



Facultad Ingeniería, Industria y Arquitectura

Carrera de Electricidad

Proyecto de trabajo de titulación

Modalidad Proyecto Técnico

Diseño de un sistema automatizado de control del alumbrado público
mediante PLC y otras tecnologías relacionadas

Autores:

Anchundia Alcivar Julio Ariel

Murillo Choez Diego Armando

Asesor académico:

Ing. Edwin Bernardo Ponce Minaya, M.Sc.

Manta – Ecuador

JULIO 2026

ÍNDICE

1. TITULO	7
2. ANTECEDENTES	9
3. JUSTIFICACIÓN.....	9
4. OBJETIVO GENERAL	10
4.1. Objetivos específicos.....	10
5. ALCANCE Y LIMITACIONES DEL PROYECTO.....	11
5.1. Alcance del proyecto.....	11
5.2. Limitaciones del proyecto	12
6. MARCO TEÓRICO	13
6.1. Sistema de Alumbrado Público	13
6.1.2. Componentes principales del sistema de alumbrado público.....	13
6.1.3. Tipos de Lámparas: Sodio, Haluro Metálico y LED.....	14
6.1.4. Comparativa entre Tecnologías de Iluminación.....	15
6.1.5. Parámetros Lumínicos.....	15
6.1.6. Problemas Comunes en Sistemas Tradicionales de Alumbrado Público	16
6.2. Automatización y Control del Alumbrado Público.....	17
6.2.1. Niveles de Control y Gestión	17
6.2.2. Dispositivos de Maniobra y Regulación	17
6.2.3. Telegestión (Smart Lighting)	18
6.2.4. Sensores de Presencia y Tráfico.....	18
6.2.5. Controladores Lógicos Programables	18
6.3. Software DIALux	18
6.3.1. Funcionalidades Principales en Alumbrado Público.....	19
6.3.2. Importancia en la Eficiencia Energética.....	19
6.4. Normativas y Reglamentos Técnicos	20
6.4.1. Definición del Servicio de Alumbrado Público General (SAPG).....	20
6.4.2. Clasificación de Vías y Niveles de Iluminación	20
6.4.3. Requisitos Técnicos y Eficiencia Energética	20
6.4.4. Operación y Mantenimiento (O&M).....	21
6.4.5. Medición y Facturación.....	21
6.4.6. Categorización de alumbrado publico.....	21
6.4.7. Lineamientos para la adquisición directa o indirecta de luminarias LED para Alumbrado Público de acuerdo con el Memorando Nro. CNEL-DAP-2025-0029-M	22
7. DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS Y SOFTWARES.....	24

7.1. Controlador Lógico Programable (PLC).....	24
7.2. Módulo de expansión	25
7.3. TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal).....	26
7.4. LOGO Soft Comfort.....	27
7.5. Luxómetro	28
8. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO ACTUAL	29
8.1. Área de estudio.....	29
8.2. Ficha técnica de la luminaria de alumbrado público actual	31
8.3. Análisis técnico del sistema de alumbrado público actual	32
8.4. Sistema de control de alumbrado público actual.....	33
8.5. Propuesta: Diseño del sistema automatizado de alumbrado público	34
8.6. Ficha técnica de la luminaria de la lampara LED	35
8.6.1. Especificaciones técnicas	36
9. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.....	37
9.1. Programación del PLC	38
10. ARQUITECTURA DEL SISTEMA AUTOMATIZADO	40
11. DISEÑO DEL TABLERO DE CONTROL	42
12. RESULTADOS.....	46
12.1. Comparación de los resultados.....	47
12.1.1. Resultados comparativos lumínicos en la calle 16. avenida 42 (circuito 1)	47
12.1.2. Resultados comparativos de valores lumínicos en la calle 16. avenida 42 - 40 (circuito 2)	48
12.1.3. Resultados comparativos de valores lumínicos en la calle 16. avenida 40 - 37 (circuito 3)	49
12.1.4. Resultados comparativos de valores lumínicos en la calle 16. avenida 37 – 35 (circuito 4)	49
12.2. Gráficos comparativas del rendimiento lumínico y eficiencia: Tecnología de Sodio vs. LED	51
12.3. Evaluación de la eficiencia operacional y viabilidad: Luminaria convencional de sodio vs. Alternativa LED	52
13. CONCLUSIONES	53
14. RECOMENDACIONES	54
15. RECURSOS	54
16. ANEXOS.....	55
17. BIBLIOGRAFÍA.....	58

ÍNDICE DE IMAGENES

Imagen 1. Representación en Google maps del lugar donde se ejecutará el proyecto	11
Imagen 2. Siemens SiePortal (6ED1052-1FB08-0BA2).....	24
Imagen 3. Technical data: LOGO! DM8 230R and LOGO! DM16 230R	25
Imagen 4. Siemens TIA Portal V20	26
Imagen 5. Siemens LOGO Software - La versión actual es LOGO! Soft Comfort V8.3.	27
Imagen 6. Gossen Metrawatt MAVOLUX 5032 B USB	28
Imagen 7. Croquis del área de estudio	29
Imagen 8. Descripción de la luminaria de alumbrado público.....	31
Imagen 9. Representación en Google maps del sistema de alumbrado público actual.....	32
Imagen 10. Diseño técnico de lampara LED.....	36
Imagen 11. Diagrama fotométrico de lampara LED	36
Imagen 12. Vista de redes en el software.....	40
Imagen 13. Programación en el software paso 1.....	40
Imagen 14. Programación en el software paso 2.....	41
Imagen 15. Programación en el software paso 3.....	41
Imagen 16. Diseño del tablero de control	42
Imagen 17. Conexión del cableado en el tablero de control	42
Imagen 18 . Banco de pruebas integrado	43
Imagen 19. Descripción de la pantalla HMI física de supervisión.....	43
Imagen 20. Descripción para la interfaz de diseño de supervisión (Circuito 1 y 2)	44
Imagen 21. Descripción para la interfaz Ajuste de Encendido de Luminarias	44
Imagen 22. Descripción para la interfaz - Ajustes de Rango de Sensores	45
Imagen 23. Plano actual de la situación lumínica de la calle 16 - Distribución por Transformadores.....	46
Imagen 24. Plano mejorado acerca de las luminarias de la zona de estudio de la calle 16 - Sectorización por Zonas / PLC.....	46
Imagen 25. plano calle actual.....	47
Imagen 26 . Plano calle 16 proyectado	48
Imagen 27. Plano actual de la calle 16 calle 42 -40	48
Imagen 28. Plano proyectado de la calle 16 calle 42 -40.....	48
Imagen 29. Plano actual de la calle 16 calle 40 -37	49
Imagen 30. Plano proyectado de la calle 16 calle 40 -37	49
Imagen 31. Plano actual de la calle 16 calle 37-35 (imagen referencial de las dos luminarias de la misma calle)	49

Imagen 32. Plano actual de la calle 16 calle 37 -35 del resto de la vía	50
Imagen 33. Plano proyectado de la calle 16 calle 37 - 35.....	50
Imagen 34. Resolución NRO. ARCENNR – 020/2023	56
Imagen 35. Resolución NRO. ARCONEL – 029/2025	56
Imagen 36. Homologación de las Unidades de Propiedad (UP) y Unidades de Construcción (UC) del sistema de distribución eléctrica	57
Imagen 37. Lineamientos para la adquisición directa o indirecta de luminarias LED para Alumbrado Público	57

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Diagrama lógico de funciones desarrollado en el software LOGO Soft – proceso 1	38
Ilustración 2. Diagrama lógico de funciones desarrollado en el software LOGO Soft – proceso 2	38
Ilustración 3. Diagrama lógico de funciones desarrollado en el software LOGO Soft – proceso 3	39
Ilustración 4. Diagrama lógico de funciones desarrollado en el software LOGO Soft – proceso 4	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros fotométricos para vías con tráfico motorizado.....	22
Tabla 2. Requisitos Técnicos y de Homologación para Luminarias LED (CNEL EP)	23
Tabla 3. Parámetros de Diseño y Clasificación de Vías	23
Tabla 4. Simbología del croquis del área de estudio de 6 transformadores y 17 iluminarias	30
Tabla 5. Simbología del croquis del área de estudio.....	30
Tabla 6. Valores referentes a las iluminarias de la N° 1 a la 17	33
Tabla 7. Valores referentes a las iluminarias de la N° 1 a la 23	34
Tabla 8. Simbología del croquis del área de estudio de 1 transformador y 23 iluminarias	34
Tabla 9. Especificaciones técnicas de la lampara LED.....	36
Tabla 10. Resumen de potencia y luminarias controladas por salida de PLC	47
Tabla 11. Análisis comparativo de consumo y costos entre dos tecnologías lumínicas	52

ÍNDICE DE GRAFICOS

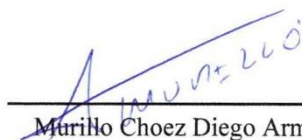
Gráfico 1. Representación del sistema actual - iluminación sodio	51
Gráfico 2. Representación del sistema objetivo – iluminación LED	51

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1 y 2. Identificación física de la infraestructura y ubicación de las luminarias convencionales en la zona del proyecto, calle 16 - Manta	55
Foto 3 y 4. Toma de datos en campo y diagnóstico técnico de las condiciones operativas de las luminarias en la calle 16 – Manta.....	55
Foto 5 y 6. Fase de montaje, conexión eléctrico y programación del controlador lógico programable (PLC) en el tablero de control.....	55

AUTORÍA DEL PROYECTO TÉCNICO

Quien suscribe Murillo Choez Diego Armando y Anchundia Alcívar Julio Ariel con cedula de identidad N° 1315553568 y N° 1314689793 egresado de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura en la carrera de Electricidad, declaro que nuestro proyecto de titulación "Diseño de un sistema automatizado de control del alumbrado público mediante PLC y otras tecnologías relacionadas" la autoría del contenido, los hallazgos y las conclusiones alcanzadas son responsabilidad exclusiva de los autores. Se han utilizado las referencias bibliográficas imprescindibles para llevar a cabo el proyecto, garantizando el respeto por los derechos de autor de cada uno de los autores mencionados en la presente investigación. El patrimonio intelectual de este proyecto de titulación corresponderá a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.



Murillo Choez Diego Armando



Anchundia Alcívar Julio Ariel



Ing. Edwin Bernardo Ponce Minaya, M.Sc.

CERTIFICADO DEL TUTOR

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante Murillo Choez Diego Armando, legalmente matriculado/a en la carrera de Electricidad, período académico 2026-1, cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es "Diseño de un sistema automatizado de control del alumbrado público mediante PLC y otras tecnologías relacionadas".

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 24 de julio de 2026.

Lo certifico,



Edwin Bernardo
Ponce Minaya
Time Stamping
Security Data

Ing. Edwin Ponce Minaya, Msc
Docente Tutor(a)

1. TITULO

Diseño de un sistema automatizado de control del alumbrado público mediante PLC y otras tecnologías relacionadas

2. ANTECEDENTES

El alumbrado público es un componente esencial dentro de la infraestructura urbana, ya que garantiza la seguridad ciudadana, la movilidad vehicular y peatonal, y contribuye al embellecimiento de los espacios públicos. Tradicionalmente, los sistemas de alumbrado público en la ciudad de Manta han funcionado mediante mecanismos manuales o con temporizadores convencionales, generando ineficiencias en el consumo energético y costos elevados de mantenimiento.

En la actualidad, tecnología de controladores lógicos programables (PLC) permite automatizar y optimizar el funcionamiento de sistemas eléctricos, incluyendo el alumbrado público. Diversas ciudades han implementado sistemas inteligentes de iluminación que, mediante sensores y programación lógica, regulan el encendido y apagado de las luminarias según condiciones ambientales, horarios o presencia de movimiento.

En el tramo comprendido entre la calle 16 y las avenidas 35 a la 42, se utilizan actualmente lámparas de sodio, las cuales, aunque han sido ampliamente empleadas por su alto rendimiento luminoso, presentan desventajas en términos de eficiencia energética, vida útil y calidad de luz. Por ello, se plantea realizar un análisis comparativo entre el sistema existente y una propuesta moderna de automatización utilizando software DIALux para simular la eficiencia lumínica y energética del sistema antes y después de la intervención.

3. JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto se justifica en la necesidad de mejorar la eficiencia energética, reducir costos operativos y contribuir a la sostenibilidad ambiental del sistema de alumbrado público en la calle 16 desde la Av. 35 hasta la Av. 42 de la ciudad de Manta. La automatización mediante un PLC (Controlador Lógico Programable) permitirá un control preciso del encendido y apagado de las luminarias, optimizando el consumo eléctrico y disminuyendo fallas por operación manual.

Además, la simulación con DIALux permitirá evaluar de manera técnica el nivel de iluminación y consumo energético, comparando el sistema tradicional de lámparas de sodio con una posible modernización del sistema, considerando tecnología LED o control inteligente.

Desde el punto de vista social, un sistema de alumbrado eficiente y confiable mejora la seguridad ciudadana y la imagen urbana del sector, incentivando la movilidad nocturna y reduciendo incidentes. Desde el punto de vista académico, este trabajo contribuye al campo de la ingeniería eléctrica y automatización industrial, integrando conceptos de diseño lumínico, control lógico y eficiencia energética en un solo sistema.

4. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema automatizado de control de alumbrado público en la calle 16 desde la Av. 35 hasta la Av. 42 de la ciudad de Manta, utilizando un controlador lógico programable (PLC) y simulación lumínica mediante el software DIALux.

4.1. Objetivos específicos

- a. Realizar un diagnóstico del sistema actual de alumbrado público en el tramo de estudio, identificando el tipo de luminarias, postes, cableado y condiciones operativas.
- b. Diseñar el sistema automatizado de control lumínico mediante un PLC, estableciendo su programación y componentes necesarios.
- c. Modelar y simular el sistema lumínico actual y el propuesto utilizando el software DIALux, para comparar niveles de iluminación y consumo energético.
- d. Analizar los resultados obtenidos en la simulación para determinar el nivel de ahorro energético y eficiencia lograda con la automatización.
- e. Proponer recomendaciones técnicas para la implementación real del sistema automatizado en la zona de estudio, considerando normativas eléctricas y de seguridad vigentes.

5. ALCANCE Y LIMITACIONES DEL PROYECTO

5.1. Alcance del proyecto

Este proyecto consiste en el diseño y simulación de un sistema automatizado de alumbrado para un tramo específico de la calle 16 en Manta. Se inicia con un diagnóstico del sistema actual para establecer una base técnica que permita proponer mejoras significativas mediante el uso de tecnología. El software DIALux se empleará para la evaluación lumínica y energética, asegurando que la nueva configuración cumpla con los estándares de eficiencia requeridos. Esta fase analítica es crucial para demostrar la viabilidad de la automatización antes de proceder con el diseño lógico del control.

