



2021

## DOCUMENTO TÉCNICO

---

ESTRUCTURACIÓN DEL PROYECTO  
DE DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DEL  
SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO  
DE LOS PARQUES ECOTURÍSTICOS  
DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA  
REGIONAL CAR



“ESTRUCTURACIÓN DEL PROYECTO DE DISEÑO Y  
OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO DE  
LOS PARQUES ECOTURÍSTICOS DE LA CORPORACIÓN  
AUTÓNOMA REGIONAL CAR”

CONTRATO CAR 1714 DE 2021

DOCUMENTO TÉCNICO DEL PROYECTO



**CONSPRO INGENIERÍA S.A.S**  
2021-07-23

## Tabla de contenidos

---

<b>Glosario:</b> .....	4
<b>Resumen ejecutivo:</b> .....	5
<b>1. Introducción:</b> .....	6
<b>2. Generalidades:</b> .....	8
2.1 Nombre del proyecto:.....	8
2.2 Objetivos: .....	8
2.3 Metodología de trabajo .....	8
2.4 Tipo de proyecto:.....	9
2.5 Datos técnicos recopilados para el proyecto: .....	9
2.6 Redes de energía: .....	29
2.7 Recopilación del Marco Normativo y Regulatorio .....	32
<b>3. Análisis técnico:</b> .....	33
3.1 Recomendaciones Generales: .....	33
3.2 Recopilación y análisis de la información:.....	35
3.3 Descripción de alternativas:.....	36
3.3.1 Descripción general: .....	36
3.3.2 Descripción para cada uno de los parques: .....	39
<b>4. Conclusiones:</b> .....	117

## Glosario:

**Acometida:** Cable de derivación que parte de la red de distribución del concesionario (punto de entrega o empalme) hasta el inicio del sistema de medición (bornes de entrada de la caja de conexión o la caja de toma).

**Baja tensión (BJ):** Las redes BT se encuentran diseñadas para asumir cargas de 220 voltios.

**Conexiones monofásicas:** Conjunto de elementos para suministrar energía eléctrica a través de dos fases (R,S)

**Conexiones trifásicas:** Conjunto de elementos para suministrar energía eléctrica a través de tres fases (R,S,T)

**Depreciación lumínica:** disminución de la emisión luminosa durante el transcurso de la vida útil de una fuente luminosa.

**Deslumbramiento:** Sensación causada por un grado de luminancia superior a la adaptación en el campo visual de una persona.

**Eficacia luminosa de una fuente:** relación entre el flujo luminoso total emitido por una fuente luminosa (luminaria) y la potencia de esta.

**Eficiencia de una luminaria:** relación de flujo luminoso, en lúmenes, emitido por una luminaria y el emitido por las luminarias.

**Inspección:** Actividad de carácter técnico, la cual se registra el estado general de los elementos de la conexión y del sistema de medición.

**Luminarias:** Es el término utilizado como referencia a una unidad completa de iluminación que consiste o está conformado por la lámpara(s), balastro(s), así como de otros componentes y partes diseñadas para distribuir la luz, proteger y colocar las lámparas y conectarlas al suministro de energía.

**Media Tensión (MT):** Las redes MT se encuentran diseñadas para asumir cargas de 1000 y 2000 voltios.

**Temperatura de la luz:** La temperatura de color se mide en grados Kelvin (K) e indica de qué "color" es la luz proporcionada por una luminaria.

**Vatios (W):** La unidad de medida de la energía eléctrica. Mide la energía eléctrica disfrutada en un tiempo determinado.

**Voltios (V):** Es la unidad de medida que representa el potencial eléctrico, tensión eléctrica y fuerza electromotriz. Una medida de la eléctrica que mide el potencial de energía que un determinado circuito eléctrico puede proporcionar.

**Watt:** Unidad de energía eléctrica. Las lámparas se clasifican en watts para indicar su consumo de energía. La energía consumida a través del tiempo es igual a la energía utilizada.

### Resumen ejecutivo:

Bajo la delegación de funciones relacionadas con la conservación del medio ambiente, la biodiversidad, el patrimonio cultural colombiano y la calidad en la prestación de los servicios ecoturísticos de las zonas bajo la jurisdicción de la CAR, el presente documento consolida las acciones emprendidas para el cumplimiento de las políticas públicas enfocadas en el mejoramiento de la infraestructura y el ornato público existente.

Las cuales establecen, la necesidad de consolidar proyectos sostenibles que permitan continuar con la prestación de servicios públicos básicos como el alumbrado, en zonas ecoturísticas con alta afluencia de población; y como respuesta a las estrategias relacionadas con la prestación de servicios recreativos, ocupación del tiempo libre y la vinculación de los ciudadanos con la naturaleza.

Es por lo anterior, que el proyecto **“Estructuración del proyecto de diseño y optimización del sistema de alumbrado público de los parques ecoturísticos de la Corporación Autónoma Regional - CAR”**, tiene como finalidad, la consolidación y propuesta de una alternativa, resultado de la ejecución del contrato de consultoría No. 1714 DE 2021, realizada por la firma consultora CONSPRO INGENIERÍA S.A.S, para la resolución la problemática que nace de los impactos negativos a causa de la baja luminosidad de los parques ecoturísticos en los horarios con ausencia de iluminación natural.

De esta forma, el documento consolida su desarrollo bajo una estructura que parte de la caracterización de las generalidades del proyecto, el planteamiento del problema, la identificación de las necesidades y finaliza, con la descripción de la alternativa propuesta, junto con sus respectivos estudios y diseños técnicos.



## 1. Introducción:

Bajo la expedición de la ley 99 de 1993, la cual delega funciones a las corporaciones autónomas regionales como entidades territoriales encargadas de la protección y recuperación de áreas naturales con potencial para la conservación de la biodiversidad, gestión del medio ambiente, recursos naturales y la prestación de diversos servicios a los ciudadanos, nace el marco de políticas públicas de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR, las cuales, teniendo en cuenta el principio de sostenibilidad y cumplimiento de la normativa colombiana, ha desarrollado planes de adecuación urbanística en zonas naturales, construcción de infraestructura y dotación de ornato público en un área de 18.658 km<sup>2</sup> de jurisdicción.

Estos planes de adecuación, comprenden diez (10) cuencas hidrográficas de segundo orden (Ríos Bogotá, Negro, Sumapaz, Seco y otros directos al Magdalena, Alto Suárez, Medio y Bajo Suárez, Carare (Minero), Garagoa (Machetá), Guavio y Blanco – Negro Guayuriba) y 6 parques ecoturísticos (Parque Ecoturístico Río de Neusa, Embalse Neusa, Juan Pablo II, Laguna del Cacique Guatavita y embalse El Hato); Distribuidos en 105 municipios, 98 pertenecientes al departamento de Cundinamarca, 6 al departamento de Boyacá (Buenavista, Caldas, Chiquinquirá, Ráquira, Saboya y San Miguel de Sema) y la zona rural de Bogotá Distrito Capital.

Teniendo en cuenta lo anterior, la CAR en el desarrollo de su misión, ha integrado como eje central a sus políticas de conservación, la construcción de estructuras que respondan a agendas de sostenibilidad como los Objetivos para el Desarrollo Sostenible, específicamente en las metas relacionadas con la vida de ecosistemas terrestres, acción por el clima, energía asequible y no contaminante. Estableciendo una agenda institucional que pueda integrar a su visión y estructura de funcionamiento, la oferta de actores tanto públicos como privados, para la atención de las necesidades de cada área natural, la prestación de servicios públicos de calidad y eficiencia a favor del medio ambiente e integración del desarrollo urbanístico en las necesidades estructurales de zonas con afluencia constante de personas, como lo son los parques ecoturísticos.

De acuerdo con el Plan de Acción 2020 – 2023, el plan de Gestión Ambiental Regional PGAR 2020 – 2023 y su articulación con los planes de desarrollo a nivel nacional, departamental y municipal, la CAR han consolidado en los últimos años, una línea de política pública enfocada en la eficiencia energética por medio de la articulación de líneas estratégicas como “La innovación social e identidad regional”, la cual recoge el reconocimiento de iniciativas novedosas a planteamientos, procesos y resolución de alto impacto a problemas de afectación común a numerosos sectores de la población. Buscado resaltar la necesidad de vincular sistemas de iluminación que permitan visibilizar la identidad regional, elementos culturales que diferencian a la región, y la competitividad de parques ecoturísticos en la oferta de turismo y recreación nacional; la línea estratégica “Protección y uso sostenible de los elementos naturales con expresión territorial”,

la cual ha visibilizado que, en la operación actual del sistema de alumbrado en los parques ecoturísticos, se han identificado estructuras existentes con elementos que incumplen con los parámetros de funcionalidad y sostenibilidad ambiental, los cuales contribuyen a problemas relacionados con riesgos ambientales, cambio climático, seguridad, calidad y eficiencia del servicio.

Adicionalmente, la planificación de los parques presenta una ventaja comparativa, gracias a su oferta de espacios bioseguros para la reactivación social, que cumplan con los requerimientos sanitarios y que garanticen la no proliferación de contagios por el virus SARS-COV-2. Este factor es determinante puesto que, la infraestructura existente de los parques ecoturísticos de la CAR cuenta con el potencial para la prestación de servicios recreativos acordes con necesidades de autocuidado como el distanciamiento social y circulación efectiva del aire, prestando en sus horarios de ausencia de iluminación natural, una experiencia de alumbrado enfocado en resaltar el valor único de los parques, la garantía de seguridad por medio de la iluminación de senderos y espacios estratégicos y el direccionamiento del servicio a la sostenibilidad y eficiencia energética.

Conscientes de lo anterior, la CAR, adelantó por medio de la contratación de la suscripción del contrato de consultoría No. 1714 de 2021 cuyo objeto es *“Estructuración del proyecto de diseño y optimización del sistema de alumbrado público de los parques ecoturísticos de la Corporación”*. *durante la ejecución de la fase de diagnóstico de la infraestructura existente, de los parques ecoturísticos Neusa, Rio Neusa, Juan Pablo II, Sopó, Guatavita y el Hato de propiedad de la Corporación Autónoma Regional – CAR” la estructuración del proyecto, a través de la firma consultora CONSPRO INGENIERÍA S.A.S., generando el estudio técnico de parques ecoturísticos en concordancia con lo establecido por la CAR, la normativa y reglamentación existente.*

Bajo el proceso anterior, el presente documento, recopila los resultados y análisis de la infraestructura existente, los diseños previos, visitas técnicas, sesiones de trabajo y presentación de propuestas al equipo de trabajo de la CAR, con la finalidad de consolidar a nivel de desarrollo con ingeniería a detalle, la propuesta de solución a la necesidad de iluminación de vías, plazoletas, parques, senderos y en general la iluminación de espacios de libre circulación que garantice el fortalecimiento de la seguridad, productividad, calidad en la prestación de los servicios turísticos bajo los enfoques de sostenibilidad, eficiencia energética y modernización de los sistemas de alumbrado existentes, teniendo en cuenta los valores culturales y naturales que diferencian al territorio bajo la jurisdicción de la CAR, de las demás zonas con interés turístico colombiano.

Es así, como para la descripción de la propuesta, se partirá de la identificación del proyecto a partir de la descripción de las generalidades del territorio, el análisis de la infraestructura actual producto de la evaluación técnica del inventario de estructuras existentes, la identificación de oportunidades de mejora y la identificación de la necesidad del proyecto, el desarrollo técnico del mismo por medio de la descripción de los diseños y estudios de ingeniería a detalle.

## 2. Generalidades:

### 2.1 Nombre del proyecto:

Estructuración del proyecto de diseño y optimización del sistema de alumbrado público de los parques ecoturísticos de la Corporación Autónoma Regional – CAR: Parque ecoturístico Río Neusa, Embalse Neusa, Juan Pablo II, Puente Sopó, Laguna Cacique Guatavita y Embalse El Hato.

### 2.2 Objetivos:

**Objetivo General:** Realizar obras de modernización y mejoramiento de los sistemas de iluminación en los parques ecoturísticos: Río Neusa, Embalse Neusa, Juan Pablo II, Puente Sopó, Laguna Cacique Guatavita y Embalse El Hato.

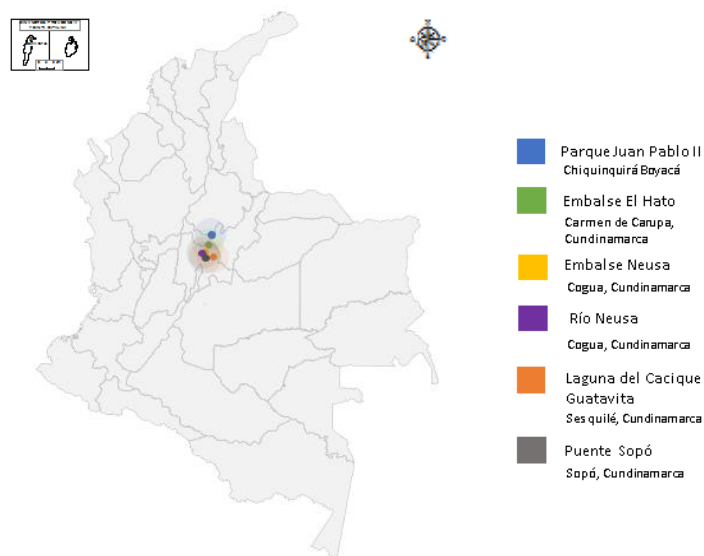
### Objetivos específicos:

1. Presentar los resultados de las inspecciones técnicas frente a la necesidad de mejoramiento de la infraestructura actual.
2. Consolidar los resultados en un diagnóstico técnico del proyecto.
3. Presentar la alternativa de proyecto con sus respectivos estudios y diseños.

### 2.3 Metodología de trabajo

Para el desarrollo del diagnóstico eléctrico y de iluminación, durante el mes de julio de 2021, el equipo técnico realizó una serie de visitas de inspección a los parques ecoturísticos en supervisión de la administración de la CAR, con necesidades de mejoramiento al servicio de iluminación, los cuales se detallan geográficamente en seis (6) zonas operativas a continuación:

### Imagen 1. Caracterización geográfica de los parques:



Fuente: elaboración propia

Producto de la actividad, se presentó a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca -CAR- un documento de diagnóstico en el que se realizó un resumen de los principales hallazgos en las respectivas inspecciones.

Documento adjunto al presente estudio, mediante el Anexo 1. denominado *Informe de recopilación y análisis de infraestructura existente de alumbrado público de los parques ecoturísticos Neusa, Rio Neusa, Juan Pablo II, Puente Sopó, Guatavita y el Hato de propiedad de la Corporación Autónoma Regional -CAR.* y considerado parte integral del mismo, en donde se encuentran las alternativas de solución preliminares, las cuales fueron consideradas en mesas de trabajo conjuntas que permitieron enfocar la selección de la alternativa con el mayor impacto, factibilidad y cumplimiento del objeto del presente proyecto.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, bajo el presente documento, se detalla con estudios y diseños la alternativa de proyecto seleccionada, partiendo de la consideración de las características que influyen directamente en el proyecto y la descripción técnica general de la acción, junto con las acciones detalladas para cada uno de los parques ecoturísticos que se encuentran bajo la jurisdicción de la CAR.

#### 2.4 Tipo de proyecto:

El proyecto de alumbrado público responde a los requerimientos técnicos para la iluminación de vías, plazoletas, alamedas, parques, andenes, senderos, espacios relacionados con zonas históricas o naturales de conservación y otros espacios que por sus características represente un interés para el desarrollo de actividades en el parque. Con respecto a la magnitud, el proyecto presenta puntos luminosos, estructuras y otros elementos requeridos para la optimización del sistema distribuidos en las áreas correspondientes a los 6 parques ecoturísticos.

Lo cual, permite categorizar al proyecto como una iniciativa de magnitud alta, al considerar el beneficio de iluminación para el desarrollo de actividades en ausencia de la iluminación natural, la oportunidad de extender en actividades y horarios de funcionamiento frente a los que se presentan actualmente y el beneficio en términos de calidad visual para operarios y visitantes de las áreas priorizadas.

#### 2.5 Datos técnicos recopilados para el proyecto:

El presente componente detalla la descripción general de las zonas a intervenir, por medio de los campos de generalidades, análisis técnico, caracterización geográfica que puede interferir con la construcción de infraestructura y redes, identificación de necesidades, fauna y flora presente en las zonas de iluminación, entre otras variables resultado de la consultoría técnica.

Estas se encuentran descritas para cada uno de los parques ecoturísticos como se muestra a continuación:

## Parque Ecoturístico Embalse de Neusa:



### **Generalidades:**

El parque del Embalse de Neusa, es un territorio con una extensión total de 4.600 hectáreas, y aproximadamente 75.27% de cobertura vegetal, la cual le permite desarrollar una diversidad de ecosistemas y paisajes naturales únicos característicos el patrimonio inmaterial colombiano.

Este territorio cuenta con un embalse artificial homogéneo, es decir, compuesto por rebebo compactado de 46 metros de altura, ubicado en un 95% en el municipio de Tausa, departamento de Cundinamarca.

Gracias a su infraestructura, este permite regular el caudal del Río Bogotá, el Río Neusa, así como, de abastecer del recurso hídrico a los municipios de Cogua y Zipaquirá.

El parque Embalse de Neusa, es un territorio con una extensión de 3.700 hectáreas cubiertas por fauna y flora local entre las que se destacan individuos arbóreos pertenecientes a la familia de los pinos, eucalipto, entre otras especies nativa, y un embalse de 900 hectáreas con diversidad de especies acuáticas como la trucha arcoíris.

### **Localización:**

El parque se encuentra ubicado en la cordillera oriental, en el municipio de Cogua, departamento de Cundinamarca, entre las coordenadas 5.108778, - 73.968983, en una zona a 57 kilómetros al noroccidente de la ciudad de Bogotá.

### **Clima:**

El territorio presenta unas temperaturas promedio entre los 10 y 23 grados centígrados.

Con respecto al brillo solar, la zona se caracteriza por horas promedio de sol 5.4 horas por día, los demás meses, por su concentración de nubosidad, presentan un promedio de 3.3 horas por día.

### Hidrografía:

Los principales afluentes del embalse son:

- El Río cubillos, el cual desciende del Páramo de Guerrero.
- El Río Siguatoque, el cual se conforma gracias a las quebradas El salitre, El Tronco, y los Ajo.
- Quebrada Guanquica, la cual desciende de la cordillera de Guanquica.
- Quebrada El Chochal, la cual desciende de la cordillera de Guanquica.
- Quebrada Llano Chiquito, la cual desciende de la cordillera de Guanquica.

Los periodos de precipitación se encuentran distribuidos en dos periodos, el primero se encuentra entre los meses de abril a junio, mientras que el segundo comprende el periodo entre octubre y noviembre, mientras que los periodos con menor precipitación se encuentran en el periodo entre los meses de diciembre y enero.

### Biodiversidad:

El embalse presenta las siguientes especies de flora y fauna:

#### Flora:

- |  |  |
|--|--|
| • Hesperomeles gouditinaa, (mortiño)               | • Centronia brachycera (Tuno Roso)     |
| • Macleania rupestris (Uva camarona)               | • Piper Bogotense (Cordoncillo)        |
| • Weinmannia sp. (encenillo)                       | • Xylosma spiculifera (Corono)         |
| • Chusquea Scandens (Chusque)                      | • Almus Acuminata (Aliso)              |
| • Oreopanax sp. (mano de oso)                      | • Baccharis sp. (Chilco)               |
| • Diplosteshium rosmarinifolios (romero de páramo) | • Vallea Stupularis (Raque)            |
| • Miconia sp (Tuno)                                | • Puya sp. (puya)                      |
| • Boconia Frutescents (trompeto)                   | • Individuos de la familia bromeliceae |
|  | • Pinus patula como cerco vivo         |
|  | • Digitalis purpurea (Campanitas)      |
|  | • Teline Monspessulana (retamo liso)   |

#### Fauna:

- |             |                         |
|-------------|-------------------------|
| • Guache    | • Colibríes             |
| • Comadreja | • Mirlas negras         |
| • Conejo    | • Carpinteros           |
| • Fara      | • Pava andina           |
| • Borugos   | • Picogrueso dorsinegro |

- Lagarto de collarajo
- Torcaza
- Lechuza
- Tache

### **Ecosistemas estratégicos:**

El territorio del Embalse de Neusa, es una llanura, característica de los territorios pertenecientes a la sabana de Bogotá.

Entre la geografía característica de la zona, se encuentran los accidentes de escasa elevación de La Vieja, Rodamontal y Santa Rosa.

Si bien es cierto que sus ecosistemas son propios de la Sabana de Bogotá, la creación de un ecosistema hídrico artificial le permite a la zona, ampliar su variedad de biodiversidad, tanto en su fauna y flora, gracias a las formaciones hídricas que promueven sistemas naturales característicos de la zona.

### **Ingresos del parque:**

Según la resolución DGEN No. 20207100828 del 3 de junio de 2020, el parque percibe ingresos por las siguientes actividades:

- Ingreso de visitantes
- Alojamiento en cabañas
- Parqueadero de vehículos
- Servicio de camping
- Derecho de uso de embarcadero
- Derecho de pesca
- Uso del parque con fines cinematográficos
- Alquiler de parrillas
- Alquiler del aula ambiental
- Uso del espacio

### **Geología:**

Al ser una zona ubicada en las cuencas sedimentarias de Colombia, la geología del territorio se encuentra caracterizada por las siguientes formaciones:

- Formación Chipaque
- Grupo Guadalupe
- Grupo Guadalupe: Formación Arenisca Dura
- Grupo Guadalupe: Formación Plaeners
- Grupo Guadalupe: Formación Arenisca Labor
- Grupo Guadalupe: Formación Arenisca Tierna
- Formación Guaduas
- Depósitos Cuaternarios
- Formación Bogotá

### **Conformación paisajística**

El paisaje de la región le permite al parque contar con zonas de páramo sub-Andino, Bosques húmedos.

### **Descripción de las áreas por iluminar:**

Las áreas del parque ecoturístico Embalse Neusa se encuentran en los bordes del embalse, específicamente en vías, senderos, infraestructura ecoturística y zonas verdes.

**Iluminación requerida:**

Teniendo en cuenta los valores naturales de cada una de las zonas y las actividades desarrolladas, la iluminación actual a ser Sodio y/o mercurio, reduce la calidad en la apreciación de los colores, de igual forma, el color de la iluminación no corresponde a las necesidades de calidez que permiten la menor afectación a los ecosistemas presentes en las zonas de influencia del proyecto. Con base en lo anterior, se ha identificado como necesidad, luminarias que permitan proyectar una luz cálida, con un índice de reproducción cromática (RA) o (CRI) % superior a 90 y una clase de iluminación según la normativa RETILAP, corresponde al tipo C3.

Finalmente, al presentarse estructuras con la necesidad de generar proyecciones, se requiere de un flujo luminoso acorde con las especificaciones técnicas de cada estructura.

**Sistemas de iluminación actuales:**

El sistema de alumbrado del parque embalse Neusa, requiere de atención y mantenimiento de sus estructuras relacionadas con el alumbrado público, de las zonas analizadas, se han identificado 5 transformadores, un tablero de medida, con fuentes de iluminación correspondiente a los materiales de sodio y mercurio, las cuales se encuentran obsoletas y presentan un riesgo climático en los procesos de disposición y restiro, como en el consumo energético.

**Tipo de postería y red eléctrica:**

Actualmente el sistema cuenta con una postería con materiales de metal, madera y concreto, siendo la madera un foco de riesgos por su velocidad de degradación y el riesgo de flamabilidad ante posibles fallas eléctricas o propagación del fuego.

**Área de iluminación:**

El parque presenta un déficit de iluminación, a causa de la baja cobertura lumínica para el desarrollo de actividades, esto se debe a los casos de luminarias que presentan daños, inexistencia de componentes o materiales como el sodio y el mercurio, causantes de una baja área de luminosidad.

**Consumo de energía:**

Teniendo en cuenta que en la estructura actual presenta luminarias en sodio y mercurio con un consumo aproximado de 70w y 125w respectivamente, se puede determinar que el sistema en funcionamiento en condiciones ideales presenta un gasto energético y una eficiencia baja.

## Parque Ecoturístico Río de Neusa:



### **Generalidades:**

El área que compone al parque del Río Neusa, es un ecosistema centrado en un paso de agua que permite la abundancia de ecosistemas propicios para la observación de especies y la recreación de visitantes que encuentran en los ambientes naturales, diferentes tipos de bienestar.

Este territorio se encuentra bajo la jurisdicción de la CAR, desde el año 1981, adicionalmente, cuenta con 18 hectáreas caracterizadas por su valor natural, que le permite ser un potencial ecoturístico en la región.

### **Localización:**

El parque se encuentra en la Cordillera Oriental a 57 kilómetros al noroccidente de la Sabana de Bogotá, en jurisdicción de los municipios de Cogua y Tausa.

### **Clima:**

La temperatura es en promedio en el parque es de 10 y 23 grados centígrados.

### **Hidrografía:**

Los meses con menor precipitación corresponden a diciembre y enero, mientras que los meses con mayor precipitación son los periodos entre abril y junio y octubre y diciembre.

### **Biodiversidad:**

El parque presenta las siguientes especies de flora y fauna:

#### Flora:

- Mortiño
- Uva Camarona
- Encenillo
- Chusque
- Mano de oso
- Romero de páramo

- Tuno
- Trompeto
- Tuno roso
- Cordoncillo
- Corono
- Aliso
- Chilco
- Raque
- Puya
- Pinus patula
- Campanitas
- Retamo Liso

### **Fauna:**

Entre las especies de fauna se encuentran en total 402 especies identificadas, distribuidas entre los grupos de especies de aves (310), mamíferos (47), reptiles (19), anfibios (15) y peces (11)

### **Conformación paisajística:**

El paisaje de la región le permite al parque contar con zonas de páramo sub-Andino, Bosques húmedos.

y la infraestructura para el desarrollo de actividades de camping, aula ambiental, juegos infantiles y biosaludables, cancha de voleibol en césped, asadores, lago y laberinto de piedra.

### **Descripción de las áreas por iluminar:**

Las áreas del parque ecoturístico Río Neusa se encuentran específicamente en vías, senderos, zonas comunes como plazoletas y zonas verdes.

### **Iluminación requerida:**

Teniendo en cuenta los valores naturales de cada una de las zonas y las actividades desarrolladas, la iluminación actual a ser Sodio y/o mercurio, reduce la calidad en la apreciación de los colores, de igual forma, el color de la iluminación no corresponde a las necesidades de calidez que permiten la menor afectación a los ecosistemas presentes en las zonas de influencia del proyecto.

Con base en lo anterior se ha identificado como necesidad, luminarias que permitan proyectar una luz cálida, con un índice de reproducción cromática (RA) o (CRI) % superior a 90 y una clase de iluminación según la normativa RETILAP, corresponde al tipo C3.

Finalmente, al presentarse estructuras con la necesidad de generar proyecciones, se requiere de un flujo luminoso acorde con las especificaciones técnicas de cada estructura.

### **Sistemas de iluminación actuales:**

El sistema de alumbrado del parque Río Neusa, requiere de atención y mantenimiento de sus estructuras relacionadas con el alumbrado público, de las zonas analizadas, en la inspección inicial se han identificado un transformador junto con un tablero de medida, senderos ecoturísticos con faroles ornamentales que, por su desgaste y visibilidad en su falta de mantenimiento, afecta negativamente el valor visual de las estructuras.

### **Tipo de postería y red eléctrica:**

Actualmente el sistema cuenta con una postería con materiales de metal y concreto, destacando en las estructuras de metal diseños que juegan con el diseño y construcción de los senderos.

Sin embargo, ante la falta de mantenimiento, las estructuras presentan un desgaste visible, causante del agotamiento anticipado de la vida útil de los elementos y el aumento de riesgos en la manipulación directa e indirecta de estos.

### **Área de iluminación:**

El parque presenta un déficit de iluminación, a causa de la baja cobertura lumínica para el desarrollo de actividades, esto se debe a los casos de luminarias que presentan daños, inexistencia de componentes o materiales como el sodio y el mercurio, causantes de un bajo rendimiento de colores en zonas en donde esta característica es prioritaria.

### **Consumo de energía:**

Teniendo en cuenta que en la estructura actual presenta luminarias en sodio y mercurio con un consumo aproximado de 250w/70w y 125w respectivamente, por lo cual se puede determinar que, el sistema en funcionamiento en condiciones ideales presenta un gasto energético y una eficiencia baja.

### **Parque Ecoturístico de Juan Pablo II:**



### **Generalidades:**

El parque se encuentra inmerso en los contextos históricos religiosos de la región, tras la visita del papa Juan Pablo II, se crea en 1986 el parque en su memoria de su visita.

Gracias a este valor natural y cultural, el parque es un destino turístico religioso.

Cuenta con una extensión total de 30 hectáreas que comprende una biodiversidad tanto en su fauna como en su flora.

**Localización:**

El parque se encuentra localizado en el casco urbano el municipio de Chiquinquirá, departamento de Boyacá, a unos 2556 msnm.

Este se encuentra situado, en el valle del Río Suárez, a 134 kilómetros de la ciudad de Bogotá.

**Clima:**

La temperatura promedio del parque se encuentra entre los 12 a 18 grados centígrados.

**Hidrografía:**

El parque cuenta con una influencia hídrica de los páramos de Telecom – Merchán, donde nacen dos quebradas: la raya y Cantoco; el pozo de las golondrinas, entre otros nacimientos de agua dispuestos en las zonas rurales del municipio.

Los principales afluentes son las Quebradas de María Ramos y Quindión, los Ríos Suarez y Chiquinquirá.

**Biodiversidad:**

El parque presenta las siguientes especies de flora y fauna:

Flora:

- Tuno Esmeraldo
- Arrayán
- Encenillo

Fauna:

- |                  |                 |
|------------------|-----------------|
| • Armadillos     | • Ratones       |
| • Güaches        | • Pavas         |
| • Faras          | • Tucanes       |
| • Musarañas      | • Loros         |
| • Halcones       | • Carpinteros   |
| • Águilas reales | • Polla de agua |

**Ingresos del parque:**

El parque presenta ingresos por las siguientes actividades:

- Ingreso de visitantes.
- Parqueadero de vehículos
- Alquiler de quioscos

- Alquiler de parrillas.

### **Geología:**

El parque se encuentra influenciado por cuatro zonas morfológicas que componen al municipio de Chiquinquirá de la siguiente manera:

La zona occidental se caracteriza por presentar pendientes abruptas y profundos valles con drenaje dendrítico a sub-dendrítico; la zona central está caracterizada por relieve plano formado por el relleno cuaternario, con drenaje paralelo; la zona oriental está conformada por valles y colinas suaves con drenaje sub-paralelo; y la zona suroriental corresponde a un área montañosa de relieve moderado a fuerte, con drenaje sub-paralelo a paralelo

### **Conformación paisajística**

Los paisajes urbanos que componen al parque presentan una perspectiva ligada a conservación de las costumbres sociales, religiosas y de infraestructura clásica del municipio.

### **Descripción de las áreas por iluminar:**

Las áreas del parque ecoturístico Juan Pablo Segundo se encuentran específicamente en monumentos, senderos, lagos artificiales, zonas comunes como plazoletas, vías y zonas verdes.

### **Iluminación requerida:**

Teniendo en cuenta los valores naturales de cada una de las zonas y las actividades desarrolladas, la iluminación actual a ser Sodio y/o mercurio, reduce la calidad en la apreciación de los colores, de igual forma, el color de la iluminación no corresponde a las necesidades de calidez que permiten la menor afectación a los ecosistemas presentes en las zonas de influencia del proyecto.

Con base en lo anterior se ha identificado como necesidad, luminarias que permitan proyectar una luz cálida, con un índice de reproducción cromática (RA) o (CRI) % superior a 90 y una clase de iluminación según la normativa RETILAP, corresponde al tipo C3.

Finalmente, al presentarse estructuras con la necesidad de generar proyecciones, se requiere de un flujo luminoso acorde con las especificaciones técnicas de cada estructura.

### **Sistemas de iluminación actuales:**

El sistema de alumbrado del parque Juan Pablo Segundo, requiere de atención y mantenimiento de sus estructuras relacionadas con el alumbrado público, de las zonas analizadas en la inspección inicial, se han identificado sistemas de iluminación compuestos por 7 transformadores, 32 tableros de medida y 2 cajas de paso.

Los sistemas de iluminación cuentan con un riesgo derivado de cableado eléctrico descubierto en zonas con ausencia de luminarias o proyectores, si bien

es cierto que en la actualidad estas se encuentran sin paso de energía, estas presentan un riesgo para los visitantes, operarios e incluso para la fauna del parque.

**Tipo de postería y red eléctrica:**

Actualmente el sistema cuenta con una postería con material de concreto, sin embargo, ante la falta de funcionamiento de las luminarias, se evidencia una percepción negativa del parque a causa de la falta de mantenimiento de estos.

**Área de iluminación:**

El parque presenta un déficit de iluminación, a causa de la baja cobertura lumínica para el desarrollo de actividades, esto se debe a los casos de luminarias que presentan daños, inexistencia de componentes o materiales como el sodio y el mercurio, causantes de un bajo rendimiento de colores en zonas en donde esta característica es prioritaria.

**Consumo de energía:**

Teniendo en cuenta que en la estructura actual presenta luminarias de doble propósito con un consumo promedio de 70 150 y 400 vatios, por lo cual se puede determinar que, el sistema en funcionamiento en condiciones ideales presenta un consumo energético alto y una eficiencia baja, con respecto a otras tecnologías de iluminación.

**Parque Ecoturístico Puente Sopó:**



**Generalidades:**

El parque Puente Sopó, es un atractivo ubicado en el municipio de Sopó, Cundinamarca. Gracias a su sistema de suelo de montaña, se evidencia el relieve típico de los ecosistemas naturales de la sabana de Bogotá, lo que

permite el desarrollo de espacios de bienestar y avistamiento natural en el municipio.

