

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

Planteamiento del problema

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.

La Municipalidad de Simón Bolívar solicitó a la Facultad de Ciencias y Tecnología, mediante una nota fechada el 02/05/2024, el proyecto de iluminación vial para el tramo de la Ruta N°8.



Justificación

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.

Objetivos

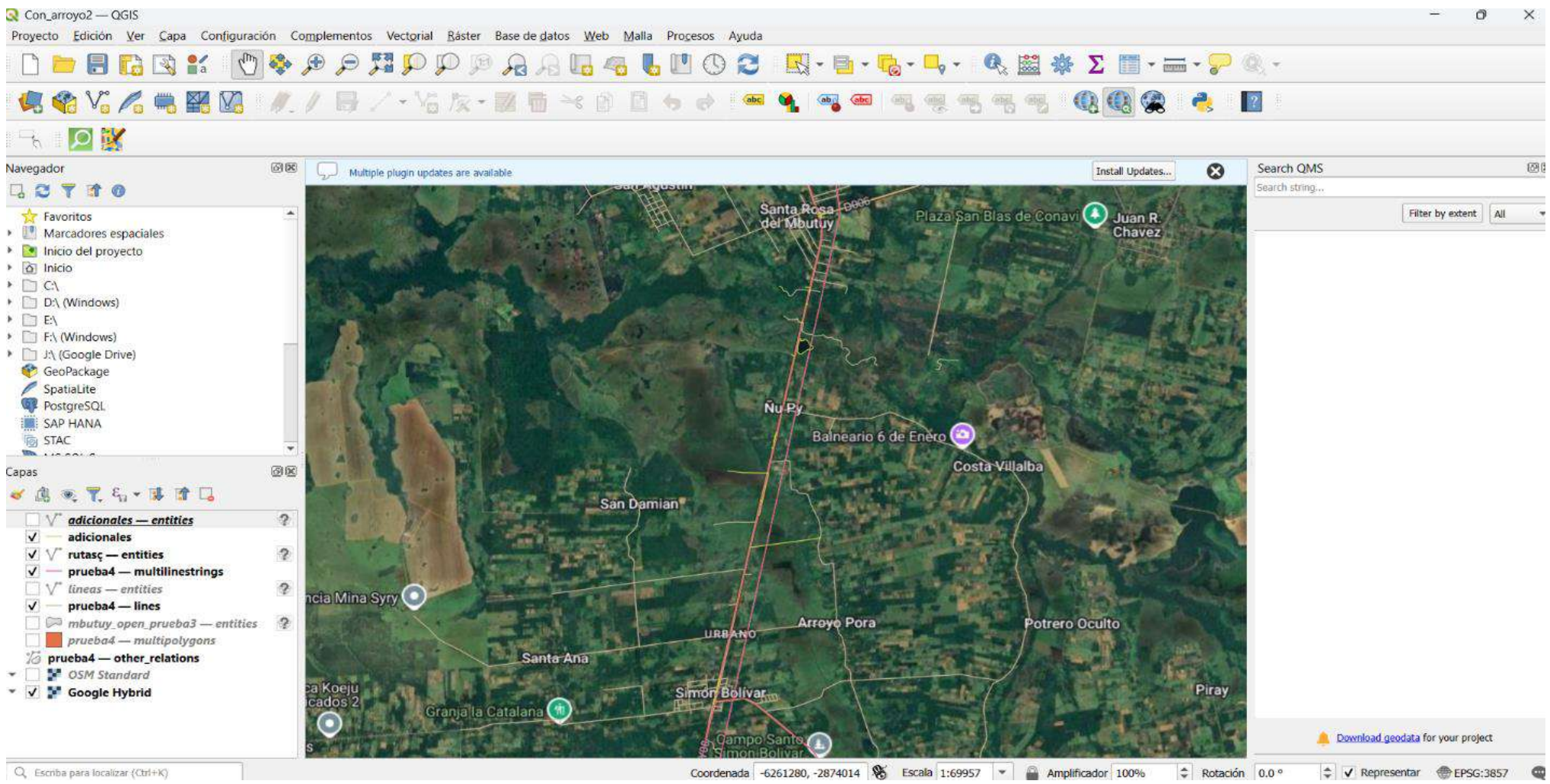
Objetivo general

- 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

- Recopilar de 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) Relevamiento de la infraestructura vial existente



Importación de datos topográficos con el software QGIS

2) Selección de normativa

- Se realiza una comparativa de las normativas **EN 13201:2015**, **EN 13201:2004** y **ROVL 2011**, que permite identificar sus principales diferencias y ventajas.
- 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.