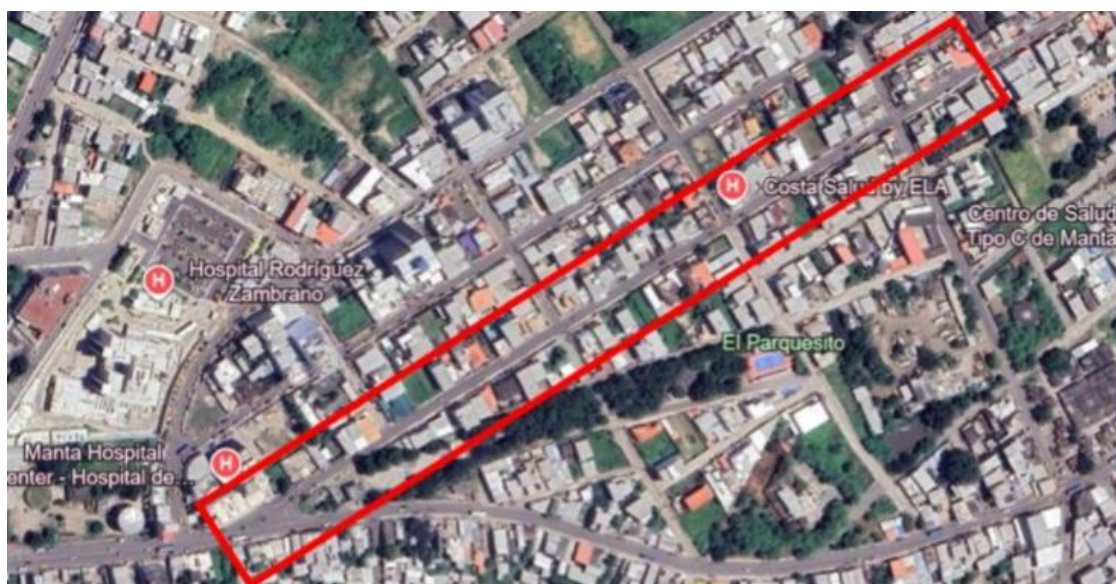


Imagen 1. Representación en Google maps del lugar donde se ejecutará el proyecto

La programación del sistema se realizará en un PLC mediante LOGO Soft Comfort, integrando TIA Portal para la visualización gráfica de los procesos automatizados. El estudio se orienta a medir beneficios tangibles como la optimización del consumo de energía y la mejora en la operatividad del servicio público. Aunque no se llegará a la fase de implementación física, la simulación permite validar el ahorro energético y el cumplimiento de criterios técnicos esenciales. El resultado final será una propuesta técnica robusta que promueve la modernización urbana y la sostenibilidad en la ciudad.

5.2. Limitaciones del proyecto

El estudio se desarrolla estrictamente bajo un entorno de diseño y simulación, lo que implica que no se contempla la ejecución física ni la puesta en marcha real del sistema en Manta. Las limitaciones del proyecto establecen que tanto la implementación técnica como la infraestructura eléctrica en el sitio quedan fuera del alcance práctico. Este enfoque permite validar la teoría y la lógica de control sin los costos operativos de una instalación real. Por lo tanto, los resultados sirven como un modelo conceptual avanzado y no como una intervención de obra civil.

Este estudio es una propuesta académica sobre la automatización de la red en la calle 16, basada en estimaciones técnicas. Debido a su naturaleza referencial y la exclusión de análisis económicos, los resultados no son extrapolables a otros sectores sin estudios específicos. El enfoque se centra exclusivamente en optimizar el desempeño funcional y la eficiencia operativa del sistema.

6. MARCO TEÓRICO

6.1. Sistema de Alumbrado Público

El alumbrado público es una infraestructura fundamental en las ciudades modernas que tiene como objetivo proporcionar seguridad, comodidad y accesibilidad durante la noche. Además, debe cumplir con requisitos técnicos específicos relacionados con la eficiencia energética, la calidad lumínica y la sostenibilidad ambiental (Calvache et al., 2024).

Galarza & Sanango (2025) mencionan que el alumbrado público se define como el conjunto de puntos de luz instalados en la vía pública con el propósito de proporcionar los niveles de iluminancia necesarios para garantizar la visibilidad durante la noche, permitiendo a conductores y peatones ver y ser vistos, y mejorando la percepción de seguridad.

El alumbrado público se puede clasificar según su función o aplicación:

- **Funcional:** Incluye iluminación de calles, avenidas, carreteras, y vías peatonales, enfocándose en cumplir normativas de seguridad y visibilidad
- **Ambiental o Decorativo:** Aplicado a parques, plazas, monumentos y edificios emblemáticos, buscando realzar la estética y la arquitectura del lugar
- **Especial:** Sistemas diseñados para túneles, pasos inferiores, o áreas deportivas al aire libre, con requerimientos lumínicos específicos

6.1.2. Componentes principales del sistema de alumbrado público

Los componentes principales del sistema de alumbrado público incluyen las luminarias, los postes, el cableado, los tableros de control y los sensores. Cada uno de estos elementos cumple funciones críticas para garantizar una iluminación adecuada y eficiente en las zonas urbanas. La elección de estos componentes depende de factores como la durabilidad, el costo y la eficiencia energética (Proaño & Rengifo, 2024)

Los sistemas de alumbrado público son redes complejas que requieren la integración de varios elementos para operar de manera eficiente.

Luminarias. - Es el dispositivo completo que aloja la fuente de luz (lámpara o módulo LED), el equipo auxiliar (balastro, driver), y un sistema óptico (reflectores, lentes) que distribuye el flujo luminoso sobre la superficie de la calzada. Su función principal es controlar la dirección

de la luz para maximizar la iluminancia útil y minimizar el deslumbramiento y la luz intrusa. Elementos Internos Clave: Fuente de luz, equipo auxiliar (encargado de suministrar la corriente adecuada a la lámpara), y el sistema óptico (García, 2018).

Postes o Columnas.- Son las estructuras diseñadas para sostener la luminaria a la altura requerida sobre la vía. Deben cumplir con normas de resistencia mecánica (viento, sismos) y seguridad, como la absorción de energía en caso de impacto vehicular. Se clasifican según su material (acero, aluminio, fibra de vidrio) y su diseño (brazo simple o doble, altura) (Jáuregui & Apolo, 2025).

Cableado (Red de Alimentación).- Es el sistema de conductores eléctricos que transporta la energía desde el punto de suministro (generalmente un transformador o el tablero de control) hasta cada luminaria.

La instalación puede ser subterránea (más común en ciudades modernas por estética y seguridad) o aérea (a menudo en zonas rurales o instalaciones antiguas) incluye cables, cajas de derivación, y conductos protectores (Campos, 2017).

6.1.3. Tipos de Lámparas: Sodio, Haluro Metálico y LED

El tipo de lámpara en un sistema de alumbrado público determina su eficiencia energética y la calidad de la iluminación proporcionada. Las lámparas de sodio y haluro metálico son tradicionales, pero la tecnología LED ha ganado popularidad debido a su mayor eficiencia, mayor vida útil y menor impacto ambiental. La comparativa entre estos tipos de lámparas muestra que los LEDs superan a las tecnologías tradicionales en varios aspectos, incluyendo el consumo de energía y la reducción de la contaminación lumínica (Alcivar et al., 2023).

Lámparas de Sodio de Alta Presión (SAP)

De acuerdo con Aller (2024) las lámparas de Sodio de Alta Presión son un tipo de lámpara de descarga de gas.

Lámparas de Haluro Metálico (HM)

Alonzo (2025) menciona que las lámparas de Haluro Metálico son otra forma de lámpara de descarga de alta intensidad (HID).

Diodos Emisores de Luz (LED)

Tomalá (2024) indica que la tecnología LED representa la solución más moderna y eficiente para el alumbrado público.

6.1.4. Comparativa entre Tecnologías de Iluminación

De acuerdo con Alcívar et al. (2023) comparando las tecnologías de iluminación, se observa que las lámparas de sodio de alta presión (HPS) y las de haluro metálico, aunque efectivas, presentan desventajas en términos de eficiencia energética y vida útil. Por otro lado, la tecnología LED destaca por su eficiencia lumínica, bajo consumo energético y capacidad para generar luz de alta calidad, lo que la convierte en la opción más sostenible y rentable a largo plazo para el alumbrado público.

6.1.5. Parámetros Lumínicos

El flujo luminoso, medido en lúmenes (lm), es la cantidad total de luz emitida por una fuente. La iluminancia, medida en lux (lx), se refiere a la cantidad de luz que incide sobre una superficie. La temperatura de color se mide en grados Kelvin (K) y determina la tonalidad de la luz, mientras que la eficiencia lumínica (lm/W) es la relación entre el flujo luminoso y el consumo de energía de una fuente luminosa (Castro & Posligua, 2015).

Flujo Luminoso

Es la potencia total de luz visible que emite una fuente luminosa (lámpara o luminaria) en todas las direcciones, es una medida intrínseca de la fuente de luz (Caminos, 2011).

- **Unidad de Medida:** Lumen
- **Importancia:** Indica la cantidad total de luz que una lámpara es capaz de generar. Es el valor de referencia para comparar el "poder" lumínico bruto de diferentes lámparas antes de ser instaladas en una luminaria.

Luminancia

Es la cantidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie (la calzada, en este caso). Mide la densidad de luz en un punto específico (Gonzalo, 2017).

- **Unidad de Medida:** Lux, un lux equivale a un lumen por metro cuadrado
- **Importancia:** Es el parámetro principal que debe cumplir un sistema de alumbrado público según las normativas internacionales (como la serie UNE-EN 13201). La norma establece los niveles mínimos de iluminancia media requeridos para cada clase de vía (M1, P3, etc.) para garantizar la seguridad y visibilidad

Temperatura de Color Correlacionada (TCC)

Describe la apariencia de color de la luz emitida por una fuente, es decir, si la luz se percibe como "cálida" (amarillenta-rojiza) o "fría" (blanco-azulada). Se denomina "correlacionada" porque se compara con el color emitido por un cuerpo negro ideal a esa temperatura (Mathias & Ah-Hen, 2014).

- **Unidad de Medida:** Kelvin
- **Luz Cálida:** < 3.300
- **Luz Neutra:** 3.300 a 5.300
- **Luz Fría:** > 5.300
- **Importancia:** Afecta el confort visual, la percepción de seguridad y, crucialmente, el impacto ambiental (el espectro azul de las luces frías tiene mayor impacto en los ciclos biológicos nocturnos y la contaminación lumínica)

Eficiencia Lumínica

Es la relación entre el flujo luminoso emitido (lúmenes) y la potencia eléctrica consumida (vatios). Es el indicador más directo de la eficiencia energética de una fuente de luz (Becerril, 2017).

- **Unidad de Medida:** Lúmenes por vatio (lm/W)
- **Importancia:** Es el factor determinante para la selección de tecnología (el LED es líder en lm/W) y para el cálculo del ahorro energético de un proyecto de alumbrado. Un mayor valor de lm/W significa un menor consumo eléctrico para producir la misma cantidad de luz.

6.1.6. Problemas Comunes en Sistemas Tradicionales de Alumbrado Público

Los sistemas tradicionales de alumbrado público enfrentan varios problemas, como la alta

demanda de energía, el frecuente mantenimiento debido al desgaste de las lámparas y la contaminación lumínica. Además, los sistemas con lámparas de sodio o haluro metálico son menos eficientes, lo que contribuye a un mayor impacto ambiental y mayores costos operativos (Silva, 2017).

Los sistemas de alumbrado tradicionales se enfrentan a desafíos significativos relacionados con la eficiencia operativa, los costos de mantenimiento y el impacto ambiental, los cuales se presentan en el siguiente orden de acuerdo con Vera (2018) y Diego & Reyes (2024):

1. Ineficiencia energética y altos costos operacionales
2. Alto Costo y complejidad del mantenimiento
3. Problemas de calidad lumínica y seguridad
4. Impacto ambiental y contaminación lumínica

6.2. Automatización y Control del Alumbrado Público

La automatización en el alumbrado público se define como el conjunto de tecnologías y protocolos que permiten el encendido, apagado y regulación del flujo luminoso sin intervención humana directa, basándose en parámetros temporales, ambientales o de demanda (Chabla y Cordova, 2015). Dentro de este contenido se clasifica lo siguiente de acuerdo con Proaño y Rengifo (2024):

6.2.1. Niveles de Control y Gestión

La gestión del sistema puede ejecutarse en distintos niveles de complejidad:

- **Control en Cuadro de Mando (Nivel de Grupo):** Es el sistema tradicional automatizado donde se controla un circuito completo desde el tablero central. Todos los puntos de luz conectados a ese tablero actúan en bloque (encendido/apagado simultáneo)
- **Control Punto a Punto (Nivel Unitario):** Cada luminaria dispone de un controlado individual. Esto permite gestionar cada poste de manera independiente

6.2.2. Dispositivos de Maniobra y Regulación

De acuerdo con Parra y Moreno (2019) para lograr la automatización, se utilizan los siguientes dispositivos

- **Relojes Astronómicos:** Dispositivos programables que calculan la hora exacta de la salida y puesta del sol según las coordenadas geográficas (latitud y longitud), ajustando automáticamente el encendido durante todo el año.
- **Fotocélulas (Fotorrelés):** Sensores que miden la iluminancia ambiental. Activan el sistema cuando la luz natural cae por debajo de un umbral (ej. 15-20 lux).
- **Reguladores de Flujo (Dimming):** Dispositivos (drivers electrónicos en LED) que reducen la potencia eléctrica y el flujo luminoso en horas de baja actividad peatonal o vehicular (ej. de 1 a.m. a 5 a.m.), logrando ahorros adicionales de hasta un 40%.

6.2.3. Telegestión (Smart Lighting)

De acuerdo con Sánchez (2024) la Telegestión permite la monitorización en tiempo real de los parámetros eléctricos y el estado de cada luminaria desde una plataforma centralizada, facilitando el mantenimiento predictivo y la optimización del consumo, es el nivel más avanzado de control, donde el sistema de alumbrado se conecta a una red de datos.

6.2.4. Sensores de Presencia y Tráfico

A diferencia de los sistemas tradicionales, los sistemas inteligentes utilizan sensores de movimiento (PIR o Radar) para detectar la presencia de usuarios. La luminaria permanece en un nivel mínimo de cortesía (ej. 20%) y aumenta al 100% solo cuando detecta movimiento, reduciendo el desperdicio energético y la contaminación lumínica (Sánchez, 2024).

6.2.5. Controladores Lógicos Programables

Para Reyes (2024) Un PLC se define como un dispositivo electrónico digital que utiliza una memoria programable para almacenar instrucciones y ejecutar funciones específicas, tales como lógica, secuenciación, temporización y control de procesos, con el fin de controlar máquinas o procesos. En el contexto del alumbrado público, el PLC actúa como la unidad central de procesamiento dentro del tablero de control, encargada de gestionar el encendido, la regulación y la comunicación de la red.

6.3. Software DIALux

DIALux es una herramienta de software gratuita y de arquitectura abierta desarrollada por **DIAL GmbH**, diseñada para la planificación, cálculo y visualización profesional de iluminación

tanto en interiores como en exteriores. Es considerado el estándar global en ingeniería de iluminación debido a su precisión y capacidad de integración con archivos BIM (Building Information Modeling) (DIAL GmbH, 2024).

6.3.1. Funcionalidades Principales en Alumbrado Público

De acuerdo con Cadena (2019) en el contexto del alumbrado público, DIALux permite realizar simulaciones precisas basándose en datos fotométricos reales proporcionados por los fabricantes de luminarias.

- **Importación de Fotometrías:** El software utiliza archivos en formato **IES** (North America) o **LDT** (Europa), que contienen la "huella digital" de la luz de una luminaria, incluyendo su flujo luminoso y distribución espacial
- **Cálculos Normativos:** DIALux automatiza la verificación de la normativa **UNE-EN 13201** para alumbrado de carreteras, calculando automáticamente parámetros como la iluminancia media, la uniformidad global y la luminancia
- **Modelado 3D y Visualización:** Permite crear representaciones tridimensionales realistas de vías, parques y monumentos, lo que ayuda a predecir efectos como el deslumbramiento y la luz intrusa en fachadas antes de la instalación física

6.3.2. Importancia en la Eficiencia Energética

El uso de DIALux es crítico para la optimización de recursos en proyectos de tesis y obras civiles, ya que permite (Rodríguez y Macías, 2021).

