

Encabezado: CIRCUITO 1T02325 BETANIA (LOS PATIOS)

**REPOSICIÓN DE RED B.T. CIRCUITO 1T02325 BETANIA LOS PATIOS**

**BRYAN SNEIDER ESCOBAR GALVIS**

**PROGRAMA DE INGENIERIA ELÉCTRICA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, SISTEMAS  
Y TELECOMUNICACIONES  
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURAS  
UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
VILLA DEL ROSARIO, JUNIO 2022**

**REPOSICIÓN DE RED B.T. CIRCUITO 1T02325 BETANIA LOS PATIOS**

**BRYAN SNEIDER ESCOBAR GALVIS**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
INGENIERO ELÉCTRICISTA**

**Director: Antonio Gan Acosta**

**Ph.D. INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**[ganacostaa@gmail.com](mailto:ganacostaa@gmail.com)**

**PROGRAMA DE INGENIERIA ELÉCTRICA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,  
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES  
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURAS  
UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
VILLA DEL ROSARIO, JUNIO 2022**

## DEDICATORIA

Dedico este proyecto primeramente a Dios por permitirme llegar hasta esta etapa de mi carrera, a las tres personas más importante en mi vida como lo son mis padres HIRLEY GALVIS y HUGO ESCOBAR quienes son mi apoyo incondicional durante todo este proceso, por último, a mi hija EIMY quien es el motorcito que me impulsa a salir adelante y ser mejor cada día.

•

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente, a Dios por cumplir mi anhelo de ser un profesional y por darme tantas bendiciones.

A mis padres por tantos sacrificios hechos a lo largo de mis estudios, por ser mi apoyo incondicional y por su confianza en momentos de dificultad.

A mi pareja por darme su apoyo y su cariño cuando lo necesite, y por darme la dicha de ser padre.

A mi director de trabajo de grado Antonio Gan Acosta, por su tiempo dedicado y por brindarme sus conocimientos para la realización de este proyecto.

A la empresa CENS S.A. E.S.P., por permitir realizar las prácticas empresariales y adquirir nuevos conocimientos, y por ultimo a la Universidad de Pamplona y a todos los docentes que aportaron en mi crecimiento profesional.

**TABLA DE CONTENIDO**

|       |                                                           |    |
|-------|-----------------------------------------------------------|----|
| 1     | INTRODUCCION .....                                        | 2  |
|       | CAPITULO 1. MARCO LEGAL .....                             | 3  |
| 2     | JUSTIFICACIÓN.....                                        | 3  |
| 2     | RESEÑA HISTORICA.....                                     | 4  |
| 3     | OBJETIVOS .....                                           | 8  |
| 3.1   | Objetivo general .....                                    | 9  |
| 3.2   | Objetivos específicos .....                               | 8  |
| 3.3   | Acotaciones.....                                          | 8  |
|       | CAPITULO 2. MARCO TEORICO .....                           | 9  |
| 4.2   | Redes de distribución de baja tensión.....                | 10 |
| 4.2.1 | Redes de distribución urbanas de baja tensión .....       | 10 |
| 4.2.2 | Calibre de los conductores .....                          | 12 |
| 4.2.3 | Cajas para derivación de acometidas .....                 | 12 |
| 4.2.4 | Conectores para conexión a red trenzada.....              | 13 |
| 4.2.5 | Anclaje de acometida sobre poste.....                     | 13 |
| 4.2.6 | Cinta y hebilla de acero inoxidable.....                  | 13 |
| 4.2.7 | Grapa de retención (tensor) para acometida en poste ..... | 14 |
| 4.2.8 | Acometida domiciliaria.....                               | 14 |

|        |                                                     |    |
|--------|-----------------------------------------------------|----|
| 4.2.9  | Cable para conexión de la caja a red trenzada ..... | 14 |
| 4.2.10 | Electrodo de puesta a tierra.....                   | 15 |
| 4.2.11 | Grapas de retención y suspensión .....              | 15 |
| 4.2.12 | Perchas de un puesto .....                          | 16 |
| 4.3    | Selección del conductor .....                       | 16 |
| 4.4    | Diseño mecánico.....                                | 16 |
| 4.4.1  | Hipótesis de diseño para líneas .....               | 16 |
|        | Condición inicial de tendido .....                  | 16 |
|        | Condición extrema de trabajo mecánico .....         | 17 |
|        | Condición extrema de flecha.....                    | 17 |
| 4.4.2  | Diseño topográfico.....                             | 17 |
|        | Selección de ruta .....                             | 17 |
| 4.4.3  | Conductores .....                                   | 17 |
|        | Plantillado.....                                    | 17 |
|        | Calculo de flechas y tensiones .....                | 18 |
| 4.5    | Metodologías de calculo .....                       | 26 |
| 4.5.1  | Regulación de tensión .....                         | 26 |
| 4.5.2  | Perdidas máximas de potencia .....                  | 27 |
| 4.6    | Factores de riesgo .....                            | 31 |

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.7 Distancias mínimas de seguridad .....                                     | 35 |
| 4.8 Configuración de estructuras .....                                        | 36 |
| CAPITULO 3. MARCO METODOLOGICO .....                                          | 44 |
| 5. Intervencion .....                                                         | 56 |
| 5.1        Calculos electricos.....                                           | 57 |
| 5.1.1 Analisis y cuadro de cargas iniciales y futuras .....                   | 57 |
| 5.1.2 Analisis de armonicos .....                                             | 57 |
| 5.1.3 Analisis de coordinacion de aislamiento electrico .....                 | 60 |
| 5.1.4 Analisis de cortocircuito y falla a tierra .....                        | 60 |
| 5.1.5 Analisis del nivel de riesgos por rayos .....                           | 61 |
| 5.1.6 Analisis de riesgos de origen electrico y medidas para mitigarlos ..... | 65 |
| 5.1.7 Analisis del nivel de tension requerido .....                           | 67 |
| 5.1.8 Calculo de campos electromagneticos .....                               | 67 |
| 5.1.9 Calculo de los transformadores .....                                    | 67 |
| 5.1.10 Calculo del sistema de puesta a tierra .....                           | 72 |
| 5.1.11 Calculo y coordinacion de protecciones contra sobrecorrientes .....    | 76 |
| 5.1.12 Regulacion de tension y perdidas de energia .....                      | 78 |
| 5.2 Calculos mecanicos .....                                                  | 81 |
| 5.2.1 Caracteristicas tecnicas .....                                          | 81 |

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| 5.2.2 Hipotesis de calculo .....                                | 83 |
| 5.2.3 Condiciones de operación .....                            | 83 |
| 5.2.4 Calculo de vano y flecha .....                            | 84 |
| 5.2.5 Calculo de presion del viento en postes de concreto ..... | 85 |
| 5.2.6 Resultados .....                                          | 86 |
| 5.3 Diseño de plano proyectado .....                            | 87 |
| 5.3.1 Coordenadas geograficas para el plano proyectado .....    | 87 |
| 5.4 Presupuesto de obra y unidades constructivas .....          | 66 |
| 5.4.1 Realización del presupuesto de obra .....                 | 66 |
| 5.4.2 Realización de las unidades constructivas .....           | 71 |
| 11 ANEXOS.....                                                  | 76 |

**LISTA DE TABLAS**

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1 Constantes de materiales de la norma IEEE 80 .....                | 10 |
| Tabla 2 Calibre de los conductores de puesta a tierra .....               | 11 |
| Tabla 3 Limite de regulación de voltaje.....                              | 14 |
| Tabla 4 Requisitos para electrodos de puesta a tierra .....               | 15 |
| Tabla 5 Factores de seguridad.....                                        | 21 |
| Tabla 6 Distancias horizontales de templete postes .....                  | 25 |
| Tabla 7 Distancia mínima del poste de 8m a la columna.....                | 25 |
| Tabla 8 Distancia mínima del poste de 12m a la columna.....               | 25 |
| Tabla 9 Factores de riesgos eléctricos.....                               | 32 |
| Tabla 10 Distancias mínimas de seguridad en zonas de construcciones ..... | 36 |
| Tabla 11 Coordenadas y ubicación del circuito 1T02325.....                | 40 |
| Tabla 12 Niveles de armónicos máximos permisibles .....                   | 42 |
| Tabla 13 Niveles de aislamiento .....                                     | 43 |
| Tabla 14 Matriz de riesgos.....                                           | 46 |
| Tabla 15 Acciones para controlar el riesgo.....                           | 47 |
| Tabla 16 Clases de carga según tarifas .....                              | 48 |
| Tabla 17 Descripción de variables .....                                   | 48 |
| Tabla 18 Ecuaciones de cálculo de la demanda máxima diversificada.....    | 48 |
| Tabla 19 Demanda máxima diversificada T1 .....                            | 49 |
| Tabla 20 Demanda máxima diversificada T2 .....                            | 50 |
| Tabla 21 Características generales del transformador.....                 | 50 |
| Tabla 22 Valores de referencia para resistencia de puesta a tierra.....   | 52 |
| Tabla 23 Resistividades del suelo .....                                   | 52 |
| Tabla 24 Tipos de fusible .....                                           | 54 |
| Tabla 25 Regulación y perdidas eléctricas en T1.....                      | 56 |
| Tabla 26 Regulación y perdidas eléctricas en T1.....                      | 56 |
| Tabla 27 Regulación y perdidas eléctricas en T2.....                      | 57 |
| Tabla 28 Regulación y perdidas eléctricas en T2.....                      | 57 |
| Tabla 29 Características técnicas del conductor de BT .....               | 58 |
| Tabla 30 Características técnicas conductor de fase 13,2 KV .....         | 58 |
| Tabla 31 Características técnicas del cable para retenidas.....           | 58 |
| Tabla 32 Hipótesis de cálculo para conductores y cable de guarda .....    | 59 |
| Tabla 33 Condiciones de operación .....                                   | 60 |
| Tabla 34 Calculo mecánico circuito de BT con cable CPX 3X2/0+2/0 .....    | 61 |

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 35 Tendido para el circuito de BT con cable CPX 3x2/0+2/0 .....              | 62 |
| Tabla 36 Resultados de cálculos mecánicos para apoyos de 8m .....                  | 63 |
| Tabla 37 Toma de coordenadas con GPS para el plano proyectado .....                | 64 |
| Tabla 38 Materiales de media tensión.....                                          | 67 |
| Tabla 39 Materiales de baja tensión.....                                           | 69 |
| Tabla 40 Presupuesto de obra Circuito 1T02325 .....                                | 70 |
| Tabla 41 Unidades constructivas .....                                              | 71 |
| Tabla 42 Resumen de precios UC en equipos.....                                     | 72 |
| Tabla 43 Resumen de precios UC en cables y postes .....                            | 72 |
| Tabla 44 Beneficio económico de remuneración.....                                  | 73 |
| Tabla 45 Cimentación tipo directa para postes de media tensión .....               | 77 |
| Tabla 46 Cimentación tipo monobloque prismática para postes de media tensión ..... | 78 |

**LISTA DE ILUSTRACIONES**

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ilustración 1 puesta a tierra del neutro en una red de BT.....                   | 28 |
| Ilustración 2 Distancias de seguridad en zonas de construcciones .....           | 35 |
| Ilustración 3 Configuración estructural tipo bandera Fuente .....                | 37 |
| Ilustración 4 Configuración estructural tipo horizontal .....                    | 37 |
| Ilustración 5 Configuración estructural tipo H.....                              | 38 |
| Ilustración 6 Configuración estructural tipo vertical.....                       | 38 |
| Ilustración 7 Ubicación geográfica circuito 1T02325.....                         | 39 |
| Ilustración 8 Análisis de cortocircuito y falla a tierra .....                   | 44 |
| Ilustración 9 Red proyectada.....                                                | 47 |
| Ilustración 10 Montaje típico de DPS en un transformador tipo poste .....        | 55 |
| Ilustración 11 Convenciones para el diseño del plano eléctrico .....             | 65 |
| Ilustración 12 Plano eléctrico red existente y proyectada circuito 1T02325 ..... | 66 |
| Ilustración 13 Análisis económico del conductor .....                            | 77 |
| Ilustración 14 Tipos de cimentaciones .....                                      | 78 |
| Ilustración 15 Puntos de baja tensión.....                                       | 87 |
| Ilustración 16 Puntos de baja tensión.....                                       | 87 |
| Ilustración 17 Puntos de baja tensión.....                                       | 88 |
| Ilustración 18 Puntos de baja tensión.....                                       | 88 |
| Ilustración 19 Diagrama unifilar.....                                            | 89 |

**GLOSARIO**

- ✓ Acometida: Es la derivación de la red local del servicio, que llega hasta el registro de corte del inmueble.
- ✓ Acometida primaria: Se deriva de la red de distribución de M.T. a 13.2 KV, 13.8 KV o 34.5 KV.
- ✓ Acometida secundaria: Se deriva de la red de distribución de B.T. o desde los bornes secundarios de un transformador de distribución.
- ✓ Aislador: Componente aislante diseñado de tal manera que soporte un conductor y lo separe eléctricamente de otros conductores.
- ✓ Alambre: Hilo o filamento de metal, trefilado o laminado, usado para transportar corriente eléctrica.
- ✓ Apoyo: Nombre particular dado al elemento de soporte de aisladores y conductores de las líneas o redes aéreas. Pueden ser torres, postes u otro tipo de estructuras.
- ✓ Arco eléctrico: Canal conductivo ocasionado por el paso de una gran carga eléctrica, que produce gas caliente de baja resistencia eléctrica y un haz luminoso.
- ✓ Cable trenzado: Se compone de varios conductores aislados en XLPE, puestos helicoidalmente para redes de M.T. y B.T. exteriores, generalmente se utilizan tres conductores de fase en aluminio (ASC) y un mensajero que puede ser un conductor de aluminio tipo ASCR que sirve además como conductor neutro.
- ✓ Capacidad instalada: Capacidad nominal de los transformadores o componentes de una instalación, medida en kilovoltamperios (kVA).
- ✓ Capacidad nominal: Conjunto de propiedades eléctricas y mecánicas asignadas a un equipo eléctrico por el diseñador, para determinar su funcionamiento en condiciones específicas.
- ✓ Carga instalada: Capacidad nominal total de todos los equipos consumidores de energía eléctrica y que se encuentran conectados a la instalación de un predio.
- ✓ Cargabilidad: Limite térmico dado en capacidad de corriente, para líneas de transmisión de energía, transformadores, etc.
- ✓ Confiabilidad: Capacidad de un dispositivo, equipo o sistema para cumplir funciones asignadas en tiempos y condiciones dadas.
- ✓ Cortocircuito: Fenómeno eléctrico ocasionado por una unión accidental o intencional de muy baja resistencia entre dos o más puntos de diferente potencial en un circuito.

- ✓ **Cruceta:** Se utiliza en instalaciones aéreas, hace parte de un poste o estructura eléctrica, se encarga de sostener los aisladores eléctricos y el conductor. El material de las crucetas es de acero, fibra de vidrio y material polimérico.
- ✓ **Demanda:** Cantidad de potencia requerida por un usuario en un periodo de tiempo dado, expresada en kilovatios (kW) o kilovoltamperios (kVA).
- ✓ **Distancia de seguridad:** Distancia mínima entre la línea energizada y el área donde se garantiza que no ocurra ningún accidente por acercamiento.
- ✓ **Distribución de energía eléctrica:** Transmisión de energía eléctrica a los consumidores en un área específica.
- ✓ **Factor de demanda:** Relación entre la demanda máxima de un sistema y la carga conectada al mismo. Indica la simultaneidad en el uso de la carga total conectada por cada usuario.
- ✓ **Falla:** Desgaste de componentes. Alteración intencional o accidental en la capacidad del sistema.
- ✓ **Flecha:** La máxima distancia vertical en la prolongación, entre el conductor y la línea horizontal que une dos puntos fijos.
- ✓ **Fusible:** Dispositivo cuya función es abrir, mediante la fusión de uno o más de sus componentes, el circuito en el que está instalado.
- ✓ **Instalación eléctrica:** Conjunto de equipos eléctricos y circuitos asociados, previstos para un fin específico: la generación, transmisión, conversión, rectificación, conversión, distribución o aprovechamiento de energía eléctrica.
- ✓ **Norma técnica:** Documento establecido por consenso y aprobado por un organismo reconocido, que suministra, para uso común y repetido, reglas, directrices, y características para las actividades o sus resultados, encaminados al logro del grado óptimo de orden y de un contexto dado.
- ✓ **Norma técnica colombiana (NTC):** Norma técnica aprobada por el organismo nacional de normalización.
- ✓ **Remodelación:** Es la reposición de elementos, equipos, conductores que componen la instalación eléctrica.
- ✓ **Operador de red:** Empresa de servicio público responsable del desarrollo, expansión, inversión, operación y mantenimiento de la totalidad o parte de una red de transmisión regional o una red de distribución local.
- ✓ **Parámetro del conductor:** Relación entre la fuerza mecánica horizontal que actúa sobre el conductor bajo ciertas condiciones de diseño y su peso aparente por unidad de longitud.
- ✓ **Plano:** Representación gráfica a escala en una superficie.

- ✓ Redes de distribución: Conjunto de elementos usados para transformar y transportar energía eléctrica hasta el punto de entrega al consumidor.
- ✓ Reglamento técnico: Documento que especifica las características de un producto, servicio o metodologías de producción, con incluyendo las disposiciones administrativas aplicables y obligatorias.
- ✓ Vano: Distancia horizontal entre dos estructuras adyacentes de una línea o red.

Fuente (CNS-NT-01, 2016)

**RESUMEN**

El presente proyecto plantea la reposición de la red de B.T. en la urbanización Betania del municipio de Los Patios, mediante la remodelación del circuito 1T02325 donde se analizan los posibles cambios de estructuras debido a desgaste en los apoyos, selección del conductor, revisión de distancia de seguridad, entre otros.

Para llevar a cabo el diseño se hace un replanteo en terreno de la red para recolectar información actual del circuito, y por último se hace proyección de la demanda teniendo en cuenta las características técnicas y el número de usuarios.

**Palabras clave:** Diseño, reposición, estructuras, desgaste, distancias de seguridad.

## **ABSTRACT**

The present project proposes the replacement of the low voltage network in the Betania urbanization of the municipality of Los Patios, by remodeling the circuit 1T02325 where possible changes of structures due to wear in the supports, conductor selection, safety distance revision, among others, are analyzed.

To carry out the design, a field survey of the network is carried out to collect current information on the circuit, and finally, a demand projection is made taking into account the technical characteristics and the number of users.

**Keywords:** Design, replacement, technical losses, obsolescence and structures.

## **1 INTRODUCCION**

Para el proceso de reposición es importante tener en cuenta aspectos importantes como lo son las pérdidas del circuito, la calidad del servicio de red y el estado de las estructuras, estos procesos son requeridos mayormente por los usuarios debido a que el servicio de energía no es adecuado, y son atendidas por el servicio de atención al usuario de la empresa encargada. Dentro de su proceso de inversión anual, CENS S.A. E.S.P. tiene proyectado el diseño para la reposición de la red de B.T. del circuito 1T02325 ubicado en la urbanización Betania del municipio de Los Patios en el cual hare énfasis en el presente trabajo.

Al momento de iniciar este proyecto se debe tener en cuenta la normatividad eléctrica necesaria (NTC 2050, NORMA CENS, CREG 015 Y RETIE).

Seguidamente se procede a la identificación del circuito, en este caso el 1T02325, y luego su respectiva visita técnica para reconocimiento del área, se dibuja mediante AUTOCAD un plano de las estructuras existentes, se determina el total de usuarios asociados a la red del circuito y se establece la carga del transformador. Posteriormente se actualiza el plano existente y en base a este se hace un plano proyectado, procediendo a la realización de los cálculos eléctricos y mecánicos propuestos para la ejecución de este proyecto.

CIRCUITO 1T02325 BETANIA

**CAPITULO 1. MARCO LEGAL**

**2 JUSTIFICACIÓN**

Dentro de los planes de reposición urbanística del sector se crea la necesidad de contar con un servicio confiable del suministro de energía eléctrica. Como solución a esta situación se realizará la remodelación de la red de baja tensión la cual se encuentra en red abierta ACSR desnudo y pasarla a red trenzada en cable calibre 3x2/0+2/0 AWG para baja tensión, y así dar suministro y prestar mejor servicio a los usuarios. Los transformadores se encuentran ubicados en el municipio de los Patios.

## 2 RESEÑA HISTORICA

El suministro eléctrico a la ciudad de Cúcuta fue iniciado por la “Empresa de Alumbrado Eléctrico de Cúcuta”, fundada por Augusto Duplat Agustini con una inversión inicial de \$200.000, representada por 2.000 acciones de \$100 cada una.

La central hidroeléctrica fue puesta en servicio en 1896, tiene una capacidad de producción de 220 kW y está ubicada en "Los Colorados" en el municipio de Los Patios. El motor de la planta lo aporta el río Pamplonita a través de su desvío por la bocatoma aguas arriba. Esta empresa fue constituida bajo la Ley Núm. 121 de 16 de junio de 1896. En 1897, el área metropolitana de Cúcuta compró 660 acciones, valoradas en \$6.000; El Ayuntamiento de Cúcuta tiene como prioridad desde hace trece años iluminar la ciudad con la instalación de 400 luminarias.

El 29 de octubre de 1912, con la aprobación del Cabildo de Cúcuta, se prorrogó el contrato de la Empresa de Alumbrado Eléctrico de Cúcuta por otros cuatro años, a los 30 años de su creación, la capacidad instalada de la empresa aumentó a 420 kW. La segunda empresa de alumbrado eléctrico en Cúcuta es "La Empresa Eléctrica del Norte", también conocida como Luz del Norte, propiedad de la familia Fernández, dirigida por Andrés Benigno Fernández. Su central fue instalada en Salazar y establecida el 1 de septiembre de 1914, y da servicio fuera de Salazar en Santiago, Arboledas, Gramalot, Cocotella, San Cayetano, El Zulia, San Luis y Villa del Rosario. Esta empresa inauguró el establecimiento en la calle 13 3-67 el 13 de octubre de 1916, luego se trasladó a la Dirección de Minería de la Casa de la Cultura de la Ciudad. El 13 de julio de 1927, la empresa inició el montaje de una central hidroeléctrica con una capacidad de 840 kW, que se instaló en el Alto de los Compadres, ubicado en el camino de Cornejo a Santiago, sobre el río Peralonso. Cada empresa utiliza un sistema de distribución independiente. En 1946, la sede de la "Empresa Eléctrica del Norte" fue adquirida por "Empresas Públicas Municipales de Cúcuta". El Ayuntamiento de Cúcuta autorizó este día

invertir en el montaje e instalación de una central eléctrica a diésel de 2.400 kW en la provincia de Sevilla, que inició operaciones en 1947, con alto de los Compadras.

El 16 de octubre de 1952 se formalizó la estructura publica 3552 de la notaria Octava de Bogotá, creándose la sociedad “Centrales Eléctricas de Cúcuta, SA”, la cual inició operaciones el 3 de enero de 1953, con una inversión de \$8.000.000, 800.000 acciones representan \$10 por cada acción. El 51% del capital fue registrado por el Instituto de Fomento del Agua y la Electricidad ELECTRAGUAS (hoy ISEL), y el 49% restante por la Secretaría de Norte de Santander y la Ciudad de Cúcuta, quienes dotaron a la empresa de las instalaciones de Sevilla, las cuales alguna vez fueron operados por compañías de la ciudad. El Dr. Carlos Valdivieso ha sido designado Director de la empresa.

En 1953, la nueva empresa adquirió las instalaciones de la central Duplat, reforzó el sistema de distribución y amplió la central diésel de Sevilla con una unidad de 1.000 kilovatios que entró en funcionamiento a mediados de 1954. En 1955, "Centrales Eléctricas de Cúcuta, S.A.", el nombre de la empresa a Centrales Eléctricas del Norte de Santander, S. El principal objetivo de esta empresa es extender los servicios eléctricos a todo el organismo. Para acomodar el crecimiento de la demanda energética en la región, se aumentó la capacidad en 1956 con una nueva unidad de 1100 kW y en 1959 con otra unidad de 2500 kW ubicada en la provincia de Sevilla.

En 1957, Centrales Eléctricas del Norte de Santander SA, en conjunto con el Instituto para el Aprovechamiento del Agua y el Desarrollo Eléctrico (hoy ICEL), investigaron, diseñaron y aprobaron la central térmica a gas Tibú, a la que reemplazaría. Con una central eléctrica eficiente y producción económica de los antiguos sistemas diésel ya en funcionamiento en Sevilla. Así, el 6 de enero de 1962 se puso en servicio la primera unidad de la planta, en marzo del mismo año también se puso en servicio la segunda unidad; Por eso, dejan la central a diésel de Cúcuta para emergencias. En noviembre de 1961, Electrificadora adquirió los

## CIRCUITO 1T02325 BETANIA

activos de Pamplona Electric Power y Ocaña Electric Power, y combinó sus activos en el sistema de electrificación de la división, asegurando el servicio mediante el montaje local de centrales diésel y posteriormente con la ampliación de líneas de transmisión en Pamplona a 33 kV. En junio de 1964 y en Ocaña a 115 KV en 1968.

En 1965 se puso en marcha la tercera unidad de la planta de Tibú. Se construyó un enlace de 33 kV entre la subestación de San Antonio (Venezuela) y Sevilla en Cúcuta, convirtiéndose en el primer enlace de Latinoamérica. Se construyó la línea Tibú - Ocaña. En el mismo año se pusieron en operación dos unidades de producción, cada una con una capacidad de 15 MW, ubicadas en la región de Aguachica, ciudad del Zulia.

En 1967, este servicio se introdujo en 30 de las 35 ciudades directamente bajo el gobierno central. Además de la conexión con Venezuela, en 1969 se construyó una nueva línea de comunicación de 115 kV entre las centrales térmicas Zulia y La Fría (Venezuela) con la Compañía Anónima de Fomento Eléctrico de Venezuela, CADAFE, para asegurar la continuidad del servicio. Reemplazo en caso de emergencia. Para atender la creciente demanda, la capacidad de producción de Centrales Eléctricas del Norte de Santander S.A. ha sido añadido. Con dos generadores de turbinas a gas ubicados en una concesión petrolera operada por Chevron Petroleum en el campo Río Zulia y una línea de 115 kV entre la planta y la subestación Sevilla, actualmente constituye la línea más larga en este nivel de tensión en Colombia. El primer generador entró en funcionamiento en 1969 y el segundo en 1972.

