UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAAGUAZÚ

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

PROYECTO FINAL DE GRADO

PROYECTO EJECUTIVO DE ILUMINACIÓN VIAL PARA LA RUTA N°8 DESDE EL KM 279 AL KM 286, DISTRITO DE SIMÓN BOLÍVAR DPTO. DE CAAGUAZÚ.

AUTOR: GUSTAVO FABIAN ESTIGARRIBIA GONZÁLEZ

TUTOR: PROF. ING. PEDRO PASTOR GONZALEZ.
COTUTOR: PROF. ING. AGUSTIN JUNIOR VERA GODOY.

CORONEL OVIEDO, JULIO DE 2025

Usted es libre de:

- **Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato**
- **Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material**

Bajo los siguientes términos:

- **Atribución — Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.**
- **NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con propósitos comerciales.**

DERECHO DE AUTOR

Quien/es suscribe/n, Gustavo Fabian Estigarribia González, autor/a/autores del trabajo de investigación titulado **"PROYECTO EJECUTIVO DE ILUMINACIÓN VIAL PARA LA RUTA N°8 DESDE EL KM 279 AL KM 286, DISTRITO DE SIMÓN BOLÍVAR DPTO. DE CAAGUAZÚ."**, declara/n que voluntariamente cede/n a título gratuito en forma pura y simple ilimitada e irrevocablemente a favor de la Facultad de Ciencias y Tecnologías – UNCA, el derecho de autor de contenido patrimonial, que le corresponde sobre el trabajo de referencia. Conforme a lo anteriormente expresado, esta sesión le otorga a la FCyT la Facultad de comunicar la obra divulgarla, publicarla y reproducirla en soportes analógicos o digitales en la oportunidad que así lo estime conveniente. La FCyT deberá indicar qué autoría o creación del trabajo corresponde a mi persona y hará referencia al autor y a las personas que hayan colaborado en la realización del presente trabajo de investigación.

En la ciudad de Coronel Oviedo a los …, del mes de ……. del 2025

…….

Firma/s

PÁGINA DE APROBACIÓN

Trabajo de fin de grado para la obtención del Título de Ingeniero Electricista, aprobado en representación de la Facultad Ciencias y Tecnología de la Universidad Nacional de Caaguazú, por el Tribunal Examinador constituido por los siguientes profesores y con la siguiente nota final:

CALIFICACIÓN FINAL: _____

ACTA N°:_____

FECHA :_____

Prof. Ing.

Prof. Ing.

Prof. Ing.

DEDICATORIA

A Dios y la Virgen.

A mi familia.

AGRADECIMIENTOS

A los docentes de la Facultad de Ciencias y Tecnologías.

A mi tutor Ing. Pedro Pastor.

RESUMEN

El distrito de Simón Bolívar, en Caaguazú, carece de una iluminación vial en la Ruta N°8, lo que ha incrementado los accidentes y puesto en riesgo a conductores y peatones. Para abordar esta problemática, la Municipalidad solicitó a la Facultad de Ciencias y Tecnología el desarrollo de un proyecto de iluminación vial que mejore la seguridad y el tránsito en la zona.

Para el diseño del proyecto, se recopilaron datos mediante mediciones en campo y la importación de información topográfica del trazado vial utilizando el software QGIS. Se establecieron los criterios y normas técnicas de iluminación, comparando las normativas EN 13201:2015, EN 13201:2004 y ROVL 2011, identificando sus diferencias y ventajas. Finalmente, se adoptó la norma EN 13201:2015 por ser la versión más actualizada en estándares de diseño lumínico.

Se evaluaron dos tipos de luminarias LED, seleccionando la más adecuada para el proyecto. Posteriormente, se realizaron cálculos luminotécnicos en Dialux evo 13, determinando la necesidad de 233 luminarias de 145,5W a 8,5 metros de altura, con vanos de 30 metros, para cumplir con una luminancia media mínima de 1 cd/m² según la norma adoptada. Además, se incluyeron 2 transformadores trifásicos de 25 kVA para la alimentación eléctrica del sistema.

Se elaboraron los planos del proyecto en AutoCAD, siguiendo el Reglamento de Baja y Media Tensión y el Manual de Procedimientos para la Elaboración de Proyectos de Líneas de Distribución de Media y Baja Tensión de la ANDE.

Finalmente, se realizó el presupuesto del proyecto incluyendo materiales y mano de obra totalizando la suma de 2.028.338.335 Gs.

Palabras claves: Distribución de Energía Eléctrica, Innovación e Infraestructura.

ABSTRACT

The district of Simón Bolívar, in Caaguazú, lacks adequate road lighting on Route N° 8, which has increased accidents and put drivers and pedestrians at risk. To address this problem, the Municipality asked the Faculty of Science and Technology to develop a road lighting project to improve safety and traffic in the area.

For the design of the project, data was collected through field measurements and the import of topographic information of the road layout using QGIS software. Lighting criteria and technical standards were established, comparing the EN 13201:2015, EN 13201:2004 and ROVL 2011 standards, identifying their differences and advantages. Finally, EN 13201:2015 was adopted as the most updated version in lighting design standards.

Two LED luminaires were evaluated, selecting the most suitable for the project. Subsequently, lighting calculations were performed in Dialux evo 13, determining the need for 233 luminaires of 145.5W at 8.5 meters height, with spans of 30 meters, to comply with a minimum average luminance of 1 cd/m² according to the adopted standard. In addition, four 25 kVA single-phase transformers were included to power the system.

The project plans were prepared in AutoCAD, following the Low and Medium Voltage Regulations and the ANDE's Procedures Manual for the Preparation of Medium and Low Voltage Distribution Line Projects.

Finally, the project budget, including materials and labor, was calculated for a total amount of 2.028.338.335 Gs.

Key words: Electric Power Distribution, Innovation and Infrastructure.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN....1
ANTECEDENTES....2
OBJETIVOS....4
1. MARCO TEÓRICO....5
1.1. Norma EN 13201:2015....5
1.1.1. Estructura de la Norma....5
1.1.2. Clasificación de las vías y selección de las clases de alumbrado....5
1.1.3. Clases de Alumbrado M....6
1.1.3.1. Luminancia media (Lm)....6
1.1.3.2. Uniformidad Global (U0)....6
1.1.3.3. Uniformidad Longitudinal (Ul)....7
1.1.3.4. Uniformidad (Uw)....7
1.1.4. Clasificación de Pavimentos según la CIE....7
1.1.4.1. Aplicaciones....8
1.2. Indicadores de eficiencia energética....8
1.2.1. Densidad de Potencia (Dp)....8
1.2.2. Consumo Energético por Unidad de Área (De)....8
2. METODOLOGÍA....9
2.1. Relevamiento de datos....9
2.1.1. Ubicación....9
2.1.2. Datos sobre la infraestructura vial existente....10
2.2. Selección de normativa....11
2.2.1. Clasificación de la vía....12

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS....13
3.1. Cálculos luminotécnicos....13
3.1.1. Luminarias a utilizar....13
3.1.2. Selección de brazo de luminaria....13
3.1.3. Disposición de postes....14
3.1.4. Selección de altura de postes....14
3.1.5. Selección de distancia entre postes....15
3.1.6. Valores de luminancia y uniformidad según simulación....15
3.1.7. Selección de luminaria....18
3.2. Diseño y dimensionamiento eléctrico....18
3.2.1. Dimensionamiento del transformador TR-01....18
3.2.1.1. Dimensionamiento de conductores para TR-01 (Ramal A)....18
3.2.1.2. Dimensionamiento de protecciones para TR-01 (Ramal A)....20
3.2.1.3. Dimensionamiento de conductores para TR-01 (Ramal B)....20
3.2.1.4. Dimensionamiento de protecciones para TR-01 (Ramal B)....21
3.2.2. Dimensionamiento del transformador TR-02....21
3.2.2.1. Dimensionamiento de conductores para TR-02 (Ramal A)....22
3.2.2.2. Dimensionamiento de protecciones para TR-02 (Ramal A)....23
3.2.2.3. Dimensionamiento de conductores para TR-02 (Ramal B)....23
3.2.3. Dimensionamiento de protecciones para TR-02 (Ramal B)....24
3.2.5. Puesta a tierra....24
3.2.6. Riendas....24
3.3. Presupuesto del proyecto de iluminación....26
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES....27
5. BIBLIOGRAFÍA....28
ANEXOS....1

ANEXO 1 1

Luminarias 1

Alternativa 1: PHILIPS 145.5 W BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG 1

Alternativa 2: Zagonel 170W ZL-7807 2

ANEXO 2 4

Resultados de cálculo luminotécnico en Dialux 4

Alternativa 1: PHILIPS 145.5 W BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG 4

Alternativa 2: Zagonel 170W ZL-7807 9

ANEXO 3 14

ANEXO 4 15

Costos por tipo de estructura de Baja Tensión 15

ANEXO 5 17

LPAH-1 (Estructura de suspensión) 17

LPAH-5 (Anclaje Terminal) 18

LPAH-6 (Anclaje a paso recta) 19

RBSH-1 (Rienda de Baja Tensión Simple) 20

APHºS 3 (Alumbrado público con brazo Tipo 3) 21

Transformador Trifásico Convencional 22

PD AEREO TRIFÁSICO 23

MTHH º 7 (Derivación) 24

ANEXO 6 25

Vista Representativa 3D 25

ANEXO 7 27

Clasificación de la vía según la norma adoptada para la clase M 27

ANEXO 8 28

Nota de solicitud del Proyecto Ejecutivo 28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tramo del proyecto de iluminación. 9
Figura 2. Software QGIS con datos topográficos del área del proyecto. 10
Figura 3. Brazo Tipo 3 para alumbrados públicos [6]. 14
Figura 4. Optimización de altura en Dialux-.....15
Figura 5. Distancias entre postes que cumple la clase de alumbrado M3. 15
Figura 6. Unifilar de distribución en 2 circuitos ramales.....19
Figura 7. Simbología de un poste con Alumbrado público, puesta tierra y rienda. 25
Figura 8.Curva fotométrica Luminaria PHILIPS BGP293. 2
Figura 9. Dimensiones y curva fotométrica de la luminaria Zagonel ZL-7807. 3
Figura 10. Solicitud de proyecto de iluminación por parte de la Municipalidad de Simón Bolívar. 14

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparativa de normativa para el diseño de iluminación vial. 11
Tabla 2. Cálculo para clasificación de la vía. 12
Tabla 3. Comparación de luminarias. 13
Tabla 4. Comparativa de resultados obtenidos en Dialux para cada luminaria. 16
Tabla 5. Comparativa de indicadores de eficiencia energética. 17
Tabla 6. Resumen de costos del proyecto de iluminación vial. 26
Tabla 7. Resumen de costo de materiales eléctricos 26

INTRODUCCIÓN

El distrito de Simón Bolívar, en el departamento de Caaguazú, no cuenta con un sistema de iluminación vial en el tramo de la Ruta N°8 que conecta dicho distrito con la localidad de Mbutuy. Esta situación pone en riesgo la vida de los conductores y peatones, especialmente durante la noche, y ha generado un aumento en el número de accidentes viales en la zona (8 accidentes en el periodo 2023-2024, de los cuales 2 fueron con derivación fatal). Por esta razón, se plantea la necesidad de desarrollar un proyecto de iluminación vial para abordar este problema.

El objetivo de este proyecto es elaborar un proyecto ejecutivo de iluminación vial para la mencionada ruta, con un tramo de 7 km.

La importancia de este proyecto radica que mediante su implementación permitirá mejorar la seguridad vial en la zona, los pobladores de la zona y los usuarios se verán beneficiados al tener una vía más segura y cómoda para transitar. La Municipalidad de Simón Bolívar se beneficiará al contar con un proyecto de sistema de iluminación moderno y eficiente, lo que facilitará la gestión de los fondos necesarios para su ejecución.

La Municipalidad de Simón Bolívar solicitó a la Facultad de Ciencias y Tecnología, mediante una nota presentada el 02/05/2024 (ANEXO), el proyecto de iluminación vial para el tramo de la Ruta N°8 que conecta Simón Bolívar con la localidad de Mbutuy. Este proyecto forma parte de un plan más amplio de mejora de la seguridad vial y crecimiento urbano en la zona.

ANTECEDENTES

Evaluación de la eficiencia del alumbrado público del centro histórico de la ciudad de Latacunga año 2013. Diseño y evaluación de un sistema de gestión para mejorar la eficiencia energética del sistema de alumbrado público de la Empresa Eléctrica Cotopaxi (Carlos Gustavo Cevallos Carvajal, 2013) [1]**.**

El objetivo principal fue proponer un sistema de iluminación que elevara la eficiencia y redujera los costos de mantenimiento en el sistema de alumbrado público.

Se presentó la propuesta de diseño de iluminación vial pública utilizando Tecnología LED con potencias de 28W, 56W, 112W y 168W, incluyendo un análisis técnico, económico e impacto ambiental.

Con la propuesta se llegaría a tener luminancias de hasta 2 cd/m2, una uniformidad mayor al 70% y un incremento de umbral menor al 7%, cumpliendo lo sugerido por la norma CIE-115-2010 para vías M2 consideradas en este estudio.

DISEÑO DE ILUMINACIÓN DEL ALUMBRADO PÚBLICO EN LA VÍA PRINCIPAL DEL MUNICIPIO DE EL ESPINAL – TOLIMA (Juan Sebastian Cartagena Guayara, 2024) [2]**.**

Este trabajo presenta el levantamiento planimétrico de la infraestructura de alumbrado público existente en el Municipio de El Espinal-Tolima, junto con un análisis comparativo entre los niveles de iluminación actuales y los requeridos por la normativa vigente en su momento. Además, se propone la implementación de nuevos diseños con tecnología LED, cumpliendo con los parámetros del reglamento de iluminación pública y privada (RETILAP, Resolución 40150 del 3 de mayo de 2024). Finalmente, se realiza un análisis económico de las diferentes propuestas de diseño para determinar la opción más favorable para el proyecto.

DISEÑO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA E ILUMINACIÓN PÚBLICA PARA EL PROYECTO DE LAS AMPLIACIONES DE LAS RUTAS PY-02 Y PY-08 EN LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO DEL DPTO. DE CAAGUAZÚ (C. Portillo y **J. Barberán, 2021)** [3].

El objetivo de este trabajo fue diseñar un sistema de suministro de energía eléctrica e iluminación pública para las ampliaciones de las rutas PY-02 y PY-08 en la Ciudad de Coronel Oviedo, Departamento de Caaguazú.

Se elaboraron dos planos: uno para el sistema de distribución de energía eléctrica utilizando conductores aéreos protegidos y otro para el sistema de iluminación pública. Se proyectó un sistema de iluminación vial centralizada para las ampliaciones de las rutas mencionadas con anterioridad, mediante la implementación de 888 artefactos de iluminación LED disponible en el mercado nacional, que se ajusten a los criterios técnicos según el reglamento técnico de
iluminación y alumbrados públicos (RETILAP).

Elaboración del proyecto del sistema de iluminación de la RUTA Internacional Nº8 desde la avenida ITAPUA hasta el desvío La Pastora del distrito de Coronel Oviedo, ubicado en el Dpto. de Caaguazú (Pablo David Mendoza Vera, 2023) [4]**.**
En el presente proyecto, se llevó a cabo el diseño del sistema de iluminación de la RUTA Internacional Nº8, desde la avenida ITAPUA hasta el desvío La Pastora, en el distrito de Coronel Oviedo.
Se realizó el cálculo luminotécnico utilizando el software Dialux evo, siguiendo la norma CIE 115 - 2010 como referencia. Se seleccionaron 70 luminarias de 100W y 200 luminarias de 150 W LED para reducir el consumo de energía, y se utilizaron conductores preensamblados debido a la presencia de vegetación en algunos tramos.
Según el proyecto desarrollado, el sistema de iluminación de la RUTA N° 8 tendría un costo aproximado de 1.002.669.315 Gs, esto incluye: las luminarias LED, los conductores del tipo preensamblado, transformadores, protecciones, montaje, fijación, erección y cimentación de los postes de hormigón armado.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Elaborar el proyecto de iluminación vial para la Ruta N° 8, en el tramo comprendido entre el Km 279 y el Km 286 del Distrito de Simón Bolívar, Dpto. de Caaguazú.

Objetivos Específicos

- Relevar datos para el diseño del proyecto de iluminación.
- Establecer los criterios y normas técnicas para el diseño de la iluminación vial.
- Seleccionar el tipo de luminaria más adecuada para el proyecto.
- Realizar los cálculos luminotécnicos mediante software especializado, así como la alimentación eléctrica del sistema de iluminación.
- Elaborar los planos del proyecto de iluminación según normativa adoptada.
- Elaborar el presupuesto del proyecto ejecutivo.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Norma EN 13201:2015

La Norma Europea, EN 13201:2015 es un estándar europeo que regula la iluminación de carreteras y espacios públicos, aprobada en diciembre de 2015. Esta norma busca mejorar la seguridad y la calidad de la iluminación en las vías públicas, adaptándose a las necesidades actuales y a las normativas de los diferentes estados miembros de la Unión Europea.

1.1.1. Estructura de la Norma

La norma se compone de cinco secciones [5]:

- EN 13201-1: Definición de las clases de iluminación.
- EN 13201-2: Requisitos de prestaciones y redefinición de clases para el alumbrado público, incluyendo nuevas categorías para áreas con tráfico predominantemente motorizado y zonas de conflicto (peatonales y ciclistas).
- EN 13201-3: Cálculo de prestaciones, que incluye nuevas fórmulas para evaluar el deslumbramiento y la relación de iluminancia en áreas adyacentes a la calzada.
- EN 13201-4: Métodos de medición, que introduce un enfoque más riguroso sobre cómo medir los parámetros fotométricos en el campo.
- EN 13201-5: Valoración energética, que establece criterios para evaluar la eficiencia energética de las instalaciones de iluminación mediante indicadores como el Índice de Densidad de Potencia (DP) y el Índice del Consumo Energético Anual (DE).

1.1.2. Clasificación de las vías y selección de las clases de alumbrado

En los siguientes apartados se recogen los parámetros principales y las diferentes opciones de proyecto con una descripción de la misma y un valor individualizado del valor ponderado que resultará para la selección correcta de la clase de alumbrado, según las siguientes nomenclaturas:

- M: áreas de tráfico motorizado.
- C: áreas conflictivas de tráfico motorizado.
- P: áreas para peatones y ciclistas.

