



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**GESTIÓN INTELIGENTE DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN EXTERIOR PARA
EFICIENCIA ENERGÉTICA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Eléctrico

AUTORES: OSCAR GABRIEL ALVAREZ MUYUDUMBAY
LESLIE PATRICIA MENDIA IDROVO
TUTOR: ING. JORGE LUIS ROJAS ESPINOZA, MER.

Cuenca - Ecuador
2023

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Oscar Gabriel Alvarez Muyudumbay con documento de identificación N° 0302592425 y Leslie Patricia Mendia Idrovo con documento de identificación N° 0203709548; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 01 de noviembre del 2023

Atentamente,



Oscar Gabriel Alvarez Muyudumbay

0302592423



Leslie Patricia Mendia Idrovo

0302709548

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Oscar Gabriel Alvarez Muyudumbay con documento de identificación N° 0302592425 y Leslie Patricia Mendia Idrovo con documento de identificación N° 0302709548, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Gestión inteligente de un sistema de iluminación exterior para eficiencia energética”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 01 de Noviembre del 2023

Atentamente,



Oscar Gabriel Alvarez Muyudumbay

0302592423



Leslie Patricia Mendia Idrovo

0302709548

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Jorge Luis Rojas Espinoza con documento de identificación N° 0301575866, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: GESTIÓN INTELIGENTE DE UN SISTEMA DE ILUMINACION EXTERIOR PARA EFICIENCIA ENERGETICA, realizado por Oscar Gabriel Alvarez Muyudumbay con documento de identificación N° 0302592423 y por Leslie Patricia Mencia Idrovo con documento de identificación N° 0302709548, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 01 de noviembre del 2023

Atentamente,



Ing. Jorge Luis Rojas Espinoza, MER.

0301575866

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la fortaleza que me brindo y permitirme culminar mi carrera. A mis padres, mis hermanos quienes me han apoyado siempre a lo largo de mi vida con sus consejos y sabiduría. Un sincero agradecimiento al Ing. Jorge Rojas por su ayuda en el transcurso del desarrollo del proyecto de titulación. Al personal de la Empresa Eléctrica Azogues C.A., quienes estuvieron predispuestos a colaborar en todo momento durante este proceso. A mi amiga Leslie que de manera conjunta alcanzamos esta meta. .

Oscar A.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiarme, no abandonarme y permitirme culminar mi carrera. A mis padres, mis hermanas y hermano quienes me han apoyado a lo largo de mi vida y ser mi fortaleza en los momentos de debilidad. Un sincero agradecimiento al Ing. Jorge Rojas por su ayuda en el transcurso del desarrollo del proyecto de titulación. Al personal de la Empresa Eléctrica Azogues C.A., quienes estuvieron predispuestos a colaborar en todo momento durante este proceso. A mi compañero de tesis que de manera conjunta alcanzamos esta meta.

Leslie M.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, quien me dio esta gran oportunidad de estudio y permitir conocer a las personas correctas. A mi madre Rosa quien me brindo su total apoyo en cada instante de mi carrera y a mi padre Manuel, quien me enseñó el esfuerzo de cada uno de los actos que realizamos en nuestra vida. A mis hermanas Nelly y Elena quienes me brindaron sus consejos a mis hermanos Nelson y Javier ejemplos de perseverancia y dedicación en el diario vivir.

Oscar A.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, quien me ha dado la fuerza necesaria para cumplir un logro de muchos que me he planteado. A mis padres Jenny y Patricio, quienes con su ejemplo, sabiduría y lucha constante me han demostrado que todo se puede lograr con esfuerzo y amor. A mis hermanas Erika, María Fernanda y mi hermano Steven por todo el cariño y apoyo que me brindan todos los días.

Leslie M.

Glosario

EEACA: Empresa Eléctrica Azogues C.A.

EERSSA: Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A.

ARCONEL: Agencia de Regulación y Control de Electricidad.

RTE INEN 069: Reglamento Técnico Ecuatoriano 069.

MEER: Ministerio de Electricidad y Energía Renovable.

CONELEC: Consejo Nacional de Electricidad.

MERNNR: Ministerio de Energías y Recursos Naturales No Renovables.

INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

CIE: Comisión Internacional de Iluminación.

CNEL: Corporacion Nacional de Electricidad.

SNEE: Sistema Nacional de Eficiencia Energética.

NEMA: Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos.

IEEE: Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.

FCC: Comision General de Comunicaciones.

IEC: Comisión Electrotécnica Internacional.

AGP: Alumbrado Público General.

SAP: Sistema de Alumbrado Público.

SEP: Sistema Eléctrico de Potencia.

EE: Eficiencia Energética.

LED: Diodo Emisor de Luz.

Uo: Uniformidad General de Luminancia de la Calzada.

UL: Uniformidad Longitudinal sobre la Calzada.

Lav: Luminancia promedio de la calzada.

TI: Deslumbramiento.

SR: Relacion de alrededores.

Lm/W: Lumenes por watios.

CC: Controladores de corriente.

CV: Controladores de Voltaje.

LAN: Red de Area Local.

PAN: Red de Area Personal.

SSRA: Sistema SimplySnap de Acceso Remoto.

OSI: Sistemas Abiertos de Interconexión.

FHSS: Espectro Ensanchado por Salto de Frecuencia.

OFDM: Multiplexación por división de frecuencias ortogonales.

ISO: International Organization for Standardization.

PCI: Interconexión de Componentes Periféricos.

SCADA:Supervisión, control y Adquisición de Datos

RTU: Unidades Terminales Remotas

HMI: Interfaz Humano Maquina

TCP: Protocolo de Control de Transmisión.

BCE: Banco Central del Ecuador.

RBC: Razón Beneficio Costo.

VAN: Valor Actual Neto.

VPN: Valor Presente Neto.

TIR: Tasa Interna de Retorno.

TMAR: Tasa Minima Aceptable de Rendimiento.

RESUMEN

En el siguiente trabajo se realizó la propuesta de un sistema de telegestión en el alumbrado público general perteneciente a la Empresa Eléctrica C.A, analizando las diferentes tecnologías en control y monitoreo de equipos a distancia, con el propósito de definir la más adecuada en función de sus ventajas, instalación y costo de los equipos necesarios.

El alumbrado público general de la ciudad Azogues, administrado en la actualidad por la EEA C.A, ocupa el antepenúltimo lugar en potencia instalada para sistemas de iluminación, sin embargo, al ser una ciudad en crecimiento existe la necesidad de implementar mayor cantidad de alumbrado público, el mismo que tiene un costo considerable debido al tipo de iluminación que utiliza siendo esta lámpara de vapor de sodio y de mercurio[1]. La empresa actualmente ha optado por la instalación de lámparas de tipo Led en la Av. de los Alcaldes y Av. Aurelio Jaramillo, mejorando los parámetros fotométricos con respecto a las antiguas tecnologías, pero aún tienen un consumo de energía alto por los tiempos de funcionamiento de las luminarias.

Se realizó el análisis y comparativa de las tecnologías MINOS UMPI, OWLET, ELO y SimplySnap, para definir la más apropiada en consideración con los requerimientos de los equipos ya instalados, por ello se llevó a cabo un estudio de campo para verificar el estado del alumbrado público y de las estaciones de transformación. Además de comparar el costo del consumo de energía actual con el costo del consumo de energía del sistema con telegestión. A su vez un estudio técnico - económico de la propuesta y una simulación de los aspectos luminotécnicos bajo las normativas vigentes ARCERNR 006-20.

Palabras clave: alumbrado público, consumo energético, eficiencia energética, luminaria led, telegestión.

ABSTRACT

In the following document a proposal was made for a remote management system for general public lighting belonging to Empresa Eléctrica C.A., analyzing the different technologies for remote control and monitoring of equipment, with the purpose of defining the most appropriate one in terms of its advantages, installation and cost of the necessary equipment.

The general public lighting of the city of Azogues, currently administered by EEA C.A., occupies the second to last place in installed power for lighting systems, however, being a growing city, there is a need to implement more public lighting, which has a considerable cost due to the type of lighting used, being this sodium vapor and mercury lamp. The company has currently opted for the installation of LED lamps on Av. de los Alcaldes and Av. Aurelio Jaramillo, improving the photometric parameters with respect to the old technologies, but they still have a high energy consumption due to the operating time of the luminaires.

An analysis and comparison of MINOS UMPI, OWLET, ELO and SimplySnap technologies was carried out to define the most appropriate one in consideration with the requirements of the equipment already installed, therefore a field study was carried out to verify the state of the public lighting and the transformer stations. In addition to comparing the cost of current energy consumption with the cost of energy consumption of the system with remote management. In turn, a technical-economic study of the proposal and a simulation of the lighting aspects under the current ARCONEL-CONELEC 006-20 regulations.

Keywords: public lighting, energy consumption, energy efficiency, led luminaire, remote management.

ÍNDICE

ANTECEDENTES	1
INTRODUCCIÓN	3
1. Marco Teórico	4
1.1. Alumbrado Público	4
1.1.1. Tipos de Alumbrado Público	5
1.1.1.1. Alumbrado público general	5
1.1.1.2. Alumbrado público intervenido	5
1.1.1.3. Alumbrado público ornamental	5
1.1.2. Aspectos Técnicos del SAP ARCERNNR 006/20	5
1.1.2.1. Uniformidad general de luminancia de la calzada (U_o)	5
1.1.2.2. Uniformidad longitudinal sobre la calzada (U_L)	6
1.1.2.3. Luminancia promedio de la calzada (L_{av})	6
1.1.2.4. Deslumbramiento (TI)	6
1.1.2.5. Relacion de Alrededores (SR)	6
1.1.3. Aspéctos Fotométricos para Vías	7
1.1.4. Cálculo de la Tasa Mensual Fallas del Sistema de Iluminación	10
1.1.5. Determinación de la Energía de Alumbrado Público	11
1.1.6. Energía Consumida por el Alumbrado Público	12
1.2. Eficiencia Energética del Alumbrado Público (SAP)	13
1.2.1. Criterios de Eficiencia Energética	13
1.2.2. Eficiencia en el Mantenimiento	14
1.2.3. Luminarias	14
1.2.3.1. Tipo de Luminarias	15
1.2.4. Controladores Inventronics	16
1.2.4.1. EUK-150S105DV	17
1.2.4.2. EUD-320S220DV	18
1.2.4.3. CNV-SNAP-AN0	19
1.2.4.4. CNV-SNAP-DD2	19
1.2.5. Controlador de Sitio	20
1.2.5.1. SS420-002/SS450-001	20
1.3. Introducción a Telegestión	21
1.3.1. Tecnologías de la Telegestión	21
1.3.1.1. Sistema MINOS UMPI	22
1.3.1.2. ELO Sistemas Electrónicos S.A	22
1.3.1.3. Owlet Nightshift del Grupo Schreder	22
1.3.1.4. SimplySNAP	22

1.3.2.	Características de los Sistemas de Telegestión	23
1.3.3.	Tecnologías de Comunicación	24
1.3.3.1.	Estándar 802.11	24
1.3.3.2.	Protocolo LonWorks	24
1.3.3.3.	Protocolo ZigBee	25
1.3.3.4.	Control Lógico Programable (PLC)	25
1.3.3.5.	Interoperabilidad SymplySnap	26
1.4.	Conceptos Técnicos-Económicos para la Viabilidad del Proyecto	28
1.4.1.	Tasa de Interés	28
1.4.2.	Valor Presente Neto (VPN)	28
1.4.3.	Tasa Interna de Retorno (TIR)	28
1.4.4.	Relación Beneficio-Costo (RBC)	29
2.	Desarrollo del Caso de Estudio	30
2.1.	Empresa Eléctrica C.A	30
2.1.1.	Elementos Orientadores de la Institución	30
2.2.	Análisis de la Problemática	31
2.3.	Propuesta con la Tecnología SimplySnap	32
2.4.	Datos y Estado del Alumbrado Público Actual	33
2.4.1.	Estudio de Campo	33
2.4.1.1.	Diagrama Unifilar Actual	35
2.4.2.	Levantamiento de la Carga	35
2.4.2.1.	Características del Transformador	36
2.4.3.	Consumo Energético del Caso de Estudio	36
2.5.	Proyección del Sistema AGP con SimplySnap	39
2.5.1.	Ahorro Energético con SimplySnap	39
2.5.2.	Plano con Propuesta Telegestión	41
3.	ANÁLISIS Y RESULTADOS	42
3.1.	Análisis Técnico-Económico	42
3.1.1.	Estudio Técnico de los Sistemas	42
3.1.1.1.	Estado de carga de los transformadores	42
3.1.2.	Estudio Económico	44
3.1.2.1.	Consumo Anual Energético	45
3.1.2.2.	Cálculo Del Valor Presente Neto de los Equipos	46
3.1.2.3.	Valor Presente Neto de Caso de estudio	47
3.1.2.4.	Tasa de Retorno	47
3.1.2.5.	RBC de la Propuesta	48
3.2.	Diagrama Unifilar con Propuesta de Telegestión	49
3.3.	Simulación	50
4.	CONCLUSIONES	61
	Appendices	63
A.	Anexo I: Diagramas Y Planos	64
B.	Anexo II: Simulaciones	70

C. Anexo VI: Hojas Técnicas Luminarias	79
D. Anexo V: Estudio Campo	84

ÍNDICE DE FIGURAS

1.1.	Pronóstico del consumo del alumbrado público.	4
1.2.	Países y su estado en el avance de iluminación eficiente [19].	13
1.3.	Luminaria de sodio baja presión y sus componentes [23].	15
1.4.	Luminaria de sodio alta presión y sus componentes [23].	15
1.5.	Controlador de 150W programable IP67 [25].	17
1.6.	Área de operación corriente vs voltaje del controlador [25].	17
1.7.	Controlador de 320W programable IP67 [26].	18
1.8.	Área de funcionamiento del controlador [26].	18
1.9.	Controlador inalámbrico con alcance aprox. 100 metros [27].	19
1.10.	Controlador inalámbrico con rango de 1Km [28].	19
1.11.	Controladores de sitio SS450-001 y el SS420-00 [29].	20
1.12.	Sistemas de telegestión.	22
1.13.	Conexión entre sistemas telegestión y protocolos [40].	26
1.14.	Puertos y conexión para interoperabilidad entre protocolos [40].	27
2.1.	Ubicación de los sectores del caso de estudio.	33
2.2.	Vista interna de la luminaria HYDD-LED10/240W.	34
2.3.	Conexión del AGP Av. de los Alcaldes.	35
2.4.	Características del AGP en la Av. Aurelio Jaramillo.	35
2.5.	Tecnología de telegestión en la Av. de los Alcaldes.	41
2.6.	Tecnología de telegestión en la Av. Aurelio Jaramillo.	41
3.1.	TMAR inversión pública [41].	44
3.2.	Diagrama de conexión entre los dispositivos de telegestión y luminarias.	49
3.3.	Inicio programa Dialux Evo.	50
3.4.	Pestaña vías públicas.	50
3.5.	Elección de la normativa implementada en el programa.	50
3.6.	Pestaña perfil de la vía pública activa.	51
3.7.	Características del perfil activo.	51
3.8.	Pestaña de selección de la clase de iluminación para la calzada.. . . .	51
3.9.	Pestaña de evaluación perfil activo camino peatonal.	52
3.10.	Curva de iluminación de una lámpara de 200W.	52
3.11.	Características de la Lámpara Led.	52
3.12.	Simulación con curvas Isolux.	53
3.13.	Simulación con importación del plano real.	53
3.14.	Aspectos Fotométricos obtenidos en la simulación.	54
3.15.	Selección de tipo de iluminación para la calzadas en zonas de conflicto	54
3.16.	Iluminación para caminos peatonales en normativa.	55
3.17.	Curvas Isolux de la simulación.	55

3.18. Simulación con implantación de áreas verdes en un plano.	56
3.19. Nuevas características para las luminarias.	56
3.20. Aspectos Fotométricos obtenidos en la simulacion.	57
3.21. Curvas de distribución de intensidad luminosa.	57
3.22. Curvas Isolux con potencia reducida	58
3.23. Curvas Isolux con potencia reducida	58
3.24. Parámetros fotométricos con 178.5 W.	59
3.25. Parámetros fotométricos con 178.5 W.	59
3.26. Cálculo y rango de la eficiencia energética de la Av. Aurelio Jaramillo.	60
3.27. Cálculo y rango de la eficiencia energética de la AV. de los Alcaldes.	60

