta que los cálculos y métodos para la selección de los elementos de la redes deben estar sujetas a los parámetros y normativas del operador de red de la zona en este caso CENS.

Para el momento de tomar las coordenadas se debe realizar con un dispositivo GPS con el menor error de precisión posible, en el mercado tenemos dispositivos GPS asequibles como el GPS Garmin Etrex 10, el cual cuenta con una tolerancia máxima de 3m.

Se recomienda al plan de estudios de ingeniería electromecánica la inclusión de material relacionado con temas de redes de media tensión y distribución de energía.

Tener en cuenta cada pequeño componente de los materiales de cada estructura para así poder desglosarlo y hacer un expelente presupuesto.

Referencias Bibliográficas

Davila, S., Las, E. D. E., & Aeras, L. (2019). *Cálculo Mecánico Para Selección De Postes Pretensado En Redes Aéreas de Media y Baja Tensión memoria de cálculo.*

Hernández, S. (2021). *Concepto geológico sobre zonas potencialmente aptas para la construcción de una red eléctrica, en el sector del alto de los compadres al occidente del casco urbano del corregimiento de Cornejo, Norte de Santander.*

Ministerio de Minas y Energía (2013, Agosto 30). *Resolución 9 0708 de 2013 Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas.*

<http://www.einceltda.com/docs/ANEXO%20RES%2090708%20DEL%2030%20DE%20AGOSTO%20%202013%20RETIE.pdf>

Ministerio de Minas y Energía. (2018, Junio 12). *Resolución No. 070 de 2018. Por la cual se ordena hacer público el proyecto de resolución “Por la cual se aclaran y corrigen algunas disposiciones de la Resolución CREG 015 de 2018.*

<http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/37ccd78f1bbc8f06052582b1005a22c9?OpenDocument>

Proyectos, J. U. (2015). *Capítulo 1 Generalidades CENS-Norma Técnica - CNS-NT-01. 1–43.*

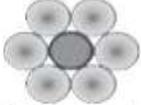
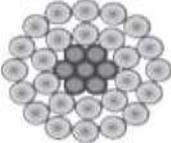
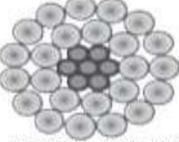
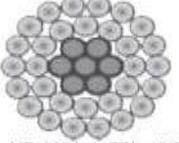
<https://www.cens.com.co/Portals/0/normas-y-especificaciones/norma/CAPITULO%201/CAPITULO-1-Generalidades-CNS-NT-01.pdf?ver=2020-11-12>

- Proyectos, J. U. (2016). *Capítulo 2 Parámetros de Diseño CENS-Norma Técnica - CNS-NT-02. 1-63*. <https://www.cens.com.co/Portals/0/normas-y-especificaciones/norma/CAPITULO%202/CAPITULO-2-Parametros-de-Diseno-CNS-NT-02.pdf?ver=2020-11-12>
- Proyectos, J. U. (2016b). *Capítulo 3 Redes de Media y Baja Tensión CENS-Norma Técnica - CNS-NT-03. 1-44*. <https://www.cens.com.co/Portals/0/normas-y-especificaciones/norma/CAPITULO%203/CAPITULO-3-Redes-de-Media-y-Baja-Tension-CNS-NT-03.pdf?ver=2020-11-12>
- Quintero, M. (2013). *Diseño de circuito de media tensión para alimentar el corregimiento de san José de oriente (Cesar)* (tesis doctoral, Universidad de la Costa). Repositorio Institucional UC.
<https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/614/1143129853.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vega, A. (2020). *Apoyo en el diseño de reposición de redes de media y baja tensión del circuito IT01714 del barrio lleras restrepo de la ciudad de san José de Cúcuta*.
- Bernes, G., & Robles, D. (2016). *Diseño, cálculos eléctricos y mecánicos de un proyecto de electrificación rural en la comunidad Tisey municipio de Wiwili*.

Anexos

Anexo 1. Características técnicas y eléctricas del conductor.