En 1970, con el aporte del ICEL a Centrales Eléctricas del Norte de Santander SA, se construyó la línea de transmisión de 34,5 KV Ocaña - Aguachica al sur de César.

En 1974 se conectó el sistema eléctrico de Norte de Santander al sistema nacional mediante una línea de conexión, suministrada inicialmente en 115 kV y en 1976 en 230 kV, construida por el ICEL entre Paipa - Bucaramanga - Cúcuta, se crea la Comisión de Conexión del Nordeste (CIN), para coordinar la operación del sistema eléctrico interconectado.

## CIRCUITO 1T02325 BETANIA

En 1975 se inició la primera fase del Plan Nacional de Electricidad Rural, PNER, con aportes del Comité de Cafeteros, la Gobernación y Eléctricas del Norte de Santander S.A. De 1978 a 1979 se obtuvo un estudio de factibilidad para la construcción de la Central Térmica Tasajero, para consolidar el proyecto con la firma de un convenio de colaboración entre el ICEL y las empresas energéticas Boyacá, Santander y Norte de Santander. En busca de fuentes de generación de energía, la dirección de la empresa evaluó varios potenciales hidroeléctricos de la zona, como el río Margua, el río Zulia y el río Catatumbo, y concluyó que la alternativa más viable era una solución termoeléctrica a base de carbón. identificados en la zona. A partir de las condiciones positivas de una solución termoeléctrica, y ante la urgente necesidad de establecer capacidad suficiente en el departamento, el Instituto Colombiano de Energía Eléctrica, ICEL, se ha asociado a la elaboración de estudios de factibilidad y diseño a través de un contrato de crédito con FONADE, en colaboración con Centrales Eléctricas del Norte de Santander y el Instituto Colombiano de Energía Eléctrica. Además de acordar una política común por ahora: volver al carbón como fuente de energía durante muchos años, y ofrecer una solución regional para romper el círculo vicioso en el que no se extrae carbón. Se explota debido a la falta de un marketing seguro y no se puede utilizar porque el rico potencial que se ha identificado aún no se ha explotado. De manera conjunta, el 14 de diciembre de 1984 inició operaciones la construcción de la Central Térmica Tasajiro, ubicada a 20 km al suroeste de Cúcuta, en la margen derecha del río Zulia, cerca de la localidad de San Caetano. energía como combustible principal, incluso Se encuentra en los alrededores en un radio de 60 km. Se han identificado reservas suficientes para la operación de la unidad y su posterior expansión. Se ha construido y alojado un nuevo edificio de oficinas para el servicio, lo que permite funciones administrativas mejoradas y un mejor servicio al cliente. Estas obras, asociadas al rediseño de las antiguas instalaciones, facilitaron la modernización y el desarrollo financiero, técnico y administrativo del CENS.

### 3.1 Objetivo General

- ✓ Diseñar el proyecto de reposición del circuito 1T02325 de B.T. ubicado en la urbanización Betania del municipio de Los Patios con el fin de garantizar una calidad óptima en el servicio de energía.

### 3.2 Objetivos específicos

- ✓ Calcular parámetros eléctricos y mecánicos correspondientes para este proyecto, teniendo en cuenta la reglamentación NTC 2050, NORMA CENS Y RETIE.
- ✓ Diseñar el plano de la red existente y proyectada del circuito 1T02325 para su remodelación.
- ✓ Determinar la viabilidad económica (presupuestos de obra) y unidades constructivas para la red del circuito planteado.

### 3.3 Acotaciones

Para el diseño de la reposición del circuito de B.T. 1T02325, se emplearán las siguientes aplicaciones informáticas:

- ✓ Google Maps para la ubicación geográfica del circuito.
- ✓ AutoCAD para el diseño de planos.
- ✓ Microsoft Excel para presupuestos de obra, unidades constructivas y cálculos mecánicos.
- ✓ Microsoft Word para la redacción del trabajo escrito.

### 3.4 Legislación

- ✓ Reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE.
- ✓ Código Eléctrico Colombiano – Norma NTC 2050.
- ✓ Normas CENS para el diseño y construcción de redes de distribución.
- ✓ Norma NTC 4552-2.
- ✓ CREG 015 de 2018.

## **CAPITULO 2. MARCO TEORICO**

### **4.1 Disposiciones generales**

Dependiendo del área servida, las líneas y redes pueden ser urbanas o rurales, dependiendo de su ubicación, aéreas o subterráneas. Todos los materiales utilizados en el diseño, construcción y mantenimiento de la planta de MT y B.T deberá cumplir con lo establecido en el Capítulo 11 del Tomo I de la Norma CENS (adjunta como anexo). Las líneas y redes serán generalmente aéreas, salvo en los siguientes casos en que la red sea subterránea:

- ✓ Cuando la normativa urbanística de la ciudad prohíba la instalación de redes aéreas.
- ✓ Intersecciones de parques, distribuidores de tránsito y estacionamientos en áreas comerciales.
- ✓ Para sitios cuya ubicación no permita alcanzar la distancia mínima de seguridad y donde se agoten los recursos de la red combinada.
- ✓ En áreas catalogadas por la CENS como de distribución urbana subterránea.
- ✓ En las áreas de conservación de monumentos históricos.
- ✓ En puentes vehiculares y zonas en las que se requiera por la configuración existente.
- ✓ En zonas aledañas a helipuertos o aeropuertos, en los cuales la construcción de redes aéreas restrinja su operación normal.

Todos los permisos para llevar a cabo el proyecto son tramitados por los interesados. Una vez finalizada la obra de construcción del proyecto, éste deberá ser debidamente rotulado, rotulado y finalmente entregado al CENS con el plano de construcción actualizado.

La alimentación de transformadores, reguladores y demás dispositivos de red, así como de los equipos de protección en M.T, se hará mediante un sistema de estribos y grapas para operar en caliente. Dicho sistema deberá garantizar una buena conexión electromecánica y tener el calibre apropiado de acuerdo a las características de la red o el equipo a alimentar.

## 4.2 Redes de distribución de baja tensión

### 4.2.1 Redes de distribución urbanas de baja tensión

En áreas urbanas, la red funciona con cable trenzado resistentes al fraude y está alimentada por un transformador de distribución con una capacidad máxima de 45 kVA, por lo que el diseño se debe adaptar a esta capacidad.

Si CENS lo considera conveniente, se permite la instalación de transformadores de mayor capacidad siempre que se observen las normas y límites de pérdidas especificados en el Capítulo 2 (Anexo). En condiciones normales de trabajo, el desbalance de corriente entre fases de un transformador de distribución no debe exceder el 20%, según lo define la NTC 5001. La red de baja tensión está construida de hormigón, fibra de vidrio (PRFV), postes metálicos o materiales probados para esta finalidad.

Los neutros urbanos de B.T se ponen a tierra en el lugar del transformador y se ponen a tierra por lo menos cada tres apoyos y al final del circuito para mejorar la seguridad del sistema conectado al conductor del electrodo de tierra. Tierra seleccionada según las especificaciones de la siguiente tabla

*Tabla 1 Constantes de materiales de la norma IEEE 80*

| MATERIAL                                                 | CONDUCTIVIDAD (%) | $T_m$ (°C) | $K_f$ |
|----------------------------------------------------------|-------------------|------------|-------|
| Cobre blando.                                            | 100               | 1083       | 7     |
| Cobre duro con soldadura exotérmica.                     | 97                | 1084       | 7,06  |
| Cobre duro con conector mecánico.                        | 97                | 250        | 11,78 |
| Alambre de acero recubierto de cobre.                    | 40                | 1084       | 10,45 |
| Alambre de acero recubierto de cobre.                    | 30                | 1084       | 12,06 |
| Varilla de acero recubierta de cobre.                    | 17                | 1084       | 14,64 |
| Alambre de acero recubierto de aluminio <sup>(1)</sup> . | 20,3              | 657        | 17,26 |
| Acero 1020.                                              | 10,8              | 1510       | 18,39 |
| Varilla de acero recubierta en acero inoxidable.         | 9,8               | 1400       | 14,72 |
| Varilla de acero con baño de cinc.                       | 8,5               | 419        | 28,96 |
| Acero inoxidable 304.                                    | 2,4               | 1400       | 30,05 |

Fuente (CNS-NT-02, 2016)

## CIRCUITO 1T02325 BETANIA

- ✓ El calibre mínimo del conductor del electrodo de puesta a tierra debe seleccionarse de acuerdo a la siguiente tabla.

*Tabla 2 Calibre de los conductores de puesta a tierra*

| CORRIENTE NOMINAL O AJUSTE MÁXIMO DEL DISPOSITIVO                                                           | SECCIÓN TRANSVERSAL |             |                                                       |             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------|-------------------------------------------------------|-------------|
| AUTOMÁTICO DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRECORRIENTE EN EL CIRCUITO ANTES DE LOS EQUIPOS, TUBOS CONDUIT, ETC. (A) | ALAMBRE DE COBRE    |             | ALAMBRE DE ALUMINIO O DE ALUMINIO REVESTIDO DE COBRE* |             |
|                                                                                                             | mm                  | AWG o kcmil | mm                                                    | AWG o kcmil |
| 15                                                                                                          | 2,08                | 14          | 3,30                                                  | 12          |
| 20                                                                                                          | 3,30                | 12          | 5,25                                                  | 10          |
| 30                                                                                                          | 5,25                | 10          | 8,36                                                  | 8           |
| 40                                                                                                          | 5,25                | 10          | 8,36                                                  | 8           |
| 60                                                                                                          | 5,25                | 10          | 8,36                                                  | 8           |
| 100                                                                                                         | 8,36                | 8           | 13,29                                                 | 6           |
| 200                                                                                                         | 13,29               | 6           | 21,14                                                 | 4           |
| 300                                                                                                         | 21,14               | 4           | 33,62                                                 | 2           |
| 400                                                                                                         | 26,66               | 3           | 42,20                                                 | 1           |
| 500                                                                                                         | 33,62               | 2           | 53,50                                                 | 1/0         |
| 600                                                                                                         | 42,20               | 1           | 67,44                                                 | 2/0         |
| 800                                                                                                         | 53,50               | 1/0         | 85,02                                                 | 3/0         |
| 1 000                                                                                                       | 67,44               | 2/0         | 107,21                                                | 4/0         |
| 1 200                                                                                                       | 85,02               | 3/0         | 126,67                                                | 250 kcmil   |
| 1 600                                                                                                       | 107,21              | 4/0         | 177,34                                                | 350 kcmil   |
| 2 000                                                                                                       | 126,67              | 250 kcmil   | 202,68                                                | 400 kcmil   |
| 2 500                                                                                                       | 177,34              | 350 kcmil   | 304,02                                                | 600 kcmil   |
| 3 000                                                                                                       | 202,68              | 400 kcmil   | 304,02                                                | 600 kcmil   |
| 4 000                                                                                                       | 253,25              | 500 kcmil   | 405,36                                                | 800 kcmil   |
| 5 000                                                                                                       | 354,69              | 700 kcmil   | 608,04                                                | 1 200 kcmil |
| 6 000                                                                                                       | 405,36              | 800 kcmil   | 608,04                                                | 1 200 kcmil |

Fuente (CNS-NT-02, 2016)

El conductor de puesta a tierra es cable o alambre y debe estar protegido por un tubo de metal galvanizado de al menos 3 m de longitud, fijado en al menos tres puntos de contacto con cinta de acero inoxidable. En el exterior del muelle, siempre que el apoyo no dependa del tubo del fregadero para esta aplicación.

Se debe asegurar la misma topología de red en toda la red, tanto para la troncal como para los circuitos derivados, dependiendo del tipo de transformador que atiende al circuito.

En las áreas que CENS considere apropiadas, es posible mostrar las configuraciones de medición de forma centralizada en el nodo convertidor e instalar un repetidor de lectura interno. Del mismo modo, se permitirá incorporar nuevas tecnologías a la distribución de B.T o nuevas configuraciones que simplifiquen la gestión operativa, mejorando la calidad del servicio y las métricas de confiabilidad, y reducen las vulnerabilidades del sistema. La distancia entre los apoyos en B.T Tendrán un tamaño máximo de 30m en redes nuevas, ampliaciones y remodelación de redes que

## CIRCUITO 1T02325 BETANIA

requieren desplazamiento de apoyos existentes y en todo caso su diseño deberá tener en cuenta la interdistancia entre requisitos en RETILAP si se pretende utilizar en instalaciones de luminarias.

### 4.2.2 Calibre de los conductores

- ✓ Los conductores de B.T son cables de aluminio cuádruples, triples o dobles y aisladores XLPE600V. El cable neutro puede ser de aleación de aluminio ACSR o AAAC y la fase debe ser AAC.
- ✓ El indicador de neutro debe estar hasta 1 indicador justo debajo del indicador de fase. } El conductor de salida del transformador debe ser un cable trenzado de calibre adecuado para la capacidad de corriente, regulación y pérdida de potencia.
- ✓ El cable termina en el extremo del circuito, y el empalme del conector convencional se cubre con un capuchón adecuado para este fin, o cinta autoadhesiva y cinta aislante para protegerlo del contacto accidental con el cable o la entrada de humedad. Debe cubrirse con una capa

### 4.2.3 Cajas para derivación de acometidas

- ✓ La caja debe instalarse por encima del vano de la red trenzada a una distancia de al menos 2 metros de la columna horizontal, y en caso de no ser posible instalar en el vano, los ramales para conectar una caja de 30 y Se pueden arreglar 50 cm. Directamente desde la parte superior de la columna debe obtener el permiso de CENS para esto. En el caso de un poste de 12 metros, la posición del soporte del conductor y la caja será a lo largo de las horizontales del tendido de la red.
- ✓ La determinación de la conexión de la caja debe permitir la facilidad de instalación de las fases y el orden de su conexión, tanto al alimentar como al retirar la caja de distribución.
- ✓ El diseño de la caja de conexiones debe ser resistente a la luz solar y ambientes industriales altamente contaminados. El material de polímero debe tener espacio suficiente para la red eléctrica y la derivación de alimentación de entrada para al menos 8 contactos locales, todos de abajo hacia arriba, la varilla de transferencia debe tener la capacidad de corriente necesaria para conectar usuarios residenciales y comerciales, y debe estar aprobada por una organización reconocida ante la autoridad competente, deberá contar con cerradura y medios suficientes para proteger en el poste.
- ✓ El cable se deberá interconectar de izquierda a derecha o de arriba hacia abajo a las fases R S T o A B C con conductores identificados por sus respectivos códigos de color.
- ✓ Las conexiones y empalmes se realizan mediante conectores homologados para dicha finalidad. Para redes trenzadas, se deben conectar conectores adicionales al cable neutro.

## CIRCUITO 1T02325 BETANIA

Estos conectores pueden ser bimetálicos, en forma de cuña o de doble ranura y, siempre se deben asegurar las conexiones electromecánicas y el aislamiento adecuados para proteger la conexión de la entrada de humedad.

### **4.2.4 Conectores para conexión a red trenzada**

Las conexiones y empalmes se deben realizar con terminales homologados, en redes trenzadas se debe instalar un terminal adicional en el conductor neutro.

Será del tipo cuña o tipo perforante, fusibles tipo tornillo bimetálico para las conexiones selladas a cables aislados XLPE-90°C (principal y subsidiario), y deberá tener tapas de sellado para cables derivados, si se utilizan conexiones en cuña, los extremos deberán estar completamente aislados con cinta autofundente y aislantes del mismo color que los conductores, y las cintas serán aptas para este fin de manera que no dañen los conductores ni su aislamiento. Para los efectos de las reglamentaciones, los terminales, acoplamientos y empalmes se utilizan como elementos para unir, conectar o sujetar conductores o para controlar un par de conductores en un grupo de conductores, y los terminales o conectores pueden causar corrosión.

Los conectores deben cumplir con un estándar técnico o NTC reconocido internacionalmente que les sea aplicable y demostrado por una certificación de producto emitida por un organismo de certificación de producto aprobado. Deben asegurarse de que no provoquen corrosión con los conductores a los que están conectados.

El material del enchufe, acoplamiento o conector debe garantizar que los cambios de temperatura no afecten las propiedades conductoras y puedan ocasionar puntos calientes o puntos de riesgo de falla.

Los proyectos para usuarios comerciales deben conectarse directamente a la red usando conectores perforantes o de cuña debidamente aislados.

### **4.2.5 Anclaje de acometida sobre poste**

El conector se fija al montante con una abrazadera sujeta cables concéntrica aislada (tensor)

### **4.2.6 Cinta y hebilla de acero inoxidable**

- ✓ Serán de acero inoxidable,  $\frac{3}{4}$  de ancho, de bajo carbono y de alta resistencia mecánica de acuerdo con las especificaciones del Capítulo 11 de la Norma CENS (adjunta en anexos) y se considerarán como fijaciones para medidores en poste, perchas de eje, fijación de ductos bajantes, etc.

**4.2.7 Grapa de retención (tensor) para acometida en poste**

- ✓ Su fabricación deberá soportar condiciones corrosivas en el ambiente, con una resistencia mecánica de al menos 200 kg, y los anclajes deberán ser aptos para conexión concéntrica de varios calibres. Los anclajes pueden ser tipo cuña o preformados.

**4.2.8 Acometida domiciliaria**

La conexión será de alambre de cobre, del tipo inviolable como aislante de polietileno concéntrico, conexión en cruz negra (XLPE-90°C) y se deberá asegurar que la regulación de voltaje en la unión no exceda el límite especificado en la tabla 3.

*Tabla 3 Limite de regulación de voltaje*

| 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, 2016)

- ✓ El calibre deberá ser como mínimo n° 10 AWG para instalaciones monofásicas con capacidad instalable igual o inferior a 3 kVA y 8 AWG para instalaciones mayores de 3 kVA e inferiores o iguales a 15 kVA, para todos los casos se deberá realizar cálculos.
- ✓ Salvo a las excepciones permitidas por la NTC 2050 en el numeral 230-23, los cables deberán fijarse mediante un tensor de conexión o aislador tipo carrete. En el caso de que sólo existan una o dos acometidas internas, o de calibre mayores a dos, deberán conectarse directamente desde la red a través de los conectores adecuados, utilizando conectores separados para cada acometida.

**4.2.9 Cable para conexión de la caja a red trenzada**

- ✓ Se deben usar conductores de cable trenzado con aislamiento y cubierta de polietileno reticulado XLPE-90°C, triple o dúplex, de al menos 2 AWG con neutro AAAC o ACSR.

## CIRCUITO 1T02325 BETANIA

### 4.2.10 Electrodo de puesta a tierra

- ✓ Debe ser diseñada en material resistente a la corrosión certificado adecuadamente, las características técnicas estarán especificadas en el capítulo 11 (adjunto en anexos) y cumplir con los requisitos que se muestran a continuación en la tabla 4.

Tabla 4 Requisitos para electrodos de puesta a tierra

| TIPO DE ELECTRODO    | MATERIALES.                                         | DIMENSIONES MÍNIMAS |                         |                 |                          |
|----------------------|-----------------------------------------------------|---------------------|-------------------------|-----------------|--------------------------|
|                      |                                                     | DIÁMETRO<br>O mm    | ÁREA<br>mm <sup>2</sup> | ESPESOR<br>R mm | RECUBRIMIENTO $\mu$<br>m |
| Varilla              | Cobre.                                              | 12.7                |                         |                 |                          |
|                      | Aleaciones de Cobre                                 | 12.7                |                         |                 |                          |
|                      | Acero inoxidable.                                   | 15                  |                         |                 |                          |
|                      | Acero galvanizado en caliente.                      | 16                  |                         |                 | 70                       |
|                      | Acero con recubrimiento electrodepositado de cobre. | 14                  |                         |                 | 250                      |
|                      | Acero con recubrimiento total en cobre.             | 15                  |                         |                 | 2000                     |
| Tubo                 | Cobre.                                              | 20                  |                         | 2               |                          |
|                      | Acero inoxidable.                                   | 25                  |                         | 2               |                          |
|                      | Acero galvanizado en caliente.                      | 25                  |                         | 2               | 55                       |
| Fleje o cinta sólida | Cobre.                                              |                     | 50                      | 2               |                          |
|                      | Acero inoxidable.                                   |                     | 100                     | 3               |                          |
|                      | Cobre cincado.                                      |                     | 50                      | 2               | 40                       |
| Cable trenzado       | Cobre o cobre estañado                              | 1.8 por hilo        | 50                      |                 |                          |
|                      | Acero galvanizado en caliente                       | 1.8 por hilo        | 70                      |                 |                          |
| Alambre redondo      | Cobre                                               | 8                   | 50                      |                 |                          |
|                      | Acero galvanizado                                   | 10                  | 78.5                    |                 | 70                       |
|                      | Acero inoxidable                                    | 10                  |                         |                 |                          |
|                      | Acero recubierto de cobre                           | 10                  |                         |                 | 250                      |
| Placa sólida         | Cobre.                                              |                     | 250,00                  | 1,5             |                          |
|                      | Acero inoxidable.                                   |                     | 360,00                  | 6               |                          |

Fuente (CNS-NT-02, 2016)

### 4.2.11 Grapas de retención y suspensión

- ✓ La fabricación debe asegurar condiciones ambientales corrosivas. Debe estar hecho de un material que pueda soportar la tensión aplicada y el peso del conductor.
- ✓ Las abrazaderas y empalmes de sujeción de los conductores deben soportar esfuerzos mecánicos sobre el cable al menos el 90% de la carga de rotura, sin producir deslizamiento.

#### **4.2.12 Perchas de un puesto**

- ✓ La instalación de colgadores de un solo poste con cada aislador de bobina puede soportar redes trenzadas. Debe cumplir con las especificaciones técnicas que se muestran en el Capítulo 11 (adjunto al anexo)

#### **4.3 Selección del conductor**

- ✓ Todos los cálculos para la selección del controlador se basan en la demanda de diversidad máxima esperada y deben seleccionarse de manera que respeten los valores reglamentarios establecidos, las tasas de pérdida de potencia se especifican en el Capítulo 2 (adjunto en anexos) y los criterios para las técnicas de pérdida deben considerarse al seleccionar de conductor económico.
- ✓ Los conectores deben cumplir con las especificaciones mínimas especificadas en el Capítulo 11 (adjunto como Anexo) para cada tipo de red, uso e instalación.
- ✓ La empresa no aceptará cables usados que estén en malas condiciones, quemados, perforados o abollados, debiendo ser nuevos y cumplir con la normatividad correspondiente.
- ✓ En ningún caso los conductores estarán sometidos a esfuerzos mecánicos superiores a los indicados y la posición en la red aérea no superará el 25% del esfuerzo de rotura.
- ✓ Deben estar provistos de luminarias adecuadas al tipo, material y tamaño del conductor.
- ✓ Las uniones de los conductores superiores deben asegurar que al menos el 90% de la tensión mecánica de tracción actúe sin deslizamiento de los conductores.
- ✓ En líneas y redes, no se permite conectar más de un conductor, y no se puede hacer más de un conductor en cada parte. Las juntas deben estar a una distancia mínima de 3 metros de los respectivos soportes. No se aceptan soldaduras en extensiones que cruzan vías principales. Los empalmes deben trabajarse con el empalme correcta.
- ✓ Los puentes deben hacerse sobre aceras abiertas al mismo nivel que el ramal principal.
- ✓ En todos los apoyos suspendidos o transversales, el conductor sobre el pin aislante deberá tener un blindaje adecuado.

#### **4.4 Diseño mecánico**

##### **4.4.1 Hipótesis de diseño para líneas**

###### **❖ Condición inicial de tendido:**

- ✓ Velocidad del viento: 0 km/hora.
- ✓ Temperatura del conductor: Temperatura ambiente.
- ✓ Tensión mecánica: Max. 25% de tensión de rotura.

## CIRCUITO 1T02325 BETANIA

### ❖ Condición extrema de trabajo mecánico:

- ✓ Velocidad del viento: 100 km/hora.
- ✓ Temperatura del conductor: Temperatura ambiente mínima de la zona donde se instala el conductor.
- ✓ Tensión mecánica: Max. 50% de tensión de rotura.

### ❖ Condición extrema de flecha:

- ✓ Velocidad del viento: 0 km/hora.
- ✓ Temperatura del conductor: Temperatura del conductor a la máxima temperatura ambiente y máxima corriente de diseño.

## 4.4.2 Diseño topográfico

### ❖ Selección de ruta

Deberá ser recta y asequible, pudiendo padecer desviaciones solo por prevenir:

- ✓ Cruce de terrenos.
- ✓ Pantanos.
- ✓ Lagos.
- ✓ Zonas inestables geológicamente.
- ✓ Aeropuertos.
- ✓ Bosque cuya tala no admite la autoridad competente.
- ✓ Construcciones.
- ✓ Espacios deportivos.
- ✓ Otros.

Cualquier cambio en el itinerario sin escalas debe estar justificado económica y técnicamente. La colocación final requiere la evaluación de las siguientes condiciones:

- ✓ Bajo costo de procesamiento.
- ✓ Bajo costo de construcción.
- ✓ Bajo costo de mantenimiento.
- ✓ Bajos costos ambientales.

## 4.4.3 Conductores

### ❖ Plantillado

Se elegirá para un hipotético vano regulador, calculando la presión para la condición extrema de flecha. Con este voltaje se procede al cálculo de los parámetros del conductor y con

## CIRCUITO 1T02325 BETANIA

él de la catenaria. El vano regulador resultante se considerará sucesivamente hasta obtener una diferencia máxima del 5% entre el rango del regulador por defecto y el rango de frecuencia obtenido en la muestra.

La curva debe ser trazada y cortada sobre un pilar transparente y uniforme, así como las siguientes curvas adicionales:

- ✓ Curva de tierra: Distancia segura a tierra.
- ✓ Curva de Posición de apoyos: La altura del conductor en la estructura. Es necesario trazar curvas utilizando el número de alturas de las estructuras que existen.
- ✓ Escala.
- ✓ Dimensión: Se construirá sobre un vano superior al máximo previsto.
- ✓ Cantidad: Se pueden seleccionar y construir varios modelos de acuerdo con las diferentes condiciones topográficas o climáticas que se muestran en la línea.