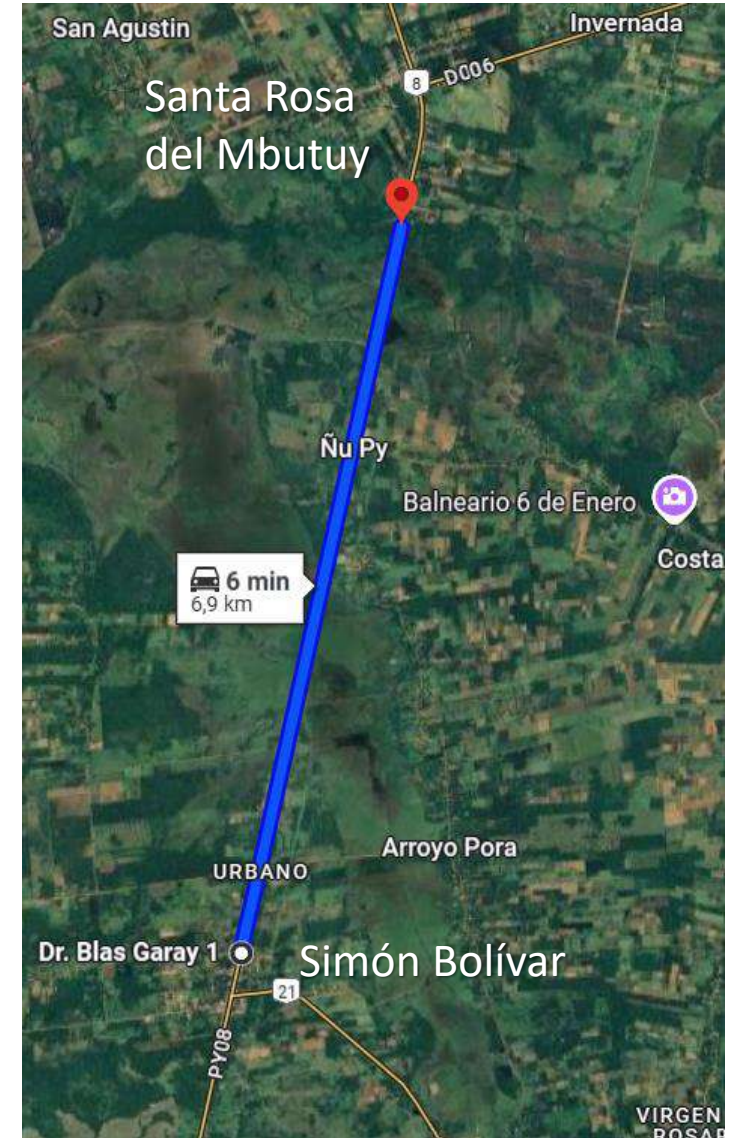
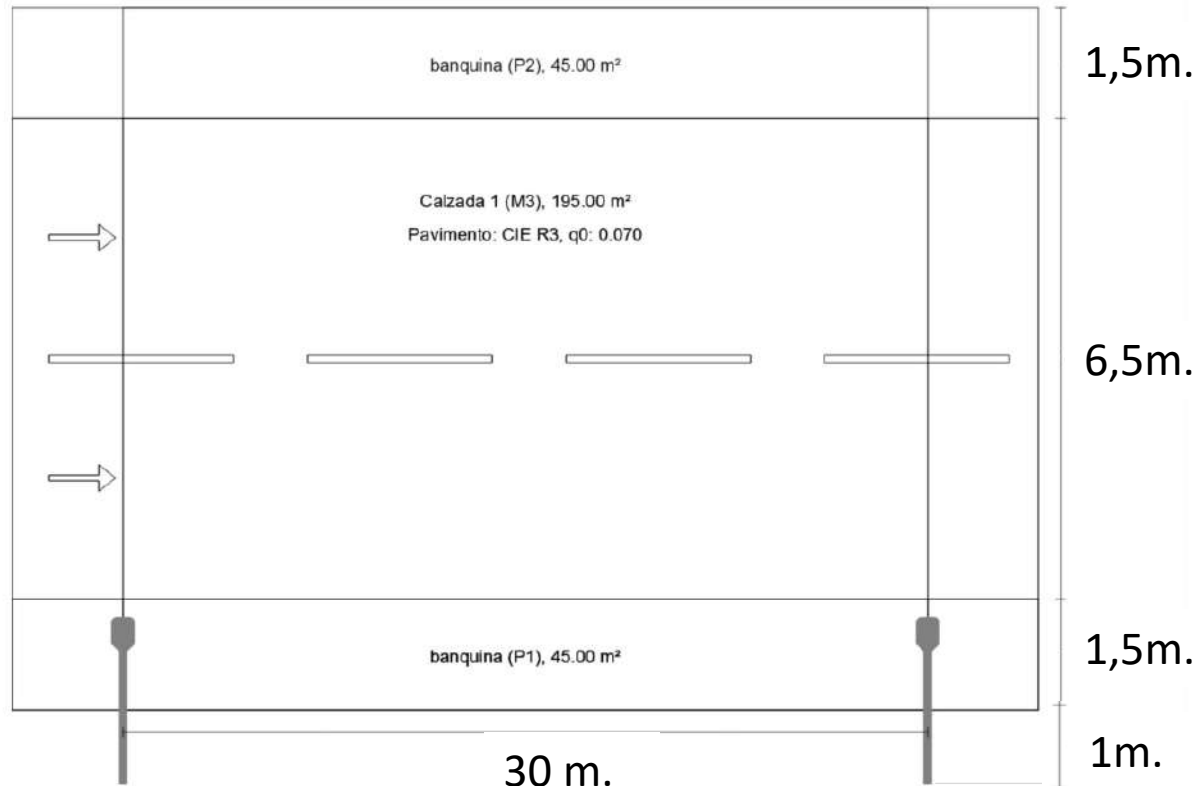
3) Cálculos luminotécnicos