1.1.3. Clases de Alumbrado M

Las clases de alumbrado M están destinadas a conductores de vehículos motorizados en carreteras, vías urbanas y residenciales, en las que se dan velocidades de conducción de moderadas a altas. La aplicación de estas clases de alumbrado depende de la geometría de la vía y de las circunstancias dependientes del tráfico y el tiempo. La clase de iluminación adecuada debe seleccionarse de acuerdo con la función de la carretera, la velocidad de diseño, el diseño general, el volumen de tráfico, la composición del tráfico y las condiciones ambientales.

Los criterios principales de iluminación de esta clase de alumbrado están basados en la luminancia media (L_m) de la superficie de la carretera, la uniformidad global (U_0) y la uniformidad longitudinal (U_l), además de la uniformidad (U_w), para condiciones de calzada húmeda. También se incluyen valores adicionales que se relacionan con el deslumbramiento incapacitivo o perturbador cuantificado por el incremento de umbral (f_{ti}) y la iluminación de las áreas adyacentes, evaluadas por la relación entorno (R_{EI}).

1.1.3.1. Luminancia media (Lm)

La luminancia media (Lm) según la norma EN 13201:2015 se refiere al nivel de luminancia promedio que debe alcanzarse en las superficies de las calzadas para garantizar una adecuada visibilidad y seguridad en las vías públicas. Esta norma establece diferentes clases de luminancia media para distintas condiciones de tráfico y tipos de vías.

1.1.3.2. Uniformidad Global (U0)

La uniformidad global (U0) es un índice que mide la variación de luminancias en la superficie de la calzada. Se calcula como la relación entre la luminancia mínima y la luminancia media en un área determinada.

1.1.3.3. Uniformidad Longitudinal (Ul)

La uniformidad longitudinal (Ul) se refiere a la variación de luminancias a lo largo de una dirección específica en la calzada. Se calcula como la relación entre la luminancia mínima y la luminancia media a lo largo de un tramo de carretera.

1.1.3.4. Uniformidad (Uw)

Definición: La uniformidad (Uw) es un término más general que puede referirse a diferentes formas de medir la distribución de luz en la calzada, incluyendo tanto U0 como Ul. En algunos contextos, Uw puede referirse a un índice combinado que toma en cuenta ambas formas de uniformidad.

1.1.4. Clasificación de Pavimentos según la CIE

La CIE (Comisión Internacional de Iluminación) clasifica los pavimentos en diferentes tipos basados en sus características reflectantes, lo que es crucial para el diseño de sistemas de iluminación. La clasificación incluye las series R y N, así como la más reciente serie C.

Serie R: Esta serie se refiere a pavimentos con diferentes tipos de reflexión:

- **R1:** Revestimiento bituminoso con al menos 15% de materia clara artificial o 30% de anortositas muy claras.
- **R2:** Revestimientos con textura rugosa y aditivos normales.
- **R3:** Pavimentos rugosos que proporcionan una reflexión moderada.
- **R4:** Pavimentos con características más brillantes.

Serie N: Esta serie incluye pavimentos que se utilizan en condiciones específicas, como:

- **N1:** Pavimentos con alta reflexión.
- **N2, N3, N4:** Diferentes grados de reflexión y características específicas para aplicaciones particulares.

Serie C: Introducida más recientemente, se divide en:

- **C1 (RI):** Pavimentos con reflexión difusa.
- **C2 (RII, RIII, RIV):** Agrupa pavimentos con características de reflexión más complejas.

La clasificación de pavimentos es fundamental para determinar los requisitos fotométricos en el diseño del alumbrado público. Los valores de luminancia y reflectancia influyen directamente en la cantidad de luz necesaria para garantizar la seguridad y la visibilidad en las vías. Por ejemplo, un pavimento más claro (como R1) puede requerir menos iluminación que uno más oscuro (como R3).

1.1.4.1. Aplicaciones

Esta clasificación se aplica en el diseño de sistemas de iluminación para:

- Carreteras y calles urbanas
- Zonas industriales
- Espacios públicos donde la visibilidad es crítica

La correcta selección del tipo de pavimento según la CIE ayuda a optimizar el rendimiento del sistema de iluminación y a mejorar la seguridad vial.

1.2. Indicadores de eficiencia energética

Los indicadores de eficiencia energética en iluminación son fundamentales para evaluar y optimizar el consumo de energía en diferentes contextos, como instalaciones interiores y alumbrado público. A continuación, se presentan dos indicadores:

1.2.1. Densidad de Potencia (Dp)

El indicador Dp se expresa en **W/lx*m²** y combina la eficacia luminosa con el rendimiento fotométrico sobre la geometría de la instalación.
Permite una rápida calificación de la eficiencia energética al considerar tanto la cantidad de luz producida como las pérdidas inherentes a su distribución.

1.2.2. Consumo Energético por Unidad de Área (De)

Este indicador se mide en **kWh/m²** año y refleja el consumo total anual por unidad de área iluminada.
Ayuda a evaluar cuánta energía consume un sistema durante todo el año, lo que es crucial para planificar mejoras o cambios hacia tecnologías más eficientes.

2. METODOLOGÍA

2.1. Relevamiento de datos.

2.1.1. Ubicación

El tramo en cuestión inicia desde la Comisaria de la Ciudad de Simón Bolívar (Km 279 del ruta Nº8) hasta el limítrofe de la ciudad de Mbutuy (Km 286), distrito de Santa Rosa del Mbutuy, tiene una longitud aproximada de 7 kilómetros (Figura 1), con una calzada de 6,5 metros de ancho, un carril de circulación en cada lado, banquinas de 1,5 metros a cada lado y una franja de dominio de 50 metros en ambos lados.

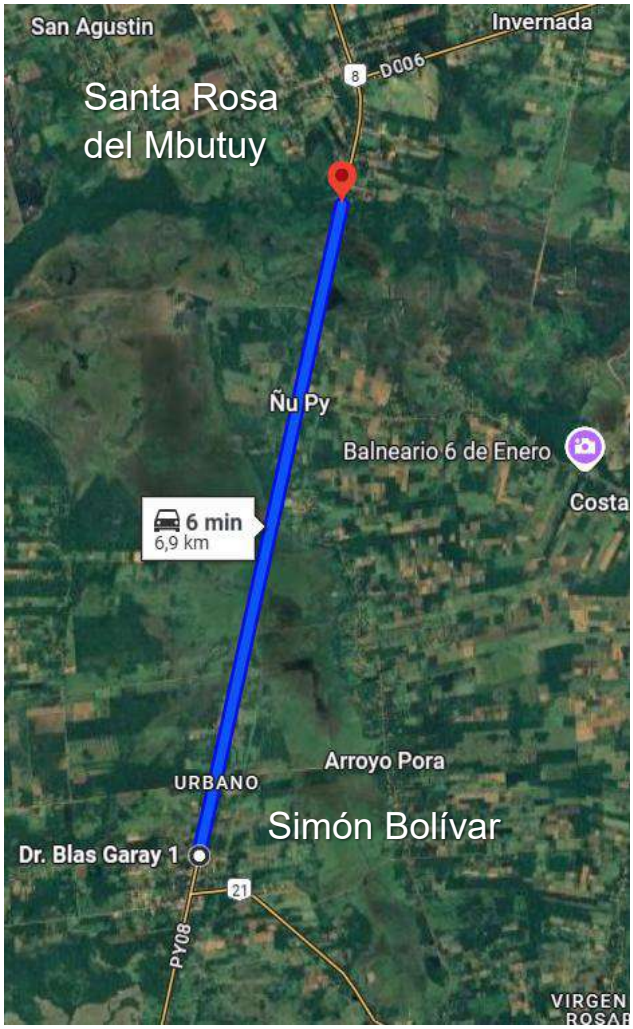


Figura 1. Tramo del proyecto de iluminación.

2.1.2. Datos sobre la infraestructura vial existente

Para la importación del trazado de la infraestructura vial, se emplea el software **QGIS**, una herramienta de código abierto utilizada para el análisis y gestión de datos geoespaciales. Dentro de QGIS, se utiliza el módulo **OSMDownloader**, el cual permite descargar información cartográfica desde **OpenStreetMap (OSM)**, facilitando la obtención de datos precisos sobre la red vial existente.

Una vez procesada la información en **QGIS**, esta se exporta al software **AutoCAD**. En AutoCAD, los datos son ajustados, editados y utilizados para la elaboración de planos detallados, integrando así la cartografía con el diseño de infraestructuras viales.

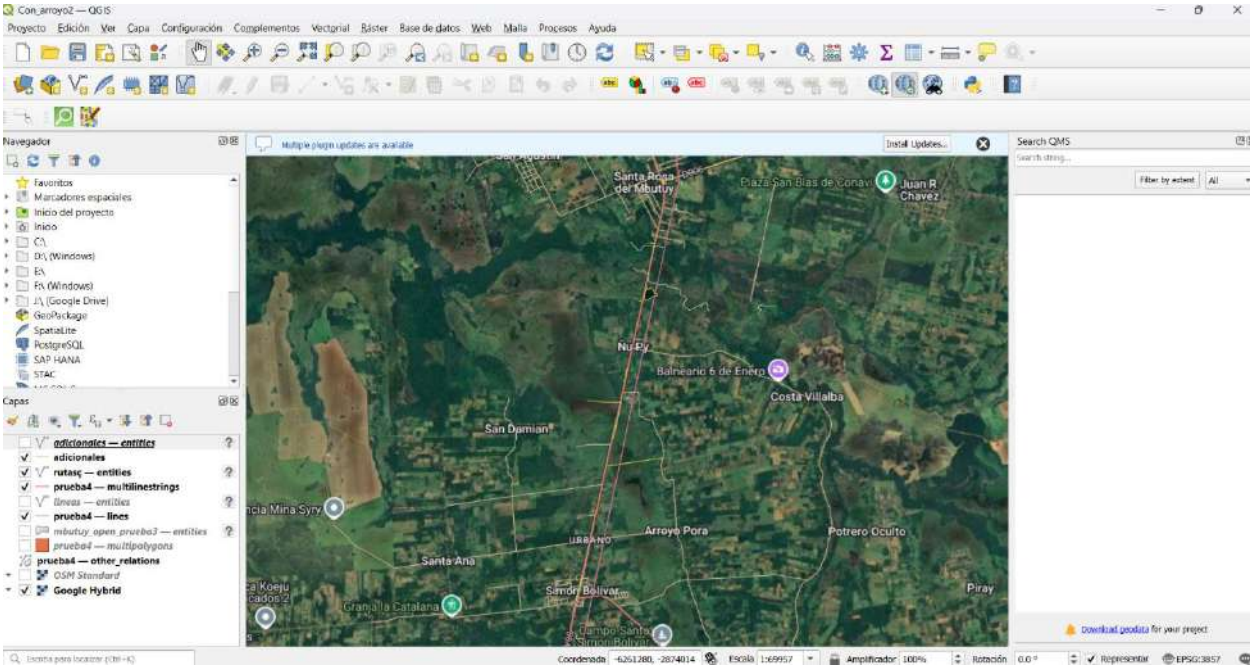


Figura 2. Software QGIS con datos topográficos del área del proyecto.

2.2. Selección de normativa

A continuación, en la Tabla 1 se presenta una comparativa de las normativas EN 13201:2015, EN 13201:2004 y ROVL 2011, que permite identificar sus principales diferencias y ventajas. Es importante aclarar que dentro del software Dialux, estas tres normas constituyen los referentes principales para el diseño de iluminación de carretera. Este análisis es fundamental para seleccionar la norma que mejor se adapte a los requerimientos modernos en el diseño y la implementación de proyectos de iluminación vial.

Tabla 1. Comparativa de normativa para el diseño de iluminación vial.

Norma	Año	Alcance	Metodología y Criterios	Requisitos y Enfoque
EN 13201:2015	2015	Iluminación de vías y espacios urbanos	Metodología actualizada con cálculos más detallados y precisos; integra criterios de sostenibilidad y eficiencia energética.	Directrices específicas para un diseño óptimo y adaptable a nuevas tecnologías.
EN 13201:2004	2004	Iluminación de vías y espacios urbanos	Metodología basada en criterios anteriores; menos detallada y con menor incorporación de avances tecnológicos.	Requisitos establecidos en un contexto tecnológico y energético menos exigente.
ROVL 2011	2011	Iluminación vial con enfoque en normativa nacional	Basada en reglamentaciones y criterios locales; incorpora particularidades del contexto y condiciones propias del país.	Requisitos adaptados a normativas nacionales, con énfasis en el contexto local.

La norma **EN 13201:2015** ha sido seleccionada para el proyecto de iluminación vial debido a que representa la evolución más reciente en estándares de diseño lumínico. Esta versión incorpora metodologías de cálculo más precisas y actualizadas, adaptándose a los avances tecnológicos y las demandas de sostenibilidad energética. Además, sus directrices permiten optimizar la eficiencia del alumbrado, mejorando la seguridad vial y asegurando un rendimiento adecuado en condiciones diversas. Por

estos motivos, la EN 13201:2015 se considera la opción más idónea para desarrollar proyectos modernos y sostenibles de iluminación vial.

2.2.1. Clasificación de la vía

Las luminarias se instalan en uno de los márgenes de la vía, lo que genera una iluminación desigual entre ambas calzadas, con una de ellas significativamente más iluminada. Esta disposición se elige por su bajo costo económico.

La clasificación de la vía se determina según la clase M, conforme a la Norma EN 13201:2015, utilizando los parámetros especificados en la

Tabla 2.

Tabla 2. Cálculo para clasificación de la vía.

Parámetro	**Opción**	**Valor V_w**
Velocidad	Moderado	1
Volumen de trafico	Alto	0,5
Composición de trafico	Mezcla	1
Separación de calzadas	No	1
Densidad de intersección	Moderado	0
Vehículos estacionados	No Presente	0
Luminancia ambiental	Bajo	-1
Señalizaciones	Pobre	0,5
	Sumatoria de valores V_w	3
	M=6 – Sumatoria V_w	**M3**

El resultado obtenido en la Tabla 2 indica que la vía pertenece a la clase M3, según la metodología de la Norma EN 13201:2015.

La clase M3 se aplica a vías con un nivel de exigencia intermedio en cuanto a iluminación, considerando factores como velocidad del tráfico, volumen vehicular, composición del tránsito y condiciones ambientales. Esta categoría garantiza una visibilidad adecuada para los usuarios, optimizando el consumo energético y la eficiencia del alumbrado público.

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1. Cálculos luminotécnicos

Se emplea el software especializado Dialux evo versión 13 para realizar simulaciones que permitan optimizar el diseño de la iluminación vial.

3.1.1. Luminarias a utilizar

En la Tabla 3 se compara dos luminarias con tecnología LED, la luminaria PHILIPS 145.5 W BGP293 y la luminaria Zagonel 170W ZL-7807.

Tabla 3. Comparación de luminarias.

Luminaria	Imagen representativa	Potencia [W]	Flujo luminoso[lm]	Eficiencia luminosa [lm/W]	Vida útil [horas]
PHILIPS 145.5 W BGP293		145,5	20.299	139,55	100.000
Zagonel 170W ZL-7807		170	24.650	145	90.000

3.1.2. Selección de brazo de luminaria

Para alcanzar una altura de 8,5 metros en el punto de luz, se emplea el brazo Tipo 3 para alumbrado público junto con postes de hormigón armado de 9/150 kgf., de acuerdo con las “Especificaciones Técnicas de la ANDE EE.TT. 07.61.19 - Brazos para artefactos de alumbrado público” [6].

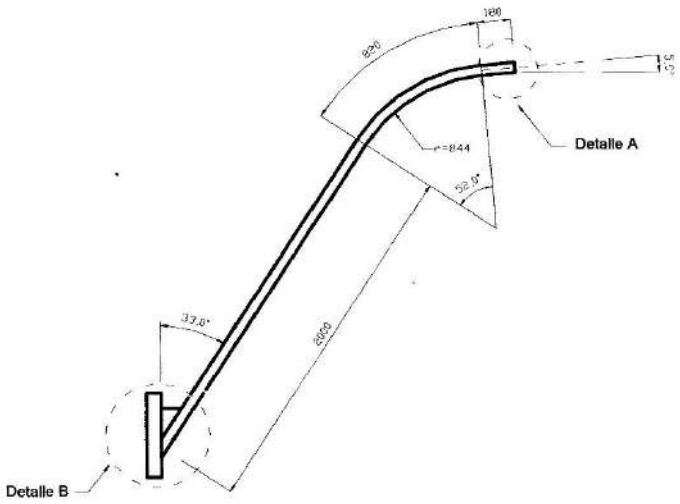


Figura 3. Brazo Tipo 3 para alumbrados públicos *[6]*.

Con el brazo tipo 3 se obtiene una separación horizontal entre poste y luminaria de 2 metros.

3.1.3. Disposición de postes

Se procede con la instalación de postes de alumbrado público a lo largo de la vía, empleando una configuración unilateral (ubicado en un solo lado de la calzada). Esta disposición ha sido seleccionada tras un análisis técnico-económico, ya que representa la alternativa más eficiente en términos de costos, sin comprometer la calidad y cobertura del servicio.

3.1.4. Selección de altura de postes

Tras una optimización basado en simulaciones realizadas con el software especializado DIALux, se determinó que la altura óptima para los postes de alumbrado público es de 8,5 metros. Para conseguir dicha altura se emplean postes de HºAº de 9/150 kgf. y brazos tipo 3.

Para valores menores a 8,5 metros no se cumple el incremento de umbral (TI) y para valores mayores no se cumple la luminancia media (Lm) para la clase M3.

Cumplido	Luminaria	Lámpara	Distancia (m)	Altura del punto de luz (m) ▲	Inclinación (°)	1-L_m (cd/m²)	1-U_o	1-U_l	1-TI (%)	1-R_EI
✗	Philips BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG	1 x LED260-4S/740	30.000	7.900	5.000	1.04	0.49	0.62	17	0.82
✗	Philips BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG	1 x LED260-4S/740	30.000	8.000	5.000	1.03	0.50	0.63	17	0.82
✗	Philips BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG	1 x LED260-4S/740	30.000	8.100	5.000	1.02	0.50	0.64	17	0.82
✗	Philips BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG	1 x LED260-4S/740	30.000	8.200	5.000	1.02	0.51	0.66	16	0.83
✗	Philips BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG	1 x LED260-4S/740	30.000	8.300	5.000	1.01	0.52	0.67	16	0.83
✗	Philips BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG	1 x LED260-4S/740	30.000	8.400	5.000	1.00	0.51	0.68	16	0.83
✓	Philips BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG	1 x LED260-4S/740	30.000	8.500	5.000	1.00	0.51	0.70	15	0.84
✗	Philips BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG	1 x LED260-4S/740	30.000	8.600	5.000	0.99	0.51	0.72	15	0.84
✗	Philips BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG	1 x LED260-4S/740	30.000	8.700	5.000	0.99	0.52	0.74	15	0.84
✗	Philips BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG	1 x LED260-4S/740	30.000	8.800	5.000	0.98	0.52	0.75	15	0.84
✗	Philips BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG	1 x LED260-4S/740	30.000	8.900	5.000	0.97	0.52	0.75	14	0.84
✗	Philips BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG	1 x LED260-4S/740	30.000	9.000	5.000	0.97	0.52	0.76	14	0.85
✗	Philips BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG	1 x LED260-4S/740	30.000	9.100	5.000	0.96	0.52	0.77	14	0.85
✗	Philips BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG	1 x LED260-4S/740	30.000	9.200	5.000	0.96	0.53	0.78	14	0.85

Figura 4. Optimización de altura en Dialux-

3.1.5. Selección de distancia entre postes

Se utiliza el módulo de optimización de Dialux para calcular las distancias entre postes que cumplen los requerimientos para la clase de alumbrado M3. Manteniendo constantes la altura de punto de luz a 8,5 metros, la inclinación del brazo a 5º con los postes a una longitud de 2,5 metros del borde de la calzada.