Cuando se ubican las estructuras y se realiza el cálculo de los vanos reguladores resultantes, se verifica el parámetro especificado en cada caso, y no debe ser inferior a este valor.

### ❖ **Calculo de flechas y tensiones**

#### **Líneas de media tensión:**

- ✓ Ajustar la tabla de tensiones de tendido en intervalos de 5°C, de manera que cada sección fluctúe entre 10-40°C.
- ✓ Tensiones máximas de trabajo por cada segmento colocado.
- ✓ Tabla de flechas para cada vano, sobre intervalos de 5°C, con un rango de 10 a 40°.
- ✓ Vano peso en metros y kilogramos, obtenido el plantillado de cada estructura.
- ✓ Vano viento en metros y kilogramos por estructura.
- ✓ Separar los conductores horizontalmente en cada estructura para condiciones de máxima flecha.
- ✓ Comprobar el vano crítico.

#### 4.4.4 Apoyos

Serán seleccionados de conformidad con lo dispuesto en el Capítulo 11 (adjunto como adenda) para cumplir las siguientes condiciones:

- ✓ Los postes, torres y estructuras de soporte de la red de distribución en general deberán demostrar su cumplimiento con el RETIE a través de un Certificado de Conformidad de Producto, emitido por un organismo de certificación aprobado por la ONAC o por un mecanismo establecido por el Ministerio de Municipio y Medio Ambiente para casos específicos. Deben utilizarse columnas de tamaños estándar de 8, 9, 10, 12, 14, 16, 18 m con tolerancias de más o menos 50 mm.
- ✓ Se permite el uso de postes con una altura de 7 metros para la instalación de redes secundarias en áreas rurales.
- ✓ En áreas aisladas de disponibilidad limitada donde se utilicen conductores aislados o semi-aislados y para conexiones secundarias aisladas, se permiten terminales más cortas.
- ✓ Se pueden utilizar 6 metros para soportar las conexiones aéreas aisladas desde el contador hasta el tablero de distribución en el edificio, cuando la resistencia a la rotura es superior a 250 kg.
- ✓ Podrán utilizarse postes perfilados cuando la resistencia mecánica a la rotura no sea inferior a la resistencia necesaria para soportar los esfuerzos que actúan sobre ellas.
- ✓ Las estanterías suelen estar ubicadas en calles por el norte y bulevares por el oeste, siempre que las condiciones de ubicación y construcción permitan respetar las distancias de seguridad especificadas en el Capítulo 2 (adjunto en anexo).
- ✓ Las torres en carreteras y autopistas con alta y muy alta velocidad de tráfico deben pintarse con rayas amarillas y negras para aumentar la visibilidad.
- ✓ Cada columna debe estar conectada y alineada correctamente; La dirección de los agujeros debe ser en la dirección de la rosca.

Los empotramientos se realizan de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$H1=0,1H+ 0,6 (m)$$

Ecuación 1. Empotramiento  
Fuente (CNS-NT-02, 2016)

Siendo H1 la Longitud de empotramiento y H la Longitud total del poste (m).

- ✓ Las excavaciones para clavar los postes deberán ser circulares con un diámetro uniforme y como mínimo 30 cm mayor al diámetro de la base del poste, su ubicación será junto al

## CIRCUITO 1T02325 BETANIA

sardinel de los andenes con el ánimo de cumplir las distancias de seguridad descritos en el numeral 2.15 del capítulo 2 (adjunto en anexos).

- ✓ En terrenos con poca resistencia, existencia de humedad, arcillas expansivas y otras características especiales del terreno, CENS exigirá una cimentación con recebo debidamente compactada o cimentación con concreto. Todo poste que requiera ser cimentado, se hará con una mezcla de recebo y cemento del 25%, el cual debe ser compactado desde su base en capas de 10 centímetros de espesor.
- ✓ Los postes de concreto que se utilizan en redes de B.T y M.T tendrán por lo menos una carga de rotura de 510 kg para estructuras de paso y de 750 kg y 1050 kg para retenciones y terminales del circuito respectivamente.
- ✓ Prohibición de instalación de postes metálicos cerca de líneas de transmisión de alta tensión, debido a los riesgos actuales de corriente de inducción en estructuras metálicas durante condiciones climáticas adversas.
- ✓ Las columnas y estructuras deben ser resistentes a la intemperie y deben probarse para funcionar en estos entornos.
- ✓ La longitud de las columnas de hormigón de sección circular o poligonal debe ser de 2 a 1,5 cm/m. Las excepciones a este requisito son aquellas creadas por partes atornilladas.
- ✓ El pavimento de hormigón consistirá en una placa u otro elemento metálico con una sección transversal mayor a 78 mm<sup>2</sup>, ubicado a menos de un metro del hito enterrado, que sirva como conexión eléctrica entre el marco de acero, el pavimento y el ambiente exterior de puesta a tierra.
- ✓ El eje se somete a una carga de trabajo a una distancia de 20 cm de la parte superior con una fuerza igual al 40% de la carga mínima de rotura, y no debe producir una deflexión mayor al 3% de la longitud libre.
- ✓ Cuando se instalen postes en lugares cercanos a carriles de alta velocidad propensos a colisiones vehiculares, el proyectista deberá utilizar y especificar la tecnología constructiva que represente el menor riesgo para los pasajeros y vehículos, deberán estar pintados de amarillo y negro con franjas alternas, a una altura visible para conductores y peatones con un ancho de 1 m.

❖ **Factores de seguridad**

Se tomarán los datos estipulados en la siguiente tabla

*Tabla 5 Factores de seguridad*

| DESCRIPCIÓN.                                                     | FACTOR DE SEGURIDAD.             |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Apoyos en concreto                                               | $\geq 2,5$                       |
| Dispositivos de soporte para colgar transformadores en poste*    | 5                                |
| Aisladores para estructuras en suspensión y retención            | $\geq 2,5$                       |
| Estructura metálica                                              | 1,5                              |
| Estructuras en acero o en fibra reforzada en vidrio              | $\geq 2$                         |
| Cables para templete                                             | 2,0                              |
| Anclajes para templete                                           | 2,5                              |
| Herrajes en general.                                             | 3                                |
| Herrajes para transformadores                                    | 5                                |
| Elementos de fijación del transformador                          | $\geq 2,5$ veces el peso de este |
| Flexión para espigo.                                             | 1,5                              |
| Dispositivo para levantar transformadores refrigerados en aceite | 5                                |
| Dispositivo para levantar transformadores secos                  | 3                                |

Fuente (CNS-NT-02, 2016)

❖ **Hipótesis de carga**

Para el diseño de apoyos, se realizarán cálculos para las siguientes condiciones:

- ✓ Condiciones normales: Tensión de todos los conductores que operan sobre la estructura en condiciones de máxima velocidad del viento.
- ✓ Condición de conductor dañado: Se supone que el conductor superior se ha roto en una de las extensiones adyacentes a la estructura. Otros siguen comportándose de la misma forma que en el caso anterior.
- ✓ Condiciones Críticas de Montaje: Para estructuras de extremos autoportantes o ancladas, que tengan una disposición circular vertical doble, se debe verificar su resistencia mecánica, en el caso de que esté actuando un solo circuito sobre la estructura, por un lado.

❖ **esfuerzos**

- ✓ Vertical: corresponde al peso de ménsulas, conductores, tomas de tierra, orientación vertical de ramales, secciones transversales, aisladores, accesorios, equipos, etc. En todos los puntos de cálculo que incluyan fuerzas longitudinales, se supondrá una carga adicional de 100 kg por cada sobrecarga.
- ✓ Por el desbalance de voltaje: Este es causado por la diferencia de voltaje horizontal en la estructura de los conductores de extensiones adyacentes, por lo que su efecto es en la dirección longitudinal de la línea.
- ✓ Por cambio de dirección: Se crea cambiando la dirección del conductor en los soportes de las esquinas. Se considera que la dirección de aplicación es la dirección del mediastino.
- ✓ Por levantamiento: Se produce en estribos situados en puntos bajos del terreno con respecto a los dos apoyos que lo componen. Estos intentos no se permitirán dentro de los corchetes de alineación. En los apoyos y sostenidos en las esquinas, se evitarán en lo posible, pero si se producen, no deberán superar el 10% del peso total de la estructura.
- ✓ Para el cálculo de los esfuerzos en los apoyos de la red urbana de B.T se tiene en cuenta la hipótesis de que la carga corresponde al coeficiente de conductividad en condiciones extremas de flecha según una relación de flecha en un vano igual a 0,008.

❖ **Graficas de utilización**

Estas serán una representación gráfica de la magnitud de ángulo de desviación en función de la dimensión del vano viento que pueda soportar un apoyo sin necesitar templetes.

Se requiere del cálculo de la curva de utilización para cada uno de los apoyos diseñados en la construcción de una línea.

**4.4.5 Crucetas**

Las crucetas empleadas en los apoyos de las redes eléctricas pueden ser de fibra de vidrio, acero, y materiales poliméricos.

**4.4.6 Herrajes**

- ✓ Incluye los siguientes elementos: Grilletes de sujeción, perchas, grapas, accesorios de conexión, pararrayos, fundas de cables, varillas de blindaje, amortiguadores, distanciadores de línea.

## CIRCUITO 1T02325 BETANIA

- ✓ Todos los herrajes deberán ser galvanizados en caliente y diseñados para soportar el estrés de las condiciones extremas de trabajo; También debe cumplir con las especificaciones del sistema de calidad y la norma ICONTEC aplicable a cada tipo de artículo. Para su elección deberá respetar el factor de seguridad y lo estipulado en el Capítulo 11 (adjunto como anexo).
- ✓ Debe diseñarse de acuerdo a la función mecánica y eléctrica de sus aplicaciones.
- ✓ Los herrajes no deben tener protuberancias, rebabas, escorias o escamas que dificulten su unión, ni cambios bruscos de curvatura, así como focos de esfuerzos mecánicos o gradientes eléctricos.
- ✓ Los herrajes que estén sometidos a esfuerzos mecánicos de cables y conductores de puesta a tierra o que contengan aisladores deberán tener un factor de seguridad mecánica de al menos tres, en relación a su carga nominal de trabajo. Cuando la carga de rotura mínima se verifica mediante pruebas, el factor de seguridad se puede reducir a 2,5.
- ✓ Las grapas y empalmes de conductores deben soportar esfuerzos mecánicos sobre el cable al menos el 90% de la carga de rotura sin deslizarse.

### **4.4.7 Aisladores**

Los aisladores utilizados en redes de distribución urbana y rural de la empresa serán de porcelana esmaltada, vidrio, tipo sintético o poliméricos, que sean resistentes a efectos de la intemperie, especialmente a cambios de temperatura y la corrosión, y deberán brindar una adecuada resistencia a los esfuerzos mecánicos a los que estén expuestos. Deberán contar con una carga de rotura de por lo menos el 80% del conductor utilizado y cumplir con las normas ANSI como se especifica en el Capítulo 11 (adjunto en anexos). Además de cumplir con las siguientes condiciones:

- ✓ El criterio para determinar la pérdida de la función del aislador es la rotura o pérdida de las propiedades aislantes al exponerse a tensión eléctrica y esfuerzos mecánicos simultáneamente.

## CIRCUITO 1T02325 BETANIA

- ✓ El orificio superior del tornillo del aislador se alineará en la misma dirección que el cable y se utilizará para instalarlo, excepto donde haya esquinas, en cuyo caso el cable se conectará a la ranura lateral del aislador. Al otro lado de las fuerzas desequilibradas.
- ✓ Aisladores para estructuras en suspensión. La carga mínima de rotura será igual a la suma vectorial de las cargas vertical y horizontal multiplicada por el factor de seguridad que deberá ser superior a 2,5 m.
- ✓ Aisladores para estructuras en retención. La carga de rotura mínima del aislador será igual a la carga longitudinal máxima con la que entra en contacto con el factor de seguridad, pero no inferior a 2,5 m.

### 4.4.8 Templetes

- ✓ Se prohíbe la instalación de templetes directos a tierra en esquinas de carreteras o vías y en áreas de tráfico restringido.
- ✓ Se permite su uso sin restricciones en áreas rurales.
- ✓ En casos donde estén permitidos, las retenidas o templetes deben estar alineadas con el eje de la red o con la bisectriz del ángulo formado con los ejes de la línea.

### ❖ Clasificación

- ✓ directamente a tierra. A menudo se utiliza en la construcción de redes. Para que la rama realice su función, la punta de la varilla de fijación debe sobresalir entre 10 y 15 cm. La distancia horizontal desde el suelo no debe ser inferior a  $\frac{1}{3}$  de la altura de la fijación de la rama. Se instalarán aisladores de tipo voltaje para garantizar la seguridad durante todos los tirones de instalación posteriores, dependiendo del nivel de voltaje de la red.
- ✓ Cuerda de guitarra. Se guardan en casos especiales, porque el pilar tiende a deformarse y la viga de fijación debe estar bien apretada para que el cable de acero no se rompa.
- ✓ Poste a poste. Este mantenimiento se recomienda en zonas urbanas, y se suele realizar entre dos polos que pueden pertenecer al mismo circuito o a circuitos diferentes sin necesidad de polos adicionales.
- ✓ Pie de amigo. Esta limitación se utiliza cuando el sitio no permite la creación o perpetuación de otro tipo de puesto.
- ✓ De amarre (columna o en riel).
- ✓ Se debe utilizar un solo cable que esté alineado en el calibre y que soporte la rotura de templetes. Cuando un templete no es suficiente, se diseñan con dos o más cables. Las muestras de líneas y mallas en M.T y B.T contendrán aisladores tensoriales.
- ✓ En casos especiales, CENS permitirá construir templetes directamente a tierra en postes de 8 metros para ajustar o alinear ángulos. La conexión del cable de servicio pesado al poste

## CIRCUITO 1T02325 BETANIA

de B.T deberá ser de doble vuelta y deberá estar en el primer espacio libre de arriba hacia abajo y no en el eje del aislador de montaje. Debe dejarse el amarre lo suficientemente largo como para agregar un soporte para continuar con la red de BT si es necesario.

- ✓ El tamaño de la excavación para colocar la varilla del templo en el suelo debe ser de 0,5 x 0,5 m, con un tallo para que la varilla se incline en la dirección del cable y no se doble en el extremo libre (20 cm).
- ✓ Para la fabricación del soporte de montaje se debe utilizar concreto reforzado de 3000 PSI.
- ✓ La posición inicial del anclaje del templete será tal que forme un ángulo inferior a 65 grados con la horizontal. Las distancias horizontales para las diferentes longitudes de columna se muestran en la Tabla 6.

*Tabla 6 Distancias horizontales de templete postes*

| LONGITUD DEL POSTE (m) | DISTANCIA HORIZONTAL (m) |
|------------------------|--------------------------|
| 8                      | 3,0                      |
| 10                     | 4,0                      |
| 12                     | 5,0                      |
| 14                     | 6,0                      |

Fuente (CNS-NT-03, 2016)

- ✓ Cuando se justifique y se cuente con el aval de CENS, se podrán utilizar templete a tierra.
- ✓ Los templete de amarre a columna de riel serán admitidos en aquellos sitios en los que no se puedan utilizar los sistemas descritos anteriormente. La columna de riel debe tener una longitud mínima de 2,50 m fundida en concreto, con profundidad de 1 metro.
- ✓ Deberán ser en columnas de riel doble o perfil de doble T, con la resistencia debida. Los elementos que lo componen son iguales para el resto de templete descritos.
- ✓ El siguiente cuadro indica la distancia mínima del poste a la columna, dependiendo de la longitud de ésta. El ángulo se mantiene en 65° con respecto a la horizontal y la profundidad de enterramiento de la columna será de 1 metro:

*Tabla 7 Distancia mínima del poste de 8m a la columna*

| Longitud de la columna (m)    | 2,5 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0 | 6,5 |
|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Distancia mínima al poste (m) | 2,2 | 1,8 | 1,6 | 1,4 | 1,2 | 1,0 | 0,7 | 0,5 |

Fuente (CNS-NT-03, 2016)

*Tabla 8 Distancia mínima del poste de 12m a la columna*

| Longitud de la columna (m)    | 2,5 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0 | 6,5 |
|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Distancia mínima al poste (m) | 4,2 | 3,7 | 3,4 | 3,2 | 3,0 | 2,7 | 2,5 | 2,3 |

Fuente (CNS-NT-03, 2016)

- ✓ El eje debe estar ligeramente inclinado con respecto a la vertical.
- ✓ Los postes tendrán tuercas para soldar para sujetar los cables; y se recubrirá completamente con pintura anticorrosión y baño de plata.
- ✓ Los templates cuerda de guitarra solo se utilizarán para afinar pequeños ángulos en redes MV y B.T, los elementos que los formarán serán los que se utilizan en los bailes de piso en vivo, y más soportes para los mismos se denominan "*tormento de montaje de guitarra*".

#### **4.5 Metodologías de calculo**

##### **4.5.1 Regulación de tensión**

Esta regulación de tensión la calculamos a partir de la siguiente ecuación.

$$R\% = Fc \frac{KG}{VL^2} M$$

Ecuación 2. Regulación de tensión.

Fuente (CNS-NT-02, 2016)

Donde:

FC: Factor de corrección. Se establece de acuerdo al tipo de conexión y al tipo de sistema del circuito.

M: Momento eléctrico. Se calcula como el producto de la potencia aparente en (kVA) y longitud del tramo en metros (m).

VL: tensión de línea

KG: constante de regulación generalizada en el conductor y se calcula como:

$$KG = KG * 100$$

$$KG = (r \cos \Phi + XL \sin \Phi)$$

Ecuación 3. Constante de regulación KG.

Fuente (CNS-NT-02, 2016)

Donde:

R: resistencia por unidad de longitud del conductor a una determinada temperatura (Ohm/Km).

$\Phi$ : Angulo de factor de potencia de la carga.

XL: reactancia inductiva por unidad de longitud del conductor (Ohm/Km).

#### 4.5.2 Perdidas máximas de potencia

Las pérdidas de potencia en un sistema trifásico se calculan para los diseños eléctricos con la siguiente ecuación:

$$PL\% = \frac{rM}{vl^2 \cos \Phi} * 100$$

Ecuación 4. Pérdidas máx. de potencia  
Fuente. (CNS-NT-02, 2016)

Donde:

M: momento eléctrico en KVA\*m.

r: resistencia por unidad de longitud en Ohm/km  $\Phi$ = Angulo de factor de potencia de la carga VL.

#### 4.5.3 Sistemas de puesta a tierra

Su realización es objeto de todo tipo de instalaciones eléctricas, especialmente en apoyos o estructuras, que, ante una sobretensión transitoria, puedan provocar un error permanente a frecuencia industrial, entre las estructuras de puesta a tierra y la red.

Los objetivos del sistema de puesta a tierra son: La seguridad humana, la protección de las instalaciones y la compatibilidad electromagnética.



$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \left( \ln \frac{2l}{r} \right)$$

Ecuación 6. Calculo de resistividad  
Fuente (CNS-NT.02, 2016)

Donde

R= resistividad de la tierra ( $\Omega$ )

P= resistividad del terreno ( $\Omega.m$ )

L=longitud de la varilla de puesta tierra (m)

R= radio de la varilla de puesta tierra (m)

Finalmente, hallamos el voltaje de paso tolerables y voltaje de contacto tolerable respectivamente:

$$VPT = (1000 + 6P) \left( \frac{0,157}{\sqrt{TC}} \right)$$

Ecuación 7. Voltaje de paso tolerable.  
Fuente (CNS-NT-02, 2016)

Donde:

P = resistividad del terreno

TC = tiempo de despeje de la falla.

$$VCT = (1000 + 1.5P) \left( \frac{0,157}{TC} \right)$$

Ecuación 8. Voltaje de contacto tolerable.  
Fuente (CNS-NT-02, 2016)

Donde:

P = resistividad del terreno

TC = tiempo de despeje de la falla.

#### 4.5.4 Vano ideal de regulación

Son el comportamiento horizontal de la tensión del cable de un conjunto de vanos abarcado entre dos postes. A continuación, se verá vanos adyacentes que tengan la misma curva.

$$ar = \sqrt{\frac{\sum_i^n a^3}{\sum_i^n a}}$$

Ecuación 9. Vano ideal de regulación.

Fuente (Edición et al., 2001)

Donde:

Ar = longitud vano idea de regulación (m)

A = longitud del vano en (m)

#### 4.5.5 Flecha del cable

Es la máxima distancia vertical entre el segmento que une los extremos del conductor.

$$F = \frac{a^2 * w_c}{8T_o}$$

Ecuación 10 Flecha del conductor.

Fuente (Edición et al., 2001)

Donde:

A= vano en (m)

Wc=peso unitario en (kgf/m)

To= tensión del cable (kgf)

#### 4.5.6 Peso unitario del conductor

Los conductores se someten a condiciones transversales debidas al viento, este peso se calcula con las siguientes ecuaciones.

$$pv = Cf q \phi \left( \frac{kgf}{m} \right)$$

Ecuación 11 carga unitaria debida al viento

Fuente (Edición et al., 2001)

Presión dinámica que ejerce el viento.

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

Ecuación 12 presión dinámica que ejerce el viento  
Fuente (Edición et al., 2001)

Donde:

V es la velocidad en m/s

Finalmente se calcula el peso del conductor

$$P = \sqrt{pc^2 + pv^2}$$

Ecuación 13 peso unitario aparente del conductor  
Fuente (Edición et al., 2001)

Donde:

P= peso unitario propio del conductor (daN/m)

Pc= peso unitario propio del conductor (daN/m)

Pv= peso unitario del viento del conductor (daN/M)

#### **4.6 Factores de riesgo**

Generalmente la electricidad tiene una serie de riesgos, que hay que tener presentes siempre laboralmente, para tratar de no ocasionar estos riesgos es necesario contar con los equipos de auxilio, seguridad y garantizar la seguridad de las personas. En la siguiente tabla se pueden observar algunos riesgos.

# CIRCUITO 1T02325 BETANIA

Tabla 9 Factores de riesgos eléctricos

## Factores de riesgos eléctricos

### ARCOS ELÉCTRICOS.



**POSIBLES CAUSAS:** Mal contacto, cortocircuitos, interruptores abiertos con carga, seccionadores con carga abiertos o cerrados, transformadores de corriente abiertos, transformadores de potencia con carga abiertos sin usar equipo extintor de arco, apertura de transformadores de corriente en secundarios con carga, operación indebida de equipos de medición, materiales o herramientas olvidadas en gabinetes, acumulación de óxido o partículas conductoras, descuidos en los trabajos de mantenimiento.

**MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Usar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener distancias de seguridad, emplear prendas de acuerdo a el riesgo y gafas de protección contra rayos ultravioleta.

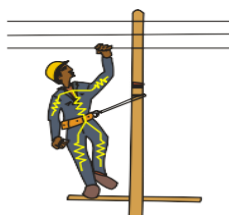
### AUSENCIA DE ELECTRICIDAD (EN DETERMINADOS CASOS)



**POSIBLES CAUSAS:** Apagón o corte del servicio, no disponer de un sistema ininterrumpido de potencia - UPS, no tener plantas de emergencia, no tener transferencia. Por ejemplo: Lugares donde se exijan plantas de emergencia como hospitales y aeropuertos.

**MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Disponer de sistemas ininterrumpidos de potencia y de plantas de emergencia con transferencia automática.

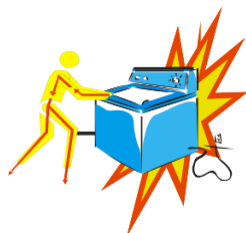
### CONTACTO DIRECTO



**POSIBLES CAUSAS:** Negligencia de técnicos o impericia de notécnicos, violación de las distancias mínimas de seguridad.

**MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Fijar distancias de seguridad, interposición de obstáculos, aislamiento o recubrimiento de partes activas, implementación de interruptores diferenciales, elementos de protección personal, puesta a tierra, probar ausencia de tensión, doble aislamiento.

### CONTACTO INDIRECTO

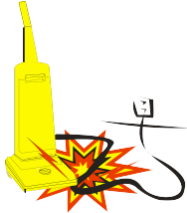


**POSIBLES CAUSAS:** Fallas de aislamiento, mantenimiento erróneo, faltade conductor de puesta a tierra.

**MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Separación de circuitos, uso de muy baja tensión, distancias de seguridad, conexiones equipotenciales, sistemas de puesta a tierra, interruptores

## CIRCUITO 1T02325 BETANIA

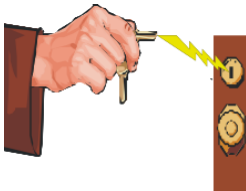
diferenciales, mantenimiento preventivo y correctivo.



### CORTOCIRCUITO

**POSIBLES CAUSAS:** Fallas de aislamiento impericia de los técnicos, accidentes externos, vientos fuertes, humedades, equipos defectuosos.

**MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos.



### ELECTRICIDAD ESTÁTICA

**POSIBLES CAUSAS:** Constante unión y separación de materiales como aislantes, conductores, sólidos o gases con la presencia de un aislante.

**MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Sistemas de puesta a tierra, conexiones equipotenciales, aumento de la humedad relativa, ionización del ambiente, eliminadores eléctricos y radiactivos, pisos conductivos.



### EQUIPO DEFECTUOSO

**POSIBLES CAUSAS:** Mantenimiento erróneo, instalación indebida, mala utilización, tiempo de uso, transporte inadecuado.

**MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Mantenimiento predictivo y preventivo, construcción de instalaciones de acuerdo a las normas técnicas, caracterización del entorno electromagnético.



### RAYOS

**POSIBLES CAUSAS:** Fallas en el diseño, construcción, operación, mantenimiento del sistema de protección.

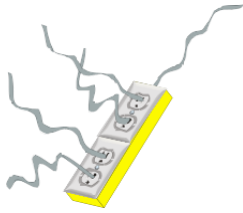
**MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Pararrayos, bajantes, puestas a tierra, equipotencialización, apantallamientos, topología de Cableados, pausar actividades de alto riesgo donde setenga personal al aire libre.

### SOBRECARGA

**POSIBLES CAUSAS:** Sobrepasar límites nominales en equipos o instalaciones que incumplan las

## CIRCUITO 1T02325 BETANIA

normas técnicas, conexiones flojas, armónicos, no controlar el factor de potencia.