Índice de tablas

1.1.	Clases de alumbrado para distintas vías públicas.	7
1.2.	Parámetros luminancia de la vía.	8
1.3.	Requerimientos para el diseño peatonal.	8
1.4.	Requerimientos para el diseño peatonal.	9
1.5.	Parámetros para la selección de la clase de iluminación C	10
1.6.	Parámetros fotométricos zona de conflicto.	11
1.7.	Especificaciones técnicas de la luminaria marca LEDEX LED SOLA- RIS y LED PRAGA [24].	16
1.8.	Características de los controladores de Sitio [29].	21
1.9.	Características de los sistemas de telegestión.	23
2.1.	Especificaciones técnicas de la luminaria HYDD-LED.	34
2.2.	Datos actuales de los casos de estudio.	36
2.3.	Datos de las estaciones de transformación.	36
2.4.	Total de energía consumida en los casos de estudio.	38
2.5.	Costo total de la energía.	38
2.6.	Reduccion de la energía con SimplySnap.	39
2.7.	Costo de la energía con sistema de telegestión.	40
3.1.	Características de funcionamiento de los transformadores.	42
3.2.	Condición de funcionamiento de los transformadores.	43
3.3.	Costo y cantidad de los equipos de Telegestión.	44
3.4.	Consideración de equipos y herramientas.	45
3.5.	Consumo energético actual y con sistema de telegestión.	45
3.6.	Selección de los equipos.	46
3.7.	Selección de los equipos.	47
3.8.	Tasa de retorno de la propuesta.	47
3.9.	Costos de mantenimiento y ahorro anual.	48
3.10.	Consideración de equipos y herramientas.	48

ANTECEDENTES

El primer método de iluminación de nuestros antepasados fue el uso de palos de madera que encendían con fuego. Al ya no ser factible por su poca duración aparecieron diferentes tipos de sistemas para iluminar como lámparas de aceite y velas [2] [3]. Los sistemas de iluminación representan un gran beneficio para las personas, permitiendo desarrollar sus actividades especialmente en horario nocturno. El alumbrar las calles, parques y plazas ha brindado una mejor calidad de vida, sin embargo representan un gran costo por el nivel de energía y los tiempos de funcionamiento que requieren [2].

En el Ecuador, la ciudad de Loja fue la primera en contar con servicio eléctrico en 1897, al crearse la primera planta de energía eléctrica que se denominó como Empresa Eléctrica Luz y Fuerza, y actualmente EERSSA [4]. En la ciudad de Azogues durante el período 1921 y 1926 el servicio eléctrico se tenía gracias al señor Roberto Crespo Toral que poseía una central hidráulica con una potencia instalada de 45 kW. Con el fin de prestar servicios a toda la provincia del Cañar se constituye en 1972 la Empresa Eléctrica Azogues C.A. La tecnología evoluciona en todos los ámbitos y el sector de alumbrado público no es la excepción, en la última década se han desarrollado iluminación Led y sistemas de control para su automatización. [5] [6] .

La gestión para sistemas de iluminación inteligente se divide en dos aspectos importantes, la parte física que realiza el control y la parte de programación de datos que ejecutan el control deseado. Un sistema de iluminación era controlado de manera manual, sin embargo, en la época actual se puede realizar este control de manera temporizada o desde un dispositivo móvil o remoto [7] [8].

A finales del año de 1960, con el avance de la tecnología en el diseño de los microprocesadores nació la idea de la elaboración de un dispositivo que pueda ser reprogramado si existe un cambio en las tareas de gestión [9]. Los dispositivos que se crearon primero se denominaron Controles Lógicos Programables (PLC), siendo actualmente uno de los más utilizados en las plantas industriales para la automatización de varios procesos, por la simple razón de ser un dispositivo confiable, veloz y su conexión simple para señales de entrada y salida, además de su programación de fácil entendimiento [9].

La empresa UMPI instaurada en 1982 en Italia, se dedica al desarrollo de sistemas inteligentes para un sistema de alumbrado público (SAP) y redes inteligentes. Siendo capaz de poder transformar una red ya existente en la red de datos de gran velocidad sin el uso de nuevos cables. Su ahorro en el consumo energético es del 45 % [10]. La tecnología WIRELESS no necesita cables y su comunicación se da mediante la modulación de ondas electromagnéticas, permitiendo enlaces con módulos XBEE que contiene protocolos Zigbee, para crear redes con dispositivos de punto a punto o multipunto [2].

El sistema Owlet trabaja con estándares abiertos para intercambiar información basada en el principio del internet de las cosas. Asigna direcciones IPv6 a cada luminaria para establecer comunicación entre el programa y los dispositivos, además consta de una interfaz gráfica y dinámica para la gestión y control de los equipos[11].

La telegestión facilita la supervisión del estado operativo de un sistema a distancia, y conforma un grupo de equipos basados en tecnologías informáticas y de telecomunicación. La telegestión permite optimizar recursos mejorando la calidad y confiabilidad de servicio [12].

INTRODUCCIÓN

El alumbrar las calles, parques y plazas ha brindado una mejor calidad de vida y seguridad, sin embargo, también han representado un costo mayor por el nivel de energía y los tiempos de funcionamiento que requieren [2].

Por otra parte, el aumento de la población ha provocado un constante crecimiento en la demanda de energía y al mismo tiempo ha despertado el interés por parte de las empresas dedicadas al suministro de energía eléctrica para buscar nuevas alternativas de ahorro energético sin generar un impacto en su calidad y servicio. Con lo anteriormente expuesto, las empresas han incentivado el llevar a cabo estudios tanto técnicos y económicos teniendo como propósito generar beneficios a través de una solución óptima, es así como se opta por los sistemas de telegestión.

De esta manera el presente proyecto tiene como objetivo el presentar una propuesta de gestión del alumbrado público de un grupo de calles de la ciudad de Azogues con la propuesta del sistema de telegestión SimplySnap para eficiencia energética.

En el Capítulo 1 se expone el marco teórico, donde se introducen los conceptos básicos, principios y normas con referencia al alumbrado público, luminarias tipo Led, sistemas de telegestión y los protocolos de comunicación de acuerdo con la regulación ARCERNNR 006/20.

En el Capítulo 2 se desarrolla el caso de estudio con la tecnología SimplySnap en la calle Aurelio Jaramillo y Av. de los Alcaldes de la ciudad de Azogues, procediendo con el estudio de campo, levantamiento de cargas mediante los programas GEO-Portal y ArcGIS, visita de campo y con la información que será proporcionada por parte de la Empresa Eléctrica Azogues C.A.

En el Capítulo 3 se realiza el análisis técnico - económico del proyecto bajo los parámetros del VAN, TIR y RBC para los equipos a utilizar y del sistema de telegestión definido. Además, la simulación en el programa DIALUX EVO para demostrar la reducción de potencia no afecta a los parámetros fotométricos de la regulación ARCERNNR.

Finalmente, el Capítulo 4, se presentan las conclusiones y criterios obtenidos del análisis de la propuesta para el ahorro energético del sistema de telegestión en el caso de estudio mencionado anteriormente.

CAPÍTULO 1

Marco Teórico

1.1. Alumbrado Público

El Alumbrado Público dentro de la sociedad es primordial al ser una infraestructura que ayuda con la apariencia, desarrollo y la atmósfera de los espacios públicos de la ciudad. La función principal es brindar seguridad y confort en el tráfico nocturno a los conductores, peatones y ciclistas satisfaciendo sus necesidades [13]. En los últimos años el MEER determinó el crecimiento de la demanda de AGP desde el 2019- 2027 los datos los podemos observar en la Fig. 1.1 [1].



Figura 1.1: Pronóstico del consumo del alumbrado público.

Fuente: MEER.

Las empresas distribuidoras de servicio eléctrico deben cumplir con los parámetros y requerimientos expuestos en la regulación ARCERNNR 006/20 vigente hasta la actualidad con el fin de obtener un servicio de calidad. [14].

1.1.1. Tipos de Alumbrado Público

El alumbrado público en el Ecuador está dividido según la regulación ARCERNNR en alumbrado público general, alumbrado público intervenido y alumbrado público ornamental, cada tipo de luminaria está administrada por los gobiernos autónomos descentralizados o las empresas distribuidoras [15]. Su propósito es la iluminación de vías y espacios públicos que permiten la movilidad y seguridad tanto de las personas como de los vehículos.

1.1.1.1. Alumbrado público general

Son los sistemas que comprenden el alumbrado de vías y escenarios deportivos de uso público para tránsito de vehículos y personas [14].

1.1.1.2. Alumbrado público intervenido

Es la iluminación de vías que no están dentro de los niveles de alumbrado establecidos por la ARCERNNR y requieren de una infraestructura específica que está determinada por los gobiernos autónomos descentralizados [14].

1.1.1.3. Alumbrado público ornamental

Es la iluminación de áreas como parques, iglesias, monumentos o plazas, cuyos niveles de iluminación no están dentro de la regulación del SAP, las especificaciones de este alumbrado están en función de criterios estéticos o de propósitos del gobierno autónomo descentralizado o de los municipios [14].

1.1.2. Aspectos Técnicos del SAP ARCERNNR 006/20

La instalación que se realice para la mejora del alumbrado de una vía o calle pública debe garantizar una visibilidad adecuada cumpliendo ciertos parámetros para un correcto servicio, siendo estos [16]:

- Prevenir el parámetro fotométrico de deslumbramiento.
- Mantener un valor aceptable de uniformidad en la iluminación.
- Brindar la facilidad del mantenimiento.
- Cumplir con la condición de estética aceptable.
- Ofrecer confiabilidad.

1.1.2.1. Uniformidad general de luminancia de la calzada (U_o)

La uniformidad general de luminancia es la relación entre la luminancia mínima y promedio de la calle o vía, así mismo, se mantiene en igual condición para tener una iluminación óptima [17].

1.1.2.2. Uniformidad longitudinal sobre la calzada (U_L)

Se determina como la relación entre la luminancia mínima y máxima, las cuales son calculadas o medidas de manera longitudinal al eje central de cada carril de la calzada. Se considera la norma CIE 140-2000 para su medición o cálculo [17].

1.1.2.3. Luminancia promedio de la calzada (L_{av})

Es el valor mínimo que se mantiene a lo largo de la vida útil de la instalación, este parámetro depende de la distribución de la luz que tenga la luminaria, su flujo luminoso y propiedades de reflexión de la calzada. Por otra parte, si existe un valor superior se puede explicar en términos económicos [17].

1.1.2.4. Deslumbramiento (TI)

El deslumbramiento ocurre cuando en el campo visual se produce una molestia debido al manifiesto de una fuente luminosa mayor a la habitual por una inadecuada distribución de la iluminación. Se lo cuantifica mediante la variable TI que se calcula con la ecuación 1.1 que se expone a continuación [17].

$$TI = \frac{k * E_e}{L_{av}^{0,8} * \Theta^2} (\%) \quad (1.1)$$

donde,

k = Factor que varía con la edad del observador que se usará el valor de 650^3 .

E_e = Iluminancia total inicial producida por las luminarias, en su estado nuevo, sobre un plano normal a la línea de visión y a la altura del ojo del observador.

L_{av} = Luminancia inicial promedio.

Θ = Ángulo en grados formando entre la líneas de visión y el centro de cada luminaria.

1.1.2.5. Relación de Alrededores (SR)

La relación de alrededores o denominado también factor de borde, es la relación del promedio de la iluminancia en bandas de 5 metros de ancho, cada una próxima a los bordes de la vía. En cuanto a las calzadas dobles se tratan como si fuese solo una, con la excepción si están separadas por más de 10 metros [17].

1.1.3. Aspectos Fotométricos para Vías

Con tráfico motorizado

Los parámetros para determinar la clase de Alumbrado de una vía están denotados de M1 a M5, las mismas que se seleccionan de acuerdo a las especificaciones de la Tabla. 1.1 [17].

Tabla 1.1: Clases de alumbrado para distintas vías públicas.

Fuente:ARCERNNR.

Descripción de la vía	Tipo de iluminación
Vías de alta velocidad, vías con doble sentido de circulación. Con control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía :	
Alta (más de 1000 vehículos/hora)	M1
Media (entre 500 y 1000 vehículos/hora)	M2
Baja (entre 150 y menos de 500 vehículos/hora)	M3
Vías de alta velocidad, vías con doble sentido de circulación. Con control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía	
Pobre	M2
Bueno	M3
Vías secundarias de conexión, carreteras distribuidoras locales, vías de acceso principales residenciales, carreteras que proporcionan acceso a propiedades y conducen a conexiones de carreteras. Con control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía	
Pobre	M4
Bueno	M5

Al conocer las características de la vía, se atribuye la clase de iluminación correspondiente. Cada clase contiene los aspectos fotométricos mínimos, los mismos que se observan en la Tabla. 1.2 [17].

Tabla 1.2: Parámetros luminancia de la vía.
Fuente:ARCERNNR.

Clase de Iluminación	Campo de Aplicación				
	Todas las Vías			Vías sin o con pocas intersecciones	Vías con aceras no iluminadas para clases P1a P4
	Luminancia promedio Lprom (cd/m ²) Mínimo mantenido	Factor de uniformidad Uo Mínimo	TI % Máxima inicial	Factor de uniformidad longitudinalde luminancia UL Mínim	Relación de alrededores (SR) Mínim
M1	2,0	0,4	10	0,7	0,5
M2	1,5	0,4	10	0,7	0,5
M3	1,0	0,4	10	0,7	0,5
M4	0,8	0,4	10	NR	NR
M5	0,6	0,4	10	NR	NR

Camino peatonal

El tráfico de personas toma diferentes requerimientos los mismos a tener en cuenta para el diseño de la iluminación que se observan en la Tabla. 1.3 [17].

Tabla 1.3: Requerimientos para el diseño peatonal.
Fuente:ARCERNNR.

Clase de Iluminación	Descripción del uso de la calzada
P1	Vías de gran importancia.
P2	Utilización nocturna intensa por peatones y ciclistas.
P3	Utilización nocturna moderada por peatones y ciclistas.
P4	Utilización nocturna baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes.
P5	Utilización nocturna baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes. Importante mantener el lugar o el carácter arquitectónico del entorno.
P6	Utilización nocturna muy baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes. Importante preservar el carácter arquitectónico del ambiente.

Los valores mínimos y promedios que se respetan para cumplir con los parámetros de la iluminación peatonal que se muestra en la Tabla. 1.4

Tabla 1.4: Requerimientos para el diseño peatonal.
Fuente:ARCERNNR.

Clase de Iluminación	Iluminación (lx)	
	Valor promedio(*)	Valor mínimo(*)
P1	20	7,5
P2	10	3,0
P3	7,5	1,5
P4	5,0	1,0
P5	3,0	0,6
P6	1,5	0,2

Zona de conflicto peatonal y motorizado

El tipo de zona de conflicto se adjudica a la cantidad de vehículos que transitan por la vía, siendo usualmente la mayor frecuencia de movilización por ciclistas, peatones o usuarios, así mismo, cuando existe un cambio de geometría de la calzada. Con la Tabla.1.5 y el respectivo análisis del sector se coloca el V_{ps} seleccionado en cada parámetro para obtener la clase de iluminación de la vía [17].

La clase de iluminación se determina con la ecuación 1.2, por consecuente se tiene en la Tabla.1.5 los parámetros fotométricos para las seis clases.

$$C = 6 - \sum V_{ps} \quad (1.2)$$

donde,

C = Toma valores de 0 a 5 y corresponde a las clases de iluminación desde C0 a C5, respectivamente.

$\sum V_{ps}$ = Sumatorio de los parámetros seleccionados.

Tabla 1.5: Parámetros para la selección de la clase de iluminación C
Fuente:ARCERNNR.