1. **Determinar el espaciamiento óptimo:** Calcular la distancia máxima entre postes sin perder la uniformidad lumínica requerida
2. **Comparar tecnologías:** Simular el rendimiento de una luminaria de Sodio versus una LED en el mismo escenario para cuantificar el ahorro
3. **Reducir la contaminación lumínica:** Ajustar la inclinación de las luminarias para asegurar que el flujo luminoso se dirija exclusivamente a la calzada

6.4. Normativas y Reglamentos Técnicos

6.4.1. Definición del Servicio de Alumbrado Público General (SAPG)

La regulación define al SAPG como el servicio público consistente en la iluminación de vías públicas, parques, y demás espacios de libre circulación, con el objetivo de facilitar el tránsito vehicular y peatonal, y garantizar la seguridad ciudadana (ARCONEL, 2026).

6.4.2. Clasificación de Vías y Niveles de Iluminación

De acuerdo con Morales (2023) La normativa ecuatoriana adopta los criterios de organismos internacionales como la Comisión Internacional de Iluminación (CIE). Clasifica las vías para determinar los niveles de iluminancia y luminancia requeridos:

- **Vías Vehiculares (Clase M):** En concordancia con la norma CIE 115, establece requisitos específicos de luminancia para vías con tráfico motorizado.
- **Zonas de Conflicto (Clase C):** Áreas donde el flujo de tráfico se cruza (rotondas, intersecciones).
- **Vías Peatonales y Ciclovías (Clase P):** Enfocadas en la iluminancia mínima para la seguridad del peatón.

6.4.3. Requisitos Técnicos y Eficiencia Energética

La regulación enfatiza la transición hacia tecnologías más eficientes:

- **Tecnología LED:** Se establece como la tecnología preferente para nuevos proyectos y reposiciones debido a su mayor eficacia lumínica y vida útil (ARCONEL, 2023).
- **Factor de Potencia:** Las luminarias y equipos auxiliares deben cumplir con un factor de potencia mínimo (generalmente mayor o igual a 0.90\$) para evitar penalizaciones y optimizar la red eléctrica.
- **Telegestión:** La norma abre la puerta a la implementación de sistemas de control inteligente para la regulación del flujo luminoso en horas de baja demanda.

6.4.4. Operación y Mantenimiento (O&M)

Según Albardo (2017) es un punto crítico de esta regulación ya que es la responsabilidad de las empresas eléctricas:

- **Mantenimiento Preventivo:** Programación de limpieza y revisión para asegurar que el Factor de Mantenimiento no caiga por debajo de los niveles de diseño.
- **Reposición:** Obligación de reemplazar luminarias defectuosas en plazos determinados para garantizar la continuidad del servicio.

6.4.5. Medición y Facturación

Establece cómo se calcula el consumo de energía del alumbrado público, diferenciando entre sistemas medidos (con medidor en el tablero) y sistemas proyectados (basados en la potencia instalada y horas de operación, usualmente 11 o 12 horas diarias) (ARCONEL, 2023).

6.4.6. Categorización de alumbrado publico

Las clases de alumbrado de vías para tráfico motorizado se categorizan de M1 a M6, en función de lo cual se determinan sus especificaciones. La clase se determina conforme la siguiente ecuación:

$$m = (6 - \sum VpM)$$

Donde:

M: Clase de iluminación, va de M1 a M6

$\sum VpM$: Sumatoria de los vectores de ponderación (VpM) seleccionados como se indica en tabla 1

Los parámetros fotométricos para vías con tráfico motorizado (M1 a M6) se definen en la siguiente tabla:

- **Luminancia de calzada:** Se establecen valores específicos para asegurar la seguridad y visibilidad del tráfico motorizado
- **Uniformidad de iluminancia:** Se evalúan los coeficientes de uniformidad y el deslumbramiento para garantizar una experiencia de conducción cómoda
- **Iluminación ambiental:** Se considera la relación entre la iluminación de la calzada y la del entorno para evitar el deslumbramiento molesto

Campo de Aplicación						
Clase de iluminación	Todas las Vías				Vías sin o con pocas intersecciones	Vías con aceras no iluminadas para clases P1 a P4 (ver Tabla 6)
	Luminancia promedio L_{av} [cd/m^2] mantenido		Factor de uniformidad U_o mínimo	TI % máxima inicial	Factor de uniformidad longitudinal de luminancia U_L Mínimo	Relación de alrededores (SR) mínima ²
	Máxima	Mínima				
M1	2.4	2.0	0.40	10	0.70	0.5
M2	1.8	1.5	0.40	10	0.70	0.5
M3	1.2	1.0	0.40	15	0.60	0.5
M4	1.0	0.75	0.40	15	0.60	0.5
M5	0.75	0.50	0.35	15	0.40	0.5
M6	0.50	0.30	0.35	20	0.40	0.5

Tabla 1. Parámetros fotométricos para vías con tráfico motorizado

6.4.7. Lineamientos para la adquisición directa o indirecta de luminarias LED para Alumbrado Público de acuerdo con el Memorando Nro. CNEL-DAP-2025-0029-M

Este marco normativo busca estandarizar los requisitos técnicos, de eficiencia energética y de calidad que deben cumplir obligatoriamente los proveedores y los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GADs) en el desarrollo de sus proyectos de infraestructura vial. El cumplimiento de estas directrices asegura la sostenibilidad operativa, la compatibilidad con los sistemas de control y la optimización del consumo eléctrico bajo la supervisión y fiscalización de CNEL EP. Con el propósito de detallar de forma estructurada los parámetros indispensables exigidos para estas implementaciones lumínicas, se presentan a continuación los criterios fundamentales divididos en dos tablas técnicas.

Tabla 2. Requisitos Técnicos y de Homologación para Luminarias LED (CNEL EP)

Tipo de vía	Montaje (m)	Inter-distancia (m)	Ancho de vía (m)	Carriles	Aceras	Simulación
M1	8,5	40	12	3	2 (1,5m)	Bilateral pareada
M1	10	40	12	3	2 (1,5m)	Bilateral pareada y centrada
M1	12	40	12	3	2 (1,5m)	Bilateral pareada y centrada
M2	8,5	40	8	2	2 (1,5m)	Bilateral pareada
M2	10	40	8	2	2 (1,5m)	Bilateral pareada y central
M2	12	40	8	2	2 (1,5m)	Bilateral pareada y central
M3	8,5	40	8	2	2 (1,5m)	Unilateral
M3	10	40	8	2	2 (1,5m)	Unilateral
M4	8,5	40	7	2	2 (1m)	Unilateral
M5	8,5	40	7	2	2 (1m)	Unilateral

Tabla 3. Parámetros de Diseño y Clasificación de Vías

Tipo de Vía	Potencia máxima (w)
M1	≤220
M2	≤150
M3	≤100
M4	≤70
M5	≤70

Para una vía clasificada como Tipo M3, correspondiente a una arteria urbana de tránsito medio con dos carriles, ancho de calzada de 8 metros y disposición unilateral de postes, se determina la selección de una luminaria LED de 100 W, esta elección se fundamenta estrictamente en la Regulación hoy ARCONEL y las directrices de la Corporación Nacional de Electricidad (CNEL EP), donde los 100 W se establecen como la potencia máxima permitida para esta categoría.

Dicho límite técnico tiene el propósito de optimizar la eficiencia del Sistema de Alumbrado Público General (SAPG), evitando el sobre diseño y restringiendo el consumo energético. Al mismo tiempo, este flujo luminoso garantiza los niveles de iluminancia media y uniformidad requeridos por la normativa vial. De este modo, la potencia seleccionada asegura un entorno seguro para el conductor y mitiga la contaminación lumínica urbana, cumpliendo rigurosamente los criterios exigidos en la fiscalización.

7. DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS Y SOFTWARES

7.1. Controlador Lógico Programable (PLC)

El LOGO 230RCE es un microcontrolador compacto de arquitectura modular diseñado para tareas de automatización a pequeña y mediana escala. Este dispositivo unifica en un solo cuerpo la unidad de procesamiento (CPU), una pantalla de interfaz local retroiluminada de tres colores, y una interfaz de red, permitiendo la ejecución de algoritmos de control lógico y de tiempo sin requerir hardware de interfaz crítico adicional. **Uso:** Automatización de procesos industriales, control de maquinaria, sistemas de bombeo, gestión de subestaciones eléctricas y control automatizado de alumbrado público o residencial

- **Características:**

- Alta resistencia a condiciones ambientales hostiles (polvo, humedad, temperatura).
- Procesamiento de señales digitales y analógicas en tiempo real.
- Modularidad (permite expandir entradas y salidas mediante módulos adicionales).
- Soporte para múltiples protocolos de comunicación industrial (PROFINET, Modbus, etc.).



Imagen 2. Siemens SiePortal (6ED1052-1FB08-0BA2)

7.2. Módulo de expansión

Los módulos de expansión digital de la línea LOGO, DM son componentes periféricos de arquitectura modular diseñados para incrementar la densidad de canales de Entradas/Salidas (I/O) de la unidad de procesamiento central LOGO! 8. Conservan la misma robustez eléctrica y características de aislamiento de la CPU base, operando bajo las normativas industriales IEC 61131 y DIN 5032 para la automatización de tableros de potencia y control de iluminación.

Aspectos de Aplicación en el Alumbrado Público:

- **DM8 230R:** Se selecciona cuando se requiere sectorizar el encendido de hasta 4 circuitos de iluminación independientes o recibir señales externas de 4 fotocélulas o interruptores horarios adicionales.



Imagen 3. Technical data: LOGO! DM8 230R and LOGO! DM16 230R

7.3. TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal)

Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal) en su versión 20 es la evolución más reciente de la plataforma de software unificada de Siemens para la automatización industrial. Esta versión optimiza los tiempos de diseño mediante la integración nativa de herramientas en la nube (*TIA Portal Cloud*), soporte para herramientas de control de versiones de código (como GIT), y la incorporación de capacidades de inteligencia artificial generativa a través del *Siemens Industrial Copilot* para la asistencia en la programación.

- **Uso:** Configuración de hardware, programación de controladores (usando lenguajes como Ladder o Texto Estructurado), diseño de interfaces de usuario (HMI) y simulación de procesos antes de la implementación física.
- **Características:**
 - Entorno de desarrollo unificado que optimiza el tiempo de ingeniería
 - Herramientas avanzadas de simulación integradas (como PLCSIM) para pruebas virtuales
 - Gestión eficiente de variables globales y diagnóstico de errores en red.
 - Compatibilidad y conectividad nativa con la gama de controladores S7-1200 y S7-1500.



Imagen 4. Siemens TIA Portal V20

7.4. LOGO Soft Comfort

LOGO Soft Comfort es el software de programación específico para los microcontroladores (o relés inteligentes) de la línea LOGO! de Siemens. Es una herramienta intuitiva y gráfica diseñada para implementar automatizaciones de pequeña a mediana escala sin la complejidad de un entorno de PLC industrial completo.

- **Uso:** Creación, simulación y transferencia de programas para módulos lógicos LOGO, ideales para control de iluminación residencial/pública, portones eléctricos, sistemas de ventilación y tableros de control sencillos.
- **Características:**
 - Programación sumamente visual mediante Diagrama de Bloques Funcionales (FBD) o Diagrama de Contactos (Cop/Ladder)
 - Modo de simulación fuera de línea (offline) completo, que permite verificar la lógica del circuito en la pantalla de la PC
 - Documentación automática del proyecto y configuración sencilla de la pantalla integrada del dispositivo



Imagen 5. Siemens LOGO Software - La versión actual es LOGO! Soft Comfort V8.3. La Ayuda en pantalla de LOGO Soft Comfort describe todas las funciones de programación y diseño.

7.5. Luxómetro

El MAVOLUX 5032 B USB es un instrumento portátil de medición lumínica profesional certificado bajo la norma **DIN 5032-7 Clase B**. Está diseñado para medir la iluminancia con un rango de sensibilidad sumamente amplio y alta resolución, corrigiendo la desviación angular y espectral para simular con exactitud la percepción del ojo humano. Posee memoria interna y conectividad digital para el procesamiento de datos en computador.

- **Uso:** Auditorías de eficiencia energética en alumbrado público, certificación de iluminación vial e interiores según normativas vigentes, validación en campo de simulaciones lumínicas y medición especializada de iluminación de emergencia debido a su alta sensibilidad inicial.
- **Características:**
 - **Rango de Medición Excepcional:** Capaz de registrar 5 rangos de medición.
 - **Filtro de Corrección Espectral:** Su sensor con fotodiodo de silicio está corregido en color para adaptarse exactamente a la curva de sensibilidad del ojo humano, limitando el error típico por debajo del 3%.
 - **Corrección de Coseno:** Compensa el error de medición producido por la luz que incide de manera oblicua o angular, factor indispensable en la evaluación de luminarias públicas viales.
 - **Gestión de Datos:** Memoria integrada no volátil para almacenar hasta 100 lecturas fijas o registrar datos continuos, interfaz USB 1.1/2.0 y compatibilidad con el software de análisis GLUX 2.
 - **Versatilidad Funcional:** Pantalla LCD retroiluminada, dígitos y capacidad de convertirse en medidor de luminancia mediante un adaptador óptico opcional.



Imagen 6. Gossen Metrawatt MAVOLUX 5032 B USB

8. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO ACTUAL

8.1. Área de estudio

El área de estudio comprende el tramo de la calle 16 desde la avenida 35 hasta la avenida 42 de la ciudad de Manta, zona caracterizada por un flujo vehicular y peatonal constante durante el horario nocturno. En este sector se realizó el levantamiento de datos de alumbrado público del sector se encuentra conectado a la red de distribución de baja tensión, alimentado desde transformadores de distribución que suministran energía a los circuitos de iluminación mediante redes radiales.

En la calle 16 de la ciudad de Manta, el sistema de alumbrado público no dispone de transformadores exclusivos para iluminación vial. La alimentación eléctrica de las luminarias se realiza a partir de transformadores de distribución cuyo uso principal es el suministro de energía a los usuarios domiciliarios y comerciales del sector, En este tramo vial se identificaron un transformador de 37,5 KVA, dos transformadores de 25 KVA, dos transformadores de 50 KVA, de las cuales son transformadores autoprotegidos los cuales forman parte de la red de baja tensión de la empresa distribuidora (CNEL EP) y un transformador privado de 10 KVA. Desde estos transformadores se derivan tanto los circuitos de consumo domiciliario como los circuitos de alumbrado público, los cuales se encuentran conectados a la misma red de baja tensión.