- Se emplea el software especializado **Dialux evo versión 13** para realizar simulaciones que permitan optimizar el diseño de la iluminación vial de acuerdo a la norma **EN 13201:2015**.



Longitud del tramo: 7km.

Características de la vía: calzada de 6,5 metros de ancho, un carril de circulación en cada lado, banquetas de 1,5 metros a cada lado y una franja de dominio de 50 metros en ambos lados.



3) Cálculos luminotécnicos

- **Clasificación de la vía:** 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.

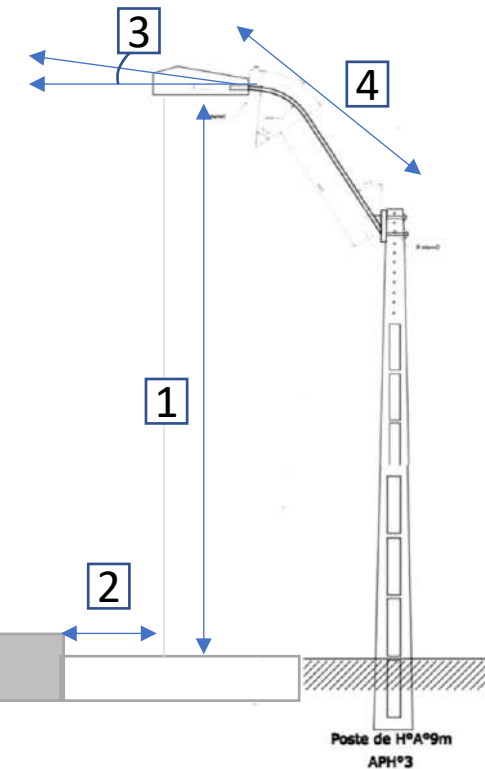
Parámetro	Opción	Valor V _w
Velocidad	Moderado	1
Volumen de trafico	Alto	0,5
Composición de trafico	Mezcla	1
Separación de calzadas	No	1
Densidad de intersección	Moderado	0
Vehículos estacionados	No Presente	0
Luminancia ambiental	Bajo	-1
Señalizaciones	Pobre	0,5
	Sumatoria de valores V _w	3
	M=6 – Sumatoria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

3.1. Selección de luminaria : Se compara dos luminarias con tecnología LED, la luminaria PHILIPS 145.5 W BGP293 y la luminaria Zagonel 170W ZL-7807.