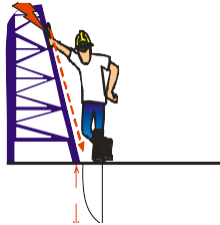


**MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Uso de Interruptores automáticos con relés de sobrecarga, interruptores automáticos asociados con cortacircuitos, fusibles dimensionados correctamente, dimensionamiento técnico de equipos, compensación de energía reactiva con banco de capacitores.

### TENSIÓN DE CONTACTO

**POSIBLES CAUSAS:** Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de distancias de seguridad.

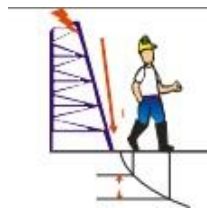
**MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.



### TENSIÓN DE PASO

**POSIBLES CAUSAS:** Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de áreas restringidas, retardo en el despeje de la falla,

**MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar



---

Fuente (Ministerio de Minas y Energía, 2008)

### 4.6.1 Matriz de análisis de riesgos

La metodología para evaluar el nivel de riesgo eléctrico, es el siguiente:

- ✓ Definir el factor de riesgo que se requiere evaluar o categorizar.
- ✓ Definir si el riesgo es potencial o real.
- ✓ Determinar las consecuencias económicas, ambientales y de imagen de la empresa. Estimar dependiendo del caso a analizar.
- ✓ Buscar el punto de cruce dentro de la matriz correspondiente a la consecuencia (1, 2, 3, 4, 5) y a la frecuencia determinada (a, b, c, d, e): siendo esa la valoración del riesgo en cada clase.
- ✓ Repetir nuevamente este proceso para la siguiente clase hasta que cubra las posibles pérdidas.
- ✓ Tomar el caso más crítico de los cuatro puntos de cruce, el cual será la categoría o nivel del riesgo.
- ✓ Tomar acciones, según lo indicado.

#### 4.7 Distancias mínimas de seguridad

A continuación, se pueden apreciar las distancias mínimas que se deben mantener entre las líneas eléctricas y los elementos físicos existentes a lo largo de su trazado, con el propósito de evitar accidentes. Todas las distancias de seguridad se miden de superficie a superficie y todos los espacios deberán medirse de centro a centro. Para la medición de distancias seguridad, los accesorios metálicos energizados suelen ser parte de los conductores de línea.

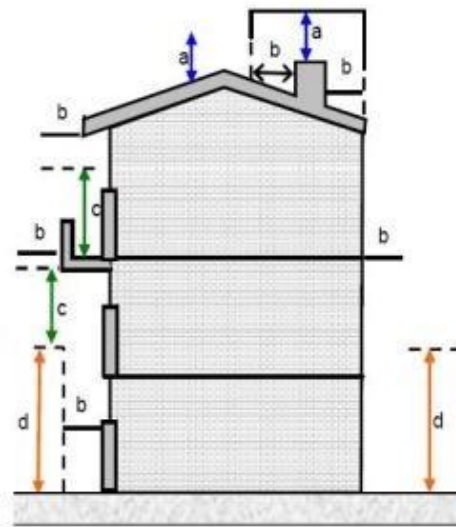


Ilustración 2 Distancias de seguridad en zonas de construcciones  
Fuente (CNS-NT-02, 2016)

En la siguiente tabla podemos observar de manera más detallada las distancias de seguridad en zonas de construcción planteadas de la ilustración 2.

## CIRCUITO 1T02325 BETANIA

Tabla 10 Distancias mínimas de seguridad en zonas de construcciones

| Descripción                                                                                                                                                                                                                                  |   | Tensión nominal<br>entre fases (kV) | Distancia<br>(m) |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------------------|------------------|
| Distancia vertical “a” sobre techos y proyecciones, aplicable a zonas de difícil acceso a personas y siempre que el propietario o tenedor de la instalación eléctrica tenga absoluto control tanto de la instalación como de la edificación. |   | 44/34,5/33                          | 3,8              |
|                                                                                                                                                                                                                                              |   | 13,8/13,2/11,4/7,                   | 3,8              |
|                                                                                                                                                                                                                                              | 6 | <1                                  | 0,45             |
|                                                                                                                                                                                                                                              |   | 66/57,5                             | 2,5              |
| Distancia horizontal “b” a muros, balcones, salientes, ventanas y diferentes zonas independientemente de la facilidad de acceso de personas.                                                                                                 |   | 44/34,5/33                          | 2,3              |
|                                                                                                                                                                                                                                              |   | 13,8/13,2/11,4/7,                   | 2,3              |
|                                                                                                                                                                                                                                              | 6 | <1                                  | 1,7              |
| Distancia vertical “c” sobre o debajo de balcones o techos accesibles a personas, y sobre techos accesibles a vehículos de máximo 2,45 m de altura.                                                                                          |   | 44/34,5/33                          | 4,1              |
|                                                                                                                                                                                                                                              |   | 13,8/13,2/11,4/7,                   | 4,1              |
|                                                                                                                                                                                                                                              | 6 | <1                                  | 3,5              |
|                                                                                                                                                                                                                                              |   | 115/110                             | 6,1              |
| Distancia vertical “d” a carreteras, calles, callejones, zanjas peatonales, zonas sujetas a tráfico vehicular. para vehículos de más de 2,45 m de altura.                                                                                    |   | 66/57,5                             | 5,8              |
|                                                                                                                                                                                                                                              |   | 44/34,5/33                          | 5,6              |
|                                                                                                                                                                                                                                              |   | 13,8/13,2/11,4/7,                   | 5,6              |
|                                                                                                                                                                                                                                              | 6 | <1                                  | 5                |

Fuente (CNS-NT-02, 2016)

### 4.8 Configuración de estructuras

#### 4.8.1 Configuración tipo bandera

Esta configuración es utilizada esencialmente para obtener las distancias de seguridad en zonas urbanas por limitaciones en el espacio.

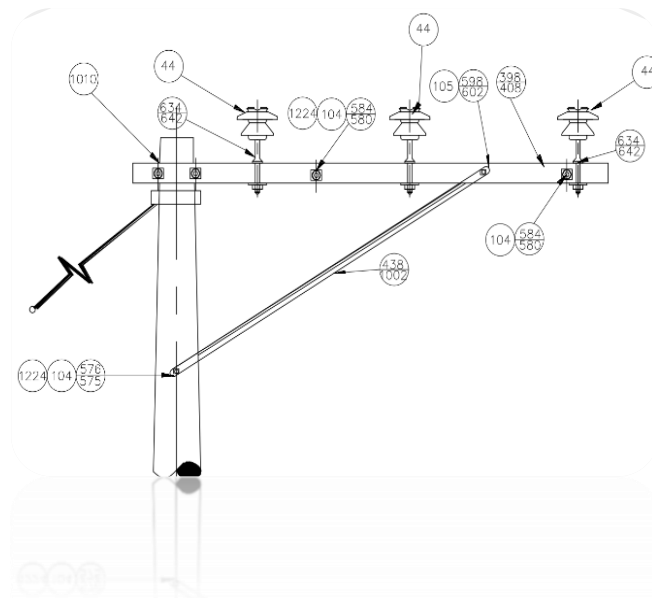


Ilustración 3. Configuración estructural tipo bandera  
Fuente (05\_CÁLCULOS MECÁNICOS ESTRUCTURAS AÉREAS.pdf, n.d.)

#### 4.8.2 Configuración horizontal

Se utiliza en casos donde los conductores que la forman están en un mismo plano horizontal.

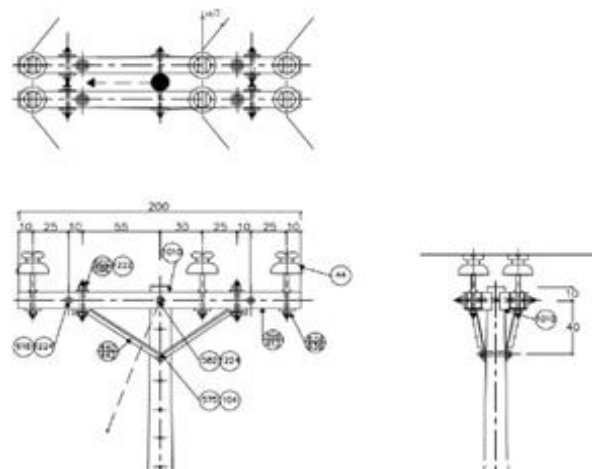


Ilustración 4 Configuración estructural tipo horizontal  
Fuente (05\_CÁLCULOS MECÁNICOS ESTRUCTURAS AÉREAS.pdf, n.d.)

### 4.8.3 Configuración tipo H

Es utilizada en casos donde hay tramos grandes y son considerados de gran resistencia para los contravientos.

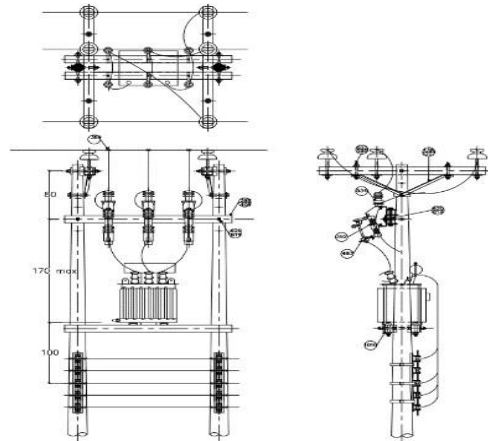


Ilustración 5 Configuración estructural tipo H

Fuente. (05\_CÁLCULOS MECÁNICOS ESTRUCTURAS AÉREAS.pdf, n.d.)

### 4.8.4 Configuración vertical

Se utiliza cuando los conductores se instalan en alturas distintas, pero en el mismo plano vertical.

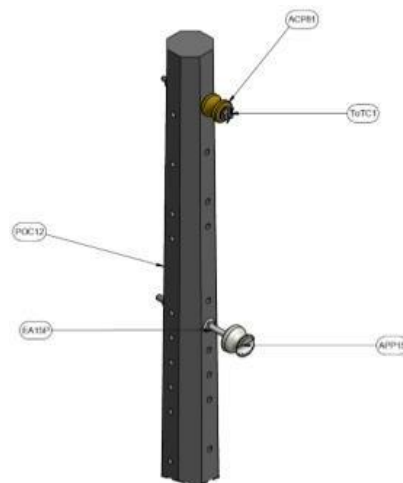


Ilustración 6 Configuración estructural tipo vertical.

Fuente. (05\_CÁLCULOS MECÁNICOS ESTRUCTURAS AÉREAS.pdf, n.d.)

### CAPITULO 3. MARCO METÒDOLOGICO

#### 5 INTERVECION

Para dar cumplimiento al objetivo inicial se hizo una inspección en terreno, la cual me permitió obtener la información necesaria como lo es el número de usuarios por estructura, la ubicación geográfica, puntos de coordenadas mediante el GPS y las condiciones actuales del circuito.

Se remodelará el circuito con coordenadas (E1171758, N1354416) que se observa en la siguiente figura



Ilustración 7 Ubicación geográfica circuito 1T02325  
Fuente (Google Maps.)

## CIRCUITO 1T02325 BETANIA

*Tabla 11 Coordenadas y ubicación del circuito 1T02325*

| COORDENADAS REPOSICION BETANIA 1T02325 |         |         |        |                  |            |         |
|----------------------------------------|---------|---------|--------|------------------|------------|---------|
| PUNTO                                  | ESTE    | NORTE   | ALTURA | CAPACIDAD        | ESTRUCTURA |         |
|                                        |         |         |        | POSTE            | M.T.       | B.T.    |
| P1                                     | 1171758 | 1354416 | 458 m  | 12m x<br>1500kgf | 553A/711   | 616     |
| P2                                     | 1171752 | 1354380 | 460 m  | 10m<br>EXISTENTE |            | 616X2   |
| P3                                     | 1171751 | 1354368 | 461 m  | 8m x 510kgf      |            | 613     |
| P4                                     | 1171749 | 1354343 | 460 m  | 8m x 1050kgf     |            | 616X2   |
| P5                                     | 1171745 | 1354322 | 465 m  | 8m x 510kgf      |            | 615     |
| P6                                     | 1171742 | 1354304 | 463 m  | 8m x 1050kgf     |            | 626     |
| P7                                     | 1171736 | 1354341 | 459 m  | 8m x 510kgf      |            | 616     |
| P8                                     | 1171696 | 1354347 | 459 m  | 8m x 1050kgf     |            | 616     |
| P9                                     | 1171682 | 1354333 | 461 m  | 8m x 1050kgf     |            | 615     |
| P10                                    | 1171685 | 1354359 | 460 m  | 8m x 510kgf      |            | 613     |
| P11                                    | 1171690 | 1354394 | 462 m  | 8m x 750kgf      |            | 616     |
| P12                                    | 1171690 | 1354389 | 459 m  | 8m x 1050kgf     |            | 616     |
| P13                                    | 1171737 | 1354382 | 464 m  | 8m x 510kgf      |            | 616     |
| P14                                    | 1171745 | 1354418 | 457 m  | 8m x 510kgf      |            | 629     |
| P15                                    | 1171699 | 1354425 | 461 m  | 8m x 1050kgf     |            | 616     |
| P16                                    | 1171695 | 1354430 | 456 m  | 8m x 750kgf      |            | 613     |
| P17                                    | 1171702 | 1354469 | 455 m  | 8m x 1050kgf     |            | 613     |
| P18                                    | 1171704 | 1354462 | 460 m  | 8m x 1050kgf     |            | 629     |
| P19                                    | 1171737 | 1354462 | 457 m  | 8m x 510kgf      |            | 629     |
| P20                                    | 1171762 | 1354456 | 452 m  | 8m<br>EXISTENTE  |            | 616/629 |
| P21                                    | 1171791 | 1354469 | 449 m  | 8m x 510kgf      |            | 613     |
| P22                                    | 1171826 | 1354460 | 446 m  | 8m x 1050kgf     |            | 628     |
| P23                                    | 1171769 | 1354489 | 449 m  | 12m x<br>1050kgf | 560A       | 616X2   |
| P24                                    | 1171777 | 1354510 | 453 m  | 8m x 510kgf      |            | 616     |
| P25                                    | 1171758 | 1354497 | 461 m  | 8m x 750kgf      |            | 616     |
| P26                                    | 1171718 | 1354497 | 463 m  | 8m x 1050kgf     |            | 616     |
| P27                                    | 1171706 | 1354505 | 459 m  | 8m x 1050kgf     |            | 615/628 |
| P28                                    | 1171787 | 1354533 | 449 m  | 12m<br>EXISTENTE | 533A/732   | 629     |
| P29                                    | 1171800 | 1354570 | 449 m  | 8m               |            | 629     |

## CIRCUITO 1T02325 BETANIA

|     |         |         |       |                  |                  |       |
|-----|---------|---------|-------|------------------|------------------|-------|
|     |         |         |       | EXISTENTE        |                  |       |
| P30 | 1171810 | 1354595 | 438 m | 12m<br>EXISTENTE | 533AX2/73<br>2X2 | 626   |
| P31 | 1171816 | 1354611 | 437 m | 8m<br>EXISTENTE  |                  | 628X2 |
| P32 | 1171810 | 1354589 | 439 m | 8m x 1050kgf     |                  | 629   |
| P33 | 1171834 | 1354580 | 447 m | 8m x 510kgf      |                  | 613   |
| P34 | 1171865 | 1354571 | 444 m | 8m x 1050kgf     |                  | 615   |
| P35 | 1171861 | 1354564 | 443 m | 8m<br>EXISTENTE  |                  | 628   |
| P36 | 1171851 | 1354529 | 440 m | 8m<br>EXISTENTE  |                  | 629X2 |
| P37 | 1171847 | 1354510 | 441 m | 8m<br>EXISTENTE  |                  | 628   |
| P38 | 1171831 | 1354535 | 444 m | 8m x 510kgf      |                  | 626   |
| P39 | 1171800 | 1354543 | 444 m | 8m<br>EXISTENTE  |                  | 629   |
| P40 | 1171790 | 1354517 | 445 m | 8m x 1050kgf     |                  | 616   |
| P41 | 1171821 | 1354502 | 447 m | 8m x 1050kgf     |                  | 615   |

Fuente: Coordenadas adquiridas con el GPS (Obtención propia).

Con las coordenadas obtenidas del GPS obtenemos la información punto a punto de las estructuras del circuito existente, llevando estos datos al software AutoCAD con el fin de facilitar su manejo y poder realizar el circuito proyectado con su presupuesto de obra.

### 5.1 Cálculos eléctricos

#### 5.1.1 Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras

El proyecto tiene una capacidad instalada de 90 KVA, se proyecta dos transformadores de 45 KVA monofásico con una demanda máxima diversificada promedio calculado según metodología señalada en la Normas de Diseño y Construcción de Sistemas de Distribución de CENS para usuarios de estrato socio-económico de 0.40 KVA promedio, presentada en los Artículos 2.9, 8.25, 8.26 y los lineamientos de la NTC 2050.

El factor de potencia promedio empleado en el proyecto es de 0,9.

### 5.1.2 Análisis de armónicos

La carga del circuito de uso final está conformada especialmente por cargas de tipo resistivo para circuitos de iluminación, toma corriente y algunas salidas especiales, las cuales en su mayoría son cargas lineales que generan una mínima cantidad de distorsión armónica. Los armónicos son producidos especialmente por cargas no lineales de baja potencia.

Los circuitos a diseñar, en su mayoría de tipo residencial, normalmente contienen cargas resistivas lineales como las descritas a continuación:

- ✓ Salidas de iluminación (Bombillas incandescentes, ahorradoras de energía o led).
- ✓ Salidas para tomacorrientes (TV, decodificadores, computadores, ventiladores, radios, relojes, lámparas de piso, impresoras, video juegos, grabadores, componentes, etc).
- ✓ Salidas para aires acondicionados.
- ✓ Salidas para lavadoras, secadoras, calentadores.
- ✓ Salidas para hornos microondas, neveras y pequeños artefactos de cocina.
- ✓ Salidas para plancha.
- ✓ Otras salidas: secadores de cabello, cargadores de baterías, etc.

La siguiente tabla, publicada por Schneider Electric es una consideración del contenido de armónicos típico que se encuentran en las redes de distribución eléctrica.

*Tabla 12 Niveles de armónicos máximos permisibles*

| Armónicos impares que no son múltiplos de 3 |                 |                 |                 | Armónicos impares múltiplos de 3 |     |     |     | Armónicos pares |     |     |     |
|---------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------------------------|-----|-----|-----|-----------------|-----|-----|-----|
| Orden h                                     | BT              | MT              | EHV             | Orden h                          | BT  | MT  | EHV | Orden h         | BT  | MT  | EHV |
| 5                                           | 6               | 6               | 2               | 3                                | 5   | 2,5 | 1,5 | 2               | 2   | 1,5 | 1,5 |
| 7                                           | 5               | 5               | 2               | 9                                | 1,5 | 1,5 | 1   | 4               | 1   | 1   | 1   |
| 11                                          | 3,5             | 3,5             | 1,5             | 15                               | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 6               | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| 13                                          | 3               | 3               | 1,5             | 21                               | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 8               | 0,5 | 0,2 | 0,2 |
| 17                                          | 2               | 2               | 1               | > 21                             | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 10              | 0,5 | 0,2 | 0,2 |
| 19                                          | 1,5             | 1,5             | 1               |                                  |     |     |     | 12              | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 23                                          | 1,5             | 1               | 0,7             |                                  |     |     |     | > 12            | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 25                                          | 1,5             | 1               | 0,7             |                                  |     |     |     |                 |     |     |     |
| > 25                                        | 0,2 +<br>25 / h | 0,2 +<br>25 / h | 0,1 +<br>25 / h |                                  |     |     |     |                 |     |     |     |

Fuente (Guía de diseño de instalaciones eléctricas 08).

## CIRCUITO 1T02325 BETANIA

Los armónicos más comunes en una red de distribución trifásicas son los impares y sus amplitudes disminuyen al aumentar su frecuencia. A partir del armónico de rango 50°, estos armónicos se desprecian. Algunos de los equipos utilizados en los hogares, tales como aires acondicionados, luminarias tipo led, hornos microondas, consolas de video juegos, TV, videograbadoras y computadoras, producen armónicos de tensión y corriente que aumentan las pérdidas de los circuitos eléctricos y producen ruido eléctrico que pueden afectar la calidad del suministro de energía y producir daños en los equipos más sensibles. Esta distorsión armónica se produce debido a que la mayoría de estos equipos tienen fuentes de alimentación en la que se emplean rectificadores de onda completa para la conversión de corriente alterna (AC) a corriente directa (DC).

En resumen, los efectos de los armónicos a nivel residencial son bajos y muy difíciles de controlar a nivel individual o por usuario, debiendo los Operadores de Red implementar medidas remediales a nivel general, que se escapan del alcance del presente diseño.

### 5.1.3 Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico.

El tipo de aislamiento se debe seleccionar según el nivel de tensión del servicio. Para el presente diseño las tensiones de servicio son 34.5/13.2KV en M.T. y 220/127 voltios o 240/120 voltios en B.T.

La siguiente tabla de la Normas de CENS muestra el tipo de aislamiento que deben tener los componentes de la red.

*Tabla 13 Niveles de aislamiento*

| NIVEL                 | AISLAMIENTO (kV) | BIL (kV) |
|-----------------------|------------------|----------|
| Baja tensión          | 0,6              | 25       |
| Media tensión 13,2 kV | 15,0             | 95       |
| Media tensión 34,5 kV | 36,0             | 200      |

Fuente (CNS-NT-03, 2016)

### 5.1.4 Análisis de cortocircuito y falla a tierra

Para el análisis de corto circuito y falla a tierra se empleó el programa “Available Fault Current Calculation” versión 6.3 desarrollado por John Sokolik y sus resultados se muestran en la siguiente figura.

## CIRCUITO 1T02325 BETANIA

**REPOSICIÓN RED DE B.T. BETANIA 1T02325**

**Available Fault Current Calculation**

Ver: 6.3  
[imp1js@earthlink.net](mailto:imp1js@earthlink.net)

Utility Fault Current 5.624 amperes      kVA = 45

$I = \frac{kVA \times 1000}{E \times 1.732} = \text{trans. FLA}$       E = 220      trans. FLA = 118

$I_{sca} = \frac{\text{trans. FLA} \times 100}{\text{transformer Z}} =$       118      3.5 %

$I_{sca}$  = ampere short-circuit current RMS symmetrical.       $I_{sca} =$  3.374 amperes

**Point to Point Method**      Three Phase 220/127

Length (distance) METERS      L = 10      Aluminum in Nonmetallic Raceway

$f' \text{ factor} = \frac{1.732 \times L \times I}{N \times C \times E \text{ L-N}}$        $I_{sca} =$  5.624      N = 1

# conductors per phase      C = 7.301      Phase Conductor      2/0

Phase conductor constant      E L-L = 220 Volt

Volt Line to Line      f = 0.018

Neutral conductor constant      C = 7.301      Neutral Conductor      2/0

Volt Line to Neutral      E L-N = 127 Volt

f = 0.032

**Multiplier**      M = 0.982      Line to Line

$M = \frac{1}{1 + f}$       M = 0.969      Line to Neutral

**Fault Current at Service Equipment**

$I_{sca} \times M =$  fault current at terminals of main disconnect L-L = 5.522 amperes

$I_{sca} \times M =$  fault current at terminals of main disconnect L-N = 5.450 amperes

---

Fault Current from VIVIENDA      Copper in Nonmetallic Raceway

**Three Phase Feeder**      Length (distance)      L = 8      Three Phase

$f' \text{ factor} = \frac{1.732 \times L \times I}{N \times C \times E \text{ L-N}}$        $I_{sca} =$  5.522      Phase 5.450      Neutral

# conductors per phase      N = 1

Phase conductor constant      C = 1.559      Phase Conductor      8

Volt Line to Line      E L-L = 220 Volt

Neutral conductor constant      f = 0.068

Volt Line to Neutral      C = 1.559      Neutral Conductor      8

E L-N = 127 Volt

f = 0.116

**Multiplier**      M = 0.936      Line to Line

$M = \frac{1}{1 + f}$       M = 0.896      Line to Neutral

$I_{sca} \times M =$  fault current at terminal of the panel L-L = 5.170 amperes

$I_{sca} \times M =$  fault current at terminal of the panel L-N = 4.882 amperes

Calculation does not include motor contribution

Ilustración 8 *Análisis de cortocircuito y falla a tierra*  
Fuente (Available Fault Current Calculation).

### 5.1.5 Análisis del nivel de riesgos por rayos

Para el análisis del nivel de riesgos por rayos en redes de distribución se emplea la metodología contenida en las Normas NTC 4552 “Protección contra rayos”.

Los procedimientos, tablas y figuras de este capítulo son tomados de la normativa NTC 4552 contenidas en los siguientes documentos:

- ✓ NTC 4552-1: Principios Generales.
- ✓ NTC 4552-2: Manejo del Riesgo.
- ✓ NTC 4552-3: Daños Físicos a Estructuras y Amenazas a la Vida.

Es evidente que la corriente del rayo es la fuente primaria de daño e impacta generalmente en las siguientes situaciones:

- ✓ S1 Descargas sobre la estructura.

## CIRCUITO 1T02325 BETANIA

- ✓ S2 Descargas sobre las líneas.
- ✓ S3 Descargas cercanas a las líneas.

Los daños que este impacto produce se clasifican en tres aspectos básicos:

- ✓ D1 – Lesiones a seres vivos.
- ✓ D2 – Daños físicos.
- ✓ D3 – Fallas de sistemas eléctricos y electrónicos.

El rayo puede afectar las líneas y todo el sistema interno que esté conectado a ellas, por lo tanto, las pérdidas a considerar son:

- ✓ L1 – Pérdida de servicios públicos.
- ✓ L2 – Pérdida económica.
- ✓ R1 – Riesgo de pérdida del servicio público.
- ✓ R2 – Riesgo de pérdidas de valor económico.

La red de distribución objeto del presente diseño no posee cable de guarda.

Dado que la red se puede simular como una estructura, se emplea el programa de computador “Análisis de Riegos por Rayos NTC 4552-2008” desarrollado por Seguridad eléctrica Ltda y sus resultados se muestran a continuación.