**Localización:**

El parque se encuentra ubicado a 39 kilómetros al norte de Bogotá, en una de las faldas de la cordillera oriental.

El parque presenta una altitud de 2.585 msnm.

**Clima:**

El parque presenta una temperatura promedio de 13 grados centígrados y una altura sobre el nivel del mar de 2.587 metros.

La humedad promedio es de aproximadamente 78.25%

Mientras que el promedio de brillo solar se encuentra en promedio en 114.78 horas mensuales.

**Hidrografía:**

El parque cuenta con la influencia hídrica de los siguientes cuerpos de agua:

- Quebrada cedro alto
- Quebrada Padre Jesús
- Quebrada Santa Helena
- Río Teusaca
- Río Bogotá

**Biodiversidad:**

El parque presenta una presencia de más de 695 registros de especies presentes en el municipio de Sopó, pertenecientes a los grupos de aves (527), insectos (20), anfibios (2), mamíferos (1), entre los que se destacan:

- Liebres
- Golondrinas
- Mirlas
- Armadillos

Mientras que en los registros flora se encuentran 145 registros de especies, entre los que se destacan:

- Mora silvestre
- Manzano
- Uva comamora
- Uva de anís
- Romero
- Hayuelo

**Ecosistemas estratégicos:**

Los ecosistemas terrestres que se evidencian en el territorio son el sub-páramo y el bosque alto andino, gracias a sus condiciones climáticas y biológicas, el

territorio cuenta con las condiciones para el desarrollo de sistemas naturales únicos del municipio.

Aportando una gran biodiversidad en el territorio colombiano por su alta concentración de aves.

Del mismo modo al presentarse ecosistemas relacionados con los páramos, este se encuentra influenciado por diversas fuentes de agua, las cuales, promueven el crecimiento de flora y fauna.

### **Geología:**

El parque presenta una influencia de suelo del municipio de Sopó, el cual se encuentra compuesto principalmente por dos tipos de subsuelo o corteza terrestre, en su primer grupo se comprenden los materiales de: Arcillas, turbas y arcillas arenosas; mientras que el segundo grupo se encuentra compuesto por: shales, Calizas fosforitas, cherts y cuarzo de arenita.

### **Conformación paisajística**

El paisaje se caracteriza por la presencia de vegetación tipo arbustiva y de mediana altura en su mayoría, al presentar páramos en su ecosistema la zona cuenta con la oportunidad de brindar el avistamiento de plantas con alto valor natural para el territorio colombiano, como lo son los frailejones.

Si bien es cierto que sus características físicas de llanuras, entre otras características de la sabana de Bogotá, el parque presenta la oportunidad de brindar vistas a formaciones y accidentes de roca que agregan un matiz natural, a la experiencia en el municipio.

### **Descripción de las áreas por iluminar:**

Las áreas del parque ecoturístico Puente Sopó se encuentran específicamente en senderos, zonas comunes como plazoletas, vías y zonas verdes.

### **Iluminación requerida:**

Teniendo en cuenta los valores naturales de cada una de las zonas y las actividades desarrolladas, la iluminación actual a ser Sodio y/o mercurio, reduce la calidad en la apreciación de los colores, de igual forma, el color de la iluminación no corresponde a las necesidades de calidez que permiten la menor afectación a los ecosistemas presentes en las zonas de influencia del proyecto.

Con base en lo anterior se ha identificado como necesidad, luminarias que permitan proyectar una luz cálida, con un índice de reproducción cromática (RA) o (CRI) % superior a 90 y una clase de iluminación según la normativa RETILAP, corresponde al tipo C3.

Finalmente, al presentarse estructuras con la necesidad de generar proyecciones, se requiere de un flujo luminoso acorde con las especificaciones técnicas de cada estructura.

### **Sistemas de iluminación actuales:**

El sistema de alumbrado del parque Puente Sopó, requiere de atención y mantenimiento de sus estructuras relacionadas con el alumbrado público, de las zonas analizadas en la inspección inicial, se han identificado sistemas de iluminación compuestos por un transformador, una motobomba y 25 cajas de inspección.

Los sistemas de iluminación cuentan con un riesgo derivado de la falta de atención en la infraestructura existente, la cual genera una percepción de inseguridad y falta de atención en la calidad del servicio del parque al presentar zonas con baja o ninguna iluminación artificial.

**Tipo de postería y red eléctrica:**

Actualmente el sistema cuenta con una postería con material de concreto.

**Área de iluminación:**

El parque presenta un déficit de iluminación, a causa de la baja cobertura lumínica para el desarrollo de actividades, esto se debe a los casos de luminarias que presentan daños, inexistencia de componentes o materiales como el sodio y el mercurio, causantes de un bajo rendimiento de colores en zonas en donde esta característica es prioritaria.

**Consumo de energía:**

Teniendo en cuenta que en la estructura actual presenta luminarias de sodio con un consumo promedio de 70w, 150w, 400w, por lo cual se puede determinar que, el sistema en funcionamiento en condiciones ideales presenta un consumo energético alto y una eficiencia baja, con respecto a otras tecnologías de iluminación.

## Parque ecoturístico Laguna del Cacique Guatavita:



### **Generalidades:**

El Parque Laguna de Guatavita, presenta un valor inmaterial colombiano, gracias a dos factores principales, el primero se encuentra caracterizado por el valor natural que presenta el territorio por sus paisajes naturales, mientras que el segundo, se destaca por el patrimonio histórico que presenta el parque Laguna de Guatavita, este se caracteriza por representar el legado de las culturas precolombinas que narran historias transmitidas culturalmente como la leyenda del Dorado.

El parque cuenta con un área de 613 hectáreas.

### **Localización:**

El parque se encuentra a 57 kilómetros al norte de la ciudad de Bogotá y su jurisdicción se encuentra en el municipio de Sesquilé.

### **Clima:**

El clima promedio es de 9 a 10 grados centígrados.

Según los datos de precipitación, la zona cuenta con lluvias anuales correspondientes a los 830mm

Los meses más lluviosos corresponden a los meses entre marzo y junio, y septiembre a noviembre; mientras que los periodos con la menor concentración de lluvias corresponden al periodo de julio a agosto y diciembre a febrero.

Por último, se puede destacar que el brillo solar de la zona es en promedio un valor máximo anual es de 1.353.4 horas.

### **Hidrografía:**

El parque hace parte de la hoya hidrográfica del Río Bogotá, bajo la influencia de la subcuenca de la laguna, la cuenca del Sisga, Río Aves y las quebradas de Chuscales y Corales.

El parque se encuentra influenciado por las reservas hídricas de las tres viejas, la Gloria, Peña Blanca, Laguna de Guatavita, La Chucua, La Chorrera, Cerro de Pan de Azúcar, Cruz Verde, San Antonio y Careperro.

Adicionalmente el parque se encuentra beneficiado por la influencia del Río San Francisco y La Quebrada Santaferreña.

### **Biodiversidad:**

A diferencia de los demás parques naturales, la fauna en este parque es escasa, esto debido a la afluencia de visitantes y el desarrollo de sus actividades en el parque, sin embargo, entre las especies de fauna registradas se encuentran:

- Zorros
- Ratones
- Mirlas de páramo
- Conejo de monte
- Comadreja
- Danta de páramo

Mientras que en la flora se caracterizan entre las especies identificadas, las siguientes:

- Frailejones
- Atrapamoscas
- Curubos silvestres
- Campanita
- Gaque
- Sietecueros
- Borrachero

### **Ecosistemas estratégicos:**

El parque se encuentra en el ecosistema de bosque alto andino, destacando su transición hacia espacios de páramo, lo cual les permite a los visitantes, encontrar una experiencia que incluye en cada locación, ecosistemas y paisajes diversos.

La transformación del paisaje causado por la constante intervención humana ha causado que este espacio no sea para el avistamiento de fauna, haciendo que las actividades sean mayormente recreativas.

Actualmente, se presentan formaciones como paramos antrópicos, bosquecillos, matorrales y pajonales.

### **Ingresos del parque:**

Los principales ingresos del parque se dan por las siguientes actividades:

- Ingreso de visitantes
- Alojamiento
- Parqueadero de vehículos
- Derecho de pesca

- Derecho de embarcadero
- Uso del parque con fines de fotografía, video y actividades comerciales o publicitarias
- Uso del metro cuadrado para diversos fines aprobados por la CAR

### **Geología:**

La geología del Parque es rica en materiales que datan de la época del cretáceo, destacando las siguientes formaciones geológicas:

- Depósitos Aluviales
- Formación de arenisca dura
- Formación plaeners
- Formación de labor tierna

### **Conformación paisajística:**

El paisaje se encuentra representado por los ecosistemas que contrastan entre los cambios de zonas climáticas, lo cual permite que el visitante cuente con zonas para el desarrollo de diversas actividades recreativas, de ocio y conexión con la naturaleza y zonas verdes.

### **Descripción de las áreas por iluminar:**

Las áreas del parque ecoturístico Laguna Cacique Guatavita se encuentran específicamente en senderos, zonas comunes como plazoletas, vías y zonas verdes.

### **Iluminación requerida:**

Teniendo en cuenta los valores naturales de cada una de las zonas y las actividades desarrolladas, la iluminación actual a ser Sodio y/o mercurio, reduce la calidad en la apreciación de los colores, de igual forma, el color de la iluminación no corresponde a las necesidades de calidez que permiten la menor afectación a los ecosistemas presentes en las zonas de influencia del proyecto.

Con base en lo anterior se ha identificado como necesidad, luminarias que permitan proyectar una luz cálida, con un índice de reproducción cromática (RA) o (CRI) % superior a 90 y una clase de iluminación según la normativa RETILAP, corresponde al tipo C3.

Finalmente, al presentarse estructuras con la necesidad de generar proyecciones, se requiere de un flujo luminoso acorde con las especificaciones técnicas de cada estructura.

### **Sistemas de iluminación actuales:**

El sistema de alumbrado del parque requiere de atención y mantenimiento de sus estructuras relacionadas con el alumbrado público, de las zonas analizadas en la inspección inicial, se han identificado sistemas de iluminación compuestos por un tablero de medida, 2 bases sin poste o luminaria.

Los sistemas de iluminación cuentan con un riesgo derivado de la falta de atención en la infraestructura existente, la cual genera una percepción de inseguridad y falta de atención en la calidad del servicio del parque al presentar zonas con baja o ninguna iluminación artificial.

**Tipo de postería y red eléctrica:**

Actualmente el sistema cuenta con una postería con material de metal que, por su estructura de farol, busca generar un complemento al paisaje natural y las estructuras para el senderismo.

**Área de iluminación:**

El parque presenta un déficit de iluminación, a causa de la baja o inexistente cobertura lumínica para el desarrollo de actividades, esto se debe a los casos de luminarias que presentan daños, inexistencia de componentes o materiales como el sodio y el mercurio, causantes de un bajo rendimiento de colores en zonas en donde esta característica es prioritaria.

**Consumo de energía:**

Teniendo en cuenta que en la estructura actual presenta luminarias de ornamentales, en su mayoría sin funcionamiento, presentando una estructura desgastada y obsoleta, permite determinar que: el sistema en funcionamiento en condiciones ideales presenta un consumo energético alto y una eficiencia baja, con respecto a otras tecnologías de iluminación.

**Parque Ecoturístico embalse El Hato:**



**Generalidades:**

El parque del Embalse del Hato se caracteriza por el embalse, rodeado de fauna, fauna e infraestructura con más de 400 años de historia, que le agrega a los

espacios naturales la intervención del hombre bajo un estilo colonial en sincronía con el entorno.

Este parque, cuenta con un área de 130 hectáreas, dedicadas al servicio ecoturístico, explotando de forma sostenible la variedad ecológica y cultural del embalse.

**Localización:**

El parque se encuentra ubicado la cordillera Oriental, en el municipio de Ubaté, departamento de Cundinamarca, en las coordenadas 5.302824, -73.905743, con una extensión total de 130 hectáreas.

**Clima:**

El parque presenta una temperatura promedio de 13 grados centígrados, con un promedio anual de lluvias de 500 a 1000mm.

Este se encuentra a una altura promedio de 2000 a 3000 msnm.

**Hidrografía:**

El parque se encuentra influenciado por la infraestructura hídrica de los ríos Ubaté, Suárez, Suta, Leguasaque, la laguna de Fúquene y la cuenca del ható.

**Biodiversidad:**

El parque presenta las siguientes especies de flora y fauna:

**Flora:**

La especie dominante es el Eucalipto, pero se hallaron algunos individuos aislados de:

- Arrayán Negro
- Sietecueros
- Sauco
- Fucsia
- Roble
- Helecho de agua
- Junco

**Fauna:**

Entre las especies identificadas de la zona, se encuentran:

- Golondrina
- Mirla Negra
- Copetón
- Chisga Capanegra
- Carbonero
- Colibrí
- Torcaza
- Badabuy
- Cemicalo
- Tingua de pico amarillo
- Garza real
- Toche
- Chirlobrio

### **Ecosistemas estratégicos:**

Al ser un sistema con predominancia de lomas, el relieve presenta una variedad de pisos térmicos, afectado en sectores por frecuente pedregosidad superficial; suelos profundos a muy superficiales, bien a moderadamente bien drenados, de texturas medias a finas, reacción uy fuertemente ácida a neutra, saturación de aluminio baja.

Por esta razón los ecosistemas se pueden clasificar en los sistemas de montaña, donde se forman tres tipos diversos de suelos.

### **Geología:**

El parque cuenta con una conformación de rocas sedimentarias de origen marino y continental de edades que van desde el Cretácico al Holoceno, en la actualidad se presentan las siguientes formaciones:

- Gravas de Carupa
- Terrazas altas
- Depósitos aluviales
- Formación Plaeners
- Formación de frontera
- Formación conejo

El parque Embalse el Hato tiene presencia de la falla de Carupa la cual es una estructura de cabalgamiento con vergencia al occidente, en el sur pone en contacto la Formación Plaeners con la parte media de la Formación Guaduas y al norte primero afecta a la Formación Conejo y luego pone en contacto capas inferiores del techo de la Formación Churuvita con la Formación Simijaca, genera repliegues e inversiones que pueden ser observados sobre la carretera Ubaté-Carupa.

### **Conformación paisajística:**

El relieve de la cuenca del río El Hato es predominantemente quebrado, con vertientes de alta pendiente, vegetación de páramo en la parte más alta, extensas zonas de cultivos, especialmente de papa y hortalizas y una incipiente actividad ganadera.

### **Descripción de las áreas por iluminar:**

Las áreas del parque ecoturístico Embalse El Hato se encuentran específicamente en senderos, zonas comunes como plazoletas, vías y zonas verdes y costas.

### **Iluminación requerida:**

Teniendo en cuenta los valores naturales de cada una de las zonas y las actividades desarrolladas, la iluminación actual a ser Sodio y/o mercurio, reduce la calidad en la apreciación de los colores, de igual forma, el color de la iluminación no corresponde a las necesidades de calidez que permiten la menor afectación a los ecosistemas presentes en las zonas de influencia del proyecto.

Con base en lo anterior se ha identificado como necesidad, luminarias que permitan proyectar una luz cálida, con un índice de reproducción cromática (RA) o (CRI) % superior a 90 y una clase de iluminación según la normativa RETILAP, corresponde al tipo C3.

Finalmente, al presentarse estructuras con la necesidad de generar proyecciones, se requiere de un flujo luminoso acorde con las especificaciones técnicas de cada estructura.

#### **Sistemas de iluminación actuales:**

El sistema de alumbrado del parque Embalse el Hato, requiere de atención y mantenimiento de sus estructuras relacionadas con el alumbrado público, de las zonas analizadas en la inspección inicial, se han identificado sistemas de iluminación compuestos un sistema de postería y luminarias.

Los sistemas de iluminación cuentan con un riesgo derivado de la falta de atención en la infraestructura existente, la cual genera una percepción de inseguridad y falta de atención en la calidad del servicio del parque al presentar zonas con baja o ninguna iluminación artificial.

#### **Tipo de postería y red eléctrica:**

Actualmente el sistema cuenta con una postería con material de concreto, madera y faroles cuyo diseño, busca vincularse con la cultura, el potencial paisajístico y las estructuras de los caminos y senderos.

#### **Área de iluminación:**

El parque presenta un déficit de iluminación, a causa de la baja cobertura lumínica para el desarrollo de actividades, esto se debe a los casos de luminarias que presentan daños, inexistencia de componentes o materiales como el sodio y el mercurio, causantes de un bajo rendimiento de colores en zonas en donde esta característica es prioritaria.

#### **Consumo de energía:**

Teniendo en cuenta que en la estructura actual presenta faroles con un consumo promedio de 70w, 110w, 110 vatios, 400w, por lo cual se puede determinar que, el sistema en funcionamiento en condiciones ideales presenta un consumo energético alto y una eficiencia baja, con respecto a otras tecnologías de iluminación.


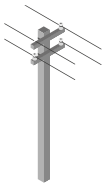

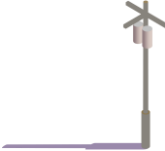

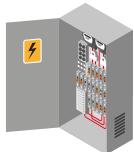


### **2.6 Redes de energía:**








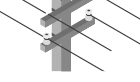
El análisis a las redes de energía parte del estudio de sus componentes, como se muestra a continuación:

**Componentes del sistema:**

Los componentes identificados en la infraestructura actual son:

Tabla 1. Componentes del sistema.

Elemento	Imagen	Descripción
<b>Aisladores:</b>		Dispositivo empleado para el control del paso de la corriente a los circuitos existentes, este elemento constituye un soporte para para los conductores u otros equipos del sistema eléctrico.
<b>Postes:</b>		Soporte vertical que cumple las funciones de apoyo, entre sus materiales se encuentran el hormigón, madera, concreto, piedra y metal.
<b>luminarias:</b>		Unidad de iluminación que incluye los elementos de accesorio, balastos, y lámparas.
<b>Transformadores:</b>		Elemento que transfiere la energía eléctrica entre circuitos aislados, alternando variables como la potencia, la tensión e intensidad eléctrica.
<b>Faroles:</b>		Elemento confeccionado para la colocación de aparatos de emisión de luz en su interior para su protección.
<b>Tableros de medida:</b>		Estructuras que cumple la función de custodia y cuidado de los elementos eléctricos de media y control de la distribución eléctrica.
<b>Balastro:</b>		Dispositivo que cumple las funciones de mantenimiento de flujo de corriente y su estabilidad.
<b>Bombillas:</b>		Fuente de luz artificial

<b>Reflector:</b>		Superficie que cumple la función de reflejar, direccionar y enfocar el flujo luminoso.
<b>Pantalla/refractor/difusor:</b>		Elemento encargado del encierro de la lámpara, la difusión del haz de luz y la prevención del deslumbramiento.
<b>Condensador:</b>		Dispositivo encargado del control de la potencia de una inductancia o bobinado eléctrico.
<b>Arrancador:</b>		Dispositivo que cumple las funciones de garantizar el correcto encendido de las bombillas.
<b>Fusible:</b>		Elemento de protección ante los cambios de corriente en las luminarias.
<b>Carcaza:</b>		Elemento de protección de los circuitos y elementos internos de una luminaria.
<b>Foto control:</b>		Dispositivo para la captación de la variación de luz en el ambiente, para el encendido o apagado de una luminaria.
<b>Cableado:</b>		Elemento de conducción que cumple las funciones de transporte de energía entre distancias.

Fuente: elaboración propia.

### Redes de energía:

Los sistemas existentes presentan en su mayoría, una red de media tensión con sistemas sostenidos por apoyos de madera, metal y concreto; la energía que llega a las subestaciones eléctricas es distribuida por líneas aéreas hacia los centros de transformación.

Según los estudios de inspección, las redes no requieren modificar la red de media tensión existente, debido a que la carga demandada por la iluminación propuesta en la descripción de la alternativa del presente documento con tecnología LED será suplida (en su mayoría) con la estructura actual.

El detalle por cada parque se encuentra en los anexos correspondientes a las memorias de cálculo, en donde se detalla junto con la inspección, la descripción técnica de la solución.

## 2.7 Recopilación del Marco Normativo y Regulatorio

Para el desarrollo del proyecto se realizó la recopilación de la normatividad relacionada con el proyecto, la cual se detalla a continuación:

**LEY 697 de 2001:** Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones

**RESOLUCIÓN NÚMERO 18 0466 DE 2007:** Por la cual se modifica el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE

**RETIE:** Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas.

**Reglamento Técnico de iluminación y alumbrado público – RETILAP:** requisitos y medidas que deben cumplir los sistemas de iluminación y alumbrado público, tendientes a garantizar: Los niveles y calidades de la energía lumínica requerida en la actividad visual, la seguridad en el abastecimiento energético, la protección del consumidor y la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos originados por la instalación y uso de sistemas de iluminación.

**Ley 697 de 2001:** Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones.

**Decreto número 2424 de 2006 del Ministerio de Minas y Energía:** por el cual se regula la prestación del servicio de alumbrado público.

**Decreto 1073 de 2015:** Por la cual medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía.

**Decreto 943 de 2018:** Por el cual se modifica y adiciona la Sección 1, Capítulo 6 del Título III del Libro 2 del Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, 1073 de 2015, relacionado con la prestación del servicio de alumbrado público.

**El Decreto Ley 1076 del 2015:** por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, determina los instrumentos de planificación de las Corporaciones.

**Ley No. 1972 de 2019:** Por medio de la cual se establece la protección de los derechos a la salud y el medio ambiente sano estableciendo medidas tendientes a la reducción de emisiones contaminantes de fuentes móviles y se dictan otras disposiciones.

**Ley No. 1931 de 2018:** Por la cual se establecen directrices para la gestión del Cambio Climático

**Ley No. 1672 de 2013:** Por la cual se establecen los lineamientos para la adopción de una política pública de gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), y se dictan otras disposiciones

**Ley No. 1454 de 2011:** Por la cual se dictan normas orgánicas sobre ordenamiento territorial y se modifican otras disposiciones.

**Ley 84 de 1915:** por la cual se reforman y adicionan las Leyes 4 y 97 de 1913

**Decreto ley 2811 1974:** Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.

**Ley 23 de 1973:** Por el cual se conceden facultades extraordinarias al presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente y se dictan otras disposiciones.

**Ley 99 de 1973:** Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.

### 3. Análisis técnico:

A continuación, se relacionan las generalidades identificadas en los seis (6) parques ecoturísticos, objeto del presente documento técnico, donde se caracteriza las necesidades y oportunidades de mejora que soportan las propuestas de solución establecidas en el presente documento así:

#### 3.1 Recomendaciones Generales:

A nivel general y producto del desarrollo de estudio de necesidades y oportunidades de mejora que debe incluir la alternativa de solución para cada uno de los parques ecoturísticos beneficiarios del proyecto, a continuación, se enlistan las principales así:

##### **Deterioro de la infraestructura actual:**

La infraestructura actual encargada de prestar los servicios de iluminación en los parques ecoturísticos bajo la jurisdicción de la CAR presenta condiciones y un desgaste considerable, en especial en estructuras como luminarias y postes, las cuales presentan materiales y estructuras que no se encuentran alineadas con

la normatividad técnica vigente, lo cual ha influido en el deterioro acelerado de la infraestructura existente.

De igual manera, se ha identificado la ausencia de planes de mantenimiento para la conservación de la infraestructura, lo cual, sumado a los casos de vandalismo y uso incorrecto por parte de los usuarios de los parques, establecen la necesidad de generar planes de restauración de la infraestructura existente.

Si bien es cierto que cada parque presenta casos individuales que requieren de una intervención específica, en términos generales, las luminarias presentan bombillas de materiales desactualizados, puesto que el Sodio y el Mercurio presenta para un funcionamiento un mayor consumo que nuevas tecnologías como lo es el LED.

#### **Falta de observancia a aspectos técnicos de la normatividad aplicable:**

Si bien es claro que la iluminación de los espacios analizados corresponde a áreas con fines ecoturísticos que se enmarcan bajo la priorización de condiciones ambientales y visuales, se deben resaltar que existen deficiencias en la observancia de algunos aspectos específicos de normativa que pueda aplicar para los parques, las cuales deben ser atendidas en acciones de mejora.

Parte de la infraestructura de los parques, presenta materiales de construcción en madera, redes eléctricas descuidadas, conexiones descubiertas, daño en los transformadores y condiciones en las redes eléctricas que causan riesgos tanto para los materiales como para los visitantes y operarios de los parques; El mal estado de las estructuras causa fallas en la prestación del servicio a nivel funcional y estructural, causando que los materiales no cumplan con las especificaciones requeridas vigentes, paralelamente, las redes eléctricas presentan vulnerabilidades que, en casos de tormentas eléctricas o uso de la tensión actual, pueden causar daños en la infraestructura existente.

#### **Problemas de iluminación en zonas de tránsito y desarrollo de actividades del parque:**

Se ha identificado en varias zonas de los parques ecoturísticos, el potencial para el desarrollo de actividades nocturnas que requieren de la iluminación efectiva para su consecución, la interconexión de estas zonas se convierte en un factor preponderante, puesto que, al ser zonas con amplias distancias entre sí, requieren de caminos con la correcta señalización e iluminación para la respectiva orientación y garantía de la seguridad de los visitantes.

#### **Falta de confianza o percepción negativa por parte de la ciudadanía:**

Las deficiencias en la prestación del servicio de iluminación, genera una opinión desfavorable hacia los parques ecoturísticos, causando una falta de visibilidad de las zonas en los planes de promoción turística, disminución en la ocupación de visitantes en horarios nocturnos y desaprovechamiento del potencial de los parques.

**Falta de sistemas de control y mantenimiento:**

La estructura actual, presenta fuertes indicios de falta de mantenimiento, conservación y control de los sistemas de iluminación, causando que la vida útil de los elementos disminuya junto con la buena imagen que se tiene las zonas públicas.

Es requerido que los planes de iluminación cuenten con revisiones periódicas, sistemas de alertas tempranas y horarios de operación del mantenimiento que certifique la continuidad del servicio y reporte oportuno de fallas.

**Soluciones tecnológicas eficientes:**

El uso de luminarias como mercurio y sodio limitan la eficiencia energética (especialmente las de mercurio), hecho que contraviene al objeto de la entidad, específicamente en las líneas de acción que promueven la sostenibilidad y el desarrollo ambiental.

**Seguridad del sistema:**

Entendiendo que los sistemas de iluminación prestan sus servicios en áreas de uso público, sus elementos presentan la exposición a riesgos derivados al daño intencional por parte de los visitantes, robo, así como acciones involuntarias derivadas de las actividades comprendidas dentro de los parques que pueden afectar el funcionamiento de las redes de alumbrado.

Requieren que los planes de iluminación presenten una articulación con los planes de sensibilización y cuidado de parques, promovidos con la CAR, con la finalidad de encaminar las acciones existentes a planes preventivos y consolidación de una cultura ciudadana al servicio de los parques.

### 3.2 Recopilación y análisis de la información:

Los parques ecoturísticos, analizados en el presente documento cuentan con sistemas de iluminación compuestos por redes de media tensión y otros que, como se mencionó en párrafos anteriores, se han identificado elementos con deterioro y riesgos de funcionamiento como transformadores, luminarias, postes, cajas de inspección y las canalizaciones de los cables; evidenciándose que, de manera general no se atiende en debida manera las directrices y requerimientos que contribuyan al uso racional de energía.

Para la propuesta y diseño de la alternativa existente, se contempla la garantía de optimización en los diseños presentados, priorizando el uso eficiente de la energía utilizando fuentes de luz con los parámetros acordes a la normatividad existente, junto con las condiciones de mantenimiento, que eviten riesgos derivados a la instalación de luminarias de mayor potencia, consumo y deslumbramiento de los visitantes.

Teniendo en cuenta la información anterior, la consultoría del presente contrato, ha consolidado la información, estudio de la necesidad y consideraciones del equipo técnico de la CAR, para el diseño de una propuesta de modernización de tecnología, mediante la arquitectura e ingeniería para el diseño, adecuación de las propiedades luminotécnicas de las luminarias, las potencias a instalar, la calidad de luz requerida en términos de visibilidad y resalte de colores.

Igualmente, para el desarrollo de la alternativa propuesta, se tuvo en cuenta la planeación de un sistema de mantenimiento y limpieza, regulación de los niveles de iluminación que incluyan variables derivadas de los ambientes naturales como el constante polvo que opaca la iluminación de los sistemas instalados.

### 3.3 Descripción de alternativas:

Para la descripción de la alternativa, el presente aparte del documento se dividirá en dos secciones, una descripción general de la alternativa que busca resaltar los argumentos que sustentan los sistemas de iluminación seleccionados como base de la alternativa de solución; y una descripción detallada de la alternativa para cada uno de los seis (6) parques ecoturísticos, en donde se presentan los diseños y detalles relacionados con planos de montaje y distribución de luminarias, detalle de cantidades, memorias de cálculo, entre otros relacionados con los diseño y cálculos eléctricos.

Los cuales se detallan a continuación:

#### 3.3.1 Descripción general:

La modernización del sistema de alumbrado público comprende las actividades de remoción, remplazo total o parcial de la estructura existente e implementación de nuevas tecnologías, conservando los principios de consumo sostenible y articulación de elementos urbanos con la preservación de áreas naturales.

La presente alternativa de solución recopila la información presentada a lo largo del informe, para la rehabilitación del sistema de iluminación actual, teniendo en cuenta factores que permitan responder a las necesidades del sistema, casos de éxito replicables identificados tanto en las metodologías como en las estructuras previas y los lineamientos dispuestos por la CAR, a través de sus planes de desarrollo y ordenamiento territorial.

Para su cumplimiento, el diseño de la alternativa de solución clasifica a los seis (6) parques ecoturísticos beneficiarios de la acción, 2 tipos de zonas con características especiales que requieren de un tipo de estructuras y diseños de iluminación específico.

Dicha diferenciación, se describe a continuación:

**a) Zonas con presencia de pasos de agua, alta concentración de raíces y follaje por parte de individuos arbóreos y asentamiento de especies de fauna silvestre:**

En los parques ecoturísticos, zonas estratégicas que requieren de la implementación de sistemas de iluminación, presentan a su vez, pasos de agua tales como ríos, lagos, lagunas e individuos arbóreos, los cuales, por su ocupación en amplias áreas y/o concentración de raíces que impiden la construcción de infraestructura subterránea, o debido a su tendencia de crecimiento y concentración de follaje, presenta riesgos en construcciones que requieren del paso de cables de baja, media y alta tensión.

De igual forma, los ecosistemas que se establecen en dichas zonas pueden presentar riesgos de contacto eléctrico con estructuras complejas que requieran del uso de cableado eléctrico, entre otros componentes.

Es por lo anterior que, para la implementación de una alternativa de iluminación que para su puesta en funcionamiento no requiera de actividades relacionadas con la poda, tala, remoción o desalojo de fauna silvestre.

Se ha establecido la implementación de un sistema de iluminación a base de energía solar, las cuales no solo componen una armonización con el ambiente, sino que, a su vez presenta una alternativa ecología para la prestación del servicio.

Cabe resaltar, que la ubicación geográfica colombiana, al situarse en la línea ecuatorial, presenta un potencial de aprovechamiento de la radiación solar, al garantizar su funcionamiento en todos los periodos del año.

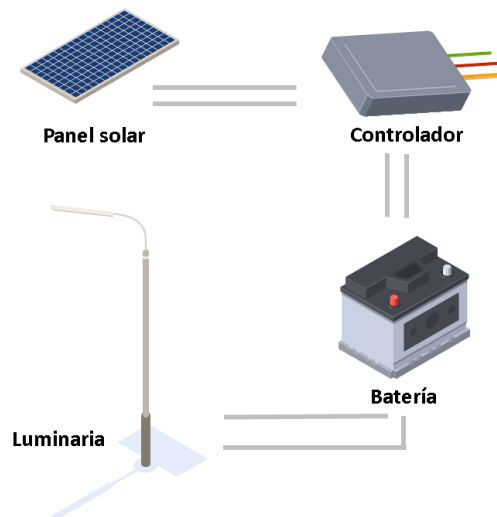
Las luminarias con energía solar a implementar cumplen con las características de ser un sistema aislado, individual, con las siguientes especificaciones normativas:

1. Paneles fotovoltaicos que cumplan la regulación de la norma IEC-61730 de 2009, sobre seguridad en módulos fotovoltaicos.
2. Reguladores de carga solar alineados con la norma NTC 6016 de 2013.
3. Baterías que cumplan los requerimientos de la NTC 5287 de 2009.

**Esquema de funcionamiento:**

El sistema propuesto cumple con los elementos del siguiente diagrama:

Gráfica 1. Esquema de funcionamiento.



**Fuente: elaboración propia.**

### **Instalación:**

La instalación contempla las siguientes actividades:

1. Instalación de dispositivos de procesamiento de energía.
2. Creación de sistemas de puesta a tierra.
3. Instalación y conexión de las baterías.
4. Instalación y conexión de reguladores.

#### **b) Zonas urbanas o en presencia de estructuras de alumbrado público existente.**

Los parques ecoturísticos de la CAR cuentan con zonas con redes de alumbrado existente, en dichas zonas se ha identificado como necesidad, la restauración, sustitución, remoción y modernización de las redes existentes para la optimización de la prestación del servicio de alumbrado público.

Con base en lo anterior, se ha dispuesto como alternativa, el rediseño de las redes existentes, proponiendo según los casos, la ampliación de redes, cambio en estructuras en términos de alturas, materiales y la mitigación de riesgos relacionados con los riesgos eléctricos en cada uno de los parques.

Es por lo anterior, que la alternativa de solución en zonas se requiere de una modernización que permita por medio de la iluminación, la seguridad en la prestación del servicio, la optimización de gasto energético para su funcionamiento y la adecuación de zonas con colores de iluminación artificial que permita apreciar el potencial natural y orientar a los visitantes a las zonas turísticas y de uso público.

Estableciendo como eje central de esta, la modernización del sistema convencional de alumbrado a una tecnología tipo LED que, para su funcionamiento, certifique la mínima afectación a la biodiversidad de los parques.