Luminaria	Imagen representativa	Potencia [W]	Flujo luminoso[Im]	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

Parámetros de diseño

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
Clase de índice de deslumbramiento	D.5
MF	0.67



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 H°A° 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.

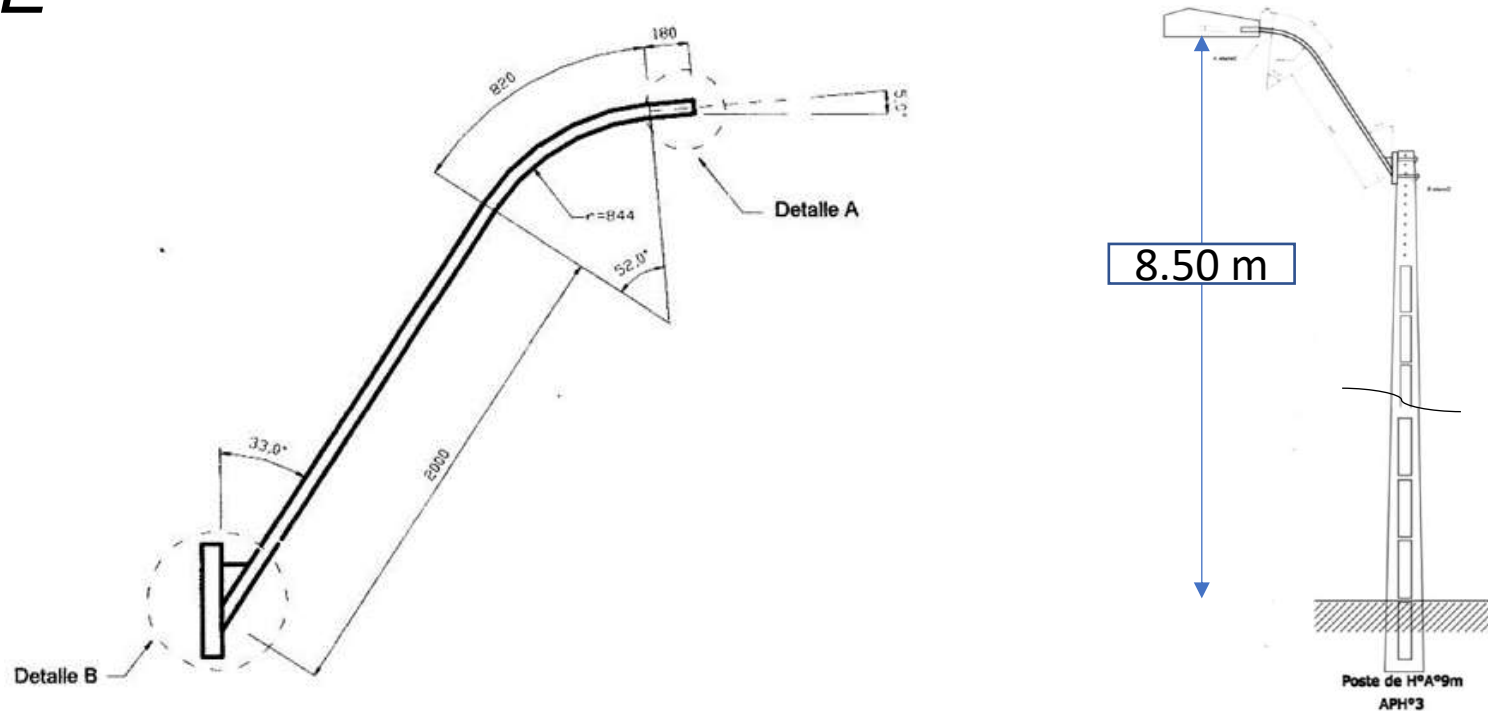
Cumplido	Luminaria	Lámpara	Distancia (m)	Altura del punto de luz (m) ▲	Inclinación (°)	1-L_m (cd/m²)	1-U_o	1-U_l	1-TI (%)	1-R_EI
✘	Philips BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG	1 x LED260-4S/740	30.000	7.900	5.000	1.04	0.49	0.62	17	0.82
✘	Philips BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG	1 x LED260-4S/740	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

Selección de distancia entre postes:

Según el resultado mostrado en la figura 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.