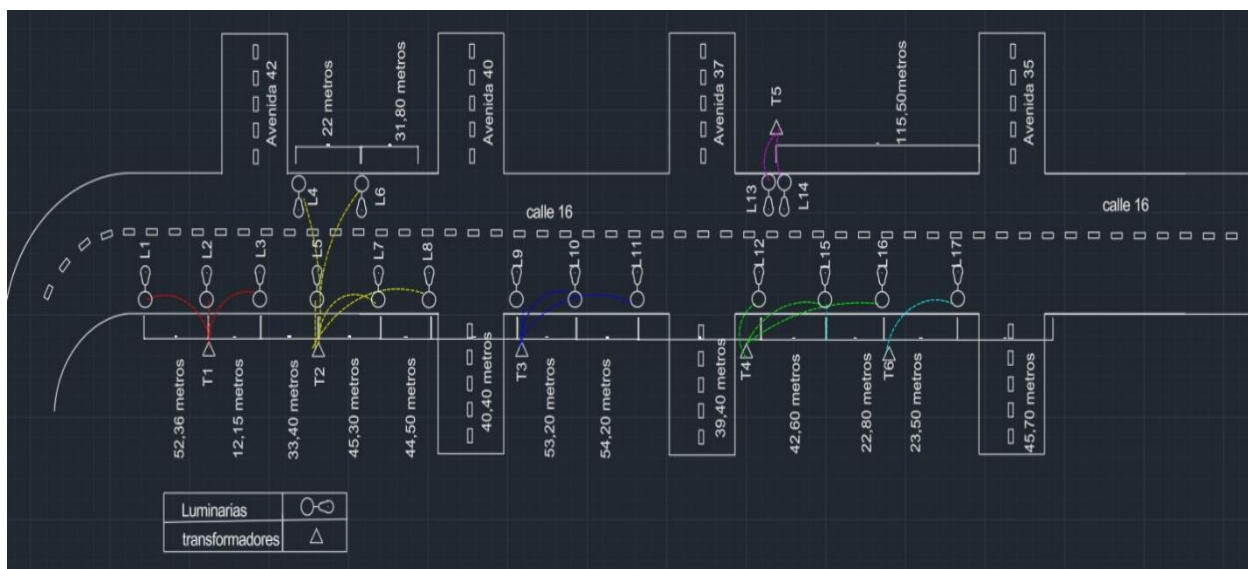


Imagen 7. Croquis del área de estudio

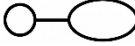
Nombre	Simbología	Cantidad
Transformador		6
Luminarias		17

Tabla 4. Simbología del croquis del área de estudio de 6 transformadores y 17 iluminarias

Transformador	Potencia Transformador	Luminarias Conectadas	Cantidad Luminarias	Potencia Luminarias (vapor de sodio)
T1	37,5 KVA	L1-L2-L3	3	150 w
T2	50 KVA	L4-L5-L6-L7-L8	5	150 w
T3	25 KVA	L9-L10-L11	3	150 w
T4	50 KVA	L12-L15-L16	3	150 w
*T5	10 KVA	L13-L14	2	150 w
T6	25 KVA	L17	1	150 w

*T5 = Transformador particular

Tabla 5. Simbología del croquis del área de estudio

8.2. Ficha técnica de la luminaria de alumbrado público actual

En cuanto a las características de la Luminaria de alumbrado público es un diseño innovador para lámparas de sodio de alta presión y mercurio halogenado, posee cuerpo de aluminio inyectado a alta presión acabado con pintura de poliéster aplicada electrostáticamente. Con un reflector de aluminio de alta pureza anodizado abrillantado y sellado; y refractor de vidrio templado resistente a los impactos IK-08.

Así también se detalla lo siguiente:

- 150 W – vapor de sodio
- Tensión 208v –220v –240v 60Hz
- Grado de protección: IP54 Porta equipo, IP66 Recinto Óptico
- Apta para brazos de 1 ½” hasta 2”
- Altura recomendada de montaje 4 – 8 m

El uso o aplicación de estas luminarias se da en:

- Calles secundarias.
- Parques.
- Estacionamientos



Imagen 8. Descripción de la luminaria de alumbrado público

8.3. Análisis técnico del sistema de alumbrado público actual

El sistema de alumbrado público en la calle 16 de Manta, en el tramo comprendido entre la avenida 42 y la avenida 35, presenta una distribución no adecuada de luminarias a lo largo de la vía; el espacio entre los postes no es uniforme dado que se encuentra con medidas irregulares de espaciamiento. Desde el punto de vista técnico, para una vía clasificada como M3, se requiere garantizar niveles adecuados de luminancia e iluminancia, así como una buena uniformidad. el sistema no tiene una optimización en eficiencia energética ni en el uso de tecnología LED moderna, lo que sugiere posibles mejoras en consumo y desempeño lumínico

Entre las principales problemáticas identificadas se encuentran el encendido innecesario de luminarias, la falta de regulación del flujo luminoso, el elevado consumo energético y la ausencia de un sistema automatizado.

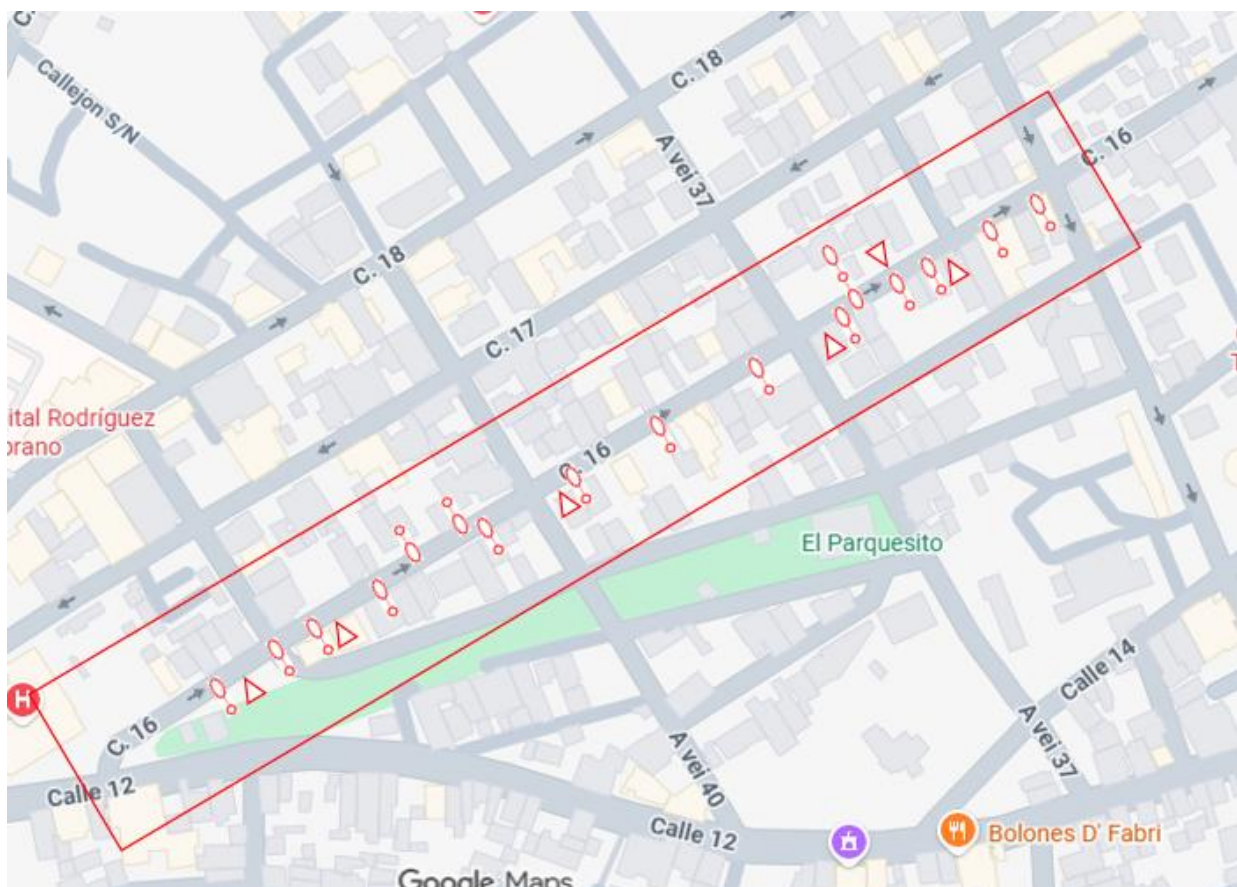


Imagen 9. Representación en Google maps del sistema de alumbrado público actual

8.4. Sistema de control de alumbrado público actual

El control del alumbrado público se realiza mediante sistemas convencionales, tales como fotoceldas y temporizadores, sin incorporar tecnologías de automatización inteligentes ni monitoreo remoto del estado operativo de las luminarias.

Los datos obtenidos durante el análisis de campo fueron recolectados el lunes 27 de abril del presente año utilizando un luxómetro como instrumento de medición. En el tramo evaluado posee una longitud total de 511.91 m y un ancho de 6.5 m; además, las aceras presentan una dimensión de 1.8m

La calle 16 presenta una orientación de sureste a noreste y cuenta con circulación unidireccional. Durante la inspección se identificó que los postes presentan variaciones en su altura y que algunas luminarias se encuentran fuera de funcionamiento, afectando las condiciones de iluminación del sector.

Cantidad de Luminarias (HPS)	Potencia (W)	12 horas (h/día)	Iluminación (lm)	Consumo (kWh/día)	Perdidas De balastro
Luminaria 1	-	-	-	-	-
Luminaria 2	-	-	-	-	-
Luminaria 3	150	12	74.9	1.8	22,5
Luminaria 4	150	12	78.3	1.8	22,5
Luminaria 5	150	12	104.9	1.8	22,5
Luminaria 6	150	12	50.5	1.8	22,5
Luminaria 7	150	12	49.2	1.8	22,5
Luminaria 8	150	12	81.2	1.8	22,5
Luminaria 9	150	12	85.2	1.8	22,5
Luminaria 10	150	12	16.97	1.8	22,5
Luminaria 11	150	12	58.1	1.8	22,5
Luminaria 12	150	12	70.2	1.8	22,5
Luminaria 13	150	12	60.3	1.8	22,5
Luminaria 14	150	12	45.65	1.8	22,5
Luminaria 15	-	-	-	-	-
Luminaria 16	150	12	47.1	1.8	22,5
Luminaria 17	150	12	84.5	1.8	22,5

Tabla 6. Datos de iluminación (lm) obtenidos con luxómetro de las iluminarias de N° 1 a la 17

8.5. Propuesta: Diseño del sistema automatizado de alumbrado público

La presente propuesta se centra en el rediseño técnico del sistema de iluminación del sector mediante la implementación de tecnología LED y la integración de un Controlador Lógico Programable (PLC) para la gestión automatizada del servicio. El proyecto busca optimizar el rendimiento lumínico bajo los estándares de la clase de iluminación M, utilizando el software DIALux para validar el cumplimiento de la Regulación hoy ARCONEL, garantizando así la reducción del consumo eléctrico y el cumplimiento estricto de los niveles de seguridad vial requeridos para el tramo en estudio.

Cantidad de Luminarias (HPS)	Potencia (W)	12 horas (h/día)	Iluminación (lm)	Consumo (kWh/día)	Perdidas De balastro
Luminaria 1	100	12	70	1.2	-
Luminaria 2	100	12	48	1.2	-
Luminaria 3	100	12	55	1.2	-
Luminaria 4	100	12	44	1.2	-
Luminaria 5	100	12	51	1.2	-
Luminaria 6	100	12	51	1.2	-
Luminaria 7	100	12	49	1.2	-
Luminaria 8	100	12	53	1.2	-
Luminaria 9	100	12	55	1.2	-
Luminaria 10	100	12	51	1.2	-
Luminaria 11	100	12	53	1.2	-
Luminaria 12	100	12	45	1.2	-
Luminaria 13	100	12	53	1.2	-
Luminaria 14	100	12	47	1.2	-
Luminaria 15	100	12	49	1.2	-
Luminaria 16	100	12	45	1.2	-
Luminaria 17	100	12	45	1.2	-
Luminaria 18	100	12	55	1.2	-
Luminaria 19	100	12	55	1.2	-
Luminaria 20	100	12	53	1.2	-
Luminaria 21	100	12	52	1.2	-
Luminaria 22	100	12	55	1.2	-
Luminaria 23	100	12	43	1.2	-

Tabla 7. Valores referentes obtenidos con DIALUX de las iluminarias de la N° 1 a la 23

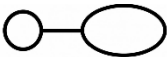
Nombre	Simbología	Cantidad
Transformador		1
Luminarias		23

Tabla 8. Simbología del croquis del área de estudio de 1 transformador y 23 iluminarias

8.6. Ficha técnica de la luminaria de la lampara LED

La AREALIGHT CB EMC PRO de 100 W (Segunda Generación) es una luminaria LED integrada para uso exterior, diseñada específicamente para el alumbrado público, vialidades urbanas y áreas industriales. Destaca por su compatibilidad electromagnética (certificación EMC) que previene interferencias armónicas en las redes eléctricas. Su estructura compacta y ligera está fabricada en aluminio inyectado (acabado de pintura gris RAL9007) de alta disipación térmica y cuenta con un difusor óptico de policarbonato con protección UV que proporciona una distribución de luz asimétrica.

- **Uso:** Alumbrado de vías públicas vehiculares de tránsito medio (como vías Tipo M3), avenidas secundarias, estacionamientos y perímetros exteriores que requieran una distribución fotométrica de gran alcance horizontal sin deslumbramiento.
- **Características Clave de Ingeniería:**
 - Distribución Óptica Asimétrica: Diseñada con una curva fotométrica de tipo *Arealight*, óptima para maximizar la interdistancia entre postes y cubrir calzadas de hasta 8 m de ancho en disposiciones unilaterales.
 - Inmunidad Electromagnética (EMC) y Eléctrica: Su controlador interno (*driver*) aísla los ruidos electromagnéticos hacia la línea, integrando además una protección robusta contra sobretensiones transitorias de hasta 10 kv.
 - Conectividad NEMA: Incorpora de fábrica una base superior tipo NEMA de 3 pines, permitiendo la instalación directa de fotocélulas estándar o nodos para integración de sistemas de control

8.6.1. Especificaciones técnicas

Potencia	100 W
Flujo luminoso	12500lm - 13500lm
Temperatura de color	3000k – 4000k – 5000k – 6500k
Eficacia	125lm/w – 135lm/w
Tensión nominal	100 – 277 V
Factor de potencia	>0.92
Índice de protección	IP66
Protección contra impactos mecánicos	IK08
Atenuable	NO
Índice de reproducción de color (IRC)	>70
Vida útil modelo LED	100 000 h (L70B50@25°C)
Vida útil controlador	50000 h
Distorsión de armónicas (THD)	<20%
Frecuencia	50/60 Hz
Temperatura de operación	-30°C – 50°C
Temperatura de almacenaje	-40°C – 80°C
Garantía	5 años
Protección contra sobretensiones	10Kv (L,N-PE)
Base	NEMA 3
Driver	Interno
Tipo de curva	II Media
Material de la luminaria	Aluminio
Material del difusor	Polycarbonato

Tabla 9. Especificaciones técnicas de la lampara LED

DISEÑO TÉCNICO (mm)

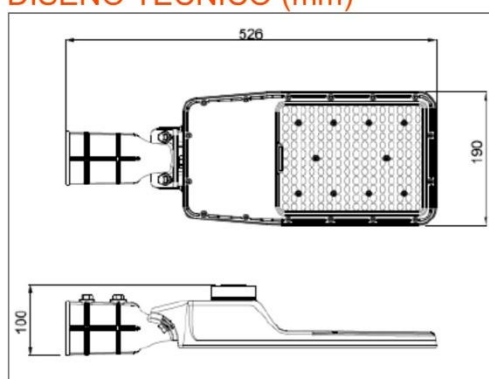


Imagen 10. Diseño técnico de lampara LED

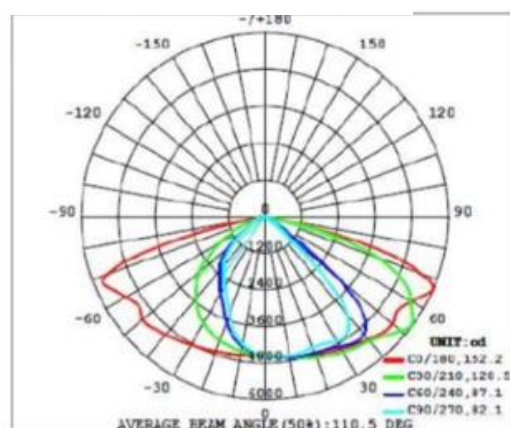


Imagen 11. Diagrama fotométrico de lampara LED

9. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

En cuanto a la explicación operativa del sistema, el control de la iluminación se gestiona mediante un PLC LOGO V8, el cual cuenta con dos modalidades de operación:

- **Modo Automático:** Las luminarias se activan o desactivan en función de los parámetros configurados y las lecturas recibidas por los sensores.
- **Modo Manual:** El encendido y apagado de las luces se realiza directamente a través de un interruptor físico o digital.