El riesgo obtenido es bajo y por tanto no se requieren medidas de protección adicionales salvo los siguientes:

- ✓ Sistema de captación, se encarga de prevenir el impacto del rayo mediante la instalación de DPS (Dispositivo de Protección Contra Sobretensiones), necesarios para limitar intencionalmente las sobretensiones transitorias y dispersar las sobrecorrientes transitorias en los transformadores de distribución instalados en la red.
- ✓ Sistema de conductores bajantes de puesta a tierra de los DPS, responsable de entregar la corriente de rayo al sistema de puesta a tierra de manera adecuada y segura, en las estructuras donde se encuentren instalados los transformadores de distribución.
- ✓ Equipotencialización del neutro y tierra del transformador de distribución.
- ✓ Equipotencialización de las carcasas de los transformadores de distribución.
- ✓ Sistema de puesta a tierra, encargado de disipar y dispersar de manera correcta el terreno la corriente y la energía del rayo.

## CIRCUITO 1T02325 BETANIA

### 5.1.6 Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos

Todo proyecto eléctrico tiene asociados una serie de riesgos que es necesario controlar y minimizar para garantizar la seguridad de las personas y de la instalación.

Adicionalmente de los factores de riesgo eléctrico mencionados en la siguiente tabla, se presenta la matriz de riesgos, con el propósito de evaluar el nivel de riesgo eléctrico. Los riesgos a analizar son los siguientes:

Tabla 14 Matriz de riesgos

| REPOSICION DE BT 1T02325                       |                                                      |                                   |                            |                               |                            |                             |                                            |                                            |
|------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|
| EVENTO O EFECTO                                |                                                      |                                   |                            | FACTOR DE RIESGO              |                            | FUENTE                      |                                            |                                            |
| INDUCCIÓN                                      |                                                      |                                   |                            | CONTACTO                      |                            | RED                         | DE                                         | MT                                         |
| RIESGO A EVALUAR:                              |                                                      |                                   |                            | DIRECTO                       |                            | 13.2KV Y 34.5 KV            |                                            |                                            |
| POTENCIAL                                      |                                                      | REAL                              |                            |                               |                            |                             |                                            |                                            |
| <div><div></div><div></div></div>              |                                                      | <div><div></div><div></div></div> |                            |                               |                            |                             |                                            |                                            |
| En personas                                    | Económicas                                           | Ambiental                         | En la imagen de la empresa | E No ha ocurrido en el sector | D Ha ocurrido en el sector | C Ha ocurrido en la empresa | B Sucede varias veces al año en la empresa | A Sucede varias veces al mes en la empresa |
| Una o más muertes                              | Daño grave en infraestructura. Interrupción regional | Contaminación irreparable         | Internacional              | ME DIO                        | AL TO                      | AL TO                       | AL TO                                      | M UY ALTO                                  |
| Incapacidad parcial permanente                 | Daños mayores, salida de la subestación              | Contaminación mayor               | Nacional                   | ME DIO                        | ME DIO                     | ME DIO                      | AL TO                                      | AL TO                                      |
| Incapacidad temporal(>1 día)                   | Daños severos. Interrupción temporal                 | Contaminación localizada          | Regional                   | BA JO                         | ME DIO                     | ME DIO                      | ME DIO                                     | AL TO                                      |
| Lesión menor(sin incapacidad)                  | Daños importantes. Interrupción breve                | Efecto menor                      | Local                      | BA JO                         | BA JO                      | ME DIO                      | ME DIO                                     | ME DIO                                     |
| Molestia funcional(afecta rendimiento laboral) | Daños leves, no interrupciones                       | Sin efecto                        | Interna                    | MU Y BAJO                     | BA JO                      | BA JO                       | BA JO                                      | ME DIO                                     |
| Evaluador :                                    |                                                      |                                   |                            | Fecha: noviembre 2021         |                            |                             |                                            |                                            |

## CIRCUITO 1T02325 BETANIA

Las decisiones que se tomen respecto al riesgo tendrán el siguiente tratamiento:

Tabla 15 Acciones para controlar el riesgo

| COLOR | NIVEL DE RIESGO | DECISIONES A TOMAR Y PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS                                                                                                                                                          |
|-------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       | muy alto        | Inadmisible para trabajar. Se deben eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y valorarlo.<br>Requiere permiso especial de trabajo                                                  |
|       | Alto            | <b>Minimizarlo.</b> Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Argumentar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, utilizar EPP.<br>Requiere permiso especial de trabajo. |
|       | Medio           | <b>Aceptarlo.</b> Emplear los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP).<br>Requiere permiso de trabajo.                     |
|       | Bajo            | <b>Asumirlo.</b> Realizar control administrativo rutinario. Continuar los procedimientos establecidos. Usar EPP.<br>No requiere permiso especial de trabajo.                                             |
|       | Muy bajo        | Observar posibles cambios                                                                                                                                                                                |

Fuente (CNS-NT-01, 2016)

### 5.1.7 Análisis del nivel de tensión requerido

Las tensiones que se manejarán en el proyecto son las siguientes:

- ✓ Media tensión: 13.2 KV.
- ✓ Baja tensión 220-121 voltios para sistemas trifásicos.

### 5.1.8 Cálculo de campos electromagnéticos

Esta variable no se aplicará para esta obra ya que es una red de baja tensión.

### 5.1.9 Cálculo de los transformadores

Para el cálculo del transformador se tendrán en cuenta las siguientes metodologías las normas de CENS. Por lo tanto, para determinar la demanda máxima diversificada en kVA, que se utiliza para seleccionar el transformador y las redes de distribución, aplicando la fórmula descrita en la tabla 19.

*Tabla 16 Clases de carga según tarifas*

| Clase de carga según tarifa UNAL | TARIFA CENS                                                                                                                 |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| GR1                              | RECIDENCIAL E1-E2                                                                                                           |
| GR2                              | RECIDENCIAL E3-E4                                                                                                           |
| GR3                              | RECIDENCIAL E5-E6                                                                                                           |
| CO                               | COMERCIAL                                                                                                                   |
| MO                               | Para todos aquellos transformadores de distribución que no tienen claramente definida una clasificación de consumo (MEZCLA) |

Fuente (CNS-NT-02, 2016)

*Tabla 17 Descripción de variables*

| tipo de variable | variable | descripción                                                         |
|------------------|----------|---------------------------------------------------------------------|
| independiente    | X        | número de instalaciones que tendrá el transformador de distribución |
| Dependiente      | Y        | valor por la potencia activa                                        |

Fuente (CNS-NT-02, 2016)

*Tabla 18 Ecuaciones de cálculo de la demanda máxima diversificada*

| clase de carga | DD por usuario           |
|----------------|--------------------------|
| GR1            | $Y = 0.226 + (8.377/X)$  |
|                |                          |
| GR2            | $Y = 0.221 + (14.672/X)$ |
| GR3            | $Y = 0.843 + (3.547/X)$  |
| MO             | $Y = 0.195 + (18.366/X)$ |
| CO             | $Y = 0.655 + (23.394/X)$ |

Fuente (CNS-NT-02, 2016)

$$DD_{total} = Y * X$$

Ecuación 14. Demanda diversificada total.

Fuente (CNS-NT-02, 2016)

## CIRCUITO 1T02325 BETANIA

En este cálculo se analizó la zona de trabajo para tomar la clase de carga en la urbanización Betania, en este caso estrato 3 residencial, por lo tanto, la clase de carga es GR2 como se observa en la tabla 20, aplicando la formula asignada para esta clase de carga se obtuvieron los valores necesarios para los circuitos que se deben alimentar, teniendo como resultado una demanda diversificada para el primer circuito de 35.03 KVA y el segundo de 36,27 KVA respectivamente.

Tabla 19 Demanda máxima diversificada T1

| T1 – 45KVA                                                      |                                     |                                   |                               |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| Demanda máxima diversificada en el área metropolitana de Cúcuta |                                     |                                   | ESTRATO                       |
| Clase de Carga                                                  | Y                                   | X                                 | 3                             |
|                                                                 | Demand<br>a por<br>usuario<br>(Kva) | Demant<br>a Total del<br>Circuito | Número<br>Usuarios            |
| GR1                                                             | 0,33                                | 26,46                             | 80                            |
| GR2                                                             | 0,4                                 | 32,35                             | Número<br>de luminarias       |
| GR3                                                             | 0,89                                | 70,99                             | 26                            |
| MO                                                              | 0,42                                | 33,97                             | Potencia<br>luminarias<br>(W) |
| CO                                                              | 0,95                                | 75,79                             | 60                            |
| Datos tomados de la Norma CENS CNS-NT-02. Tabla 30,31 y 32.     |                                     |                                   |                               |
| Tasa de crecimiento Anual (1%)                                  |                                     | 35,03                             | Potencia<br>TOTAL (kVA)       |
| Años                                                            | 8                                   |                                   | 36,77                         |
| ESTRATO 3 Y 4                                                   |                                     |                                   |                               |

Fuente (Obtención propia)

## CIRCUITO 1T02325 BETANIA

Tabla 20 Demanda máxima diversificada T2

| T2 – 45KVA                                                      |                                     |                                   |                               |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| Demanda máxima diversificada en el área metropolitana de Cúcuta |                                     |                                   | ESTRATO                       |
| Clase de Carga                                                  | Y                                   | X                                 | 3                             |
|                                                                 | Demand<br>a por<br>usuario<br>(kVA) | Demant<br>a Total del<br>Circuito | Número<br>Usuarios            |
| GR1                                                             | 0,33                                | 26,68                             | 81                            |
| GR2                                                             | 0,4                                 | 32,57                             | Número<br>de luminarias       |
| GR3                                                             | 0,89                                | 71,83                             | 15                            |
| MO                                                              | 0,42                                | 34,16                             | Potencia<br>luminarias<br>(W) |
| CO                                                              | 0,94                                | 76,45                             | 60                            |
| Datos tomados de la Norma CENS CNS-NT-02. Tabla 30,31 y 32.     |                                     |                                   |                               |
| Tasa de crecimiento Anual (1%)                                  |                                     | 35,27                             | Potencia<br>TOTAL (kVA)       |
| Años                                                            | 8                                   |                                   | 36,27                         |
| ESTRATO 3 Y 4                                                   |                                     |                                   |                               |

Fuente (Obtención propia)

Tabla 21 Características generales del transformador

| TRANSFORMADOR TRIFÁSICO A INSTALAR |         |
|------------------------------------|---------|
| KVA                                | 45      |
| AMP. PRIM                          | 1.968   |
| KV. PRIM                           | 13.2    |
| KA. SECO. CC                       | 3.936   |
| TIPO DE ACEITE                     | VEGETAL |
| CLASE DE AISLAMIENTO               | Ao      |
| FASES                              | 3       |
| AMP. SEC                           | 118.09  |
| V. SEC                             | 220/127 |
| BIL. KV MT/BT                      | 95/30   |
| FRECUENCIA Hz                      | 60      |
| CONEXIÓN                           | Dyn5    |
| UZ. %(85)°                         | 3       |
| REFRIGERACION                      | KNAN    |
| ACEITE Lt                          | 134     |
| PESO TOTAL Kg                      | 498     |

Fuente (Placa de características)

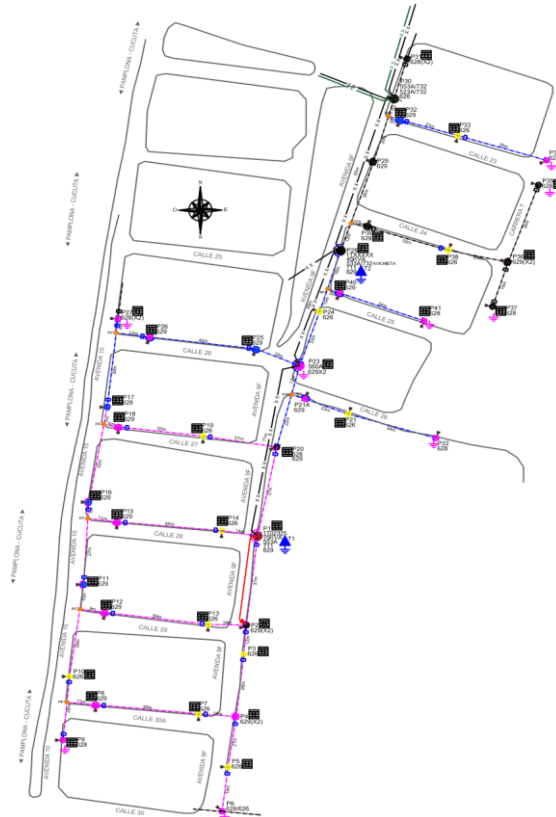


Ilustración 9 *Red proyectada*  
Fuente (AutoCAD)

### 5.1.10 Cálculo del sistema de puesta a tierra

El propósito sistema de puesta a tierra es el de proteger la vida de los humanos, evitar daños en los equipos debido a sobretensiones y mejorar la eficiencia de las protecciones eléctricas, asegurando una corriente adecuada de falla a tierra.

La resistencia de puesta a tierra debe garantizar que las tensiones de paso y contacto estén por debajo de los niveles máximos permitidos. Este cálculo realiza teniendo en cuenta los valores de referencia para resistencia de puesta a tierra que se pueden apreciar en la tabla 23.

## CIRCUITO 1T02325 BETANIA

Tabla 22 Valores de referencia para resistencia de puesta a tierra

| APLICACIÓN                                                                                       | VALORES MÁXIMOS DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Estructuras de líneas de transmisión o torrecillas metálicas de distribución con cable de guarda | 20 $\Omega$                                       |
| Subestaciones de alta y extra alta tensión.                                                      | 1 $\Omega$                                        |
| Subestaciones de media tensión.                                                                  | 10 $\Omega$                                       |
| Protección contra rayos.                                                                         | 10 $\Omega$                                       |
| Punto neutro de acometida en baja tensión.                                                       | 25 $\Omega$                                       |
| Redes para equipos electrónicos o sensibles                                                      | 10 $\Omega$                                       |

Fuente (RETIE, 2013)

Para las subestaciones tipo poste, se implementará un sistema de puesta a tierra consistente en un kit de puesta a tierra en acero inoxidable con fleje de acero inoxidable de 22,22 mm de ancho y 1,2 mm de espesor, electrodo o varilla de acero inoxidable 2.4 metros de longitud y 15 mm de diámetro junto con su respectivo conector de acero, instalado junto al transformador de distribución y los terminales de la red de B.T para puesta a tierra del neutro de la red de B.T.

La resistencia de puesta a tierra debe ser menor o igual a 25 $\Omega$  en B.T y asegurar que las tensiones de paso y contacto sean menores que las máximas admisibles exigidas.

Para el cálculo de la resistividad del terreno se tendrán en cuenta las resistividades del terreno según el tipo de suelo, como se muestra en la siguiente tabla, tomas del estudio “Manual para la interpretación del perfil de resistividad obtenido al realizar el estudio de la resistividad del suelo a partir de las configuraciones del método de Wenner. Los valores de resistencia de puesta a tierra aquí calculados serán confrontados con las medidas que se realicen posteriormente en el terreno.

Tabla 23 Resistividades del suelo

| Tipo de terreno            | Resistividad $\rho$ ( $\Omega$ -m) |
|----------------------------|------------------------------------|
| Terrenos vegetales húmedos | 10-50                              |
| Arcilla, gredas, limos     | 20 - 60                            |
| Arenas arcillosas          | 80 - 120                           |
| Fangos, turbas             | 150 - 300                          |
| Arenas                     | 250 - 500                          |
| Suelos pedregosos          | 300 - 400                          |
| Rocas                      | 1.000 - 10.000                     |
| Concreto húmedo            | 100 - 240                          |
| Concreto seco              | 10.000 - 50.000                    |

Fuente (Manual para la interpretación del perfil de resistividad del suelo a partir de las configuraciones del método WENNER)

## CIRCUITO 1T02325 BETANIA

Las variables son para hallar la resistividad del suelo son:

$$A=12$$

$$B=0,35$$

$$R= 0,19$$

$$P = \frac{4 * \pi * 12 * 0,19}{1 + \left( \frac{2 * 12}{\sqrt{12^2 + 4 * 0,35^2}} \right) - \left( \frac{12}{\sqrt{12^2 + 0,35^2}} \right)}$$

$$P = 14,35 \, \Omega/\text{m}$$

$$R = \frac{14,35}{2 * \pi * 2,4} \left( \ln \frac{2 * 2,4}{6,35} \right)$$

$$R = 6,1 \, \Omega$$

Tiempo de despeje de la falla ( $T_c$ ) = 0,15s

Corriente de la falla a tierra monofásica primaria ( $I_o$ ) = 600A

$$V_{pt} = (1000 + 6 * 14,35) * \frac{0,157}{\sqrt{0,15}}$$

Voltaje de paso tolerable:  $V_{pt} = 440 \, \text{V}$ .

$$V_{ct} = (1000 + 1,5 * 14,35) * \frac{0,157}{\sqrt{0,15}}$$

Voltaje de contacto tolerable:  $V_{ct} = 414 \, \text{V}$ .

### 5.1.11 Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes

El valor del fusible para el cortacircuito seleccionado es tipo H de la tabla teniendo en cuenta los siguientes cálculos:

Intensidad nominal en MT del transformador trifásico.

$$I_{MT} = \frac{PN}{\sqrt{3} * U_{BT}}$$

Donde

PN: Potencia nominal aparente del transformador = 45KVA

UMT: Tensión primaria entre fases del transformador = 13.2KV

IMT: Intensidad nominal que circula para el devanado primario (A)

## CIRCUITO 1T02325 BETANIA

$$I_{MT} = \frac{45 \text{ KVA}}{\sqrt{3} * 13,2 \text{ KV}}$$

$$I_{MT} = 1.968 \text{ A}$$

Intensidad nominal en MT del transformador trifásico.

$$I_{BT} = \frac{PN * 1000}{\sqrt{3} * UBT}$$

Donde

PN: Potencia aparente nominal del transformador = 45 KVA.

UBT: Tensión nominal secundaria entre fases del transformador = 220V.

IBT: Intensidad nominal de línea en B.T. (A).

$$I_{BT} = \frac{45 \text{ KVA} * 1000}{\sqrt{3} * 220V}$$

$$I_{BT} = 118 \text{ A}$$

En la siguiente tabla se muestra un resumen de la capacidad y tipo de los fusibles aplicables a transformadores de distribución:

*Tabla 24 Tipos de fusible*

| TRANSFORMADOR      | Potencia (KVA) | Corriente Nominal MT | Corriente Nominal BT | Fusible | Tipo |
|--------------------|----------------|----------------------|----------------------|---------|------|
| Monofásico 13.2 kV | 5              | 0,379                | 20,833               | 1       | H    |
|                    | 10             | 0,758                | 41,667               | 1       | H    |
|                    | 15             | 1,136                | 62,500               | 1       | H    |
|                    | 25             | 1,894                | 104,167              | 2       | H    |
|                    | 37,5           | 2,841                | 156,250              | 3       | H    |
|                    | 50             | 3,788                | 208,333              | 3       | H    |
|                    | 75             | 5,682                | 312,500              | 6       | H    |
| Trifásico 13.2 kV  | 30             | 1,312                | 78,732               | 2       | H    |
|                    | 45             | 1,968                | 118,098              | 3       | H    |
|                    | 75             | 3,280                | 196,830              | 6       | H    |
|                    | 112,5          | 4,921                | 295,245              | 8       | H    |

Se utilizarán 3 DPS con las siguientes características para protección contra sobretensiones en los transformadores de distribución:

- ✓ Tensión de servicio 13.2 KV
- ✓ Tensión nominal 12 KV
- ✓ Corriente nominal 10 KA

El montaje de los DPS en un transformador tipo poste se muestra en la siguiente figura

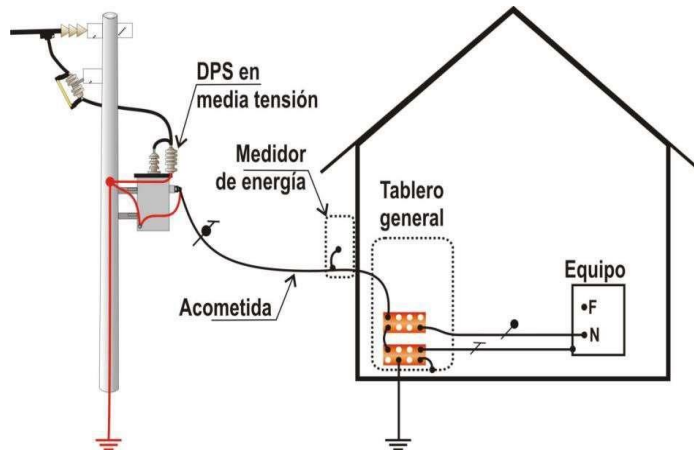


Ilustración 10 Montaje típico de DPS en un transformador tipo poste  
Fuente (RETIE, 2013)

### 5.1.12 Regulación de tensión y pérdidas de energía

El cálculo se fundamentó en la caída de tensión "R%" que por ser zona urbana deberá ser inferior al 3% según norma CENS capítulo 2 apartado 2.4.2 límites de regulación.

$$R\% = F_c \frac{K_G}{V_L^2} M$$

A continuación, se obtendrá la regulación de tensión para el primer tramo.

$$F_c = 1.$$

$K_G = 41,51$  para un F.p = 0,9 y conductor 3X2/0+2/0 AWG con resistencia de  $0,002139\Omega$ .

$$R\% = 1 \times \frac{41,51}{(220 [V])^2} \times 18,40 [kVA] \times 5[m]$$

$$R\% = 0,08$$

Para las pérdidas de energía "%PL" se tiene contemplado en la norma CENS que las pérdidas técnicas máximas permitidas en B.T son: 2,35%

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

A continuación, se obtendrá la regulación de tensión para el primer tramo

$$PL\% = \frac{0,002139[\Omega/Km] \times 96[KVA * m]}{(220 [V])^2 \times 0.9} 100$$

$$PL\% = 0,00$$

## CIRCUITO 1T02325 BETANIA

Este cálculo se realizó mediante Excel, la resistencia y el KG es seleccionado por un conductor CPX 3X2/0+2/0ACSR para BT y se resuelve mediante las ecuaciones 1 a 3 expresadas anteriormente para obtener caída y regulación de tensión para circuitos trifásicos.

Tabla 25 Regulación y perdidas eléctricas en T1

| PUNTO | TRAMO   | DM ax (kV A) | POTENCIA (KVA) | TENSION (V) | CORRIENTE (A) | DISTANCIA (m) | KG FP=0.9 | MOMENTO (kVA*M t) | RESISTENCIA (ohm/km) | CONDUCTOR     | %R   | %PL  |
|-------|---------|--------------|----------------|-------------|---------------|---------------|-----------|-------------------|----------------------|---------------|------|------|
| P1    | P1      | 0,4          | 19,2           | 220         | 50,45         | 5             | 41,51     | 96                | 0,002139             | 3X2/0+2/0 AWG | 0,08 | 0,00 |
| P14   | P1-P14  | 0,4          | 18,8           | 220         | 49,4          | 14            | 41,51     | 263,2             | 0,005988             | 3X2/0+2/0 AWG | 0,23 | 0    |
| P15   | P14-P15 | 0,4          | 16,8           | 220         | 44,14         | 40            | 41,51     | 672               | 0,017108             | 3X2/0+2/0 AWG | 0,58 | 0,02 |
| PF3   | P15-PF3 | 0,4          | 15,2           | 220         | 39,94         | 11            | 41,51     | 167,2             | 0,004705             | 3X2/0+2/0 AWG | 0,14 | 0    |
| P11   | PF3-P11 | 0,4          | 7,2            | 220         | 18,92         | 27            | 41,51     | 194,4             | 0,011548             | 3X2/0+2/0 AWG | 0,17 | 0    |
| PF2   | P11-PF2 | 0,4          | 6              | 220         | 15,76         | 10            | 41,51     | 60                | 0,004277             | 3X2/0+2/0 AWG | 0,05 | 0    |
| P10   | PF2-P10 | 0,4          | 4,4            | 220         | 11,56         | 28            | 41,51     | 123,2             | 0,011976             | 3X2/0+2/0 AWG | 0,11 | 0    |
| PF1   | P10-PF1 | 0,4          | 3,2            | 220         | 8,41          | 10            | 41,51     | 32                | 0,004277             | 3X2/0+2/0 AWG | 0,03 | 0    |
| P9    | PF1-P9  | 0,4          | 1,6            | 220         | 4,2           | 16            | 41,51     | 25,6              | 0,006843             | 3X2/0+2/0 AWG | 0,02 | 0    |
| TOTAL |         |              |                |             |               |               |           |                   |                      |               | 1,4  | 0,02 |

Fuente (Obtención propia)

Tabla 26 Regulación y perdidas eléctricas en T1

| PUNTO | TRAMO | DM ax (kV A) | POTENCIA (KVA) | TENSION (V) | CORRIENTE (A) | DISTANCIA (m) | KG FP=0.9 | MOMENTO (kVA*M t) | RESISTENCIA (ohm/km) | CONDUCTOR     | %R   | %PL  |
|-------|-------|--------------|----------------|-------------|---------------|---------------|-----------|-------------------|----------------------|---------------|------|------|
| P1    | P1    | 0,4          | 13,2           | 220         | 34,68         | 5             | 41,51     | 66                | 0,002139             | 3X2/0+2/0 AWG | 0,06 | 0    |
| P2    | P1-P2 | 0,4          | 12,8           | 220         | 33,63         | 37            | 41,51     | 473,6             | 0,015825             | 3X2/0+2/0 AWG | 0,41 | 0    |
| P3    | P2-P3 | 0,4          | 8,8            | 220         | 23,12         | 12            | 41,51     | 105,6             | 0,005132             | 3X2/0+2/0 AWG | 0,09 | 0,02 |
| P4    | P3-P4 | 0,4          | 6,8            | 220         | 17,87         | 26            | 41,51     | 176,8             | 0,01112              | 3X2/0+2/0 AWG | 0,15 | 0    |
| P5    | P4-P5 | 0,4          | 2,4            | 220         | 6,31          | 21            | 41,51     | 50,4              | 0,008982             | 3X2/0+2/0 AWG | 0,04 | 0    |
| P6    | P5-P6 | 0,4          | 0              | 220         | 0             | 16            | 41,51     | 0                 | 0,006843             | 3X2/0+2/0 AWG | 0,00 | 0    |
| TOTAL |       |              |                |             |               |               |           |                   |                      |               | 0,75 | 0,02 |