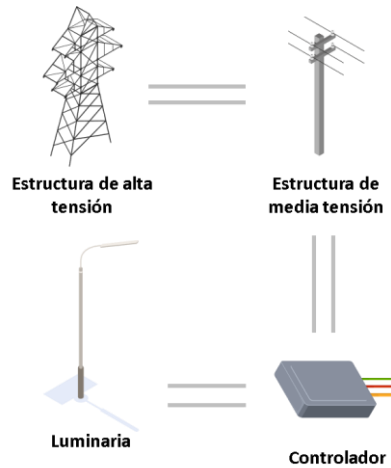
La red de alumbrado público cumple con las características de un sistema de redes:

1. Luminarias
2. Bombillas tipo LED
3. Balastos
4. Dispositivos de control

**Esquema de funcionamiento:**

El sistema propuesto cumple con los elementos del siguiente diagrama:

Gráfica 2. Esquema de funcionamiento.



Fuente: elaboración propia.

**Instalación:**

La instalación contempla las siguientes actividades:

1. Sustitución de componentes averiados o faltantes del sistema o instalación de nuevos componentes del sistema.
2. Creación de sistemas de puesta a tierra.
3. Instalación y conexión de reguladores.

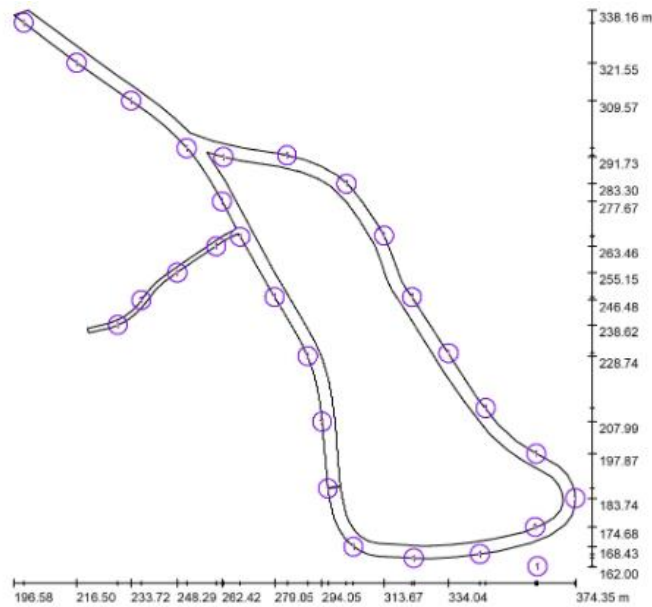
**3.3.2 Descripción para cada uno de los parques:**

En atención a las componentes identificados y analizados a lo largo del documento, a continuación, se presentan los diseños y detalles de la propuesta de solución para cada uno de los parques priorizados por el proyecto:

*Parque ecoturístico Río Neusa:*

Para la modernización de la infraestructura que compone al parque del Río Neusa, se propone enfocar la iluminación de los pasos peatonales hacia las zonas estratégicas y turísticas, teniendo como parámetro principal, resaltar el valor natural de cada una de las zonas.





Fuente: elaboración propia.

**Memoria de cálculos eléctricos:**

A continuación, se describen los estudios y cálculos técnicos realizados para el análisis técnico en el componente relacionados con los cálculos eléctricos desarrollados para el parque ecoturístico Rio Neusa.

- Análisis de cuadros de cargas iniciales y futuras

Tabla 2. Carga instalada A.P. – Transformador.

CUADRO DE CARGA PARCIAL INSTALADA DE ALUMBRADO PÚBLICO																	
TRANSFORMADOR PARQUE RIO NEUSA																	
IDENTIFICACION CIRCUITO	CTO	ALUMBRADO		TENSION	F.P.	CARGA INTALADA		CORRIENTE NOMINAL In	C. POR FASE			SELECCIÓN PROTECCION In x 1,25	SELECCIÓN DE CONDUCTOR				
		[21 W]	[107 W]			[W]	[VA]		[A]	R	S		T	CALIBRE			ESPECIFICACION CABLE
		V	[W]											[VA]	[A]	F	
ALUMBRADO PUBLICO	C(1-2)	30	8	220	0,9	1486	1651	7,51	826	826	--	2x50 A	4	--	4	2x4+4T AWG	
ALUMBRADO PUBLICO	C(3-4)	35		220	0,9	735	817	3,71	408		408	2x50 A	4	--	4	2x4+4T AWG	
<b>TOTAL CARGA INSTALADA</b>		<b>65</b>	<b>8</b>	<b>220</b>	<b>0,9</b>	<b>2221</b>	<b>2468</b>										
<b>TOTAL CARGA DIVERSIFICADA</b>							<b>2468</b>	11,22	<b>1234</b>	<b>826</b>	<b>408</b>	--	--	--	--	--	

Fuente: elaboración propia.

- Factor de potencia

El factor de potencia promedio del sistema eléctrico considerado en este proyecto es de 0,9 en atraso. Se considera este valor de acuerdo resolución CREG 108 de 1997.

Para este factor no se justifica un análisis de corrección de potencia, debido a la potencia reactiva es mucho menor que el 50% de la potencia activa para que

genere cobros de sanciones por parte del operador de red. “Resolución CREG 082 de 2002”

- Análisis de componentes armónicas

En general, los armónicos son producidos por cargas no lineales que, a pesar de ser Alimentadas con una tensión sinusoidal, absorben una intensidad no sinusoidal.

Para simplificar se considera que las cargas no lineales se comportan como fuentes de intensidad que inyectan armónicos en la red. Las cargas armónicas no lineales más comunes son las que se encuentran en los receptores alimentados por electrónica de potencia tales como variadores de velocidad, rectificadores, convertidores, etc.

Otro tipo de cargas tales como reactancias saturables, equipos de soldadura, hornos de arco, etc., también inyectan armónicos. El resto de las cargas tienen un comportamiento lineal y no generan armónicos.

Principales fuentes de armónicos: Son cargas que es posible distinguir según sus dominios, industriales o domésticos:

- Cargas industriales: Equipamientos de electrónica de potencia: variadores de velocidad, rectificadores, onduladores.
- Cargas que utilizan arco eléctrico: hornos de arco, máquinas de soldar, los arranques de motores con arrancadores electrónicos y los enganches de transformadores de potencia son también generadores de armónicos (temporales).

Para fines de este proyecto no se requiere un análisis preciso debido a que las cargas a instalar son de naturaleza lineal con alimentación eléctrica sinusoidal y onda de corriente de salida sinusoidal.

#### **Otros relacionados con diseños y cálculos eléctricos:**

A continuación, se presenta de forma general, los detalles de disponibilidad del servicio, análisis de riesgos, cálculos de sistemas y diagramas unifilares, los cuales presentan una descripción específica en las memorias y estudios que soportan al proyecto.

#### ***Disponibilidad de servicio:***

Teniendo en cuenta el periodo de tiempo de funcionamiento del sistema de iluminación, se determina la disponibilidad de los activos para su uso y disponibilidad del servicio.

#### ***Análisis de riesgo de origen eléctrico:***

Con el fin de evaluar el nivel o grado de riesgo de tipo eléctrico en el presente proyecto, se puede aplicar la siguiente matriz para la toma de decisiones de acuerdo con lo sugerido en el artículo 9.2.1 del RETIE, la metodología a seguir en cada caso es la siguiente:

Tabla 3. Decisiones y acciones para controlar el riesgo.

Color	Nivel de riesgo	Decisiones por tomar y control	Para ejecutar los trabajos
	MUY ALTO	Inadmisibles para trabajar: Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).
	ALTO	Minimizarlo: Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	MEDIO	Aceptarlo: Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	BAJO	Asumirlo: Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder de trabajo debe verificar: <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Qué puede salir mal o fallar?</li> </ul> No requiere permiso especial de trabajo. <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle?</li> <li>• ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?</li> </ul>
	MUY BAJO	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades

Fuente: elaboración propia

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación de riesgos mostrados en la tabla anterior.

Tabla 4. Factor de riesgo acciones y decisiones para controlarlo.

FACTOR DE RIESGO	RIESGO POTENCIAL O REAL	VALORACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO	DECISIONES Y ACCIONES PARA CONTROLAR PARA CONTROLAR EL RIESGO
Arco eléctrico	REAL	MEDIO	<b>Decisiones</b> Aceptarlo. Aplicar sistemas de control. Requiere permiso de trabajo. <b>Para ejecutar los trabajos</b> Líder de grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro y el Permiso de Trabajo
Ausencia de electricidad	POTENCIAL	BAJO	<b>Decisiones</b> Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. <b>Para ejecutar los trabajos</b> Líder de trabajo plantea cuestionamientos en función de prever situaciones. Promover la prevención.
Contacto directo	REAL	MEDIO	<b>Decisiones</b> Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. Hacer respetar las distancias de seguridad. <b>Para ejecutar los trabajos</b> Líder de trabajo plantea cuestionamientos en función de prever situaciones. Promover la prevención. Delimitar adecuadamente el área de trabajo (indispensable)
Contacto indirecto	REAL	MEDIO	<b>Decisiones</b> Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. Hacer respetar las distancias de seguridad. Garantizar diseño de puesta a tierra en la celda triplex del transformador. <b>Para ejecutar los trabajos</b> Líder de trabajo plantea cuestionamientos en función de prever situaciones. Promover la prevención. Delimitar adecuadamente el área de trabajo (indispensable). Garantizar cronograma de mantenimientos (preventivo y correctivo).
Cortocircuito	REAL	MEDIO	<b>Decisiones</b> Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. Hacer respetar las distancias de seguridad. <b>Para ejecutar los trabajos</b> Líder de trabajo plantea cuestionamientos en función de prever situaciones. Promover la prevención. Delimitar adecuadamente el área de trabajo (indispensable)
Ausencia de electricidad	POTENCIAL	BAJO	<b>Decisiones</b> Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. Garantizar niveles de temperatura óptimos en la celda. <b>Para ejecutar los trabajos</b> Líder de trabajo plantea cuestionamientos en función de prever situaciones. Promover la prevención.
Equipo defectuoso	POTENCIAL	BAJO	<b>Decisiones</b> Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. Garantizar niveles de temperatura óptimos en la celda. <b>Para ejecutar los trabajos</b> Líder de trabajo plantea cuestionamientos en función de prever situaciones. Promover la prevención. Garantizar cronograma de mantenimientos (preventivo y correctivo).
Sobrecarga	REAL	BAJO	<b>Decisiones</b> Asumirlo. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. Garantizar dimensionamiento adecuado de la acometida de MT y BT. Verificar la relación de transformador de los CTs tipo ventana en los bornes del transformador. <b>Para ejecutar los trabajos</b> Líder de trabajo plantea cuestionamientos en función de prever situaciones. Promover la prevención. Delimitar adecuadamente el área de trabajo (indispensable). Garantizar cronograma de mantenimientos (preventivo y correctivo).

Fuente: elaboración propia.

**Cálculos de sistemas de puesta a tierra:**

Para realizar el diseño del sistema de puesta a tierra para el proyecto PARQUE ECOTURISTICO RIO NEUSA”, se tuvieron en cuenta los requerimientos propuestos en el Artículo 15 del RETIE.

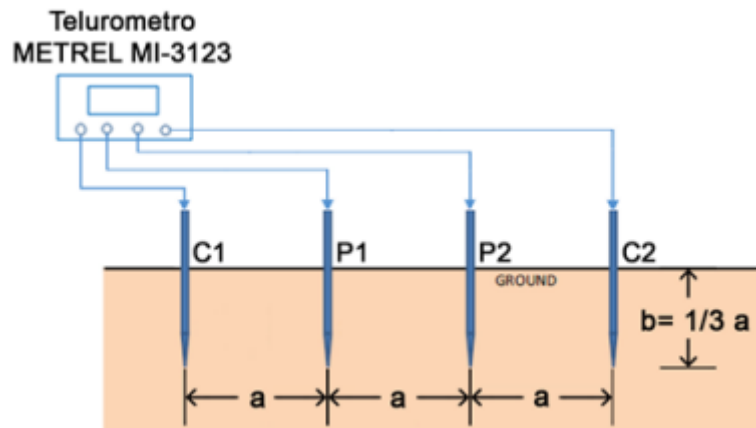
- Conductor de puesta a tierra en acometida

El empalme entre varillas del sistema de puesta a tierra tendrá un diámetro de conductor a utilizar (mínimo 62,44 mm<sup>2</sup> o 2/0 AWG según IEEE 80)

- Medida De Resistividad Del Terreno

Para determinar la resistividad del terreno donde se construirá el proyecto, se aplicó el método de Wenner; consiste en enterrar cuatro electrodos a lo largo de una línea recta longitudinal y transversalmente, espaciadas uniformemente a una distancia  $a$  y enterradas una profundidad  $b$ , tal como se ilustra en la siguiente figura.

Gráfica 5. Disposición electrodos por método de Wenner



Fuente: elaboración propia.

- Datos obtenidos

Para determinar la resistividad del terreno donde se construirá el proyecto PARQUE RIO NEUSA, se aplicó el método de Wenner; donde se enterraron cuatro electrodos a lo largo de una línea recta longitudinal y transversalmente, espaciadas uniformemente, a continuación, se presentan los resultados de las medidas:

Gráfica 6. Lecturas con telurómetro a diferentes distancias.

Metodo de wenner para TRANSFORMADOR			
DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS $d$ (m)	PROFUNDIDAD ELECTRODOS $d/20$ (m)	RESISTIVIDAD MEDIDA	
		LONGITUDINAL $\Omega$ -m	TRANSVERSAL $\Omega$ -m
1	0,05	139,00	125,00
2	0,10	101,00	95,40
3	0,15	86,30	58,90
PROMEDIO RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)		108,77	93,10
PROMEDIO RESISTIVIDAD TRANSVERSAL ( $\Omega$ -m)		LONGITUDINAL Y	100,93

Fuente: elaboración propia

- Modelamiento de la resistividad del terreno, método de Box-Cox

Para modelar el terreno como si fuese homogéneo se hace uso del método estadístico de Box-Cox que busca un valor con probabilidad de 70% de ser el real, valor que se utilizará luego en los cálculos necesarios para el diseño de la puesta a tierra.

Gráfica 7. Modelamiento del suelo.

TRANSFORMADOR 30 kVA			
METODO BOX-COX	Resistividad ( $\rho_i$ )	$X_i = \ln(\rho_i)$	$(X_i - x)^2$
	139,00	4,93	0,1313
	101,00	4,62	0,0018
	86,30	4,46	0,0131
	120,50	4,79	0,0482
	95,40	4,56	0,0002
58,90	4,08	0,2463	
<b>SUMA</b>	601,10	27,43	0,4409
<b>PROMEDIO</b>	100,18	4,57	0,0735
<b>DESVIACION</b>		0,27	
<b>Z DIST. NORMAL 70%</b>		0,52	
<b>RESISTIVIDAD AL 70%</b>		<b>111,5</b>	
$\rho = \text{Anti Ln}(S^*Z + x)$			

A continuación, se presenta los resultados de diseño para el sistema de puesta a tierra, descritos paso a paso:

TRANSFORMADOR 30 kVA				
CÁLCULO DE LA MALLA A TIERRA ( NORMA IEEE 80-2013)				
Item	Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
<b>1</b>	<b>Parámetros</b>			
1,1	(I <sub>g</sub> ) Corriente asimétrica de falla inyectada a la malla de tierra	I <sub>g</sub>	139,6	A
1,2	(S <sub>f</sub> ) Factor de división entre la corriente de falla a tierra y la distribución de la corriente que se va a tierra por la malla	S <sub>f</sub>	0,05	
1,3	Corriente máxima de falla: Corriente asimétrica de falla que fluye a la malla para un sistema trifásico a 208 V: I <sub>o</sub>	I <sub>o</sub>	148,5	A
1,4	Tiempo máximo de duración de la falla (ver item calculo y coordinacion de protecciones contra sobrecorrientes)	t <sub>s</sub>	0,15	s
1,5	Resistividad medida del terreno	$\rho$	111,5	$\Omega \cdot m$
1,6	Profundidad de enterramiento de la malla	h	0,5	m
1,7	Espesor de la capa superficial (entre 0,1 y 0,15m)	h <sub>s</sub>	0,15	m
1,8	Resistividad aparente de la capa superficial (grava u otro material)	$\rho_s$	180	$\Omega \cdot m$
1,9	Electrodo de la malla a tierra	Varilla de cobre		
1,10	Radio de un electrodo tipo varilla	r <sub>v</sub>	0,008	m
1,11	Longitud de un electrodo tipo varilla	L <sub>v</sub>	2,4	m

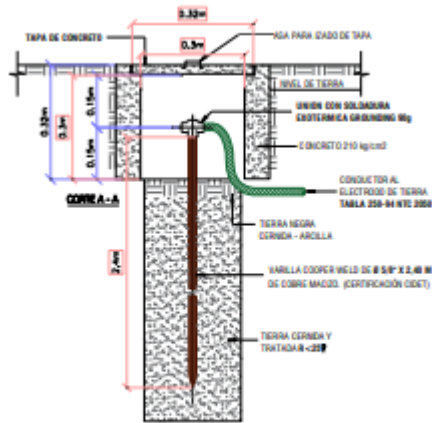
Fuente: elaboración propia

- Diagnóstico:

Dado que se cumplen las condiciones en las que las tensiones de malla y paso en caso de falla son menores que las de paso y contacto tolerables por el cuerpo humano se comprueba que el SPT está bien diseñado y que cumple con su finalidad de disipar las corrientes de falla en el tiempo establecido, garantizando así la seguridad de las personas, animales y equipos. Por lo tanto, y ya con el diseño validado se determina que la malla de puesta a tierra estará conformada por una malla rectangular con 4 varillas de cobre de 2,4 m de longitud distanciadas entre sí en 5 m, y con 13 cm de cascajo superficial. La profundidad de enterramiento de los conductores entre las varillas será de 30 cm.

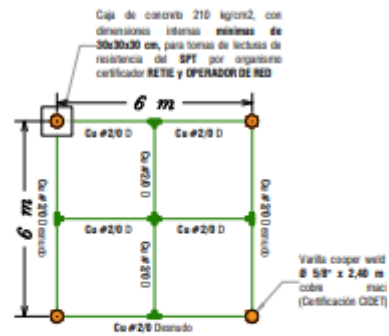
Gráfica 8. Configuración sistema de puesta a tierra.

**DETALLE POZO SISTEMA DE PUESTA A TIERRA**



NOTA ACLARATORIA: LA CAJA PARA INSPECCIÓN RETE DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DEBERÁ TENER DIMENSIONES INTERNAS MÍNIMO DE 30x30x30 cm.

**CONFIGURACIÓN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA**



SE DISEÑA UNA MALLA CUADRADA DE PUESTA A TIERRA CONFORMADA POR 4 VARILLAS COOPER WELD Ø 5/8" x 2,40 m, DISTANCIADAS ENTRE SI POR 6 METROS, CON 15 cm DE CASCAJO SUPERFICIAL. (La profundidad de enterramiento del conductor entre varilla será de 40 cm)

**Protecciones contra sobre corrientes:**

- Cálculo del nivel de cortocircuito

La impedancia o tensión de cortocircuito ( $UZ$ ) de un transformador trifásico ( $3\Phi$ ) de 11,4 KV en aceite de 30 KVA de acuerdo con la norma ICONTEC NTC 819 y NTC 3445 es de 3%.

A continuación, se calcula la corriente de cortocircuito en M.T y B.T. empleando las siguientes formulas:

$$IN,MT = S / \sqrt{3} * VLL,MT$$

$$IN,BT = S / \sqrt{3} * VLL,BT$$

$$ICC,MT = IN,MT / UZ$$

$$ICC,BT = IN,BT / UZ$$

Donde:

$IN,MT$  Corriente nominal en media tensión (A)

$IN,BT$  Corriente nominal en baja tensión (A)

$ICC,MT$  Corriente de cortocircuito en media tensión (A)

$ICC,BT$  Corriente de cortocircuito en baja tensión (A)

En la siguiente tabla se detallan los resultados obtenidos para el cálculo de cortocircuito del sistema eléctrico de la institución:

Gráfica 9. Nivel de cortocircuito en M.T y B.T:

PARQUE RIO NEUSA		
Potencia	30	KVA
Vprim	11,4	kV
Vsec	0,220	kV
Iprim	1,52	A
Isec	78,7	A
Z[%]	3,0%	
IccBT	2624,3	A
IccMT	50,64	A

Para nivel de tensión de 11,4 kV se tiene un nivel de cortocircuito de 50,64 A y para nivel de tensión de 220 V se tiene un nivel de cortocircuito de 2,62 kA, aproximadamente.

- Tiempo de soporte del cortocircuito:

De acuerdo con la norma IEEE – ANSI C57.12.00 – 1993, numeral 7.1.3.1 y la NTC2797, la máxima duración de la corriente de cortocircuito para transformadores Categoría I (15 a 500 kVA trifásicos) está dada por la expresión:

$$t = 1250 / (1 UZ / )^2 = 1,125 \text{ segundo}$$

Donde:

$t$  Tiempo que puede soportar el transformador el nivel de cortocircuito sin sufrir daño (s)

Por lo tanto, el tiempo de soporte de cortocircuito del transformador proyectado es de 1,125 segundos.

- Selección de protecciones en mt

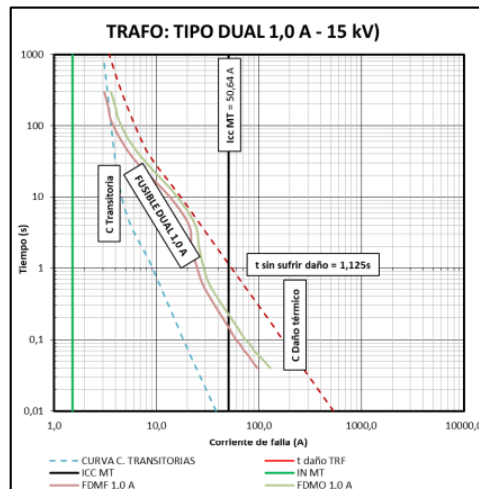
Las protecciones que se proyectan para proteger el transformador en poste trifásico de 30 KVA contra sobrecorrientes y corrientes de cortocircuito por el lado de media tensión a 13,8 KV son:

- Tres (3) cortacircuitos de 15 KV, 100 A con fusible tipo Dual 1,0 A en cada fase, a instalar en la estructura del transformador.

En la selección de los fusibles se tuvo en cuenta el impacto de las corrientes transitorias “inrush” de magnetización y “cold load”, y la curva de daño del transformador, las cuales se calculan de acuerdo con la norma NTC 2797 y la norma IEEE – ANSI C57.109-1993, según los siguientes puntos establecidos en las normas para calcularlas.

Gráfica 10. Curva de protección fusible arranque tipo 4K.

Cómo se puede observar en la siguiente gráfica, se aprecia que el fusible del transformador tipo Dual 1,0 A 15 kV, actúa en el rango de corrientes transitorias y corrientes de daño adecuadamente y en un tiempo máximo de operación de 150 ms ante una corriente de falla en MT.



Fuente: elaboración propia

**Cálculo De Canalizaciones Y Volúmenes De Encerramiento:**

En el dimensionamiento de las tuberías, se ha buscado prever la factibilidad de cualquier eventualidad futura, que requiera adicionar cableado o realamburar a conductores mayores en la misma tubería, por lo cual los dimensionamientos no han quedado en el límite recomendado por la norma con un porcentaje de ocupación máximo del 40%.

Para calcular la fracción de ocupación del tubo, se realiza la sumatoria de las áreas exteriores de los conductores alojadas en el interior de la tubería y se divide por el área interior del tubo al 100%.

Los resultados se muestran a continuación:

Gráfica 11. Diámetro interior y exterior tubería PVC y EMT.

Diámetro Nomin. Pulg.	Diámetro interior (m.m.)			Área Interior mm²			Diámetro Exterior (m.m.)
	Metál. Pesada	Metáli. Liviana	P.V.C.	Pesada	Liviana	P.V.C.	
½	17.45	18.00	18.30	239	254	263	21.3
¾	22.78	23.34	23.63	408	428	439	26.7
1	28.65	28.95	30.36	645	658	724	33.4
1 ¼	37.38	38.76	38.60	1097	1180	1170	42.2
1 ½	42.62	44.95	44.20	1427	1587	1534	48.3
2	54.74	56.51	55.25	2353	2508	2397	60.3
2 ½	64.84			3301			72.6
3	80.69		82.54	5114		5351	88.4
4	105.18		107.34	8689		9049	113.7

Fuente: elaboración propia con datos de la normatividad NTC 2050 capítulo 9.

Gráfica 12. Porcentaje del área interior EMT respecto al PVC.

Diámetro Nominal Pulg.	Diámetro interno mm.	Área Interior mm <sup>2</sup>	Porcentaje de área interior respecto al PVC %
½	15.80	196	74.5
¾	20.93	344	78.4
1	26.64	557	76.9
1 ¼	35.05	965	82.5
1 ½	40.89	1313	85.6
2"	52.50	2165	90.3

Fuente: elaboración propia con datos de la normatividad NTC 2050 capítulo 9.

Para fines de este proyecto se realiza en cálculo del porcentaje de ocupación de la tubería para una ocupación máxima del 40%.

Los resultados de la actividad se muestran a continuación:

Gráfica 13. Porcentaje de ocupación de tubería.

OCUPACIÓN TUBERÍA CABLEADA CON CONDUCTOR THW-THWN 600V										
El libro NTC 2050 permite ocupar hasta el 40%, en la práctica local se ocupa aproximadamente máximo el 25%.										
Descripción				Área ocupación conductor			Sumatoria área circuito trifásico [mm <sup>2</sup> ]	% OCUPACION CALCULADA	DUCTO RECOMENDADO	
Desde	Hasta	LONG. TRAMO L (m)	Conductor AWG	FASE	NEUTRO	TIERRA			Material	Diámetro Nominal
TR	T-M	15	3x1/0+1/0 AWG	142,06	142,06	----	568,24	17,21%	IMC	2-1/2"

Fuente: elaboración propia.

### **Cálculos de regulación:**

La caída de tensión en un circuito trifásico equilibrado está dada por:

$$V = \sqrt{3}Ix(R\cos\phi + X\sin\phi)$$

V = Caída de tensión, V

V I = Corriente de fase, A

La regulación, asumiendo que la diferencia angular entre la tensión del emisor y receptor es despreciable, está dada por:

$$\Delta V\% = \sqrt{3}Ix(R\cos\phi + X\sin\phi) / V$$

Donde:

$\Delta V\%$ : Regulación en porcentaje

V: Tensión línea-línea, en voltios

Transformando esta fórmula, se tiene:

$$\Delta V\% = KVAx x(R\cos\phi + X\sin\phi) / 10 (KV^2)$$

Esta expresión puede ser escrita como:  $\Delta V \% = K \times M$

En donde:

M: Momento eléctrico = kVA x L KVA: Carga trifásica

L: Longitud de la red considerada, en Km. K: Constante que depende de la tensión, la configuración del sistema, las características del conductor y del factor de potencia.

Los valores de K para conductores de cobre se toman de las constantes de regulación de media y baja tensión de las tablas de ENEL-CODENSA, y los resultados se muestran a continuación:

Gráfica 14. Análisis Regulación en B.T.

CALCULO DE REGULACION RED DE ALUMBRADO PUBLICO																
PARA REDES SUBTERRANEAS DE BAJA TENSION TRIFASICA TETRAFILAR EN CABLE ALUMINIO THW-THWN 600V																
FACTOR DE POTENCIA = 0,9 ; VOLTAJE DE ENVIO = 220 / 127 V																
TABLA DE REGULACION, PERDIDA DE ENERGIA Y POTENCIA PARQUE RIO NEUSA																
TRANSFORMADOR RIO NEUSA																
CIRCUITO 1/2 (8 LUMINARIAS EXISTENTES Y 6 PROYECTADAS) LUMINARIAS TIPO FAROL DECORATIVAS 16 LED 21W)																
TRAMO INICIAL	NODO FINAL	LONG. TRAMO L (m)	LUMINARIAS		KVA TOTAL	CORR. I (A)	TENSION (KV)	COS Ø	CABLE DE ALUMINIO THW-THWN 600V					CTE. REGULAC. k (% / KVA-m)	TRAMO KVA*LC	ACUM.
			[21W]	[21W]					FASES Nº	TIERRA CAL.	CAP. CAL.	R equiv (Ω / Km)				
CIRCUITO 1/2 (1,651 KVA)																
TGA	LUM 1	12	30	8	1.65	6.50	0.220	0.9	2	4 AWG	4 AWG	55	1.530	6,6324E-03	0.13	0.13
LUM 1	LUM 2	17	29	8	1.63	6.41	0.220	0.9	2	4 AWG	4 AWG	55	1.530	6,6324E-03	0.18	0.31
LUM 2	LUM 3	13	2		0.05	0.18	0.220	0.9	2	4 AWG	4 AWG	55	1.530	6,6324E-03	0.00	0.31
LUM 3	LUM 4	20	1		0.02	0.09	0.220	0.9	2	4 AWG	4 AWG	55	1.530	6,6324E-03	0.00	0.31
LUM 2	LUM 5	11	25	8	1.56	6.13	0.220	0.9	2	4 AWG	4 AWG	55	1.530	6,6324E-03	0.11	0.42
LUM 5	LUM 6	44	1		0.97	3.84	0.220	0.9	2	4 AWG	4 AWG	55	1.530	6,6324E-03	0.28	0.70
LUM 6	LUM 7	28		2	0.24	0.94	0.220	0.9	2	4 AWG	4 AWG	55	1.530	6,6324E-03	0.04	0.74
LUM 6	LUM 9	24		6	0.71	2.81	0.220	0.9	2	4 AWG	4 AWG	55	1.530	6,6324E-03	0.11	0.81
LUM 9	LUM 11	55		4	0.48	1.87	0.220	0.9	2	4 AWG	4 AWG	55	1.530	6,6324E-03	0.17	0.98
LUM 11	LUM 13	65		2	0.24	0.94	0.220	0.9	2	4 AWG	4 AWG	55	1.530	6,6324E-03	0.10	1.08
LUM 5	LUM 15	10	24		0.56	2.20	0.220	0.9	2	4 AWG	4 AWG	55	1.530	6,6324E-03	0.04	0.46
LUM 15	LUM 16	25	1		0.02	0.09	0.220	0.9	2	4 AWG	4 AWG	55	1.530	6,6324E-03	0.00	0.46
LUM 15	LUM 17	20	1		0.02	0.09	0.220	0.9	2	4 AWG	4 AWG	55	1.530	6,6324E-03	0.00	0.46
LUM 15	LUM 18	21	21		0.49	1.93	0.220	0.9	2	4 AWG	4 AWG	55	1.530	6,6324E-03	0.07	0.53
LUM 18	LUM 19	8	20		0.47	1.84	0.220	0.9	2	4 AWG	4 AWG	55	1.530	6,6324E-03	0.02	0.55
LUM 19	LUM 20	22	1		0.02	0.09	0.220	0.9	2	4 AWG	4 AWG	55	1.530	6,6324E-03	0.00	0.55
LUM 19	LUM 21	22	18		0.42	1.65	0.220	0.9	2	4 AWG	4 AWG	55	1.530	6,6324E-03	0.06	0.61
LUM 21	LUM 22	22	17		0.40	1.56	0.220	0.9	2	4 AWG	4 AWG	55	1.530	6,6324E-03	0.06	0.61
LUM 22	LUM 23	21	16		0.37	1.47	0.220	0.9	2	4 AWG	4 AWG	55	1.530	6,6324E-03	0.05	0.66
LUM 23	LUM 24	21	15		0.35	1.38	0.220	0.9	2	4 AWG	4 AWG	55	1.530	6,6324E-03	0.05	0.71
LUM 24	LUM 25	21	14		0.33	1.29	0.220	0.9	2	4 AWG	4 AWG	55	1.530	6,6324E-03	0.05	0.76
LUM 25	LUM 26	21	13		0.30	1.19	0.220	0.9	2	4 AWG	4 AWG	55	1.530	6,6324E-03	0.04	0.80
LUM 26	LUM 27	21	12		0.28	1.10	0.220	0.9	2	4 AWG	4 AWG	55	1.530	6,6324E-03	0.04	0.84
LUM 27	LUM 28	24	11		0.26	1.01	0.220	0.9	2	4 AWG	4 AWG	55	1.530	6,6324E-03	0.04	0.88
LUM 28	LUM 29	32	10		0.23	0.92	0.220	0.9	2	4 AWG	4 AWG	55	1.530	6,6324E-03	0.05	0.93
LUM 29	LUM 30	24	9		0.21	0.83	0.220	0.9	2	4 AWG	4 AWG	55	1.530	6,6324E-03	0.03	0.96
LUM 30	LUM 31	20	8		0.19	0.73	0.220	0.9	2	4 AWG	4 AWG	55	1.530	6,6324E-03	0.02	0.98
LUM 31	LUM 32	22	3		0.07	0.28	0.220	0.9	2	4 AWG	4 AWG	55	1.530	6,6324E-03	0.01	0.99
LUM 32	LUM 33	24	1		0.02	0.09	0.220	0.9	2	4 AWG	4 AWG	55	1.530	6,6324E-03	0.00	0.99
LUM 32	LUM 34	26	1		0.02	0.09	0.220	0.9	2	4 AWG	4 AWG	55	1.530	6,6324E-03	0.00	0.99
LUM 31	LUM 35	22	4		0.09	0.37	0.220	0.9	2	4 AWG	4 AWG	55	1.530	6,6324E-03	0.01	0.99
LUM 35	LUM 36	20	1		0.02	0.09	0.220	0.9	2	4 AWG	4 AWG	55	1.530	6,6324E-03	0.00	0.99
LUM 35	LUM 37	25	2		0.05	0.18	0.220	0.9	2	4 AWG	4 AWG	55	1.530	6,6324E-03	0.01	1.00
LUM 37	LUM 38	14	1		0.02	0.09	0.220	0.9	2	4 AWG	4 AWG	55	1.530	6,6324E-03	0.00	1.00