Parámetro	Opciones	Valor de Ponderación (Vps)	Vps seleccionado
Velocidad	Elevado	3	
	Alto	2	
	Moderado	1	
	Bajo	0	
Volumen del Tráfico	Elevado	1	
	Alto	0,5	
	Moderado	0	
	Bajo	0,5	
	Muy Bajo	-1	
Composición de Tráfico	Mezcla con un alto porcentaje de tráfico no motorizado	2	
	Mezclado	1	
	Solamente motorizado	0	
Separación de vía	No	1	
	Si	0	
Iluminación Ambiental	Alta	1	
	Moderada	0	
	Baja	-1	
Guías Visuales	Pobre	0,5	
	Moderado o bueno	0	

1.1.4. Cálculo de la Tasa Mensual Fallas del Sistema de Iluminación

La operación constante del sistema de alumbrado en horas determinadas, es el principio de la calidad del servicio, considerando que si la luminaria está encendida o apagada fuera de la hora respectiva o si se encuentra con alguna falla[17]. Para determinar el valor de las fallas se proporciona un cálculo en función del número de lámparas y las luminarias que en condición de falla el valor se determina basándose en la ecuación 1.3 que se muestra a continuación [17]:

$$T_{fAPG} = \frac{\text{Nro. de luminarias en falla}}{\text{Nro. total de luminarias inspeccionadas en el mes}} * 100 \quad (1.3)$$

donde,

T_{fAPG} de falla mensual de la empresa eléctrica distribuidora (%)

La regulación establece que cada distribuidora debe realizar una inspección del alumbrado público cubriendo el 2 % de toda la iluminación que se administre, además que se lleve a cabo un mínimo de 2 inspecciones por mes del sistema [17].

Tabla 1.6: Parámetros fotométricos zona de conflicto.
Fuente:ARCERNNR

Clases de Iluminación	Iluminancia Promedio E (lx)	Uniformidad de la Iluminancia U _o E	Incremento de Umbral (%)	
			Moderada y Alta Velocidad	Baja y muy baja velocidad
C0	50	0,4	10	15
C1	30		10	15
C2	20		10	15
C3	15		15	20
C4	10		15	20
C5	7,5		15	25

1.1.5. Determinación de la Energía de Alumbrado Público

Los proyectos de iluminación tienen exigencias necesarias para un buen diseño y seguridad en su desempeño operativo, los cuales son saber el tipo de luz, como se va a emplear, mantener un nivel óptimo de iluminancia y sobre todo considerar el menor uso de energía sin deteriorar los requerimientos de alumbrado. Por tal motivo, la regulación ARCERNNR 006/20 (pág. 16), establece dos maneras de poder determinar la energía siendo estas [17]:

Con medidor de energía

En el servicio de alumbrado público general, el consumo de energía es determinado por un contador de energía. En cuanto al alumbrado intervenido según lo dispuesto se considera un medidor para su operación y la energía deber ser registrada mensualmente por la empresa eléctrica distribuidora además el costo y provisión de los medidores son asumidos por la misma [17].

Sin medidor de energía

Si no existe una medida del consumo en cuanto al alumbrado público general, la empresa eléctrica distribuidora procede a determinar de manera mensual en función de los datos proporcionados por el sistema de información geográfico, con respecto a la carga final de la cantidad de luminarias por tipo que están instaladas en el alimentador primario, multiplicados por un factor de utilización y por el número de horas del mes respectivo, mediante las Ecuaciones 1.4 y 1.5 que se observan a continuación [17]:

$$Energia_{cap} = T * \sum_{i=1}^n Ni * f_{ui} * (P_i + CA_i) \quad (1.4)$$

$$f_{ui} = \frac{\text{horas uso de la luminaria (i)}}{24 \text{ horas}} \quad (1.5)$$

donde,

$Energía_{eap}$ = Energía estimada por alimentador primario.

T = Número de horas del mes de cálculo, menos las horas de interrupciones dadas en ese mes.

n = Tipos de luminarias distintas por alimentador primario.

P_i = Potencia de las luminarias tipo (i).

CA_i = Consumo de auxiliares para luminarias (i) El valor máximo para reconocerse por consumos auxiliares dependerá de la potencia de la lámpara instalada.

N_i = Número de luminarias del tipo (i) en el alimentador primario.

f_{ui} = Factor de utilización de las luminarias tipo (i) (0,5 para el alumbrado general; menor o igual 1 para el para alumbrado de túneles, pasos deprimidos y semaforización).

1.1.6. Energía Consumida por el Alumbrado Público

La Ecuación 1.6, calcula la energía consumida mediante el producto de los parámetros, tiempo de funcionamiento de la luminaria (12 horas), la cantidad de lámparas y el factor de expansión de pérdidas promedio que se producen en las líneas de transmisión, distribución, subestaciones y estación de transformación, con el fin de entregar energía a la luminaria siendo su valor promedio (FEX= 1,077) y la suma de la potencia de la lámpara más sus pérdidas por la distorsión armónica de sus equipos auxiliares [6].

$$Energia = (Potencia + Perdidas) * Tiempo * Nro.Lamparas * Fex \quad (1.6)$$

donde,

$Energía Consumida (kWh)$

$Potencia (W)$

Tiempo (Horas)

Pérdidas = 10%

Fex = 1,0721

1.2. Eficiencia Energética del Alumbrado Público (SAP)

La Eficiencia Energética (EE) es el aprovechamiento de la energía que permite la reducción del consumo energético ya sea de instalaciones, equipos, servicios, etc., dando lugar a un mundo sustentable asegurando un cambio energético rentable. Se define entonces como la relación entre el rendimiento del servicio que se presta y la energía que consume [18].

La iluminación eficiente en el mundo esta siendo un tema muy importante, existiendo proyectos para el reemplazo de luminaria ineficaz a lámpara con nueva tecnología. De acuerdo a la Fig. 1.2 los países que se representan con color verde, son los que han avanzado en cuanto a la iluminación eficiente, el anaranjado países que se esta desarrollando la idea o la implementación es poca, y los de color rojo no están con un aporte en la mejora de EE [19].



Figura 1.2: Países y su estado en el avance de iluminación eficiente [19].

1.2.1. Criterios de Eficiencia Energética

En el sistema de alumbrado público la EE ayuda a la reducción de la energía demandada y potencia de los equipos de la red sin que existe un alteración en estos, permitiendo la optimización tanto técnica como económica, por ello, para alcanzar este objetivo se consideran requerimientos para un SAP sostenible con el medio

ambiente [4].

- El tipo de iluminación que contiene el SAP debe tener cada uno un nivel de iluminación adecuado. Existen excepciones que llegan al 20 % los mismos que deben ser justificados.
- En la instalación se escoge la bombilla con mayor eficacia y que satisfaga todos los aspectos del proyecto.
- El alumbrado público para calzada y calles peatonales utiliza luminarias con mínima emisión de luz sobre el plano horizontal.
- Evitar el efecto Joule en la línea de alimentación y el consumo por una sobretensión de suministro.
- Programar un mantenimiento correcto de la red y los equipos.

1.2.2. Eficiencia en el Mantenimiento

El reglamento técnico ecuatoriano RTE INEN 069 menciona que “Todas las instalaciones de alumbrado público dispongan de un plan de mantenimiento que asegure los niveles de eficiencia energética y los factores de iluminación”. Al tener un programa adecuado de mantenimiento ayuda a la identificación de problemas o fallas en los equipos con el propósito de eliminarlos [20].

El mantenimiento en el alumbrado público es muy relevante por razones económicas, estéticas y confiabilidad en la instalación, puesto que, con el tiempo existe un degrado de los equipos y su eficiencia. Es por estos motivos que se realiza un mantenimiento preventivo o correctivo [4].

1.2.3. Luminarias

La luminaria con respecto a la Comisión Internacional de Iluminación (CIE) indica que “Son aparatos que filtran, distribuyen o transforman la luz emitida por una o varias lámparas y que contienen los accesorios necesarios para alimentarlas”. Las luminarias permiten alumbrar un lugar que requiere de claridad para obtener una mejor visualización. Se componen por los elementos [21]:

- Reflectores
- Refractores
- Difusores
- Dispositivos de pantalla
- Filtros

1.2.3.1. Tipo de Luminarias

En el sistema de alumbrado público existen algunos tipos de lámparas que se encargan de la iluminación de calles, vías, avenidas, etc., las cuales se clasifican acorde al uso mediante gas (vapor de mercurio o sodio) y presión (alta presión o baja presión), además de luminarias tipo LED [22].

Luminaria de sodio baja presión

La luminaria de sodio de baja presión Fig.1.3, se compone de un tubo de descarga en forma de U, el cual contiene vapor de sodio y neón, siendo su material de vidrio con un revestimiento especial que ayuda en la reducción de pérdidas por calor. La descarga eléctrica ocurre en el tubo ocasionando una radiación monocromática de color amarillo provocando una mala reproducción de colores. Posee una eficiencia elevada de 160-180 lm/W con una duración de aproximadamente 15000 horas [23] .

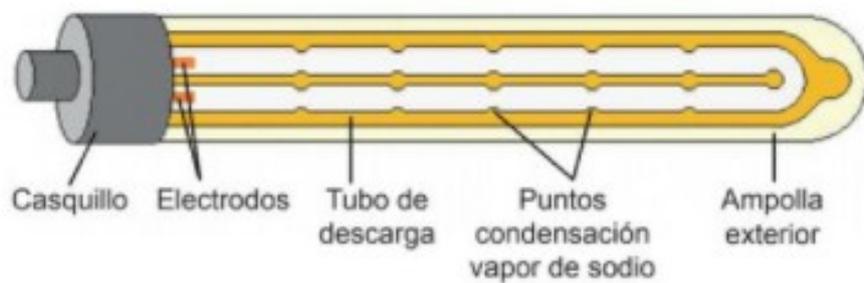


Figura 1.3: Luminaria de sodio baja presión y sus componentes [23].

Luminaria de sodio alta presión

La lámpara de sodio a alta presión Fig.1.4, tiene una amplia distribución lumínica que genera una luz blanca a comparación de la luminaria de baja presión reproduce todos los colores, además contiene una eficiencia luminosa de 100-130 lm/W y su duración es de 20000 horas [23].

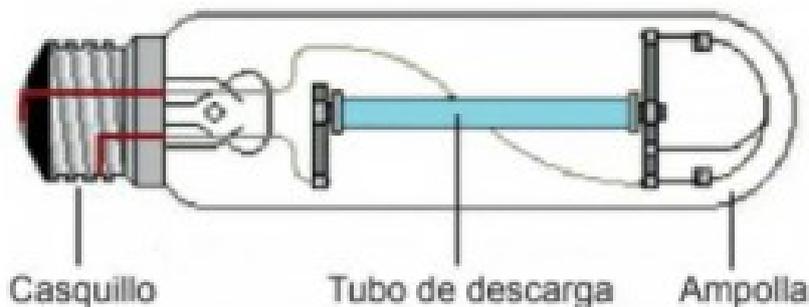


Figura 1.4: Luminaria de sodio alta presión y sus componentes [23].

Luminaria tipo Led

Las luminarias de tipo LED (Diodos Emisores de Luz), ayudan a la reducción de la energía aumentando la calidad de la iluminación así como la reducción de los costos operativos por su vida útil. Además, tienen un índice cromático (IRC) alta permitiendo que los colores se visualicen de manera natural. Se compone de un chip siendo la parte principal del LED, que a su vez se forma de dos capas semiconductoras tipo-n y tipo-p [19].

Luminaria Led marca LEDEX

En este apartado se menciona específicamente las luminarias de la marca Ledex, puesto que, la EEA C.A. cuenta con estas lámparas. El tipo de luminaria Led Ledex SOLARIS ajusta de manera perfecta su diseño, además de contar con una fácil instalación y mantenimiento sin utilizar herramientas dando un aspecto importante que es la confiabilidad y cumpliendo con las especificaciones técnicas del MERNNR y CNEL, lo que la hace ideal para la iluminación en autopistas, vías residenciales, carretas, etc [24]. Existen algunos modelos de luminarias Led para alumbrado público siendo estas: Led Solaris y Led Praga, cada una de sus especificaciones se muestra en la Tabla 1.7.

Tabla 1.7: Especificaciones técnicas de la luminaria marca LEDEX LED SOLARIS y LED PRAGA [24].

LUMINARIA LED SOLARIS							
ESPECIFICACIONES							
CÓDIGO	POTENCIA	LÚMENES	VOLTAJE	HORAS DE VIDA	GRADO DE PROTECCIÓN	DISTORSIÓN ARMÓNICA	DRIVER
B4850	60 W	7500 LM	100 - 200 V	>100.000 H	IP66 / IK09	<10 %	DIM 0 - 10 V
B4880	60 W	7500 LM					DIM 0 - 10 V
B4842 / B4851	80 W	10400 LM					DIM 0 - 10 V / PROGRAMABLE
B4881 / B4888	80 W	10401 LM					
B4843 / B4844	90 W	11250 LM					
B4882 / B4889	90 W	11250 LM					
B4845 / B4846	100 W	12000 LM					
B4883 / B4890	100 W	>12600 LM					
B4847 / B4853	150 W	18000 LM					
B4884 / B4891	150 W	18000 LM					
B4879	180 W	21600 LM					
B4885	180 W	21601 LM					
B4855 / B4856	240 W	28800 LM					
B4886 / B4893	240 W	28800 LM					
B4852 / B4854	280 W	33600 LM					
B4887 / B4894	280 W	>34700 LM					
LUMINARIA LED PRAGA							
B4118	70 W	7200 LM	100 - 220 V	>50.000 H	IP66 / IK08	<10 %	DIM 0 - 10 V

1.2.4. Controladores Inventronics

La mayoría de los controladores tradicionales Led tiene componentes analógicos con que regulan la salida eléctrica. Las aplicaciones pueden estar en función de corrientes constantes con controladores CC o voltajes constantes con controladores CV, la salida puede ser ajustable para alcanzar los estándares de flujo luminoso o eficiencia energética.

1.2.4.1. EUK-150S105DV

Los controladores Fig.1.5 de la serie EUK-150xxxDV(TV) , son drivers que se emplean en varias aplicaciones como iluminación, túneles, carreteras y bahía alta. Al poseer una alta eficiencia de hasta el 93 % y a su vez ser compacta permite que funcione con temperaturas menores convirtiéndose en fiables además de prolongar la vida útil del producto. Su funcionamiento se garantiza por la incorporación de protecciones contra sobretensiones de entrada, salida, cortocircuito y sobre temperatura [25].



Figura 1.5: Controlador de 150W programable IP67 [25].

En el área de operación del controlador Fig. 1.6, se denotan tres zonas las cuales son: área correcta de actuación donde se tiene una carga de 100 %, área de operación permitida y el área de operación programada siendo la carga de 60 %.

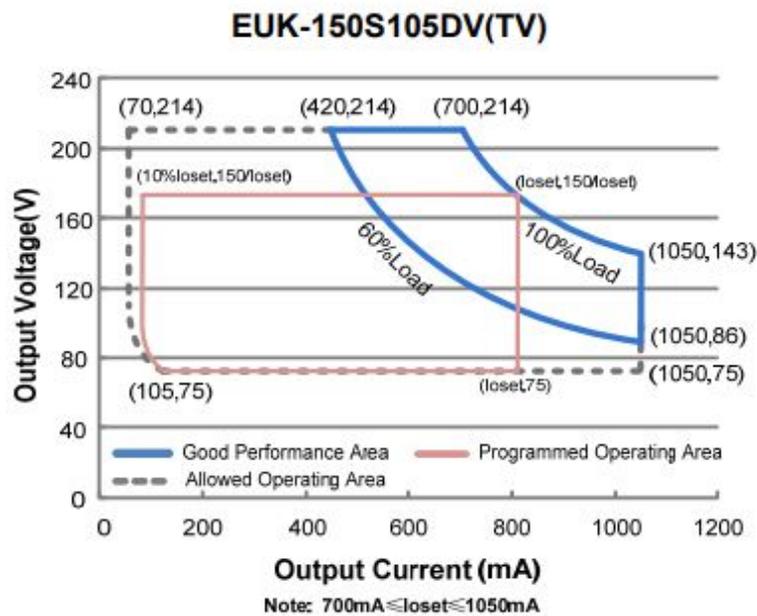


Figura 1.6: Área de operación corriente vs voltaje del controlador [25].