Cumplido	Luminaria	Lámpara	Distancia (m) ▲	Altura del punto de luz (m)	Inclinación (°)	Saliente del punto de luz (m)	Distancia mástil-calzada (m)	Longitud del brazo
✓	Philips BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG	1 x LED260-4S/740	21.000	8.500	5.000	-0.500	2.501	2.000
✓	Philips BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG	1 x LED260-4S/740	22.000	8.500	5.000	-0.500	2.501	2.000
✓	Philips BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG	1 x LED260-4S/740	23.000	8.500	5.000	-0.500	2.501	2.000
✓	Philips BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG	1 x LED260-4S/740	24.000	8.500	5.000	-0.500	2.501	2.000
✓	Philips BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG	1 x LED260-4S/740	25.000	8.500	5.000	-0.500	2.501	2.000
✓	Philips BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG	1 x LED260-4S/740	26.000	8.500	5.000	-0.500	2.501	2.000
✓	Philips BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG	1 x LED260-4S/740	27.000	8.500	5.000	-0.500	2.501	2.000
✓	Philips BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG	1 x LED260-4S/740	28.000	8.500	5.000	-0.500	2.501	2.000
✓	Philips BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG	1 x LED260-4S/740	29.000	8.500	5.000	-0.500	2.501	2.000
✓	Philips BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG	1 x LED260-4S/740	30.000	8.500	5.000	-0.500	2.501	2.000
✗	Philips BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG	1 x LED260-4S/740	31.000	8.500	5.000	-0.500	2.501	2.000
✗	Philips BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG	1 x LED260-4S/740	32.000	8.500	5.000	-0.500	2.501	2.000

Figura 5. Distancias entre postes que cumple la clase de alumbrado M3.

Según el resultado mostrado en la Figura 5 se pueden utilizar distancias entre de 21 metros hasta 30 metros como máximo, utilizándose el ultimo valor mencionado en la mayor parte del tramo que abarca el proyecto para reducir la cantidad de postes.

3.1.6. Valores de luminancia y uniformidad según simulación

En la Tabla 4 se realiza un resumen de resultados obtenidos en Dialux (documentados en el ANEXO 2) para cada luminaria. Se destaca que la luminaria PHILIPS BGP293 cumple con los valores nominales exigidos por la norma EN 13201:2015 para calzadas Tipo M3.

Tabla 4. Comparativa de resultados obtenidos en Dialux para cada luminaria.

Luminaria / Variable	PHILIPS BGP293 T25 LED260-4S/740	ZAGONEL ZL 7807	Valor Nominal según EN 13201:2015
Calzada Tipo M3			
Lm	1,00 cd/m²	0,76 cd/m²	≥ 1,00 cd/m²
Uo	0,51	0,32	≥ 0,40
Ui	0,7	0,29	≥ 0,60
TI	15%	3%	≤ 15 %
REI	0,84	0,74	≥ 0,30

A continuación, se analizan cada una de las variables consideradas:

• **Lm (Luminancia media)**: La luminancia media (Lm) se refiere al nivel de luminancia promedio que debe alcanzarse en las superficies de las calzadas para garantizar una adecuada visibilidad y seguridad en las vías públicas. Para la luminaria PHILIPS BGP293, el valor obtenido es de 1,00 cd/m², cumpliendo con el valor nominal mínimo de ≥ 1,00 cd/m² establecido por la norma EN 13201:2015 para calzadas Tipo M3. En cambio, la luminaria ZAGONEL ZL 7807 presenta un valor de 0,76 cd/m², que no cumple con dicho requisito.

• **Uo (Uniformidad Global)**: La uniformidad global (U0) es un índice que mide la variación de luminancias en la superficie de la calzada, calculándose como la relación entre la luminancia mínima y la luminancia media en un área determinada. Para la luminaria PHILIPS BGP293, el valor de Uo es de 0,51, superando el valor nominal mínimo de ≥ 0,40. La luminaria ZAGONEL ZL 7807, con un valor de 0,32, no cumple con este requisito.

• **Ui (Uniformidad Longitudinal)**: La uniformidad longitudinal (Ul) se refiere a la variación de luminancias a lo largo de una dirección específica en la calzada, calculándose como la relación entre la luminancia mínima y la luminancia media a lo largo de un tramo de carretera. La luminaria PHILIPS BGP293 alcanza un valor de 0,7, cumpliendo con el valor nominal mínimo de ≥ 0,60. La luminaria ZAGONEL ZL 7807, con un valor de 0,29, no cumple con este requisito.

• **TI (Incremento de Umbral)**: El incremento de umbral (TI) cuantifica el deslumbramiento incapacitivo o perturbador. Para la luminaria PHILIPS BGP293, el valor de TI es de 15%, cumpliendo con el valor nominal máximo de ≤ 15%. La luminaria ZAGONEL ZL 7807 presenta un valor de 3%, también cumpliendo con este requisito.

• **REI (Relación Entorno)**: La relación entorno (REI) evalúa la iluminación de las áreas adyacentes. La luminaria PHILIPS BGP293 presenta un valor de 0,84, superando el valor nominal mínimo de ≥ 0,30. La luminaria ZAGONEL ZL 7807, con un valor de 0,74, también cumple con este requisito.

Según los resultados presentados en la Tabla 4, la luminaria **PHILIPS BGP293 cumple con los valores nominales exigidos por la norma EN 13201:2015** para calzadas Tipo M3 en todas las variables analizadas (Lm, Uo, Ui, TI y REI). Por otro lado, la luminaria **ZAGONEL ZL 7807 no cumple con los requisitos mínimos** en las variables de Luminancia media (Lm), Uniformidad Global (Uo) y Uniformidad Longitudinal (Ui).

Tabla 5. Comparativa de indicadores de eficiencia energética.

Luminaria / **Indicador**	**PHILIPS BGP293 T25 LED260-4S/740**	**ZAGONEL ZL 7807**
Dp [W/lx*m²]	0,040	0,031
De [kWh/m² año]	2	2,4

El análisis de la Tabla 5, "Comparativa de indicadores de eficiencia energética", revela lo siguiente:

• **Densidad de Potencia (Dp):** La luminaria ZAGONEL ZL 7807 presenta un valor de Dp de 0,031 W/lx*m², inferior al de la luminaria PHILIPS BGP293 T25 LED260-4S/740, que es de 0,040 W/lx*m². Un valor más bajo en el indicador Dp sugiere una mayor eficiencia energética, ya que se requiere menos potencia por unidad de iluminancia y área.

• **Consumo Energético por Unidad de Área (De):** La luminaria PHILIPS BGP293 T25 LED260-4S/740 tiene un consumo energético de 2 kWh/m² al año, mientras que la ZAGONEL ZL 7807 registra un consumo de 2,4 kWh/m² al año. Un menor valor en este indicador implica un menor consumo total de energía por unidad de área iluminada, lo que también señala una mayor eficiencia energética.

La luminaria ZAGONEL ZL 7807 muestra una mejor eficiencia energética en términos de Densidad de Potencia (Dp), mientras que la luminaria PHILIPS BGP293 T25 LED260-4S/740 presenta un menor Consumo Energético por Unidad de Área (De).

3.1.7. Selección de luminaria

De lo expuesto en la Tabla 4 y Tabla 5 se concluye que la luminaria que se adecua a las necesidades del proyecto es la luminaria PHILIPS BGP293 T25 LED260-4S/740.

3.2. Diseño y dimensionamiento eléctrico

3.2.1. Dimensionamiento del transformador TR-01

Se lleva a cabo el cálculo para determinar la potencia del transformador. Para ello, se obtiene la potencia total mediante la suma aritmética de las potencias de 116 luminarias de 145,5W, considerando el factor de potencia proporcionado por el fabricante del artefacto $(\cos\varphi = 0.99)$. A continuación, se presenta dicho cálculo.

$$S = \frac{P}{\cos\varphi} = \frac{16878W}{0{,}99} = 17048{,}48\,VA$$

Realizado el cálculo, se determina que la potencia aparente de la instalación general es de 17,048 kVA. Dado que no existe un transformador con esta potencia exacta en el mercado, se opta por el modelo inmediatamente superior, de 25 kVA.

3.2.1.1. Dimensionamiento de conductores para TR-01 (Ramal A)

Se trata que el transformador este en el centro de la extensión longitudinal de la línea de baja tensión para distribuir equitativamente la caída de tensión en dos circuitos trifásicos (cada circuito con 58 luminarias, totalizando 8439 W por circuito).

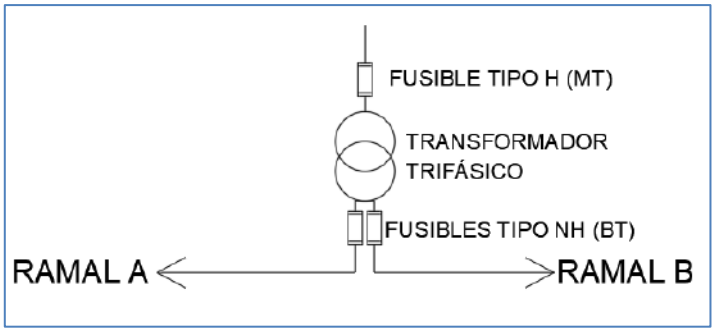


Figura 6. Unifilar de distribución en 2 circuitos ramales.

Se realiza el cálculo de sección de conductor teniendo en cuenta la caída de tensión máxima permisible de 10%, la longitud, la conductividad del conductor de Aluminio y la potencia. Empleado la siguiente formula:

$$S = \frac{K \times P \times L}{\rho \times U^2 \times e\%} = \frac{100 \times 8439W \times 1740m.}{38\frac{MS}{m} \times (380V)^2 \times 10\%} = 26{,}76 mm^2$$

Donde:

K= Constante (100 para circuitos trifásicos)

P= Potencia (de 58 luminarias por ramal de 145,5W)

L= Longitud del conductor = 1740 m. (58 luminarias cada 30m.)

ρ = Conductividad del conductor de Aluminio = 38 MS/m

U= Tensión= 380 V

Se adopta la sección inmediatamente superior que es de 4x35 mm^2. Se corrobora la caída de tensión con la nueva sección de conductor:

$$e\%calculada = \frac{K \times P \times L}{\rho \times U^2 \times S} = \frac{100 \times 8439W \times 1740m.}{38\frac{MS}{m} \times (380V)^2 \times 35\ mm^2} = 7.65\%$$

Se verifica la condición para un conductor de 35 mm^2:

$$e\%calculada < e\%máx$$

$$7.65\% < 10\%$$

Se calcula la corriente nominal de carga "Ic" por ramal

$$Ic = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi} = \frac{8439W}{\sqrt{3} * 380V * 0{,}99} = 12{,}95\ A$$

La corriente nominal de carga "Ic" del ramal es de **12,95 A**. Se selecciona un conductor preensamblado de Aluminio de 4x35 mm², con una capacidad de corriente de 100 A (según Catalogo INPACO), considerando el criterio de caída de tensión.

3.2.1.2. Dimensionamiento de protecciones para TR-01 (Ramal A)

La corriente nominal de carga "Ic" por circuito de baja tensión es de **12,95 A**. Para la protección en el lado de baja tensión, se seleccionan fusibles tipo NH de 25 Amperes. A continuación, se verifica el cumplimiento del criterio de corriente admisible.

$$Ic < I_P < I_{adm}$$
$$12{,}95\ A < 25\ A < 100\ A$$

3.2.1.3. Dimensionamiento de conductores para TR-01 (Ramal B)

Se trata que el transformador este en el centro de la extensión longitudinal de la línea de baja tensión para distribuir equitativamente la caída de tensión en dos circuitos trifásicos (cada circuito con 58 luminarias, totalizando 8439 W por circuito).
Se realiza el cálculo de sección de conductor teniendo en cuenta la caída de tensión máxima permisible de 10%, la longitud, la conductividad del conductor de Aluminio y la potencia. Empleado la siguiente formula:

$$S = \frac{K \times P \times L}{\rho \times U^2 \times e\%} = \frac{100 \times 8439W \times 1740m.}{38\frac{MS}{m} \times (380V)^2 \times 10\%} = 26{,}76 mm^2$$

Donde:
K= Constante (100 para circuitos trifásicos)
P= Potencia (de 58 luminarias por ramal de 145,5W)
L= Longitud del conductor = 1740 m. (58 luminarias cada 30m.)
ρ = Conductividad del conductor de Aluminio = 38 MS/m
U= Tensión= 380 V
Se adopta la sección inmediatamente superior que es de 4x35 mm^2. Se corrobora la caída de tensión con la nueva sección de conductor:

$$e\%calculada = \frac{K \times P \times L}{\rho \times U^2 \times S} = \frac{100 \times 8439W \times 1740m.}{38\frac{MS}{m} \times 380V^2 \times 35\ mm^2} = 7.65\%$$

Se verifica la condición para un conductor de 35 mm²:

$$\text{e\%calculada} < \text{e\%máx}$$

$$7.65\% < 10\%$$

Se calcula la corriente nominal de carga "Ic"

$$Ic = \frac{P}{\sqrt{3} * \text{V} * \cos\varphi} = \frac{8439\,W}{\sqrt{3} * 380V * 0{,}99} = 12{,}95\ \text{A}$$

La corriente nominal de carga "Ic" de la instalación es de **12,95 A**. Se selecciona un conductor preensamblado de Aluminio de 4x35 mm², con una capacidad de corriente de 100 A (según Catalogo INPACO), considerando el criterio de caída de tensión.

3.2.1.4. Dimensionamiento de protecciones para TR-01 (Ramal B)

La corriente nominal de carga "Ic" por circuito de baja tensión es de **12,95 A**. Para la protección en el lado de baja tensión, se seleccionan fusibles tipo NH de 25 Amperes. A continuación, se verifica el cumplimiento del criterio de corriente admisible.

$$Ic < I_P < I_{adm}$$

$$12{,}95\ A < 25\ A < 100\ A$$

3.2.2. Dimensionamiento del transformador TR-02

Se lleva a cabo el cálculo para determinar la potencia del transformador. Para ello, se obtiene la potencia total mediante la suma aritmética de las potencias de 116 luminarias de 145,5W, considerando el factor de potencia proporcionado por el fabricante del artefacto $(\cos\varphi = 0.99)$. A continuación, se presenta dicho cálculo.

$$S = \frac{P}{\cos\varphi} = \frac{16878W}{0{,}99} = 17048{,}48\ VA$$

Realizado el cálculo, se determina que la potencia aparente de la instalación general es de 17,048 kVA. Dado que no existe un transformador con esta potencia exacta en el mercado, se opta por el modelo inmediatamente superior, de 25 kVA.

3.2.2.1. Dimensionamiento de conductores para TR-02 (Ramal A)

Se trata que el transformador este en el centro de la extensión longitudinal de la línea de baja tensión para distribuir equitativamente la caída de tensión en dos circuitos trifásicos (cada circuito con 58 luminarias, totalizando 8439 W por circuito).

Se realiza el cálculo de sección de conductor teniendo en cuenta la caída de tensión máxima permisible de 10%, la longitud, la conductividad del conductor de Aluminio y la potencia. Empleado la siguiente formula:

$$S = \frac{K \times P \times L}{\rho \times U^2 \times e\%} = \frac{100 \times 8439W \times 1740m.}{38\frac{MS}{m} \times (380V)^2 \times 10\%} = 26{,}76 mm^2$$

Donde:

K= Constante (100 para circuitos trifásicos)

P= Potencia (de 58 luminarias por ramal de 145,5W)

L= Longitud del conductor = 1740 m. (58 luminarias cada 30m.)

ρ = Conductividad del conductor de Aluminio = 38 MS/m

U= Tensión= 380 V

Se adopta la sección inmediatamente superior que es de 4x35 mm^2. Se corrobora la caída de tensión con la nueva sección de conductor:

$$e\%calculada = \frac{K \times P \times L}{\rho \times U^2 \times S} = \frac{100 \times 8439W \times 1740m.}{38\frac{MS}{m} \times (380V)^2 \times 35\ mm^2} = 7.65\%$$

Se verifica la condición para un conductor de 35 mm^2:

$$e\%calculada < e\%máx$$

$$7.65\% < 10\%$$

Se calcula la corriente nominal de carga "Ic"

$$Ic = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi} = \frac{8439W}{\sqrt{3} * 380V * 0{,}99} = 12{,}95\ A$$

La corriente nominal de carga "Ic" de la instalación es de **12,95 A**. Se selecciona un conductor preensamblado de Aluminio de 4x35 mm², con una capacidad de corriente de 100 A (según Catalogo INPACO), considerando el criterio de caída de tensión.

3.2.2.2. Dimensionamiento de protecciones para TR-02 (Ramal A)

La corriente nominal de carga "Ic" por circuito de baja tensión es de **12,95 A**. Para la protección en el lado de baja tensión, se seleccionan fusibles tipo NH de 25 Amperes. A continuación, se verifica el cumplimiento del criterio de corriente admisible.

$$Ic < I_P < I_{adm}$$

$$12{,}95\ A < 25\ A < 100\ A$$

3.2.2.3. Dimensionamiento de conductores para TR-02 (Ramal B)

Se trata que el transformador este en el centro de la extensión longitudinal de la línea de baja tensión para distribuir equitativamente la caída de tensión en dos circuitos trifásicos (cada circuito con 59 luminarias, totalizando 8584,5 W por circuito).