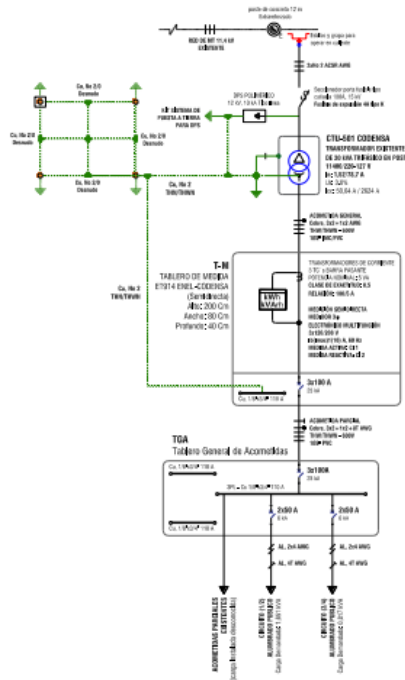
CALCULO DE REGULACION RED DE ALUMBRADO PUBLICO																
PARA REDES SUBTERRANEAS DE BAJA TENSION TRIFASICA TETRAFILAR EN CABLE ALUMINIO THW-THWN 690V																
FACTOR DE POTENCIA = 0,9 ; VOLTAJE DE ENVIO = 220 / 127 V																
TABLA DE REGULACION, PERDIDA DE ENERGIA Y POTENCIA PARQUE RIO NEUSA																
TRANSFORMADOR RIO NEUSA																
CIRCUITO 1/2 (8 LUMINARIAS EXISTENTES Y 6 PROYECTADAS) LUMINARIAS TIPO FAROL DECORATIVAS 18 LED 21W)																
TRAMO	NODO	LONG.		LUMINARIAS		CORRI. I (A)	TENSION (KV)	COS Ø	CABLE DE ALUMINIO THW-THWN 690V				% REGULACION	ACUM.		
		TRAMO	L (m)	[21W]	[21W]				KVA TOTAL	FASES	TIERRA	CAP.			Requiy (ø / Km)	CTE. REGULAC. k (% / KVA-m)
INICIAL	FINAL	L (m)	[21W]	[21W]	KVA TOTAL	I (A)	(KV)		Nº	CAL.	CAL.	A	ø ( / Km)	k (% / KVA-m)	KVA*°C	
CIRCUITO 3/4 (8,817 KVA)																
TGA	LUM 39	14	35		0.82	3.22	0.220	0.9	2	4AWG	4AWG	55	1.530	6.6324E-03	0.08	0.08
LUM 39	LUM 40	5	34		0.79	3.12	0.220	0.9	2	4AWG	4AWG	55	1.530	6.6324E-03	0.03	0.11
LUM 40	LUM 41	15	21		0.49	1.93	0.220	0.9	2	4AWG	4AWG	55	1.530	6.6324E-03	0.05	0.16
LUM 41	LUM 42	19	4		0.09	0.37	0.220	0.9	2	4AWG	4AWG	55	1.530	6.6324E-03	0.01	0.17
LUM 42	LUM 43	22	3		0.07	0.28	0.220	0.9	2	4AWG	4AWG	55	1.530	6.6324E-03	0.01	0.18
LUM 43	LUM 44	21	2		0.05	0.18	0.220	0.9	2	4AWG	4AWG	55	1.530	6.6324E-03	0.01	0.19
LUM 44	LUM 45	21	1		0.02	0.09	0.220	0.9	2	4AWG	4AWG	55	1.530	6.6324E-03	0.00	0.19
LUM 40	LUM 46	22	7		0.16	0.64	0.220	0.9	2	4AWG	4AWG	55	1.530	6.6324E-03	0.02	0.13
LUM 46	LUM 47	21	6		0.14	0.55	0.220	0.9	2	4AWG	4AWG	55	1.530	6.6324E-03	0.02	0.15
LUM 47	LUM 48	21	5		0.12	0.48	0.220	0.9	2	4AWG	4AWG	55	1.530	6.6324E-03	0.02	0.17
LUM 48	LUM 49	21	4		0.09	0.37	0.220	0.9	2	4AWG	4AWG	55	1.530	6.6324E-03	0.01	0.18
LUM 49	LUM 50	24	3		0.07	0.28	0.220	0.9	2	4AWG	4AWG	55	1.530	6.6324E-03	0.01	0.19
LUM 50	LUM 51	22	2		0.05	0.18	0.220	0.9	2	4AWG	4AWG	55	1.530	6.6324E-03	0.01	0.20
LUM 51	LUM 52	22	1		0.02	0.09	0.220	0.9	2	4AWG	4AWG	55	1.530	6.6324E-03	0.00	0.20
LUM 40	LUM 53	20	5		0.12	0.48	0.220	0.9	2	4AWG	4AWG	55	1.530	6.6324E-03	0.02	0.13
LUM 53	LUM 54	12	4		0.09	0.37	0.220	0.9	2	4AWG	4AWG	55	1.530	6.6324E-03	0.01	0.14
LUM 54	LUM 55	21	3		0.07	0.28	0.220	0.9	2	4AWG	4AWG	55	1.530	6.6324E-03	0.01	0.15
LUM 55	LUM 56	22	2		0.05	0.18	0.220	0.9	2	4AWG	4AWG	55	1.530	6.6324E-03	0.01	0.16
LUM 56	LUM 57	33	1		0.02	0.09	0.220	0.9	2	4AWG	4AWG	55	1.530	6.6324E-03	0.01	0.17
LUM 41	LUM 58	14	16		0.37	1.47	0.220	0.9	2	4AWG	4AWG	55	1.530	6.6324E-03	0.03	0.19
LUM 58	LUM 59	22	15		0.35	1.38	0.220	0.9	2	4AWG	4AWG	55	1.530	6.6324E-03	0.05	0.22
LUM 59	LUM 60	22	14		0.33	1.29	0.220	0.9	2	4AWG	4AWG	55	1.530	6.6324E-03	0.05	0.23
LUM 60	LUM 61	22	13		0.30	1.19	0.220	0.9	2	4AWG	4AWG	55	1.530	6.6324E-03	0.04	0.23
LUM 61	LUM 62	22	12		0.28	1.10	0.220	0.9	2	4AWG	4AWG	55	1.530	6.6324E-03	0.04	0.23
LUM 62	LUM 63	21	5		0.12	0.48	0.220	0.9	2	4AWG	4AWG	55	1.530	6.6324E-03	0.02	0.15
LUM 63	LUM 64	21	4		0.09	0.37	0.220	0.9	2	4AWG	4AWG	55	1.530	6.6324E-03	0.01	0.16
LUM 64	LUM 65	21	3		0.07	0.28	0.220	0.9	2	4AWG	4AWG	55	1.530	6.6324E-03	0.01	0.18
LUM 65	LUM 66	20	2		0.05	0.18	0.220	0.9	2	4AWG	4AWG	55	1.530	6.6324E-03	0.01	0.19
LUM 66	LUM 67	19	1		0.02	0.09	0.220	0.9	2	4AWG	4AWG	55	1.530	6.6324E-03	0.00	0.19
LUM 62	LUM 68	20	6		0.14	0.55	0.220	0.9	2	4AWG	4AWG	55	1.530	6.6324E-03	0.02	0.25
LUM 68	LUM 69	16	5		0.12	0.48	0.220	0.9	2	4AWG	4AWG	55	1.530	6.6324E-03	0.01	0.26
LUM 69	LUM 70	22	2		0.05	0.18	0.220	0.9	2	4AWG	4AWG	55	1.530	6.6324E-03	0.01	0.27
LUM 70	LUM 71	22	1		0.02	0.09	0.220	0.9	2	4AWG	4AWG	55	1.530	6.6324E-03	0.00	0.27
LUM 69	LUM 72	21	1		0.02	0.09	0.220	0.9	2	4AWG	4AWG	55	1.530	6.6324E-03	0.00	0.26
LUM 69	LUM 73	22	1		0.02	0.09	0.220	0.9	2	4AWG	4AWG	55	1.530	6.6324E-03	0.00	0.26

Fuente: elaboración propia.

Se observa los porcentajes de regulación para las acometidas parciales y acometida general quedando por debajo del 3%, cumpliendo así con lo estipulado en el artículo 27 de RETIE”

**Diagramas unifilares:**

Gráfica 14. Diagrama unifilar del parque ecoturístico Río Neusa.



Fuente: elaboración propia.

### **Parque ecoturístico Embalse Neusa:**

Teniendo en cuenta las características naturales del parque, la alternativa de solución contempla la incorporación de tecnologías de alumbrado, con niveles de luminosidad y duración, acordes con la demanda requerida por parte de las actividades y horarios de este; así mismo, se contempla la transformación de la red existente a una red trenzada, así como la sustitución de postes, entre otras obras que permitan la prestación óptima del servicio.

Al ser un el Embalse Neusa un parque con una gran área, los detalles generales de la acción se dividen en sectores del parque, así:

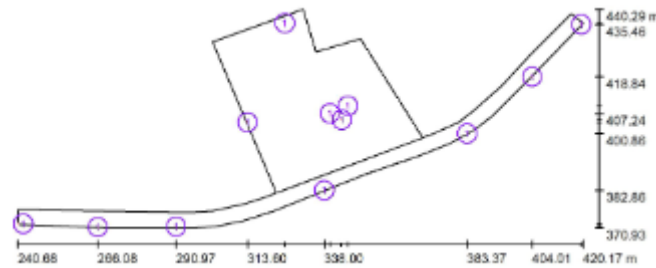
**Sector vivero:** Se contemplan obras de modernización en las áreas de entrada a los parques y las zonas recreativas relacionadas con actividades de asado y campamento, de igual forma, se contempla la ampliación de la red para la iluminación de infraestructura administrativa.

**Sector chapinero:** En la zona se adelantarán obras para retirar la infraestructura en madera e iluminar las zonas de entrada comprendidas desde la portería hasta los ramales que bajan al lago, incluyendo la infraestructura correspondiente a baños y almacenes.

**Sector laureles:** Se realizará la modernización de las áreas del restaurante, la ampliación de la iluminación a tecnología LED, y la Modernización del sector circundante al lago, con tecnología solar.

**Mirador:** Se realizarán obras para la iluminación del mirador del parque.





Fuente: elaboración propia.

**Memoria de cálculos eléctricos:**

A continuación, se describen los estudios realizados para el análisis técnico en el componente relacionado con los cálculos eléctricos desarrollados para el parque ecoturístico Embalse Neusa.

Para efectos de la descripción técnica, a continuación, se presenta el resumen realizado para el sector Laureles.

- Análisis de cuadros de cargas iniciales y futuras

Gráfica 16. Cuadro de carga instalada A.P. – Transformador

CUADRO DE CARGA PARCIAL INSTALADA DE ALUMBRADO PÚBLICO												
TRANSFORMADOR SECTOR LAURELES												
IDENTIFICACION LAMPARA	ALUMBRADO	TENSION	F.P.	CARGA INTALADA		CORRIENTE NOMINAL	C. POR FASE			SELECCION DE CONDUCTOR		
	(40 W)	V		[W]	[VA]	[A]	R	S	T	F	N	T
LAMPARA 1	1	220	0,9	40	44,44	0,17	22,2	22,2		35mm2	50mm2	---
LAMPARA 2	1	220	0,9	40	44,44	0,17	22,2		22,2	35mm2	50mm2	---
LAMPARA 3	1	220	0,9	40	44,44	0,17		22,2	22,2	35mm2	50mm2	---
LAMPARA 4	1	220	0,9	40	44,44	0,17	22,2	22,2		35mm2	50mm2	---
LAMPARA 5	1	220	0,9	40	44,44	0,17	22,2		22,2	35mm2	50mm2	---
LAMPARA 6	1	220	0,9	40	44,44	0,17		22,2	22,2	35mm2	50mm2	---
LAMPARA 7	1	220	0,9	40	44,44	0,17	22,2	22,2		35mm2	50mm2	---
LAMPARA 8	1	220	0,9	40	44,44	0,17		22,2	22,2	35mm2	50mm2	---
LAMPARA 9	1	220	0,9	40	44,44	0,17		22,2	22,2	35mm2	50mm2	---
LAMPARA 10	1	220	0,9	40	44,44	0,17	22,2	22,2		35mm2	50mm2	---
LAMPARA 11	1	220	0,9	40	44,44	0,17	22,2		22,2	35mm2	50mm2	---
LAMPARA 12	1	220	0,9	40	44,44	0,17		22,2	22,2	35mm2	50mm2	---
LAMPARA 13	1	220	0,9	40	44,44	0,17	22,2	22,2		35mm2	50mm2	---
LAMPARA 14	1	220	0,9	40	44,44	0,17		22,2	22,2	35mm2	50mm2	---
LAMPARA 15	1	220	0,9	40	44,44	0,17	22,2		22,2	35mm2	50mm2	---
LAMPARA 16	1	220	0,9	40	44,44	0,17	22,2	22,2		35mm2	50mm2	---
LAMPARA 17	1	220	0,9	40	44,44	0,17		22,2	22,2	35mm2	50mm2	---
LAMPARA 18	1	220	0,9	40	44,44	0,17	22,2	22,2		35mm2	50mm2	---
LAMPARA 19	1	220	0,9	40	44,44	0,17		22,2	22,2	35mm2	50mm2	---
LAMPARA 20	1	220	0,9	40	44,44	0,17	22,2		22,2	35mm2	50mm2	---
TOTAL CARGA INSTALADA					889							
TOTAL CARGA DIVERSIFICADA	20	220	0,9	800	889	2,13	267	244	244	3x35 mm2	1x50 mm2	---

Fuente: elaboración propia.

- Factor de potencia.

El factor de potencia promedio del sistema eléctrico considerado en este proyecto es de 0,9 en atraso. Se considera este valor de acuerdo resolución CREG 108 de 1997. Para este factor no se justifica un análisis de corrección de potencia, debido a la potencia reactiva es mucho menor que el 50% de la potencia activa para que genere cobros de sanciones por parte del operador de red. “Resolución CREG 082 de 2002”

- Análisis de componentes armónicas

En general, los armónicos son producidos por cargas no lineales que, a pesar de ser Alimentadas con una tensión sinusoidal, absorben una intensidad no sinusoidal.

Para simplificar se considera que las cargas no lineales se comportan como fuentes de intensidad que inyectan armónicos en la red. Las cargas armónicas no lineales más comunes son las que se encuentran en los receptores alimentados por electrónica de potencia tales como variadores de velocidad, rectificadores, convertidores, etc.

Otro tipo de cargas tales como reactancias saturables, equipos de soldadura, hornos de arco, etc., también inyectan armónicos. El resto de las cargas tienen un comportamiento lineal y no generan armónicos.

Principales fuentes de armónicos: Son cargas que es posible distinguir según sus dominios, industriales o domésticos:

- Cargas industriales: Equipamientos de electrónica de potencia: variadores de velocidad, rectificadores, onduladores.
- Cargas que utilizan arco eléctrico: hornos de arco, máquinas de soldar, los arranques de motores con arrancadores electrónicos y los enganches de transformadores de potencia son también generadores de armónicos (temporales).

Para fines de este proyecto no se requiere un análisis preciso debido a que las cargas a instalar son de naturaleza lineal con alimentación eléctrica sinusoidal y onda de corriente de salida sinusoidal

#### **Otros relacionados con diseños y cálculos eléctricos:**

A continuación, se presenta de forma general, los detalles de disponibilidad del servicio, análisis de riesgos, cálculos de sistemas y diagramas unifilares, los cuales presentan una descripción específica en las memorias y estudios que soportan al proyecto.

#### ***Disponibilidad de servicio:***

Teniendo en cuenta el periodo de tiempo de funcionamiento del sistema de iluminación, se determina la disponibilidad de los activos para su uso y disponibilidad del servicio.

#### ***Análisis de riesgo de origen eléctrico:***

Con el fin de evaluar el nivel o grado de riesgo de tipo eléctrico en el presente proyecto, se puede aplicar la siguiente matriz para la toma de decisiones de acuerdo con lo sugerido en el artículo 9.2.1 del RETIE, la metodología a seguir en cada caso es la siguiente:

Gráfica 17. Decisiones y acciones para controlar el riesgo

Color	Nivel de riesgo	Decisiones por tomar y control	Para ejecutar los trabajos
	MUY ALTO	Inadmisible para trabajar: Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).
	ALTO	Minimizarlo: Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	MEDIO	Aceptarlo: Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	BAJO	Asumirlo: Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder de trabajo debe verificar: <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Qué puede salir mal o fallar?</li> </ul> No requiere permiso especial de trabajo. <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle?</li> <li>• ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?</li> </ul>
	MUY BAJO	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades

Fuente: elaboración propia

Para efectos de la descripción técnica, el presente capítulo se estructura de acuerdo con la clasificación interna de zonas del parque ecoturístico Embalse Neusa así: Laureles, Vivero, Sector Administración, Chapinero, y Sector Hotel.

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación de riesgos mostrados en la tabla anterior para el sector Laureles.

Gráfica 18. Factor de riesgo acciones y decisiones para controlarlo.

FACTOR DE RIESGO	RIESGO POTENCIAL O REAL	VALORACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO	DECISIONES Y ACCIONES PARA CONTROLAR PARA CONTROLAR EL RIESGO
Arco eléctrico	REAL	MEDIO	<b>Decisiones</b> Aceptarlo. Aplicar sistemas de control. Requiere permiso de trabajo. <b>Para ejecutar los trabajos</b> Líder de grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro y el Permiso de Trabajo
Ausencia de electricidad	POTENCIAL	BAJO	<b>Decisiones</b> Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. <b>Para ejecutar los trabajos</b> Líder de trabajo plantea cuestionamientos en función de prever situaciones. Promover la prevención.
Contacto directo	REAL	MEDIO	<b>Decisiones</b> Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. Hacer respetar las distancias de seguridad. <b>Para ejecutar los trabajos</b> Líder de trabajo plantea cuestionamientos en función de prever situaciones. Promover la prevención. Delimitar adecuadamente el área de trabajo (indispensable)
Contacto indirecto	REAL	MEDIO	<b>Decisiones</b> Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. Hacer respetar las distancias de seguridad. Garantizar diseño de puesta a tierra en la celda triplex del transformador. <b>Para ejecutar los trabajos</b> Líder de trabajo plantea cuestionamientos en función de prever situaciones. Promover la prevención. Delimitar adecuadamente el área de trabajo (indispensable). Garantizar cronograma de mantenimientos (preventivo y correctivo)
Cortocircuito	REAL	MEDIO	<b>Decisiones</b> Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. Hacer respetar las distancias de seguridad. <b>Para ejecutar los trabajos</b> Líder de trabajo plantea cuestionamientos en función de prever situaciones. Promover la prevención. Delimitar adecuadamente el área de trabajo (indispensable)
Ausencia de electricidad	POTENCIAL	BAJO	<b>Decisiones</b> Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. Garantizar niveles de temperatura óptimos en la celda. <b>Para ejecutar los trabajos</b> Líder de trabajo plantea cuestionamientos en función de prever situaciones. Promover la prevención.
Equipo defectuoso	POTENCIAL	BAJO	<b>Decisiones</b> Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. Garantizar niveles de temperatura óptimos en la celda. <b>Para ejecutar los trabajos</b> Líder de trabajo plantea cuestionamientos en función de prever situaciones. Promover la prevención. Garantizar cronograma de mantenimientos (preventivo y correctivo)
Sobrecarga	REAL	BAJO	<b>Decisiones</b> Asumirlo. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. Garantizar dimensionamiento adecuado de la acometida de MT y BT. Verificar la relación de transformador de los CT's tipo ventana en los bornes del transformador. <b>Para ejecutar los trabajos</b> Líder de trabajo plantea cuestionamientos en función de prever situaciones. Promover la prevención. Delimitar adecuadamente el área de trabajo (indispensable). Garantizar cronograma de mantenimientos (preventivo y correctivo)

Fuente: elaboración propia.

**Cálculos de sistemas de puesta a tierra:**

El presente análisis se encuentra estructurado de acuerdo con la zonificación interna del parque así: Laureles, Vivero, Sector Administración, Chapinero, y Sector Hotel. Para efectos de la descripción, a continuación, se presenta el resumen técnico del sector Laureles.

Para el diseño del sistema de puesta a tierra para el proyecto PARQUE ECOTURISTICO NEUSA SECTOR LAURELES”, se tuvieron en cuenta los requerimientos propuestos en el Artículo 15 del RETIE.

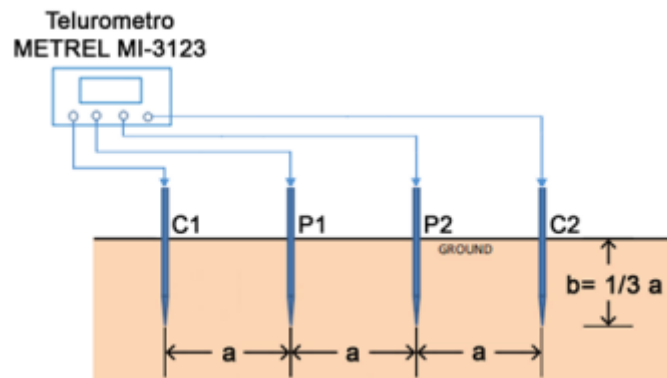
- Conductor de puesta a tierra en acometida

El empalme entre varillas del sistema de puesta a tierra tendrá un diámetro de conductor a utilizar (mínimo 62,44 mm<sup>2</sup> o 2/0 AWG según IEEE 80).

- Medida De Resistividad Del Terreno

Para determinar la resistividad del terreno donde se construirá el proyecto, se aplicó el método de Wenner; consiste en enterrar cuatro electrodos a lo largo de una línea recta longitudinal y transversalmente, espaciadas uniformemente a una distancia *a* y enterradas una profundidad *b*.

Gráfica 19. Disposición de electrodos por método de Wenner.



Fuente: elaboración propia.

- Datos obtenidos

Para determinar la resistividad del terreno donde se construirá el proyecto PARQUE NEUSA, SECTOR LAURELES, se aplicó el método de Wenner; donde se enterraron cuatro electrodos a lo largo de una línea recta longitudinal y transversalmente, espaciadas uniformemente, a continuación, se presentan los resultados de las medidas:

Gráfica 20. Cálculos obtenidos por el método de Wenner.

Metodo de wenner para TRANSFORMADOR			
DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS <i>d</i> (m)	PROFUNDIDAD ELECTRODOS <i>d/20</i> (m)	RESISTIVIDAD MEDIDA	
		LONGITUDINAL $\Omega$ -m	TRANSVERSAL $\Omega$ -m
1	0,05	128,00	132,00
2	0,10	101,00	116,00
3	0,15	76,80	93,20
PROMEDIO RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)		101,93	113,73
PROMEDIO RESISTIVIDAD TRANSVERSAL ( $\Omega$ -m)		LONGITUDINAL	Y 107,83

Fuente: elaboración.

- Modelamiento de la resistividad del terreno, método de Box-Cox

Para modelar el terreno como si fuese homogéneo se hace uso del método estadístico de Box-Cox que busca un valor con probabilidad de 70% de ser el real, valor que se utilizará luego en los cálculos necesarios para el diseño de la puesta a tierra.

Gráfica 21. Modelamiento del suelo.

TRANSFORMADOR 45 kVA			
METODO BOX-COX	Resistividad (ρi)	$Xi=Ln(\rho_i)$	$(Xi-x)^2$
	128,00	4,85	0,0356
	101,00	4,62	0,0023
	76,80	4,34	0,1037
	132,00	4,88	0,0482
	116,00	4,75	0,0082
93,20	4,53	0,0165	
<b>SUMA</b>	647,00	27,98	0,2145
<b>PROMEDIO</b>	107,83	4,66	0,0358
<b>DESVIACION</b>		0,19	
<b>Z DIST. NORMAL 70%</b>		0,52	
<b>RESISITIVIDAD AL 70%</b>		<b>117,0</b>	
<b><math>\rho=Anti Ln(5*Z+x)</math></b>			

Fuente: elaboración propia.

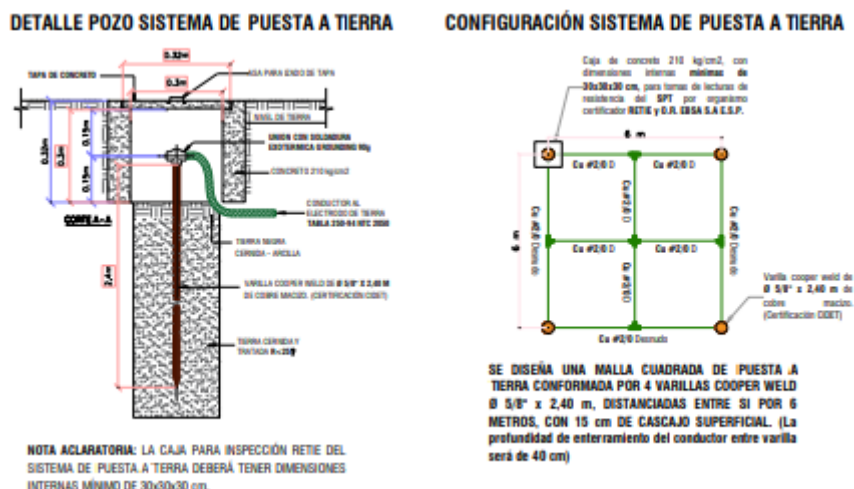
Por lo tanto, es posible modelar el terreno con una resistividad de 117,0 Ohm-m.

- Diagnóstico:

Dado que se cumplen las condiciones en las que las tensiones de malla y paso en caso de falla son menores que las de paso y contacto tolerables por el cuerpo humano se comprueba que el SPT está bien diseñado y que cumple con su finalidad de disipar las corrientes de falla en el tiempo establecido, garantizando así la seguridad de las personas, animales y equipos.

Por lo tanto, y ya con el diseño validado se determina que la malla de puesta a tierra estará conformada por una malla rectangular con 4 varillas de cobre de 2,4 m de longitud distanciadas entre sí en 6 m, y con 13 cm de cascajo superficial. La profundidad de enterramiento de los conductores entre las varillas será de 30 cm.

Gráfica 22. Configuración del sistema de puesta a tierra:



Fuente: Elaboración.

**Protecciones contra sobre corrientes:**

- Cálculo del nivel de cortocircuito.

La impedancia o tensión de cortocircuito ( $UZ$ ) de un transformador trifásico ( $3\Phi$ ) de 11,4 KV en aceite de 30 KVA de acuerdo con la norma ICONTEC NTC 819 y NTC 3445 es de 3%. A continuación, se calcula la corriente de cortocircuito en M.T y B.T. empleando las siguientes formulas:

$$I_{N,MT} = S / \sqrt{3} * V_{LL,MT}$$

$$I_{N,BT} = S / \sqrt{3} * V_{LL,BT}$$

$$I_{CC,MT} = I_{N,MT} / U_Z$$

$$I_{CC,BT} = I_{N,BT} / U_Z$$

Donde:

$I_{N,MT}$  Corriente nominal en media tensión (A)

$I_{N,BT}$  Corriente nominal en baja tensión (A)

$I_{CC,MT}$  Corriente de cortocircuito en media tensión (A)

$I_{CC,BT}$  Corriente de cortocircuito en baja tensión (A)

En la siguiente tabla se detallan los resultados obtenidos para el cálculo de cortocircuito del sistema eléctrico de la institución

Gráfica 23. Nivel de cortocircuito en M.T y B.T

SECTOR LAURELES		
Potencia	30	KVA
Vprim	11,4	kV
Vsec	0,220	kV
Iprim	1,52	A
Isec	78,7	A
Z%	3,0%	
IccBT	2624,3	A
IccMT	50,64	A

Fuente: elaboración propia.

Para nivel de tensión de 11,4 kV se tiene un nivel de cortocircuito de 50,64 A y para nivel de tensión de 220 V se tiene un nivel de cortocircuito de 2624,3 kA, aproximadamente.

- Tiempo de soporte del cortocircuito

De acuerdo con la norma IEEE – ANSI C57.12.00 – 1993, numeral 7.1.3.1 y la NTC2797, la máxima duración de la corriente de cortocircuito para transformadores Categoría I (15 a 500 kVA trifásicos) está dada por la expresión:

$$t = 1250 (1 \text{ UZ}/) 2 = 1,125 \text{ segundos}$$

Donde:

$t$  Tiempo que puede soportar el transformador el nivel de cortocircuito sin sufrir daño (s)

Por lo tanto, el tiempo de soporte de cortocircuito del transformador proyectado es de 1,125 segundos.

- Selección de protecciones en mt

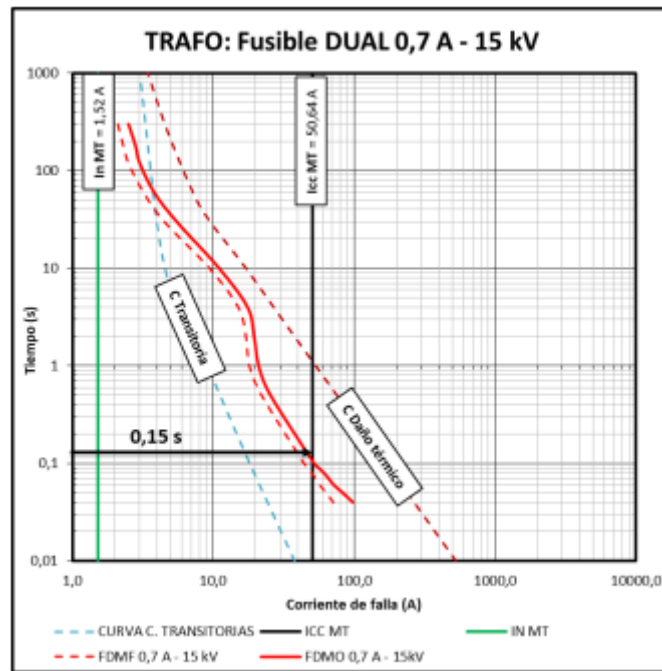
Las protecciones que se proyectan para proteger el transformador en poste trifásico de 30 KVA contra sobre corrientes y corrientes de cortocircuito por el lado de media tensión a 11,4 KV son:

Tres (3) cortacircuitos de 15 KV, 100 A con fusible tipo DUAL de 0,7 Amp – 15 kV en cada fase a instalar en la estructura del transformador.

En la selección de los fusibles se tuvo en cuenta el impacto de las corrientes transitorias “inrush” de magnetización y “cold load”, y la curva de daño del transformador, las cuales se calculan de acuerdo con la norma NTC 2797 y la norma IEEE – ANSI C57.109-1993, según los siguientes puntos establecidos en las normas para calcularlas.

Gráfica 24. Curva de protección para fusible tipo dual – 15 Kv

De acuerdo con los cálculos realizados se puede determinar que, el fusible del transformador tipo DUAL 0,7 AMP – 15Kv, actúa en el rango de corrientes transitorias y corrientes de daño adecuadamente y en un tiempo máximo de operación de 150 ms ante una corriente de falla en MT



Fuente: elaboración propia.

### **Cálculos de regulación:**

La caída de tensión en un circuito trifásico equilibrado está dada por:

$$V = \sqrt{3}Ix(R\cos\phi + X\sin\phi)$$

$V$  = Caída de tensión,  $V$

$I$  = Corriente de fase,  $A$

La regulación, asumiendo que la diferencia angular entre la tensión del emisor y receptor es despreciable, está dada por:

$$\Delta V\% = \sqrt{3}Ix(R\cos\phi + X\sin\phi) / V$$

Donde:

$\Delta V\%$ : Regulación en porcentaje

$V$ : Tensión línea-línea (en voltios)

Transformando esta fórmula, se tiene:

$$\Delta V\% = KVAx \times (R\cos\phi + X\sin\phi) / 10 (KV^2)$$

Esta expresión puede ser escrita como:  $\Delta V \% = K \times M$

En donde:

M: Momento eléctrico = kVA x L

KVA: Carga trifásica L: Longitud de la red considerada, en Km.

K: Constante que depende de la tensión, la configuración del sistema, las características del conductor y del factor de potencia.

Los valores de K para conductores de cobre se toman de las constantes de regulación de media y baja tensión de las tablas de ENEL-CODENSA, y los resultados se muestran a continuación:

Gráfica 25. Análisis de regulación en B.T:

Se observa los porcentajes de regulación para las acometidas parciales y acometida general quedando por debajo del 3%, cumpliendo así con lo estipulado en el artículo 27 de RETIE.