1.2.4.2. EUD-320S220DV

El controlador de la Fig.1.7, permite modificar el valor de voltajes y corrientes de salida de las lámparas Led generando ahorro, también se puede programar las horas de encendido y las horas que desea realizar la atenuación. Sus dimensiones se acoplan a las lámparas Ledex con entradas para corriente alterna de varios voltajes 120-220 V. El controlador tiene un factor de potencia excelente y pueden ser útiles en varias aplicaciones de iluminación exterior [26].



Figura 1.7: Controlador de 320W programable IP67 [26].

En el área de operación dependiendo de la familia de controladores se permite la reducción de potencia en función de la programación que se realice, mediante la Fig.1.8 se puede observar los valores que se requieren para que la potencia de salida de cada de las aplicaciones de iluminación.

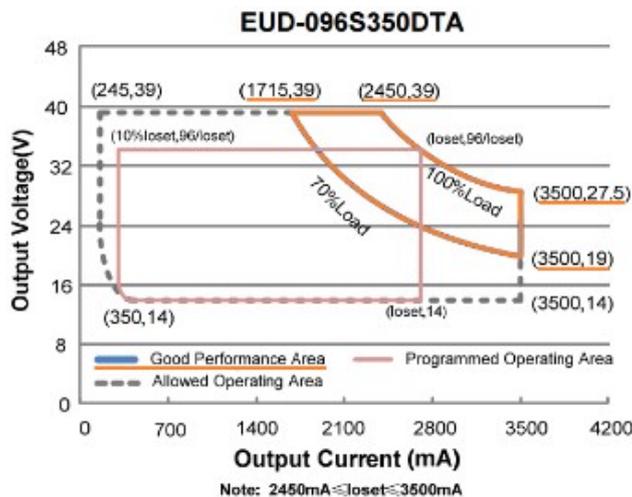


Figura 1.8: Área de funcionamiento del controlador [26].

1.2.4.3. CNV-SNAP-AN0

El un módulo autónomo de interfaz Fig.1.9, ayuda al control de uno o más controladores LED de Inventronics, emplea redes de control de iluminación inalámbrico Synapse, este último se utiliza tanto para sistemas de alumbrado interior como exterior [27].



Figura 1.9: Controlador inalámbrico con alcance aprox. 100 metros [27].

1.2.4.4. CNV-SNAP-DD2

El controlador de la Fig.1.10, es inalámbrico, compacto y versátil, tiene capacidad para una luminaria o un conjunto de varias luminarias, su fuente de alimentación CC cuenta con entradas para dos sensores que se pueden o no implementar, compatible con el equipo SimplySNAP Gateway lo que permite monitorear los controladores ya sean de alta gama o los tradicionales [28].



Figura 1.10: Controlador inalámbrico con rango de 1Km [28].

1.2.5. Controlador de Sitio

1.2.5.1. SS420-002/SS450-001

El controlador de sitio Fig.1.11, es el elemento más importante del sistema de telegestión SimplySnap, permite controlar de manera local las luminarias sin conexión a internet, sin embargo consta de una entrada RJ45 por si requiere que el dispositivo sea parte de una red LAN. Esta tecnología almacena datos del consumo de energía, zonas y alarmas con los comportamientos y eventos críticos para el mantenimiento o resolución de los posibles problemas del funcionamiento de la iluminación, también tolera la atenuación de potencia en multiniveles mediante horarios programables y de fácil configuración [29].



Figura 1.11: Controladores de sitio SS450-001 y el SS420-00 [29].

El Sistema SimplySnap de Acceso Remoto (SSRA), tiene dos controladores de sitio, siendo estos equipos principales del sistema, existiendo el controlador SS420 y el modelo SS450, los cuales comparten la mayoría de las características pero su mayor diferencia es la comunicación a través de una red 4G LTE de Verizon para el elemento SS450, en la siguiente Tabla 1.8 se denota cada una de las características de los controladores de sitio.

Tabla 1.8: Características de los controladores de Sitio [29].

CONTROLADORES DE SITIO SISTEMA SIMPLYSAP DE ACCESO REMOTO		
	SS420	SS450
Potencia de entrada	12-24 V CC Adaptador 100-240 V CA 15 W	12-24 V CC Adaptador 100-240 V CA 15 W
Comunicación	802.11b/g/n-2.4 GHz 802.15.4 +20 dBm	4G LTE Verizon 802.11b/g/n-2.4 GHz 802.15.4 +20 dBm
Certificaciones	FCC IC CE	—
Antenas	2	4
Garantía	5 años guia rapida de instalacion	5 años guia rapida de instalacion

1.3. Introducción a Telegestión

El sistema de telegestión controla las instalaciones eléctricas que están aisladas o se encuentran divididas geográficamente. Se basan en las herramientas eléctricas, telecomunicaciones, informáticas y electrónicas [30]. Algunas de las herramientas se describen a continuación:

- **Telemedida:** Recopilación de la información para poner a disposición del centro de control.
- **Telemando:** Realiza control inalámbrico desde el centro de control a los elementos que están en las estaciones remotas. Su servicio es todo el año.
- **Telecontrol:** Integra el sistema de equipos independientes programables que son capaces de controlar y planificar automáticamente el sistema.

1.3.1. Tecnologías de la Telegestión

El sistema de telegestión utiliza el medio de comunicación que se enlazan entre sí para que toda la información recaudada llegue a los centros de control, para dirigir o monitorear los diferentes componentes del sistema de alumbrado público. Para la transmisión de los datos existen medios de comunicación que pueden ser [31]:

- **Alámbrica:** Se utiliza los cables para transmitir la información. La elección del cable debe cumplir que tanto la atenuación como las interferencias sean pequeñas.
- **Inalámbrica:** Para transmitir la información se realiza mediante ondas electromagnéticas

En la Fig.1.12, se indican los cuatro sistemas de telegestión a ser analizados para la selección de la tecnología más conveniente para la propuesta del caso de estudio, posteriormente se describen sus características, ventajas y beneficios de cada una.



Figura 1.12: Sistemas de telegestión.
Fuente: Autores.

1.3.1.1. Sistema MINOS UMPI

La tecnología MINOS se compone por el software MINOX que ayuda a la supervisión del sistema iluminado, consta de un armario eléctrico integrado por dispositivos de control y telecontrol para las luminarias permitiendo el enlace correcto de comunicación [32].

El software de supervisión MINOS-X es una plataforma y su ubicación es la nube lo que permite un enlace desde cualquier lugar que el usuario se encuentre. El servicio que presta es la visualización de los problemas que pueden presentar las redes eléctricas en el alumbrado público [32].

1.3.1.2. ELO Sistemas Electrónicos S.A

Elo Sistemas Electrónicos S.A. fue fundada en el año 1980, siendo uno de los proveedores líderes en el mercado sudamericano en cuanto a medidores, además de equipos y sistemas electrónicos para el mercado energético en Brasil. Tiene como objetivo facilitar sistemas integrados que tienen la capacidad de automatizar procesos siendo estos adquisición y procesamiento de datos [33].

1.3.1.3. Owlet Nightshift del Grupo Schreder

Es un sistema de telegestión que permite el control, supervisión, medición y la gestión de una red de alumbrado, proporcionando soluciones eficientes en una instalación de iluminación de manera remota desde cualquier lugar del mundo [11].

1.3.1.4. SimplySNAP

Para sistemas de iluminación exterior la tecnología SimplySNAP puede controlar la red desde un sitio específico o tener acceso al mundo exterior a través de una red LAN, el control se puede realizar con varias familias de controladores de iluminación con sensores o interruptores automáticos o programables, la programación se puede ejecutar desde cualquier dispositivo con acceso a wifi, o desde cualquier computador conectado al servidor de la red SimplySNAP.

La mayor ventaja es que la red no requiere una licencia de software, el dispositivo controlador de sitio tiene configurados el software en sus dispositivos por lo que permite la instalación inmediata de los equipos a la red.

Permite generar mapas de ubicación GPS de las luminarias, al igual que el monitoreo de los equipos para verificar el funcionamiento y estado de cada una de ellas facilitando el mantenimiento de los equipos y control de los mismos. Esta tecnología maneja el protocolo IEEE 802.15.4 para la comunicación entre las diferentes etapas de la red [27].

1.3.2. Características de los Sistemas de Telegestión

La telegestión es una nueva manera de implementar sistemas que se puedan controlar desde cualquier dispositivo inteligente, estas tecnologías tendrán un alcance en función de los equipos o de los protocolos de comunicación.

En la tabla 1.9, se indican las características de los sistemas de telegestión a ser analizados para tener como resultado la tecnología más acorde para el caso de estudio.

Tabla 1.9: Características de los sistemas de telegestión.
Fuente: Autores.

CARACTERÍSTICAS SISTEMAS DE TELEGESTIÓN				
	MINOS UMPI	ELO SISTEMAS ELECTRÓNICOS S.A	OWLET NIGHTSHIFT DEL GRUPO SCHREDER	SIMPLYSNAP
AHORRO ENERGÉTICO	El consumo de energía se reduce un 45 %.	El ahorro de energía sobre el 50 %, y en operación y mantenimiento en un 70 %.	Hasta un 85 % de ahorro.	Reducción de potencia entre 30 % y 40 %.
MANTENIMIENTO	Supervisión en tiempo real.	Su mantenimiento es reducido. Las fallas de las lámparas son identificadas de forma automática.	Monitoreo en tiempo real, incluye detección de robo o fallo de los cables.	Monitoreo en tiempo real de los sistemas. Almacenamiento de datos de perfiles de consumo energético.
CONFIABILIDAD Y SEGURIDAD	Previene las condiciones de peligro generadas por las instalaciones. Garantiza la presencia de luz y notificaciones en caso de falla de los equipos.	Se convierte en una red inteligente a tal grado de ser utilizado para prender una cámara y las conexiones de GSM o WiFi, llevando información desde sensores y controladores para la detección de contaminación.	Cuentan con funciones de auto regeneración y normalización. Su índice de transmisión es 10 veces superior en cuanto a la comunicación eléctrica sin interferencias.	Impide el acceso a usuarios no autenticados. Permite controlar diferentes zonas generadas por la conexión entre los equipos.
OPERACIÓN Y SERVICIOS	Programación mediante reloj astronómico para encendido y apagado. Importar datos en formato XML.	Cuenta con una operación a través de una estación de control, el operador accede al caso actual de la red.	Capacidad para implementar, adaptar y reproducir perfiles de iluminación para redes de AP.	Creación de calendarios con fechas y programación de encendido y apagado de cada zona. Extrae datos de consumo para generar una base de datos CSV.
IMPACTO AMBIENTAL	La disminución de la contaminación lumínica.	Reducción de la contaminación lumínica.	Reduce el deslumbramiento. Prohíbe la iluminación intrusiva hacia las casas.	Las lámparas tienen una luz blanca tipo led, que no atrae insectos, además de no generar una contaminación lumínica ni malestar en las personas con la reducción de la potencia.
SOFTWARE	Dispone de un software MINOS X conectados al servidor IOS para su posible conectividad con internet.	Streetlight.Visión 100 % web y almacenado en la nube (Cloud-based) soporta el protocolo estandarizado ISO14908 o denominado LonWorks.	Se puede acceder a la aplicación desde cualquier ordenador conectado a internet, mediante usuario y contraseña.	No requiere de software, se puede acceder a la aplicación mediante conexión wifi o con la dirección IP en el caso de pertenecer a una red LAN a través del programa Google Chrome, también permite la configuración multiusuario mediante usuario y contraseña. Almacenamiento en la nube.

1.3.3. Tecnologías de Comunicación

Este tipo de redes robustas evitan el uso de arquitecturas centralizadas, siendo más efectiva para las aplicaciones de monitoreo, control y mantenimiento. Teniendo mayor eficiencia por ser un sistema centralizado, brindando un ahorro a largo plazo. La plataforma LonWorks tiene soporte para los equipos provenientes de las empresas ABB, AEG BROOKS, BJC [34].

1.3.3.1. Estándar 802.11

El estándar 802.11 IEEE maneja el concepto de interoperabilidad entre productos, es decir la conexión inalámbrica con una red wifi de diferentes dispositivos. A su vez se divide en una gama de frecuencias y la calidad del servicio, cubriendo las dos capas del modelo OSI. En cuanto a velocidad de transmisión originalmente son 2Mbps, en transmisión FHSS con un rango de frecuencia de 2.4 GHz a 2.5GHz, pero en algunos casos por interferencias del espectro radioeléctrico se podría decir que la velocidad puede ser menor al 1 Mbps [35].

En esta sub división la velocidad de operación en la transferencia de datos pueden llegar a los 54 Mbps a un ancho de banda de 5Ghz, utilizando OFDM brindando una gran ventaja contra las interferencias. Esta tecnología no está en el rango de frecuencia de otros dispositivos lo que proporcionan mayor velocidad en las condiciones óptimas, si existen alguna condición que debilite el sistema se podría usar velocidades de 6 a 48 Mbps [35].

El estándar IEEE.802.11.g puede transmitir la información en la mismas velocidades que la IEEE 802.11.b; pero en una frecuencia máxima de 2.4Ghz, la característica primordial de este sistema es que puede proporcionar rutas de migración para el estándar IEEE 802.11.b [35].

1.3.3.2. Protocolo LonWorks

Es un protocolo que tiene concordancia con el modelo ISO que permite la interconexión de sistemas, contiene las siete capas OSI. En este modelo todos los nodos conectados al sistema tienen la misma importancia para gestionar la red, sin la necesidad de una configuración maestro-esclavo, la información se envía a través de paquetes o datagramas[36].

Tiene una base descentralizada que permite una interoperabilidad entre diferentes equipos, los dispositivos tienen un microchip llamado Neuron que procesa todos los datos en transmisión y recepción. La conectividad de los equipos está dada por cable coaxial, fibra óptica, por radio frecuencia o cable de cobre par trenzado, las longitudes que alcanza esta red es de 1500 a 2700 metros [36].

Este protocolo contiene una autenticación de remitente asegurando que no se den perturbaciones. No tiene una arquitectura específica, permitiendo realizar ampliaciones de la red, reduciendo el cableado y mejorando la flexibilidad del sistema, contiene un nodo o dispositivo de una red o bus, y un dispositivo de supervisión control, los dispositivos de control son comúnmente PC con una interfaz LonWorks comunicación la conexión se puede hacer mediante diferentes puertos, PCI, USB, Ethernet [36].

1.3.3.3. Protocolo ZigBee

Es un protocolo IEEE estándar que permite el control y la monitorización de equipos, basado en radiofrecuencia regenerando comunicaciones seguras y de bajo consumo energético, sigue el modelo OSI. Se implementa para la comunicación entre nodos situados en cada punto, formando una malla. Tiene una velocidad de 250 Kbits/s con dispositivos a 100 metros, además puede gestionar una comunicación con autenticación. Este protocolo contiene PHY que activa o desactiva el transceptor de radio, maneja velocidades de 250Kbps a 4GHz o 20Kbps frecuencias de 915MHz [31].

Las arquitecturas para este protocolo pueden ser de tipo estrella una red mallada o tipo árbol. Contiene parámetro de datos en los cuales interviene la modulación BPSK O-QPSK que permiten variar el espectro radioeléctrico al cual se vaya a trabajar, se describen a continuación algunas topologías [37]:

- Topología Estrella: Se conecta con un concentrador central denominado PAN que se puede conectar al flujo eléctrico.
- Topología Árbol: Es una topología híbrida formado por varias topologías estrella, con un PAN permitiendo añadir dispositivos sin problemas.

1.3.3.4. Control Lógico Programable (PLC)

La definición según NEMA (National Electrical Manufacturers Association), un controlador programable opera de forma digital utilizando una memoria programable siendo almacenadas internamente las instrucciones que tienen funciones específicas como registros, lógica, conteo, etc [38].

Las partes más importantes del PLC son: el CPU, entradas y salidas; siendo la Unidad Central de Procesamiento (CPU) el encargado de ejecutar los programas que han sido desarrollados por los operadores [38].