Adicionalmente, el programa incluye un sistema de alertas que detecta averías en los sensores, optimizando el diagnóstico técnico y agilizando las labores de reparación.

Por otro lado, la interfaz de usuario (HMI KTP700) dispone de pantallas específicas para monitorear el estado de las luces, ejecutar comandos, ajustar parámetros de sensores y alarmas, y consultar el registro histórico de fallas. Cabe destacar que el procesamiento lógico reside en su totalidad dentro del PLC; la HMI se limita al diseño visual y las animaciones en pantalla, las cuales funcionan vinculándose directamente a las variables internas de dicho PLC.

9.1. Programación del PLC

En la ilustración 1 se representa una sección detallada de la lógica de programación (FBD) para un PLC Siemens LOGO! V8, gestionando una zona de proceso, el procedimiento que se aprecia es la combinación de señales de entrada de sensores digitales y analógicos, marcadores internos y bloques lógicos AND/OR que activan las salidas de control. Finalmente, el esquema incluye bloques matemáticos y de marcadores analógicos que calculan y escalan valores de salida para la gestión del sistema.

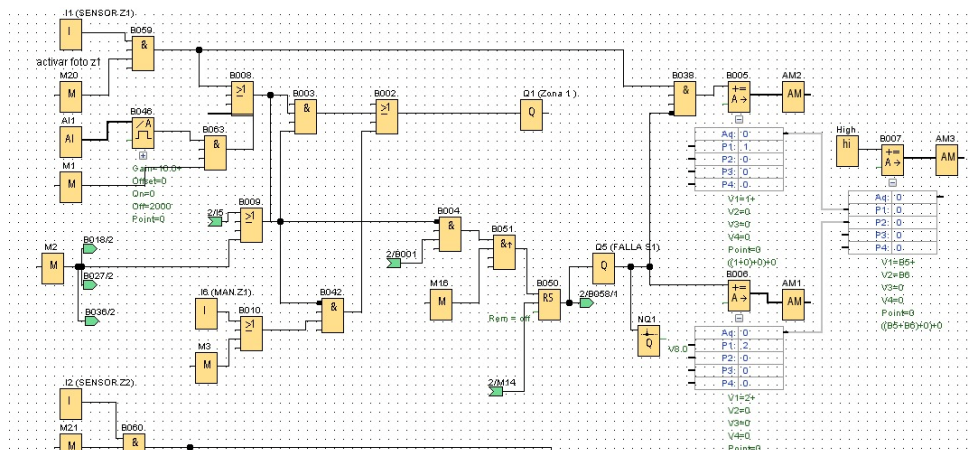


Ilustración 1. Diagrama lógico de funciones desarrollado en el software LOGO Soft – proceso 1

En la ilustración 2 se presenta el proceso de las señales de la Zona 2, combinando la entrada digital del sensor I2, la analógica de AI2 y el control manual I7 para activar la salida Q2 (Zona 2). Simultáneamente, utiliza temporizadores y bloques aritméticos para detectar condiciones de falla (salida Q6) y calcular valores analógicos de salida.

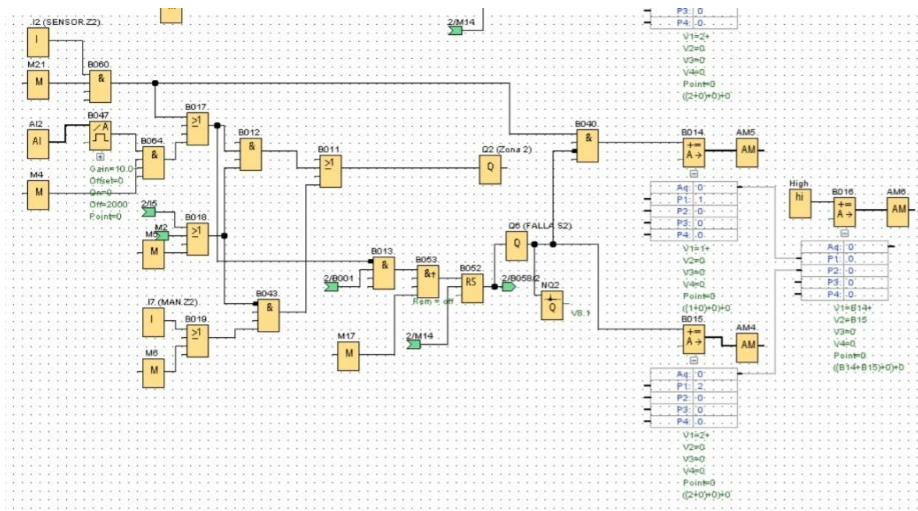


Ilustración 2. Diagrama lógico de funciones desarrollado en el software LOGO Soft – proceso 2

En la ilustración 3 se presenta el proceso donde la lógica evalúa las entradas de la Zona 3 (sensor I3 y marcador analógico AI3) junto con el mando manual I8 para activar la salida de la Zona 3 (Q3), y gestiona la detección de fallas (Q7) mediante temporización y realimentación analógica.

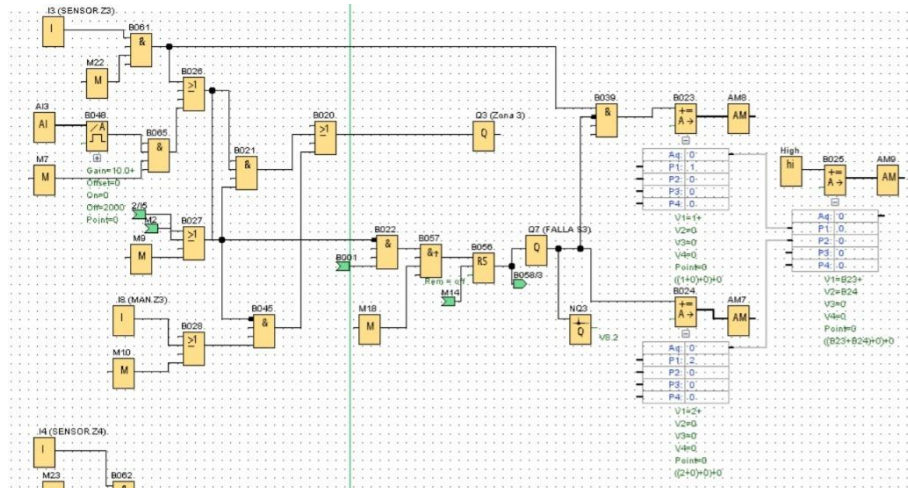


Ilustración 3. Diagrama lógico de funciones desarrollado en el software LOGO Soft – proceso 3

En la ilustración 4 se presenta el proceso de forma paralela a la Zona 3, esta lógica procesa las entradas específicas de la Zona 4 (sensor I4, marcador analógico AI4 y mando manual I9) para controlar su propia salida (Q4) y activar el aviso de fallo correspondiente (Q8) con su propio conjunto de parámetros analógicos.

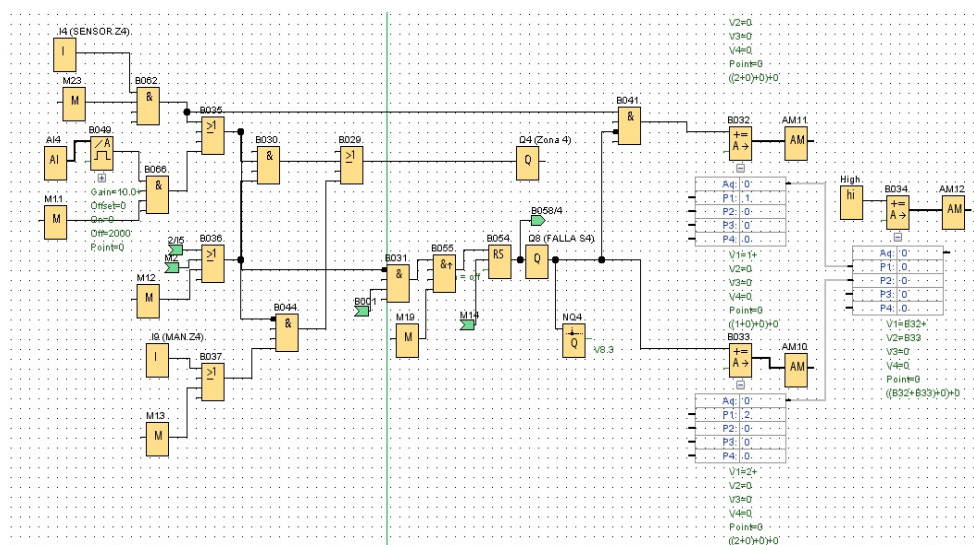


Ilustración 4. Diagrama lógico de funciones desarrollado en el software LOGO Soft – proceso 4

10. ARQUITECTURA DEL SISTEMA AUTOMATIZADO

En TIA Portal se presenta la topología de red Ethernet que interconecta la PC local, el panel HMI SimaticPanel_1 (192.168.0.2) y el controlador LOGO! 8.4_1 (192.168.0.3). La interfaz permite verificar los parámetros de comunicación y establecer la conexión online con los dispositivos configurados. Esta vista facilita el diagnóstico general de la subred para asegurar una correcta transferencia de datos.

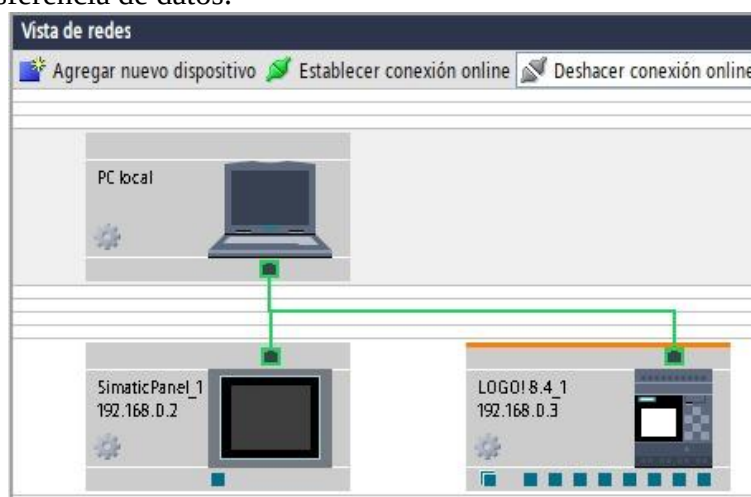


Imagen 12. Vista de redes en el software

Se ejecuta el asistente de transferencia de datos en TIA Portal mediante una interfaz PN/IE para volcar la configuración hacia la pantalla KTP700 Basic. El sistema inicia la búsqueda en la subred Ethernet identificando la dirección de destino y verificando el estado de la conexión física. Este procedimiento asegura la correcta descarga del proyecto gráfico y su posterior sincronización con las variables del PLC.

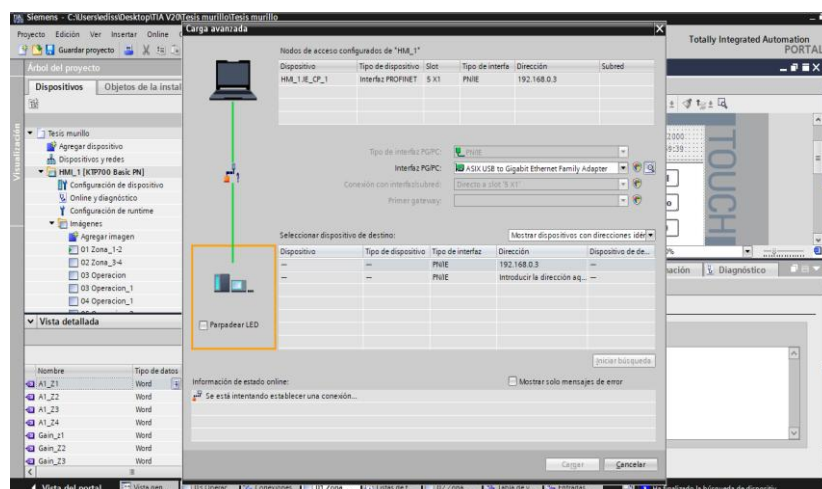


Imagen 13. Programación en el software paso 1

En la ventana de vista preliminar de carga de TIA Portal se realiza la comprobación final de consistencia antes de transferir el proyecto al panel HMI_1. El sistema confirma que los módulos de Runtime e imágenes están listos y solicita autorización para sobrescribir los objetos existentes en el dispositivo. Este paso de verificación previa garantiza la integridad de los archivos gráficos antes de ejecutar el volcado.

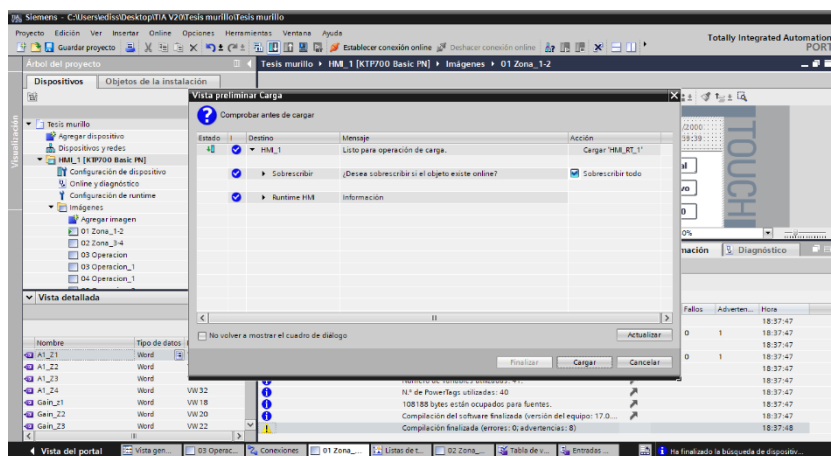


Imagen 14. Programación en el software paso 2

Mediante la ventana de Carga avanzada en TIA Portal, se completa el escaneo de la red Industrial Ethernet a través del adaptador ASIX USB. La búsqueda identifica exitosamente los dispositivos accesibles en la subred, reconociendo el panel HMI en la dirección IP correspondiente. Una vez confirmada la comunicación y recopilada la información de estado, el sistema habilita el botón para iniciar la transferencia de datos.