PARA REDES SUBTERRANEAS DE BAJA TENSION TRIFASICA TETRAFILAR EN CABLE ALUMINIO XLPE															
FACTOR DE POTENCIA = 0,9 ; VOLTAJE DE ENVIO = 220 / 127 V															
TABLA DE REGULACION, PERDIDA DE ENERGIA Y POTENCIA SECTOR LAURELES															
TRANSFORMADOR EXISTENTE SECTOR LAURELES															
CIRCUITO DE ALUMBRADO PUBLICO (17 LUMINARIAS OMEGA I 12 LED 40W)															
TRAMO NODO	LONG. TRAMO	LUMINARIAS	KVA TOTAL	CORRI. I (A)	TENSION (KV)	COS Ø	CABLE DE ALUMINIO AWG - XLPE					% REGULACION			
							FASES	NEUTRO	CAP.	R equiv (Ω / Km)	CTE REGULAC.	TRAMO	ACUM.		
INICIAL	FINAL	L (m)	[40W]				Nº	CAL.	CAL.	A		k (% / KVA-m)	KVA*L°C		
T-M	E1	15,0	20	0,89	2,33	0,220	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	0,87111	1,90773E-03	0,03	0,030
E1	E2	23,5	12	0,53	1,40	0,220	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	0,87111	1,90773E-03	0,02	0,050
E2	E3	35,0	11	0,49	1,28	0,220	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	0,87111	1,90773E-03	0,03	0,080
E3	E4	35,0	1	0,04	0,12	0,220	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	0,87111	1,90773E-03	0,00	0,080
E3	E5	28,0	7	0,31	0,82	0,220	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	0,87111	1,90773E-03	0,02	0,100
E5	E6	50,0	3	0,13	0,35	0,220	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	0,87111	1,90773E-03	0,01	0,110
E6	E7	25,0	2	0,09	0,23	0,220	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	0,87111	1,90773E-03	0,00	0,110
E7	E8	25,0	1	0,04	0,12	0,220	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	0,87111	1,90773E-03	0,00	0,110
E5	E9	50,0	3	0,13	0,35	0,220	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	0,87111	1,90773E-03	0,01	0,110
E9	E10	25,0	2	0,09	0,23	0,220	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	0,87111	1,90773E-03	0,00	0,110
E10	E11	25,0	1	0,04	0,12	0,220	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	0,87111	1,90773E-03	0,00	0,110
E1	E12	58,0	8	0,36	0,93	0,220	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	0,87111	1,90773E-03	0,04	0,070
E12	E13	58,0	8	0,36	0,93	0,220	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	0,87111	1,90773E-03	0,04	0,110
E13	E14	80,0	3	0,13	0,35	0,220	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	0,87111	1,90773E-03	0,02	0,130
E14	E15	85,0	2	0,09	0,23	0,220	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	0,87111	1,90773E-03	0,01	0,140
E15	E16	85,0	1	0,04	0,12	0,220	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	0,87111	1,90773E-03	0,01	0,150
E13	E17	105,0	4	0,18	0,47	0,220	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	0,87111	1,90773E-03	0,04	0,150
E17	E18	101,0	3	0,13	0,35	0,220	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	0,87111	1,90773E-03	0,03	0,180
E18	E19	47,0	2	0,09	0,23	0,220	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	0,87111	1,90773E-03	0,01	0,190
E19	E20	77,0	1	0,04	0,12	0,220	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	0,87111	1,90773E-03	0,01	0,200

Fuente: elaboración propia.

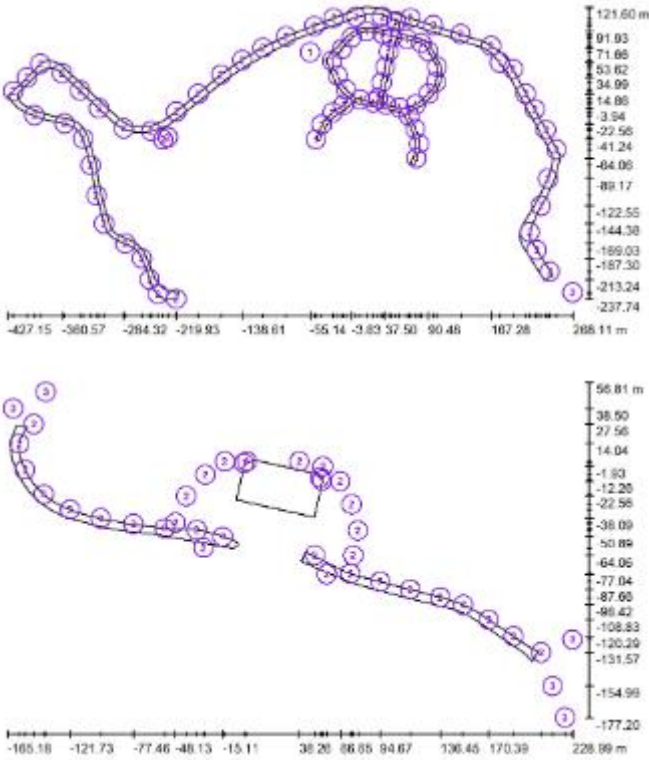
**Diagramas unifilares:**

A continuación, se presenta gráficamente los estudios unifilares del proyecto.

Gráfica 25. Diagramas unifilares







Fuente: elaboración propia.

**Memoria de cálculos eléctricos:**

A continuación, se describen los estudios y cálculos técnicos realizados para el análisis técnico en el componente relacionados con los cálculos eléctricos desarrollados para el parque ecoturístico Juan Pablo II.

- Análisis de cuadros de cargas iniciales y futuras.

Las cargas instaladas para el presente proyecto son:

Gráfica 27. Cuadro de carga instalada A.P. – Transformador 1

CUADRO DE CARGA PARCIAL INSTALADA DE ALUMBRADO PÚBLICO																			
TRANSFORMADOR 1																			
IDENTIFICACION CIRCUITO	CIRCUITO	ALUMBRADO					TENSION V	F.P.	CARGA INSTALADA		CORRIENTES NOMINALES [A]	C. POR FASE			SELECCION PROTECCION In x I <sub>ΔS</sub>	SELECCION DE CONDUCTOR			
		[80W]	[14 W]	[187 W]	[187 W]	[281 W]			[W]	[VA]		R	S	T		CAIBRE	ESPECIFICACION CABLE		
ALUMBRADO PUBLICO	RAMAL 1	36	17	2	2		220	0,9	2796	3096	8,12	3032	1032	3032	3x40 A	2	1/0	-	3x35mm2+1x50mm2
ALUMBRADO PUBLICO	RAMAL 2		15				220	0,9	810	900	2,36	300	300	300	3x40 A	2	1/0	-	3x35mm2+1x50mm2
<b>TOTAL CARGA INSTALADA</b>		<b>36</b>	<b>32</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>220</b>	<b>0,9</b>	<b>2796</b>	<b>3996</b>	<b>10,49</b>	<b>1332</b>	<b>1332</b>	<b>1332</b>	<b>3x70 A</b>	<b>2</b>	<b>1/0</b>	<b>-</b>	<b>3x35mm2+1x50mm2</b>
<b>TOTAL CARGA DIVERSIFICADA</b>										<b>3996</b>									

Fuente: elaboración propia.

Gráfica 28. Cuadro de carga instalada A.P. – Transformador 2

CUADRO DE CARGA PARCIAL INSTALADA DE ALUMBRADO PÚBLICO																			
TRANSFORMADOR 2																			
IDENTIFICACION CIRCUITO	CTO	ALUMBRADO					TENSION	F.P.	CARGA INSTALADA		CORRIENTE NOMINAL In	C. POR FASE			SELECCIÓN PROTECCIÓN In x I,25	SELECCIÓN DE CONDUCTOR			
		[16W]	[14W]	[187 W]	[187 W]	[281 W]			[W]	[VA]		[A]	R	S		T	F	N	T
ALUMBRADO PÚBLICO	RAMAL 1		21				220	0,9	1131	1260	3,21	420	420	420	2x63 A	2	1/0	...	3x35mm <sup>2</sup> +1x50mm <sup>2</sup>
ALUMBRADO PÚBLICO	RAMAL 2	12	23				220	0,9	1722	3913	5,02	420	420	420	2x63 A	2	1/0	...	3x35mm <sup>2</sup> +1x50mm <sup>2</sup>
TOTAL CARGA INSTALADA		12	44	0	0	0	220	0,9	2856	3173	8,81	840	840	840	3x70 A	2	1/0	...	3x35mm <sup>2</sup> +1x50mm <sup>2</sup>
TOTAL CARGA DIVERSIFICADA																			

Fuente: elaboración propia.

Gráfica 29. Cuadro de carga instalada A.P. – Transformador 3

CUADRO DE CARGA PARCIAL INSTALADA DE ALUMBRADO PÚBLICO																				
TRANSFORMADOR 3																				
IDENTIFICACION CIRCUITO	CTO	ALUMBRADO					TENSION	F.P.	CARGA INSTALADA		CORRIENTE NOMINAL In	C. POR FASE			SELECCIÓN PROTECCIÓN In x I,25	SELECCIÓN DE CONDUCTOR				
		[16W]	[14W]	[187 W]	[187 W]	[281 W]			[W]	[VA]		[A]	R	S		T	F	N	T	CABLE AL AWG - 3RM/THWN
ALUMBRADO PÚBLICO	RAMAL 1	57				11	0	220	0,9	5765	6428	36,87	2143	2143	2143	4	...	4	3x35mm <sup>2</sup> +1x50mm <sup>2</sup>	
TOTAL CARGA INSTALADA		57	0	0	0	11	0	220	0,9	5785	6428	36,87	2143	2143	2143	3x60 A	4	...	4	3x35mm <sup>2</sup> +1x50mm <sup>2</sup>
TOTAL CARGA DIVERSIFICADA																				

Fuente: elaboración propia.

- Factor de potencia

El factor de potencia promedio del sistema eléctrico considerado en este proyecto es de 0,9 en atraso. Se considera este valor de acuerdo resolución CREG 108 de 1997.

Para este factor no se justifica un análisis de corrección de potencia, debido a la potencia reactiva es mucho menor que el 50% de la potencia activa para que genere cobros de sanciones por parte del operador de red. “Resolución CREG 082 de 2002”

- Análisis de componentes armónicas

En general, los armónicos son producidos por cargas no lineales que, a pesar de ser Alimentadas con una tensión sinusoidal, absorben una intensidad no sinusoidal.

Para simplificar se considera que las cargas no lineales se comportan como fuentes de intensidad que inyectan armónicos en la red. Las cargas armónicas no lineales más comunes son las que se encuentran en los receptores alimentados por electrónica de potencia tales como variadores de velocidad, rectificadores, convertidores, etc.

Otro tipo de cargas tales como reactancias saturables, equipos de soldadura, hornos de arco, etc., también inyectan armónicos. El resto de las cargas tienen un comportamiento lineal y no generan armónicos.

Principales fuentes de armónicos: Son cargas que es posible distinguir según sus dominios, industriales o domésticos:

- Cargas industriales: Equipamientos de electrónica de potencia: variadores de velocidad, rectificadores, onduladores.
- Cargas que utilizan arco eléctrico: hornos de arco, máquinas de soldar, los arranques de motores con arrancadores electrónicos y los enganches de

transformadores de potencia son también generadores de armónicos (temporales).

Para fines de este proyecto no se requiere un análisis preciso debido a que las cargas a instalar son de naturaleza lineal con alimentación eléctrica sinusoidal y onda de corriente de salida sinusoidal.

**Otros relacionados con diseños y cálculos eléctricos:**

A continuación, se presenta de forma general, los detalles de disponibilidad del servicio, análisis de riesgos, cálculos de sistemas y diagramas unifilares, los cuales presentan una descripción a detalle en las memorias y estudios que soportan al proyecto.

**Disponibilidad de servicio:**

Teniendo en cuenta el periodo de tiempo de funcionamiento del sistema de iluminación, se determina la disponibilidad de los activos para su uso y disponibilidad del servicio.

**Análisis de riesgo de origen eléctrico:**

Con el fin de evaluar el nivel o grado de riesgo de tipo eléctrico en el presente proyecto, se puede aplicar la siguiente matriz para la toma de decisiones de acuerdo con lo sugerido en el artículo 9.2.1 del RETIE, la metodología a seguir en cada caso es la siguiente:

Color	Nivel de riesgo	Decisiones por tomar y control	Para ejecutar los trabajos
	MUY ALTO	Inadmisibles para trabajar: Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).
	ALTO	Minimizarlo: Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	MEDIO	Aceptarlo: Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP,	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de

		procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	BAJO	Asumirlo: Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder de trabajo debe verificar: <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Qué puede salir mal o fallar?</li> </ul> No requiere permiso especial de trabajo. <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle?</li> <li>• ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?</li> </ul>
	MUY BAJO	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades

Fuente elaboración propia.

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación de riesgos mostrados en la tabla anterior.

Gráfica 30. Factor de riesgo acciones y decisiones para controlarlo.

FACTOR DE RIESGO	RIESGO POTENCIAL O REAL	VALORACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO	DECISIONES Y ACCIONES PARA CONTROLAR PARA CONTROLAR EL RIESGO
Arcos eléctricos	REAL	MEDIO	<b>Decisiones:</b> Aceptarlo. Aplicar sistemas de control. Requiere permiso de trabajo. <b>Para ejecutar los trabajos:</b> Líder de grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro y el Permiso de Trabajo
Ausencia de electricidad	POTENCIAL	BAJO	<b>Decisiones:</b> Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. <b>Para ejecutar los trabajos:</b> Líder de trabajo plantea cuestionamientos en función de prever situaciones. Promover la prevención.
Contacto directo	REAL	MEDIO	<b>Decisiones:</b> Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. Hacer respetar las distancias de seguridad. <b>Para ejecutar los trabajos:</b> Líder de trabajo plantea cuestionamientos en función de prever situaciones. Promover la prevención. Delimitar adecuadamente el área de trabajo (indispensable)
Contacto indirecto	REAL	MEDIO	<b>Decisiones:</b> Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. Hacer respetar las distancias de seguridad. Garantizar diseño de puesta a tierra en la caída triplex del transformador. <b>Para ejecutar los trabajos:</b> Líder de trabajo plantea cuestionamientos en función de prever situaciones. Promover la prevención. Delimitar adecuadamente el área de trabajo (indispensable). Garantizar cronograma de mantenimientos (preventivo y correctivo).
Cortocircuito	REAL	MEDIO	<b>Decisiones:</b> Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. Hacer respetar las distancias de seguridad. <b>Para ejecutar los trabajos:</b> Líder de trabajo plantea cuestionamientos en función de prever situaciones. Promover la prevención. Delimitar adecuadamente el área de trabajo (indispensable)
Ausencia de electricidad	POTENCIAL	BAJO	<b>Decisiones:</b> Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. Garantizar ritmos de temperatura óptimos en la caída. <b>Para ejecutar los trabajos:</b> Líder de trabajo plantea cuestionamientos en función de prever situaciones. Promover la prevención.
Equipo defectuoso	POTENCIAL	BAJO	<b>Decisiones:</b> Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. Garantizar ritmos de temperatura óptimos en la caída. <b>Para ejecutar los trabajos:</b> Líder de trabajo plantea cuestionamientos en función de prever situaciones. Promover la prevención. Garantizar cronograma de mantenimientos (preventivo y correctivo).
Sobrecarga	REAL	BAJO	<b>Decisiones:</b> Asumirlo. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. Garantizar dimensionamiento adecuado de la acomoda de MT y BT. Verificar la relación de transformador de los CTA tipo ventana en los buses del transformador. <b>Para ejecutar los trabajos:</b> Líder de trabajo plantea cuestionamientos en función de prever situaciones. Promover la prevención. Delimitar adecuadamente el área de trabajo (indispensable). Garantizar cronograma de mantenimientos (preventivo y correctivo).

Fuente: elaboración propia.

**Cálculos de sistemas de puesta a tierra:**

Para realizar el diseño del sistema de puesta a tierra para el proyecto PARQUE ECOTURÍSTICO JUANPABLO II, se tuvieron en cuenta los requerimientos propuestos en el Artículo 15 del RETIE.

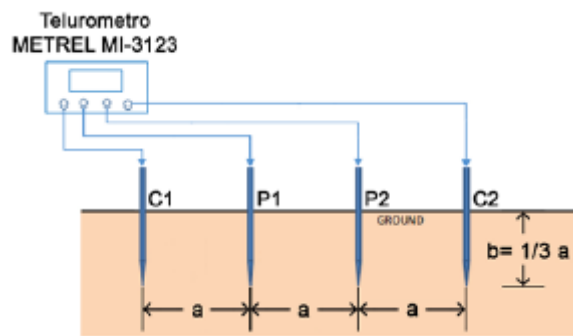
- Conductor de puesta a tierra en acometida

El empalme entre varillas del sistema de puesta a tierra tendrá un diámetro de conductor a utilizar (mínimo 62,44 mm<sup>2</sup> o 2/0 AWG según IEEE 80).

- Medida De Resistividad Del Terreno

Para determinar la resistividad del terreno donde se construirá el proyecto, se aplicó el método de Wenner; consiste en enterrar cuatro electrodos a lo largo de una línea recta longitudinal y transversalmente, espaciadas uniformemente a una distancia *a* y enterradas una profundidad *b*, tal como se ilustra en la siguiente figura.

Gráfica 30. Método de Wenner.



Fuente: elaboración propia.

- Datos obtenidos

Para determinar la resistividad del terreno donde se construirá el proyecto, se aplicó el método de Wenner; donde se enterraron cuatro electrodos a lo largo de una línea recta longitudinal y transversalmente, espaciadas uniformemente, a continuación, se presentan los resultados de las medidas:

Gráfica 31. Método de Wenner para transformador 1.

Método de wenner para TRANSFORMADOR 1			
DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS <i>d</i> (m)	PROFUNDIDAD ELECTRODOS <i>d</i> /20 (m)	RESISTIVIDAD MEDIDA	
		LONGITUDINAL $\Omega$ -m	TRANSVERSAL $\Omega$ -m
1	0,05	163,00	145,00
2	0,10	88,90	80,00
3	0,15	52,30	42,00
PROMEDIO RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)		101,40	89,00
PROMEDIO RESISTIVIDAD TRANSVERSAL ( $\Omega$ -m)		LONGITUDINAL Y	95,20

Fuente: elaboración propia.

- Modelamiento de la resistividad del terreno, método de Box-Cox

Para modelar el terreno como si fuese homogéneo se hace uso del método estadístico de Box-Cox que busca un valor con probabilidad de 70% de ser el real, valor que se utilizará luego en los cálculos necesarios para el diseño de la puesta a tierra.

Gráfica 31. Cálculos en método de Box-Cox

TRANSFORMADOR 10 kVA			
MÉTODO BOX-COX	Resistividad (pi)	$Xi=Ln(pi)$	$(Xi-x)^2$
	163,00	5,09	0,4285
	88,90	4,49	0,0023
	52,30	3,96	0,2324
	145,00	4,98	0,2890
	80,00	4,38	0,0033
42,00	3,74	0,4920	
SUMA	571,20	26,63	1,4476
PROMEDIO	95,20	4,44	0,2413
DESVIACION			0,49
Z DIST. NORMAL 70%			0,52
RESISTIVIDAD AL 70%			109,6
$p=Anti Ln(5^*Z+x)$			

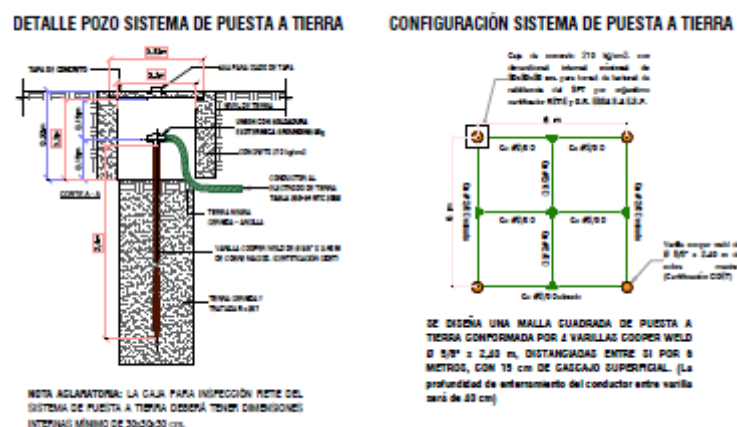
Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, es posible modelar el terreno con una resistividad de 109,6 Ohm-m.

- Diagnóstico:

Dado que se cumplen las condiciones en las que las tensiones de malla y paso en caso de falla son menores que las de paso y contacto tolerables por el cuerpo humano se comprueba que el SPT está bien diseñado y que cumple con su finalidad de disipar las corrientes de falla en el tiempo establecido, garantizando así la seguridad de las personas, animales y equipos. Por lo tanto, y ya con el diseño validado se determina que la malla de puesta a tierra estará conformada por una malla rectangular con 4 varillas de cobre de 2,4 m de longitud distanciadas entre sí en 5 m, y con 13 cm de cascajo superficial. La profundidad de enterramiento de los conductores entre las varillas será de 30 cm.

Gráfica 32. Configuración del sistema de puesta a tierra.



Fuente: elaboración propia.

**Protecciones contra sobre corrientes:**

A continuación, se presentan el análisis técnico relacionado con las protecciones cobra sobre corrientes descritas en las memorias de calculo y estudios del proyecto.

- Cálculo del nivel de cortocircuito:

La impedancia o tensión de cortocircuito ( $UZ$ ) de un transformador trifásico ( $3\Phi$ ) de 13,8 KV en aceite de 30 KVA de acuerdo con la norma ICONTEC NTC 819 y NTC 3445 es de 3%.

A continuación, se calcula la corriente de cortocircuito en M.T y B.T. empleando las siguientes formulas:

$$IN,MT = S / \sqrt{3} * VLL,MT$$

$$IN,BT = S / \sqrt{3} * VLL,BT$$

$$ICC,MT = IN,MT / UZ$$

$$ICC,BT = IN,BT / UZ$$

Donde:

$IN,MT$  Corriente nominal en media tensión (A)

$IN,BT$  Corriente nominal en baja tensión (A)

$ICC,MT$  Corriente de cortocircuito en media tensión (A)

$ICC,BT$  Corriente de cortocircuito en baja tensión (A)

En la siguiente tabla se detallan los resultados obtenidos para el cálculo de cortocircuito del sistema eléctrico:

Gráfica 33. Cálculo del nivel de cortocircuito.

JUAN PABLO II	
Potencia	30 KVA
Vprim	13,2 kV
Vsec	0,220 kV
Iprim	1,31 A
Isec	78,7 A
Z[%]	3,0%
IccBT	2624,3 A
IccMT	43,74 A

Fuente: elaboración propia.

Para nivel de tensión de 13,8 kV se tiene un nivel de cortocircuito de 43,74 A y para nivel de tensión de 208 V se tiene un nivel de cortocircuito de 2,62 kA, aproximadamente.

### **Cálculos de regulación:**

La caída de tensión en un circuito trifásico equilibrado está dada por:

$$V = \sqrt{3} I x (R \cos \phi + X \sin \phi)$$

Donde:

$V$  = Caída de tensión, V

$I$  = Corriente de fase, A

La regulación, asumiendo que la diferencia angular entre la tensión del emisor y receptor es despreciable, está dada por:

$$\Delta V \% = \sqrt{3} I x (R \cos \phi + X \sin \phi) / V$$

Donde:

$\Delta V$  %: Regulación en porcentaje

$V$ : Tensión línea-línea, en voltios

Transformando esta fórmula, se tiene:

$$\Delta V \% = KVA x (R \cos \phi + X \sin \phi) / 10 (KV^2)$$

Esta expresión puede ser escrita como:  $\Delta V \% = K \times M$

En donde:

$M$ : Momento eléctrico =  $kVA \times L$

$KVA$ : Carga trifásica

$L$ : Longitud de la red considerada, en Km.

$K$ : Constante que depende de la tensión, la configuración del sistema, las características del conductor y del factor de potencia.

Los valores de  $K$  para conductores de cobre se toman de las constantes de regulación de media y baja tensión de las tablas de EBSA, y los resultados se muestran a continuación:

Gráfica 34. Cálculo de regulación de red de alumbrado público.

**CALCULO DE REGULACION RED DE ALUMBRADO PUBLICO**  
 PARA REDES AERIAS DE BAJA TENSION TRIFASICA TETRAFILAR EN CABLE ALUMINIO TRENZADO AISLADO EN XLPE  
 FACTOR DE POTENCIA = 0,9 ; VOLTAJE DE ENVO = 208 / 120 V

**TABLA DE REGULACION, PERDIDA DE ENERGIA Y POTENCIA PARQUE JUAN PABLO II CHINGUIRA BOYACA**

TRAMO NODO		LONG. TRAMO	LUMINARIAS				KVA TOTAL	CORR. I (A)	TENSION (KV)	COS Ø	C. ALUMINIO TRENZADO MULTIPLEX AAC/AAAC XLPE					% REGULACION		
INICIAL	FINAL	L (m)	[40W]	[21W]	[107]	[201]					FASES	TIERRA	CAP. A	R equiv (Ω / Km)	CTE. REGULAC. k (% / KVA-m)	TRAMO	ACUM.	
E1	E2	46,8	4				0,18	0,08	0,208	0,9	2	25 mm2	25 mm2	75	1,363	3,32000E-03	0,03	0,03
E2	E3	47,6	2				0,09	0,43	0,208	0,9	2	25 mm2	25 mm2	75	1,363	3,32000E-03	0,01	0,04
E1	E4	48,6	24				1,07	5,13	0,208	0,9	2	50 mm2	50 mm2	120	0,641	8,67790E-03	0,42	0,45
E4	E5	48,5	24				1,07	5,13	0,208	0,9	2	50 mm2	50 mm2	120	0,641	8,67790E-03	0,42	0,87
E5	E6	34,2	23				1,02	4,91	0,208	0,9	2	50 mm2	50 mm2	120	0,641	8,67790E-03	0,30	1,17
E6	E7	33,4	21				0,93	4,49	0,208	0,9	2	50 mm2	50 mm2	120	0,641	8,67790E-03	0,27	1,44
E7	E103	25	2				0,09	0,43	0,208	0,9	2	25 mm2	25 mm2	75	1,363	3,32000E-03	0,01	1,46
E7	E8	37,1	19				0,54	4,06	0,208	0,9	2	50 mm2	50 mm2	120	0,641	8,67790E-03	0,27	1,71
E8	E9	48,4	17				0,76	3,63	0,208	0,9	2	50 mm2	50 mm2	120	0,641	8,67790E-03	0,32	2,03
E9	E10	44,4	16				0,71	3,42	0,208	0,9	2	50 mm2	50 mm2	120	0,641	8,67790E-03	0,27	2,30
E10	E11	40,2	14				0,62	2,90	0,208	0,9	2	25 mm2	25 mm2	75	1,363	3,32000E-03	0,08	2,38
E11	E12	46,7	12				0,53	2,96	0,208	0,9	2	25 mm2	25 mm2	75	1,363	3,32000E-03	0,08	2,46
E12	E13	41,5	11				0,49	2,35	0,208	0,9	2	25 mm2	25 mm2	75	1,363	3,32000E-03	0,07	2,53
E13	E14	52,7	10				0,44	2,14	0,208	0,9	2	25 mm2	25 mm2	75	1,363	3,32000E-03	0,08	2,61
E14	E15	44,9	9				0,40	1,92	0,208	0,9	2	25 mm2	25 mm2	75	1,363	3,32000E-03	0,06	2,67
E15	E16	44,4	8				0,38	1,71	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,10	2,77
E15	E17	55,5	7				0,31	1,90	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,11	2,86
E17	E18	43,4	6				0,27	1,28	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,07	2,96
E18	E19	33,9	5				0,22	1,07	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,06	3,00
E19	E20	30,2	4				0,18	0,85	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,04	3,04
E20	E21	37,1	3				0,13	0,64	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,03	3,07
E21	E22	28,9	1				0,04	0,21	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,01	3,08
E21	E23	41,1	1				0,04	0,21	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,01	3,07

**TRANSFORMADOR EXISTENTE 2**

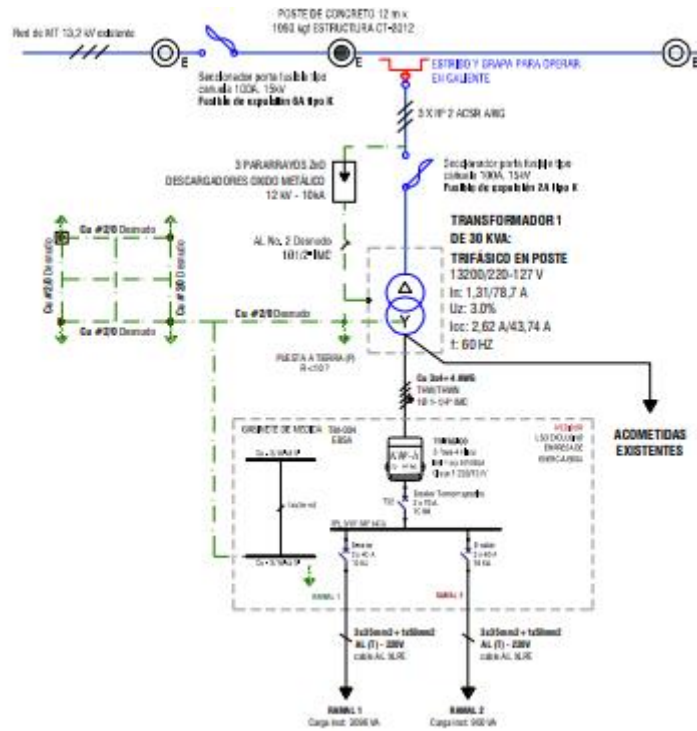
TRAMO NODO		LONG. TRAMO	LUMINARIAS				KVA TOTAL	CORR. I (A)	TENSION (KV)	COS Ø	C. ALUMINIO TRENZADO MULTIPLEX AAC/AAAC XLPE					% REGULACION		
INICIAL	FINAL	L (m)	[40W]	[21W]	[107]	[201]					FASES	TIERRA	CAP. A	R equiv (Ω / Km)	CTE. REGULAC. k (% / KVA-m)	TRAMO	ACUM.	
E24	E25	35,2	24	11			1,32	6,36	0,208	0,9	2	50 mm2	50 mm2	120	0,641	8,67790E-03	0,40	0,40
E25	E26	37,7	23	11			1,38	6,15	0,208	0,9	2	50 mm2	50 mm2	120	0,641	8,67790E-03	0,42	0,82
E26	E27	36,2	22	11			1,23	5,93	0,208	0,9	2	50 mm2	50 mm2	120	0,641	8,67790E-03	0,40	1,42
E27	E28	22,5	21	11			1,19	5,72	0,208	0,9	2	50 mm2	50 mm2	120	0,641	8,67790E-03	0,23	1,65
E28	E29	29	4				0,18	0,85	0,208	0,9	2	25 mm2	25 mm2	75	1,363	3,32000E-03	0,02	1,67
E29	E30	14,3	2				0,09	0,43	0,208	0,9	2	25 mm2	25 mm2	75	1,363	3,32000E-03	0,00	1,67
E28	E31	24,4	17	11			1,41	4,87	0,208	0,9	2	50 mm2	50 mm2	120	0,641	8,67790E-03	0,21	1,68
E31	E32	9,6	16				0,71	3,42	0,208	0,9	2	25 mm2	25 mm2	75	1,363	3,32000E-03	0,02	1,67
E32	E33	40,1	16				0,71	3,42	0,208	0,9	2	25 mm2	25 mm2	75	1,363	3,32000E-03	0,09	1,76
E33	E34	40,3	15				0,67	3,21	0,208	0,9	2	25 mm2	25 mm2	75	1,363	3,32000E-03	0,09	1,85
E34	E35	35,4	13				0,58	2,78	0,208	0,9	2	25 mm2	25 mm2	75	1,363	3,32000E-03	0,07	1,92
E35	E36	29	11				0,49	2,35	0,208	0,9	2	25 mm2	25 mm2	75	1,363	3,32000E-03	0,05	1,97
E36	E37	36,8	9				0,40	1,92	0,208	0,9	2	25 mm2	25 mm2	75	1,363	3,32000E-03	0,05	2,02
E37	E38	32,3	7				0,31	1,50	0,208	0,9	2	25 mm2	25 mm2	75	1,363	3,32000E-03	0,03	2,05
E38	E39	27	6				0,27	1,28	0,208	0,9	2	25 mm2	25 mm2	75	1,363	3,32000E-03	0,02	2,07
E39	E40	29,7	5				0,22	1,07	0,208	0,9	2	25 mm2	25 mm2	75	1,363	3,32000E-03	0,02	2,09
E40	E41	36,2	4				0,18	0,85	0,208	0,9	2	25 mm2	25 mm2	75	1,363	3,32000E-03	0,02	2,11
E41	E42	32,4	3				0,13	0,64	0,208	0,9	2	25 mm2	25 mm2	75	1,363	3,32000E-03	0,01	2,12
E42	E43	29,6	2				0,09	0,43	0,208	0,9	2	25 mm2	25 mm2	75	1,363	3,32000E-03	0,01	2,13
E43	E44	31,6	1				0,04	0,21	0,208	0,9	2	25 mm2	25 mm2	75	1,363	3,32000E-03	0,00	2,13
E31	E53	34,7		11			0,26	1,23	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,04	1,69
E53	E54	16		1			0,02	0,11	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,00	1,69
E53	E55	29,3		9			0,21	1,01	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,03	1,72
E55	E56	15,6		8			0,19	0,90	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,02	1,72
E56	E57	16,9		7			0,16	0,79	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,02	1,72
E57	E58	14		6			0,14	0,67	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,01	1,72
E58	E59	15,7		5			0,12	0,56	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,01	1,72
E59	E60	15,4		4			0,09	0,45	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,01	1,72
E60	E61	14,3		3			0,07	0,34	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,01	1,72
E61	E62	11,1		2			0,05	0,22	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,00	1,72
E62	E63	20,3		1			0,02	0,11	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,00	1,72
E24	E45	53,9	13				0,58	2,78	0,208	0,9	2	50 mm2	50 mm2	120	0,641	8,67790E-03	0,27	0,27
E45	E46	23,7	2				0,09	0,43	0,208	0,9	2	25 mm2	25 mm2	75	1,363	3,32000E-03	0,01	0,28
E46	E47	34,8	1				0,04	0,21	0,208	0,9	2	25 mm2	25 mm2	75	1,363	3,32000E-03	0,01	0,29
E45	E48	49,3	9				0,40	1,92	0,208	0,9	2	25 mm2	25 mm2	75	1,363	3,32000E-03	0,07	0,27
E48	E49	45	7				0,31	1,50	0,208	0,9	2	25 mm2	25 mm2	75	1,363	3,32000E-03	0,05	0,32
E49	E50	40,9	5				0,22	1,07	0,208	0,9	2	25 mm2	25 mm2	75	1,363	3,32000E-03	0,03	0,35
E50	E51	52,2	4				0,18	0,85	0,208	0,9	2	25 mm2	25 mm2	75	1,363	3,32000E-03	0,03	0,38
E51	E52	34,3	2				0,09	0,43	0,208	0,9	2	25 mm2	25 mm2	75	1,363	3,32000E-03	0,01	0,39
E52	E53	34,5	1				0,04	0,21	0,208	0,9	2	25 mm2	25 mm2	75	1,363	3,32000E-03	0,01	0,40

TRAMO NODO		LONG. TRAMO	LUMINARIAS				KVA TOTAL	CORR. I (A)	TENSION (KV)	COS Ø	C. ALUMINO TRENZADO MULTIPLEX AACIAAAC XLPE				% REGULACION			
INICIAL	FINAL	L (m)	[40W]	[21W]	[107]	[291]				Nº	FASES CAL.	TIERRA CAL.	CAP. A	R equiv (Ω / Km)	CTE. REGULAC. k (% / KVA-m)	TRAMO KVA*LC	ACUM.	
E64	E67	63,5	9				0,21	1,01	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,09	0,09
E67	E68	56,7	8				0,19	0,90	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,07	0,16
E68	E69	32,1	7				0,16	0,79	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,03	0,19
E69	E70	33,8	6				0,14	0,67	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,03	0,22
E70	E71	27,8	5				0,12	0,56	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,02	0,24
E71	E72	25,1	4				0,09	0,45	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,02	0,28
E72	E73	35,4	3				0,07	0,34	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,02	0,28
E73	E74	28,4	2				0,05	0,22	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,01	0,29
E74	E75	43,3	1				0,02	0,11	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,01	0,30
E64	E76	71,9				2	0,65	3,11	0,208	0,9	2	80 mm2	50 mm2	130	0,641	8,67790E-03	0,46	0,46
E64	E105	76,9				8	0,95	4,57	0,208	0,9	2	70 mm2	70 mm2	135	0,48005	2,23910E-03	0,16	0,16
E64	E77	82,9	1	15			0,39	1,90	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,22	0,22
E77	E78	27,5	4				0,09	0,45	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,02	0,24
E78	E79	27,4	3				0,07	0,34	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,01	0,25
E79	E80	29,4	2				0,05	0,22	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,01	0,26
E80	E81	29,3	1				0,02	0,11	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,00	0,26
E77	E82	11,9	2				0,05	0,22	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,00	0,22
E82	E83	30,8	1				0,02	0,11	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,00	0,22
E77	E84	62	1	9			0,25	1,22	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,10	0,32
E84	E97	30,6	5				0,12	0,56	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,01	0,33
E97	E98	31,4	4				0,09	0,45	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,02	0,35
E98	E99	30,4	3				0,07	0,34	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,01	0,36
E99	E100	25,1	2				0,05	0,22	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,01	0,37
E100	E101	27,2	1				0,02	0,11	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,00	0,37
E84	E85	35,5	1	4			0,14	0,66	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,03	0,15
E85	E87	21,7	1				0,04	0,21	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,01	0,16
E85	E88	56,3	4				0,09	0,45	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,03	0,18
E88	E89	45,1	3				0,07	0,34	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,02	0,18
E89	E90	47,1	2				0,05	0,22	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,01	0,18
E90	E91	43,7	1				0,02	0,11	0,208	0,9	2	4AWG	4AWG	65	1,530	6,6324E-03	0,01	0,18
E64	E86	196,5				2	0,65	3,11	0,208	0,9	2	70 mm2	70 mm2	135	0,48005	2,23910E-03	0,29	0,29

Fuente: elaboración propia.