1.3.3.5. Interoperabilidad SymplySnap

La comunicación entre dispositivos de control monitoreo y adquisición de datos permite a un sistema transferir mensajes codificados entre terminales remotas. La tecnología SimplySnap Fig.1.13, tiene la capacidad de comunicarse con otros sistemas mediante una puerta de enlace, brindando la interoperabilidad entre varios equipos [39] .

En la actualidad el sistema más utilizado para el control y monitoreo de equipos es la comunicación SCADA, bajo los protocolos esclavos IEC 104, MODBUS RTU y la IEC 61850, estos protocolos transmiten la información a las unidades terminales remotas RTU que a su vez envía los datos a una central para analizar, procesar y visualizar toda la información en un HMI del operador [40] .

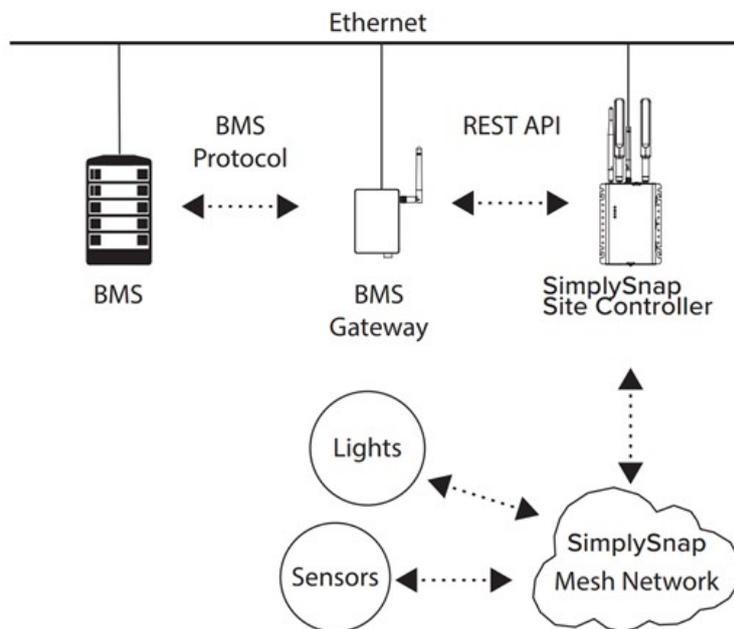


Figura 1.13: Conexión entre sistemas telegestión y protocolos [40].

SimplySnap desarrolló una puerta de enlace BMS-GW entre la red mallada de telegestión y sistemas automatizados bajo protocolos ModBus RTU, ModBus TCP/IP, dando la oportunidad de poder realizar la configuración para entrelazar los datos de telegestión a una red SCADA o entre otros sistemas automatizados [39].

El equipo denominado ProtoAir o BMS-GW permite la transferencia de datos entre diferentes protocolos a través del medio Ethernet como puerto de ingreso o salida, también contiene puertos de salida RS485. Este equipo no necesita descargar un archivo de configuración para admitir diferentes aplicaciones ya tiene precargado perfiles y configuraciones compatibles para los dispositivos, se observa en la Fig.1.14 [40].

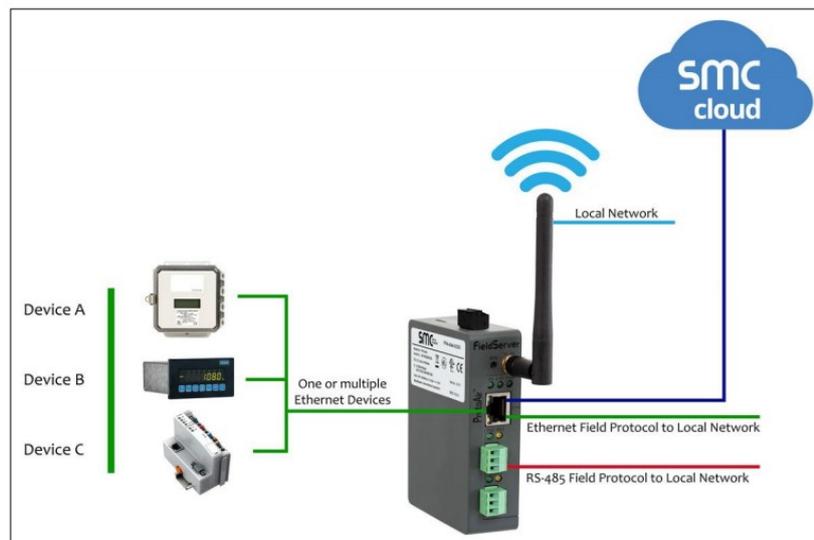


Figura 1.14: Puertos y conexión para interoperabilidad entre protocolos [40].

1.4. Conceptos Técnicos-Económicos para la Viabilidad del Proyecto

1.4.1. Tasa de Interés

La tasa de interés se denomina como el costo del dinero en el tiempo, siendo este el precio que cada institución financiera cobra por entregar un crédito. De acuerdo al “BCE (Banco Central del Ecuador) la tasa de interés de crédito se define como activa”, su valor en el mes de enero del 2021, se obtuvo del BCE, siendo 8,28 % [41].

1.4.2. Valor Presente Neto (VPN)

Se define también como valor actual neto (VAN), es una medida de rendimiento que se calcula en base a los flujos tanto de los ingresos y los egresos futuros, analizando si al descontar la inversión que se realiza al inicio se obtiene una ganancia en el proyecto que se quiere ejecutar. La fórmula para calcular el VAN [42]:

$$VAN = -I_n + \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} \quad (1.7)$$

donde,

I_n = la inversión inicial cuando $(n = 0)$

n = Número de períodos.

t = Es el tiempo.

V_t = Flujo de dinero en cada período de tiempo N .

k = Tipo de interés requerido para la inversión.

1.4.3. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Es un índice de rentabilidad con el fin de determinar la factibilidad económica en la inversión, depende únicamente de los flujos efectivos de la propuesta o proyecto, como consecuente si el TIR es mayor a la tasa referencia el proyecto se puede llevar a cabo [43] .

$$TIR = \frac{-I + \sum_{i=1}^n F_i}{\sum_{i=1}^n i * F_i} = 0 \quad (1.8)$$

donde,

F_i = Flujo de caja en el período t .

n = Número de períodos.

I = Valor inicial de la inversión.

1.4.4. Relación Beneficio-Costo (RBC)

La relación beneficio-costo es un procedimiento relevante cuando se requiere realizar un estudio económico en el sector público, con el objetivo de analizar la inversión a un proyecto. Se toma en consideración para los cálculos la tasa de interés, además de la conversión a la unidad monetaria de los valores de costos y beneficios. Se calcula mediante la Ecuación 1.9, [44]:

$$RBC = \frac{VA_{de\ los\ beneficios}}{VA_{de\ los\ costos}} \quad (1.9)$$

donde,

$VA_{delosbeneficios}$ = Valor anual de los beneficios.

$VA_{deloscostos}$ = Valor anual de los costos.

Aplicando la ecuación anterior para los cálculos y obteniendo el resultado se debe tener en cuenta los siguientes criterios [44].

- Cuando $RBC \geq 1$ el proyecto o propuesta es económicamente viable.
- Cuando $RBC \leq 1$ el proyecto o propuesta no es económicamente viable.
- Por otra parte, cuando el RBC es igual o esta cercano al valor de 1 el proyecto no esta definido por los aspectos económicos y la decisión de su ejecución estará ligada a la decisión de la administración.

CAPÍTULO 2

Desarrollo del Caso de Estudio

2.1. Empresa Eléctrica C.A

La Empresa Eléctrica Azogues C.A. Una compañía anónima de nacionalidad ecuatoriana constituida el 27 de febrero de 1972, es una institución que tiene como objetivo de distribuir y comercializar la energía eléctrica para brindar un servicio de calidad y calidez a todos los usuarios que están dentro del área de concesión, formado por los cantones Azogues y Déleg en la provincia del Cañar. Cuenta con una trayectoria satisfactoria de servicio a la comunidad, gracias a la eficiente gestión de sus autoridades y trabajadores.

2.1.1. Elementos Orientadores de la Institución

Misión

“En la Empresa Eléctrica Azogues C.A. distribuimos y comercializamos energía eléctrica en condiciones técnicas y económicas óptimas para atender las necesidades de nuestros clientes como fundamento básico de la sociedad, en sujeción al marco legal vigente, buscando beneficio social, uso eficiente de la energía y equilibrio económico sostenido, a través de procesos de mejora continua y protección al entorno”.

Visión

“Ser la Empresa modelo del sector, con talento humano competente y comprometido que, utilizando tecnología de punta, suministre un servicio de óptima calidad y cobertura, para satisfacción de nuestros clientes, la sociedad y su entorno, acorde al Plan Nacional del Buen Vivir”.

2.2. Análisis de la Problemática

La gestión de los recursos de un APG brinda una eficiencia energética, ya sea reduciendo costos de mantenimiento o de consumo energético. En la actualidad el Ecuador tiene un consumo aproximado de 1500 GWh y se estima que dentro de 5 años se podrá llegar a un total de 1700 GWh en el país. En esta perspectiva surge la necesidad de propuestas para tecnologías en gestión de alumbrado público que permitan la reducción de potencia y perfiles de carga de un APG para analizar el comportamiento o niveles de iluminación adecuados que posibilite el uso de lámparas de menor potencia o alternativas para enfrentar el crecimiento de demanda del SAP.

La EE Azogues C.A., hasta el 2017 tenía una potencia instalada de 2.141 kW para el sistema de iluminación, siendo la empresa con el menor número de luminarias para el alumbrado público, sin embargo, no deja de ser un consumo de energía que se necesita satisfacer [45].

El desarrollo de las tecnologías permite gestionar de manera eficiente los recursos disponibles de una red. Los sistemas automatizados permiten el monitoreo de los equipos y de su control, obteniendo una base de datos de la red la cual se puede usar para análisis estadísticos o de otra índole. Esta información de medición del sistema ayuda a verificar si los equipos requieren mantenimiento o si están funcionando de manera correcta.

El consumo de energía del alumbrado público no está puesto a medición por lo que no se identifica el impacto económico que genera su consumo total por mes, esto se debe a que los equipos en la actualidad son dispositivos que no son programables en su totalidad y en algunos casos el encendido y apagado de estos sistemas son desarrollados por fotoceldas dependiendo de la iluminación del día, resultando un funcionamiento promedio de 12 horas de las lámparas.

El mantenimiento o inspección de los equipos implica un gasto de tiempo y recursos, además de la incertidumbre de elegir qué área de iluminación se deben inspeccionar para determinar si están en correcto funcionamiento. El número de lámparas del sistema de iluminación se vuelve un problema grave de gestionar por el tiempo y el personal que se requiere para la supervisión del sistema.

2.3. Propuesta con la Tecnología SimplySnap

El uso de la tecnología Led es un método para reducir el consumo de energía del alumbrado público, sin embargo, el tiempo que permanecen en funcionamiento sin flujo de personas o vehículos significa una potencia no eficiente. La EEA C.A, tiene luminarias de la marca LEDEX del tipo Solaris para alumbrado público exterior, este equipo fue adquirido con controladores pensados para un sistema de automatizado que gestione el tiempo de encendido y apagado de las luminarias y otras aplicaciones que puedan surgir con el avance tecnológico.

Con lo anteriormente expuesto y con el análisis realizado de los diferentes sistemas de telegestión se optó por la tecnología SimplySnap al ser más compatible con respecto a los nuevos equipos que esta adquiriendo la empresa.

La tecnología SimplySNAP tiene muchos beneficios en el uso de los dispositivos de iluminación debido a la variedad disponible en las diferentes aplicaciones, además el costo de los equipos en comparación a otros sistemas de control en telegestión es muy reducido y su instalación es más sencilla.

El sistema opera con un software que no necesita licencia o actualizaciones, así mismo, los equipos son programables desde un dispositivo que modifica de acuerdo con las necesidades de la zona mediante archivos Excel en formato CSV, por lo que la programación se vuelve fácil incluyendo una guía de funcionamiento de los dispositivos que se encuentran en la red de internet, siendo esta una gran diferencia con otras tecnologías que no proporcionan información si no se adquieren los elementos. La instalación de estos equipos para la telegestión es sencilla ya que pueden soportar el ambiente exterior por la protección IP6. El rango de alcance de este sistema dependerá del area en la que se encunetren las lámparas y alcanzan una distancia de 50 a 500 metros de radio ocupando pocos equipos en áreas grandes.

2.4. Datos y Estado del Alumbrado Público Actual

Actualmente el sistema de iluminación de la EEA C.A, ha optado por lámparas Led en reemplazo a las lámparas de sodio o mercurio, en cumplimiento a la Ley Orgánica de Eficiencia Energética (SNEE). El cambio se realizó en ciertos lugares estratégicos como la Av. de Los Alcaldes y Av. Aurelio Jaramillo de la ciudad de Azogues. Estos sistemas están conectados junto con la distribución de energía al sector residencial, por lo que, se considera los datos de cada uno de los transformadores que alimentan al sistema.

De acuerdo al Cap.4.11 de la Ley Orgánica de Eficiencia Energética

“Artículo 1.- Tiene por objeto establecer el marco legal y régimen de funcionamiento del Sistema Nacional de Eficiencia Energética – SNEE, y promover el uso eficiente, racional y sostenible de la energía en todas sus formas, a fin de incrementar la seguridad energética del país; al ser más eficiente, aumentar la productividad energética, fomentar la competitividad de la economía nacional, construir una cultura de sustentabilidad ambiental y eficiencia energética, aportar a la mitigación del cambio climático y garantizar los derechos de las personas a vivir en un ambiente sano y a tomar decisiones informadas” [46].

2.4.1. Estudio de Campo

El estudio de campo del SAP de la ciudad de Azogues, se realizó en las zonas estratégicas donde están ubicadas las luminarias Led marca LEDEX, estos sectores se observan en la Fig.2.1. El área total de la Av de los Alcaldes es de 11.36 m² y la Av. Aurelio Jaramillo cuenta con un área de 9.593,2 m². Los dos casos de estudio se encuentran en el estrato C de la demanda diversificada.

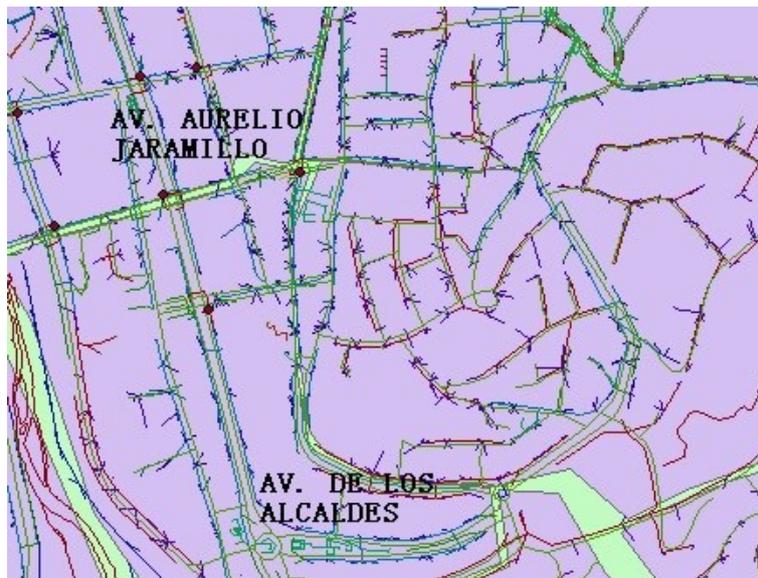


Figura 2.1: Ubicación de los sectores del caso de estudio.

Los equipos de iluminación de la marca LEDEX Fig.2.2, tienen una alta resistencia a la corrosión y su cubierta es pintura electrostática para resistir condiciones adversas brindando protección IP66. Este equipo también tiene incorporado una fotocelda. En cuanto a la protección de los módulos Led cuenta con un protector de vidrio templado que permite el paso de luz optimizando el comportamiento fotométrico basado en la característica IEC62262. Además pertenece a la clase eléctrica de la norma IEC-60598-2-3.