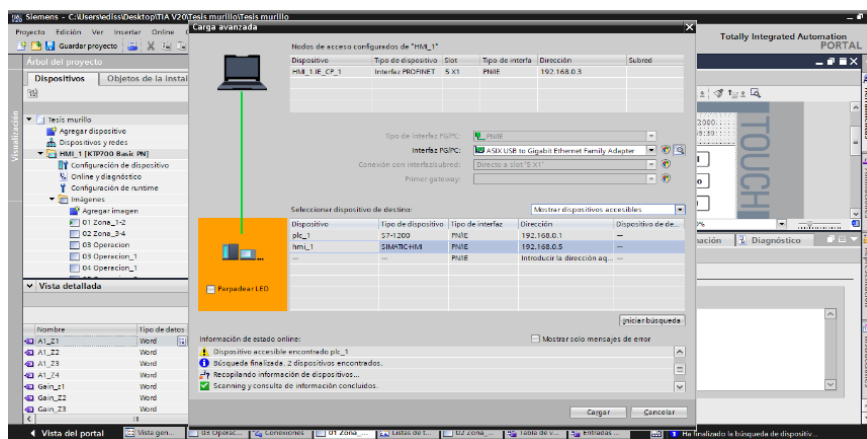


Imagen 15. Programación en el software paso 3

11. DISEÑO DEL TABLERO DE CONTROL

En la siguiente imagen se muestra la vista frontal del tablero didáctico de automatización y control industrial utilizado para las pruebas del sistema. El módulo integra componentes físicos como un PLC Siemens LOGO! V8, pulsadores NA/NC, selectores de posición, luces piloto de señalización, contactores electromagnéticos y bornes para entradas y salidas analógicas. Este equipamiento permite la implementación física y la validación práctica de las señales de mando del proyecto.



Imagen 16. Diseño del tablero de control

Se presenta el diagrama de conexiones eléctricas y ruteo de conductores sobre la interfaz del tablero. Se aprecia el cableado del circuito de control que enlaza los dispositivos de mando (pulsadores y selectores) con las entradas digitales del PLC LOGO! V8, así como la activación de las luces piloto a través de sus salidas. Esta representación define la topología física de conexión utilizada para ejecutar las pruebas operativas del sistema de iluminación.

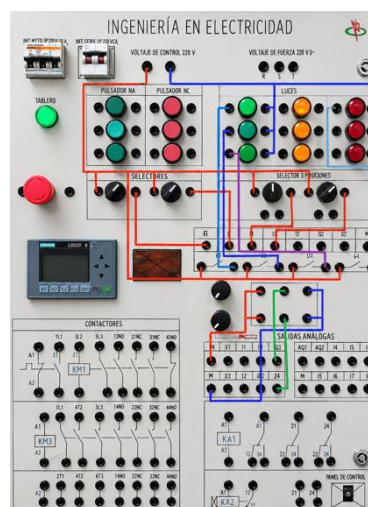


Imagen 17. Conexión del cableado en el tablero de control

Se visualiza la arquitectura física del banco de pruebas dinámico en operación. Se observa la integración del panel HMI ejecutando la supervisión de los circuitos 1 y 2, un controlador Siemens S7-1200 enlazado vía PROFINET, módulos de alimentación LOGO! Power y la instrumentación digital/analógica para la medición de voltaje en tiempo real.



Imagen 18 . Banco de pruebas integrado

En la imagen se presenta el monitoreo en tiempo real de los circuitos 1 y 2 en la pantalla HMI física. La interfaz despliega el estado operativo del sistema en modo automático, la indicación de fotocélulas averiadas, los valores actuales de los sensores analógicos y el estado de activación visual de las luminarias asociadas a cada zona.

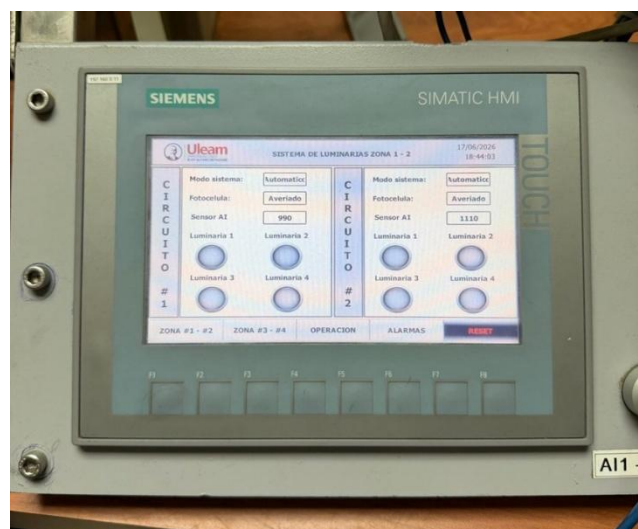


Imagen 19. Descripción de la pantalla HMI física de supervisión

Muestra la vista de diseño del entorno gráfico de la HMI Simatic para la supervisión de los circuitos 1 y 2. La plantilla organiza los campos de estado en modo manual, indicadores de fotocélula y lectura analógica, junto con los actuadores gráficos circulares que representan el estado de encendido o apagado de las cuatro luminarias por circuito.

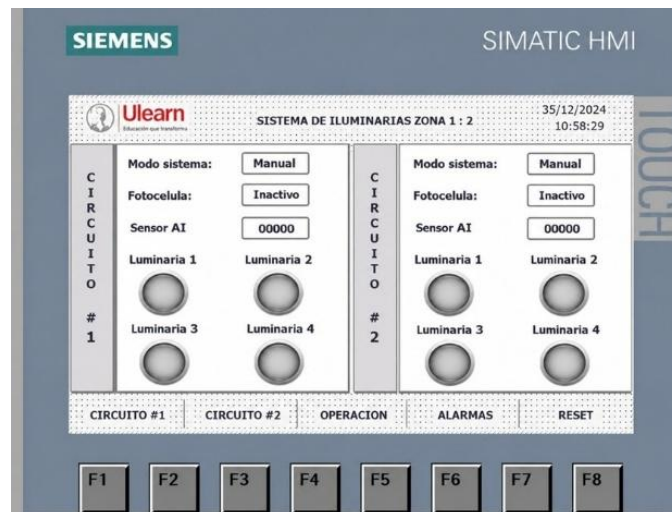


Imagen 20. Descripción para la interfaz de diseño de supervisión (Circuito 1 y 2)

Presenta la pantalla de parametrización del umbral de iluminación en el HMI. Esta interfaz permite al usuario ingresar los valores mínimos de iluminancia (Lux min - On) requeridos para la conmutación de luces en las zonas Z1 a Z4, reservando un bloque de variables para futuras ampliaciones o ajustes de histéresis.

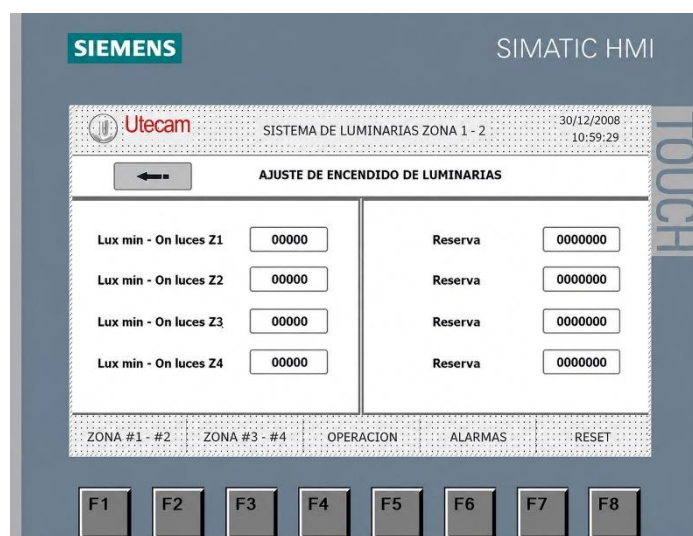


Imagen 21. Descripción para la interfaz Ajuste de Encendido de Luminarias

Se presenta la pantalla de configuración del HMI Simatic dedicada al ajuste de parámetros de instrumentación. En este entorno el operador define los límites máximos y mínimos de medición para los sensores analógicos de las zonas Z1 a Z4, garantizando una correcta calibración del rango de lectura dentro del sistema de control.

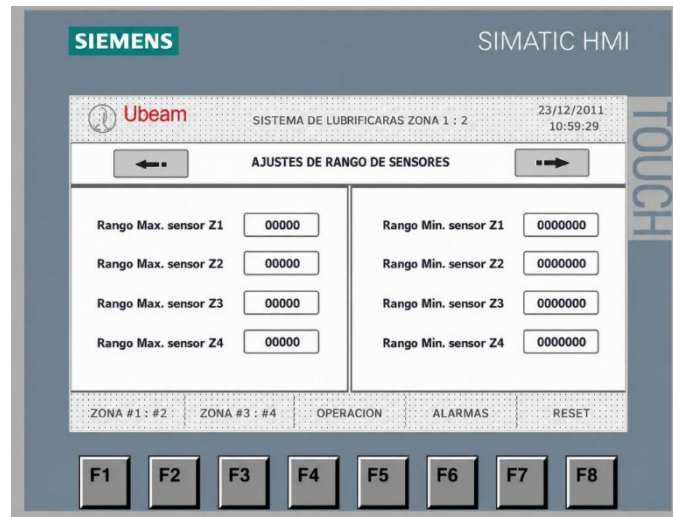


Imagen 22. Descripción para la interfaz - Ajustes de Rango de Sensores

12. RESULTADOS

Mediante un plano en AutoCAD, se presenta la distribución eléctrica inicial del sistema de alumbrado público, dividiendo el circuito mediante varios transformadores (T1 a T6) a lo largo de la calle 16. En este esquema, los tramos de luminarias (L1 a L17) se alimentan directamente desde los transformadores distribuidos en los cruces de avenidas y calles principales, con sus correspondientes distancias interpostales.

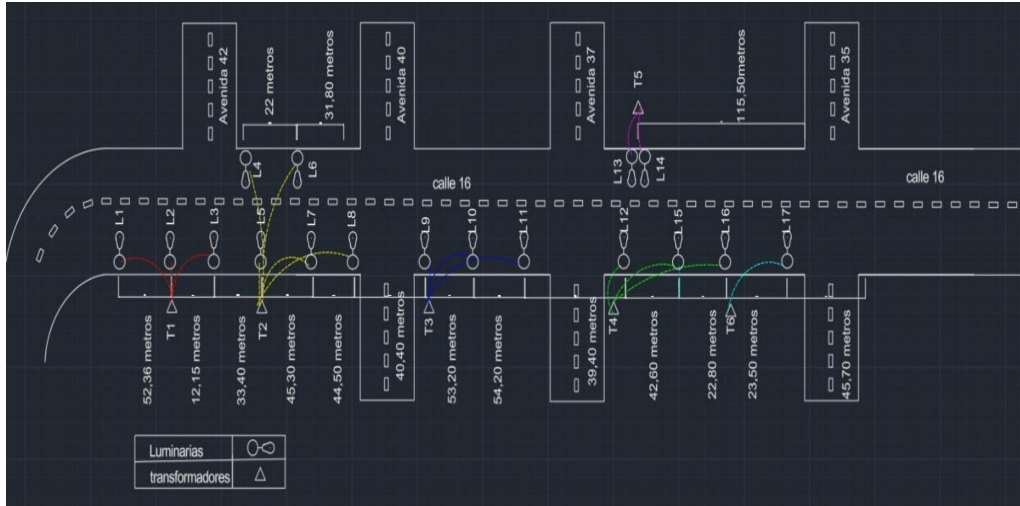


Imagen 23. Plano actual de la situación lumínica de la calle 16 - Distribución por Transformadores

Así también en AutoCAD se presenta la propuesta automatizada, donde las luminarias (L1 a L23) se encuentran agrupadas y sectorizadas por zonas de control (Q1 a Q4) gestionadas mediante un PLC. El diseño detalla la distribución de carga equilibrada, las distancias de separación entre luminarias y la centralización de las líneas de alimentación hacia el cuadro de control programable.

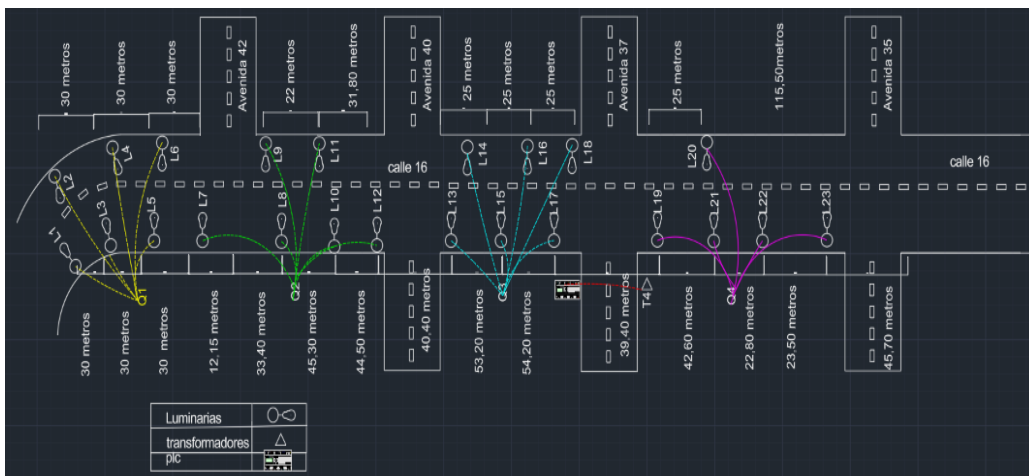


Imagen 24. Plano mejorado acerca de las luminarias de la zona de estudio de la calle 16 - Sectorización por Zonas / PLC

12.1. Comparación de los resultados

Las imágenes nos presentan el aumento de luminarias y por ende mayor énfasis en una mayor eficiencia por las luminarias led proyectadas, tenemos como referencia la implementación de PLC para el control de las misma, en donde podemos observar está marcado por 4 zonas en donde cada zona nos hace referencia una salida del PLC, para mayor control y mayor eficiencia en lo que respecta el control de las luminarias, como dato referencial utilizamos como alimentador principal en este proyecto es el transformador t4 donde tiene una capacidad de 50 kva, para no asumir cargas en los otros transformadores ya dispuesto por cada zona.

Salidas del PLC	luminarias	Potencia led unitaria	Potencia total
Q1	L1-12-13-14-15-16	100 w	100 w x 6 = 600 w
Q2	L7-18-19-110-111-112	100 w	100 w x 6 = 600 w
Q3	L13-114-115-116-117-118	100 w	100 w x 6 = 600 w
Q4	L19-120-121-122-123	100 w	100 w x 5 = 500 w

Tabla 10. Resumen de potencia y luminarias controladas por salida de PLC

12.1.1. Resultados comparativos de valores lumínicos en la calle 16. avenida 42 (circuito 1)

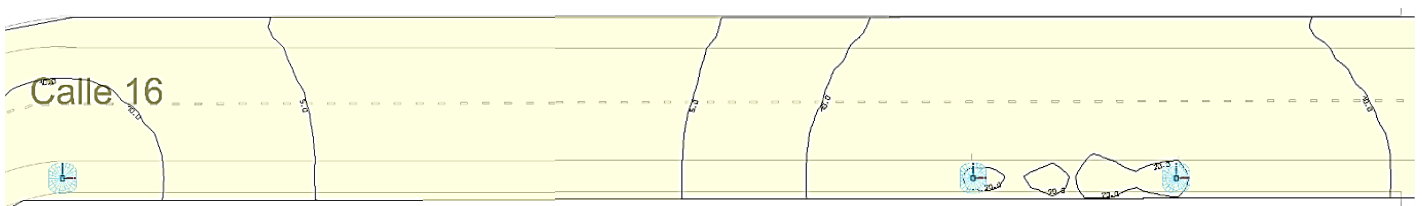


Imagen 25. plano calle actual

La situación actual de las luminarias podemos observar que cuenta con valores plasmado de niveles lumínicos en la calzada muy pobre alrededor de 10 lx en la primera luminaria , segunda y tercera luminaria alrededor de 23 lx , en donde se refleja que existe una mayor diferencia y esto es por la distancia que se encuentra distribuida en la situación actual , en cambio plasmaremos la simulación de la mejora de las luminarias proyectadas en donde existe una mejora de lx , en cada luminaria alrededor de 50 lx , aumentando la visibilidad y sobre todo aumentando el rango de luminancia en la calle.