Cumplido	Luminaria	Lámpara	Distancia (m) ▲	Altura del punto de luz (m)	Inclinación (°)	1-L_m (cd/m ²)	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	21.000	8.500	5.000	1.43	0.52	0.88	12	0.84
✓	Philips BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG	1 x LED260-4S/740	22.000	8.500	5.000	1.36	0.52	0.90	12	0.84
✓	Philips BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG	1 x LED260-4S/740	23.000	8.500	5.000	1.30	0.53	0.89	13	0.84
✓	Philips BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG	1 x LED260-4S/740	24.000	8.500	5.000	1.25	0.52	0.88	13	0.84
✓	Philips BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG	1 x LED260-4S/740	25.000	8.500	5.000	1.20	0.51	0.86	14	0.84
✓	Philips BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG	1 x LED260-4S/740	26.000	8.500	5.000	1.15	0.51	0.84	14	0.84
✓	Philips BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG	1 x LED260-4S/740	27.000	8.500	5.000	1.11	0.51	0.83	14	0.84
✓	Philips BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG	1 x LED260-4S/740	28.000	8.500	5.000	1.07	0.51	0.78	15	0.84
✓	Philips BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG	1 x LED260-4S/740	29.000	8.500	5.000	1.03	0.51	0.75	15	0.84
✓	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	31.000	8.500	5.000	0.97	0.52	0.65	16	0.84
✗	Philips BGP293 T25 LED260-4S/740 PSU DS50 FG	1 x LED260-4S/740	32.000	8.500	5.000	0.94	0.51	0.61	16	0.84

3.2. 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*



Brazo Tipo 3 para alumbrados públicos y poste 9/150 kgf [6].

Se realiza un resumen de resultados obtenidos en Dialux 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**.

Variable	Luminaria PHILIPS BGP293 T25 LED260- 4S/740	ZAGONEL ZL 7807	Valor Nominal según EN 13201:2015
Calzada Tipo M3			
Lm	1,00 cd/m ²	0,76 cd/m ²	≥ 1,00 cd/m ²
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

Diseño y dimensionamiento eléctrico

- Se divide el tramo de 7 km. en 2 partes.
- 116 luminarias de 145,5W = 16.878 Watts.

Dimensionamiento del transformador

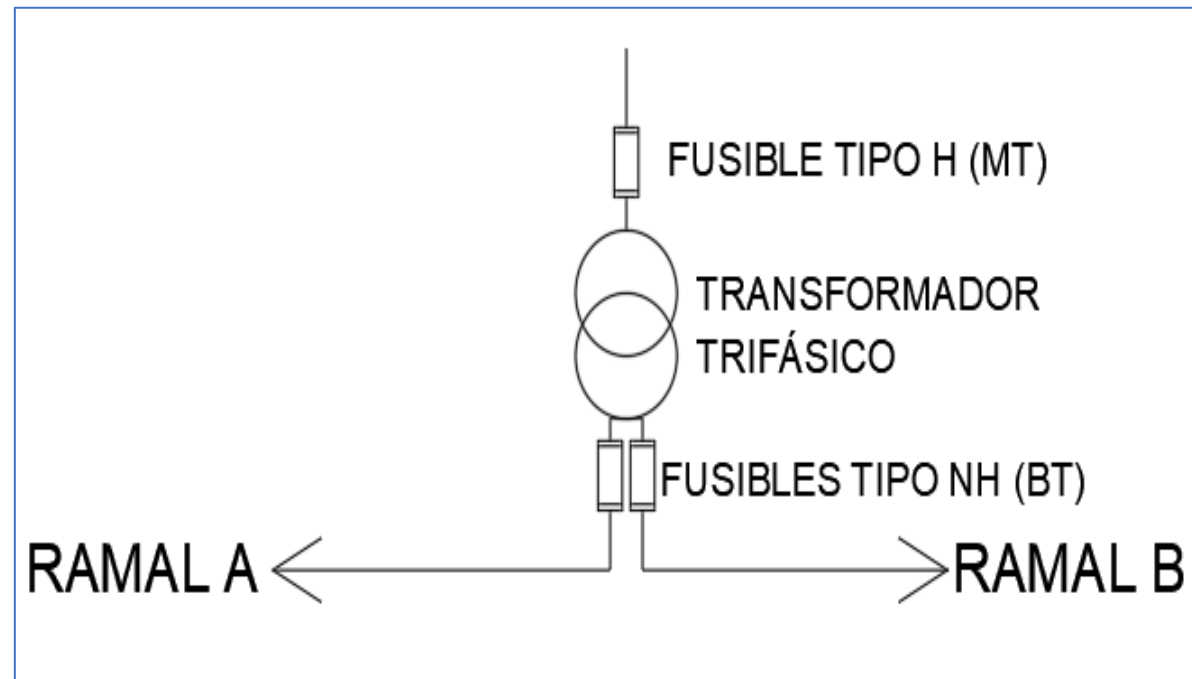
$$S = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{16.878W}{0,99} = 17.048,48 VA$$