Cables ACSR

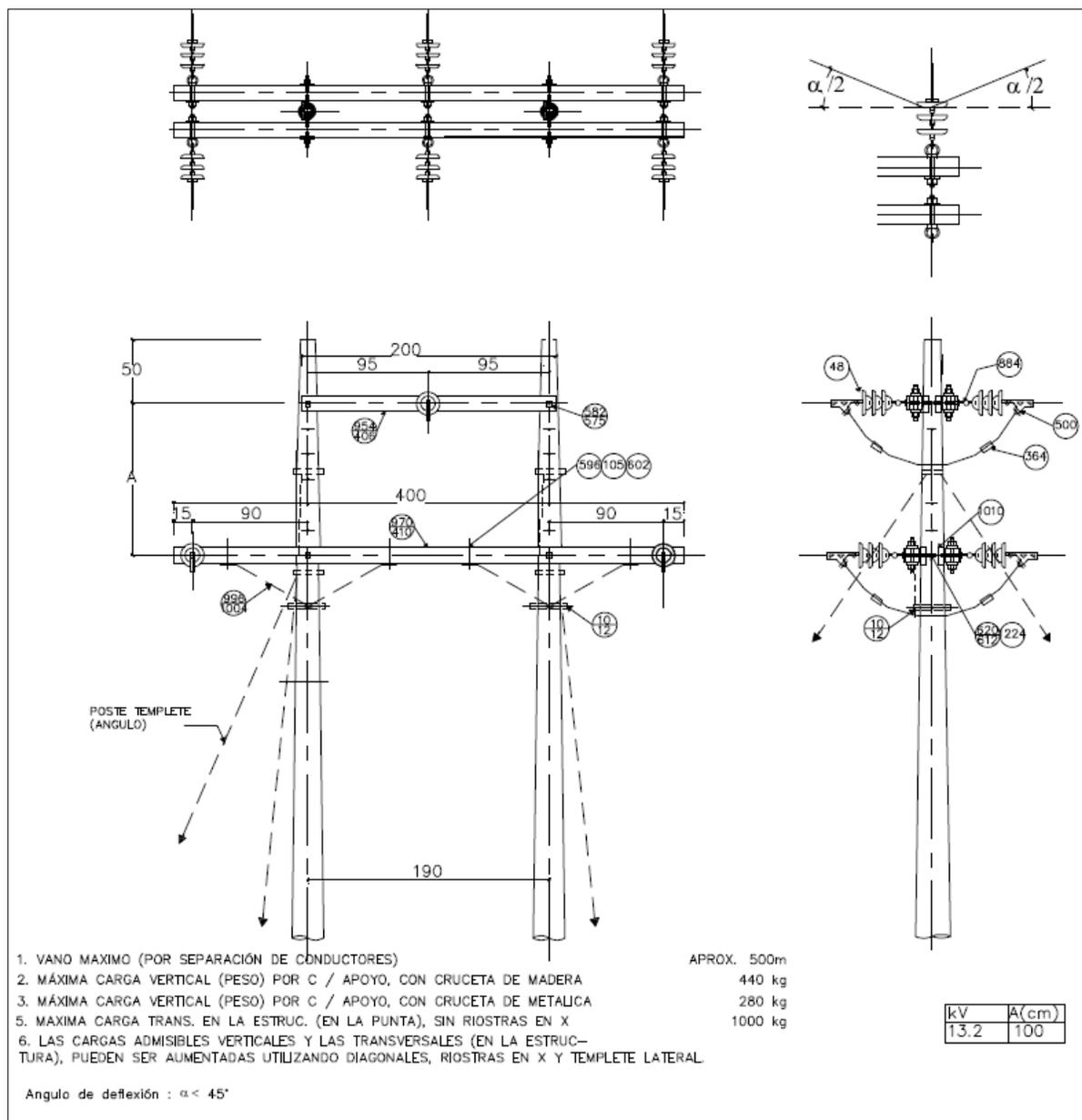
Cableado Aluminio/Acero	Código	Calibre AWG/ kcmil	Diámetros (mm)					Peso Total Aprox (kg/km)			Carga de Rotura kg-f	Resistencia Eléctrica (Ohm/km)		Capacidad de Corriente		
			Hilos Individuales		Núcleo	Total	RMG	Al	Acero	Total		DC a 20°C(1)	AC a 75°C	A	kA	
			Acero	Al												(2)
 Cableado 6/1 ME: 8400 CDL: 18,9	Swan	4	2,12	2,12	2,12	6,36	2,05	58,1	27,4	85,5	845	1,32	1,70	139	3,2	
	Sparrow	2	2,67	2,67	2,67	8,01	2,58	92,3	43,6	136	1290	0,83	1,10	184	5,1	
	Robin	1	3,00	3,00	3,00	9,00	2,90	116,4	55,0	171	1612	0,658	0,884	211	6,4	
	Raven	1/0	3,37	3,37	3,37	10,11	3,25	146,8	69,3	216	1985	0,522	0,717	241	8,0	
	Quail	2/0	3,78	3,78	3,78	11,35	3,65	185,1	87,4	273	2405	0,414	0,584	275	10,1	
	Pigeon	3/0	4,25	4,25	4,25	12,74	4,10	233,5	110,3	344	3003	0,328	0,479	313	12,8	
	Penguin	4/0	4,77	4,77	4,77	14,31	4,61	294,4	139,0	433	3787	0,260	0,396	355	16,1	
 Cableado 26/7 ME: 8358 CDL: 19,0	Partridge	266,8	2,00	2,57	6,00	16,29	6,62	374,8	171,9	547	5120	0,209	0,255	458	20,3	
	Ostrich	300	2,12	2,73	6,36	17,28	7,01	421,5	193,3	615	5757	0,185	0,226	493	22,8	
	Linnet	336,4	2,25	2,89	6,74	18,30	7,43	472,6	216,7	689	6400	0,165	0,202	530	25,6	
	Ibis	397,5	2,44	3,14	7,33	19,89	8,07	558,5	256,1	815	7386	0,140	0,171	589	30,2	
	Hawk	477	2,67	3,44	8,02	21,79	8,85	670,1	307,3	977	8863	0,117	0,142	661	36,3	
	Dove	556,5	2,89	3,72	8,67	23,53	9,55	781,8	358,5	1140	10248	0,100	0,122	728	42,3	
	Squab	605	3,01	3,87	9,04	24,54	9,96	850,0	389,7	1240	11041	0,0919	0,112	767	46,0	
	Grosbeak	636	3,09	3,97	9,27	25,16	10,21	893,5	409,7	1303	11429	0,0875	0,107	792	48,4	
	Gannet	666,6	3,16	4,07	9,49	25,75	10,46	936,5	429,4	1366	11979	0,0835	0,102	816	50,7	
	Starling	715,5	3,28	4,21	9,83	26,68	10,83	1005,2	460,9	1466	12858	0,0777	0,0949	853	54,4	
	Drake	795	3,45	4,44	10,36	28,13	11,42	1116,9	512,1	1629	14287	0,0700	0,0854	912	60,5	