Fuente (Obtención propia)

CIRCUITO 1T02325 BETANIA

Tabla 27 Regulación y perdidas eléctricas en T2

| PUNTO | TRAMO   | DMax (kVA) | POTENCIA (KVA) | TENSION (V) | CORRIENTE (A) | DISTANCIA (m) | KG FP=0.9 | MOMENTO (kVA*Mt) | RESISTENCIA (ohm/km) | CONDUCTOR     | %R   | %P L |
|-------|---------|------------|----------------|-------------|---------------|---------------|-----------|------------------|----------------------|---------------|------|------|
| P28   | P28     | 0,4        | 14             | 220         | 36,78         | 5             | 41,51     | 70               | 0,002139             | 3X2/0+2/0 AWG | 0,06 | 0    |
| PF8   | P28-PF8 | 0,4        | 12,4           | 220         | 32,58         | 12            | 41,51     | 148,8            | 0,005132             | 3X2/0+2/0 AWG | 0,13 | 0    |
| P29   | PF8-P29 | 0,4        | 6              | 220         | 15,76         | 25            | 41,51     | 150              | 0,010693             | 3X2/0+2/0 AWG | 0,13 | 0    |
| PF9   | P29-PF9 | 0,4        | 6              | 220         | 15,76         | 20            | 41,51     | 120              | 0,008554             | 3X2/0+2/0 AWG | 0,1  | 0    |
| P32   | PF9-P32 | 0,4        | 4,8            | 220         | 12,61         | 7             | 41,51     | 33,6             | 0,002994             | 3X2/0+2/0 AWG | 0,03 | 0    |
| P33   | P32-P33 | 0,4        | 3,2            | 220         | 8,41          | 23            | 41,51     | 73,6             | 0,009837             | 3X2/0+2/0 AWG | 0,06 | 0    |
| P34   | P33-P34 | 0,4        | 0              | 220         | 0             | 35            | 41,51     | 0                | 0,01497              | 3X2/0+2/0 AWG | 0    | 0    |
| TOTAL |         |            |                |             |               |               |           |                  |                      |               | 0,51 | 0,01 |

Fuente (Obtención propia)

Tabla 28 Regulación y perdidas eléctricas en T2

| PUNTO | TRAMO   | DMax (kVA) | POTENCIA (KVA) | TENSION (V) | CORRIENTE (A) | DISTANCIA (m) | KG FP=0.9 | MOMENTO (kVA*Mt) | RESISTENCIA (ohm/km) | CONDUCTOR     | %R   | %P L |
|-------|---------|------------|----------------|-------------|---------------|---------------|-----------|------------------|----------------------|---------------|------|------|
| P28   | P28     | 0,4        | 15,6           | 220         | 40,99         | 5             | 41,51     | 78               | 0,002139             | 3X2/0+2/0 AWG | 0,07 | 0    |
| PF7   | P28-PF7 | 0,4        | 14             | 220         | 36,78         | 16            | 41,51     | 224              | 0,006843             | 3X2/0+2/0 AWG | 0,19 | 0    |
| P24   | PF7-P24 | 0,4        | 10,8           | 220         | 28,38         | 10            | 41,51     | 108              | 0,004277             | 3X2/0+2/0 AWG | 0,09 | 0    |
| P23   | P24-P23 | 0,4        | 10,8           | 220         | 28,38         | 23            | 41,51     | 248,4            | 0,009837             | 3X2/0+2/0 AWG | 0,21 | 0    |
| P25   | P23-P25 | 0,4        | 7,2            | 220         | 18,92         | 18            | 41,51     | 129,6            | 0,007699             | 3X2/0+2/0 AWG | 0,11 | 0    |
| P26   | P25-P26 | 0,4        | 4,8            | 220         | 12,61         | 40            | 41,51     | 192              | 0,017108             | 3X2/0+2/0 AWG | 0,16 | 0,01 |
| PF5   | P26-PF5 | 0,4        | 2,8            | 220         | 7,36          | 13            | 41,51     | 36,4             | 0,00556              | 3X2/0+2/0 AWG | 0,03 | 0    |
| P17   | PF5-P17 | 0,4        | 1,6            | 220         | 4,2           | 30            | 41,51     | 48               | 0,012831             | 3X2/0+2/0 AWG | 0,04 | 0    |
| TOTAL |         |            |                |             |               |               |           |                  |                      |               | 0,91 | 0,02 |

Fuente (Obtención propia)

## 5.2 Cálculos mecánicos

### 5.2.1 Características técnicas

En las siguientes tablas se presentan las características de los conductores de fase en baja y media tensión, así como también cable usado para retenidas.

*Tabla 29 Características técnicas del conductor de BT*

| CARACTERÍSTICA                | UNIDAD | VALOR                |
|-------------------------------|--------|----------------------|
| DESIGNACIÓN                   | -      | CPX 3X2/0 + 2/0 ACSR |
| SECCIÓN TOTAL                 | MM2    | 78.5                 |
| DIÁMETRO                      | MM     | 36.1                 |
| MASA                          | KG/M   | 1.021                |
| CARGA DE ROTURA               | KGF    | 2403                 |
| MÓDULO DE ELASTICIDAD         | KG/MM2 | 8400                 |
| COEF. DE EXPANSIÓN<br>TÉRMICA | 1/°C   | 0.0000186            |

Fuente (CNS-NT-11, 2016)

*Tabla 30 Características técnicas conductor de fase 13,2 KV*

| CARACTERÍSTICA                | UNIDAD | VALOR     |
|-------------------------------|--------|-----------|
| CALIBRE                       | KCMIL  | 1/0       |
| DESIGNACIÓN                   | -      | RAVEN     |
| CONFIGURACIÓN                 | -      | DESNUDO   |
| SECCIÓN TOTAL                 | MM2    | 62.4      |
| DIÁMETRO                      | MM     | 10.1      |
| MASA                          | KG/M   | 0.216     |
| CARGA DE ROTURA               | KGF    | 1985      |
| MÓDULO DE ELASTICIDAD         | KG/MM2 | 8400      |
| COEF. DE EXPANSIÓN<br>TÉRMICA | 1/°C   | 0.0000189 |

Fuente (CNS-NT-11, 2016)

*Tabla 31 Características técnicas del cable para retenidas*

| CARACTERÍSTICA                | UNIDAD | VALOR                                 |
|-------------------------------|--------|---------------------------------------|
| TAMAÑO NOMINAL                | PULG   | 1/4"                                  |
| TORÓN/HILOS                   | -      | 1/7"                                  |
| MATERIAL                      | -      | ACERO GALVANIZADO<br>EXTRA RESISTENTE |
| SECCIÓN TOTAL                 | MM2    | 22.66                                 |
| DIÁMETRO                      | MM     | 6.35                                  |
| MASA                          | KG/M   | 0.180                                 |
| CARGA DE ROTURA               | KGF    | 3010                                  |
| MÓDULO DE ELASTICIDAD         | KG/MM2 | 17576                                 |
| COEF. DE EXPANSIÓN<br>TÉRMICA | 1/°C   | 0.00001152                            |

Fuente (CNS-NT-11, 2016)

### 5.2.2 Hipótesis de calculo

Este cálculo tiene como objetivo controlar los esfuerzos mecánicos de los conductores para diferentes carga y condiciones climáticas con el fin de evitar daños a la seguridad y continuidad del servicio, evitar la aparición de fenómenos de vibración y aprovechar sus capacidades mecánicas, logrando un equilibrio adecuado entre la longitud de los vanos y el tamaño de las estructuras.

Se tendrán en cuenta las recomendaciones del apartado 3.9.4 de la Norma CENS para las instalaciones de los apoyos.

La siguiente tabla muestra las hipótesis de cálculo para diferentes estados de operación de los conductores.

*Tabla 32 Hipótesis de cálculo para conductores y cable de guarda*

| Hipótesis                          | Descripción          | Unidad | Valor |
|------------------------------------|----------------------|--------|-------|
| Condición extrema de trabajo (CET) | Temperatura mínima   | °C     | 23    |
|                                    | Velocidad viento     | km/h   | 100   |
| Every day stress (EDS)             | Temperatura promedio | °C     | 29    |
|                                    | Velocidad viento     | km/h   | 0     |
| Condición de máxima flecha (CMF)   | Temperatura máxima   | °C     | 75    |
|                                    | Velocidad viento     | km/h   | 0     |

Fuente (CNS-NT-11, 2016)

### 5.2.3 Condiciones de operación

La siguiente tabla muestra las condiciones de operación para el cálculo mecánico de los postes.

Tabla 33 Condiciones de operación

| Configuración             | Condición normal                                                             | Condición anormal                                                         |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Alineación (ALN)          | Todos los conductores sanos con velocidad de viento transversal de 100 km/h. | No aplica.                                                                |
| Ángulo sin apertura (ANG) | Todos los conductores sanos con velocidad de viento transversal de 100 km/h. | No aplica.                                                                |
| Retención 0° (RET)        | Todos los conductores sanos con velocidad de viento transversal de 100 km/h. | 1 conductor de fase roto sin considerar la acción transversal por viento. |
| Retención en ángulo (RAG) | Todos los conductores sanos con velocidad de viento transversal de 100 km/h. | 1 conductor de fase roto sin considerar la acción transversal por viento  |
| Terminal (TER)            | Todos los conductores sanos con velocidad de viento transversal de 100 km/h. | No aplica.                                                                |

Fuente (CNS-NT-02, 2016)

### 5.2.4 Cálculo de vano y flecha

El cálculo del vano se debe realizar de acuerdo a la ecuación 9 (vano ideal de regulación), poniendo como ejemplo el tramo 2-4:

$$ar = \sqrt{\frac{37^3 + 23,12^3 + 17,87^3}{37 + 23,12 + 17,87}}$$

$$ar = 30$$

El cálculo de la flecha se realiza con el vano obtenido, y posteriormente se aplica la respectiva ecuación (ecuación 10. Flecha del conductor), de la siguiente manera:

$$F = \frac{30^2 * 1,021}{2403}$$

$$F = 0,38$$

### 5.2.5 Cálculo de presión del viento en postes de concreto

Teniendo en cuenta la tabla 36 (hipótesis de cálculos para conductores), obtenemos que la velocidad del viento a una temperatura de 23°C es  $v = 100\text{km/h}$ , convirtiendo este valor a m/s nos queda como  $v = 27,7\text{ m/s}$ . Este resultado de la presión del viento se calcula a continuación:

$$q = 0,0613 * v^2$$

$$q = (0,0613) * (27.7)^2$$

$$q = 47,03\text{kg/m}$$

### 5.2.6 Resultados

En la tabla 37 se detallan los resultados del cálculo mecánico del cable para el circuito de baja tensión.

Tabla 34 Cálculo mecánico circuito de BT con cable CPX 3X2/0+2/0

| CANTON   | VANO<br>REGULADOR (M) | CIRCUITO BAJA TENSION - CABLE CPX 3X2/0 + 2/0 |       |      |                  |       |     |                       |       |     |
|----------|-----------------------|-----------------------------------------------|-------|------|------------------|-------|-----|-----------------------|-------|-----|
|          |                       | HIPOTESIS DE CALCULO                          |       |      |                  |       |     |                       |       |     |
|          |                       | CONDICION EXTREMA                             |       |      | EVERY DAY STRESS |       |     | CONDICION MAX. FLECHA |       |     |
|          |                       | T (KGF)                                       | F (M) | %    | T (KGF)          | F (M) | %   | T (KGF)               | F (M) | %   |
| P9-P11   | 37                    | 312                                           | 0.55  | 13.0 | 164              | 1.05  | 6.8 | 142                   | 1.21  | 5.9 |
| P11-P16  | 33                    | 312                                           | 0.44  | 13.0 | 165              | 0.84  | 6.8 | 139                   | 1.00  | 5.8 |
| P16-P27  | 31                    | 312                                           | 0.38  | 13.0 | 165              | 0.72  | 6.9 | 136                   | 0.87  | 5.7 |
| P26-P4   | 28                    | 312                                           | 0.32  | 13.0 | 166              | 0.60  | 6.9 | 133                   | 0.76  | 5.5 |
| P4-P2    | 30                    | 312                                           | 0.36  | 13.0 | 166              | 0.68  | 6.9 | 135                   | 0.83  | 5.6 |
| P2-P1    | 33                    | 312                                           | 0.44  | 13.0 | 165              | 0.83  | 6.9 | 139                   | 0.99  | 5.8 |
| P1-P20   | 36                    | 312                                           | 0.52  | 13.0 | 164              | 0.98  | 6.8 | 141                   | 1.14  | 5.9 |
| P20-P23  | 37                    | 312                                           | 0.56  | 13.0 | 164              | 1.07  | 6.8 | 142                   | 1.23  | 5.9 |
| P23-P28  | 32                    | 312                                           | 0.42  | 13.0 | 165              | 0.79  | 6.9 | 138                   | 0.95  | 5.7 |
| P8-P4    | 21                    | 312                                           | 0.18  | 13.0 | 170              | 0.33  | 7.1 | 120                   | 0.47  | 5.0 |
| P2-P12   | 36                    | 312                                           | 0.54  | 13.0 | 164              | 1.03  | 6.8 | 142                   | 1.19  | 5.9 |
| P1-P15   | 31                    | 312                                           | 0.38  | 13.0 | 165              | 0.72  | 6.9 | 136                   | 0.88  | 5.7 |
| P20-P18  | 30                    | 312                                           | 0.37  | 13.0 | 226              | 0.51  | 9.4 | 10                    | 11.26 | 0.4 |
| P23-P25  | 30                    | 312                                           | 0.36  | 13.0 | 166              | 0.68  | 6.9 | 135                   | 0.83  | 5.6 |
| P25-P26  | 30                    | 312                                           | 0.37  | 13.0 | 226              | 0.51  | 9.4 | 10                    | 11.26 | 0.4 |
| P21A-P22 | 30                    | 312                                           | 0.37  | 13.0 | 165              | 0.70  | 6.9 | 136                   | 0.85  | 5.6 |
| P40-P41  | 34                    | 312                                           | 0.46  | 13.0 | 164              | 0.87  | 6.8 | 139                   | 1.03  | 5.8 |

Fuente (Tabla de cálculos mecánicos suministrada por la empresa)

CIRCUITO 1T02325 BETANIA

Tabla 35 Tendido para el circuito de BT con cable CPX 3x2/0+2/0

| VANO<br>REGULADOR (M) | 15 °C       |        | 20 °C       |        | 25 °C       |        | 30 °C       |        | 35 °C       |        | 40 °C       |        |
|-----------------------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|
|                       | T<br>(KGF ) | F (M ) | T<br>(KGF ) | F (M ) | T<br>(KGF ) | F (M ) | T<br>(KGF ) | F (M ) | T<br>(KGF ) | F (M ) | T<br>(KGF ) | F (M ) |
| 20                    | 235         | 0.16   | 207         | 0.19   | 185         | 0.21   | 167         | 0.23   | 153         | 0.25   | 141         | 0.27   |
| 30                    | 187         | 0.47   | 176         | 0.49   | 167         | 0.52   | 159         | 0.55   | 152         | 0.57   | 146         | 0.59   |
| 40                    | 171         | 0.91   | 165         | 0.93   | 161         | 0.96   | 156         | 0.99   | 152         | 1.01   | 149         | 1.04   |
| 50                    | 164         | 1.48   | 161         | 1.50   | 158         | 1.53   | 155         | 1.56   | 152         | 1.58   | 150         | 1.61   |

Fuente (Tabla de cálculos mecánicos suministrada por la empresa)

CIRCUITO 1T02325 BETANIA

En la siguiente tabla se detallan los resultados del cálculo mecánico para los apoyos de 8m.

Tabla 36 Resultados de cálculos mecánicos para apoyos de 8m

| CONDUC<br>TOR                                                | CPX<br>3X2/0+2/0 | VELOCIDAD DE VIENTO DE<br>DISEÑO (KM/H) | 100                               | PRESION DE VIENTO SOBRE<br>CONDUCTOR (KG/M) |                                      |               | 2                                    |                             |
|--------------------------------------------------------------|------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------|---------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| PRESIÓN DE VIENDO SOBRE<br>ESTRUCTURAS DE<br>APOYO (KGF/M^2) |                  |                                         | 47                                | CARGA DE MANTENIMIENTO (KGF*M)              |                                      |               | 300                                  |                             |
| Nº                                                           | APO<br>YO        | CONFIGURAC<br>IÓN                       | MOMENTO<br>LONGITUDIAL<br>(KGF*M) | MOMENTO<br>TRANSVERSAL<br>(KGF*M)           | MOMENT<br>O<br>RESULTANTE<br>(KGF*M) | SELECCI<br>ÓN | MOMEN<br>TO<br>RESISTENTE<br>(KGF*M) | %<br>ROTURA<br>DEL<br>POSTE |
| 1                                                            | P9               | 628                                     | 1999                              | 647                                         | 2101                                 | 8-1050        | 2688                                 | 31                          |
| 2                                                            | P10              | 626                                     | 0                                 | 827                                         | 827                                  | 8-510         | 1306                                 | 25                          |
| 3                                                            | P11              | 629                                     | 0                                 | 822                                         | 822                                  | 8-750         | 1920                                 | 17                          |
| 4                                                            | P16              | 629                                     | 0                                 | 789                                         | 789                                  | 8-750         | 1920                                 | 16                          |
| 5                                                            | P17              | 626                                     | 0                                 | 773                                         | 773                                  | 8-510         | 1306                                 | 24                          |
| 6                                                            | P27              | 628                                     | 1999                              | 800                                         | 2153                                 | 8-1050        | 2688                                 | 32                          |
| 7                                                            | P6               | 628                                     | 1999                              | 800                                         | 2153                                 | 8-1050        | 2688                                 | 32                          |
| 8                                                            | P5               | 626                                     | 0                                 | 729                                         | 729                                  | 8-510         | 1306                                 | 22                          |
| 9                                                            | P4               | 629/628                                 | 0                                 | 2234                                        | 2234                                 | 8-1050        | 2688                                 | 33                          |
| 10                                                           | P3               | 626                                     | 0                                 | 740                                         | 740                                  | 8-510         | 1306                                 | 23                          |
| 11                                                           | P20              | 616/629                                 | 0                                 | 2278                                        | 2278                                 | 8-1050        | 2688                                 | 34                          |
| 12                                                           | P24              | 626                                     | 0                                 | 816                                         | 816                                  | 8-510         | 1306                                 | 25                          |
| 13                                                           | P7               | 626                                     | 0                                 | 789                                         | 789                                  | 8-510         | 1306                                 | 24                          |
| 14                                                           | P8               | 629                                     | 1999                              | 800                                         | 2153                                 | 8-1050        | 2688                                 | 32                          |
| 15                                                           | P12              | 629                                     | 1999                              | 800                                         | 2153                                 | 8-1050        | 2688                                 | 32                          |
| 16                                                           | P13              | 626                                     | 0                                 | 718                                         | 718                                  | 8-510         | 1306                                 | 22                          |
| 17                                                           | P14              | 626                                     | 0                                 | 756                                         | 756                                  | 8-510         | 1306                                 | 23                          |
| 18                                                           | P15              | 629                                     | 1999                              | 800                                         | 2153                                 | 8-1050        | 2688                                 | 32                          |
| 19                                                           | P18              | 629                                     | 1999                              | 800                                         | 2153                                 | 8-1050        | 2688                                 | 32                          |
| 20                                                           | P19              | 626                                     | 0                                 | 762                                         | 762                                  | 8-510         | 1306                                 | 23                          |
| 21                                                           | P25              | 629                                     | 0                                 | 767                                         | 767                                  | 8-750         | 1920                                 | 16                          |
| 22                                                           | P26              | 629                                     | 1999                              | 800                                         | 2153                                 | 8-1050        | 2688                                 | 32                          |
| 23                                                           | P22              | 628                                     | 1999                              | 800                                         | 2153                                 | 8-1050        | 2688                                 | 32                          |
| 24                                                           | P21              | 626                                     | 0                                 | 762                                         | 762                                  | 8-510         | 1306                                 | 23                          |
| 25                                                           | P21A             | 629                                     | 1999                              | 800                                         | 2153                                 | 8-1050        | 2688                                 | 32                          |
| 26                                                           | P40              | 629                                     | 1999                              | 800                                         | 2153                                 | 8-1050        | 2688                                 | 32                          |
| 27                                                           | P41              | 628                                     | 1999                              | 800                                         | 2153                                 | 8-1050        | 2688                                 | 32                          |
| 28                                                           | P38              | 626                                     | 0                                 | 794                                         | 794                                  | 8-510         | 1306                                 | 24                          |
| 29                                                           | P32              | 629                                     | 1999                              | 800                                         | 2153                                 | 8-1050        | 2688                                 | 32                          |
| 30                                                           | P33              | 626                                     | 0                                 | 740                                         | 740                                  | 8-510         | 1306                                 | 23                          |
| 31                                                           | P34              | 628                                     | 1999                              | 800                                         | 2153                                 | 8-1050        | 2688                                 | 32                          |

Fuente (Tabla de cálculos mecánicos suministrada por la empresa)

### 5.3 Diseño de plano proyectado

#### 5.3.1 Coordenadas geográficas para el plano proyectado

Tabla 37 Toma de coordenadas con GPS para el plano proyectado

| PUNTO | ESTE    | NORTE   | ALTURA<br>(m) | CAPACIDAD<br>POSTE | ESTRUCTURA       |       |
|-------|---------|---------|---------------|--------------------|------------------|-------|
|       |         |         |               |                    | M.T.             | B.T.  |
| P1    | 1171758 | 1354416 | 458 m         | 12m x 1500kgf      | 553A STOP        | 629   |
| P2    | 1171752 | 1354380 | 460 m         | 8m EXISTENTE       |                  | 629X2 |
| P3    | 1171751 | 1354368 | 461 m         | 8m x 510kgf        |                  | 626   |
| P4    | 1171749 | 1354343 | 460 m         | 8m x 1050kgf       |                  | 629X2 |
| P5    | 1171745 | 1354322 | 465 m         | 8m x 510kgf        |                  | 626   |
| P6    | 1171742 | 1354304 | 463 m         | 8m x 1050kgf       |                  | 628   |
| P7    | 1171736 | 1354341 | 459 m         | 8m x 510kgf        |                  | 626   |
| P8    | 1171696 | 1354347 | 459 m         | 8m x 1050kgf       |                  | 629   |
| P9    | 1171682 | 1354333 | 461 m         | 8m x 1050kgf       |                  | 628   |
| P10   | 1171685 | 1354359 | 460 m         | 8m x 510kgf        |                  | 626   |
| P11   | 1171690 | 1354394 | 462 m         | 8m x 750kgf        |                  | 629   |
| P12   | 1171690 | 1354389 | 459 m         | 8m x 1050kgf       |                  | 629   |
| P13   | 1171737 | 1354382 | 464 m         | 8m x 510kgf        |                  | 626   |
| P14   | 1171745 | 1354418 | 457 m         | 8m x 510kgf        |                  | 626   |
| P15   | 1171699 | 1354425 | 461 m         | 8m x 1050kgf       |                  | 629   |
| P16   | 1171695 | 1354430 | 456 m         | 8m x 750kgf        |                  | 629   |
| P17   | 1171702 | 1354469 | 455 m         | 8m x 1050kgf       |                  | 628X2 |
| P18   | 1171704 | 1354462 | 460 m         | 8m x 1050kgf       |                  | 629   |
| P19   | 1171737 | 1354462 | 457 m         | 8m x 510kgf        |                  | 626   |
| P20   | 1171762 | 1354456 | 452 m         | 8m EXISTENTE       |                  | 629X2 |
| P21   | 1171791 | 1354469 | 449 m         | 8m x 510kgf        |                  | 626   |
| P21A  | 1171776 | 1354472 | 450 m         | 8m x 1050kgf       |                  | 629   |
| P22   | 1171826 | 1354460 | 446 m         | 8m x 1050kgf       |                  | 628   |
| P23   | 1171769 | 1354489 | 449 m         | 12m x 1050kgf      | 560A             | 629   |
| P24   | 1171777 | 1354510 | 453 m         | 8m x 510kgf        |                  | 626   |
| P25   | 1171758 | 1354497 | 461 m         | 8m x 750kgf        |                  | 629   |
| P26   | 1171718 | 1354497 | 463 m         | 8m x 1050kgf       |                  | 629   |
| P27   | 1171706 | 1354505 | 459 m         | 8m x 1050kgf       |                  | 628X2 |
| P28   | 1171787 | 1354533 | 449 m         | 12m EXISTENTE      | 533A             | 629   |
| P29   | 1171800 | 1354570 | 449 m         | 8m EXISTENTE       |                  | 629   |
| P30   | 1171810 | 1354595 | 438 m         | 12m EXISTENTE      | 533AX2/732<br>X2 | 626   |
| P31   | 1171816 | 1354611 | 437 m         | 8m EXISTENTE       |                  | 628X2 |
| P32   | 1171810 | 1354589 | 439 m         | 8m x 750kgf        |                  | 629   |
| P33   | 1171834 | 1354580 | 447 m         | 8m x 510kgf        |                  | 626   |
| P34   | 1171865 | 1354571 | 444 m         | 8m x 1050kgf       |                  | 628   |
| P35   | 1171861 | 1354564 | 443 m         | 8m EXISTENTE       |                  | 628   |

## CIRCUITO 1T02325 BETANIA

|            |         |         |       |              |  |       |
|------------|---------|---------|-------|--------------|--|-------|
| <b>P36</b> | 1171851 | 1354529 | 440 m | 8m EXISTENTE |  | 629X2 |
| <b>P37</b> | 1171847 | 1354510 | 441 m | 8m EXISTENTE |  | 628   |
| <b>P38</b> | 1171831 | 1354535 | 444 m | 8m x 510kgf  |  | 626   |
| <b>P39</b> | 1171800 | 1354543 | 444 m | 8m EXISTENTE |  | 629   |
| <b>P40</b> | 1171790 | 1354517 | 445 m | 8m x 1050kgf |  | 629   |
| <b>P41</b> | 1171821 | 1354502 | 447 m | 8m x 1050kgf |  | 628   |

Fuente (obtención propia)

Los planos eléctricos del circuito 1T02325 se realizaron mediante el software AutoCAD, teniendo en cuenta las coordenadas geográficas obtenidas en el replanteo del circuito.