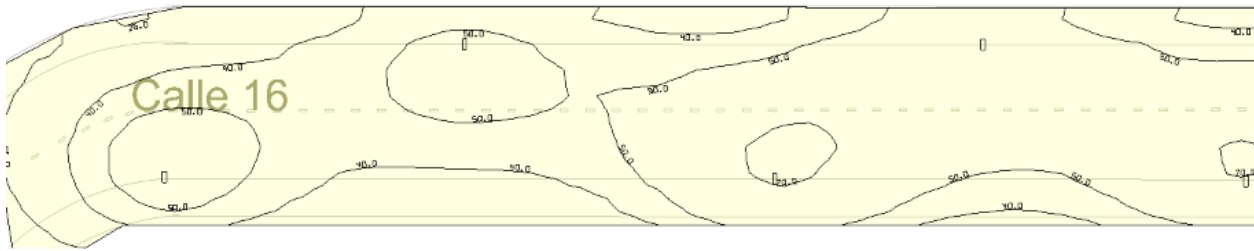


Imagen 26 . Plano calle 16 proyectado

12.1.2. Resultados comparativos de valores lumínicos en la calle 16. avenida 42 - 40 (circuito 2)

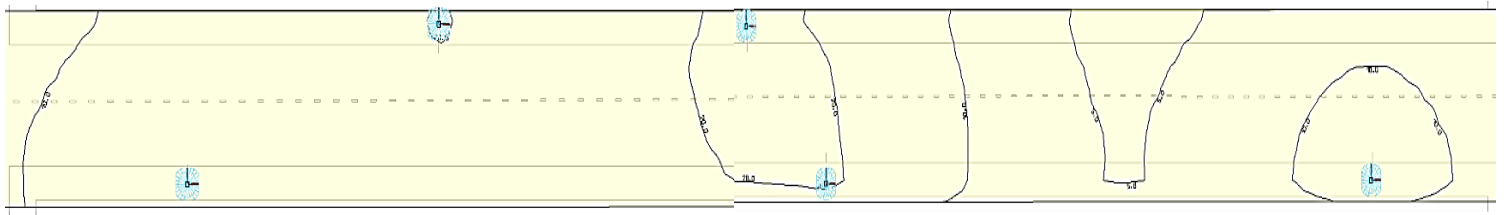


Imagen 27. Plano actual de la calle 16 calle 42 -40

El rediseño de la calle 16 de la avenida 42 al 40 del sistema de alumbrado permite pasar de niveles de iluminancia cercanos a **10 lx** en la situación actual a valores aproximados de **50 lx** en la condición proyectada, esto los niveles lumínicos han aumentado el significativo en la calidad de iluminación de la vía y contribuyendo a mejorar la seguridad, el confort visual y la percepción del entorno urbano durante las horas nocturnas.



Imagen 28. Plano proyectado de la calle 16 calle 42 -40

12.1.3. Resultados comparativos de valores lumínicos en la calle 16. avenida 40 - 37 (circuito 3)

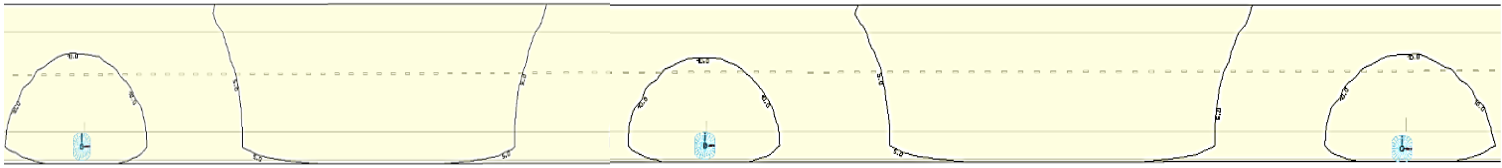


Imagen 29. Plano actual de la calle 16 calle 40 -37

La vía de la calle 16 de la avenida 40 hasta la 37, cuenta con tres luminarias, las cuales presentan una separación considerable entre sí, generando niveles de iluminancia cercanos a 10 lx y una distribución de luz poco uniforme sobre la calzada. Para mejorar estas condiciones, en la propuesta proyectada se incorporaron dos luminarias adicionales, aumentando el total a cinco luminarias. Con esta nueva distribución se logra una mejor cobertura lumínica, alcanzando valores aproximados de 50 lx, lo que reduce las zonas oscuras y mejora la visibilidad y seguridad de los usuarios de la vía.



Imagen 30. Plano proyectado de la calle 16 calle 40 -37

12.1.4. Resultados comparativos de valores lumínicos en la calle 16. avenida 37 – 35 (circuito 4)

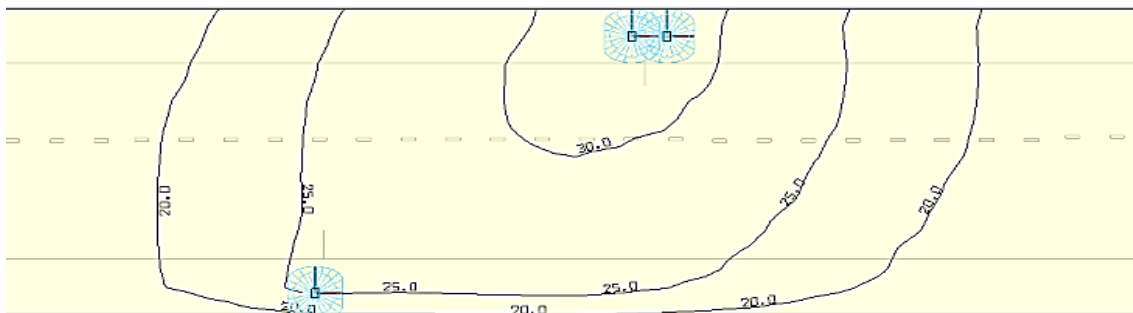


Imagen 31. plano actual de la calle 16 calle 37-35 (imagen referencial de las dos luminarias de la misma calle)

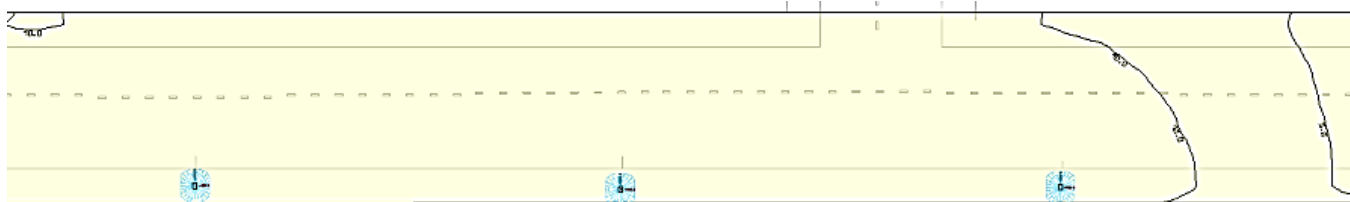


Imagen 32. Plano actual de la calle 16 calle 37 -35 del resto de la vía

La vía cuenta con cinco luminarias; sin embargo, debido a que su distribución no es la adecuada y existen distancias irregulares entre ellas, los niveles de iluminancia sobre la calzada varían significativamente, registrándose valores de aproximadamente 10 lx y 30 lx. Esta condición genera una iluminación poco uniforme y la presencia de zonas con menor visibilidad. En la propuesta proyectada se realizó un rediseño de la ubicación y el vano entre luminarias, optimizando su distribución a lo largo de la vía.

Como resultado, se obtiene una mejor cobertura lumínica y una distribución más homogénea de la luz, alcanzando niveles de iluminancia cercanos a 50 lx, lo que contribuye a reducir las zonas oscuras y mejorar las condiciones de visibilidad y seguridad para los usuarios de la vía.



Imagen 33. Plano proyectado de la calle 16 calle 37 -35

12.2. Gráficos comparativas del rendimiento lumínico y eficiencia: Tecnología de Sodio vs. LED

En el gráfico 1 se evidencia el perfil de iluminancia del sistema de alumbrado actual basado en tecnología de sodio. Se observa una marcada irregularidad en los niveles de luz a lo largo de las 17 luminarias, registrando picos excesivos de más de 100 lux y caídas severas cercanas a 0 lux. Esta alta variabilidad evidencia una distribución lumínica deficiente, con zonas sobreiluminadas e puntos ciegos o de penumbra.

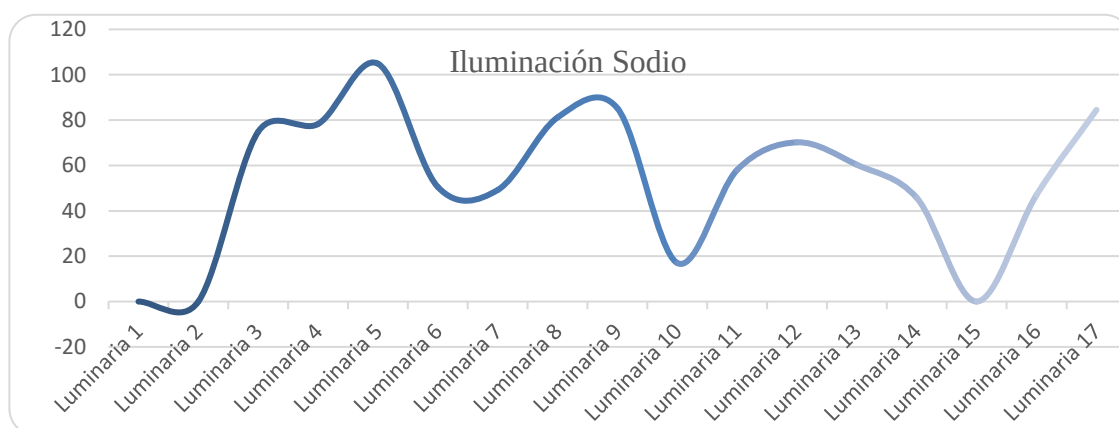


Gráfico 1. Representación del sistema actual (medido) - iluminación sodio

En el gráfico 2, se muestra el perfil de iluminancia del sistema propuesto mediante tecnología LED automatizada a lo largo de 23 luminarias. A diferencia del sistema de sodio, se aprecia una curva significativamente más estable y homogénea, manteniendo los niveles de iluminación dentro de un rango controlado entre 45 y 55 lux. Esta uniformidad garantiza un óptimo confort visual, eliminación de zonas oscuras y mayor eficiencia energética.

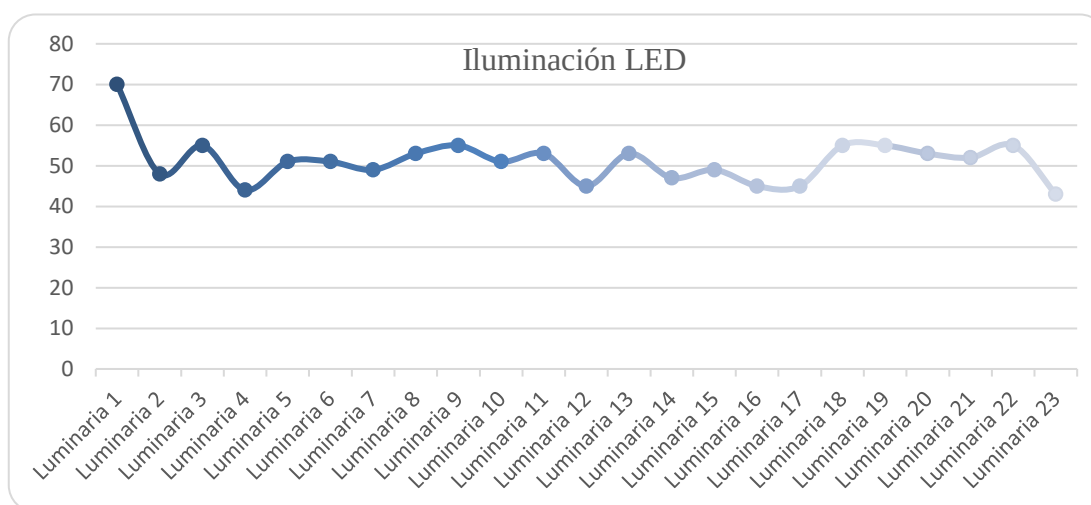


Gráfico 2. Representación del sistema objetivo (software) – iluminación LED

12.3. Evaluación de la eficiencia operacional y viabilidad: Luminaria convencional de sodio vs. Alternativa LED

En la siguiente tabla se evalúa una lámpara tradicional de sodio de 150 W frente a una alternativa LED de 100 W. La tecnología de sodio registra una potencia real de 172.5 W debido a pérdidas operativas, por el contrario, la luminaria LED mantiene un consumo real eficiente y fijo de 100 W. Esta diferencia reduce la demanda de energía diaria, semanal, mensual y anual de forma directa, es así como el consumo mensual disminuye sustancialmente de 62.10 kWh a 36.00 kWh con el cambio tecnológico.

Finalmente, en términos financieros el gasto operativo anual por punto de luz baja de \$75.58 a \$43.80. Como resultado principal, la implementación LED consolida un ahorro energético global del 42.03%.

Parámetro	Sodio 150 W (HPS)	LED 100 W	Ahorro con LED
Potencia nominal	150 W	100 W	—
Potencia real consumida	172.5 W (0.1725 kW)	100 W (0.10 kW)	72.5 W
Consumo diario	2.07 kWh/día	1.20 kWh/día	0.87 kWh/día
Consumo semanal	14.49 kWh/sem	8.40 kWh/sem	6.09 kWh/sem
Consumo mensual (30 días)	62.10 kWh/mes	36.00 kWh/mes	26.10 kWh/mes
Consumo anual	755.78 kWh/año	438.00 kWh/año	317.78 kWh/año
Costo diario (0.10 USD/kWh)	\$0.21	\$0.12	\$0.09
Costo semanal	\$1.45	\$0.84	\$0.61
Costo mensual	\$6.21	\$3.60	\$2.61
Costo anual	\$75.58	\$43.80	\$31.78
% de ahorro energético	—	—	42.03 %

Tabla 11. Análisis comparativo de consumo y costos entre dos tecnologías lumínicas

13. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos se concluye lo siguiente en cuanto al objetivo general del proyecto, El diagnóstico técnico realizado en la calle 16 (desde la Av. 35 hasta la Av. 42) permitió determinar que el sistema de alumbrado público actual presenta obsolescencia tecnológica, operando con luminarias de vapor de sodio de alta presión (HPS) de 150 W que registran pérdidas energéticas elevadas por balastos y un desgaste crítico en sus condiciones operativas.