Figura 2.2: Vista interna de la luminaria HYDD-LED10/240W.

En la Tabla 2.1 se muestran las especificaciones técnicas del modelo de la luminaria HYDD-LED con sus respectivos valores de potencia programable, flujo luminoso y eficiencia lumínica, las mismas que se encuentran instaladas en las zonas de análisis.

Tabla 2.1: Especificaciones técnicas de la luminaria HYDD-LED.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS						
POTENCIA NOMINAL	60W	100W	150W	200W	240W	280W
POTENCIA PROGRAMABLE	60W	61-100W	101-150W	151-200W	201-240	241-280
VOLTAJE/FRECUENCIA	90-305 VAC/ 60Hz					
FACTOR DE POTENCIA	0.95					
DISTORSIÓN ARMÓNICA	10 %					
PROTECCIÓN SOBRE VOLTAJE	10KV					
PROTECCIÓN SOBRECARGAS	10KA					
FLUJO LUMINOSO	6853 LUM	12068 LUM	17769 LUM	27500 LUM	28935 LUM	35535 LUM
EFICIENCIA LUMÍNICA	117 LUM/W	125 LUM/W	210 LUM/W	137 LUM/W	117 LUM/W	119 LUM/W
VIDA ÚTIL	100000 horas					

2.4.1.1. Diagrama Unifilar Actual

Una vez realizado el estudio de campo se determinó la conexión entre luminarias, equipos de protección y elementos de control actual. En la Fig.2.3, se muestra la alimentación de las luminarias desde el alimentador A0124 perteneciente a la Subestación 1 de la ciudad de Azogues.

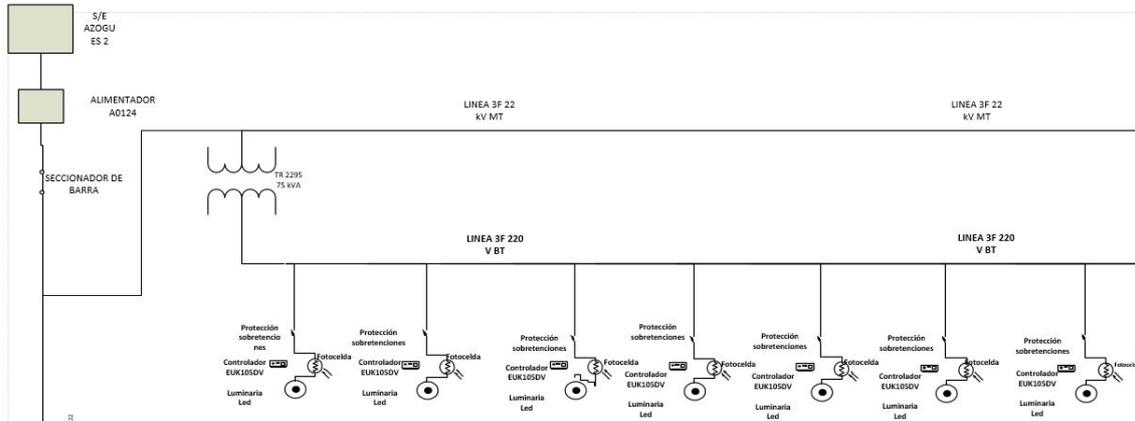


Figura 2.3: Conexión del AGP Av. de los Alcaldes.

2.4.2. Levantamiento de la Carga

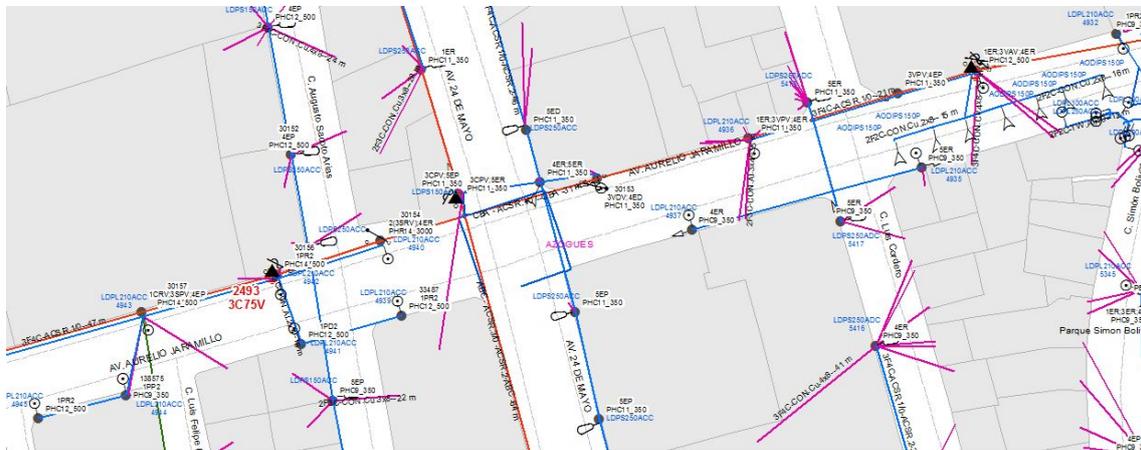


Figura 2.4: Características del AGP en la Av. Aurelio Jaramillo.

Se procedió a identificar el tipo de lámparas y la red de cada sistema de iluminación, mediante el programa ArcGIS de la empresa EEA C.A; obteniendo datos de los diferentes equipos de iluminación como las horas de funcionamiento, tipo y potencia de cada lámpara y a que red eléctrica está conectada. La información se observa en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2: Datos actuales de los casos de estudio.

Caso de Estudio	Código Estación de Transformación	Potencia (kVA)	Cargabilidad (%)	Tipos de Luminarias	Cantidad	Tiempo de Funcionamiento (Horas)
Av. De los Alcaldes	542	50	17,42	Lámpara Led	16	12
				Reflector Led	1	5
	2295	75	19,3	Lámpara Led	8	12
				Reflector Led	10	5
Av. Aurelio Jaramillo	1928	30	19,13	Lámpara Led	4	12
				Reflector Led	-	-
	1083	50	50,17	Lámpara Led	6	12
				Proyector Sodio	7	5
	2493	75	23,15	Lámpara Led	13	12
				Proyector Sodio	6	5

2.4.2.1. Características del Transformador

De igual manera se adquirieron las especificaciones de las estaciones de transformación que alimentan a las luminarias de estudio, que tienen una relación de transformación de 22kV/220 trifásica. La configuración para todos los transformadores es conexión delta para el lado de media tensión y conexión estrella en el lado de baja tensión, Tabla 2.3.

Tabla 2.3: Datos de las estaciones de transformación.

Código Estación de Transformación	Potencia (kVA)	Cargabilidad sin APG (%)	Baja Tensión (V)	Alta tensión (kV)
542	50	17.42	120-220	22
2295	75	19.3		
1928	30	19.13		
1083	50	50.17		
2493	75	23.15		

2.4.3. Consumo Energético del Caso de Estudio

En esta zona el consumo de potencia mantiene una distorsión armónica del 10 %, esto debido a la configuración del sistema de alimentación a la luminaria, 220V - 60Hz. En los casos de estudio como se puede verificar los sistemas son trifásicos con alimentación bifásica por lo que se tendrán las mismas consideraciones en el cálculo de energía, considerando la Ecuación 1.6, mediante el producto de los parámetros, tiempo de funcionamiento de la luminaria (12 horas), la cantidad de lámparas y el factor de expansión de pérdidas promedio que se producen en las líneas de transmisión y distribución, siendo su valor promedio (FEX= 1,0721) y la suma del consumo de la luminaria o reflector siendo 40W y 21W el valor de pérdidas, se obtuvo:

Caso de estudio Av. de los Alcaldes

Energía Actual de los reflectores

$$Energia = (400W + 40) * (12horas) * (11) * (1,0721) \quad (2.1)$$

$$Energia = 62,268kWh \quad (2.2)$$

Energía Luminaria LED

$$Energia = (210(W) + 21) * (12horas) * (24) * (1,0721) \quad (2.3)$$

$$Energia = 71,325kWh \quad (2.4)$$

Caso de estudio Av. Aurelio Jaramillo

Energía de los proyectores de sodio

$$Energia = (150W + 15) * (12horas) * (5) * (1,0721) \quad (2.5)$$

$$Energia = 5,629kWh \quad (2.6)$$

$$Energia = (250W + 25) * (12horas) * (5) * (1,0721) \quad (2.7)$$

$$Energia = 8,04kWh \quad (2.8)$$

Energía Luminaria LED

$$Energia = (180W + 18) * (12horas) * (1) * (1,0721) \quad (2.9)$$

$$Energia = 2,547kWh \quad (2.10)$$

$$Energia = (210W + 21) * (12horas) * (23) * (1,0721) \quad (2.11)$$

$$Energia = 68,648kWh \quad (2.12)$$

En la Tabla 2.4, se resumen los consumos de los SAP de los casos de estudio:

Tabla 2.4: Total de energía consumida en los casos de estudio.

PARAMETROS	AV. DE LOS ALCALDES		AV. AURELIO JARAMILLO			
	LÁMPARAS	REFLECTORES	LÁMPARAS		PROYECTORES DE SODIO	
FEX	1,0721	1,0721	1,0721		1,0721	
Potencia (W)	210	400	180	210	150	250
Pérdidas (W)	21	40	18	22	15	25
Núm. Horas Funcionamiento	12	12	12	12	5	5
Núm. Lámparas	24	11	1	23	7	6
Energía consumida (kWh)	71,3247	62,2676	2,5473	68,6487	5,6285	8,0408
Total Energía Consumida (kWh)						218,45

El costo de la energía del alumbrado público está sujeto a la regulación del pliego tarifario establecido para cada empresa eléctrica, para el caso de la EE Azogues, toma a consideración el valor de 0.04 USD y con este rubro se obtiene el valor total del costo del AP de los casos de estudio.

El costo total de la energía para los caso de estudio se expersa en la Tabla 2.5, determinado un precio al día, mensual y anula del alumbrado publico.

Tabla 2.5: Costo total de la energía.

COSTO DE ENERGIA ACTUAL		
Día	8,7383	USD
Mes	262,1490	USD
Año	3189,479	USD

2.5. Proyección del Sistema AGP con SimplySnap

Una vez analizadas las distintas ventajas correspondientes a cada tecnología de telegestión expresadas en el capítulo 1, en la Tabla 1.9, se definió el sistema SimplySnap como la mejor alternativa para el caso de estudio.

La comunicación del sistema SimplySNAP, puede ser a través de una red de internet mediante una configuración LAN o Wifi para conexión con los usuarios, mientras la comunicación con ondas de radiofrecuencia a 2.4 GHz se establece entre el controlador de la luminaria y el controlador de sitio y esto dependerá del área a la que se desea aplicar, por ello, la operación de los equipos será mediante un dispositivo inteligente con la aplicación de Google Chrome.

El sistema es seguro ya que para acceder a los datos mediante el logueo de un usuario y contraseña, a la vez que se puede generar un grupo de usuarios para visualización de datos o usuarios que puedan modificar la configuración y programación de los equipos.

El consumo de energía en este sistema se puede reducir en un 60 o 70 % en función de la necesidad del área, o se puede programar una reducción de la potencia en ciertas horas sin perder el flujo luminoso por el sistema de compensación que contiene los controladores, esto implica que no se producirá problemas de deslumbramiento.

2.5.1. Ahorro Energético con SimplySnap

Se propone reducir en un 25 % la potencia de cada luminaria Led para un ahorro en el consumo de energía, bajo condiciones que los reflectores y proyectores de sodio no pueden reducir su potencia ya que estos equipos no son marca LEDEX. En la Tabla 2.6, se observa los datos y cálculos de la reducción de potencia.

Tabla 2.6: Reducción de la energía con SimplySnap.

PARÁMETROS	AV. DE LOS ALCALDES			AV. AURELIO JARAMILLO					
	LÁMPARAS		REFLECTORES	LÁMPARAS				PROYECTORES DE SODIO	
FEX	1,0721		1,0721	1,0721				1,0721	
Potencia (W)	210	178,5	400	180	153	210	178,5	150	250
Pérdidas (W)	21	21	40	18	18	22	21	15	25
Núm. Horas Funcionamiento	5	7	12	5	7	5	7	5	5
Núm. Lámparas	24	24	11	1	1	23	23	7	6
Energía Consumida (kWh)	29,7186	35,9325	62,2676	1,0614	1,2833	28,6036	34,4353	5,6285	8,0408
Total Energía Consumida (kWh)	206,9715853								

La reducción de la potencia implica un menor pago de la energía, esto genera que la empresa proyecte un ingreso debido al ahorro; producto de la reducción de consumo energético, ya que el costo tarifario no se reduce y el pago del servicio del AGP no se modifica teniendo un mismo ingreso, pero con un menor costo de consumo. Del mismo modo se puede ver los valores del costo en la Tabla 2.7.

Tabla 2.7: Costo de la energía con sistema de telegestión.

COSTO DE ENERGIA PROYECTADA		
Día	8,2789	USD
Mes	248,3659	USD
Año	3021,7852	USD

2.5.2. Plano con Propuesta Telegestión

En la perspectiva de visualizar como se estructuraría la red y la ubicación de los equipos de telegestión, se plantea un plano Fig. 2.5 y 2.6, que se obtuvo del ArcGIS de la EEA C.A., con la localización exacta de las luminarias tanto en la Av. de los Alcaldes como la Av. Aurelio Jaramillo.

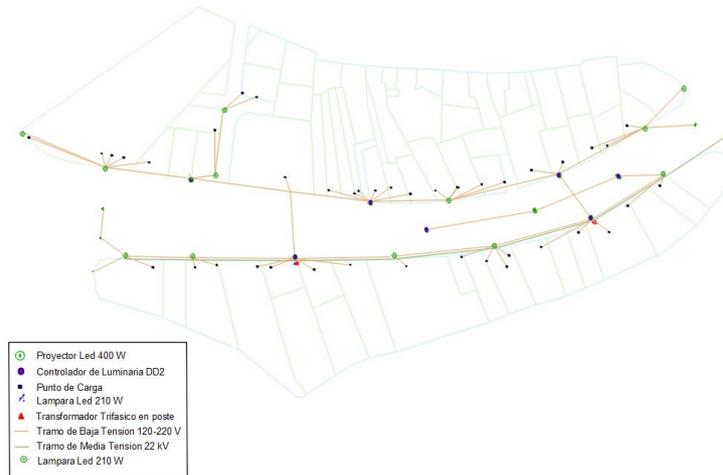


Figura 2.5: Tecnología de telegestión en la Av. de los Alcaldes.

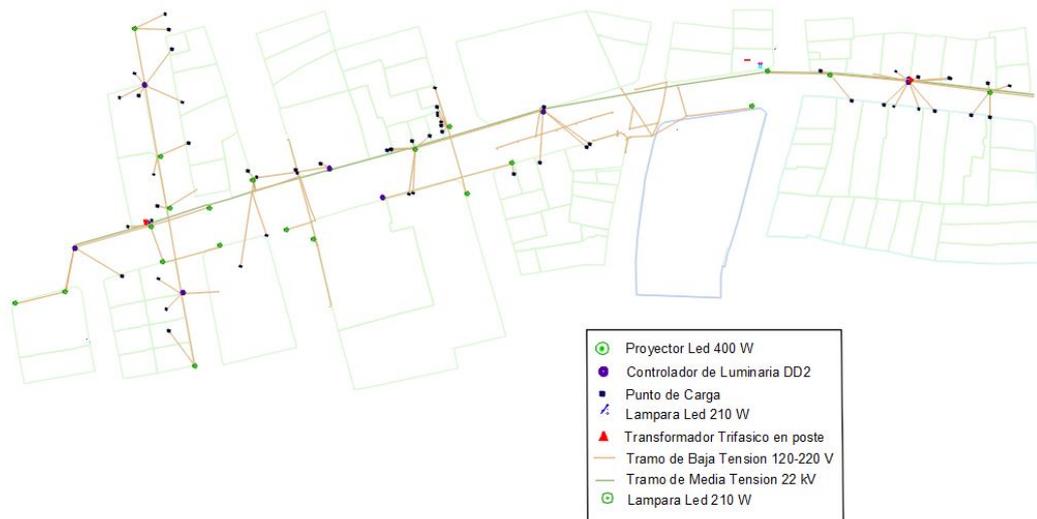


Figura 2.6: Tecnología de telegestión en la Av. Aurelio Jaramillo.