Para realizar estos planos eléctricos se utilizaron algunas convenciones que facilitan su entendimiento, estas convenciones se pueden ver reflejadas en las siguientes figuras.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>— xx — RED M.T TRIFÁSICA EXISTENTE CELDA PATIOS 13.2KV</p> <p>— xx — RED M.T TRIFÁSICA EXISTENTE CELDA BELC35 34.5 KV</p> <p>--- RED TRENZADA PROYECTADA CPLEX 3X2/0+2/0 AWG CTO T1</p> <p>--- RED TRENZADA PROYECTADA CPLEX 3X2/0+2/0 AWG CTO T2</p> <p>--- RED TRENZADA BT EXISTENTE</p> <p>--- RED ABIERTA BT EXISTENTE 4 HILOS</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <p>CRUCE AEREO BT</p> <p>CRUCE AEREO MT</p> <p>TRANSFORMADOR EXISTENTE</p> <p>TRANSFORMADOR PROYECTADO</p> <p>PUESTA A TIERRA B.T PROYECTADA</p> <p>PUESTA A TIERRA M.T PROYECTADA</p> <p>TEMPLETE STOP</p> <p>TEMPLETE A TIERRA DE M.T.</p> <p>TEMPLETE A TIERRA EN GUITARRA</p> <p>TEMPLETE A TIERRA DE B.T.</p> <p>ABERTURA B.T</p> <p>PASO B.T</p> <p>TERMINAL B.T</p> <p>LÁMPARA A.P</p> <p>TRANSFORMADOR PARTICULAR</p> <p>CUCHILLAS SECCIONADORAS EXISTENTES</p> <p>CUCHILLAS SECCIONADORAS NUEVAS</p> <p>CORTACIRCUITO 13.2KV</p> <p>CORTACIRCUITO EXISTENTE</p> <p>SEPARADOR BT RED TRENZADA</p> <p>CAJA B.T NUEVA</p> <p>CAJA B.T EXISTENTE</p> <p>RECONECTADOR EXISTENTE</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <p>● POSTE CONCRETO 8m EXISTENTE</p> <p>● POSTE CONCRETO 8m x 510 kgf NUEVO</p> <p>● POSTE CONCRETO 8m x 750 kgf NUEVO</p> <p>● POSTE CONCRETO 8m x 1050 kgf NUEVO</p> <p>● POSTE CONCRETO 8m x 1350 kgf NUEVO</p> <p>● POSTE CONCRETO 8m x 1500 kgf NUEVO</p> <p>● POSTE CONCRETO 8m x 2000 kgf NUEVO</p> <p>● POSTE DE CONCRETO 12m EXISTENTE</p> <p>● POSTE DE CONCRETO 12m x 750 kgf NUEVO</p> <p>● POSTE DE CONCRETO 12m x 1050 kgf NUEVO</p> <p>● POSTE DE CONCRETO 12m x 1350 kgf NUEVO</p> <p>● POSTE DE CONCRETO 12m x 1500 kgf NUEVO</p> <p>● POSTE DE CONCRETO 12m x 2000 kgf NUEVO</p> <p>● POSTE DE CONCRETO 14m x 1050 kgf NUEVO</p> <p>● POSTE DE CONCRETO 14m EXISTENTE</p> <p>● POSTE DE CONCRETO 14m x 3000 kgf NUEVO</p> <p>● POSTE CONCRETO 10m EXISTENTE</p> | <p>511 ESTRUCTURA DE PASO TRIFÁSICA PIN SENCILLO DISPOSICIÓN HORIZONTAL</p> <p>513 ESTRUCTURA DE PASO TRIFÁSICA DOBLE PIN DISPOSICIÓN HORIZONTAL</p> <p>550 ESTRUCTURA M.T TERMINAL TRIFÁSICA DISPOSICIÓN HORIZONTAL</p> <p>560 ESTRUCTURA M.T. RETENCIÓN DISPOSICIÓN HORIZONTAL</p> <p>523A ESTRUCTURA M.T PASO BANDERA PIN SENCILLO</p> <p>533A ESTRUCTURA M.T PASO BANDERA DOBLE PIN</p> <p>560A ESTRUCTURA M.T. ABERTURA EN BANDERA</p> <p>553A ESTRUCTURA M.T TERMINAL BANDERA</p> <p>711 MONTAJE DE TRANSFORMADOR TRIFÁSICO</p> <p>730 DERIVACIÓN TRIFÁSICA CON CORTACIRCUITO</p> <p>732 DERIVACIÓN TRIFÁSICA SIN CORTACIRCUITO</p> <p>514 ESTRUCTURA M.T TERMINAL MONOFÁSICA DISPOSICIÓN HORIZONTAL</p> <p>616 ESTRUCTURA ABERTURA RED ABIERTA EN BAJA TENSIÓN 4 HILOS</p> <p>615 ESTRUCTURA TERMINAL RED ABIERTA EN BAJA TENSIÓN 4 HILOS</p> <p>613 ESTRUCTURA PASO RED ABIERTA EN BAJA TENSIÓN 4 HILOS</p> <p>626 ESTRUCTURA PASO RED TRENZADA BAJA TENSION</p> <p>628 ESTRUCTURA TERMINAL RED TRENZADA BAJA TENSION</p> <p>629 ESTRUCTURA ABERTURA RED TRENZADA BAJA TENSION</p> |

Ilustración 11 Convenciones para el diseño del plano eléctrico

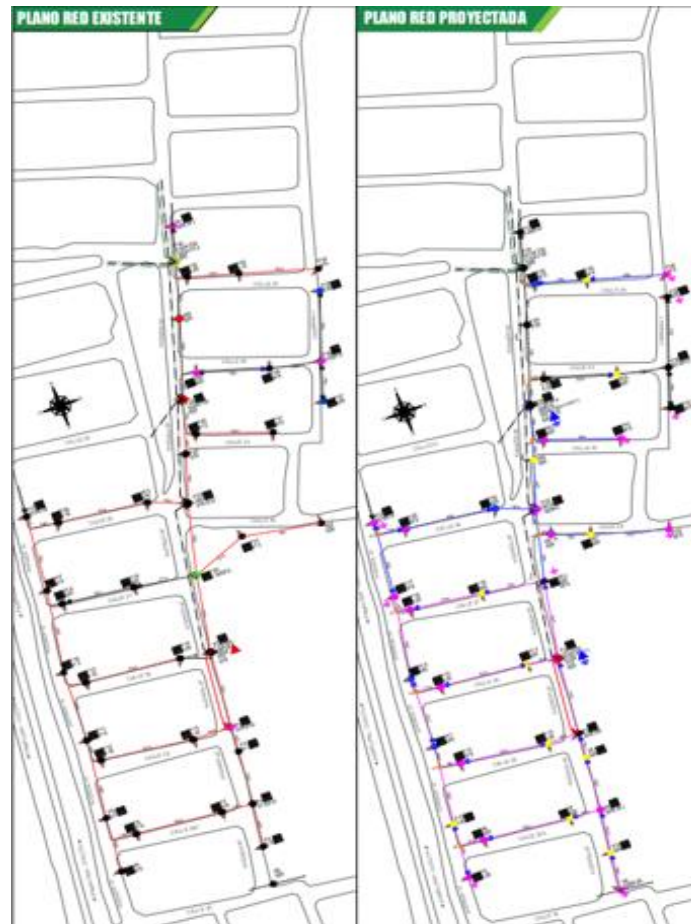


*Ilustración 12 Plano eléctrico red existente y proyectada circuito 1T02325*

## **5.4 Presupuesto de obra y unidades constructivas**

### **5.4.1 Realización del presupuesto de obra**

Como tercer y último objetivo tenemos la parte de presupuestos, estos se realizan con el fin de que la empresa CENS S.A E. S.P. de la aprobación al proyecto, y así poder ejecutarlo.

A continuación, podemos apreciar las tablas de presupuesto por medio de Excel en donde se especifican las cantidades, referencias y precios de cada elemento utilizado en esta reposición.

# CIRCUITO 1T02325 BETANIA

Tabla 38 Materiales de media tensión

| COD   | RED  | TIPO | DESCRIPCION                                              | UND | CANT  | URBANO        | SUBTOTAL      |
|-------|------|------|----------------------------------------------------------|-----|-------|---------------|---------------|
|       |      |      |                                                          |     |       |               | ZONA 1        |
|       |      |      |                                                          |     |       |               | URBANO        |
| 2E+05 | PRIM | MAT  | ABRAZADERA DOBLE DE 8" A 9"                              | UN  | 8,00  | \$ 15.752,54  | \$ 126.020,32 |
| 2E+05 | PRIM | MAT  | ABRAZADERA DOBLE DE 9" A 10"                             | UN  | 4,00  | \$ 15.582,41  | \$ 62.329,64  |
| 2E+05 | PRIM | MAT  | ABRAZADERA PARA TRANSFORMADOR                            | UN  | 4,00  | \$ 25.100,92  | \$ 100.403,68 |
| 2E+05 | PRIM | MAT  | AISLADOR DE SUSPENSIÓN DE 6" ANSI 52-1 (PORCELANA)       | UN  | 27,00 | \$ 21.233,08  | \$ 573.293,16 |
| 2E+05 | PRIM | MAT  | AISLADOR TENSOR DE 7" ANSI 54-4 (PORCELANA)              | UN  | 1,00  | \$ 7.029,90   | \$ 7.029,90   |
| 2E+05 | PRIM | MAT  | AISLADOR TIPO PIN DE 15 KV ANSI 55-5 (PORCELANA)         | UN  | 7,00  | \$ 11.942,27  | \$ 83.595,89  |
| 2E+05 | PRIM | MAT  | ALAMBRE 10 AWG GALVANIZADO                               | KG  | 1,50  | \$ 6.179,25   | \$ 9.268,88   |
| 2E+05 | PRIM | MAT  | ARANDELA DE PRESION DE 5/8"                              | UN  | 20,00 | \$ 141,24     | \$ 2.824,80   |
| 2E+05 | PRIM | MAT  | ARANDELA DE REDONDA DE 5/8"                              | UN  | 20,00 | \$ 146,59     | \$ 2.931,80   |
| 2E+05 | PRIM | MAT  | CABLE DE ACERO 1/4" EXTRA ALTA RESISTENCIA PARA RETENIDA | ML  | 40,00 | \$ 1.284,00   | \$ 51.360,00  |
| 2E+05 | PRIM | MAT  | CABLE DE ALUMINIO ACSR 2 SPARROW                         | ML  | 40,00 | \$ 1.472,32   | \$ 58.892,80  |
| 2E+05 | PRIM | MAT  | GUARDACABO DE 3/8"                                       | UND | 3,00  | \$ 991,74     | \$ 2.975,23   |
| 2E+05 | PRIM | MAT  | COMPUESTO ARTIFICIAL PARA PUESTA A TIERRA                | KG  | 90,00 | \$ 3.977,19   | \$ 357.947,10 |
| 2E+05 | PRIM | MAT  | CONECTOR DE ALUMINIO 2 PERNOS 1/0 A 336 MCM RANUR PARA.  | UN  | 6,00  | \$ 13.185,61  | \$ 79.113,66  |
| 2E+05 | PRIM | MAT  | CORTACIRCUITO DE 15 KV                                   | UN  | 6,00  | \$ 160.349,13 | \$ 962.094,78 |
| 2E+05 | PRIM | MAT  | CRUCETA METALICA 2 1/2"X2 1/2"X3/16"X2.4 MTS             | UN  | 4,00  | \$ 64.462,15  | \$ 257.848,60 |
| 2E+05 | PRIM | MAT  | CRUCETA METALICA DE 2 1/2" X 2 1/2" X 1/4" X 2.4 MT      | UN  | 12,00 | \$ 72.229,28  | \$ 866.751,36 |
| 2E+05 | PRIM | MAT  | DADO O SUPLEMENTO PARA CORTACIRCUITO                     | UN  | 6,00  | \$ 7.738,24   | \$ 46.429,44  |
| 2E+05 | PRIM | MAT  | DIAGONAL ANGULAR EN                                      | UN  |       | \$ 23.437,28  | \$ 46.874,56  |

CIRCUITO 1T02325 BETANIA

|       |      |     |                                                                               |    |       |                 |                  |
|-------|------|-----|-------------------------------------------------------------------------------|----|-------|-----------------|------------------|
|       |      |     | V DE 110X40 CM PARA CRUCETA METALICA SIN DOBLES                               |    | 2,00  |                 |                  |
| 2E+05 | PRIM | MAT | DIAGONAL RECTA EN ANGULO TIPO BANDERA 2.16 MT                                 | UN | 10,00 | \$ 28.997,00    | \$ 289.970,00    |
| 2E+05 | PRIM | MAT | DIAGONAL RECTA METALICA DE 1.4 MTS.                                           | UN | 4,00  | \$ 23.252,17    | \$ 93.008,68     |
| 2E+05 | PRIM | MAT | ESPARRAGO DE 5/8"X16" CON CUATRO TUERCAS                                      | UN | 18,00 | \$ 4.720,84     | \$ 84.975,12     |
| 2E+05 | PRIM | MAT | FUSIBLE DE 6 AMP. 15 KV. TIPO H                                               | UN | 6,00  | \$ 2.457,79     | \$ 14.746,74     |
| 2E+05 | PRIM | MAT | GRAPA DE RETENSION EN ALUMINIO DE 4 - 2/0 AWG                                 | UN | 11,00 | \$ 17.921,43    | \$ 197.135,73    |
| 2E+05 | PRIM | MAT | KIT PUESTA A TIERRA PARA MEDIA TENSION (INCLUYE ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA) | UN | 2,00  | \$ 172.363,09   | \$ 344.726,18    |
| 2E+05 | PRIM | MAT | DPS POLIMERICO 12KV 10KVA                                                     | UN | 6,00  | \$ 101.157,80   | \$ 606.946,80    |
| 2E+05 | PRIM | MAT | TORNILLO MAQUINA O PERNO GALVANIZADO DE 5/8" X 12"                            | UN | 6,00  | \$ 3.262,43     | \$ 19.574,58     |
| 2E+05 | PRIM | MAT | PORTA PIN O ESPIGO DE 5/8" PARA CRUCETA METALICA                              | UN | 7,00  | \$ 4.514,33     | \$ 31.600,31     |
| 2E+05 | PRIM | MAT | POSTE DE CONCRETO DE 12 MTS. X 1500 KGS.                                      | UN | 2,00  | \$ 1.477.297,64 | \$ 2.954.595,28  |
| 2E+05 | PRIM | MAT | TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE 45 KVA. 13200/222/128 V.                           | UN | 2,00  | \$ 7.728.636,75 | \$ 15.457.273,50 |
| 2E+05 | PRIM | MAT | TUERCA DE OJO ALARGADO DE 5/8"                                                | UN | 12,00 | \$ 5.748,04     | \$ 68.976,48     |
| 2E+05 | PRIM | MAT | TUERCA DE OJO REDONDO DE 5/8"                                                 | UN | 3,00  | \$ 5.308,27     | \$ 15.924,81     |
|       |      |     |                                                                               |    |       | TOTAL           | \$ 23.970.478    |

Fuente propia

# CIRCUITO 1T02325 BETANIA

Tabla 39 Materiales de baja tensión

| COD        | RED | TIPO | DESCRIPCION                                                 | UND       | CANT   | URBANO        | SUBTOTAL         |
|------------|-----|------|-------------------------------------------------------------|-----------|--------|---------------|------------------|
|            |     |      |                                                             |           |        |               | ZONA 1           |
|            |     |      |                                                             |           |        |               | URBANO           |
| 2001<br>51 | SEC | MAT  | AISLADOR TIPO CARRETE 3 X 3 PORCELANA ANSI 53-2             | UN        | 62,00  | \$ 1.735,54   | \$ 107.603,48    |
| 2003<br>15 | SEC | MAT  | ALAMBRE 10 AWG COBRE AISLADO THHN/THWN 90øC 600 V           | M         | 143,00 | \$ 1.764,43   | \$ 252.313,49    |
| 2005<br>24 | SEC | MAT  | ALAMBRE 10 AWG GALVANIZADO                                  | KG        | 9,80   | \$ 6.179,25   | \$ 60.556,65     |
| 2004<br>10 | SEC | MAT  | CABLE CU 1X8 + 1X8 AWG CONCENTRICO                          | M         | 150,00 | \$ 6.090,44   | \$ 913.566,00    |
| 2004<br>11 | SEC | MAT  | CABLE CU 2X8 + 1X8 AWG CONCENTRICO                          | M         | 175,00 | \$ 10.916,14  | \$ 1.910.324,50  |
| 2003<br>68 | SEC | MAT  | CABLE DE COBRE 2 AWG MPOLAR AIS XLPE 600V                   | ML        | 240,00 | \$ 10.888,32  | \$ 2.613.196,80  |
| 2005<br>05 | SEC | MAT  | CABLE TRZ AAC 3X2/0 + AAAC 155.4 CPLEX AISLADO 600V         | ML        | 911,40 | \$ 14.906,17  | \$ 13.585.483,34 |
| 2116<br>21 | SEC | MAT  | CAJA DE DERIVACION DE ACOMETIDA 3F 4 SALIDAS 140A           | UN        | 30,00  | \$ 99.589,18  | \$ 2.987.675,40  |
| 2193<br>59 | SEC | MAT  | CINTA AISLANTE NEGRA                                        | ROLL<br>O | 35,00  | \$ 15.817,81  | \$ 553.623,35    |
| 2113<br>71 | SEC | MAT  | CINTA DE ACERO INOXIDABLE DE 3/4"                           | PIE       | 126,00 | \$ 552,12     | \$ 69.567,12     |
| 2129<br>48 | SEC | MAT  | CONECTOR BIMETALICO DE (1) PERNO                            | UN        | 42,00  | \$ 3.890,52   | \$ 163.401,84    |
| 2129<br>43 | SEC | MAT  | CONECTOR PERFORACION AISLADO 4-2/0AWG A 8-2AWG DP5          | UN        | 105,00 | \$ 5.878,58   | \$ 617.250,90    |
| 2113<br>75 | SEC | MAT  | HEBILLA ACERO INOXIDABLE DE 3/4"                            | UN        | 42,00  | \$ 530,72     | \$ 22.290,24     |
| 2149<br>10 | SEC | MAT  | KIT SPT BAJA TENSIÓN (INCLUYE ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA) | UN        | 8,00   | \$ 114.205,38 | \$ 913.643,04    |
| 2223<br>11 | SEC | MAT  | SOPORTE PARA ANCLAJE DE PINZA PARA ACOMETIDA                | UN        | 56,00  | \$ 4.757,22   | \$ 266.404,32    |
| 2113<br>19 | SEC | MAT  | PERCHA DE UN (1) PUESTOS TIPO PESADA                        | UN        | 62,00  | \$ 5.164,89   | \$ 320.223,18    |
| 2114<br>45 | SEC | MAT  | TORNILLO MAQUINA O PERNO GALVANIZADO DE 5/8" X 8"           | UN        | 35,00  | \$ 2.767,02   | \$ 96.845,70     |
| 2223<br>15 | SEC | MAT  | PINZA TERMOPLASTICA PARA ACOMETIDA 4 A 22MM DE              | UN        | 132,00 | \$ 8.167,31   | \$ 1.078.084,92  |

CIRCUITO 1T02325 BETANIA

|            |     |     | DIAMETRO                                   |    |       |               |                     |
|------------|-----|-----|--------------------------------------------|----|-------|---------------|---------------------|
| 2000<br>04 | SEC | MAT | POSTE DE CONCRETO DE 8<br>MTS. X 1050 KGF. | UN | 15,00 | \$ 587.406,46 | \$ 8.811.096,90     |
| 2000<br>02 | SEC | MAT | POSTE DE CONCRETO DE 8<br>MTS. X 510 KGF   | UN | 11,00 | \$ 406.928,49 | \$ 4.476.213,39     |
| 2000<br>03 | SEC | MAT | POSTE DE CONCRETO DE 8<br>MTS. X 750 KGF   | UN | 4,00  | \$ 470.292,82 | \$ 1.881.171,28     |
|            |     |     |                                            |    |       | TOTAL         | \$<br>41.700.535,84 |

Fuente propia

En resumen, para este proyecto desde el análisis de presupuesto de obra obtenido por las tablas anteriores se calculó un presupuesto total de \$ 125.607.019, a continuación, se vera de forma más detallada este presupuesto total.

Tabla 40 Presupuesto de obra Circuito 1T02325

| ITEM | DESCRIPCION              | SUBTOTAL              |
|------|--------------------------|-----------------------|
|      | <b>MANO DE OBRA M.T.</b> | \$4.323.224           |
| 1    | F.M.                     | 0,79                  |
|      | <b>SUBTOTAL</b>          | <b>\$ 3.415.347</b>   |
|      | <b>MANO DE OBRA B.T.</b> | \$55.750.842          |
| 2    | F.M.                     | 0,79                  |
|      | <b>SUBTOTAL</b>          | <b>\$ 44.043.165</b>  |
|      | <b>MATERIALES M.T.</b>   | \$ 23.970.478         |
| 3    | IVA (19%)                | \$ 4.554.390          |
|      | <b>SUBTOTAL</b>          | <b>\$ 28.524.869</b>  |
|      | <b>MATERIALES B.T.</b>   | \$ 41.700.535         |
| 4    | IVA (19%)                | \$ 7.923.101          |
|      | <b>SUBTOTAL</b>          | <b>\$ 49.623.637</b>  |
|      | <b>TOTAL</b>             | <b>\$ 125.607.019</b> |

Fuente propia

## CIRCUITO 1T02325 BETANIA

### 5.4.2 Realización de las unidades constructivas

Para realizar estas unidades constructivas se debe tener en cuenta los códigos ya que con estos podemos obtener el costo de algunos materiales según las características establecidas, si el punto corresponde al código, ingresamos un uno (1), y si es lo contrario se deja en blanco, luego por medio de la CREG 015 se busca el valor unitario de cada material y se hace la cantidad total de cada código, por último, se calcula el total de la unidad constructiva.

Tabla 41 Unidades constructivas

| UNIDADES CONSTRUCTIVAS T1 1T02325 |          |          |           |            |            |           |            |           |           |           |                            |                  |
|-----------------------------------|----------|----------|-----------|------------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|----------------------------|------------------|
| UC                                | EQUIPOS  |          |           |            |            |           | CABLE<br>S | POSTES    |           |           |                            |                  |
| Punto                             | N<br>103 | N<br>102 | N2<br>EQ9 | N2E<br>Q14 | N2<br>L137 | N1<br>T12 | N1L57      | N1<br>P49 | N<br>1P73 | N<br>2L71 | Capacidad BT<br>(8m - 10m) | Capacidad<br>12m |
| P1                                | 1        |          | 3         | 3          | 1          | 1         | 0,037      |           |           | 1         |                            | 12m x 1500kgf    |
| P2                                | 1        |          |           |            |            |           | 0,012      |           |           |           | 8m Existente               |                  |
| P3                                | 1        |          |           |            |            |           | 0,026      | 1         |           |           | 8m x 510kgf                |                  |
| P4                                | 1        |          |           |            |            |           | 0,021      |           | 1         |           | 8m x 1050kgf               |                  |
| P5                                | 1        |          |           |            |            |           | 0,018      | 1         |           |           | 8m x 510kgf                |                  |
| P6                                |          | 1        |           |            |            |           |            |           | 1         |           | 8m x 1050kgf               |                  |
| P7                                | 1        |          |           |            |            |           | 0,014      | 1         |           |           | 8m x 510kgf                |                  |
| P8                                | 1        |          |           |            |            |           | 0,039      |           | 1         |           | 8m x 1050kgf               |                  |
| PF1                               |          |          |           |            |            |           |            |           |           |           |                            |                  |
| P9                                | 1        | 1        |           |            |            |           | 0,037      |           | 1         |           | 8m x 1050kgf               |                  |
| P10                               | 1        |          |           |            |            |           | 0,038      | 1         |           |           | 8m x 510kgf                |                  |
| P11                               | 1        |          |           |            |            |           | 0,034      |           | 1         |           | 8m x 750kgf                |                  |
| P12                               | 1        |          |           |            |            |           | 0,039      |           | 1         |           | 8m x 1050kgf               |                  |
| P13                               | 1        |          |           |            |            |           | 0,014      | 1         |           |           | 8m x 510kgf                |                  |
| PF2                               |          |          |           |            |            |           |            |           |           |           |                            |                  |
| P14                               | 1        |          |           |            |            |           | 0,023      | 1         |           |           | 8m x 510kgf                |                  |
| P15                               | 1        |          |           |            |            |           | 0,051      |           | 1         |           | 8m x 1050kgf               |                  |
| PF3                               |          |          |           |            |            |           |            |           |           |           |                            |                  |
| P16                               | 1        |          |           |            |            |           | 0,039      |           | 1         |           | 8m x 750kgf                |                  |
| PF4                               |          |          |           |            |            |           |            |           |           |           |                            |                  |
| P17                               | 1        | 1        |           |            |            |           | 0,006      |           | 1         |           | 8m x 1050kgf               |                  |
| P18                               | 1        |          |           |            |            |           | 0,032      |           | 1         |           | 8m x 1050kgf               |                  |
| P19                               | 1        |          |           |            |            |           | 0,027      | 1         |           |           | 8m x 510kgf                |                  |
| P20                               | 1        |          |           |            |            |           | 0,037      |           |           |           | 8m Existente               |                  |
| PF6                               |          |          |           |            |            |           |            |           |           |           |                            |                  |
| P21                               | 1        |          |           |            |            |           | 0,023      | 1         |           |           | 8m x 510kgf                |                  |
| A                                 | P21      |          |           |            |            |           | 0,027      |           |           |           | 8m x 1050kgf               |                  |
|                                   | P22      |          | 1         |            |            |           | 0,034      |           | 1         |           | 8m x 1050kgf               |                  |
|                                   | P23      | 1        | 1         |            |            |           | 0,012      |           | 1         |           |                            | 12m x 1050kgf    |
| P24                               |          |          |           |            |            |           | 0,023      | 1         |           |           | 8m x 510kgf                |                  |
| P25                               | 1        |          |           |            |            |           | 0,018      |           |           |           | 8m x 750kgf                |                  |
| P26                               | 1        |          |           |            |            |           | 0,04       |           |           |           | 8m x 1050kgf               |                  |

CIRCUITO 1T02325 BETANIA

|           |    |   |   |   |   |   |       |    |    |   |              |               |
|-----------|----|---|---|---|---|---|-------|----|----|---|--------------|---------------|
| PF5       |    |   |   |   |   |   | 0,013 |    |    |   |              |               |
| P27       | 1  | 1 |   |   |   |   | 0,038 |    | 1  |   | 8m x 1050kgf |               |
| P28       | 1  |   | 3 | 3 | 1 | 1 | 0,016 | 1  |    |   |              | 12m Existente |
| P32       | 1  |   |   |   |   |   | 0,005 |    | 1  |   | 8m x 750kgf  |               |
| P33       | 1  |   |   |   |   |   | 0,023 |    | 1  |   | 8m x 510kgf  |               |
| P34       |    | 1 |   |   |   |   | 0,035 | 1  |    |   | 8m x 1050kgf |               |
| P35       |    |   |   |   |   |   |       |    | 1  |   | 8m Existente |               |
| P36       |    |   |   |   |   |   |       |    |    | 1 | 8m Existente |               |
| P37       |    |   |   |   |   |   |       |    | 1  |   | 8m Existente |               |
| P38       | 1  |   |   |   |   |   | 0,01  |    | 1  |   | 8m x 510kgf  |               |
| P40       | 1  |   |   |   |   |   | 0,005 |    |    |   | 8m x 1050kgf |               |
| P41       | 1  | 1 |   |   |   |   | 0,034 |    | 1  |   | 8m x 1050kgf |               |
| TO<br>TAL | 30 | 8 | 6 | 6 | 2 | 2 | 0,898 | 11 | 19 | 2 |              |               |

Fuente propia

Tabla 42 Resumen de precios UC en equipos

| UNIDADES CONSTRUCTIVAS EN ESQUIPOS |              |              |              |              |            |               |
|------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|---------------|
| UC                                 | N102         | N103         | N2EQ9        | N2EQ14       | N2L137     | N1T12         |
| Cantidad                           | 8            | 30           | 6            | 6            | 2          | 2             |
| Valor unitario                     | \$ 154.040   | \$ 153.498   | \$ 484.000   | \$ 482.000   | \$ 270.000 | \$ 9.446.000  |
| Valor total                        | 1.232.320,00 | 4.604.940,00 | 2.904.000,00 | 2.892.000,00 | 540.000,00 | 18.892.000,00 |

Fuente propia

Tabla 43 Resumen de precios UC en cables y postes

| UNIDADES CONSTRUCTIVAS EN CABLES Y POSTES |               |              |               |              |
|-------------------------------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| UC                                        | N1L57         | N1P49        | N1P73         | N2L71        |
| Cantidad                                  | 0,898         | 11           | 19            | 2            |
| Valor unitario                            | \$ 13.037.800 | \$ 646.000   | \$ 663.000    | \$ 4.226.000 |
| Valor total                               | \$ 11.707.944 | \$ 7.106.000 | \$ 12.597.000 | \$ 8.452.000 |

Fuente propia

### 5.4.3 Comparación de presupuestos de obra y unidades constructivas

Finalmente, obtenidos los valores del presupuesto de obra y las unidades constructivas, se procede a comparar el total de estos totales con el fin de determinar el beneficio económico establecido por la CREG.