**Diagramas unifilares:**

Gráfica 34. Diagramas unifilares.



Fuente: elaboración propia.





Fuente: Elaboración propia.

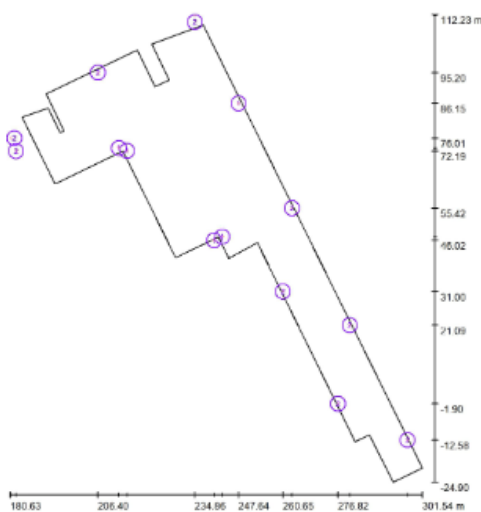
**Detalle de cantidades:**

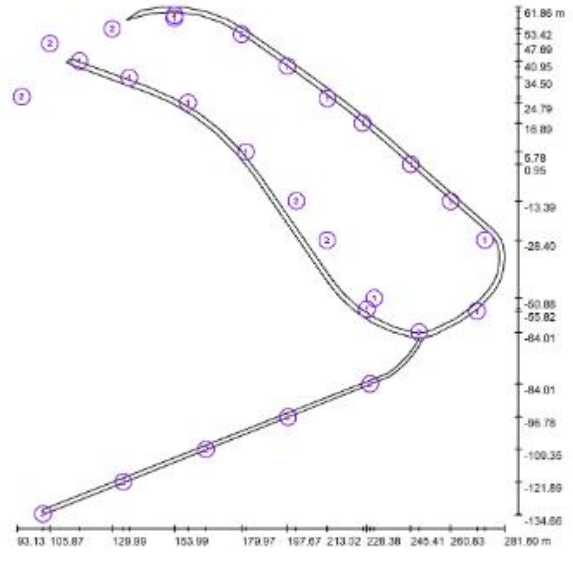
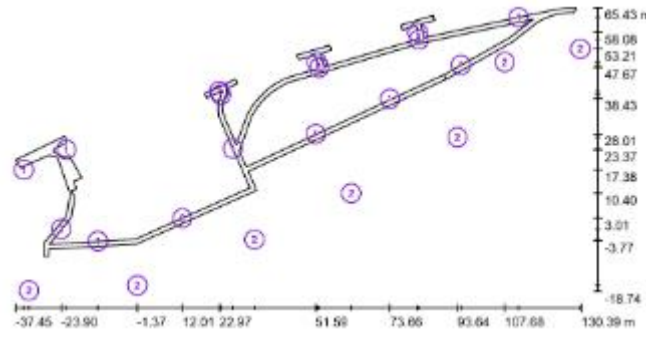
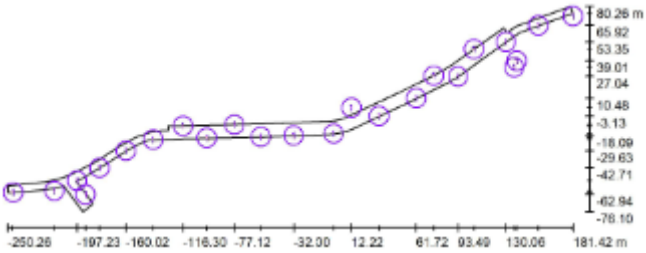
La descripción de cantidades se encuentra a detalle con sus correspondientes APU's en los documentos relacionados con el presupuesto elaborado para cada parque junto con los respectivos listados de precios unitarios.

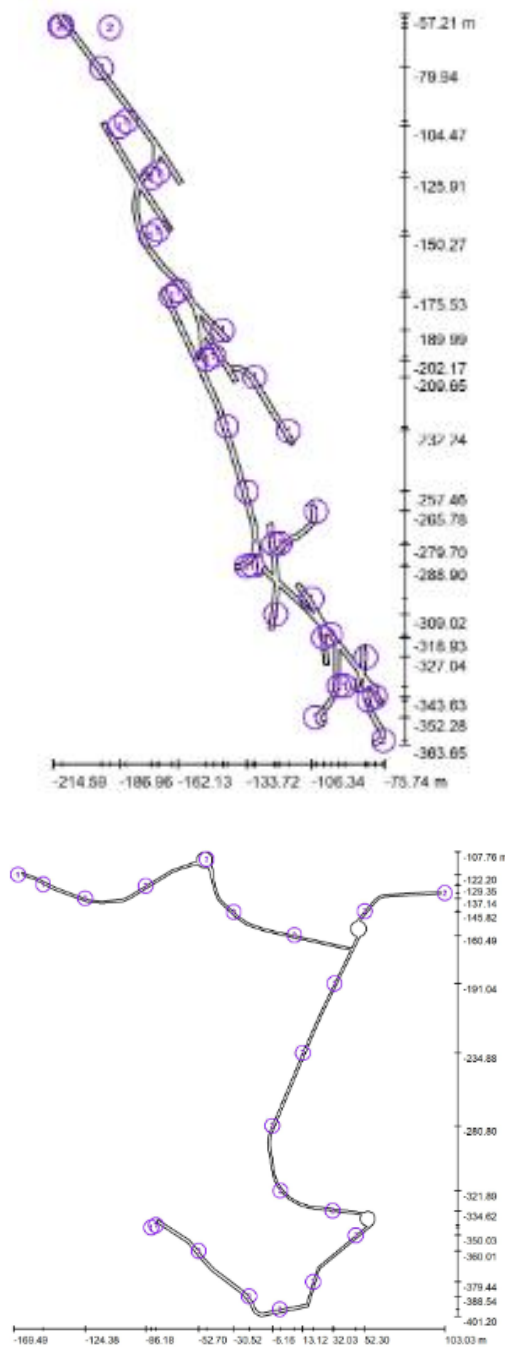
**Memoria de cálculos fotométricos:**

A continuación, se presentan los detalles gráficos producto del análisis fotométrico elaborado para el parque ecoturístico Puente Sopó.

Gráfica 35. Gráfica de cálculos fotométricos.







Fuente: elaboración propia.

### Memoria de cálculos eléctricos:

A continuación, se describen los estudios y cálculos técnicos realizados para el análisis técnico en el componente relacionados con los cálculos eléctricos desarrollados para el parque ecoturístico Puente sopó.

- Análisis de cuadros de cargas iniciales y futuras.

La carga instalada para el proyecto es:

Gráfica 35. carga instalada para alumbrado público en el tablero general de acometidas.

CUADRO DE CARGA GENERAL INSTALADA A.P															
IDENTIFICACION CIRCUITO	CTO	ALUMBRADO				TENSION V	F.P.	CARGA INSTALADA		CORRIENTE NOMINAL In [A]	C. POR FASE (VA)			SELECCIÓN PROTECCIÓN In x I,25	ESPECIFICACION CABLE TRENZADO AL - XLPE
		[107 W]	[40 W]	[54 W]	[107 W]			[W]	[VA]		R	S	T		
CIRCUITO 1	CTO 1		33	13		214	0,9	2022	2247	6,06	759	759	729	3x75 A	3x35mm <sup>2</sup> +1x50mm <sup>2</sup>
CIRCUITO 2	CTO 2	5	31	25	4	214	0,9	3553	3948	10,65	1274	1288	1386	3x75 A	3x35mm <sup>2</sup> +1x50mm <sup>2</sup>
TOTAL CARGA INSTALADA		5	64	38	4	214	0,9	5575	6194	16,71	2033	2047	2115	--	--
TOTAL CARGA DIVERSIFICADA									6194						

Fuente: elaboración propia.

- Factor de potencia

El factor de potencia promedio del sistema eléctrico considerado en este proyecto es de 0,9 en atraso. Se considera este valor de acuerdo con la resolución CREG 108 de 1997.

Para este factor no se justifica un análisis de corrección de potencia, debido a la potencia reactiva es mucho menor que el 50% de la potencia activa para que genere cobros de sanciones por parte del operador de red. “Resolución CREG 082 de 2002”

- Análisis de componentes armónicas

En general, los armónicos son producidos por cargas no lineales que, a pesar de ser Alimentadas con una tensión sinusoidal, absorben una intensidad no sinusoidal.

Para simplificar se considera que las cargas no lineales se comportan como fuentes de intensidad que inyectan armónicos en la red. Las cargas armónicas no lineales más comunes son las que se encuentran en los receptores alimentados por electrónica de potencia tales como variadores de velocidad, rectificadores, convertidores, etc.

Otro tipo de cargas tales como reactancias saturables, equipos de soldadura, hornos de arco, etc., también inyectan armónicos. El resto de las cargas tienen un comportamiento lineal y no generan armónicos.

Principales fuentes de armónicos: Son cargas que es posible distinguir según sus dominios, industriales o domésticos:

- Cargas industriales: Equipamientos de electrónica de potencia: variadores de velocidad, rectificadores, onduladores.
- Cargas que utilizan arco eléctrico: hornos de arco, máquinas de soldar, los arranques de motores con arrancadores electrónicos y los enganches de transformadores de potencia son también generadores de armónicos (temporales).

Para fines de este proyecto no se requiere un análisis preciso debido a que las cargas a instalar son de naturaleza lineal con alimentación eléctrica sinusoidal y onda de corriente de salida sinusoidal.

**Otros relacionados con diseños y cálculos eléctricos:**

A continuación, se presenta de forma general, los detalles de disponibilidad del servicio, análisis de riesgos, cálculos de sistemas y diagramas unifilares, los cuales presentan una descripción específica en las memorias y estudios que soportan al proyecto.

**Disponibilidad de servicio:**

Teniendo en cuenta el periodo de tiempo de funcionamiento del sistema de iluminación, se determina la disponibilidad de los activos para su uso y disponibilidad del servicio.

**Análisis de riesgo de origen eléctrico:**

Con el fin de evaluar el nivel o grado de riesgo de tipo eléctrico en el presente proyecto, se puede aplicar la siguiente matriz para la toma de decisiones de acuerdo con lo sugerido en el artículo 9.2.1 del RETIE, la metodología a seguir en cada caso es la siguiente:

Decisiones y acciones para controlar el riesgo.

Color	Nivel de riesgo	Decisiones por tomar y control	Para ejecutar los trabajos
	MUY ALTO	Inadmisibles para trabajar: Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).
	ALTO	Minimizarlo: Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	MEDIO	Aceptarlo: Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos,	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso

		protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	BAJO	Asumirlo: Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder de trabajo debe verificar: <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Qué puede salir mal o fallar?</li> <li>No requiere permiso especial de trabajo.</li> <li>• ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle?</li> <li>• ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?</li> </ul>
	MUY BAJO	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación de riesgos mostrados en la tabla anterior.

Gráfica 36. Factor de riesgo acciones y decisiones para controlarlo.

FACTOR DE RIESGO	RIESGO POTENCIAL O REAL	VALORACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO	DECISIONES Y ACCIONES PARA CONTROLAR PARA CONTROLAR EL RIESGO
Arcos eléctricos	REAL	MEDIO	Decisiones Aceptarlos. Aplicar sistemas de control. Requiere permiso de trabajo. <b>Para ejecutar los trabajos</b> Líder de grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro y el Permiso de Trabajo
Ausencia de electricidad	POTENCIAL	BAJO	Decisiones Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. <b>Para ejecutar los trabajos</b> Líder de trabajo plantea cuestionamientos en función de prever situaciones. Promover la prevención.
Contacto directo	REAL	MEDIO	Decisiones Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. Hacer respetar las distancias de seguridad. <b>Para ejecutar los trabajos</b> Líder de trabajo plantea cuestionamientos en función de prever situaciones. Promover la prevención. Delimitar adecuadamente el área de trabajo (indispensable)
Contacto indirecto	REAL	MEDIO	Decisiones Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. Hacer respetar las distancias de seguridad. Garantizar diseño de puesta a tierra en la celda triple del transformador. <b>Para ejecutar los trabajos</b> Líder de trabajo plantea cuestionamientos en función de prever situaciones. Promover la prevención. Delimitar adecuadamente el área de trabajo (indispensable). Garantizar cronograma de mantenimientos (preventivo y correctivo).
Contacto indirecto	REAL	MEDIO	Decisiones Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. Hacer respetar las distancias de seguridad. <b>Para ejecutar los trabajos</b> Líder de trabajo plantea cuestionamientos en función de prever situaciones. Promover la prevención. Delimitar adecuadamente el área de trabajo (indispensable)
Ausencia de electricidad	POTENCIAL	BAJO	Decisiones Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. Garantizar niveles de temperatura óptimos en la celda. <b>Para ejecutar los trabajos</b> Líder de trabajo plantea cuestionamientos en función de prever situaciones. Promover la prevención.
Equipo defectuoso	POTENCIAL	BAJO	Decisiones Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. Garantizar niveles de temperatura óptimos en la celda. <b>Para ejecutar los trabajos</b> Líder de trabajo plantea cuestionamientos en función de prever situaciones. Promover la prevención. Garantizar cronograma de mantenimientos (preventivo y correctivo).
Sobrecarga	REAL	BAJO	Decisiones Asumirlo. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. Garantizar dimensionamiento adecuado de la acometida de MT y BT. Verificar la relación de transformador de los CTs tipo ventana en los bornes del transformador. <b>Para ejecutar los trabajos</b> Líder de trabajo plantea cuestionamientos en función de prever situaciones. Promover la prevención. Delimitar adecuadamente el área de trabajo (indispensable). Garantizar cronograma de mantenimientos (preventivo y correctivo).

Fuente: elaboración propia.

### Cálculos de sistemas de puesta a tierra:

Para realizar el diseño del sistema de puesta a tierra para el proyecto PARQUE PUENTE SOPO, se tomó la medida de resistencia de la malla de puesta a tierra existente, la cual arrojó un valor de  $54,7 \Omega$ , y este supera el valor estipulado en el RETIE ( $R_{g,m} < 10 \Omega$ ), por lo que se deberá calcular el sistema de puesta a tierra teniendo en cuenta los requerimientos propuestos en el artículo 15 del RETIE.

- Medida De Resistividad Del Terreno:

El conductor del electrodo de puesta a tierra será de cobre, con cubierta que lo proteja contra la corrosión y se instalará de modo continuo, sin empalmes. La selección del conductor se hace con base en la tabla 250-94 de la NTC 2050 que se presenta a continuación:

Gráfica 37. Conductor de electrodo de puesta a tierra para sistemas de C.A.

Sección del mayor conductor de entrada a la acometida o sección equivalente de conductores en paralelo		Sección del conductor al electrodo de tierra	
Cobre	Aluminio o aluminio revestido de cobre	Cobre	Aluminio o aluminio revestido de cobre*
2 o menos	1/0 o menos	8	6
1 o 1/0	2/0 o 3/0	6	4
2/0 o 3/0	4/0 o 250 Kcmils	4	2
Más de 3/0 a 350 Kcmils	Más de 250 Kcmils a 500 Kcmils	2	1/0
Más de 350 Kcmils a 600 Kcmils	Más de 500 Kcmils a 900 Kcmils	1/0	3/0
Más de 600 Kcmils a 1100 Kcmils	Más de 900 Kcmils a 1750 Kcmils	2/0	4/0
Más de 1100 Kcmils	Más de 1750 Kcmils	3/0	250 Kcmils

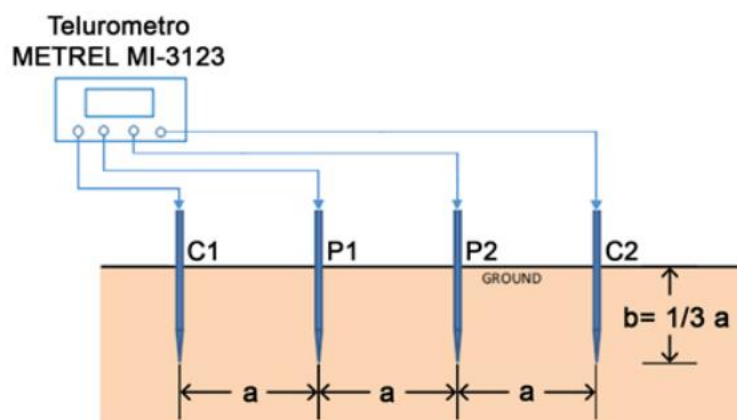
Fuente: elaboración propia.

El empalme para el sistema de puesta a tierra tendrá un diámetro de conductor a utilizar (mínimo 67,43 mm o 2/0 AWG según IEEE 80)

- Medida De Resistividad Del Terreno

Para determinar la resistividad del terreno donde se construirá el proyecto, se aplicó el método de Wenner; consiste en enterrar cuatro electrodos a lo largo de una línea recta longitudinal y transversalmente, espaciadas uniformemente a una distancia  $a$  y enterradas una profundidad  $b$ , tal como se ilustra en la siguiente figura.

Gráfica 38. Disposición de electrodos por método de Wenner.



Fuente: elaboración propia.

- Datos obtenidos

La presente gráfica muestra los resultados obtenidos de la aplicación del método Wenner.

Gráfica 39. Método de Wenner para transformador 1.

Metodo de wenner para TRANSFORMADOR 1			
DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS d (m)	PROFUNDIDAD ELECTRODOS d/20 (m)	RESISTIVIDAD MEDIDA	
		LONGITUDINAL $\Omega$ -m	TRANSVERSAL $\Omega$ -m
1	0,05	32,90	35,00
2	0,10	21,80	28,00
3	0,15	18,20	22,00
PROMEDIO RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)		24,30	28,33
PROMEDIO RESISTIVIDAD TRANSVERSAL ( $\Omega$ -m)		LONGITUDINAL	Y 26,32

Fuente: elaboración propia.

- Modelamiento de la resistividad del terreno, método de Box-Cox

Para modelar el terreno como si fuese homogéneo se hace uso del método estadístico de Box-Cox que busca un valor con probabilidad de 70% de ser el real, valor que se utilizará luego en los cálculos necesarios para el diseño de la puesta a tierra.

Gráfica 39. Cálculos según método de Box-Cox

TRANSFORMADOR 112,5 kVA			
METODO BOX-COX	Resistividad (pi)	$Xi = \ln(pi)$	$(Xi - x)^2$
	32,90	3,49	0,0630
	21,80	3,08	0,0258
	18,20	2,90	0,1164
	35,00	3,56	0,0978
	28,00	3,33	0,0080
	22,00	3,09	0,0230
SUMA	157,90	19,46	0,3340
PROMEDIO	26,32	3,24	0,0557
DESVIACION		0,24	
Z DIST. NORMAL 70%		0,52	
RESISTIVIDAD AL 70%		29,0	
p=Anti Ln(5*Z+x)			

Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, es posible modelar el terreno con una resistividad de 29,0 Ohm-m.

- Diagnóstico:

Dado que se cumplen las condiciones en las que las tensiones de malla y paso en caso de falla son menores que las de paso y contacto tolerables por el cuerpo humano se comprueba que el SPT está bien diseñado y que cumple con su finalidad de disipar las corrientes de falla en el tiempo establecido, garantizando así la seguridad de las personas, animales y equipos.

Por lo tanto, y ya con el diseño validado se determina que la malla de puesta a tierra estará conformada por una malla cuadrada de 4 varillas de cobre de 2,4 m de longitud, con 5 metros de distanciamiento entre ellas y 13 cm de cascajo

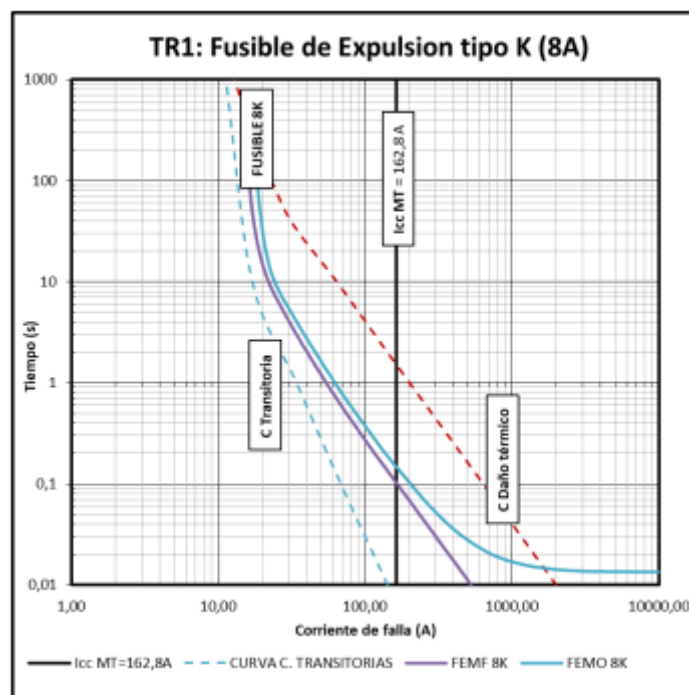
superficial. La profundidad de enterramiento de los conductores entre las varillas será de 30 cm.

### **Protecciones contra sobre corrientes:**

A continuación, se presentan los resultados del análisis a las protecciones contra sobre corrientes según las presentes categorías.

- Gráfica 40. Curva de protección fusibles subestación área.

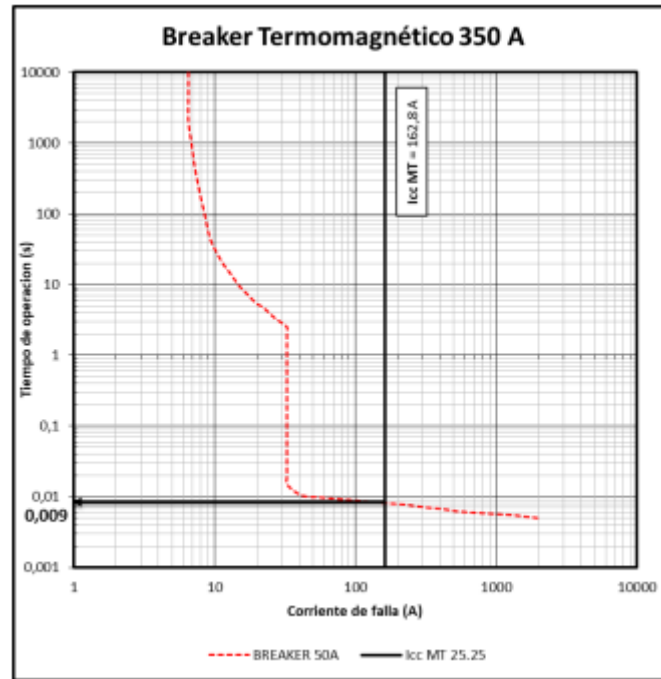
Cómo se puede observar en la siguiente gráfica, se observa que el fusible del transformador tipo 8K, actúa en el rango de corrientes transitorias y de daño adecuadamente y en un tiempo máximo de operación de 150 milisegundos ante una corriente de falla en MT de 162,8 A.



Fuente: elaboración propia.

- Gráfica 41. Gráfica general de coordinación de protecciones.

Como se puede observar en la siguiente gráfica, se observa que breaker termomagnético instalado en la caja del medidor (T-M), actúan ante una magnitud de corriente de cortocircuito en MT en un tiempo de 9 milisegundos, siendo este el tiempo mínimo de despeje de falla.



Fuente: elaboración propia.

### ***Cálculos de regulación:***

La caída de tensión en un circuito trifásico equilibrado está dada por:

$$\Delta V \text{ FASE - NEUTRO} = ZEF * 2 * L * I$$

V = Caída de tensión, V

L = Longitud del circuito en km

I = Corriente del circuito en A

ZEF = Impedancia eficaz en ohm/km

La regulación, asumiendo que la diferencia angular entre la tensión del emisor y receptor es despreciable, está dada por:

$$\Delta V\% = R \cos \phi + X \sin \phi / v$$

Donde:

$\Delta V\%$ : Regulación en porcentaje

V: Tensión línea-línea, en voltios

Transformando esta fórmula, se tiene:

$$\Delta V\% = KVAx x(RCOS\phi + XSEN\phi / 10 (KV^2)$$

Esta expresión puede ser escrita como:  $\Delta V \% = K \times M$

En donde:

M: Momento eléctrico = kVA x L

KVA: Carga trifásica

L: Longitud de la red considerada, en Km.

K: Constante que depende de la tensión, la configuración del sistema, las características del conductor y del factor de potencia.

Los valores de K para conductores de cobre se tomas de las constantes de regulación de media y baja tensión de las tablas de EBSA, y los resultados se muestran a continuación:

Gráfica 42. Análisis máximo porcentaje de regulación permisible en MT.

CUADRO MAXIMO PORCENTAJE % DE REGULACION PERMISIBLE RETIE														
El libro NTC 2050 artículo 27,3 Se debe asegurar que la regulación de tensión en la acometida no supere el 3%														
TRAMO RED BT			LONG. TRAMO L (m)	CARGA DEMANDADA (KVA)	CORRIENTE NOMINAL In (A)	TENSION (KV)	cosφ	CABLE ECOLOGICO SEMIAISLADO AAAC - XLPE - AL - 15 KV		% REGULACION				
INICIO	FINAL	DESCRIPCION						ESPECIFICACION CONDUCTOR		CAP. COR. constante k	TRAMO KVA*L*°C	ACUM.		
			Material	Calibre	60°C (A)	% / Kva-m								
O.R	TRAFO	Acometida MT	5	112,5	9,87	11,4	0,9	Aluminio	1/0 XLPE	100	6,713E-08	0,00004	0,000	✓

Fuente: elaboración propia.

Gráfica 43. Análisis máximo porcentaje de regulación permisible en BT.

CUADRO MAXIMO PORCENTAJE % DE REGULACION PERMISIBLE RETIE														
El libro NTC 2050 artículo 27,3 Se debe asegurar que la regulación de tensión en la acometida no supere el 3%														
TRAMO RED BT			LONG. TRAMO L (m)	CARGA DEMANDADA (KVA)	CORRIENTE NOMINAL In (A)	TENSION (KV)	cosφ	CONDUCTOR CABLE TIPO THW - THWN 600V, 90°C		% REGULACION				
INICIO	FINAL	DESCRIPCION						ESPECIFICACION CONDUCTOR		CAP. COR. constante k	TRAMO KVA*L*°C	ACUM.		
			Material	Calibre	60°C (A)	% / Kva-m								
TRAFO	T-M	Acometida General	5	112,5	303,5	0,214	0,9	Cobre	3x350+1x350 MCM	260	3,467E-04	0,1950	0,195	✓
T-M	TGA	Acometida Parcial	5	112,5	303,5	0,214	0,9	Cobre	3x350+1x350 MCM	260	3,467E-04	0,1950	0,390	✓

Fuente: elaboración propia.

Gráfica 44. Análisis máximo porcentaje de regulación permisible CTO 1, alumbrado público.

**CALCULO DE REGULACION RED DE ALUMBRADO PUBLICO (CIRCUITO 1)**  
**PARA REDES SUBTERRANEAS DE BAJA TENSION TRIFASICA TETRAFILAR EN CABLE ALUMINIO XLPE**  
**FACTOR DE POTENCIA = 0,9 ; VOLTAJE DE ENVIO = 214 / 127 V**

**TABLA DE REGULACION, PERDIDA DE ENERGIA Y POTENCIA PARQUE PUEBLO SOPO**

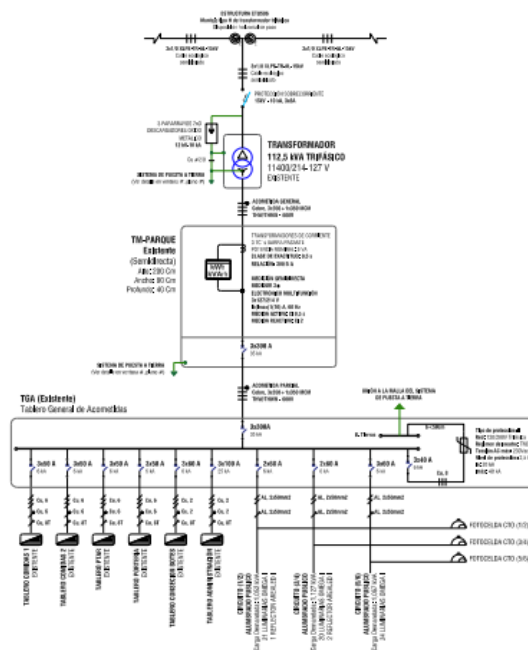
TRAMO NODO	LONG. TRAMO L (m)	LUMINARIAS				KVA TOTAL	CORRI. I (A)	TENSION (KV)	COS Ø	CABLE DE ALUMINIO THW-THWN 600V				% REGULACION		
		107W	140W	154W	1197W					FASES		NEUTRO	CAP.	CTE. REGULAC.	TRAMO	ACUM.
		33	12	13						Nº	CAL.	CAL.	A	k (% / KVA-m)	KVA*L°C	
TGA	E1	8,0				2,25	8,85	0,214	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	1,90773E-03	0,03	0,030
E1	E2	31,3				2,19	8,61	0,214	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	1,90773E-03	0,13	0,160
E2	E3	14,5				0,12	0,47	0,214	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	1,90773E-03	0,00	0,160
E3	E4	31,3				0,06	0,24	0,214	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	1,90773E-03	0,00	0,160
E2	E5	34,0				2,01	7,90	0,214	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	1,90773E-03	0,13	0,290
E5	E6	34,0				1,95	7,66	0,214	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	1,90773E-03	0,13	0,420
E6	E7	18,2				1,89	7,43	0,214	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	1,90773E-03	0,07	0,490
E7	E8	23,7				1,83	7,19	0,214	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	1,90773E-03	0,08	0,570
E8	E9	19,6				1,77	6,96	0,214	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	1,90773E-03	0,07	0,640
E9	E10	18,6				0,18	0,71	0,214	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	1,90773E-03	0,01	0,650
E10	E11	30,4				0,12	0,47	0,214	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	1,90773E-03	0,01	0,660
E11	E12	47,0				0,06	0,24	0,214	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	1,90773E-03	0,01	0,670
E9	E13	9,0				1,53	6,01	0,214	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	1,90773E-03	0,03	0,670
E13	E14	15,3				1,47	5,77	0,214	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	1,90773E-03	0,04	0,710
E14	E15	32,1				1,42	5,60	0,214	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	1,90773E-03	0,09	0,800
E15	E16	25,4				1,33	5,25	0,214	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	1,90773E-03	0,06	0,860
E16	E17	20,5				0,04	0,17	0,214	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	1,90773E-03	0,00	0,860
E16	E18	24,5				1,20	4,72	0,214	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	1,90773E-03	0,06	0,920
E18	E19	26,8				1,11	4,37	0,214	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	1,90773E-03	0,06	0,980
E19	E20	25,5				1,02	4,02	0,214	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	1,90773E-03	0,05	1,030
E20	E21	24,1				0,09	0,35	0,214	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	1,90773E-03	0,00	1,030
E21	E22	26,5				0,04	0,17	0,214	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	1,90773E-03	0,00	1,030
E20	E23	13,4				0,89	3,50	0,214	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	1,90773E-03	0,02	1,050
E23	E24	29,7				0,80	3,15	0,214	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	1,90773E-03	0,05	1,100
E24	E25	30,9				0,76	2,97	0,214	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	1,90773E-03	0,04	1,140
E25	E26	22,9				0,71	2,80	0,214	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	1,90773E-03	0,03	1,170
E26	E27	22,4				0,04	0,17	0,214	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	1,90773E-03	0,00	1,170
E26	E28	14,8				0,09	0,35	0,214	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	1,90773E-03	0,00	1,170
E26	E29	27,1				0,49	1,92	0,214	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	1,90773E-03	0,03	1,200
E29	E30	16,4				0,04	0,17	0,214	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	1,90773E-03	0,00	1,200
E29	E31	17,0				0,40	1,57	0,214	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	1,90773E-03	0,01	1,210
E31	E32	19,5				0,31	1,22	0,214	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	1,90773E-03	0,01	1,220
E32	E33	16,5				0,27	1,05	0,214	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	1,90773E-03	0,01	1,230
E33	E34	18,2				0,04	0,17	0,214	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	1,90773E-03	0,00	1,230
E33	E35	13,7				0,13	0,52	0,214	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	1,90773E-03	0,00	1,230
E35	E36	18,9				0,04	0,17	0,214	0,9	3	35 mm2	50 mm2	160	1,90773E-03	0,00	1,230

Fuente: elaboración propia.