Se opta por el modelo inmediatamente superior, de 25 kVA.

Diseño y dimensionamiento eléctrico

Dimensionamiento de conductores

- Se divide la carga en dos ramales (circuitos).



Diseño y dimensionamiento eléctrico

Dimensionamiento de conductores

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

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 mm²**. Se corrobora la caída de tensión con la nueva sección de conductor:

Se realiza el cálculo de caída de tensión para cada ramal teniendo en cuenta la longitud, la conductividad del conductor de Aluminio.

Empleando la siguiente fórmula:

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

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

$$7.65\% < 10\%$$

Se repite el cálculo para los otros ramales de la misma manera.

Cálculo de corriente

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

Criterio de corriente

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



Fusible tipo NH de 25 A






SIMBOLOGÍA

 Alumbrado público LED

 Poste de Hormigón Armado

 Puesta a tierra

 Rienda

 Puesto de distribución



NOMENCLATURA

MHCR-2 Cementación reforzada tipo 2 para poste HPA°

LPAH-1 Línea preensamblada estructura de baja tensión

LPAH-5 Línea preensamblada estructura de baja tensión "anclaje terminal"

LPAH-6 Línea preensamblada estructura de baja tensión "anclaje a paso recta"


RBSH-1 Rienda de baja tensión simple

APHS 3C Alumbrado público tipo cerrado en poste de HPA° con brazo tipo 3


SIMBOLOGÍA

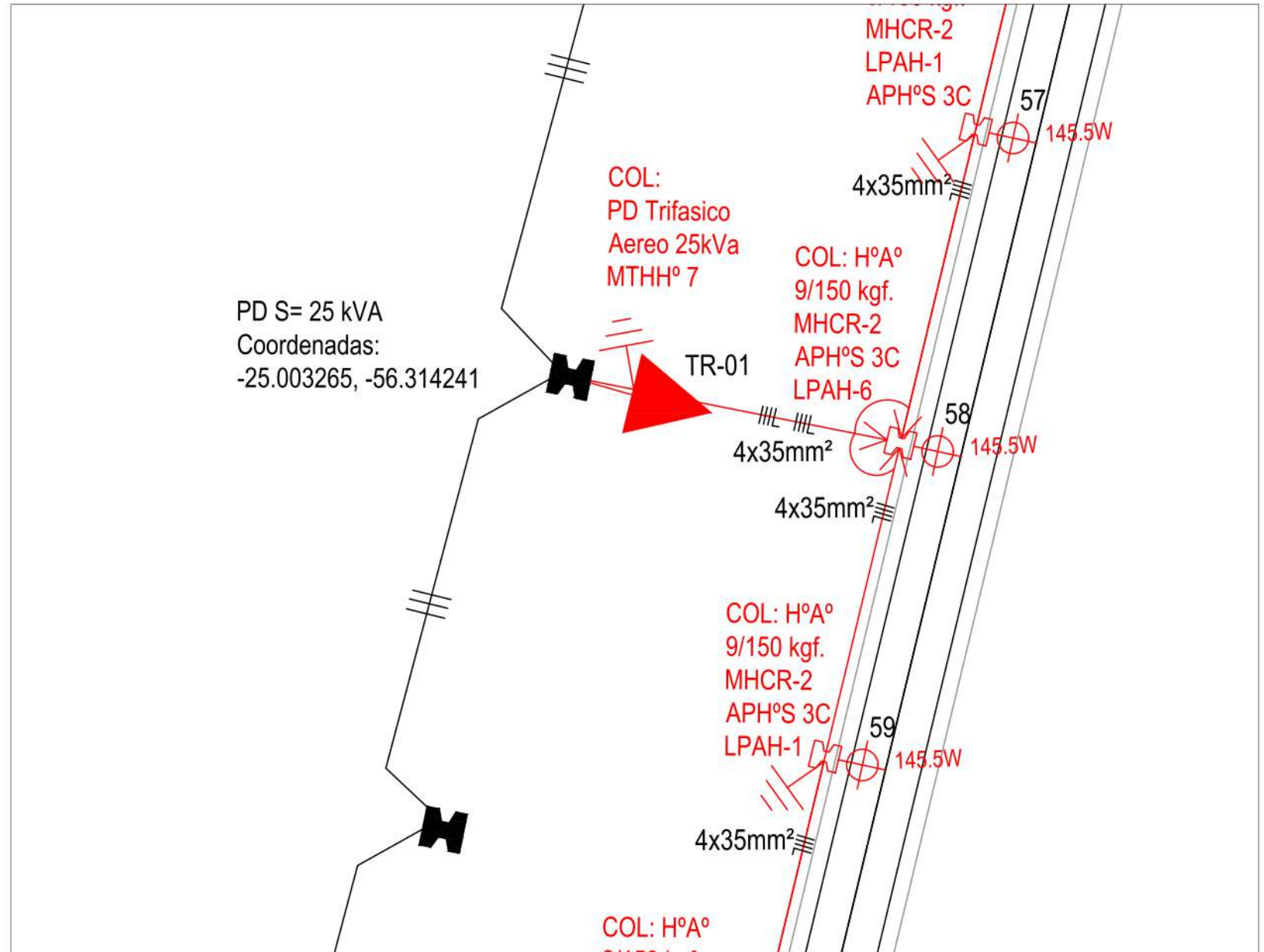
 Alumbrado público LED

 Poste de Hormigón Armado

 Puesta a tierra

 Rienda

 Puesto de distribución



2.3. Presupuesto del proyecto de iluminación:

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 PHILIPS 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 H°A°	69.616	16.220.528
4	RBSH-1 Rienda de baja tensión simple	161.991	647.964