*Tabla 44 Beneficio económico de remuneración*

| BENEFICIO ECONOMICO |                |
|---------------------|----------------|
| Total presupuesto   | 125.607.019,00 |
| Total UC            | 70.928.204,00  |
| Benéfico UC         | 54.678.815,00  |
| Recuperación (%)    | 43,53%         |

Fuente propia

## **6 RECOMENDACIONES**

- ✓ Dar cumplimiento a los parámetros de las normativas vigentes para cada estructura.
- ✓ Manejar un GPS con baja tolerancia para obtener una mejor precisión.
- ✓ La selección de cada componente y sus respectivos cálculos se debe aplicar de acuerdo a los parámetros establecidos por la normativa CENS.
- ✓ Utilizar los debidos elementos de protección personal (casco, guantes aislantes, botas dieléctricas, arnés industrial, cinturón de seguridad, gafas de seguridad, etc.) al momento de instalar los debidos componentes de esta reposición.

## 7 CONCLUSIONES

- ✓ Durante la inspección del sitio, se observó que este circuito se alimentaba de un transformador de 75 KVA el cual poseía alta cargabilidad, tomando esto como consideración, se procedió a instalar dos transformadores de 45 KVA para poder distribuir las cargas de manera más uniforme.
- ✓ Esta reposición permite que el circuito planteado tenga una mejor eficiencia y confiabilidad para los usuarios conectados a la red.
- ✓ El uso de las aplicaciones informáticas mencionadas en las acotaciones fueron de gran utilidad ya que permitieron obtener los cálculos y procedimientos necesarios para la elaboración del proyecto.
- ✓ Pudimos obtener por medio de los presupuestos y las unidades constructivas una remuneración del 43,53% por parte de la CREG para el operador de red, en este caso CENS.
- ✓ Desarrollando el análisis del nivel de riesgo por rayos pudimos apreciar que el riesgo obtenido es bajo y por tanto no se requieren medidas de protección adicionales.
- ✓ Pudimos verificar las distancias de seguridad, además de implementar red trenzada en tramos donde aún no se había ejecutado.
- ✓ Los planos eléctricos están debidamente adecuados de acuerdo a los parámetros de la normativa eléctrica.

## 8 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Cns-nt-, C. N. T. (2016). *Generalidades Cns-Nt-01*, 1–43.
- Cns-nt-, C. N. T. (2016). *Parámetros De Diseño Cns-Nt-02*, 1–63.
- Cns-nt-, C. N. T. (2016). *Redes de media y baja tensión Cns-Nt-03*, 1–42.
- Ministerio de Minas y Energía. (2008). *Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas*, 1–222.
- Retie. (2013). *Resolución 9 0708 de agosto 30 de 2013 con sus ajustes*, 127.
- NTC 2050. (1998). *Norma tecnica colombiana con sus ajustes*, 29-384.
- CREG. (2018). *Resolucion 015-2018*, 239.
- Codensa. *Memorias de cálculo Cuenta CODENSA No. 0764362-9*.
- CER-PROD-016-028-12A.pdf, *Propiedades de los conductores eléctricos*.
- NTC 4552-2. (2008). *Protección contra rayos*.
- IEC 62305. (2010). *Protección contra rayos – Parte 3: Daño físico a las estructuras y peligro para la vida*.
- P. Tipo, N. El, R. T. De, and D. Versi. (2011). “*Proyecto tipo trenzadas de baja tensión*,” . 6–8.

# CIRCUITO 1T02325 BETANIA

## 11 ANEXOS

| CALCULO ECONÓMICO DE CONDUCTORES DE ALUMINIO                                                                                                                                         |                         |                                                                  |                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| <b>Seleccione el conductor de su diseño</b><br><div>2/0 ▼</div>                                                                                                                      |                         | <b>Seleccione un conductor para comparar</b><br><div>1/0 ▼</div> |                         |
| Resistencia                                                                                                                                                                          | 0.525 Ohm/km            | Resistencia                                                      | 0.689 Ohm/km            |
| Reactancia                                                                                                                                                                           | 0.177 Ohm/km            | Reactancia                                                       | 0.18 Ohm/km             |
| Corriente                                                                                                                                                                            | 235 A                   | Corriente                                                        | 205 A                   |
| \$ Perdidas                                                                                                                                                                          | <b>240,963.31</b> pesos | \$ Perdidas                                                      | <b>316,235.66</b> pesos |
| <b>Red Aérea</b><br>Distancia 100 m<br>años 15<br>tarifa de energia 253 [kw/h]<br>Corriente 11.75<br>horas de uso diario 24<br>Factor de carga 0.05<br>Rentabilidad <b>75,272.35</b> |                         |                                                                  |                         |

Ilustración 13 Análisis económico del conductor

Tabla 45 Cimentación tipo directa para postes de media tensión

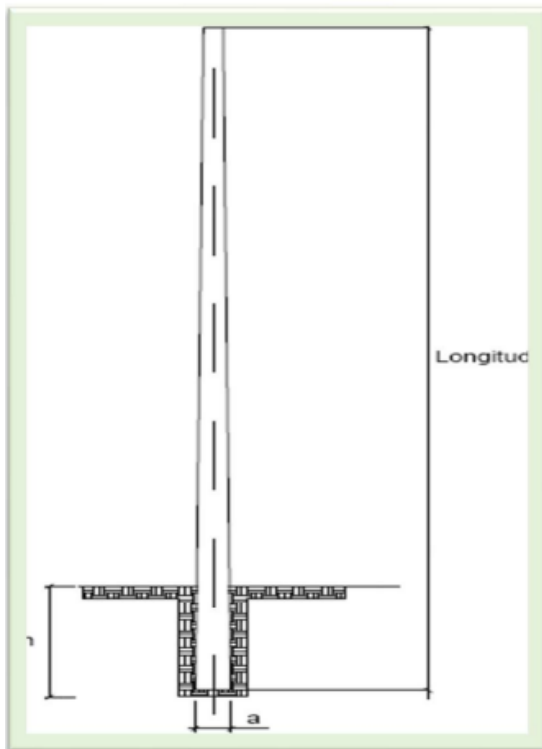
| Funcion poste | TIPO DE POSTE      | TIPO DE TERRENO       |      |      |       |       |                     |      |      |       |       |                         |      |      |       |        |
|---------------|--------------------|-----------------------|------|------|-------|-------|---------------------|------|------|-------|-------|-------------------------|------|------|-------|--------|
|               |                    | Terreno Normal (K=12) |      |      |       |       | Terreno Duro (K=16) |      |      |       |       | Terreno Muy Duro (K=20) |      |      |       |        |
|               |                    | a                     | h    | C.S. | V     | Pmáx  | a                   | h    | C.S. | V     | Pmáx  | a                       | h    | C.S. | V     | Pmáx   |
|               |                    | m                     | m    |      | m³    | daN   | m                   | m    |      | m³    | daN   | m                       | m    |      | m³    | daN    |
| AL,ANG,FL     | HP 11 m - 500 daN  | 0.305                 | 1.80 | 1.65 | 0.011 | 3,445 | 0.305               | 1.70 | 1.73 | 0.010 | 4,425 | 0.305                   | 1.70 | 2.14 | 0.010 | 7,044  |
|               | HP 11 m - 735 daN  | 0.305                 | 1.95 | 1.55 | 0.013 | 3,646 | 0.305               | 1.85 | 1.66 | 0.012 | 4,655 | 0.305                   | 1.75 | 1.64 | 0.011 | 7,159  |
|               | HP 11 m - 1030 daN | 0.355                 | 2.05 | 1.59 | 0.017 | 4,780 | 0.355               | 1.90 | 1.55 | 0.015 | 6,019 | 0.355                   | 1.80 | 1.54 | 0.013 | 9,228  |
|               | HP 11 m - 1324 daN | 0.365                 | 2.15 | 1.55 | 0.019 | 5,153 | 0.365               | 2.00 | 1.53 | 0.017 | 6,501 | 0.365                   | 1.90 | 1.54 | 0.015 | 9,944  |
|               | HP 12 m - 500 daN  | 0.320                 | 1.80 | 1.58 | 0.012 | 3,625 | 0.320               | 1.80 | 2.09 | 0.012 | 4,856 | 0.320                   | 1.80 | 2.59 | 0.012 | 7,751  |
|               | HP 12 m - 735 daN  | 0.320                 | 2.00 | 1.65 | 0.015 | 3,907 | 0.320               | 1.85 | 1.59 | 0.013 | 4,936 | 0.320                   | 1.80 | 1.77 | 0.012 | 7,751  |
|               | HP 12 m - 1030 daN | 0.370                 | 2.05 | 1.52 | 0.018 | 4,645 | 0.370               | 1.95 | 1.64 | 0.016 | 6,096 | 0.370                   | 1.85 | 1.65 | 0.015 | 9,566  |
|               | HP 12 m - 1324 daN | 0.380                 | 2.20 | 1.62 | 0.021 | 4,966 | 0.380               | 2.05 | 1.61 | 0.018 | 6,429 | 0.380                   | 1.95 | 1.64 | 0.017 | 10,142 |
|               | HP 14 m - 1030 daN | 0.400                 | 2.10 | 1.55 | 0.020 | 5,155 | 0.400               | 2.00 | 1.68 | 0.018 | 6,839 | 0.400                   | 2.00 | 2.08 | 0.018 | 11,112 |
| AC            | HP 14 m - 1324 daN | 0.410                 | 2.25 | 1.63 | 0.024 | 5,399 | 0.410               | 2.10 | 1.64 | 0.021 | 7,096 | 0.410                   | 2.00 | 1.67 | 0.019 | 11,327 |
|               | HP 11 m - 500 daN  | 0.305                 | 1.90 | 2.05 | 0.013 | 3,579 | 0.305               | 1.75 | 1.94 | 0.011 | 4,502 | 0.305                   | 1.70 | 2.14 | 0.010 | 7,044  |
|               | HP 11 m - 735 daN  | 0.305                 | 2.05 | 1.90 | 0.015 | 3,780 | 0.305               | 1.95 | 2.06 | 0.013 | 4,809 | 0.305                   | 1.85 | 2.06 | 0.012 | 7,389  |
|               | HP 11 m - 1030 daN | 0.355                 | 2.15 | 1.93 | 0.019 | 4,916 | 0.355               | 2.00 | 1.90 | 0.016 | 6,197 | 0.355                   | 1.90 | 1.92 | 0.015 | 9,496  |
|               | HP 11 m - 1324 daN | 0.365                 | 2.30 | 2.04 | 0.022 | 5,394 | 0.365               | 2.15 | 2.05 | 0.019 | 6,776 | 0.365                   | 2.05 | 2.10 | 0.018 | 10,357 |
|               | HP 12 m - 500 daN  | 0.320                 | 1.90 | 1.97 | 0.013 | 3,766 | 0.320               | 1.80 | 2.09 | 0.012 | 4,856 | 0.320                   | 1.80 | 2.59 | 0.012 | 7,751  |
|               | HP 12 m - 735 daN  | 0.320                 | 2.10 | 2.01 | 0.016 | 4,047 | 0.320               | 1.95 | 1.97 | 0.014 | 5,097 | 0.320                   | 1.85 | 1.98 | 0.013 | 7,872  |
|               | HP 12 m - 1030 daN | 0.370                 | 2.20 | 2.02 | 0.020 | 4,889 | 0.370               | 2.05 | 2.01 | 0.018 | 6,282 | 0.370                   | 1.95 | 2.04 | 0.016 | 9,845  |
|               | HP 12 m - 1324 daN | 0.380                 | 2.30 | 1.94 | 0.023 | 5,133 | 0.380               | 2.15 | 1.96 | 0.020 | 6,621 | 0.380                   | 2.05 | 2.00 | 0.018 | 10,429 |
|               | HP 14 m - 1030 daN | 0.400                 | 2.25 | 2.04 | 0.023 | 5,419 | 0.400               | 2.10 | 2.04 | 0.020 | 7,040 | 0.400                   | 2.00 | 2.08 | 0.018 | 11,112 |
|               | HP 14 m - 1324 daN | 0.410                 | 2.35 | 1.95 | 0.026 | 5,580 | 0.410               | 2.20 | 1.97 | 0.023 | 7,302 | 0.410                   | 2.10 | 2.03 | 0.021 | 11,636 |

## CIRCUITO 1T02325 BETANIA

Tabla 46 Cimentación tipo monobloque prismática para postes de media tensión

| Función Poste       | TIPO DE POSTE      | TIPO DE TERRENO     |      |      |       |       |
|---------------------|--------------------|---------------------|------|------|-------|-------|
|                     |                    | Terreno Flojo (K=8) |      |      |       |       |
|                     |                    | a                   | h    | C.S. | V     | P máx |
|                     |                    | m                   | m    |      | m³    | daN   |
| Todas las funciones | HP 11 m - 1030 daN | 0.800               | 1.80 | 2.28 | 0.996 | 7704  |
|                     | HP 11 m - 1324 daN | 0.900               | 1.80 | 2.06 | 1.292 | 9594  |
|                     | HP 12 m - 1030 daN | 0.750               | 1.90 | 2.37 | 0.889 | 6511  |
|                     | HP 12 m - 1324 daN | 0.850               | 1.90 | 2.15 | 1.183 | 8162  |
|                     | HP 14 m - 1030 daN | 0.750               | 2.10 | 2.96 | 0.948 | 6506  |
|                     | HP 14 m - 1324 daN | 0.850               | 2.10 | 2.68 | 1.272 | 8086  |

### CIMENTACIONES TIPO DIRECTA



### CIMENTACIONES TIPO AUTOSOPORTADO

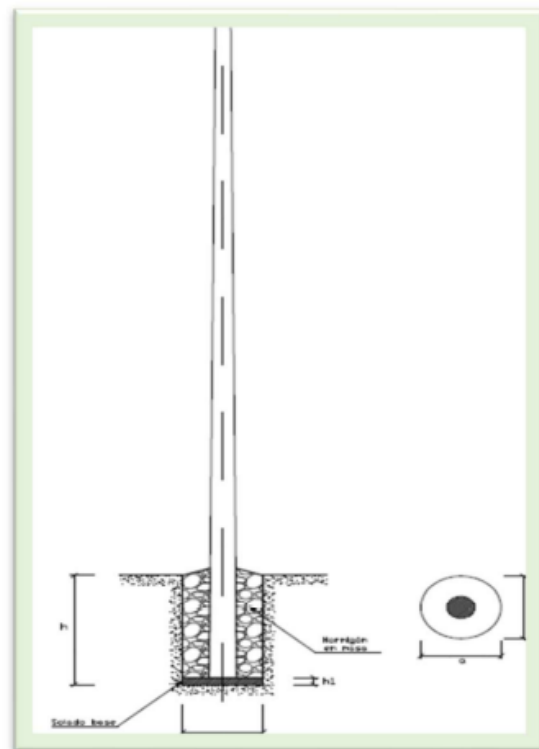


Ilustración 14 Tipos de cimentaciones

## CIRCUITO 1T02325 BETANIA

Tabla 47 Cables cubiertos triaca 15 KV MT

| CABLES CUBIERTOS TRICAPA 15 kV |               |             |                |                   |            |           |                |                        |                |                   |            |
|--------------------------------|---------------|-------------|----------------|-------------------|------------|-----------|----------------|------------------------|----------------|-------------------|------------|
| AAAC                           |               |             |                |                   |            | ACSR      |                |                        |                |                   |            |
| Calibre                        | Nombre clave  | N° de hilos | Diámetro total | Carga a la rotura | Masa total | Calibre   | Nombre clave   | N° de hilos alum/acero | Diámetro total | Carga a la rotura | Masa total |
|                                |               |             | mm             | kgf               | kg/km      | AWG/kcmil |                |                        | mm             | kgf               | kg/km      |
| 77,47                          | Ames          | 7           | 16,8           | 1272              | 295        | 2         | Sparrow        | 6/1                    | 16,8           | 1293              | 323        |
| 123,3                          | Azusa         | 7           | 18,8           | 1399              | 392        | 1/0       | Raven          | 6/1                    | 18,8           | 1987              | 438        |
| 155,4                          | Anaheim       | 7           | 20,0           | 2445              | 457        | 2/0       | Quail          | 6/1                    | 20,0           | 2404              | 515        |
| 195,7                          | Amherst       | 7           | 21,8           | 3079              | 552        | 3/0       | Pigeon         | 6/1                    | 21,4           | 3003              | 611        |
| 246,9                          | Alliance (19) | 19          | 23,3           | 3925              | 652        | 4/0       | Penguin (20/1) | 20/1                   | 22,9           | 2916              | 655        |
| 312,80                         | Butte         | 19          | 24,8           | 4767              | 749        | 266,8     | Waxwing        | 18/1                   | 24,0           | 3121              | 731        |
| 394,5                          | Canton        | 19          | 26,8           | 6013              | 895        | 336,4     | Merlin         | 18/1                   | 25,9           | 3937              | 875        |
| 465,4                          | Cairo         | 19          | 28,3           | 7092              | 1022       | 397,5     | Chickade       | 18/1                   | 27,3           | 4509              | 997        |
| 559,50                         | Darien        | 19          | 30,8           | 8527              | 1207       | 477       | Pelican        | 18/1                   | 29,1           | 5352              | 1160       |

Fuente. (CER-PROD-016-028-12A.pdf, n.d.)

Tabla 48 Cables cubiertos bicapa 15 KV MT

| CABLES CUBIERTOS BICAPA 15 kV |               |             |                |                   |            |           |                |             |       |                |                   |            |
|-------------------------------|---------------|-------------|----------------|-------------------|------------|-----------|----------------|-------------|-------|----------------|-------------------|------------|
| AAAC                          |               |             |                |                   |            | ACSR      |                |             |       |                |                   |            |
| Calibre                       | Nombre clave  | N° de hilos | Diámetro total | Carga a la rotura | Masa total | Calibre   | Nombre clave   | N° de hilos |       | Diámetro total | Carga a la rotura | Masa total |
|                               |               |             | mm             | kgf               | kg/km      | AWG/kcmil |                | Alum        | Acero | mm             | kgf               | kg/km      |
| 77,47                         | Ames          | 7           | 15,0           | 1272              | 258        | 2         | Sparrow        | 6           | 1     | 15,0           | 1293              | 290        |
| 123,3                         | Azusa         | 7           | 17,0           | 1399              | 352        | 1/0       | Raven          | 6           | 1     | 17,0           | 1987              | 403        |
| 155,4                         | Anaheim       | 7           | 18,2           | 2445              | 414        | 2/0       | Quail          | 6           | 1     | 18,2           | 2404              | 478        |
| 195,7                         | Amherst       | 7           | 20,0           | 3079              | 497        | 3/0       | Pigeon         | 6           | 1     | 19,6           | 3003              | 573        |
| 246,9                         | Alliance (19) | 19          | 21,6           | 3925              | 603        | 4/0       | Penguin (20/1) | 20          | 1     | 21,1           | 2916              | 689        |
| 312,80                        | Butte         | 19          | 23,1           | 4767              | 697        | 266,8     | Waxwing        | 18          | 1     | 22,2           | 3121              | 687        |
| 394,5                         | Canton        | 19          | 25,0           | 6013              | 839        | 336,4     | Merlin         | 18          | 1     | 24,1           | 3937              | 829        |
| 465,4                         | Cairo         | 19          | 26,5           | 7092              | 963        | 397,5     | Chickade       | 18          | 1     | 25,5           | 4509              | 951        |
| 559,50                        | Darien        | 19          | 29,0           | 8527              | 1143       | 477       | Pelican        | 18          | 1     | 27,3           | 5352              | 1112       |

Fuente (CER-PROD-016-028-12A.pdf, n.d.)



Ilustración 15 Puntos de baja tensión  
Fuente propia



Ilustración 16 Puntos de baja tensión  
Fuente propia



Ilustración 17 Puntos de baja tensión  
Fuente propia



Ilustración 18 Puntos de baja tensión  
Fuente propia

## DIAGRAMA UNIFILAR

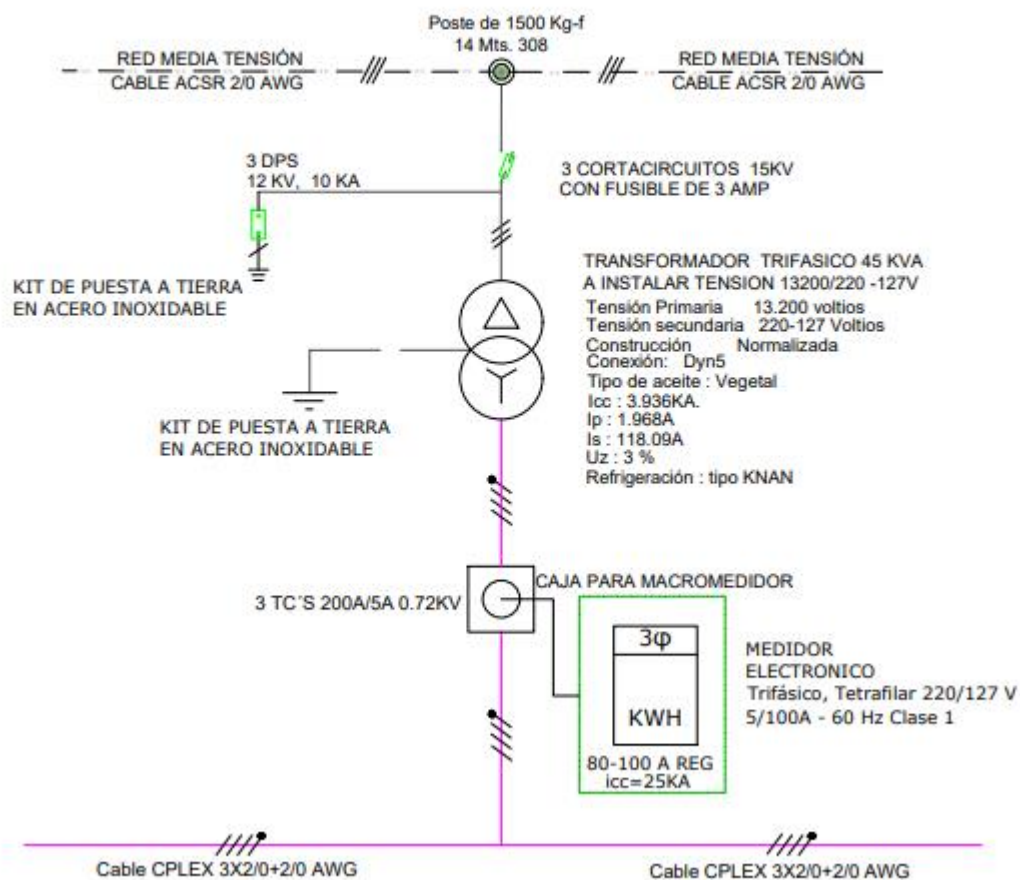


Ilustración 19 Diagrama unifilar  
Fuente (Cens)