Se realiza el cálculo de sección de conductor teniendo en cuenta la caída de tensión máxima permisible de 10%, la longitud, la conductividad del conductor de Aluminio y la potencia. Empleado la siguiente formula:

$$\mathrm{S} = \frac{\mathrm{K} \times \mathrm{P} \times \mathrm{L}}{\rho \times \mathrm{U}^2 \times \mathrm{e}\%} = \frac{100 \times 8584{,}5\ \mathrm{W} \times 1740\mathrm{m}.}{38\frac{MS}{m} \times (380\mathrm{V})^2 \times 10\%} = 27{,}22 mm^2$$

Donde:

K= Constante (100 para circuitos trifásicos)

P= Potencia (de 59 luminarias por ramal de 145,5W)

L= Longitud del conductor = 1740 m. (58 luminarias cada 30m.)

ρ = Conductividad del conductor de Aluminio = 38 MS/m

U= Tensión= 380 V

Se adopta la sección inmediatamente superior que es de 4x35 mm^2. Se corrobora la caída de tensión con la nueva sección de conductor:

$$\mathrm{e\%calculada} = \frac{\mathrm{K} \times \mathrm{P} \times \mathrm{L}}{\rho \times \mathrm{U}^2 \times \mathrm{S}} = \frac{100 \times 8584{,}5\ \mathrm{W} \times 1740\mathrm{m}.}{38\frac{MS}{m} \times (380\mathrm{V})^2 \times 35\ mm^2} = 7.78\%$$

Se verifica la condición para un conductor de 35 mm^2:

$$\mathrm{e\%calculada} < \mathrm{e\%máx}$$

$$7.78\% < 10\%$$

Se calcula la corriente nominal de carga "Ic"

$$Ic = \frac{P}{\sqrt{3} * \mathrm{V} * \cos\varphi} = \frac{8584{,}5\,W}{\sqrt{3} * 380V * 0{,}99} = 13{,}17\ \mathrm{A}$$

La corriente nominal de carga "Ic" de la instalación es de **13,17 A**. Se selecciona un conductor preensamblado de Aluminio de 4x35 mm², con una capacidad de corriente de 100 A (según Catalogo INPACO), considerando el criterio de caída de tensión.

3.2.3. Dimensionamiento de protecciones para TR-02 (Ramal B)

La corriente nominal de carga "Ic" por circuito de baja tensión es de **13,17 A**. Para la protección en el lado de baja tensión, se seleccionan fusibles tipo NH de 25 Amperes. A continuación, se verifica el cumplimiento del criterio de corriente admisible.

$$Ic < I_P < I_{adm}$$
$$13{,}17\ A < 25\ A < 100\ A$$

3.2.5. Puesta a tierra

Para la instalación de la puesta a tierra, se sigue lo establecido en el *Manual de Procedimientos para la Elaboración de Proyectos de Líneas de Distribución de Media y Baja Tensión* de la ANDE [7]. Según este documento, la puesta a tierra debe colocarse cada 200 metros, así como en los dos postes adyacentes a un puesto de distribución.
Además el valor de la resistencia deberá ser de 10 Ω según Reglamento de BT.

3.2.6. Riendas

Las riendas anulan el esfuerzo resultante de la tracción generada por los conductores en el momento del tensado y durante su vida útil. Las riendas a utilizarse deberán estar aisladas de su contacto a tierra mediante aisladores [7].
Se proyectan para casos de terminales de líneas como se muestra el la Figura 7 y en derivaciones de postes existentes.

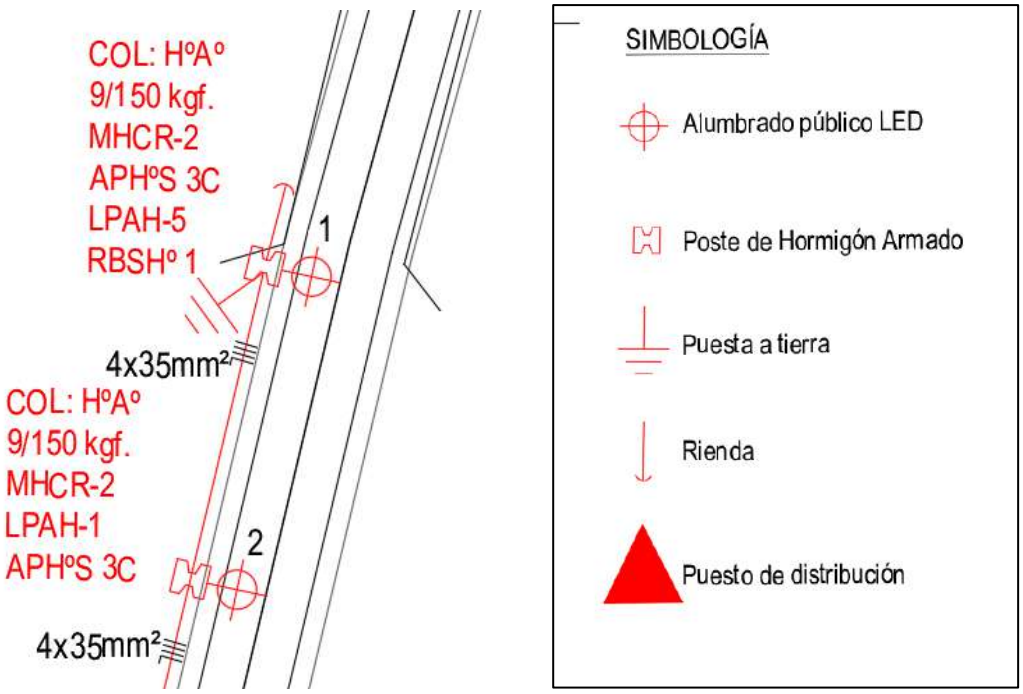


Figura 7. Simbología de un poste con Alumbrado público, puesta tierra y rienda.

La Figura 7 muestra un poste de Hormigón Armado 9/150 kgr. terminal de línea (LPAH-5) con cimentación reforzada (MHCR-2), Rienda Simple (RBSHº1), correspondiente a la luminaria de 145,5W número 211 en un brazo tipo 3 (APHºS 3C).

3.3. Presupuesto del proyecto de iluminación

En la Tabla 6 se presenta el resumen de costos del proyecto de iluminación vial proyecto de sistema de iluminación diseñado teniendo en cuenta los materiales y mano de obra totalizando la suma de 2.028.338.335 Gs.

Tabla 6. Resumen de costos del proyecto de iluminación vial.

Recursos	**Costo (Gs.)**
Costo de materiales	1.783.455.335
Costo de montaje e instalación	244.883.000
Total (Gs.)	2.028.338.335
Total (USD)	256.265

En la Tabla 7 se presenta el presupuesto de lista de materiales necesarios para implementar el proyecto de iluminación, teniendo en cuenta los artefactos de iluminación con sus correspondientes estructuras de baja tensión, conductores eléctricos y puestos de distribución. El costo de cada estructura se detalla en el ANEXO 5.

Tabla 7. Resumen de costo de materiales eléctricos

Cantidad	**Descripción**	**Precio Unit. (Gs.)**	**Precio Total (Gs.)**
233	Columna de Hormigón Armado 9/150 kgf	800.000	186.400.000
233	Artefacto de Iluminación PHILPS Led de 145,5W	5.046.214	1.175.767.862
7600	Cable preensamblado AL 4x35mm^2	33.850	257.260.000
227	LPAH-1 Línea preensamblado estructura de baja tensión	50.050	11.361.350
4	LPAH-5 Anclaje Terminal	43.050	172.200
2	LPAH-6 Anclaje a paso recta	58.480	116.960
233	MHCR-2 Cimentación reforzada tipo 2 para poste HºAº	69.616	16.220.528
4	RBSH-1 Rienda de baja tensión simple	161.991	647.964
233	APHºS 3C Alumbrado público tipo cerrado en poste de HºAº con brazo tipo 3 HºAº con brazo tipo 3	373.703	87.072.799
2	Puesto de distribución 25KVA	15.800.000	31.600.000
52	Puesta tierra	221.686	11.527.672
2	MTHHº 7 Derivación	2.654.000	5.308.000
	Precio Total (Gs.)		**1.783.455.335**

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para el diseño del proyecto, se recopilaron datos mediante mediciones en campo y la importación de información topográfica del trazado vial utilizando el software QGIS. Se establecieron los criterios y normas técnicas de iluminación, comparando las normativas EN 13201:2015, EN 13201:2004 y ROVL 2011, identificando sus diferencias y ventajas. Finalmente, se adoptó la norma EN 13201:2015 por ser la versión más actualizada en estándares de diseño lumínico.

Se evaluaron dos luminarias LED, la luminaria PHILIPS BGP293 de 145,5 W y la luminaria Zagonel 170W ZL-7807 seleccionándose la primera mencionada por ser la más adecuada para el proyecto. Posteriormente, se realizaron cálculos luminotécnicos en Dialux evo 13, determinando la necesidad de 233 luminarias de 145,5W a 8,5 metros de altura, con vanos de 30 metros, para cumplir con una luminancia media mínima de 1 cd/m² según la norma adoptada. Además, se incluyeron 2 transformadores trifásicos de 23kV/380V 25 kVA para la alimentación eléctrica del sistema, cada transformador alimenta 117 luminarias como máximo.

Se opta por líneas preensambladas de aluminio para la alimentación en baja tensión debido a su menor costo de instalación y transporte, gracias a su ligereza y facilidad de manipulación. Aunque su conductividad es inferior a la del cobre, es adecuada para baja tensión. Además, su resistencia a la corrosión, flexibilidad, durabilidad y bajo mantenimiento lo hacen ideal para las condiciones ambientales locales. Su capacidad de autoporte permite reducir estructuras de soporte.

Se elaboraron los planos del proyecto en AutoCAD, siguiendo el Reglamento de Baja y Media Tensión y el Manual de Procedimientos para la Elaboración de Proyectos de Líneas de Distribución de Media y Baja Tensión de la ANDE.

Se realizó el presupuesto del proyecto incluyendo materiales y mano de obra totalizando la suma de 2.028.338.335 Gs.

Se recomienda a la INTN la creación de una norma técnica aplicable a nivel nacional en cuanto a iluminación vial.

Se recomienda a los alumnos un estudio considerando el uso de sensores y sistemas de control que adapten la iluminación a las condiciones del tráfico en tiempo real.

5. BIBLIOGRAFÍA

[1] C. G. Cevallos Carvajal, Evaluación de la eficiencia del alumbrado público del centro histórico de la ciudad de Latacunga año 2013. Diseño y evaluación de un sistema de gestión para mejorar la eficiencia energética del sistema de alumbrado público de la Empresa Eléctrica Cotopaxi, 2013.

[2] J. S. Cartagena Guayara, DISEÑO DE ILUMINACIÓN DEL ALUMBRADO PÚBLICO EN LA VÍA PRINCIPAL DEL MUNICIPIO DE EL ESPINAL – TOLIMA, Bogotá, 2024.

[3] C. A. Portillo Viana and J. O. Barberán Sanabria, DISEÑO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA E ILUMINACIÓN PÚBLICA PARA EL PROYECTO DE LAS AMPLIACIONES DE LAS RUTAS PY-02 Y PY-08 EN LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO DEL DPTO. DE CAAGUAZÚ., Coronel Oviedo: FCyT, 2021.

[4] P. D. Mendoza Vera, Elaboración del proyecto del sistema de iluminación de la RUTA Internacional Nº8 desde la avenida ITAPUA hasta el desvío La Pastora del distrito de Coronel Oviedo, ubicado en el Dpto. de Caaguazú, Coronel Oviedo, 2023.

[5] OxyTech, EN 13201:2015. La nueva norma de iluminación de carreteras, Cornaredo, 2015.

[6] ANDE, Especificaciones técnicas de la ANDE EE.TT. 07.61.19 - Brazos para artefactos de alumbrado público., Asunción, 2016.

[7] ANDE, MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA LA ELABORACIÓN DE PROYECTOS DE LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN DE LA ANDE, Asunción, 2016.

[8] ANDE, Reglamento para Instalaciones de Baja Tensión, Asunción, 1971.

ANEXOS

ANEXO 1

Luminarias

Alternativa 1: PHILIPS 145.5 W BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG

PHILIPS
Lighting

UniStreet gen2

Product Family Name - BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG

Configuration ID - BGP283I-f3745100-222e-496b-81e1-e1a050b37551

Introduction

Designed for large-scale ledification projects, the UniStreet gen2 is the ideal 1:1 luminaire replacement for municipalities. Thanks to its high efficiency and low initial cost, the UniStreet gen2 luminaire enables a fast payback and significant savings in terms of energy consumption within a short period of time. The ease of installation and maintenance is enabled by the Philips Service tag and the Philips SR (System Ready) socket makes it future-ready and you can pair this luminaire with lighting control and software applications such as Interact City. Available with a number of different optics and lumen packages that can even be tuned further to fit exact project requirements, UniStreet gen2 is a true point-to-point replacement solution for conventional light sources. The compact luminaire, using high-quality materials is also easy to dismantle and recycle at the end of its lifetime.

Light technical report

Drivers	
Input voltage	220-240V
Initial input power *	145.46 W
Initial LED luminaire efficacy (system) *	139.55 lm/W
Optics	
Optical configuration	DS50
LOR	0.78
CIE code	18 48 95 100 100
Beam spread	154° x 155°
Light engine	
Light source color	740 - Neutral White 4000K
Init. Color Rendering Index	70
Init. Corr. Color Temperature	4000 K
Initial luminous flux (system flux) *	20299 lm

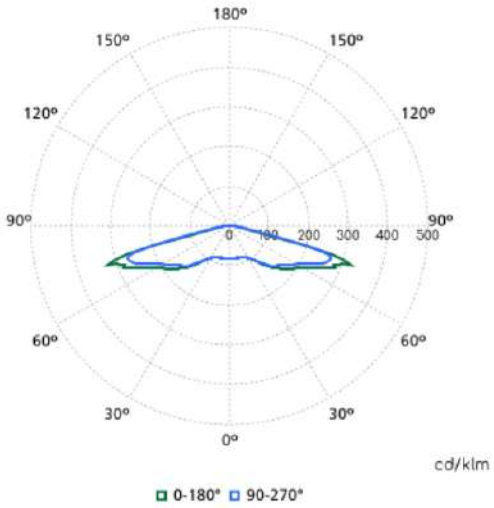
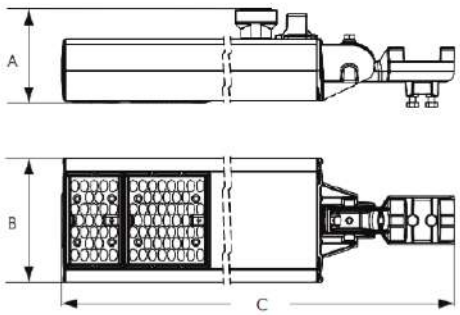


Figura 8.Curva fotométrica Luminaria PHILIPS BGP293.

Alternativa 2: Zagonel 170W ZL-7807

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				
Potência Nominal	130W	170W	180W	250W
Modelo	ZL-7806	ZL-7807	ZL-7808	ZL-7809
Temperatura de Cor (CCT) (-5%)	5.000K	5.000K	5.000K	5.000K
Fluxo Luminoso Efetivo (Lumens)(-10%)	18.850lm	24.650lm	26.100lm	35.000lm
Eficácia Luminosa (-10%)	145lm/W	145lm/W	145lm/W	140lm/W
Fluxo Luminoso do LED (@Tj=25°C) (-10%)	22.050lm	28.840lm	30.537lm	40.950lm
Corrente de Entrada (Driver) (127V / 220V)	1.025mA-127V | 590mA-220V	1.338mA-127V | 772mA-220V	1.480mA-127V | 868mA-220V	1.338mA-127V | 772mA-220V
Tensão de Alimentação (Driver)	100-250 Vac | 50-60 Hz			
Fator de Potência (FP)	>0,99			
Proteção	10kV / 12kA			
Distorção Harmônica de Corrente (ATHD)	<10%			
Classe de Isolação Elétrica**	Classe 1			
Fonte de Luz	LED SMD (Surface Mounted Device)			
Índice de Reprodução de Cor (CRI)	70			
Vida Útil do LED (reportada TM-21-11)	L70 | 90.000hs			
Vida Útil do LED (projetada TM-21-11)***	L70 | 95.000hs			
Ângulo de Radiação Luminosa	80° x 150° (Tipo II - Média)			
Lente*	Policarbonato			
Sistema de Fixação para Postes****	Suporte p/ tubo P ou G c/ ajuste de ângulo -20° +20°			
Estrutura Principal Dissipador	Alumínio			
Proteção Contra Impacto	IK 10			
Garantia	5 Anos (contra defeitos de fabricação)			
Grau de Proteção	IP 67 (driver e conjunto óptico) IP 44 (alojamento do driver)			
Temperatura Ambiente de Operação (Ta)	-30°C à 50°C			
Peso do Produto (aproximado)	4kg	5kg		8,150kg
Dimerização	0-10V			
Modelo de tomada base fotocélula	7 segmentos			



Potências	A	B	C
30W	145mm	194mm	341mm
50W	145mm	194mm	341mm
60W	145mm	194mm	341mm
72W	145mm	194mm	389mm
100W	145mm	194mm	510mm
114W	145mm	194mm	510mm
130W	145mm	194mm	510mm
170W	145mm	194mm	654mm
180W	145mm	194mm	654mm
250W	145mm	194mm	822mm

Curva fotométrica da lente

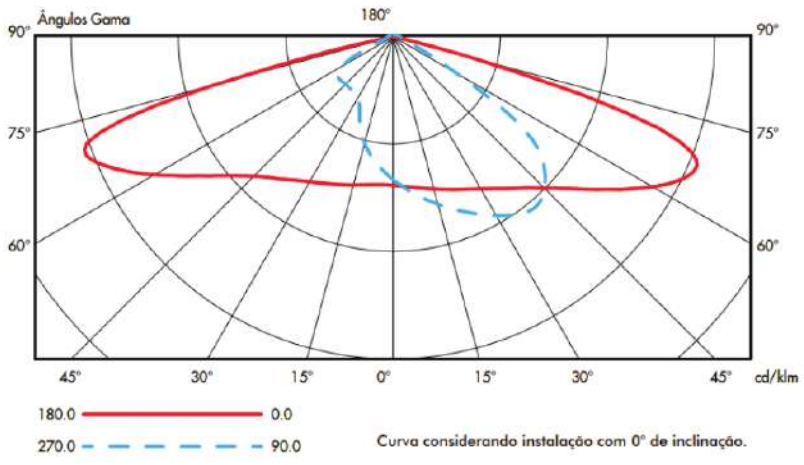


Figura 9. Dimensiones y curva fotométrica de la luminaria Zagonel ZL-7807.