	 Cableado 24/7 ME: 7987 CDL: 19,5	Brant	397,5	2,18	3,27	6,54	19,61	7,87	558,5	203,9	762	6641	0,141	0,172	585	30,2
Flicker		477	2,39	3,58	7,16	21,49	8,63	670,1	244,7	915	7784	0,117	0,143	657	36,3	
Parakeet		556,5	2,58	3,87	7,74	23,21	9,32	781,8	285,5	1067	9898	0,100	0,123	724	42,3	
Peacock		605	2,69	4,03	8,07	24,20	9,71	850,0	310,4	1160	9773	0,0924	0,113	763	46,0	
Rook		636	2,76	4,13	8,27	24,81	9,96	893,5	326,3	1220	10273	0,0879	0,107	787	48,4	
Flamingo		666,6	2,82	4,23	8,47	25,40	10,20	936,5	342,0	1279	10768	0,0839	0,102	811	50,7	
Stilt		715,5	2,92	4,39	8,77	26,31	10,57	1005,2	367,1	1372	11558	0,0781	0,0954	848	54,4	
 Cableado 18/1 ME: 7074 CDL: 21,2	Cukoo	795	3,08	4,62	9,25	27,74	11,14	1116,9	407,9	1525	12666	0,0703	0,0859	906	60,5	
	Waxwing	266,8	3,09	3,09	3,09	15,46	6,00	374,8	58,4	433	3122	0,212	0,259	448	20,3	
	Merlin	336,4	3,47	3,47	3,47	17,36	6,74	472,6	73,7	546	3937	0,168	0,205	519	25,6	
	Chicadee	397,5	3,77	3,77	3,77	18,87	7,32	558,5	87,1	646	4511	0,142	0,174	576	30,2	
	Pelican	477	4,13	4,13	4,13	20,67	8,02	670,1	104,5	775	5334	0,118	0,145	646	36,3	
 Cableado 30/7 ME: 9081 CDL: 18,0	Osprey	556,5	4,47	4,47	4,47	22,33	8,66	781,8	121,9	904	6223	0,102	0,124	712	42,3	
	Kingbird	636	4,77	4,77	4,77	23,87	9,26	893,5	139,3	1033	7111	0,0889	0,109	775	48,4	
	Piper	300	2,54	2,54	2,54	7,62	17,78	7,34	423,5	277,1	701	7013	0,184	0,225	498	22,8
	Oriole	336,4	2,69	2,69	2,69	8,07	18,83	7,78	474,9	310,7	786	7864	0,164	0,201	536	25,6
	Lark	397,5	2,92	2,92	2,92	8,77	20,47	8,45	561,2	367,1	928	9227	0,139	0,170	595	30,2
	Hen	477	3,20	3,20	3,20	9,61	22,42	9,26	673,4	440,5	1114	10803	0,116	0,142	668	36,3
	Eagle	556,5	3,46	3,46	3,46	10,38	24,22	10,00	785,6	513,9	1300	12603	0,0994	0,121	736	42,3
	Wood Duck	605	3,61	3,61	3,61	10,82	25,25	10,43	854,1	558,7	1413	13118	0,0914	0,112	776	46,0
	Scoter	636	3,70	3,70	3,70	11,09	25,89	10,69	897,9	587,4	1485	13791	0,0870	0,106	800	48,4
Skimmer	795	4,13	4,13	4,13	12,40	28,94	11,95	1122,4	734,2	1857	17106	0,0696	0,0849	922	60,5	