Se observa los porcentajes de regulación en los resultados anteriores, quedando por debajo del 3%, cumpliendo así con lo estipulado en el artículo 27 de RETIE.

**Diagramas unifilares:**

Gráfica 45. Diagramas unifilares.



Fuente: elaboración propia.

**Parque ecoturístico Laguna del Cacique Guatavita:**

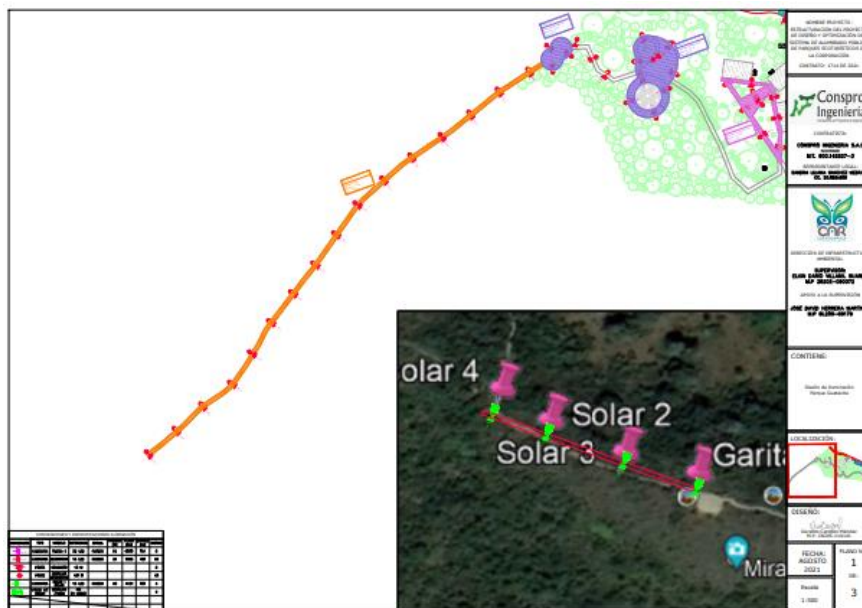
El parque presenta un potencial de desarrollo en las zonas destinadas para las actividades relacionada con el campamento y estancia de visitantes, las cuales abren posibilidades de vinculación con actividades con fines recreativos en horarios nocturnos, como factor diferencial a otras ofertas turísticas de la región.

Teniendo en cuenta lo anterior, las consideraciones de la propuesta de modernización parte de una iluminación de acuerdo con la demanda de las actividades propuestas por el parque y los parámetros de calidez, luminosidad y eficiencia energética de cada uno de los parques; adicionalmente, se propone el mejoramiento de la seguridad en las zonas de parqueo de vehículos, por medio de sistemas de iluminación que permitan una mejor inspección y vigilancia de las zonas.

**Planos de montaje y distribución de luminarias:**

A continuación, se presentan los planos de montaje de luminarias y demás infraestructura propuesta para el parque ecoturístico Laguna Guatavita, la información detallada se encuentra soportada por las memorias y cálculos técnicos que soportan el presente proyecto.

Gráfica 46. Planos de montaje y distribución de luminarias.





Fuente: elaboración propia.

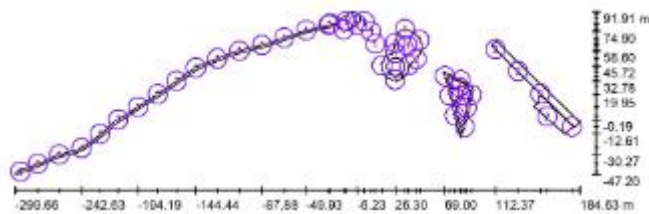
**Detalle de cantidades:**

La descripción de cantidades se encuentra a detalle con sus correspondientes APU´s en los documentos relacionados con el presupuesto elaborado para cada parque junto con los respectivos listados de precios unitarios.

**Memoria de cálculos fotométricos:**

A continuación, se presentan los detalles gráficos del análisis fotométrico elaborado para el parque ecoturístico Laguna Guatavita.

Gráfica 47. Planos de cálculos fotométricos.



Fuente: elaboración propia.

**Memoria de cálculos eléctricos:**

A continuación, se describen los estudios y cálculos técnicos realizados para el análisis técnico en el componente relacionados con los cálculos eléctricos desarrollados para el parque ecoturístico Laguna Guatavita.

- Análisis de cuadros de cargas iniciales y futuras

Cuadro de carga instalada para alumbrado público del parque.

Las cargas instaladas para el presente proyecto son:

Gráfica 48. Cargas generales instaladas.

CUADRO DE CARGA GENERAL INSTALADA A.P												
IDENTIFICACION CIRCUITO	CTO	LUMINARIAS		TENSION V	F.P.	CARGA INTALADA		CORRIENTE NOMINAL In [A]	C. POR FASE [VA]		SELECCIÓN PROTECCION	SELECCIÓN DE CONDUCTOR
		[21 W]	[54 W]			[W]	[VA]		R	S		
CIRCUITO DE ALUMBRADO ENTRADA	CTO(1/2)		6	240	0,9	324	360	1,50	0,75	0,75	2x50 A	AL, 2x4+4T AWG
CIRCUITO DE ALUMBRADO INTERIOR PARQUE	CTO(3/4)	51		240	0,9	1071	1190	4,96	2,48	2,48	2x50 A	AL, 2x4+4T AWG
TOTAL CARGA INSTALADA		51	6	240	0,9	1395	1550	6,46	3,23	3,23	--	--
TOTAL CARGA DIVERSIFICADA												

Fuente: elaboración propia.

- Factor de potencia

El factor de potencia promedio del sistema eléctrico considerado en este proyecto es de 0,9 en atraso. Se considera este valor de acuerdo resolución CREG 108 de 1997.

Para este factor no se justifica un análisis de corrección de potencia, debido a la potencia reactiva es mucho menor que el 50% de la potencia activa para que genere cobros de sanciones por parte del operador de red. “Resolución CREG 082 de 2002”

- Análisis de componentes armónicos

En general, los armónicos son producidos por cargas no lineales que, a pesar de ser Alimentadas con una tensión sinusoidal, absorben una intensidad no sinusoidal.

Para simplificar se considera que las cargas no lineales se comportan como fuentes de intensidad que inyectan armónicos en la red. Las cargas armónicas no lineales más comunes son las que se encuentran en los receptores alimentados por electrónica de potencia tales como variadores de velocidad, rectificadores, convertidores, etc.

Otro tipo de cargas tales como reactancias saturables, equipos de soldadura, hornos de arco, etc., también inyectan armónicos. El resto de las cargas tienen un comportamiento lineal y no generan armónicos.

Principales fuentes de armónicos: Son cargas que es posible distinguir según sus dominios, industriales o domésticos:

- Cargas industriales: Equipamientos de electrónica de potencia: variadores de velocidad, rectificadores, onduladores.
- Cargas que utilizan arco eléctrico: hornos de arco, máquinas de soldar, los arranques de motores con arrancadores electrónicos y los enganches de transformadores de potencia son también generadores de armónicos (temporales).

Para fines de este proyecto no se requiere un análisis preciso debido a que las cargas a instalar son de naturaleza lineal con alimentación eléctrica sinusoidal y onda de corriente de salida sinusoidal.

**Otros relacionados con diseños y cálculos eléctricos:**

A continuación, se presenta de forma general, los detalles de disponibilidad del servicio, análisis de riesgos, cálculos de sistemas y diagramas unifilares, los cuales presentan una descripción específica en las memorias y estudios que soportan al proyecto.

**Disponibilidad de servicio:**

Teniendo en cuenta el periodo de tiempo de funcionamiento del sistema de iluminación, se determina la disponibilidad de los activos para su uso y disponibilidad del servicio.

**Análisis de riesgo de origen eléctrico:**

Con el fin de evaluar el nivel o grado de riesgo de tipo eléctrico en el presente proyecto, se puede aplicar la siguiente matriz para la toma de decisiones de acuerdo con lo sugerido en el artículo 9.2.1 del RETIE, la metodología a seguir en cada caso es la siguiente:

Decisiones y acciones para controlar el riesgo.

Color	Nivel de riesgo	Decisiones por tomar y control	Para ejecutar los trabajos
	MUY ALTO	Inadmisible para trabajar: Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización mediante un Permiso Especial de Trabajo. (PES).
	ALTO	Minimizarlo: Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	MEDIO	Aceptarlo: Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.

	BAJO	Asumirlo: Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder de trabajo debe verificar: <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Qué puede salir mal o fallar?</li> <li>No requiere permiso especial de trabajo.</li> <li>• ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle?</li> <li>• ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?</li> </ul>
	MUY BAJO	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación de riesgos mostrados en la tabla anterior.

Gráfica 49. Factor de riesgo acciones y decisiones para controlarlo.

FACTOR DE RIESGO	NIVEL POTENCIAL O REAL	VALORACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO	DECISIONES Y ACCIONES PARA CONTROLAR PARA CONTROLAR EL RIESGO
Arco eléctrico	REAL	MEDIO	<b>Decisiones</b> Asumirlo. Aplicar sistemas de control. Requiere permiso de trabajo. <b>Para ejecutar los trabajos</b> Líder de grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro y el Permiso de Trabajo.
Ausencia de electricidad	POTENCIAL	BAJO	<b>Decisiones</b> Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. <b>Para ejecutar los trabajos</b> Líder de trabajo plantea cuestionamientos en función de prever situaciones. Promover la prevención.
Contacto directo	REAL	MEDIO	<b>Decisiones</b> Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. Hacer respetar las distancias de seguridad. <b>Para ejecutar los trabajos</b> Líder de trabajo plantea cuestionamientos en función de prever situaciones. Promover la prevención. Delimitar adecuadamente el área de trabajo (indispensable).
Contacto indirecto	REAL	MEDIO	<b>Decisiones</b> Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. Hacer respetar las distancias de seguridad. Garantizar diseño de puesta a tierra en la celda o/ra del transformador. <b>Para ejecutar los trabajos</b> Líder de trabajo plantea cuestionamientos en función de prever situaciones. Promover la prevención. Delimitar adecuadamente el área de trabajo (indispensable). Garantizar cronograma de mantenimientos (prevención y correctivos).
Conocimiento	REAL	MEDIO	<b>Decisiones</b> Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. Hacer respetar las distancias de seguridad. <b>Para ejecutar los trabajos</b> Líder de trabajo plantea cuestionamientos en función de prever situaciones. Promover la prevención. Delimitar adecuadamente el área de trabajo (indispensable).
Ausencia de electricidad	POTENCIAL	BAJO	<b>Decisiones</b> Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. Garantizar niveles de temperatura óptimos en la celda. <b>Para ejecutar los trabajos</b> Líder de trabajo plantea cuestionamientos en función de prever situaciones. Promover la prevención.
Equipo defectuoso	POTENCIAL	BAJO	<b>Decisiones</b> Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. Garantizar niveles de temperatura óptimos en la celda. <b>Para ejecutar los trabajos</b> Líder de trabajo plantea cuestionamientos en función de prever situaciones. Promover la prevención. Garantizar cronograma de mantenimientos (prevención y correctivos).
Sobrecarga	REAL	BAJO	<b>Decisiones</b> Asumirlo. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. Garantizar dimensionamiento adecuado de la acometida de MT y BT. Verificar la selección de transformador de los CT's tipo ventosa en los bornes del transformador. <b>Para ejecutar los trabajos</b> Líder de trabajo plantea cuestionamientos en función de prever situaciones. Promover la prevención. Delimitar adecuadamente el área de trabajo (indispensable). Garantizar cronograma de mantenimientos (prevención y correctivos).

Fuente: elaboración propia.

**Cálculos de sistemas de puesta a tierra:**

Para realizar el diseño del sistema de puesta a tierra para el proyecto PARQUE ECOTURÍSTICO LAGUNA DEL CACIQUE GUATAVITA, se tuvieron en cuenta los requerimientos propuestos en el Artículo 15 del RETIE.

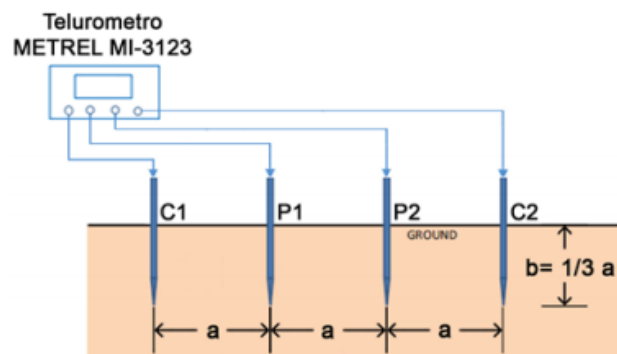
- Conductor de puesta a tierra en acometida:

El empalme entre varillas del sistema de puesta a tierra tendrá un diámetro de conductor a utilizar (mínimo 62,44 mm<sup>2</sup> o 2/0 AWG según IEEE 80)

- Medida De Resistividad Del Terreno:

Para determinar la resistividad del terreno donde se construirá el proyecto, se aplicó el método de Wenner; consiste en enterrar cuatro electrodos a lo largo de una línea recta longitudinal y transversalmente, espaciadas uniformemente a una distancia  $a$  y enterradas una profundidad  $b$ , tal como se ilustra en la siguiente gráfica:

Gráfica 50. Representación gráfica del método de Wenner.



Fuente: elaboración propia.

- Datos obtenidos:

Para determinar la resistividad del terreno donde se construirá el PARQUE ECOTURÍSTICO LAGUNA DEL CACIQUE GUATAVITA, se aplicó el método de Wenner; donde se enterraron cuatro electrodos a lo largo de una línea recta longitudinal y transversalmente, espaciadas uniformemente, a continuación, se presentan los resultados de las medidas:

Gráfica 51. Lecturas con telurómetro a diferentes distancias.

Metodo de wenner para TRANSFORMADOR			
DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS $d$ (m)	PROFUNDIDAD ELECTRODOS $d/20$ (m)	RESISTIVIDAD MEDIDA	
		LONGITUDINAL $\Omega$ -m	TRANSVERSAL $\Omega$ -m
1	0,05	77,40	46,70
2	0,10	67,80	43,20
3	0,15	42,40	33,70
PROMEDIO RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)		62,53	41,20
PROMEDIO RESISTIVIDAD TRANSVERSAL ( $\Omega$ -m)		LONGITUDINAL Y	51,87

Fuente: elaboración propia.

- Modelamiento de la resistividad del terreno, método de Box-Cox

Para modelar el terreno como si fuese homogéneo se hace uso del método estadístico de Box-Cox que busca un valor con probabilidad de 70% de ser el real, valor que se utilizará luego en los cálculos necesarios para el diseño de la puesta a tierra.



Para la realización de los cálculos para las protecciones, se contemplaron los siguientes componentes:

Cálculo del nivel de cortocircuito:

La impedancia o tensión de cortocircuito ( $UZ$ ) de un transformador monofásico ( $1\Phi$ ) de 11,4 kV en aceite de 10 KVA de acuerdo con la norma ICONTEC NTC 818 y NTC 3445 es de 3%.

A continuación, se calcula la corriente de cortocircuito en M.T y B.T. empleando las siguientes formulas:

$$I_{N,MT} = S / V_{LL,MT}$$

$$I_{N,BT} = S / V_{LL,BT}$$

$$I_{CC,MT} = I_{N,MT} / U_Z$$

$$I_{CC,BT} = I_{N,BT} / U_Z$$

Donde:  $I_{N,MT}$  Corriente nominal en media tensión (A)

$I_{N,BT}$  Corriente nominal en baja tensión (A)

$I_{CC,MT}$  Corriente de cortocircuito en media tensión (A)

$I_{CC,BT}$  Corriente de cortocircuito en baja tensión (A).

En la siguiente tabla se detallan los resultados obtenidos para el cálculo de cortocircuito del sistema eléctrico:

Gráfica 54. Nivel de cortocircuito en M.T y B.T

PARQUE ECOTURÍSTICO LAGUNA CACIQUE GUATAVITA	
S (kVA)	10
$V_{LL,MT}$ (kV)	11,4
$V_{LL,BT}$ (kV)	240
$I_{N,MT}$ (A)	0,88
$I_{N,BT}$ (A)	41,62
$U_Z$	3%
$I_{CC,BT}$ (A)	13880,89
$I_{CC,MT}$ (A)	29,24

Fuente: elaboración propia.

Para nivel de tensión de 11,4 kV se tiene un nivel de cortocircuito de 29,24 A y para nivel de tensión de 220 V se tiene un nivel de cortocircuito de 1,4 kA, aproximadamente.

- Tiempo de soporte del cortocircuito:

De acuerdo con la norma IEEE – ANSI C57.12.00 – 1993, numeral 7.1.3.1 y la NTC2797, la máxima duración de la corriente de cortocircuito para transformadores Categoría I (5 a 500 kVA monofásicos) está dada por la expresión:

$$t = 1250 / (1 / UZ)^2 = 1,125 \text{ segundos}$$

Donde:

$t$  Tiempo que puede soportar el transformador el nivel de cortocircuito sin sufrir daño (s).

Por lo tanto, el tiempo de soporte de cortocircuito del transformador proyectado es de 1,125 segundos.

- Selección de protecciones en MT:

Las protecciones que se proyectan para proteger el transformador en poste Monofásico de 10 kVA contra sobre corrientes y corrientes de cortocircuito por el lado de media tensión a 11,4 KV son:

Dos (2) cortacircuitos de 15 KV, 100 A con fusible de expulsión de 3 A tipo K (rápido) en cada fase, a instalar en la estructura de arranque.

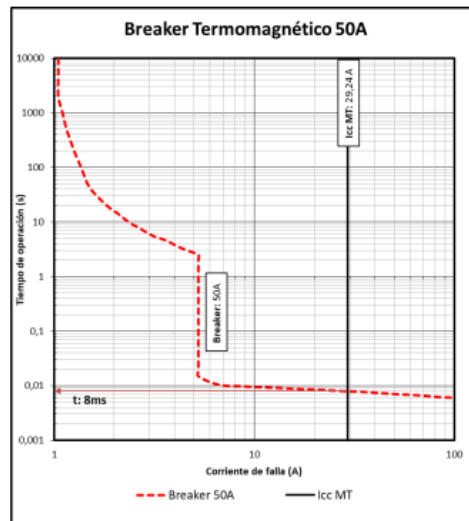
Dos (2) cortacircuitos de 15 KV, 100 A con fusible de expulsión de 2 A tipo K (rápido) en cada fase, a instalar en la estructura del transformador.

En la selección de los fusibles se tuvo en cuenta el impacto de las corrientes transitorias “inrush” de magnetización y “cold load”, y la curva de daño del transformador, las cuales se calculan de acuerdo con la norma NTC 2797 y la norma IEEE – ANSI C57.109-1993, según los siguientes puntos establecidos en las normas para calcularlas.

- Gráfica 55. Curva de protección fusible tipo 6K.

Cómo se puede observar en la siguiente gráfica, se aprecia que el fusible de arranque tipo Dual de 0,6 A – 15 kV actúa en el rango de corrientes transitorias y corrientes de daño adecuadamente y en un tiempo máximo de operación de 300 ms ante una corriente de falla en MT.





Fuente elaboración propia.

### **Cálculos de regulación:**

La caída de tensión en un circuito trifásico equilibrado está dada por:

$$\Delta V \text{ FASE - NEUTRO} = ZEF \times 2 \times L \times I$$

$V$  = Caída de tensión, V

$L$  = Longitud del circuito en km

$I$  = Corriente del circuito en A

$ZEF$  = Impedancia eficaz en ohm/km

La regulación, asumiendo que la diferencia angular entre la tensión del emisor y receptor es despreciable, está dada por:

$$\Delta V\% = R \times (R \cos \phi + X \sin \phi) / v$$

Donde:

$\Delta V\%$ : Regulación en porcentaje

$V$ : Tensión línea-línea, en voltios

Transformando esta fórmula, se tiene:

$$\Delta V\% = KVAx L x (RCOS\phi + XSEN\phi) / 10 (KV^2)$$

Esta expresión puede ser escrita como:  $\Delta V \% = K \times M$

En donde:

M: Momento eléctrico = kVA x L

KVA: Carga trifásica

L: Longitud de la red considerada, en Km.

K: Constante que depende de la tensión, la configuración del sistema, las características del conductor y del factor de potencia.

Los valores de K para conductores de cobre y aluminio se toman de las constantes de regulación de media y baja tensión de las tablas, y los resultados se muestran a continuación:

Gráfica 58. Análisis de regulación de alumbrado.

CALCULO DE REGULACION RED DE BAJA TENSION (ALUMBRADO PUBLICO)																
PARA REDES SUBTERRANEAS DE BAJA TENSION BIFASICA TRIFILAR EN CABLE ALUMINIO TRENZADO AISLADO EN TW/THW																
FACTOR DE POTENCIA = 0,9 ; VOLTAJE DE ENVIO = 240/120 V																
TABLA DE REGULACION, PERDIDAS Y POTENCIA PARQUE LAGUNA CACIQUE GUATAVITA																
TRAMO NODO		LONG. TRAMO	LUMINARIAS		KVA TRAMO TOTAL	CORR. I (A)	TENSION (KV)	COS Ø	CABLE ALUMINIO THW THWN					% REGULACION		
INICIAL	FINAL	L (m)	[21 W]	[84 W]					FASES		NEUTRO	CAP.	R equiv (Ø / Km)	CTE. REGULAC. k (% / KVA-m)	TRAMO KVA*L*C	ACUM.
									Nº	CAL.	CAL.	A				
TGA	LUM 1	10		1	0,06	0,25	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,00	0,00
TGA	CAJA 1	2		5	0,30	1,25	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,00	0,00
CAJA 1	LUM 2	23		5	0,30	1,25	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,05	0,05
LUM 2	LUM 3	27		4	0,24	1,00	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,04	0,09
LUM 3	LUM 4	28		3	0,18	0,75	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,03	0,12
LUM 4	LUM 5	28		2	0,12	0,50	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,02	0,14
LUM 5	LUM 6	42		1	0,06	0,25	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,02	0,16
TGA	CAJA 1	2	51		1,19	4,96	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,02	0,02
CAJA 1	LUM 7	12,4	51		1,19	4,96	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,10	0,12
LUM 7	LUM 8	5	50		1,17	4,86	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,04	0,16
LUM 8	LUM 9	8,3	3		0,07	0,29	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,00	0,16
LUM 9	LUM 10	6,9	1		0,02	0,10	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,00	0,16
LUM 9	LUM 11	8,4	1		0,02	0,10	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,00	0,16
LUM 8	LUM 12	19,3	46		1,07	4,47	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,14	0,30
LUM 12	LUM 13	16,9	1		0,02	0,10	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,00	0,30
LUM 12	LUM 14	17,6	44		1,03	4,28	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,12	0,42
LUM 14	LUM 15	18,5	43		1,00	4,18	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,12	0,54
LUM 15	LUM 16	11,1	7		0,16	0,68	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,01	0,55
LUM 16	LUM 17	11,5	1		0,02	0,10	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,00	0,55
LUM 16	LUM 18	15,8	5		0,12	0,49	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,01	0,56
LUM 16	LUM 19	22,3	4		0,09	0,39	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,01	0,57
LUM 19	LUM 20	27,6	3		0,07	0,29	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,01	0,58
LUM 20	LUM 21	24,8	2		0,05	0,19	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,01	0,59
LUM 21	LUM 22	29	1		0,02	0,10	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,00	0,59
LUM 15	LUM 23	16,2	35		0,82	3,40	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,09	0,63
LUM 23	LUM 24	14,8	34		0,79	3,31	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,08	0,71

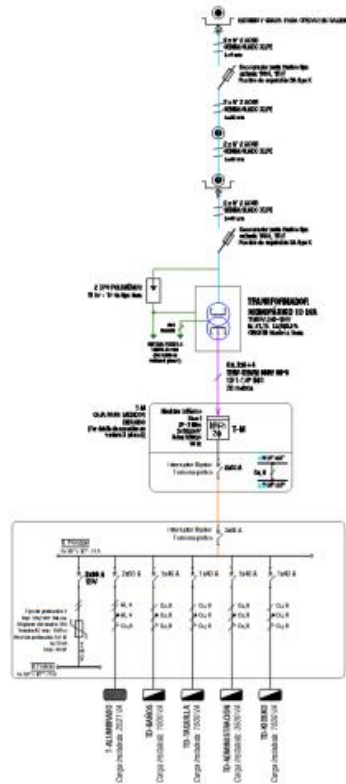
LUM 24	LUM 25	19,3	33		0,77	3,21	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,10	0,81
LUM 25	LUM 26	19	32		0,75	3,11	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,09	0,90
LUM 26	LUM 27	17,7	31		0,72	3,01	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,08	0,98
LUM 27	LUM 28	7,1	4		0,99	0,39	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,00	0,98
LUM 28	LUM 29	22	3		0,07	0,29	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,01	0,99
LUM 29	LUM 30	22	2		0,05	0,19	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,01	1,00
LUM 30	LUM 31	19	1		0,02	0,10	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,00	1,00
LUM 27	LUM 32	20	2		0,05	0,19	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,01	0,99
LUM 32	LUM 33	17	1		0,02	0,10	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,00	0,99
LUM 27	LUM 34	16	24		0,56	2,33	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,06	1,04
LUM 34	LUM 35	13,1	23		0,54	2,24	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,05	1,09
LUM 35	LUM 36	12,3	22		0,51	2,14	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,04	1,13
LUM 36	LUM 37	9	21		0,49	2,04	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,03	1,16
LUM 37	LUM 38	14	20		0,47	1,94	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,04	1,20
LUM 38	LUM 39	11,3	2		0,05	0,19	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,00	1,20
LUM 39	LUM 40	12	1		0,02	0,10	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,00	1,20
LUM 38	LUM 41	20	17		0,40	1,65	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,05	1,25
LUM 41	LUM 42	17,3	16		0,37	1,56	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,04	1,29
LUM 42	LUM 43	20	15		0,35	1,46	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,05	1,34
LUM 43	LUM 44	20	14		0,33	1,36	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,04	1,38
LUM 44	LUM 45	20	13		0,30	1,26	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,04	1,42
LUM 45	LUM 46	20	12		0,28	1,17	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,04	1,46
LUM 46	LUM 47	20	11		0,26	1,07	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,03	1,49
LUM 47	LUM 48	20	10		0,23	0,97	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,03	1,52
LUM 48	LUM 49	20	9		0,21	0,88	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,03	1,55
LUM 49	LUM 50	20	8		0,19	0,78	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,02	1,57
LUM 50	LUM 51	20	7		0,16	0,68	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,02	1,59
LUM 51	LUM 52	20	8		0,14	0,58	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,02	1,61
LUM 52	LUM 53	20	5		0,12	0,49	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,02	1,63
LUM 53	LUM 54	20	4		0,09	0,39	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,01	1,64
LUM 54	LUM 55	20	3		0,07	0,29	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,01	1,65
LUM 55	LUM 56	20	2		0,05	0,19	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,01	1,66
LUM 56	LUM 57	20	1		0,02	0,10	0,240	0,9	2	4 AWG	4 AWG	55	1,53048	6,632E-03	0,00	1,66

Fuente: elaboración propia.

Se observa los porcentajes de regulación para las acometidas parciales y acometida general quedando por debajo del 3%, cumpliendo así con lo estipulado en el artículo 27 de RETIE.

**Diagramas unifilares:**

Gráfica 59. Diagramas unifilares.



Fuente: elaboración propia.

### **Parque ecoturístico Embalse El Hato:**

La modernización de la infraestructura del embalse El Hato tiene en cuenta sus valores naturales, sus senderos y el potencial de vincular los sistemas de iluminación con las fuentes de agua para la atracción de nuevos visitantes, por esto, se propone la reducción de los riesgos eléctricos, y daño en la infraestructura, mediante la incorporación de sistemas de control eléctrico y la vinculación de los sistemas de iluminación con cambio en los colores de iluminación y sistemas que respondan a los cambios en los niveles de agua de las zonas hídricas.

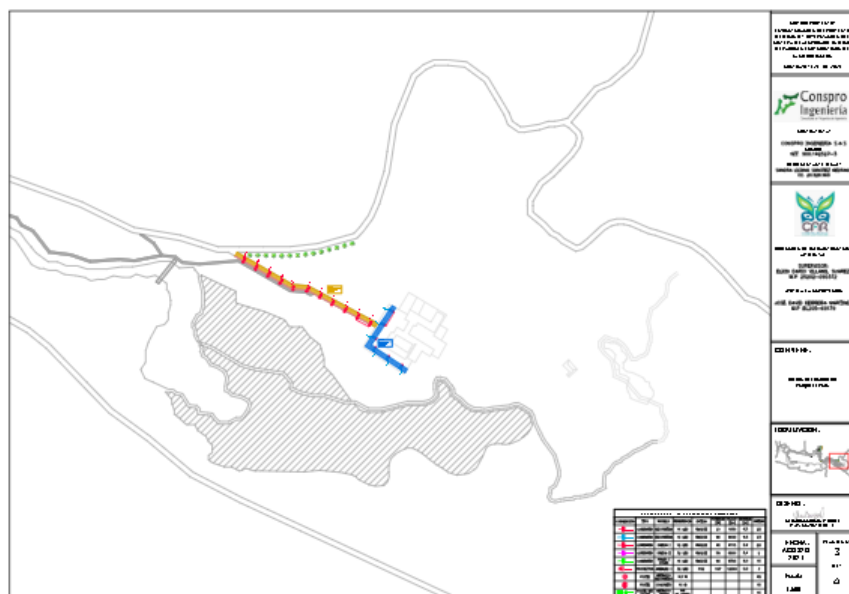
Este desarrollo se plantea mediante la construcción de una infraestructura dual entre la tecnología LED con los sistemas de redes convencionales y el uso de energía solar, con especial énfasis en las zonas para el desarrollo de actividades de campamento, casas de alojamiento y zonas estratégicas como senderos y la casona.

### **Planos de montaje y distribución de luminarias:**

A continuación, se presentan los planos de montaje de luminarias y demás infraestructura propuesta para el parque ecoturístico El Hato, la información detallada se encuentra soportada por las memorias y cálculos técnicos que soportan el presente proyecto.

Gráfica 60. Planos de montaje y distribución de luminarias.





Fuente: elaboración propia

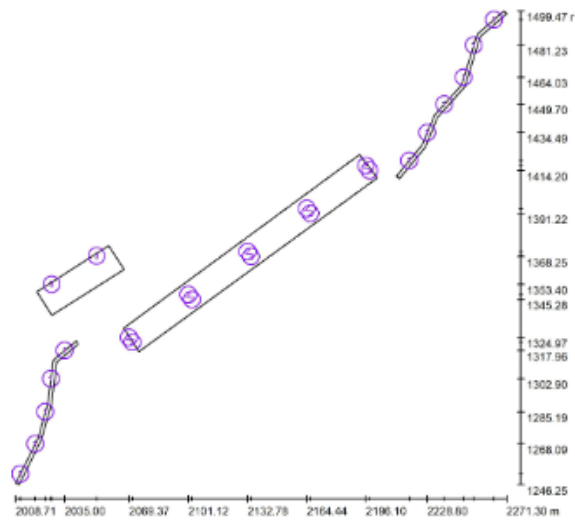
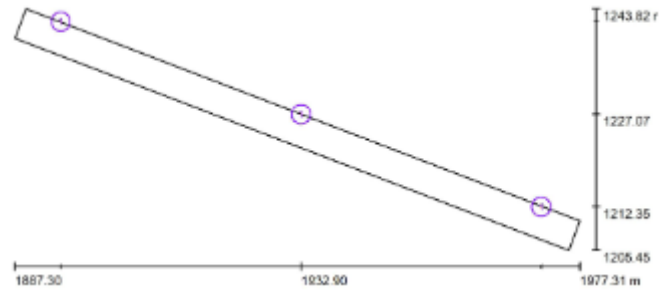
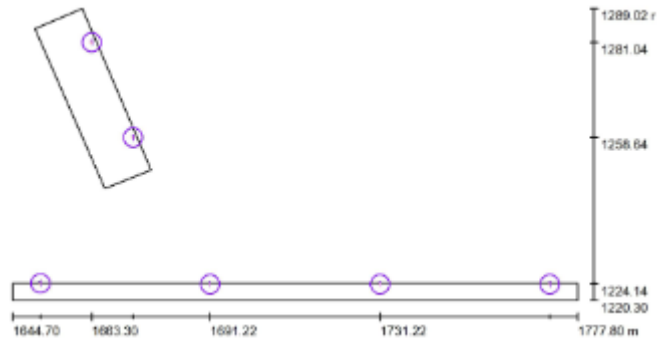
**Detalle de cantidades:**

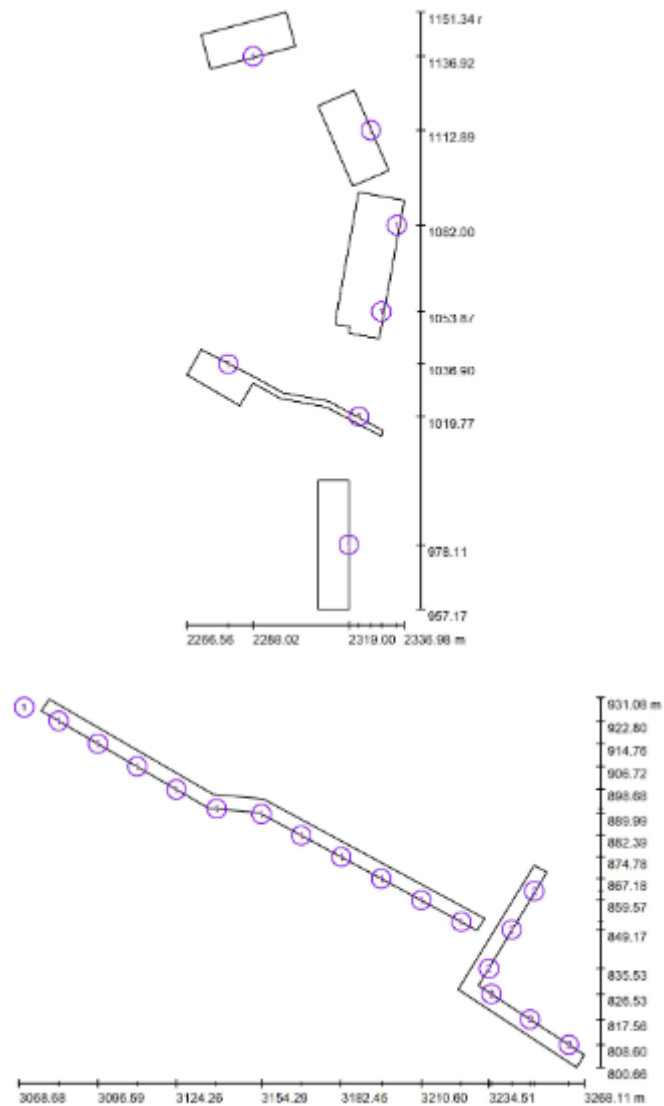
La descripción de cantidades se encuentra a detalle con sus correspondientes APU's en los documentos relacionados con el presupuesto elaborado para cada parque junto con los respectivos listados de precios unitarios.