ANEXO 2

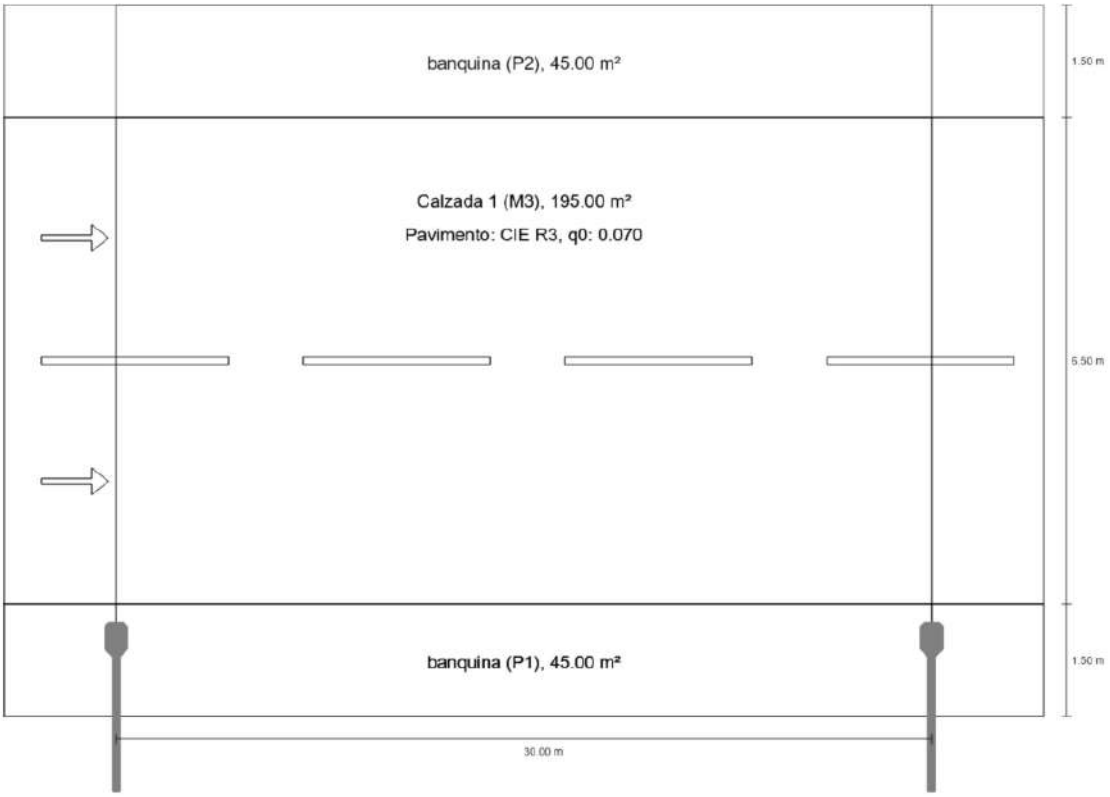
Resultados de cálculo luminotécnico en Dialux

Alternativa 1: PHILIPS 145.5 W BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG

Disposición de luminarias

Calle 1

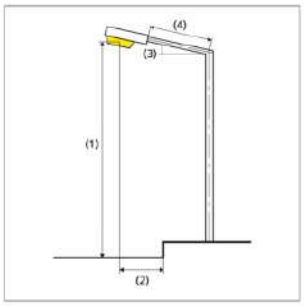
Resumen (hacia EN 13201:2015)



Resumen (hacia EN 13201:2015)

BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG (unilateral abajo)

Distancia entre mástiles	30.000 m
(1) Altura de punto de luz	8.500 m
(2) Saliente del punto de luz	-0.500 m
(3) Inclinación del brazo	5.0°
(4) Longitud del brazo	2.000 m
Horas de trabajo anuales	4000 h: 100.0 %, 145.5 W
Vatios / recorrido	4800.2 W/km
ULR / ULOR	0.00 / 0.00
Intensidad lumínica máx Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).	≥ 70°: 383 cd/klm ≥ 80°: 276 cd/klm ≥ 90°: 1.37 cd/klm
Clase de potencia lumínica Los valores de intensidad lumínica en [cd/klm] para el cálculo de la clase de potencia lumínica se refieren al flujo luminoso de luminaria conforme a EN 13201:2015.	–
Clase de índice de deslumbramiento	D.5
MF	0.67



Resultados para campos de evaluación

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

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
banquina	E_m	10.39 lx	[10.00 - 15.00] lx	✓
	E_{min}	7.90 lx	≥ 2.00 lx	✓
Calzada 1 (M3)	L_m	1.00 cd/m²	≥ 1.00 cd/m²	✓
	U_o	0.51	≥ 0.40	✓
	U_l	0.70	≥ 0.60	✓
	TI	15 %	≤ 15 %	✓
	R_{EI}(1)	0.84	–	
banquina	E_m	15.21 lx	[15.00 - 22.50] lx	✓
	E_{min}	10.98 lx	≥ 3.00 lx	✓

(1) Informativo, no es parte de la evaluación

Resultados para indicadores de eficiencia energética

	Tamaño	Calculado	Consumo de energía
Calle 1	D_p	0.040 W/lx*m²	–
BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG (unilateral abajo)	D_e	2.0 kWh/m² año	581.8 kWh/año
BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG (Iluminación de carreteras)	IPEA*	A4+ (1.55)	–
BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG (unilateral abajo - Iluminación de carreteras)	IPEI*	B (0.99)	–

Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Calzada 1 (M3)	L_m	1.00 cd/m²	≥ 1.00 cd/m²	✓
	U_o	0.51	≥ 0.40	✓
	U_l	0.70	≥ 0.60	✓
	TI	15 %	≤ 15 %	✓
	R_{EI}(1)	0.84	–	

Resultados para observador

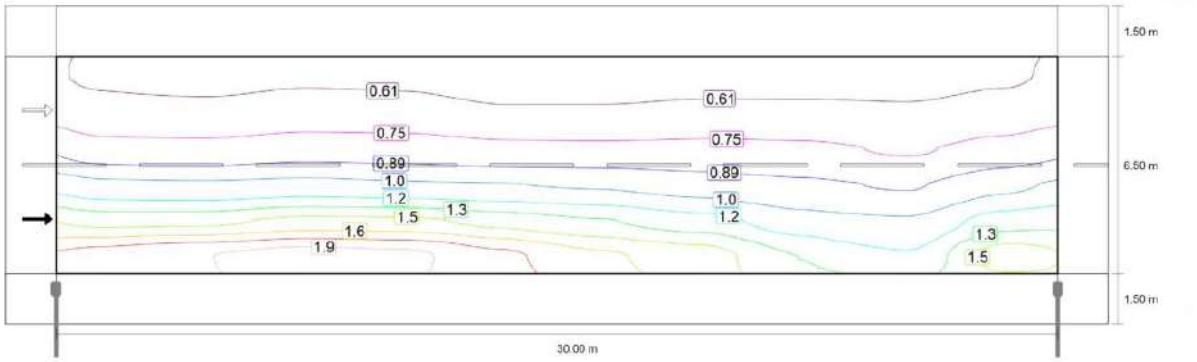
	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Observador 1 Posición: -60.000 m, 3.125 m, 1.500 m	L_m	1.00 cd/m²	≥ 1.00 cd/m²	✓
	U_o	0.54	≥ 0.40	✓
	U_l	0.70	≥ 0.60	✓
	TI	15 %	≤ 15 %	✓
Observador 2 Posición: -60.000 m, 6.375 m, 1.500 m	L_m	1.11 cd/m²	≥ 1.00 cd/m²	✓
	U_o	0.51	≥ 0.40	✓
	U_l	0.88	≥ 0.60	✓
	TI	9 %	≤ 15 %	✓

(1) Informativo, no es parte de la evaluación

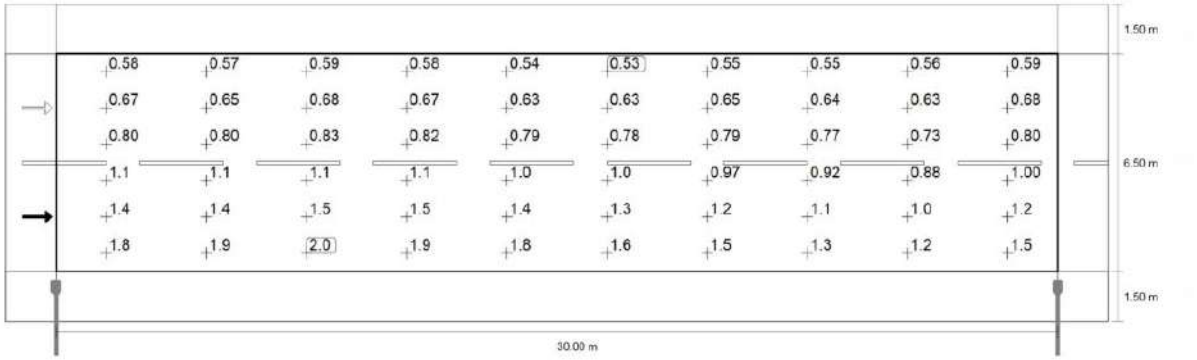
Líneas Isolux y tabla de valores

Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	U_o (g_1)	g_2
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	12.9 lx	8.49 lx	20.0 lx	0.66	0.43



Observador 1: Valor de mantenimiento luminancia en calzada seca [cd/m²] (Líneas Isolux)



Observador 1: Valor de mantenimiento luminancia en calzada seca [cd/m²] (Sistema de valores)

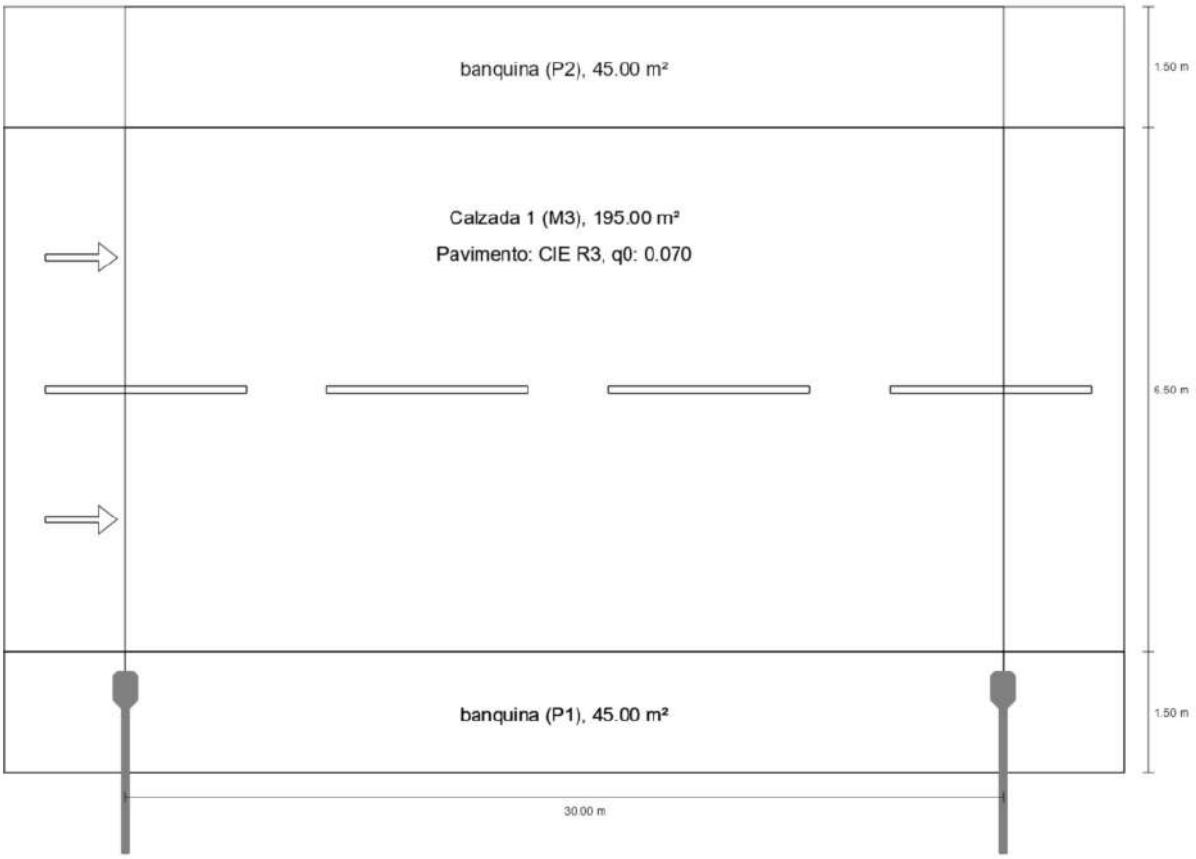
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500
7.458	0.58	0.57	0.59	0.58	0.54	0.53	0.55	0.55	0.56	0.59
6.375	0.67	0.65	0.68	0.67	0.63	0.63	0.65	0.64	0.63	0.68

Alternativa 2: Zagonel 170W ZL-7807

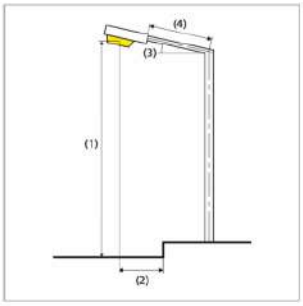
Disposición de luminarias

Calle 1

Resumen (hacia EN 13201:2015)



APARELHO DE ILUMINACAO DE LED PUBLICA 170W 5000K SMD ZL 7807 80° X 150° REV01 (unilateral abajo)



Distancia entre mástiles	30.000 m
(1) Altura de punto de luz	8.500 m
(2) Saliente del punto de luz	-0.500 m
(3) Inclinación del brazo	5.0°
(4) Longitud del brazo	2.000 m
Horas de trabajo anuales	4000 h: 100.0 %, 170.3 W
Vatios / recorrido	5619.9 W/km
ULR / ULOR	0.00 / 0.00
Intensidad lumínica máx Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).	≥ 70°: 611 cd/klm ≥ 80°: 186 cd/klm ≥ 90°: 12.4 cd/klm
Clase de potencia lumínica Los valores de intensidad lumínica en [cd/klm] para el cálculo de la clase de potencia luminica se refieren al flujo luminoso de luminaria conforme a EN 13201:2015.	G*1
Clase de índice de deslumbramiento	D.3
MF	0.67

Resultados para campo de evaluación

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

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
banquina	E_m	14.32 lx	[10.00 - 15.00] lx	✓
	E_{min}	2.99 lx	≥ 2.00 lx	✓
Calzada 1 (M3)	L_m	0.76 cd/m²	≥ 1.00 cd/m²	✗
	U_o	0.32	≥ 0.40	✗
	U_l	0.29	≥ 0.60	✗
	TI	3 %	≤ 15 %	✓
	R_{EI}(1)	0.74	-	
banquina	E_m	23.66 lx	[15.00 - 22.50] lx	✗
	E_{min}	3.53 lx	≥ 3.00 lx	✓

(1) Informativo, no es parte de la evaluación

Resultados para indicadores de eficiencia energética

	Tamaño	Calculado	Consumo de energía
Calle 1	D_p	0.031 W/lx*m²	-
APARELHO DE ILUMINACAO DE LED PUBLICA 170W 5000K SMD ZL 7807 80° X 150° REV01 (unilateral abajo)	D_e	2.4 kWh/m² año	681.2 kWh/año

Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Calzada 1 (M3)	L_m	0.76 cd/m²	≥ 1.00 cd/m²	✗
	U_o	0.32	≥ 0.40	✗
	U_l	0.29	≥ 0.60	✗
	TI	3 %	≤ 15 %	✓
	R_{EI}(1)	0.74	–	

Resultados para observador

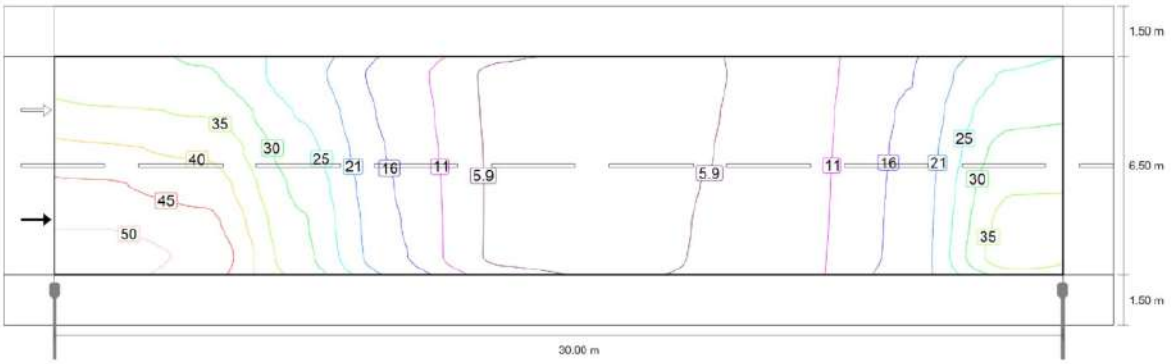
	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Observador 1 Posición: -60.000 m, 3.125 m, 1.500 m	L_m	0.76 cd/m²	≥ 1.00 cd/m²	✗
	U_o	0.32	≥ 0.40	✗
	U_l	0.33	≥ 0.60	✗
	TI	3 %	≤ 15 %	✓
Observador 2 Posición: -60.000 m, 6.375 m, 1.500 m	L_m	0.79 cd/m²	≥ 1.00 cd/m²	✗
	U_o	0.34	≥ 0.40	✗
	U_l	0.29	≥ 0.60	✗
	TI	2 %	≤ 15 %	✓

(1) Informativo, no es parte de la evaluación

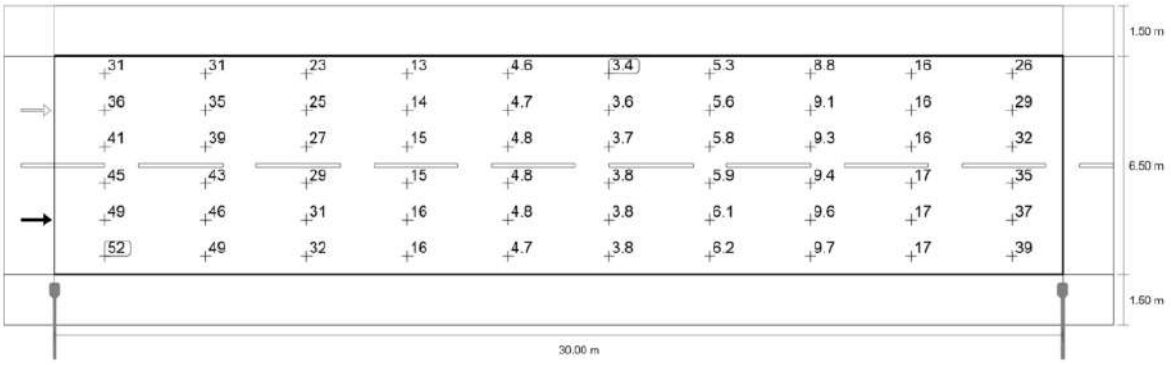
Líneas Isolux y tabla de valores

Calle 1

Calzada 1 (M3)