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS Y RESULTADOS

3.1. Análisis Técnico-Económico

3.1.1. Estudio Técnico de los Sistemas

Los sistemas eléctricos de potencia en su funcionamiento presentan pérdidas de potencia activa y reactiva, producto de la longitud de los cables y a los tipos de carga que estén conectados, demanda residencial y demanda del alumbrado público que en horas pico pueden generar una sobrecarga al transformador.

3.1.1.1. Estado de carga de los transformadores

El análisis con flujos de potencia y demanda diversificada permite obtener estos datos, además de un factor de cargabilidad de cada estación de transformación, permitiendo observar los efectos que pueden ocasionar un alumbrado público sin medición a la red, esta información se puede verificar en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1: Características de funcionamiento de los transformadores.

PARAMETROS TECNICOS DE ESTACIONES DE TRANSFORMACION (SEP)										
Casos Estudio	Transformador	Condiciones	S(t) [kUA]	P(t) [kW]	Q(t) [kUAR]	S [kUA]	P [kW]	Q [kUAR]	FC	FP
Av. De Los Alcaldes	2295	Consumo sin APG	67.81	60.96	29.70	75.00	0.08	0.21	0.90	0.90
		con APG	70.47	63.37	30.84	75.00	0.09	0.23	0.94	0.90
		con APG-Telegestion	70.13	63.05	30.71	75.00	0.08	0.21	0.94	0.90
	542	Consumo sin APG	38.78	34.86	16.98	50.00	0.05	0.12	0.78	0.90
		con APG	42.99	38.67	18.77	50.00	0.05	0.13	0.86	0.90
		con APG-Telegestion	41.66	37.46	18.24	50.00	0.05	0.12	0.83	0.90
Av Aurelio Jaramillo	1928	Consumo sin APG	29.47	26.80	12.27	30.00	0.05	0.05	0.98	0.91
		con APG	30.58	27.81	12.73	30.00	0.05	0.06	1.02	0.91
		con APG-Telegestion	30.47	27.38	13.35	30.00	0.03	0.09	1.02	0.90
	1083	Consumo sin APG	50.03	45.88	19.94	50.00	0.07	0.18	1.00	0.92
		con APG	52.30	47.94	20.91	50.00	0.07	0.19	1.05	0.92
		con APG-Telegestion	52.24	46.96	22.89	50.00	0.07	0.19	1.04	0.90
	2493	Consumo sin APG	61.48	55.23	27.00	75.00	0.12	0.31	0.82	0.90
		con APG	65.84	59.15	28.91	75.00	0.13	0.32	0.88	0.90
		con APG-Telegestion	65.45	58.80	28.74	75.00	0.13	0.32	0.94	0.90

El implementar un sistema de telegestión en el SEP permite reducir la potencia a la que puede trabajar la máquina disminuyendo en parte su cargabilidad que se ve reflejada en la potencia aparente del sistema, generando ahorro energético y con posibilidad de trabajar con mayor carga residencial o de incorporar más luminarias si se requiere en algún caso.

De esta manera se obtienen los resultados que se observan en la Tabla 3.2, con valores de cargabilidad de cada estación de transformación en tres situaciones, un SEP con alumbrado público pero que no está puesto a medición, un sistema incorporando el alumbrado público y por último con un alumbrado público sujeto al sistema de telegestión.

Tabla 3.2: Condición de funcionamiento de los transformadores.

ESTADOS DE CARGABILIDAD DE LOS TRANSFORMADORES						
Caso de Estudio	Código Estación de Transformación	Potencia (kVA)	Cargabilidad sin APG (%)	Cargabilidad con AGP (%)	Cargabilidad con AGP-Telegestion (%)	kVA
Av Alcaldes	542	50	17.42	17.796	17.5	1.32369919
	2295	75	19.3	19.97	19.79	0.34135752
Av. Aurelio Jaramillo	1928	30	19.13	21.06	19.31	0.11393948
	1083	50	50.17	54.77	54.64	0.05872383
	2493	75	23.15	28.9687	28.4484	0.39018763

3.1.2. Estudio Económico

En el estudio económico se procede a los cálculos del VPN de los equipos, VPN del caso de estudio y finalmente el RBC de la propuesta, por ello se considera una tasa de interés del 8,28 % en inversión pública referente al año actual obtenido del BCE, Fig.3.1.

Tasas de Interés			
Enero 2022			
1. TASAS DE INTERÉS ACTIVAS EFECTIVAS VIGENTES PARA EL SECTOR FINANCIERO PRIVADO, PÚBLICO Y, POPULAR Y SOLIDARIO			
Tasas Referenciales		Tasas Máximas*	
Tasa Activa Efectiva Referencial para el segmento:	% anual	Tasa Activa Efectiva Máxima para el segmento:	% anual
Productivo Corporativo	7.39	Productivo Corporativo	8.86
Productivo Empresarial	9.30	Productivo Empresarial	9.89
Productivo PYMES	10.23	Productivo PYMES	11.26
Consumo	16.16	Consumo	16.77
Educativo	8.64	Educativo	9.50
Educativo Social	5.49	Educativo Social	7.50
Vivienda de Interés Público	4.97	Vivienda de Interés Público	4.99
Vivienda de Interés Social	4.98	Vivienda de Interés Social	4.99
Inmobiliario	9.79	Inmobiliario	10.40
Microcrédito Minorista	19.92	Microcrédito Minorista	28.23
Microcrédito de Acumulación Simple	20.51	Microcrédito de Acumulación Simple	24.89
Microcrédito de Acumulación Ampliada	20.17	Microcrédito de Acumulación Ampliada	22.05
Inversión Pública	8.28	Inversión Pública	9.33

De acuerdo a la Resolución 603-2020-F, de la Junta de Política y Regulación Monetaria y Financiera.
De acuerdo a la Resolución JPRF-F-2021-004, de la Junta de Política y Regulación Financiera

Figura 3.1: TMAR inversión pública [41].

Los módulos (CNV-SNAP-AN0, CNV-SNAP-DD2) y los controladores de sitio (SS420-002, SS450-001) utilizados para el cálculo pertenecen a la tecnología SimplySnap y su tiempo de vida útil de 10 años como valor máximo. Los precios y cantidades de los diferentes módulos se pueden apreciar en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3: Costo y cantidad de los equipos de Telegestión.

EQUIPOS TELEGESTIÓN			
Equipos	Costo Unitario (USD)	Cantidad	Total (USD)
SS420-002	228,622	1	228,622
SS450-001	750	1	750
CNV-SNAP-DD2	67,52	13	877,76
CNV-SNAP-AN0	83,67	13	1087,71

Con base a los datos de costo unitario de los elementos y mano de obra proporcionados por EEA C.A, pueden inferir en la instalación de estos equipos, se obtienen los precios de instalación de los equipos de telegestión como se puede apreciar en la siguiente Tabla 3.4.

Tabla 3.4: Consideración de equipos y herramientas.

Costos de Instalación Mano de Obra		
Liniero	3,56	USD.Hora
Camioneta	3	USD.Hora
Chofer	6,6	USD.Hora
Tiempo de Instalación equipos	16	Hora
Cable (m)	278	USD
Computadora	1,96	USD
Sub total	701,08	USD
Iva	84,1296	USD
Total	785,2096	USD
O y M	85,44	USD
Inversión	1939,43	USD

3.1.2.1. Consumo Anual Energético

El ahorro producido bajo las condiciones de funcionamiento del AGP en un 75 % se obtiene mediante la diferencia del costo total de energía del alumbrado público actual y el precio de la energía con los diferentes controladores. En la Tabla 3.5, se aprecian los valores de ahorro.

Tabla 3.5: Consumo energético actual y con sistema de telegestión.

	SS420-002	SS450-001	
Consumo Energético Actual	3189.479918	3189.479918	USD
Consumo con Telegestión	3021.785145	2969.873098	USD
Ahorro	167.6947729	219.6068198	USD

3.1.2.2. Cálculo Del Valor Presente Neto de los Equipos

Luego de obtener la información del costo de los equipos de telegestión, mano de obra, precio de instalación y el consumo energético de la Av. Aurelio Jaramillo y Av. de los Alcaldes, se realizó el cálculo del VPN para determinar los equipos adecuados en función de los beneficios, costos y el ahorro que se obtiene. En este caso, los equipos tienen el mismo tiempo de vida útil y la misma configuración para su funcionamiento, por lo que es necesario realizar una comparativa y seleccionar los equipos favorables para la propuesta.

Con base al concepto del VPN para dos proyectos se analiza el capital presente de cada uno y se selecciona el valor con mayor términos numéricos, ya sea estos el mayor positivo o el menor negativo de las dos alternativas. En este caso se toma la opción en donde está los dispositivos SS420/CNV-SNAP-DD2 ya que su valor VPN es positivo, los valores se muestran en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6: Selección de los equipos.

CALCULO DEL VALOR PRESENTE NETO		
	CNV-SNAP-DD2 / SS420-002	CNV-SNAP-AN0 / SS450-001
Interés (%)	8.28 %	8.28 %
Períodos (años)	10	10
Inversión (USD)	1939.43	2294.5404
Ahorro Anual (USD)	167.6947729	219.6068198
P/A Factor de anualidad	6.63	6.63
Valor Presente P	1676.947729	2196
	VPN	
	113.7353291	-98.5404
	Se selecciona la opción CNV-SNAP-DD2 / SS420-002	

3.1.2.3. Valor Presente Neto de Caso de estudio

La propuesta de telegestión permite un ahorro energético, sin embargo, se analiza si los gastos y los ingresos en un flujo de efectivos futuros permite tener una cantidad de dinero presente. Por ello, se realiza el calculo del VPN cuyos datos se observan en la Tabla 3.7.

Tabla 3.7: Selección de los equipos.

CALCULO DEL VALOR PRESENTE NETO		
	CASO ACTUAL	ALTERNATIVA (SIMPLYSNAP)
Interés (%)	8,3%	8,3%
Períodos (años)		10
Inversión (USD)	0	1939,43
Costo Unitario Electricidad (USD kWh)	0,04	0,04
Costo Anual Electricidad (USD kWh)	3189,479	3021,785
Ahorro Anual (USD)	0	292,815
P/A Factor de anualidad	0	6,63
Valor Presente (P)	0,00	2928,148
VPN		988,71
CONVIENE EJECUTAR EL PROYECTO		

3.1.2.4. Tasa de Retorno

En base a la información obtenida del consumo energético actual y proyectado se establece un flujo de efectivo futuro para la propuesta de mejora. De acuerdo con los parámetros económicos considerados en lo expuesto anteriormente y la inversión se procedió a encontrar la tasa de retorno del proyecto que debe ser mayor a la TMAR que tienen las instituciones financieras como BCE y de esta manera determinar realmente si es conveniente ejecutar la propuesta, siendo que el valor del TIR es mayor a la tasa de interés que se muestra en la Tabla 3.8.

Tabla 3.8: Tasa de retorno de la propuesta.

TASA DE RETORNO	
TMAR (%)	8.28
TIR (%)	8.29

3.1.2.5. RBC de la Propuesta

En la Tabla 3.9, se observa el flujo de caja de un período total de 10 años que es la duración de la propuesta, para determinar si su ejecución tiene beneficios o por lo contrario puede generar gastos en su funcionamiento, por ello, las consideraciones a tomar en cuenta son: la tasa de interés actual 8,28 %, el costo de mantenimiento de la propuesta y el ahorro anual del sistema.

Tabla 3.9: Costos de mantenimiento y ahorro anual.

ANÁLISIS RBC			
AÑOS	COSTO TOTAL DE INSPECCIÓN	BENEFICIOS	COSTOS
0		\$ -	\$ 1,943.43
1	\$ 231.92	\$ 356.89	\$ 21.36
2	\$ 231.92	\$ 356.89	\$ 21.36
3	\$ 231.92	\$ 356.89	\$ 21.36
4	\$ 231.92	\$ 356.89	\$ 21.36
5	\$ 231.92	\$ 356.89	\$ 21.36
6	\$ 231.92	\$ 356.89	\$ 21.36
7	\$ 231.92	\$ 356.89	\$ 21.36
8	\$ 231.92	\$ 356.89	\$ 21.36
9	\$ 231.92	\$ 356.89	\$ 21.36
10	\$ 231.92	\$ 356.89	\$ 21.36

A partir de la Ecuación 1.9, se calculó el RBC de la propuesta obteniendo como resultados, un valor actual neto de los beneficios de \$ 2184.01 y un valor actual neto de los costos de \$ 1925.53, de este modo la relación beneficio - costo tiene un valor de 1.13, por definición de los criterios del RBC el desarrollo de la propuesta es viable recuperando un total de \$ 258.47.

Tabla 3.10: Consideración de equipos y herramientas.

VNA BENEFICIOS	\$ 2.184,01
VNA COSTOS	\$ 1.925,53
RBC	1,134

3.2. Diagrama Unifilar con Propuesta de Telegestión

Para tener un mejor enfoque de las conexiones del sistema de iluminación con la propuesta de tecnología SimplySnap, se representa mediante un diagrama Fig.3.2, la red eléctrica que cuenta con luminarias led y equipos de telegestión, denotándose agrupaciones con un límite de hasta cuatro lámparas Led 210 W por un controlador CNV-SNAP-DD2, siendo esta un parámetro importante a tener en consideración.

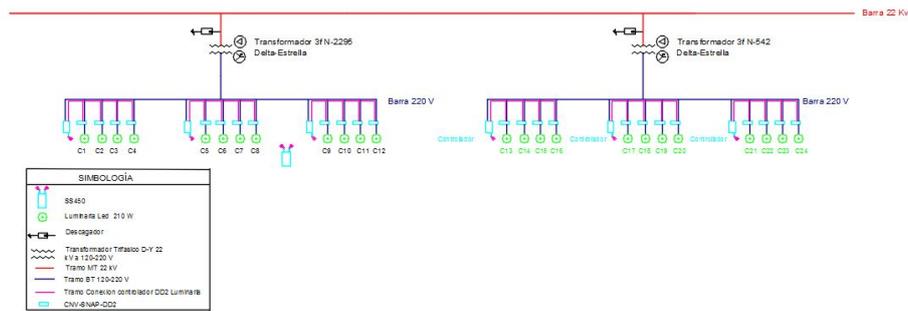


Figura 3.2: Diagrama de conexión entre los dispositivos de telegestión y luminarias.

3.3. Simulación

En esta sección se realiza la simulación del sistema de iluminación de la Av. de los Alcaldes y Av. Aurelio Jaramillo mediante el programa Dialux Evo. En primer lugar, se selecciona la opción de iluminación de carreteras que aparece en la pantalla inicial Fig. 3.3.

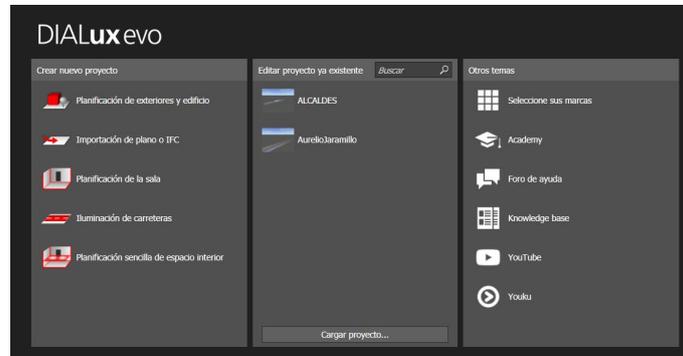


Figura 3.3: Inicio programa Dialux Evo.

Fuente: Software Dialux Evo.

Por consiguiente en la pestaña de vías públicas se tiene tres opciones, para este caso se elige "generar nueva vía pública", esto permite el diseño de una vía desde cero Fig. 3.4 .