233	APH°S 3C Alumbrado público tipo cerrado en poste de H°A° con brazo tipo 3 H°A° 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	MTHH° 7 Derivación	2.654.000	5.308.000
	Precio Total (Gs.)		1.783.455.335

2.3. Presupuesto del proyecto de iluminación:

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

RESULTADOS Y ANÁLISIS

- Son necesarias un total de 233 luminarias LED de 145,5W .
- Se utilizan luminarias LED porque se obtiene un mayor IRC, mayor flujo luminoso y reducción en el consumo de energía.
- Según la norma EN 13201:2015 el tramo de la RUTA corresponde a la Clase M3 (iluminación para tráfico motorizado).
- Se cumplen los valores de Luminancia media (Lm), Uniformidad Global (Uo), Uniformidad Longitudinal (Ui), Incremento de Umbral (TI), Relación Entorno (REI) adoptados.

- Son necesarios 2 transformadores trifásicos de 25 kVA 23kV/380V para alimentar la cantidad total de luminarias.
- Los conductores seleccionados son de material de Aluminio del tipo preensamblado de 4x35mm² con aislación XLPE.
- El costo del proyecto totaliza la suma de 2.028.338.335 Gs.

CONCLUSIONES

- Se recopilieron 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.
- Se evaluaron dos luminarias LED.
- Se realizaron cálculos luminotécnicos en Dialux evo 13.
- Se opta por líneas preensambladas de aluminio.
- Se elaboraron los planos del proyecto en AutoCAD.
- Finalmente se realizó el presupuesto.

RECOMENDACIONES

- 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 y ambientales en tiempo real.

A night scene of a soccer field. On the left, a tall light pole stands with a single lamp. The field is illuminated, showing a goal on the right. The sky is dark with a visible band of stars, likely the Milky Way. A semi-transparent blue rectangle is centered over the field, containing the word "GRACIAS" in white, bold, sans-serif capital letters.

GRACIAS