Adicionalmente se concluye cada uno de los objetivos planteados en el proyecto donde:

- El diagnóstico técnico realizado en la calle 16 (desde la Av. 35 hasta la Av. 42) permitió determinar que el sistema de alumbrado público actual presenta obsolescencia tecnológica, operando con luminarias de vapor de sodio de alta presión (HPS) de 150 W que registran pérdidas energéticas elevadas por balastos y un desgaste crítico en sus condiciones operativas.
- Se diseñó con éxito la arquitectura de control automatizado utilizando un Controlador Lógico Programable (PLC), logrando segmentar la carga total de 23 luminarias en cuatro circuitos independientes (salidas Q1 a Q4). Esto garantiza una gestión precisa, un encendido/apagado optimizado y un control por sectores en el tramo de estudio
- El modelado y simulación lumínica mediante el software DIALux facilitó la comparación matemática y visual entre ambos escenarios, demostrando que la transición a luminarias LED de 100 W no solo cumple con los niveles de iluminancia requeridos para las vías, sino que disminuye drásticamente el exceso de potencia instalada
- El análisis de los resultados simulados confirmó un impacto positivo contundente, consolidando un ahorro energético del 42.03% en comparación con el sistema anterior. Esto reduce el consumo mensual por luminaria de 62 kWh a 36 kWh, traduciéndose en una reducción directa de costos operativos anuales de \$75,58 a \$43,80 por punto de luz
- La propuesta técnica final demuestra ser totalmente viable y segura, integrando componentes que se ajustan a las exigencias normativas y de protección eléctrica, garantizando un alumbrado público moderno, sustentable y eficiente para la ciudad de Manta

14. RECOMENDACIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en este proyecto se recomienda lo siguiente:

- Proceder con la sustitución física de las lámparas de sodio de 150 W por las luminarias LED de 100 W validadas en DIALux, con el fin de materializar de manera inmediata el 42.03% de ahorro en el tramo de la calle 16
- Configurar el PLC utilizando bloques de tiempo precisos adaptados a las condiciones de Manta, e integrar sensores de luminosidad (fotocélulas) como respaldo en las entradas digitales del autómatas para evitar encendidos diurnos accidentales ante días nublados
- Realizar mediciones de armónicos y factor de potencia una vez energizado el nuevo sistema LED, ya que las fuentes electrónicas (drivers) pueden introducir distorsiones en la red que deben ser mitigadas para prolongar la vida útil del PLC y de las propias luminarias
- Finalmente, aprovechar la centralización del control en el PLC para diseñar un plan de mantenimiento predictivo y correctivo, facilitando la detección rápida de fallas en cualquiera de las salidas de los cuatro circuitos diseñados

15. RECURSOS

Para la ejecución del proyecto, se requiere de un equipo multidisciplinario compuesto por el investigador y un tutor especialista en automatización. El soporte tecnológico se basa en el uso de ordenadores de alta capacidad para el procesamiento de simulaciones en el software DIALux y el desarrollo de la lógica de control para el PLC mediante entornos de programación específicos. Finalmente, se emplean recursos documentales y técnicos que incluyen catálogos fotométricos de luminarias LED, datos operativos de la red eléctrica local y el marco normativo establecido por la Regulación hoy ARCONEL y los estándares internacionales de iluminación.

16. ANEXOS



Foto 1 y 2. Identificación física de la infraestructura y ubicación de las luminarias convencionales en la zona del proyecto, calle 16 - Manta



Foto 3 y 4. Toma de datos en campo y diagnóstico técnico de las condiciones operativas de las luminarias en la calle 16 – Manta

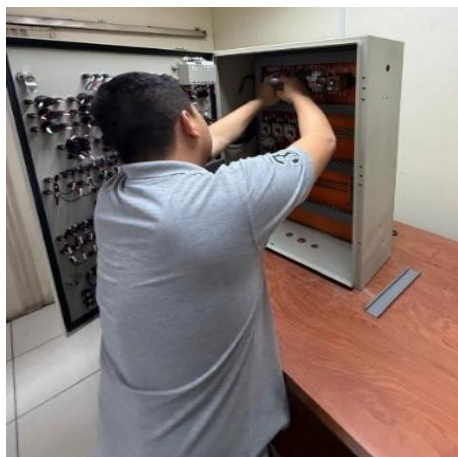


Foto 5 y 6. Fase de montaje, conexión eléctrica y programación del controlador lógico programable (PLC) en el tablero de control

ANEXO

RESOLUCIÓN NRO. ARCERNNR-020/2023

REGULACIÓN NRO. ARCERNNR-007/23

**EL DIRECTORIO DE LA AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ENERGÍA Y
RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES - ARCERNNR**

Considerando:

- Que**, el artículo 313 de la Constitución de la República del Ecuador dispone: «el Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia (...). Se consideran sectores estratégicos la energía en todas sus formas (...);»;
- Que**, la Constitución de la República del Ecuador, publicada en el Registro Oficial Nro. 449 de 20 de octubre de 2008, preceptúa en su artículo 314 que el Estado será responsable de la provisión de servicios públicos, entre otros, el de energía eléctrica, de acuerdo con los principios de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad;
- Que**, el artículo 321 de la Constitución de la República del Ecuador preceptúa que «El Estado reconoce y garantiza el derecho a la propiedad en sus formas pública, privada, comunitaria, estatal, asociativa, cooperativa, mixta, y que deberá cumplir su función social y ambiental»;
- Que**, en el Tercer Suplemento del Registro Oficial Nro. 418 del 16 de enero de 2015, se promulgó la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica (LOSPPE), la cual tiene por objeto garantizar que el servicio público de energía eléctrica cumpla los principios constitucionales de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad, calidad, sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia;

Imagen 34. Resolución NRO. ARCENNR – 020/2023

RESOLUCIÓN NRO. ARCONEL-029/25

EL DIRECTORIO DE LA AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ELECTRICIDAD, ARCONEL

Considerando:

- Que**, el artículo 66 de la Constitución de la República del Ecuador preceptúa: *“Se reconoce y garantizará a las personas:(...) El derecho a acceder a bienes y servicios públicos y privados de calidad, con eficiencia, eficacia y buen trato, así como a recibir información adecuada y veraz sobre su contenido y características (...)”;*
- Que**, el literal l) del numeral 7 del artículo 76 de la Constitución de la República del Ecuador establece: *“Las resoluciones de los poderes públicos deberán ser motivadas. No habrá motivación si en la resolución no se enuncian las normas o principios jurídicos en que se funda y no se explica la pertinencia de su aplicación a los antecedentes de hecho. Los actos administrativos, resoluciones o fallos que no se encuentren debidamente motivados se considerarán nulos. (...)”;*
- Que**, el artículo 82 de la Constitución de la República del Ecuador dispone que: *“El derecho a la seguridad jurídica se fundamenta en el respeto a la Constitución y en la existencia de normas jurídicas previas, claras, públicas y aplicadas por las autoridades competentes”;*
- Que**, el artículo 226 de la Constitución de la República del Ecuador dispone: *“Las instituciones del Estado, sus organismos, dependencias, las servidoras o servidores públicos y las personas que actúen en virtud de una potestad estatal ejercerán solamente las competencias y facultades que les sean atribuidas en la Constitución y la Ley. Tendrán el deber de coordinar acciones para el cumplimiento de sus fines y hacer efectivo el goce y ejercicio de los derechos reconocidos en la Constitución.”;*

Imagen 35. Resolución NRO. ARCONEL – 029/2025



DOCUMENTOS DESARROLLADOS:

- SECCIÓN 1: MARCO TEÓRICO PARA LA HOMOLOGACIÓN DE LAS UNIDADES DE PROPIEDAD (UP) Y UNIDADES DE CONSTRUCCIÓN (UC) DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA**
- SECCIÓN 2: MANUAL DE LAS UNIDADES DE CONSTRUCCIÓN**
- SECCIÓN 3: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MATERIALES Y EQUIPOS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN**
- SECCIÓN 4: SIMBOLOGÍA DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN**

ELABORADO POR: COMISIÓN DE HOMOLOGACIÓN

Ing. Marco Salao

Ministerio de Electricidad y Energía marco.salao@meer.gob.ec
Renovable del Ecuador MEER

Imagen 36. Homologación de las Unidades de Propiedad (UP) y Unidades de Construcción (UC) del sistema de distribución eléctrica



Memorando Nro. CNEL-DAP-2025-0029-M

Guayas, 29 de agosto de 2025

PARA:

- Sr. Ing. Gonzalo Fabián Romero Torres
Jefe de Alumbrado Público - EOR
- Sra. Mgs. Andrea Denisse Bastidas Morejon
Líder de Alumbrado Público, Subrogante - GYE
- Sr. Ing. Carlos Manuel Ordoñez Cedeño
Líder de Alumbrado Público - LRS
- Sr. Cristhian Andres Gavino Morales
Líder de Alumbrado Público, Subrogante - MLG
- Sr. Mgs. Cristhian Jonathan Loor Mendoza
Líder de Alumbrado Público, Encargado - MAN
- Sr. Ing. David Ivan Vera Cusme
Líder de Alumbrado Público - ESM
- Sr. Ing. Juan Andres Castañeda Chate
Líder de Alumbrado Público - SUC
- Sr. Ing. Raul Enrique Vacacela Ochoa
Líder de Alumbrado Público - STE
- Sr. Mgs. Rodrigo Froilan Sola Pazmiño
Líder de Alumbrado Público - STD
- Sr. Mgs. Victor Arturo Torres Ponguillo
Líder de Alumbrado Público, Encargado - GLR
- Sr. Ing. Wilson Rene Martinez Zambrano
Líder de Alumbrado Público - BOL

ASUNTO: Lineamientos para la adquisición directa o indirecta de luminarias LED para Alumbrado Público

Imagen 37. Lineamientos para la adquisición directa o indirecta de luminarias LED para Alumbrado Público

17. BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables [ARCERNNR]. (2023). *Regulación Nro. ARCERNNR-007/23: Prestación del Servicio de Alumbrado Público General*. Registro Oficial de la República del Ecuador.
- Albarado Merchán, D. F. (2017). Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo de los equipos críticos de las principales subestaciones de la Empresa de Energía de Boyacá SAESP aplicado por la Empresa Asistencia Técnica Industrial Ltda.
- Alcívar-Centeno, J. R., Loor-Chalar, W. R., Vargas-Quiñonez, H. J., Quiñónez-Guagua, E. F., & Gresely-Santi, F. A. (2023). Análisis del sistema de alumbrado público de tipo sodio, mercurio y led con paneles fotovoltaicos. *Ibero-American Journal of Engineering & Technology Studies*, 3(1), 333-341
- Alcívar-Centeno, J. R., Loor-Chalar, W. R., Vargas-Quiñonez, H. J., Quiñónez-Guagua, E. F., & Gresely-Santi, F. A. (2023). Análisis del sistema de alumbrado público de tipo sodio, mercurio y led con paneles fotovoltaicos. *Ibero-American Journal of Engineering & Technology Studies*, 3(1), 333-341
- Aller Martinez, Y. (2024). Análisis comparativo energético de lámparas convencionales y tecnología led en el alumbrado público de la ciudad de Písac-Cusco, 2022
- Alonzo, P. F. (2025). *Facultad de química* (doctoral dissertation), Universidad Nacional Autónoma de México)
- Becerril del Olmo, J. (2017). Proyecto de mejora en la iluminación, eficiencia energética y control del flujo luminoso de la EPS Universidad Carlos III de Madrid
- Cadena Silva, S. A. (2019). Análisis comparativo de herramientas de cálculo para el diseño técnico y económico eficiente de sistema de iluminación en zona deportiva entre el software Ulysse y Dialux.
- Calvache Briceño, C. D., Gutierrez Chacon, J. A., & Lozano Herran, H. S. (2024). Electry Sopó: instalación lumínica para ciclo rutas

- Caminos, J. (2011). Criterios de diseño en iluminación y color. *Santa Fe, edUTecNe*
- Campos Freire, C. G. (2017). Auditoría energética del sistema eléctrico en la cooperativa San Francisco La Matriz y planteamiento de incorporación de un tablero de transferencia automática
- Castro Guaman, M. P., & Posligua Murillo, N. C. (2015). *Diseño de iluminación con luminarias tipo Led basado en el concepto eficiencia energética y confort visual, implementación de estructura para pruebas* (Bachelor's thesis)
- Chabla Auqui, L. L., & Córdova Erráez, D. F. (2015). Eficiencia energética en el alumbrado público del Centro Histórico de Cuenca: telegestión y sustitución de luminarias.
- DIAL GmbH. (2024). DIALux: El software estándar para la planificación de la iluminación. Recuperado de <https://www.dialux.com>
- Diego Alberto, H. C., & Reyes Fajardo, I. R. (2024). Impacto ambiental en la disposición final de dispositivos de almacenamiento y generación de energías renovables
- Galarza Loja, B. X., & Sanango Jerez, D. J. (2025). *Diseño del sistema de alumbrado público con tecnología LED en la calle Ignacio Jaramillo del cantón Gualaceo provincia del Azuay* (Bachelor's thesis)
- Gozalo San José, D. (2017). Estudio del flujo luminoso para la estabilidad de luminarias.
- Inca Morales, P. I. (2023). *Índice de iluminación aplicando normativa iberoamericana para determinar distancia de visibilidad en accesos a túneles del corredor vial e-30''* (Bachelor's thesis, Riobamba, Universidad Nacional de Chimborazo).
- Jáuregui Regalado, O. S., & Apolo Martinez, N. J. (2025). *Diseño y evaluación técnica de viviendas unifamiliares desde la perspectiva de sismo resistencia: comparación entre guadua y hormigón como materiales de construcción* (Bachelor's thesis)
- Mathias-Rettig, K., & Ah-Hen, K. (2014). El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *Agro sur*, 42(2), 57-66

- Parra Oña, C. F., & Moreno Moreno, A. E. (2019). *Diseño e implementación de dos módulos educativos, basados en dispositivos de maniobra y relé programable (Logo)* (Bachelor's thesis, Quito, 2019).
- Pastroán García, J. M. (2018). Diseño de un sistema de realimentación optoelectrónico en lazo cerrado para el control del flujo luminoso de las luminarias LED de viario público
- Reyes García, N. S. (2024). Implementación de un automatismo de control programable en los laboratorios del área eléctrica.
- Rodríguez Ruiz, D. F., & Macías González, D. F. (2021). Planteamiento de programa de eficiencia energética enfocado a iluminación en la Facultad de Artes (ASAB) de la Universidad Distrital usando el software DIALux EVO®.
- Sánchez, H. A. S., Tarango, L. A., Rangel, H. S. S., & Ortega, V. I. B. (2024). Diseño del sistema de gestión inteligente para eficientar el uso de la energía a través de la automatización de un edificio en una Institución Superior. *Revista Electrónica sobre Tecnología, Educación y Sociedad*, 11(22).
- Silva Cala, Y. (2017). *Gestión de mantenimiento de alumbrado público utilizando sistemas de información geográficos* (Doctoral Dissertation, Tesis en opción al título académico de Máster en Electromecánica)
- Tomalá Quimis, E. J. (2024). *Sistema domótico basado en microcontroladores para el control de lámparas led en la Unidad Educativa Fiscal Puerto Cayo* (Bachelor's Thesis, Jipijapa-Unesum)
- Vera Mendez, J. (2018). *Análisis de los impactos ambientales asociados a la implementación de los planes posconsumo en Colombia* (Doctoral dissertation)