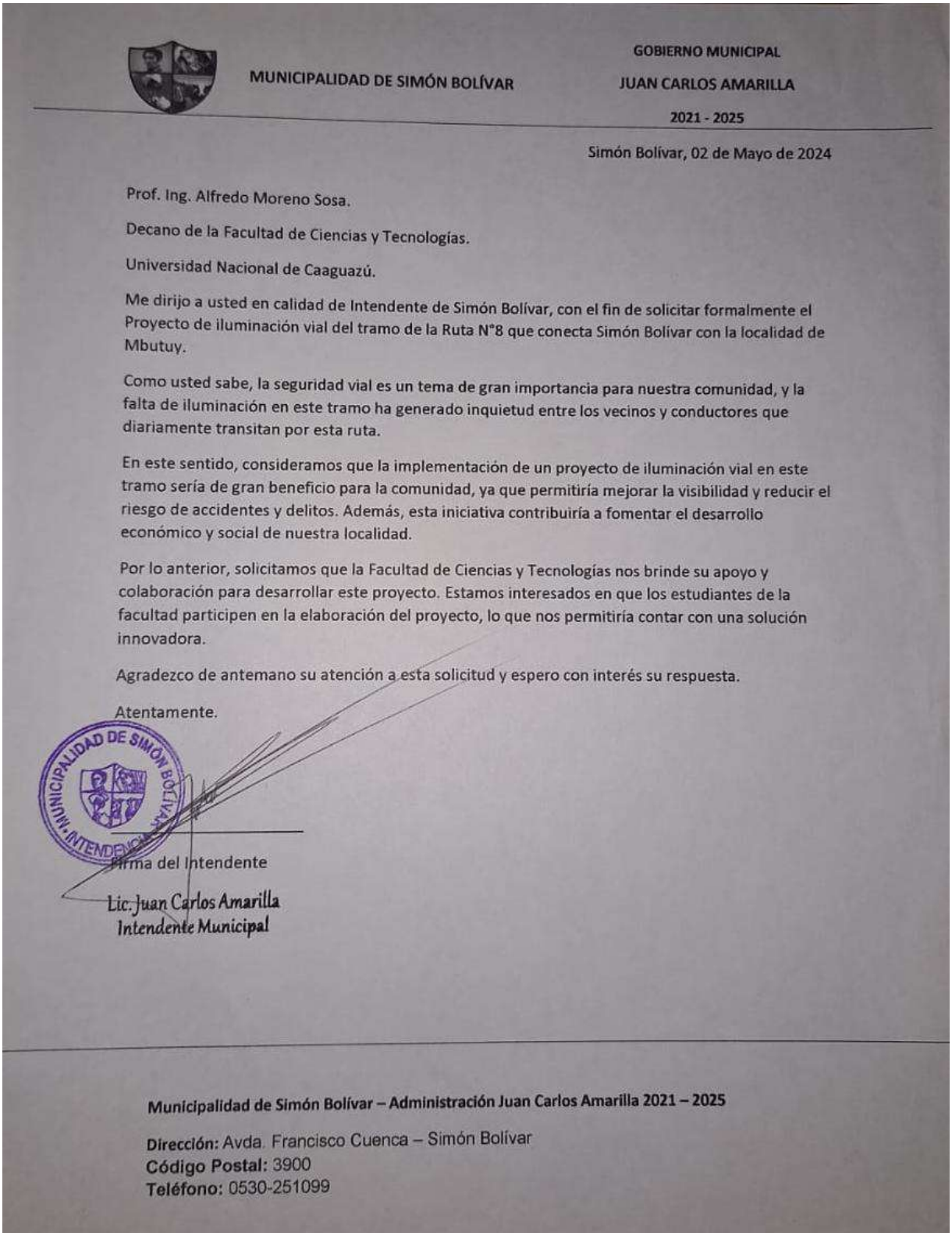
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500
7.458	31.41	30.77	22.68	12.92	4.63	3.43	5.31	8.83	15.51	25.92
6.375	35.89	34.94	24.95	13.74	4.69	3.61	5.56	9.11	16.03	29.01
5.292	40.65	39.38	27.10	14.54	4.81	3.73	5.76	9.30	16.35	32.07
4.208	45.42	42.89	29.06	15.14	4.84	3.79	5.94	9.45	16.51	34.81
3.125	49.34	46.32	30.55	15.51	4.80	3.81	6.08	9.57	16.76	36.95
2.042	52.25	48.85	31.63	15.72	4.70	3.79	6.19	9.73	16.87	38.64

ANEXO 3



MUNICIPALIDAD DE SIMÓN BOLÍVAR

GOBIERNO MUNICIPAL
JUAN CARLOS AMARILLA
2021 - 2025

Simón Bolívar, 02 de Mayo de 2024

Prof. Ing. Alfredo Moreno Sosa.

Decano de la Facultad de Ciencias y Tecnologías.

Universidad Nacional de Caaguazú.

Me dirijo a usted en calidad de Intendente de Simón Bolívar, con el fin de solicitar formalmente el Proyecto de iluminación vial del tramo de la Ruta N°8 que conecta Simón Bolívar con la localidad de Mbutuy.

Como usted sabe, la seguridad vial es un tema de gran importancia para nuestra comunidad, y la falta de iluminación en este tramo ha generado inquietud entre los vecinos y conductores que diariamente transitan por esta ruta.

En este sentido, consideramos que la implementación de un proyecto de iluminación vial en este tramo sería de gran beneficio para la comunidad, ya que permitiría mejorar la visibilidad y reducir el riesgo de accidentes y delitos. Además, esta iniciativa contribuiría a fomentar el desarrollo económico y social de nuestra localidad.

Por lo anterior, solicitamos que la Facultad de Ciencias y Tecnologías nos brinde su apoyo y colaboración para desarrollar este proyecto. Estamos interesados en que los estudiantes de la facultad participen en la elaboración del proyecto, lo que nos permitiría contar con una solución innovadora.

Agradezco de antemano su atención a esta solicitud y espero con interés su respuesta.

Atentamente.

MUNICIPALIDAD DE SIMÓN BOLÍVAR INTENDENCIA

Firma del Intendente

Lic. Juan Carlos Amarilla
Intendente Municipal

Municipalidad de Simón Bolívar – Administración Juan Carlos Amarilla 2021 – 2025

Dirección: Avda. Francisco Cuenca – Simón Bolívar
Código Postal: 3900
Teléfono: 0530-251099

Figura 10. Solicitud de proyecto de iluminación por parte de la Municipalidad de Simón Bolívar.

ANEXO 4

Costos por tipo de estructura de Baja Tensión

Cant.	**LPAH-1 Línea preensamblada estructura de baja tensión**	Precio (Gs.)
1	Arandela cuadrada de 2"x2" 11/16" AC-5	3.600
1	Conjunto de suspensión para línea preensamblado Baja Tensión	14.200
1	Gancho de suspensión	7.000
1	Perno anclaje con ojal de 5/8" x 8"	25.250
	Precio Total (Gs.)	50.050

Cant.	**LPAH-5 Anclaje Terminal**	Precio (Gs.)
1	Arandela cuadrada de 2"x2" 11/16" AC-5	3.600
1	Conjunto de retención para línea preensamblado Baja Tensión	14.200
1	Perno anclaje con ojal de 5/8" x 8"	25.250
	Precio Total (Gs.)	43.050

Cant.	**LPAH-6 Anclaje a paso recta**	Precio (Gs.)
1	Arandela cuadrada de 2"x2" 11/16" AC-5	3.600
2	Conjunto de retención para línea preensamblado Baja Tensión	14.200
1	Perno anclaje con ojal de 5/8" x 8"	25.250
1	Tuerca ojal de 5/8"	15.430
	Precio Total (Gs.)	58.480

Cant.	**MHCR-2 Cimentación reforzada tipo 2 para poste HºAº**	Precio (Gs.)
0,4	Concreto	174.039
	Precio Total (Gs.)	69.616

Cant.	**RBSH-1 Rienda de baja tensión simple**	Precio (Gs.)
1	Aislador para rienda Baja Tensión	15.150
4	Alambre preformado para CABO AC. 3/8"	20.235
1	Peno anclaje con ojal	21.420
10	Cabo de acero 3/8" T.2 para mensaje y rienda	30.686
2	Guarda cabo para cabo de acero de 3/4"	4.500
1	Tronco anclaje 0,20 M X 1,20 M TIPO TA 2	30.000
1	Varilla anclaje VA 2 5/8" X 2,10M.	40.000
	Precio Total (Gs.)	161.991

Cant.	**APHºS 3C Alumbrado público tipo cerrado en poste de HºAº con brazo tipo 3**	Precio (Gs.)

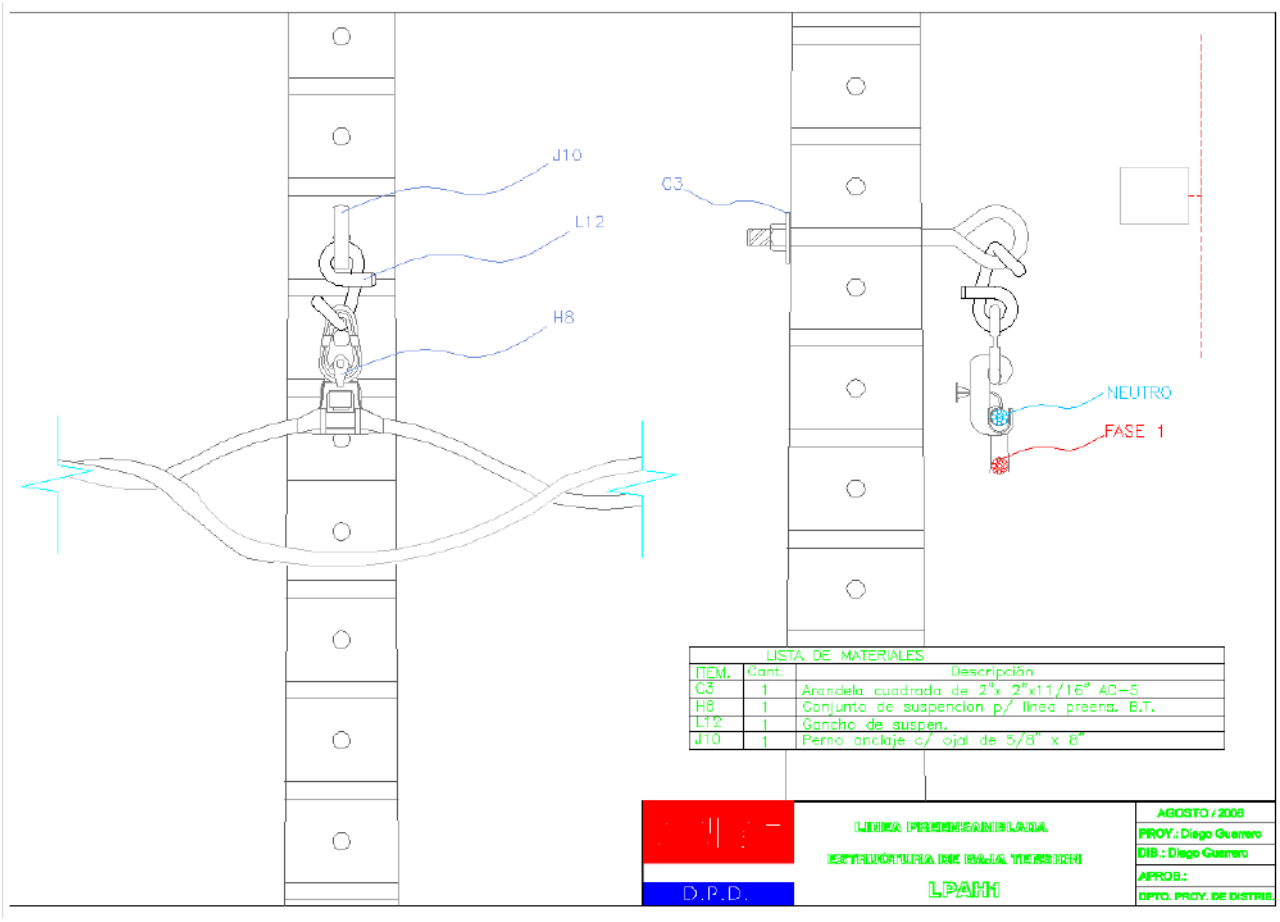
1	Brazo para caño galvanizado2'' tipo 3	35.000
1	Bulón de 5/8'' x 6 1/2"	5.100
10	Cable aislado Cu 2mm^2	9.000
2	Conector Dentado 10-95/1,5-10 mm^2	14.000
1	Porta fusible aéreo 10 A para B.T.	250.000
1	Llave control Fotoeléctrico para B.T.	60.603
	Precio Total (Gs.)	373.703

Cant.	**Puesta tierra**	Precio (Gs.)
1	Jabalina de cobre 5/8'' 3m	69.950
9	Conductor de Cu desnudo de 10mm^2	130.986
2	Abrazadera para Jabalina U	20.750
	Precio Total (Gs.)	221.686

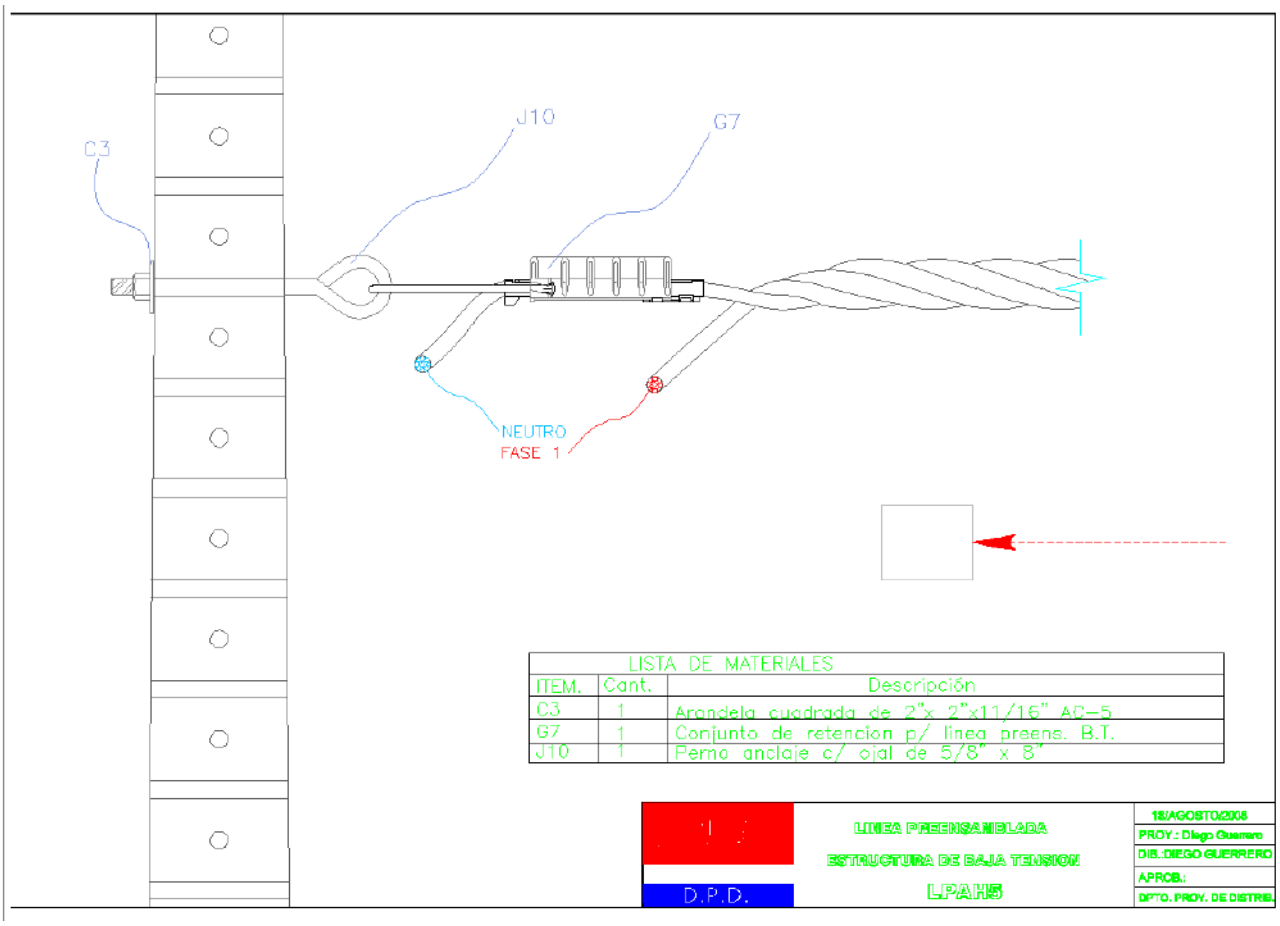
Cant.	**MTHHº 7 Derivación**	Precio (Gs.)
9	Aislador polimérico	1.260.000
16	Arandela cuadrada 2"x2"	58.000
2	Arandela presión 1/2"	10.000
8	Arandela Lisa 5/8"	29.000
2	Bulón 1/2" 2 1/2"	28.000
4	Bulón 5/8" 4"	56.000
2	Cruceta polimérica	723.000
8	Conector a compresión	96.000
4	Guarda cabo	32.000
4	Mano francesa	118.000
4	Perno Separador 5/8" x 16"	120.000
4	Alambre preformado de retención	94.000
4	Tuerca Ojal 5/8"	20.000
2	Abrazaderas	10.000
	Precio Total (Gs.)	2.654.000