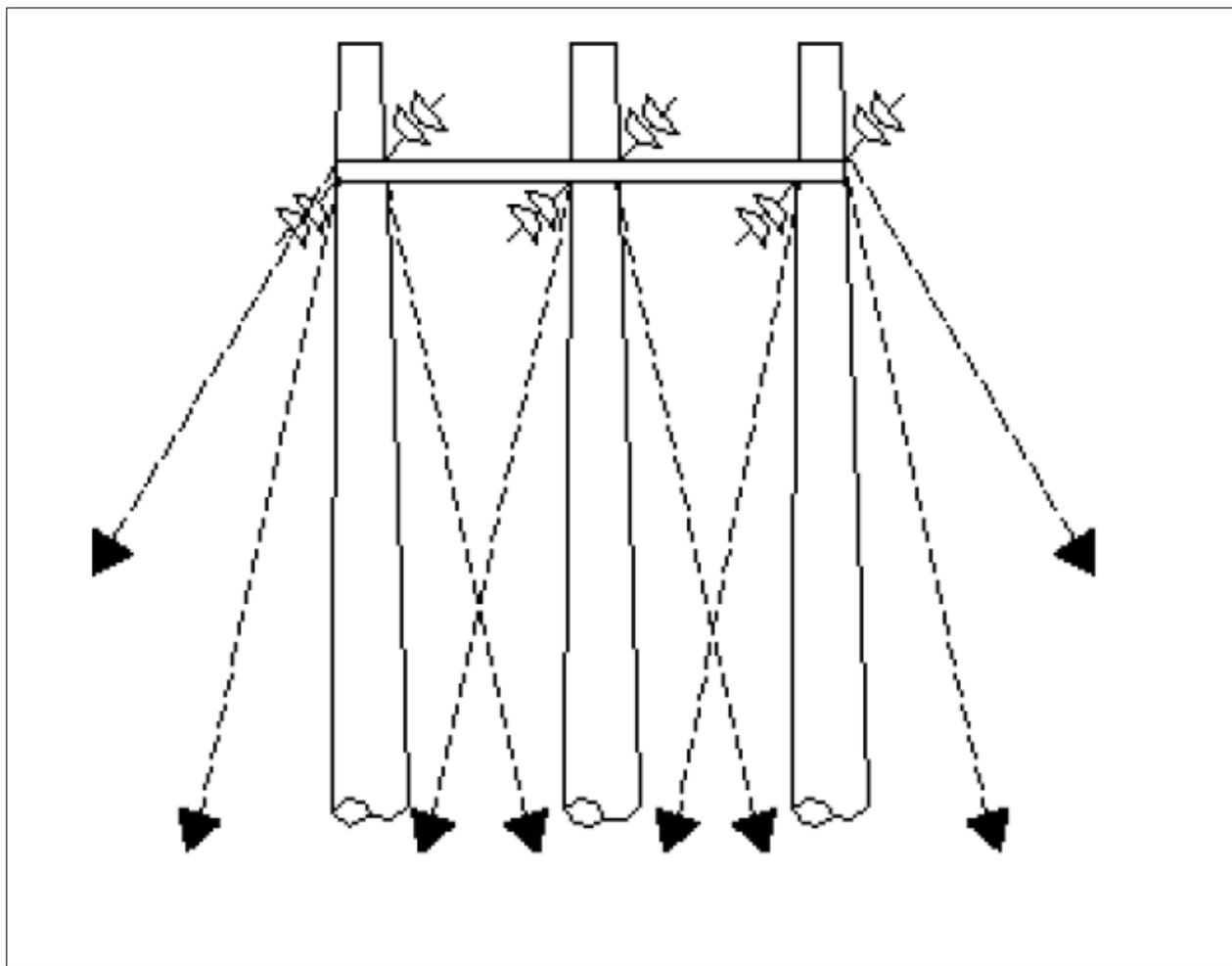
Notas:
Continúa en la página siguiente.