**Memoria de cálculos fotométricos:**

A continuación, se presentan los detalles gráficos del análisis fotométrico elaborado para el parque ecoturístico Embalse El Hato.

Gráfica 61. Planos de cálculos fotométricos.





Fuente: elaboración propia.

### Memoria de cálculos eléctricos:

A continuación, se describen los estudios y cálculos técnicos realizados para el análisis técnico en el componente relacionados con los cálculos eléctricos desarrollados para el parque ecoturístico Embalse El Hato.

- . Análisis de cuadros de cargas iniciales y futuras

Gráfica 62. Cuadro de carga instalada tablero general de acometidas.

La carga instalada para el presente proyecto es la siguiente:

CUADRO DE CARGA INSTALADA TABLERO GENERAL DE ACOMETIDAS [TGA] Ubicado en cabaña 1																							
IDENTIFICACION CIRCUITO	CTD	ALUMBRADO PROYECTADO				TABLEROS EXISTENTES	TENSION	F.P.	CARGA INSTALADA			CORRIENTE NOMINAL In			C. POR FASE [VA]			SELECCIÓN PROTECCIÓN In x L,25	SELECCIÓN DE CONDUCTOR				
		[40 W]	[24 W]	[21 W]	[207 W]				[W]	[VA]	[A]	R	S	T	F	N	T		ESPECIFICACION CABLE				
		V	[W]	[VA]	[A]				R	S	T	F	N	T									
TD-ADMINISTRACIÓN	C1					2500	120	0,9	2500	2776	21,15				2776	3x80 A	1	1	1	Cu, 2x3+1x2+HT AWG			
TD-TAGUELA	C2					2500	120	0,9	2500	2889	22,41				2889	3x80 A	1	1	1	Cu, 2x3+1x2+HT AWG			
TD-INGUANGA	C3					2500	120	0,9	2500	2776	21,15				2776	3x80 A	1	1	1	Cu, 2x3+1x2+HT AWG			
TD-BAÑOS	C[3-4]					6000	208	0,9	6000	6667	32,1				3333	3x80 A	2	2	2	Cu, 2x3+1x2+HT AWG			
TD-CABAÑA 1	C5					3500	120	0,9	3500	3889	32,41				3889	3x80 A	1	1	1	Cu, 2x3+1x2+HT AWG			
TD-CABAÑA 2	C6					3500	120	0,9	3500	3889	32,41				3889	3x80 A	1	1	1	Cu, 2x3+1x2+HT AWG			
ALUMBRADO EXTERIOR	C[7-8]	7			3		208	0,9	661	668	3,21				334	3x50 A	1	1	1	Al, 2x4+HT AWG			
ALUMBRADO EXTERIOR	C[9-10]	11	2	11			208	0,9	859	954	4,59				477	3x50 A	1	1	1	Al, 2x4+HT AWG			
<b>TOTAL CARGA INSTALADA</b>		<b>20</b>	<b>2</b>	<b>11</b>	<b>3</b>	<b>21500</b>	<b>208</b>	<b>0,9</b>	<b>22960</b>	<b>25511</b>	<b>60,78</b>				<b>7669</b>	<b>8023</b>	<b>8778</b>	<b>3x80A</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>Cu, 2x3+1x2 AWG</b>	
<b>TOTAL CARGA DIVERSIFICADA</b>																							

Fuente: elaboración propia.

Gráfica 63. Cuadro de carga instalada tablero TD-ALUM sector La Casona.

CUADRO DE CARGA INSTALADA TABLERO DE ALUMBRADO TD-ALUM Ubicado en la casona																						
IDENTIFICACION CIRCUITO	CTD	ALUMBRADO		TENSION	F.P.	CARGA INSTALADA			CORRIENTE NOMINAL In			C. POR FASE [VA]			SELECCIÓN PROTECCIÓN In x L,25	SELECCIÓN DE CONDUCTOR						
		[40 W]	[21 W]			[W]	[VA]	[A]	R	S	T	F	N	T		ESPECIFICACION CABLE						
		V	[W]			[VA]	[A]	R	S	T	F	N	T									
TD-ALUMBRADO	C[1-2]	6	11	208	0,9	471	523	2,52				262			262	2x30 A	1	1	1	Cu, 2x10+10T AWG		
<b>TOTAL CARGA INSTALADA</b>		<b>6</b>	<b>11</b>	<b>208</b>	<b>0,9</b>	<b>471</b>	<b>523</b>	<b>2,52</b>				<b>262</b>			<b>262</b>	<b>2x30A</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>Cu, 2x8+1x8+HT AWG</b>		
<b>TOTAL CARGA DIVERSIFICADA</b>																						

Fuente: elaboración propia.

- Factor de potencia

El factor de potencia promedio del sistema eléctrico considerado en este proyecto es de 0,9 en atraso. Se considera este valor de acuerdo resolución CREG 108 de 1997.

Para este factor no se justifica un análisis de corrección de potencia, debido a la potencia reactiva es mucho menor que el 50% de la potencia activa para que genere cobros de sanciones por parte del operador de red. “Resolución CREG 082 de 2002”

- Análisis de componentes armónicas

En general, los armónicos son producidos por cargas no lineales que, a pesar de ser Alimentadas con una tensión sinusoidal, absorben una intensidad no sinusoidal.

Para simplificar se considera que las cargas no lineales se comportan como fuentes de intensidad que inyectan armónicos en la red. Las cargas armónicas no lineales más comunes son las que se encuentran en los receptores alimentados por electrónica de potencia tales como variadores de velocidad, rectificadores, convertidores, etc.

Otro tipo de cargas tales como reactancias saturables, equipos de soldadura, hornos de arco, etc., también inyectan armónicos. El resto de las cargas tienen un comportamiento lineal y no generan armónicos.

Principales fuentes de armónicos: Son cargas que es posible distinguir según sus dominios, industriales o domésticos:

- Cargas industriales: Equipamientos de electrónica de potencia: variadores de velocidad, rectificadores, onduladores.

- Cargas que utilizan arco eléctrico: hornos de arco, máquinas de soldar, los arranques de motores con arrancadores electrónicos y los enganches de transformadores de potencia son también generadores de armónicos (temporales).

Para fines de este proyecto no se requiere un análisis preciso debido a que las cargas a instalar son de naturaleza lineal con alimentación eléctrica sinusoidal y onda de corriente de salida sinusoidal.

**Otros relacionados con diseños y cálculos eléctricos:**

A continuación, se presenta de forma general, los detalles de disponibilidad del servicio, análisis de riesgos, cálculos de sistemas y diagramas unifilares, los cuales presentan una descripción específica en las memorias y estudios que soportan al proyecto.

**Disponibilidad de servicio:**

Teniendo en cuenta el periodo de tiempo de funcionamiento del sistema de iluminación, se determina la disponibilidad de los activos para su uso y disponibilidad del servicio.

**Análisis de riesgo de origen eléctrico:**

Con el fin de evaluar el nivel o grado de riesgo de tipo eléctrico en el presente proyecto, se puede aplicar la siguiente matriz para la toma de decisiones de acuerdo con lo sugerido en el artículo 9.2.1 del RETIE, la metodología a seguir en cada caso es la siguiente:

Color	Nivel de riesgo	Decisiones por tomar y control	Para ejecutar los trabajos
■	MUY ALTO	Inadmisibles para trabajar: Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).
	ALTO	Minimizarlo: Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.

	MEDIO	Aceptarlo: Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	BAJO	Asumirlo: Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder de trabajo debe verificar: <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Qué puede salir mal o fallar?</li> <li>No requiere permiso especial de trabajo.</li> <li>• ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle?</li> <li>• ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?</li> </ul>
	MUY BAJO	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación de riesgos mostrados en la tabla anterior.

Gráfica 64. Factor de riesgo acciones y decisiones para controlarlo.

FACTOR DE RIESGO	RIESGO/POTENCIAL O REAL	VALORACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO	DECISIONES Y ACCIONES PARA CONTROLAR PARA CONTROLAR EL RIESGO
Arco eléctrico	REAL	MEDIO	<b>Decisiones</b> Aceptarlo. Aplicar sistemas de control. Requiere permiso de trabajo. <b>Para ejecutar los trabajos</b> Líder de grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro y el Permiso de Trabajo.
Ausencia de electricidad	POTENCIAL	BAJO	<b>Decisiones</b> Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. <b>Para ejecutar los trabajos</b> Líder de trabajo plantea cuestionamientos en función de prever situaciones. Promover la prevención.
Contacto directo	REAL	MEDIO	<b>Decisiones</b> Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. Hacer respetar las distancias de seguridad. <b>Para ejecutar los trabajos</b> Líder de trabajo plantea cuestionamientos en función de prever situaciones. Promover la prevención. Delimitar adecuadamente el área de trabajo (indispensable).
Contacto indirecto	REAL	MEDIO	<b>Decisiones</b> Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. Hacer respetar las distancias de seguridad. Garantizar diseño de puesta a tierra en la celda triplex del transformador. <b>Para ejecutar los trabajos</b> Líder de trabajo plantea cuestionamientos en función de prever situaciones. Promover la prevención. Delimitar adecuadamente el área de trabajo (indispensable). Garantizar cronograma de mantenimientos (preventivo y correctivo).
Cortocircuito	REAL	MEDIO	<b>Decisiones</b> Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. Hacer respetar las distancias de seguridad. <b>Para ejecutar los trabajos</b> Líder de trabajo plantea cuestionamientos en función de prever situaciones. Promover la prevención. Delimitar adecuadamente el área de trabajo (indispensable).
Ausencia de electricidad	POTENCIAL	BAJO	<b>Decisiones</b> Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. Garantizar niveles de temperatura óptimos en la celda. <b>Para ejecutar los trabajos</b> Líder de trabajo plantea cuestionamientos en función de prever situaciones. Promover la prevención.
Equipo defectuoso	POTENCIAL	BAJO	<b>Decisiones</b> Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. Garantizar niveles de temperatura óptimos en la celda. <b>Para ejecutar los trabajos</b> Líder de trabajo plantea cuestionamientos en función de prever situaciones. Promover la prevención. Garantizar cronograma de mantenimientos (preventivo y correctivo).
Sobrecarga	REAL	BAJO	<b>Decisiones</b> Asumirlo. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. Garantizar dimensionamiento adecuado de la acometida de MT y BT. Verificar la relación de transformador de los CT's tipo ventara en los buses del transformador. <b>Para ejecutar los trabajos</b> Líder de trabajo plantea cuestionamientos en función de prever situaciones. Promover la prevención. Delimitar adecuadamente el área de trabajo (indispensable). Garantizar cronograma de mantenimientos (preventivo y correctivo).

Fuente: elaboración propia.

**Cálculos de sistemas de puesta a tierra:**

Para realizar el diseño del sistema de puesta a tierra para el proyecto PARQUE ECOTURISTICO EL HATO”, se tuvo en cuenta los requerimientos propuestos en el Artículo 15 del RETIE.

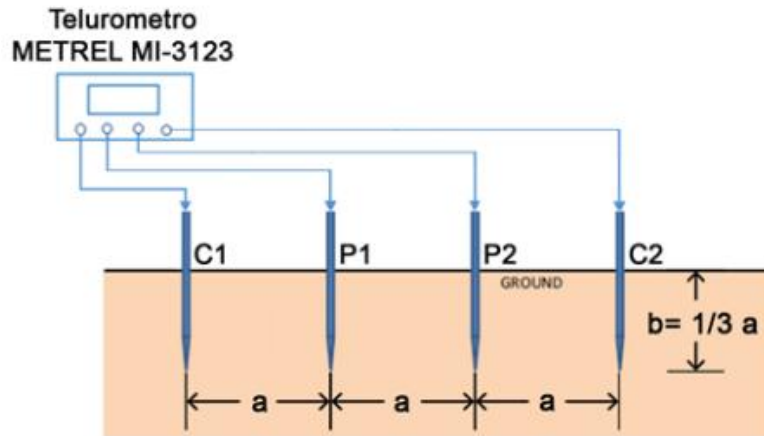
- Conductor de puesta a tierra en acometida:

El empalme entre varillas del sistema de puesta a tierra tendrá un diámetro de conductor a utilizar (mínimo 62,44 mm<sup>2</sup> o 2/0 AWG según IEEE 80).

- Medida De Resistividad Del Terreno:

Para determinar la resistividad del terreno donde se construirá el proyecto, se aplicó el método de Wenner; consiste en enterrar cuatro electrodos a lo largo de una línea recta longitudinal y transversalmente, espaciadas uniformemente a una distancia a y enterradas una profundidad b, tal como se ilustra en la siguiente figura.

Gráfica 64. Descripción gráfica del método Wenner.



Fuente: elaboración propia.

- Datos obtenidos:

Para determinar la resistividad del terreno donde se construirá el proyecto, se aplicó el método de Wenner; donde se enterraron cuatro electrodos a lo largo de una línea recta longitudinal y transversalmente, espaciadas uniformemente, a continuación, se presentan los resultados de las medidas:

Gráfica 65. Lecturas con telurómetro a diferentes distancias.

Metodo de wenner para TRANSFORMADOR 1			
DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS d (m)	PROFUNDIDAD ELECTRODOS d/20 (m)	RESISTIVIDAD MEDIDA	
		LONGITUDINAL $\Omega$ -m	TRANSVERSAL $\Omega$ -m
1	0,05	163,00	145,00
2	0,10	88,90	80,00
3	0,15	52,30	42,00
PROMEDIO RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)		101,40	89,00
PROMEDIO RESISTIVIDAD TRANSVERSAL ( $\Omega$ -m)		LONGITUDINAL Y	95,20

Fuente: elaboración propia.

- Modelamiento de la resistividad del terreno, método de Box-Cox

Para modelar el terreno como si fuese homogéneo se hace uso del método estadístico de Box-Cox que busca un valor con probabilidad de 70% de ser el real, valor que se utilizará luego en los cálculos necesarios para el diseño de la puesta a tierra.

Gráfica 66. Modelamiento del suelo:

METODO BOX-COX	Resistividad (pi)	$Xi=Ln(pi)$	$(Xi-x)^2$
	163,00	5,09	0,4285
	88,90	4,49	0,0023
	52,30	3,96	0,2324
	145,00	4,98	0,2890
	80,00	4,38	0,0033
<b>SUMA</b>	<b>571,20</b>	<b>26,63</b>	<b>1,4476</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>95,20</b>	<b>4,44</b>	<b>0,2413</b>
<b>DESVIACION</b>		<b>0,49</b>	
<b>Z DIST. NORMAL 70%</b>		<b>0,52</b>	
<b>RESISTIVIDAD AL 70%</b>		<b>109,6</b>	
<b><math>\rho=Anti Ln(S^*Z+ x)</math></b>			

Fuente: elaboración propia.

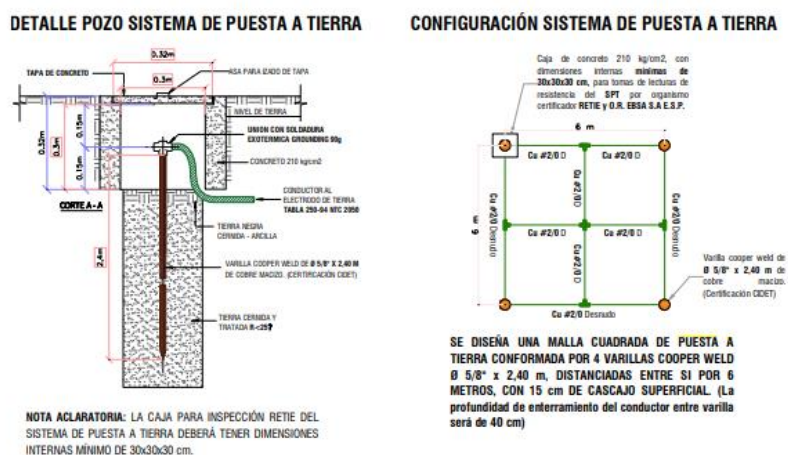
Por lo tanto, es posible modelar el terreno con una resistividad de 109,6 Ohm-m.

- Diagnostico:

Dado que se cumplen las condiciones en las que las tensiones de malla y paso en caso de falla son menores que las de paso y contacto tolerables por el cuerpo humano se comprueba que el SPT está bien diseñado y que cumple con su finalidad de disipar las corrientes de falla en el tiempo establecido, garantizando así la seguridad de las personas, animales y equipos.

Por lo tanto, y ya con el diseño validado se determina que la malla de puesta a tierra estará conformada por una malla rectangular con 4 varillas de cobre de 2,4 m de longitud distanciadas entre sí en 5 m, y con 13 cm de cascajo superficial. La profundidad de enterramiento de los conductores entre las varillas será de 30 cm.

Gráfica 66. Detalles gráficos del sistema de puesta a tierra.



Fuente: elaboración propia.

**Protecciones contra sobre corrientes:**

Para la realización de los cálculos para las protecciones, se contemplaron los siguientes componentes:

- Cálculo del nivel de cortocircuito:

La impedancia o tensión de cortocircuito ( $UZ$ ) de un transformador trifásico ( $3\Phi$ ) de 13,8 KV en aceite de 30 KVA de acuerdo con la norma ICONTEC NTC 819 y NTC 3445 es de 3%.

A continuación, se calcula la corriente de cortocircuito en M.T y B.T. empleando las siguientes formulas:

$$I_{N,MT} = S / \sqrt{3} * V_{LL,MT}$$

$$I_{N,BT} = S / \sqrt{3} * V_{LL,BT}$$

$$I_{CC,MT} = I_{N,MT} / UZ$$

$$I_{CC,BT} = I_{N,BT} / UZ$$

Donde:

$I_{N,MT}$  Corriente nominal en media tensión (A).

$I_{N,BT}$  Corriente nominal en baja tensión (A)

$I_{CC,MT}$  Corriente de cortocircuito en media tensión (A)

$I_{CC,BT}$  Corriente de cortocircuito en baja tensión (A)

En la siguiente tabla se detallan los resultados obtenidos para el cálculo de cortocircuito del sistema eléctrico de la institución:

Gráfica 67. Nivel de cortocircuito en M.T y B.T

PARQUE EL HATO	
Potencia	30 KVA
Vprim	13,2 kV
Vsec	0,208 kV
Iprim	1,31 A
Isec	83,3 A
Z[%]	3,0%
IccBT	2775,7 A
IccMT	43,74 A

Fuente: elaboración propia.

Para nivel de tensión de 13,8 kV se tiene un nivel de cortocircuito de 43,74 A y para nivel de tensión de 208 V se tiene un nivel de cortocircuito de 2,77 kA, aproximadamente.

- Tiempo de soporte del cortocircuito:

De acuerdo con la norma IEEE – ANSI C57.12.00 – 1993, numeral 7.1.3.1 y la NTC2797, la máxima duración de la corriente de cortocircuito para transformadores Categoría I (15 a 500 kVA trifásicos) está dada por la expresión:

$$t = 1250 (1/UZ)^2 = 1,125 \text{ segundos}$$

Donde:

$t$  Tiempo que puede soportar el transformador el nivel de cortocircuito sin sufrir daño (s)

Por lo tanto, el tiempo de soporte de cortocircuito del transformador proyectado es de 1,125 segundos.

- Selección de protecciones en MT:

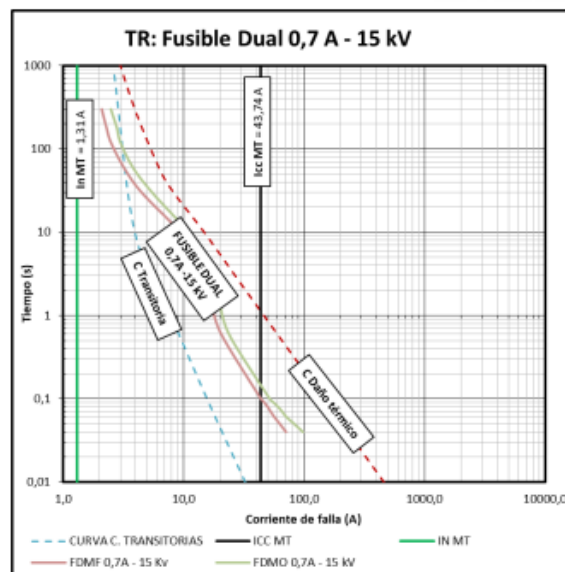
Las protecciones que se proyectan para proteger el transformador en poste trifásico de 30 KVA contra sobre corrientes y corrientes de cortocircuito por el lado de media tensión a 13,8 KV son:

Tres (3) cortacircuitos de 15 KV, 100 A con fusible tipo Dual de 0,7 A – 15 kV en cada fase, a instalar en la estructura del transformador

En la selección de los fusibles se tuvo en cuenta el impacto de las corrientes transitorias “inrush” de magnetización y “cold load”, y la curva de daño del transformador, las cuales se calculan de acuerdo con la norma NTC 2797 y la norma IEEE – ANSI C57.109-1993, según los siguientes puntos establecidos en las normas para calcularlas.

Gráfica 68. Curva de protección fusible dual de 0.7 A.

Como se puede observar en la siguiente gráfica, se aprecia que el fusible del transformador tipo Dual de 0,7 A – 15 kV, actúa en el rango de corrientes transitorias y corrientes de daño adecuadamente y en un tiempo máximo de operación de 150 ms ante una corriente de falla en MT.



Fuente: elaboración propia.

**Cálculos de regulación:**

La caída de tensión en un circuito trifásico equilibrado está dada por:

$$\Delta V \text{ FASE} - \text{NEUTRO} = ZEF \times 2 \times L \times I$$

$V$  = Caída de tensión, V

$L$  = Longitud del circuito en km

$I$  = Corriente del circuito en A

$ZEF$  = Impedancia eficaz en ohm/km

La regulación, asumiendo que la diferencia angular entre la tensión del emisor y receptor es despreciable, está dada por:

$$\Delta V\% = R \times (R \cos \phi + X \sin \phi) / v$$

Donde:

$\Delta V\%$ : Regulación en porcentaje

$V$ : Tensión línea-línea, en voltios

Transformando esta fórmula, se tiene:

$$\Delta V\% = KVA \times L \times (R \cos \phi + X \sin \phi) / 10 (KV^2)$$

Esta expresión puede ser escrita como:  $\Delta V \% = K \times M$

En donde:

$M$ : Momento eléctrico = kVA x L

$KVA$ : Carga trifásica

$L$ : Longitud de la red considerada, en Km.

$K$ : Constante que depende de la tensión, la configuración del sistema, las características del conductor y del factor de potencia.

Los valores de  $K$  para conductores de cobre se toman de las constantes de regulación de media y baja tensión de las tablas de EBSA, y los resultados se muestran a continuación:

Gráfica 69. Análisis de regulación en B.T.

**PARA REDES AERIAS DE BAJA TENSION TRIFASICA TETRAFILAR EN CABLE ALUMINIO TW/THW 600V**  
**FACTOR DE POTENCIA = 0.9 ; VOLTAJE DE ENVIO = 288 / 120 V**  
**TABLA DE REGULACION, PERDIDA DE ENERGIA Y POTENCIA PARQUE EL HATO**

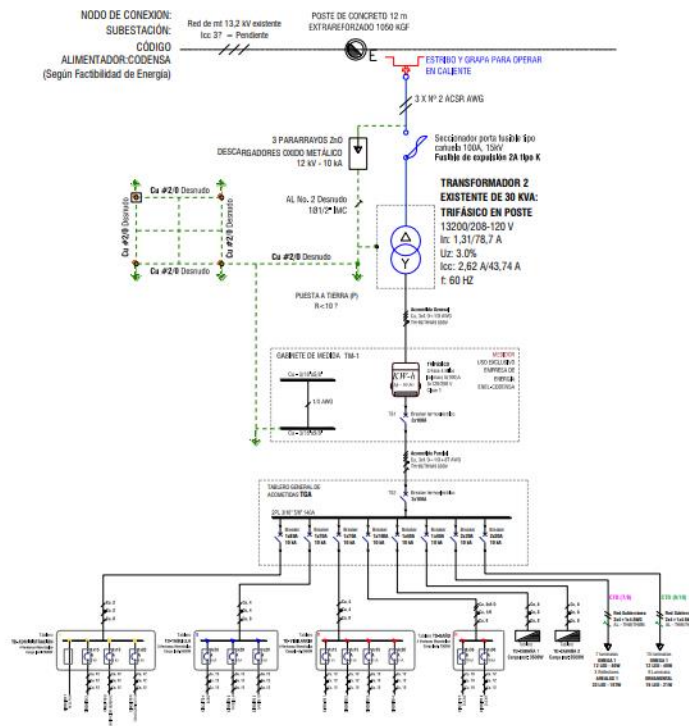
TRANSFORMADOR 1										C. ALUMINIO TW/THW 600V					% REGULACION			
TRAMO	LONG.	LUMINARIAS				KVA TOTAL	CORR. I (A)	TENSION (KV)	DOS Ø	C. ALUMINIO TW/THW 600V					TRAMO	ACUM.		
NODAL	TRAMO	[15W]	[24W]	[27W]	[100]					Ø	CAL.	CAL.	A	R equiv (Ø / Km)			CTE. REGULAC.	KVA/°C
INICIAL	FINAL	L (M)	[15W]	[24W]	[27W]	[100]	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø					
TGA	C2	15	7				0.67	3.21	0.208	0.9	2	4 AWG	4 AWG	Ø 5	1.530	E-6224E-03	0.07	0.07
C2	C3	15	3				0.13	0.64	0.208	0.9	2	4 AWG	4 AWG	Ø 5	1.530	E-6224E-03	0.07	0.08
C3	C4	40	2				0.09	0.43	0.208	0.9	2	4 AWG	4 AWG	Ø 5	1.530	E-6224E-03	0.02	0.10
C4	C5	40	1				0.04	0.21	0.208	0.9	2	4 AWG	4 AWG	Ø 5	1.530	E-6224E-03	0.01	0.11
C5	C6	21	2				0.09	0.43	0.208	0.9	2	4 AWG	4 AWG	Ø 5	1.530	E-6224E-03	0.01	0.08
C6	C7	30	2				0.45	2.14	0.208	0.9	2	4 AWG	4 AWG	Ø 5	1.530	E-6224E-03	0.06	0.16
C7	C8	24.5					0.36	1.71	0.208	0.9	2	4 AWG	4 AWG	Ø 5	1.530	E-6224E-03	0.06	0.22
C8	C9	12					0.24	1.14	0.208	0.9	2	4 AWG	4 AWG	Ø 5	1.530	E-6224E-03	0.02	0.24
C9	C10	12					0.12	0.57	0.208	0.9	2	4 AWG	4 AWG	Ø 5	1.530	E-6224E-03	0.01	0.25
C7	C11	55.5	2				0.09	0.43	0.208	0.9	2	4 AWG	4 AWG	Ø 5	1.530	E-6224E-03	0.03	0.19
C11	C12	21.5	2				0.09	0.43	0.208	0.9	2	4 AWG	4 AWG	Ø 5	1.530	E-6224E-03	0.01	0.20
TGA	C1	14	11	2	11		0.95	4.59	0.208	0.9	2	4 AWG	4 AWG	Ø 5	1.530	E-6224E-03	0.09	0.09
C1	C13	14	12	2	11		0.95	4.59	0.208	0.9	2	4 AWG	4 AWG	Ø 5	1.530	E-6224E-03	0.22	0.31
C13	C14	14	12	2	10		0.93	4.49	0.208	0.9	2	4 AWG	4 AWG	Ø 5	1.530	E-6224E-03	0.11	0.42
C14	C15	14	13	2	9		0.91	4.38	0.208	0.9	2	4 AWG	4 AWG	Ø 5	1.530	E-6224E-03	0.11	0.53
C15	C16	14	13	2	8		0.88	4.25	0.208	0.9	2	4 AWG	4 AWG	Ø 5	1.530	E-6224E-03	0.11	0.64
C16	C17	14	13	2	7		0.86	4.14	0.208	0.9	2	4 AWG	4 AWG	Ø 5	1.530	E-6224E-03	0.11	0.75
C17	C18	14	13	2	2		0.25	1.22	0.208	0.9	2	4 AWG	4 AWG	Ø 5	1.530	E-6224E-03	0.06	0.81
C18	C19	14	13	2	1		0.19	0.93	0.208	0.9	2	4 AWG	4 AWG	Ø 5	1.530	E-6224E-03	0.04	0.85
C19	C20	14	13	2			0.13	0.64	0.208	0.9	2	4 AWG	4 AWG	Ø 5	1.530	E-6224E-03	0.03	0.88
C20	C21	14	13	2			0.09	0.43	0.208	0.9	2	4 AWG	4 AWG	Ø 5	1.530	E-6224E-03	0.02	0.90
C21	C22	14	13	1			0.04	0.21	0.208	0.9	2	4 AWG	4 AWG	Ø 5	1.530	E-6224E-03	0.01	0.91
C17	C23	14	10		6		0.58	2.81	0.208	0.9	2	4 AWG	4 AWG	Ø 5	1.530	E-6224E-03	0.14	0.89
C23	C24	40	8		6		0.50	2.38	0.208	0.9	2	4 AWG	4 AWG	Ø 5	1.530	E-6224E-03	0.13	1.02
C24	C25	40	6		6		0.41	1.96	0.208	0.9	2	4 AWG	4 AWG	Ø 5	1.530	E-6224E-03	0.11	1.13
C25	C26	40	4		6		0.32	1.53	0.208	0.9	2	4 AWG	4 AWG	Ø 5	1.530	E-6224E-03	0.08	1.21
C26	C27	40	2		6		0.23	1.10	0.208	0.9	2	4 AWG	4 AWG	Ø 5	1.530	E-6224E-03	0.06	1.27
C27	C28	25			6		0.14	0.67	0.208	0.9	2	4 AWG	4 AWG	Ø 5	1.530	E-6224E-03	0.01	1.28
C28	C29	33.5			6		0.12	0.58	0.208	0.9	2	4 AWG	4 AWG	Ø 5	1.530	E-6224E-03	0.01	1.29
C29	C30	18			6		0.09	0.45	0.208	0.9	2	4 AWG	4 AWG	Ø 5	1.530	E-6224E-03	0.01	1.30
C30	C31	16.5			3		0.07	0.34	0.208	0.9	2	4 AWG	4 AWG	Ø 5	1.530	E-6224E-03	0.01	1.31
C31	C32	18			2		0.05	0.22	0.208	0.9	2	4 AWG	4 AWG	Ø 5	1.530	E-6224E-03	0.01	1.32
C32	C33	20			1		0.02	0.11	0.208	0.9	2	4 AWG	4 AWG	Ø 5	1.530	E-6224E-03	0.00	1.32

Fuente: elaboración propia.

Nota: La información a detalle del componente anterior se encuentra en el Anexo 3. Memorias de cálculo parque El Hato.

**Diagramas unifilares:**

Gráfica 70. Diagramas unifilares.



Fuente: elaboración propia.

Nota: La información a detalle del gráfico anterior se encuentra en el Anexo 3. Memorias de cálculo parque El Hato.

#### 4. Conclusiones:

De acuerdo con la información que se ha presentado a lo largo del documento técnico, en donde se ha establecido el detalle de las obras requeridas para una optimización de los sistemas analizados, con sus respectivos complementos y anexos, según lo expuesto en detalle en los párrafos anteriores, adicionalmente, y en documentos paralelos, se desarrolla el esquema y mantenimiento de parques, especificaciones técnicas de los equipos requeridos, el detalle de cantidades discriminado para cada uno de los proyectos, el análisis de los precios unitarios, los presupuestos, la matriz de riesgos asociada a los proyectos, el cronograma proyectado por parque y los requerimientos legales aplicables para el desarrollo de los mismos.