ANEXO 5

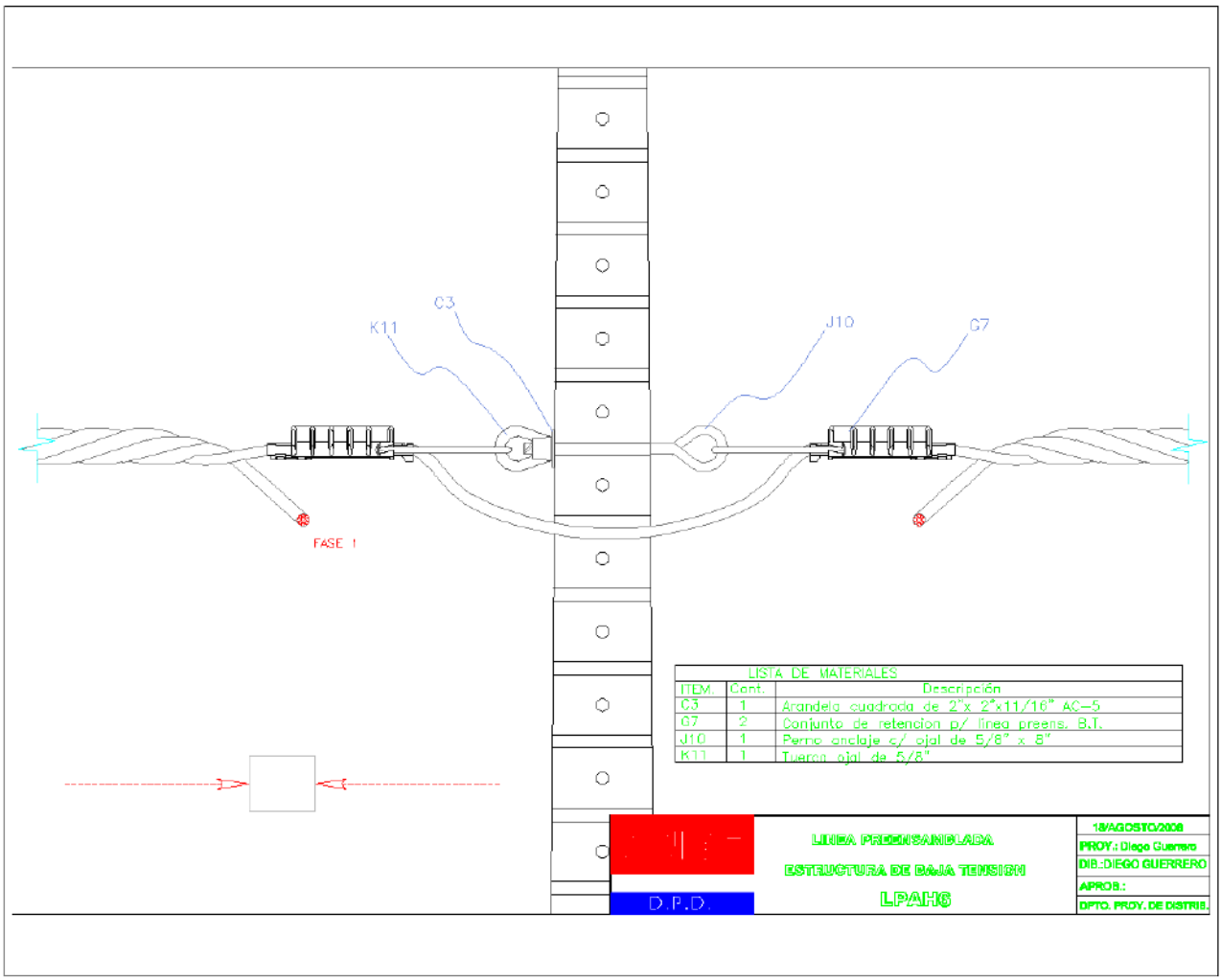
LPAH-1 (Estructura de suspensión)



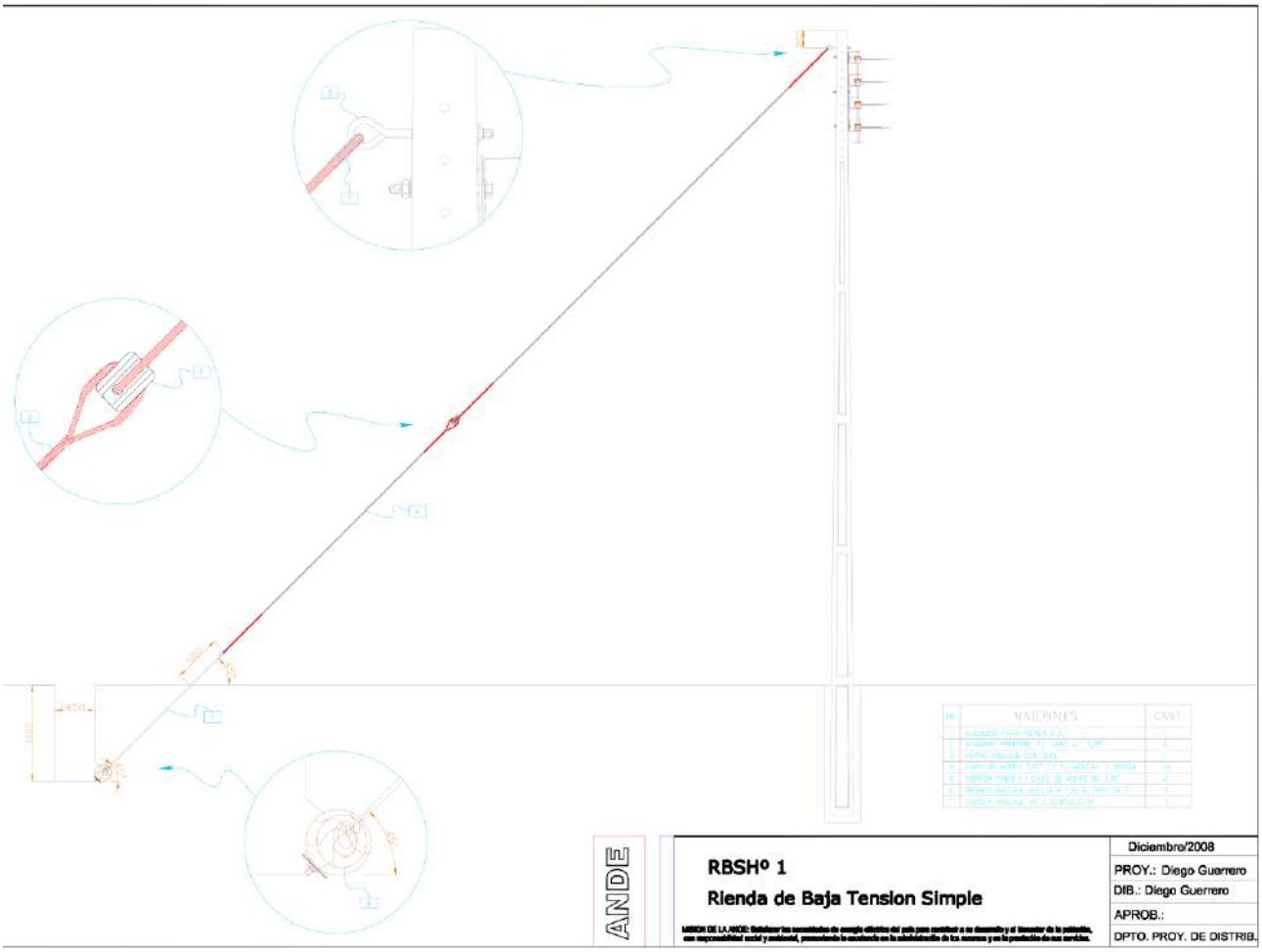
LPAH-5 (Anclaje Terminal)



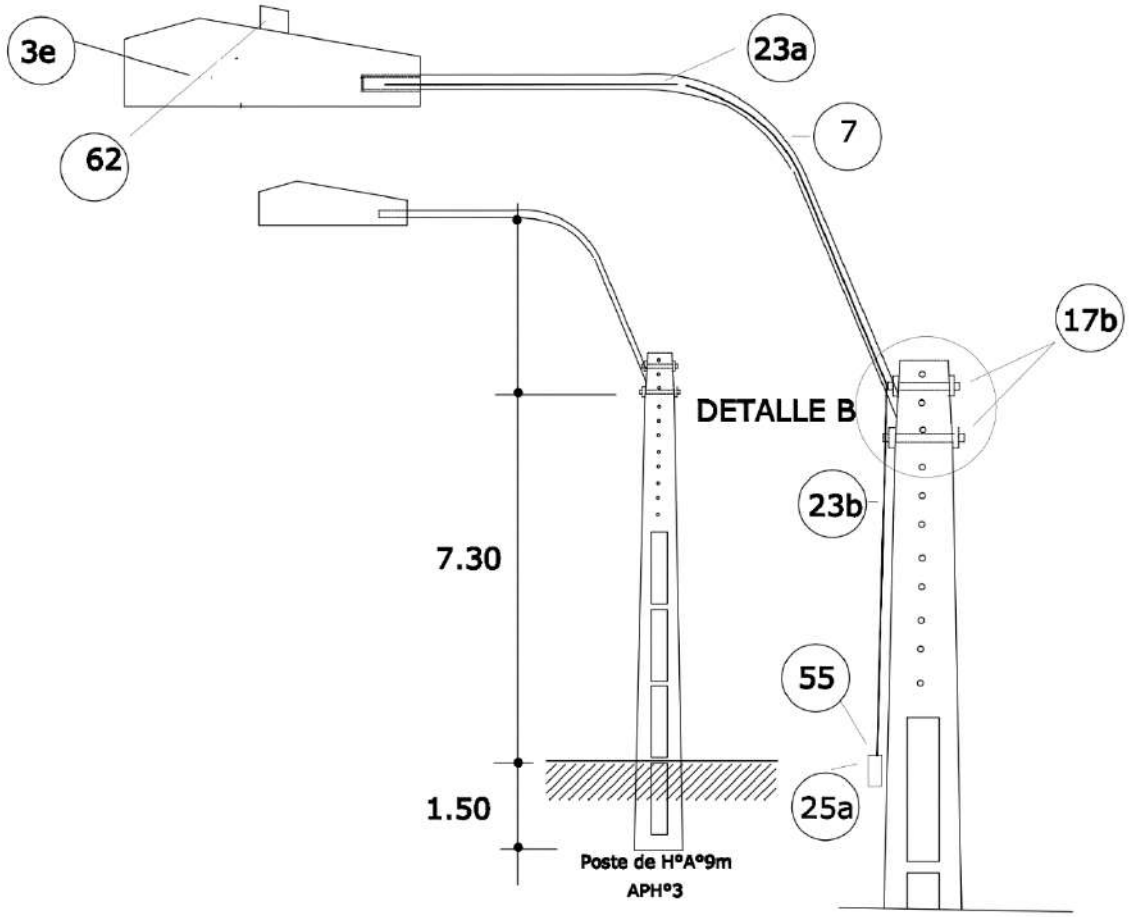
LPAH-6 (Anclaje a paso recta)



RBSH-1 (Rienda de Baja Tensión Simple)

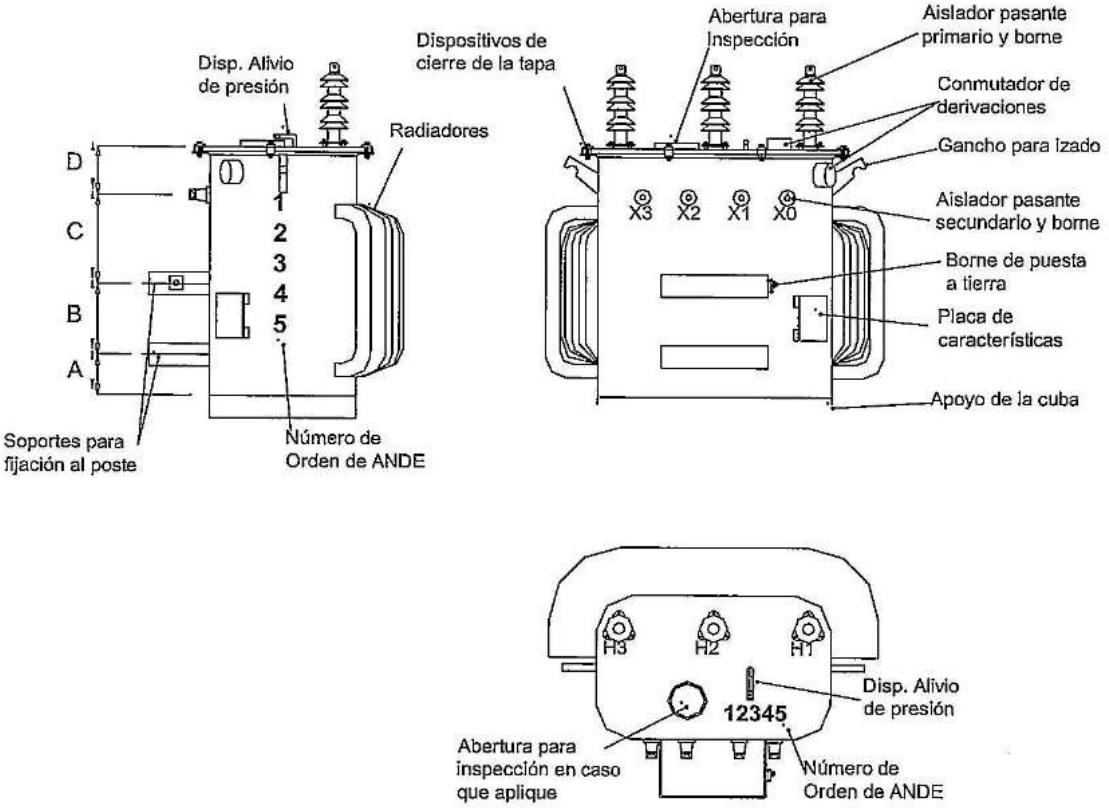


APHºS 3 (Alumbrado público con brazo Tipo 3)

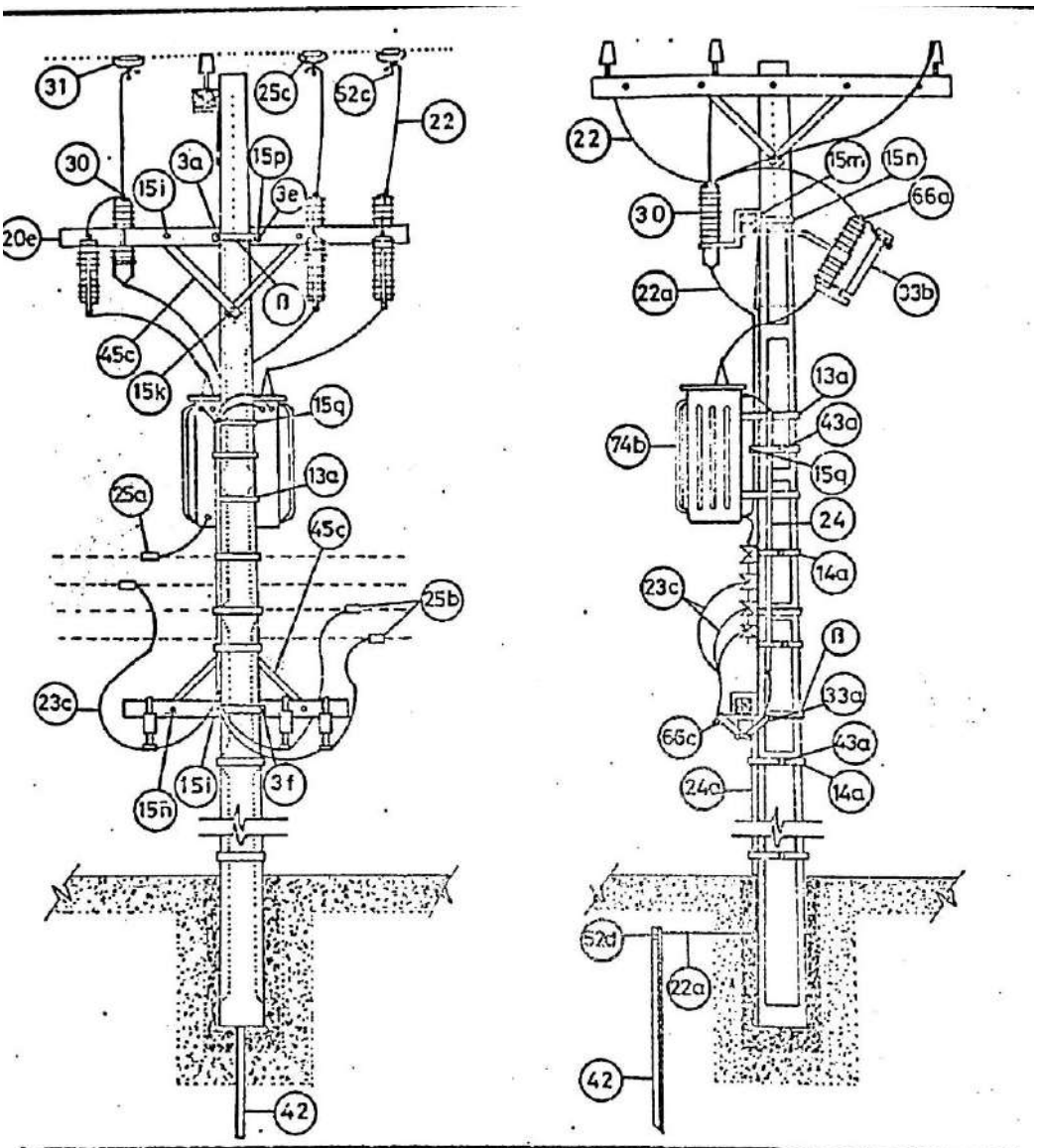


LISTA DE MATERIALES		
ITEM	CANT.	DESCRIPCION
3e	1	Artefacto AP LED
7	1	Brazo p/AP de Caño galvanizado 2" Tipo
17b	1	Bulon de 5/8" x 6 1/2"
23a	10	Cable aislado Cu 2mm 2
23b	2	Cable Cu bipolar aislado 2 x 25mm 2
25a	2	Conectoror a compresion Al Cu 16/35 2/8"
55	1	Porta fusible aereo 10 A p/BT
62	1	Llave control Fotoelectrico p/BT