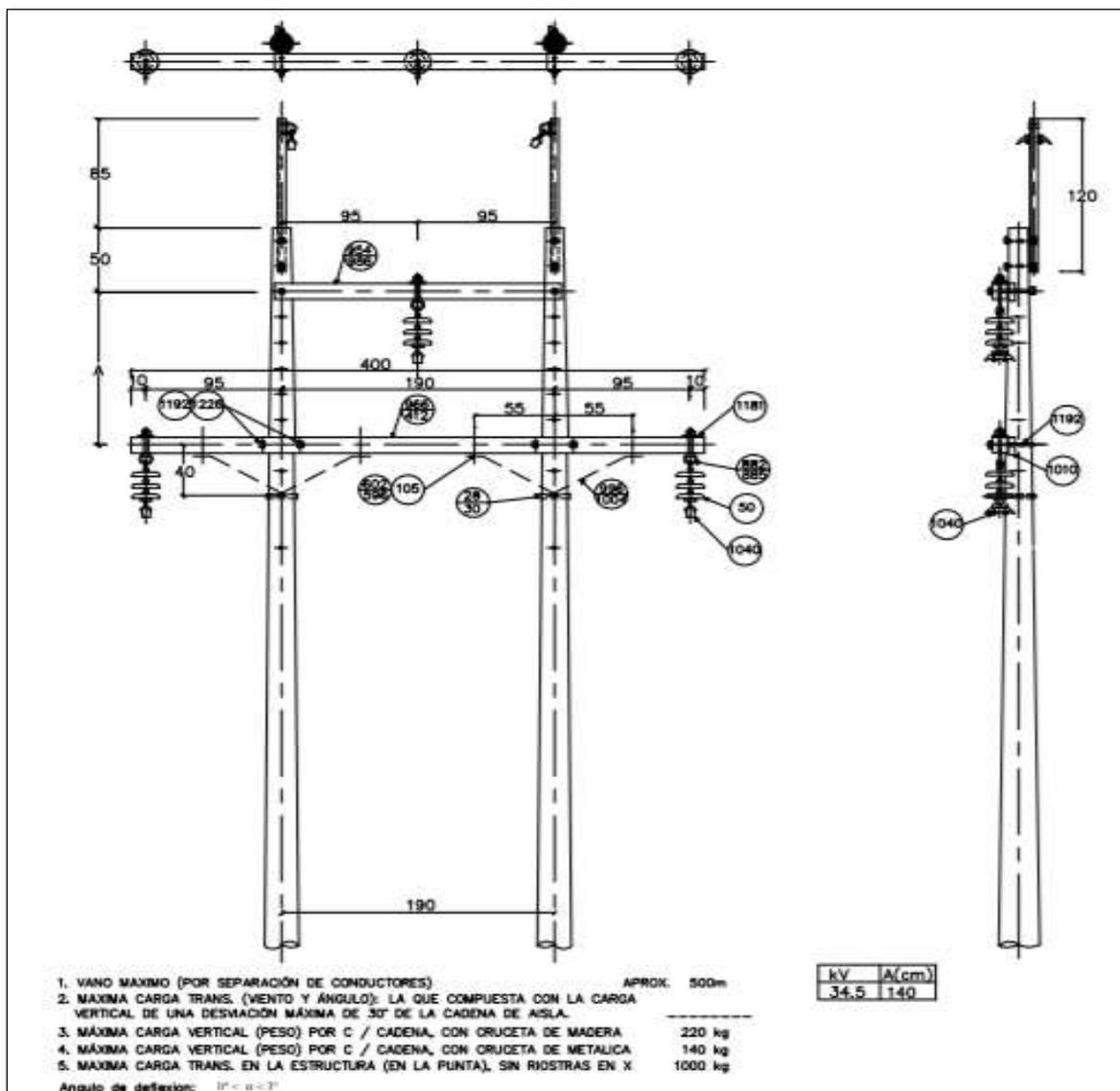
Fuente: CENTELSA - Aluminio acsr.

Anexo 2. Estructura en abertura trifásica en H RH230 34.5kV. Sum. Cens



Anexo 3. Estructura especial trifásica RE300 34.5kV. Sum. Cens.

Anexo 4. Estructura en suspensión trifásica en H SH225 34.5kV. Sum. Cens



Anexo 5. Estructura en suspensión trifásica en H SH226 34.5kV. Sum. Cens