Transformador Trifásico Convencional



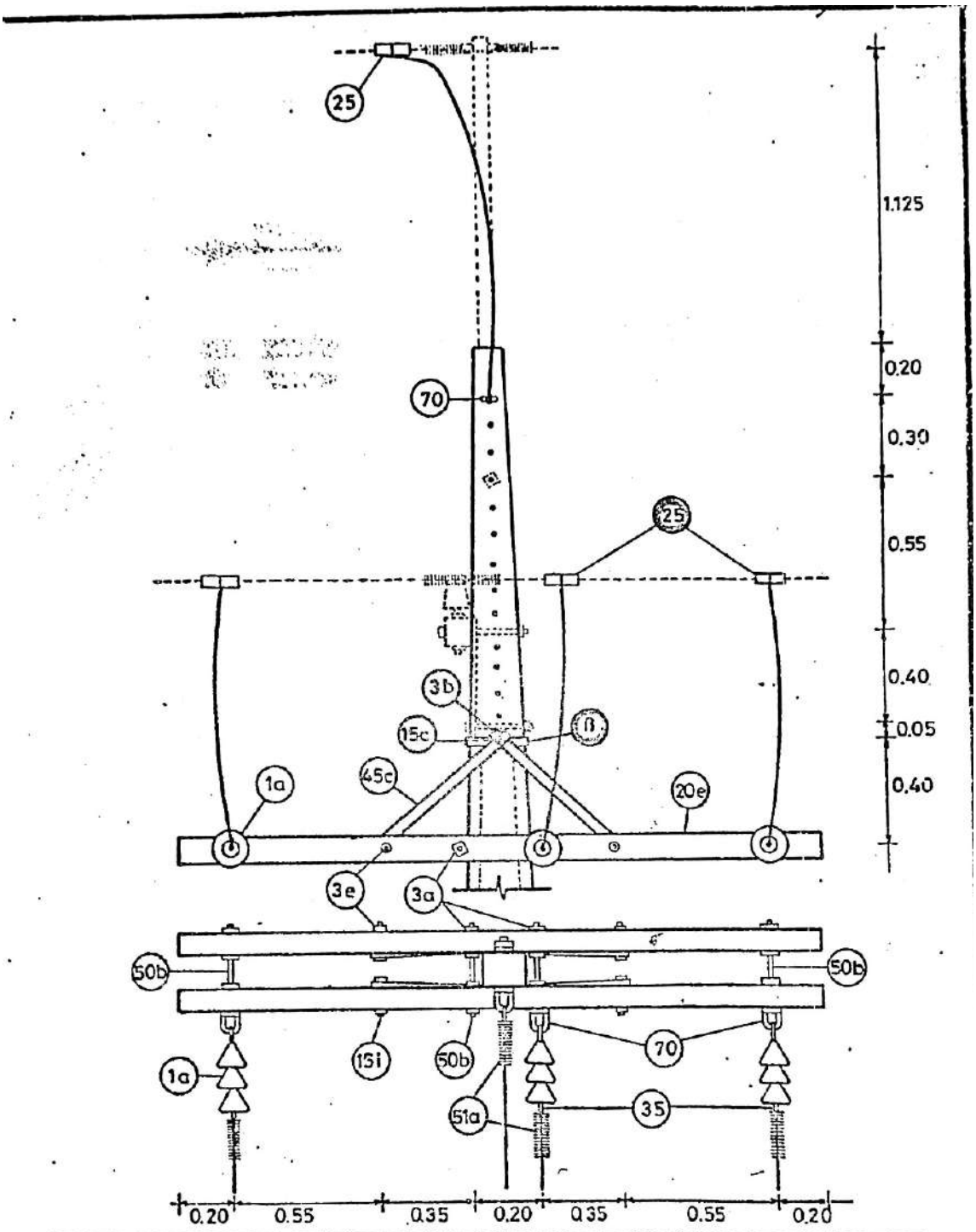
PD AEREO TRIFÁSICO



LISTA DE MATERIALES

ITEM	CAN	DESCRIPCION	ITEM	CAN	DESCRIPCION
ß	4	Abrazadera varias medidas	24	2	Caño plastico rigido 2"
3a	5	Arandela cuadrada 2x2x11/16"	24a	3	Caño plastico rigido 3/4"
3e	13	Arandela lisa 5/8"	25c	2	Conector a compresion Al-Cu
3f	3	Arandela a presion 5/8"	25b	6	Conector a compresion Al-Al
13a	2	Base para transformador trif.	25c	6	Conector a compresion
14c	6	Banda de acero inox. 1/2"	30	3	Descargador de sobretension
15i	4	Bulon 5/8"x4"	31	3	Estribo para conexion
15k	1	Bulon 5/8"x9"	33a	3	Fusible tipo tira B.T.
15m	1	Bulon 5/8"x1 1/2"	33b	3	Fusible M.T.
15n	2	Bulon 5/8"x2 1/2"	42	1	Jabalina puesta a tierra 2m.
15ñ	2	Bulon 5/8"x3"	43a	6	Hebilla p/banda de acero 1/2"
15p	2	Bulon 5/8"x5"	45c	4	Mano francesa p/poste de H°A°
15q	4	Bulon 3/4"x2 1/2"	52c	3	Prensa para linea viva
20b	1	Cruceta de madera 2"x3"x1.0m.	52d	1	Prensa bronce toma tierra
20e	1	Cruceta de madera 3"x4"x240cm.	66a	3	Seccionador fusible M.T.
22	10	Cable desnudo Al	66b	3	Seccionador fusible B.T.
22a	15	Cable desnudo Cu	74b	1	Transformador trifasico 63 kVA
23c	15	Cable aislado Al			

MTHH º 7 (Derivación)

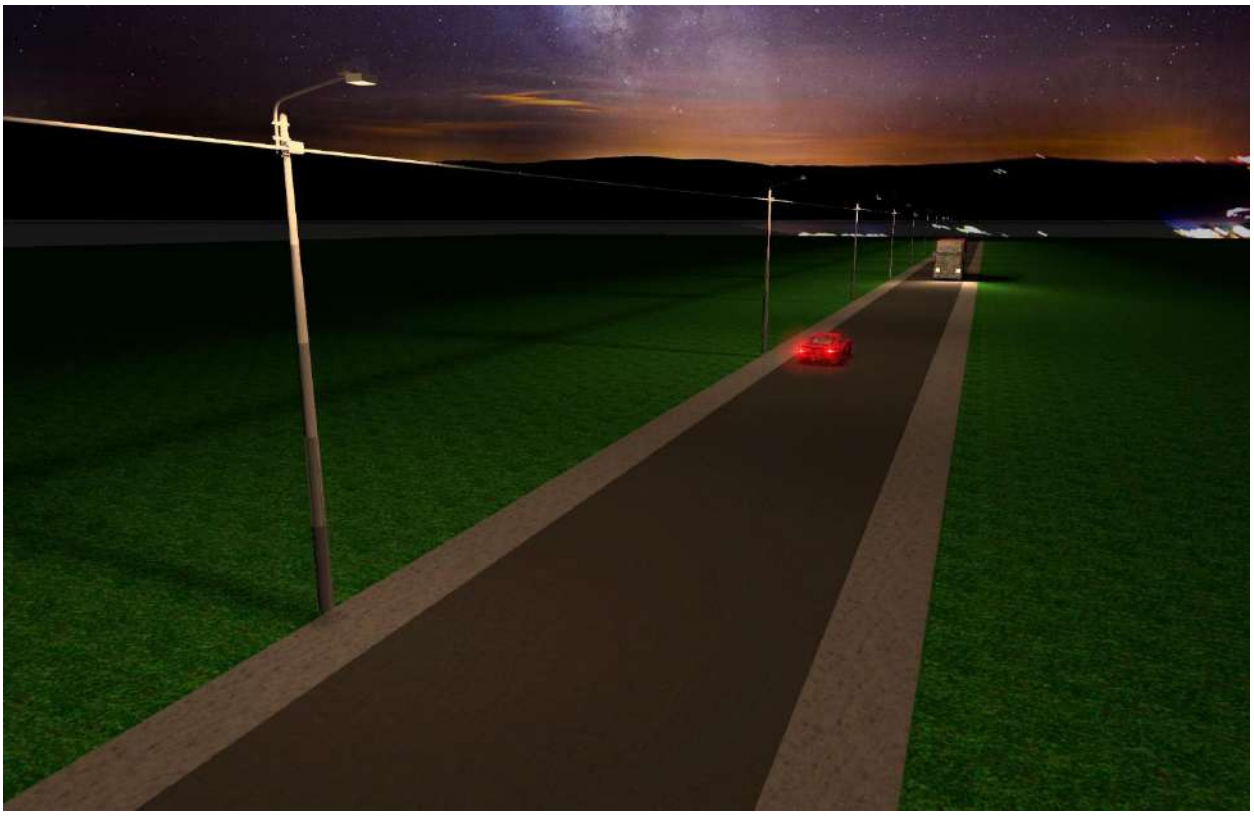


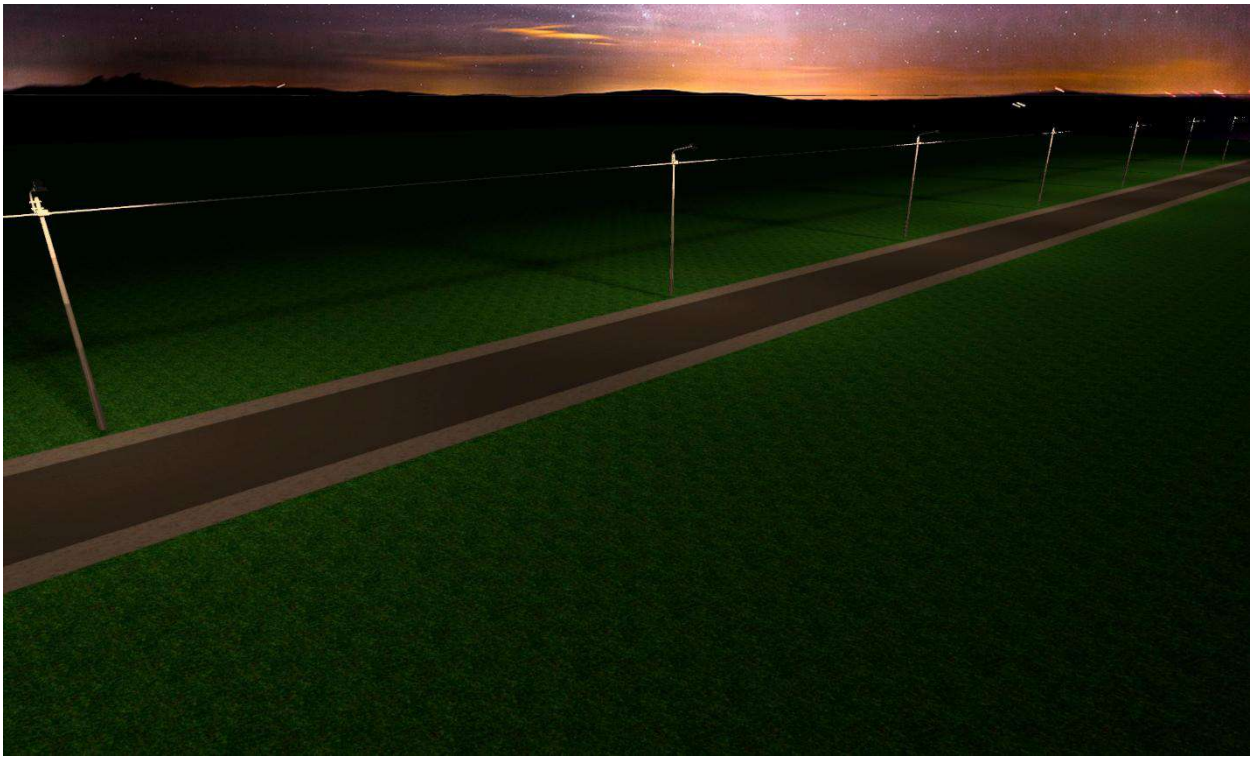
LISTA DE MATERIALES

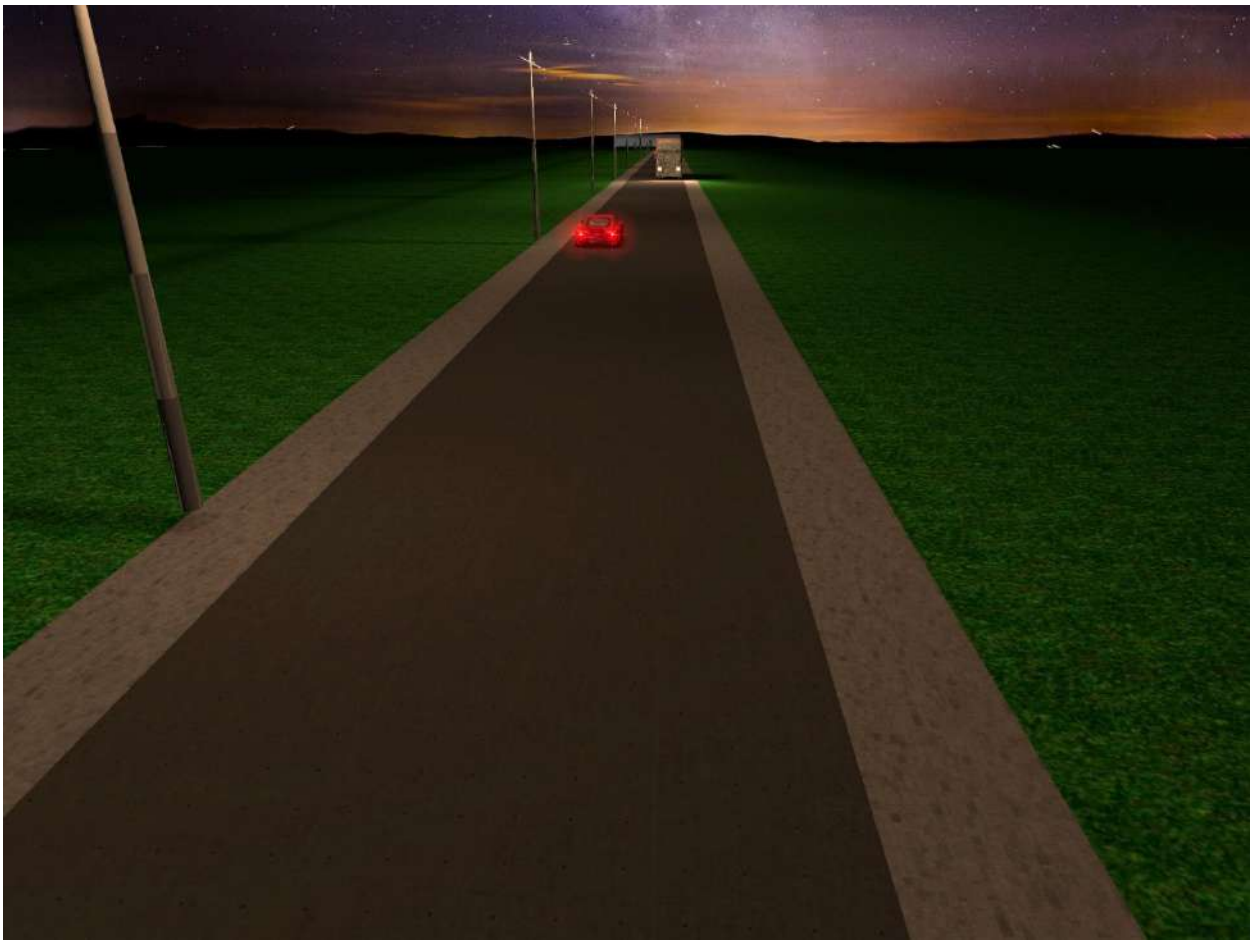
ITEM	CANT	DESCRIPCION	ITEM	CANT	DESCRIPCION
1a	9	Aislador disco vidrio templado	25	8	Conector a compresion
3a	16	Arandela cucarada 2"x 2"x 11/16"	35	4	Guarda cabo 3/8"
3b	2	Arandela presion 1/2"	45c	4	Mano francesa p/poste de H°A°
3e	8	Arandela lisa 5/8"	50b	4	Perno separador 5/8" x 16"
15c	2	Bulon 1/2" x 2 1/2"	51a	4	Alambre preformadoretension
15i	4	Bulon 5/8" x 4"	70	4	Tuerca ojal 5/8"
20e	2	Cruceta madera 3"x4"x 2.40 m.	ß	2	Abrazadera varios medidas

ANEXO 6

Vista Representativa 3D







ANEXO 7

Clasificación de la vía según la norma adoptada para la clase M

PARÁMETRO	OPCIONES	Vw VALORES ESPERADOS	Vw SELECCIONADO
Velocidad	Muy Alta	3	1
	Alta	2	
	Moderada	1	
	Baja	0	
	Muy Bajo	-1	
Volumen de Tráfico	Alto	0,5	0,5
	Moderado	0	
	Bajo	-0,5	
	Muy Bajo	-1	
Composición del Tráfico	Mezcla, con alto % de no motorizados.	2	1
	Mezcla entre Motorizados y no motorizados	1	
	Únicamente Motorizado	0	
Separación de Carriles	No	1	1
	Si	0	
Densidad de intersección	Moderada	1	0
	Baja	0	
Vehículos estacionados	Presente	1	0
	No presente	0	
Luminancia Ambiental	Alta	1	-1
	Moderada	0	
	Baja	-1	
Señalizaciones	Pobre	0,5	0,5
	Moderada a Buena	0	
Suma de los Valores Esperados **Vws:**			**3**
Clase de Iluminación **M = 6 – VWS**			**M3**

ANEXO 8

Nota de solicitud del Proyecto Ejecutivo

MUNICIPALIDAD DE SIMÓN BOLÍVAR

GOBIERNO MUNICIPAL
JUAN CARLOS AMARILLA
2021 - 2025

Simón Bolívar, 02 de Mayo de 2024

Prof. Ing. Alfredo Moreno Sosa.

Decano de la Facultad de Ciencias y Tecnologías.

Universidad Nacional de Caaguazú.

Me dirijo a usted en calidad de Intendente de Simón Bolívar, con el fin de solicitar formalmente el Proyecto de iluminación vial del tramo de la Ruta N°8 que conecta Simón Bolívar con la localidad de Mbutuy.

Como usted sabe, la seguridad vial es un tema de gran importancia para nuestra comunidad, y la falta de iluminación en este tramo ha generado inquietud entre los vecinos y conductores que diariamente transitan por esta ruta.

En este sentido, consideramos que la implementación de un proyecto de iluminación vial en este tramo sería de gran beneficio para la comunidad, ya que permitiría mejorar la visibilidad y reducir el riesgo de accidentes y delitos. Además, esta iniciativa contribuiría a fomentar el desarrollo económico y social de nuestra localidad.

Por lo anterior, solicitamos que la Facultad de Ciencias y Tecnologías nos brinde su apoyo y colaboración para desarrollar este proyecto. Estamos interesados en que los estudiantes de la facultad participen en la elaboración del proyecto, lo que nos permitiría contar con una solución innovadora.

Agradezco de antemano su atención a esta solicitud y espero con interés su respuesta.

Atentamente.

MUNICIPALIDAD DE SIMÓN BOLÍVAR · INTENDENCIA ·

Firma del Intendente

Lic. Juan Carlos Amarilla
Intendente Municipal

Municipalidad de Simón Bolívar – Administración Juan Carlos Amarilla 2021 – 2025

Dirección: Avda. Francisco Cuenca – Simón Bolívar
Código Postal: 3900
Teléfono: 0530-251099