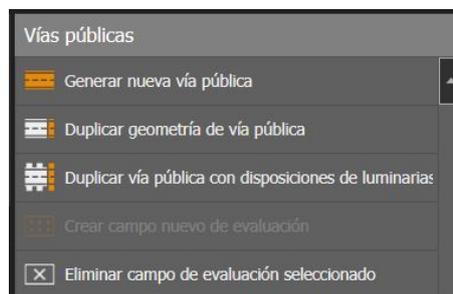


Figura 3.4: Pestaña vías públicas.

Fuente: Software Dialux Evo.

De la misma manera, en la Fig. 3.5, se coloca el nombre de la calle y el estándar, para este diseño será EN 13201:2015 perteneciente al comité Europeo de normalización y es la base para la norma Ecuatoriana en diseños de iluminación.

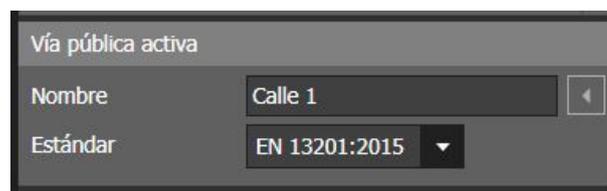


Figura 3.5: Elección de la normativa implementada en el programa.

Fuente: Software Dialux Evo.

En la Fig. 3.6, se escogen los aspectos que detonan a la vía pública a ser simulada, en este caso Av. de los Alcaldes que consta de dos caminos peatonales y dos calzadas, además de un zona verde entre las dos calzadas.

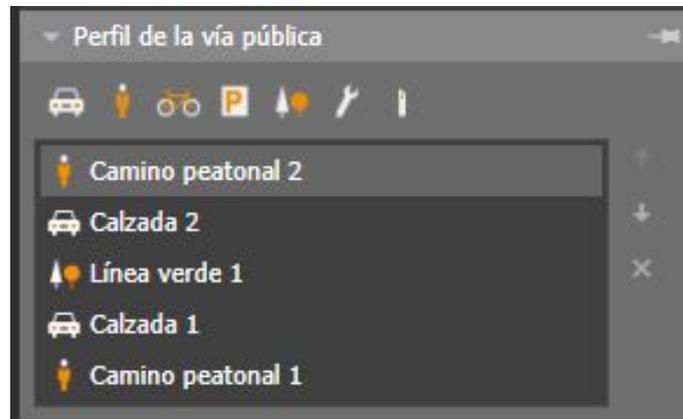


Figura 3.6: Pestaña perfil de la vía pública activa.

Fuente: Software Dialux Evo.

Con lo mencionado anteriormente, se colocan las características que dispone la calzada, el firme de la vía, la anchura y la cantidad de los carriles, como se muestra en la Fig 3.7.

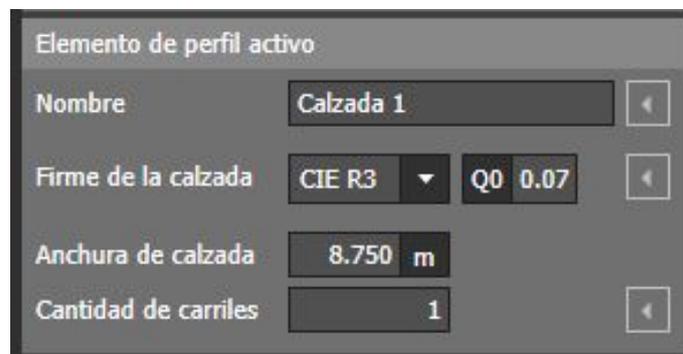


Figura 3.7: Características del perfil activo.

Fuente: Software Dialux Evo.

En la Fig. 3.8, la clase de iluminación de la calzada depende de los parámetros fotométricos que tenga la calzada a ser simulada, la misma que se obtuvo de la Tabla 1.2, siendo tipo M3.

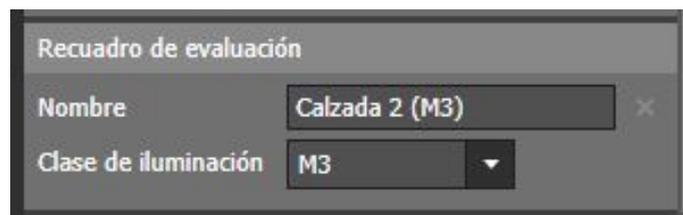


Figura 3.8: Pestaña de selección de la clase de iluminación para la calzada..

Fuente: Software Dialux Evo.

De la misma forma, para los dos caminos peatonales mediante la Tabla 1.4 y Ecuación 1.2, se obtuvo de tipo P4, que se observa en la Fig. 3.9.

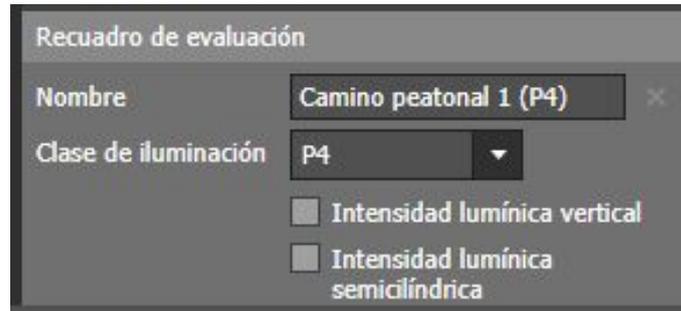


Figura 3.9: Pestaña de evaluación perfil activo camino peatonal.
Fuente: Software Dialux Evo.

Una vez agregada todas las características y normativa para la simulación se debe ingresar las luminarias al simulador, los aspectos que se deben considerar es la eficiencia de la lámpara, potencia y las curvas fotométricas que podemos observar en la Fig. 3.10 y la Fig. 3.11.

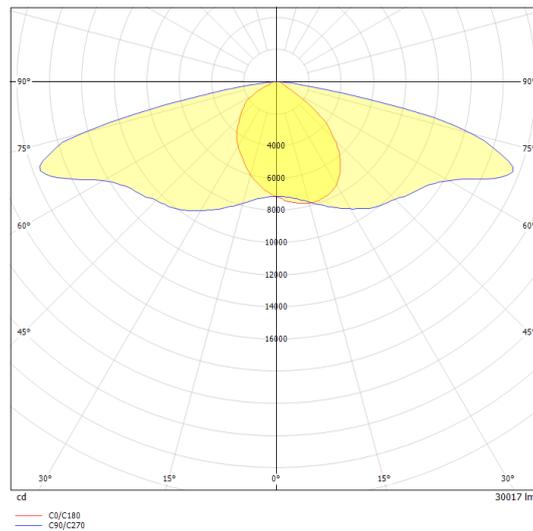


Figura 3.10: Curva de iluminación de una lámpara de 200W.
Fuente: lumsearch.com.

Emisión de luz 1 (integrada)						
Tipo de lámpara	Potencia nominal de lámpara	Flujo total	Eficiencia luminosa	CCT	CRI	
LED	200 W	30017 lm	150 lm/W	5000 K	70	

Figura 3.11: Características de la Lámpara Led.
Fuente: lumsearch.com.

Los resultados obtenidos de la simulación se observan en la Fig 3.12 los mismos que hacen referencia al estado actual del sistema.

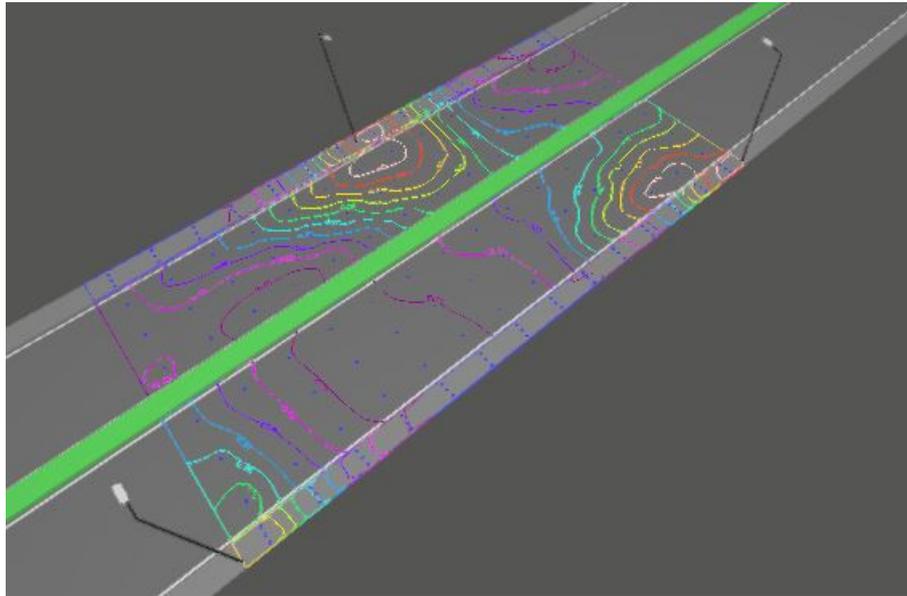


Figura 3.12: Simulación con curvas Isolux.

De igual modo se muestra de manera más gráfica como se encuentran las luminarias mediante la simulación Fig 3.13 con limunarias en los espacios verdes.

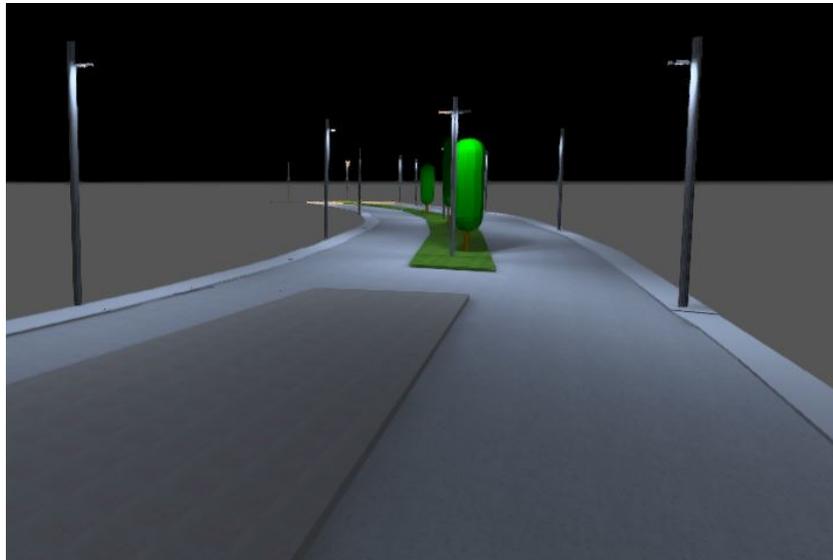


Figura 3.13: Simulación con importación del plano real.

El programa contiene una calculadora de los parámetros fotométricos para verificar si se cumplen en base a la normativa seleccionada en un principio de la simulación, estos valores se muestran en la Fig. 3.14.

Recuadro de evaluación (M3)		Calzada 1 (M3)			
Lm	[cd/m ²]	<input checked="" type="checkbox"/>	≥	1.00	0.79 ✖
Uo		<input checked="" type="checkbox"/>	≥	0.40	0.46 ✔
Ul		<input checked="" type="checkbox"/>	≥	0.60	0.27 ✖
TI		<input checked="" type="checkbox"/>	≤	15	1 ✔
EIR		<input checked="" type="checkbox"/>	≥	0.30	1.00 ✔
Recuadro de evaluación (M3)		Calzada 2 (M3)			
Lm	[cd/m ²]	<input checked="" type="checkbox"/>	≥	1.00	0.75 ✖
Uo		<input checked="" type="checkbox"/>	≥	0.40	0.57 ✔
Ul		<input checked="" type="checkbox"/>	≥	0.60	0.44 ✖
TI		<input checked="" type="checkbox"/>	≤	15	1 ✔
EIR		<input checked="" type="checkbox"/>	≥	0.30	1.00 ✔
Recuadro de evaluación (P4)		Camino peatonal 1 (P4)			
Em	[lx]	<input checked="" type="checkbox"/>	≥	5.00 ≤ 7.50	19.97 ✖
Emin	[lx]	<input checked="" type="checkbox"/>	≥	1.00	6.25 ✔
Recuadro de evaluación (P4)		Camino peatonal 2 (P4)			
Em	[lx]	<input checked="" type="checkbox"/>	≥	5.00 ≤ 7.50	19.95 ✖
Emin	[lx]	<input checked="" type="checkbox"/>	≥	1.00	6.11 ✔

Figura 3.14: Aspectos Fotométricos obtenidos en la simulación.

Bajo el criterio del modelo de simulación para carreteras no es posible la colocación de luminarias en las zonas verdes, lo que reduce la iluminancia de la calzada incumpliendo el parámetro fotométrico, sin embargo, también se realizó una simulación con un plano real del lugar para verificar su iluminación como se puede apreciar en la Fig. 3.12.

De la misma forma, se escogen los aspectos que caracterizan a la Av. Aurelio Jaramillo, la diferencia son los parámetros que se asignan a las calzadas como se ve en la Fig. 3.15.

Elemento de perfil activo

Nombre

Firme de la calzada

Anchura de calzada

Cantidad de carriles

Recuadro de evaluación

Nombre

Clase de iluminación

Cálculo TI

Figura 3.15: Selección de tipo de iluminación para las calzadas en zonas de conflicto

Para el caso del tráfico peatonal, basado en la norma ARCONEL, se seleccionó los límites fotométricos para esta esta calle, los datos se ven en la Fig. 3.16.

Elemento de perfil activo	
Nombre	Camino peatonal 2
Anchura	1.350 m
Altura	0.200 m

Recuadro de evaluación	
Nombre	Camino peatonal 2 (P3)
Clase de iluminación	P3
<input type="checkbox"/>	Intensidad lumínica vertical
<input type="checkbox"/>	Intensidad lumínica semicilíndrica

Figura 3.16: Iluminación para caminos peatonales en normativa.

En los dos casos de estudio se tiene el mismo tipo de lámpara procediendo así a la simulación de esta avenida, esto se observa en la Fig. 3.17.

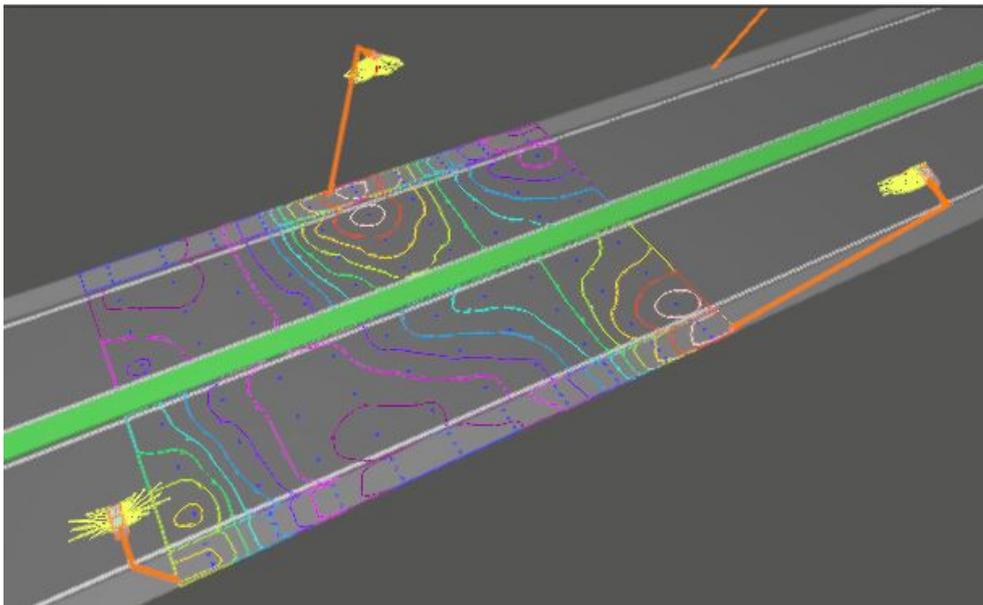


Figura 3.17: Curvas Isolux de la simulación.

En la Av. Aurelio Jaramillo también existen luminaria de sodio en la zona verde y se puede ver su efecto en la Fig. 3.18.

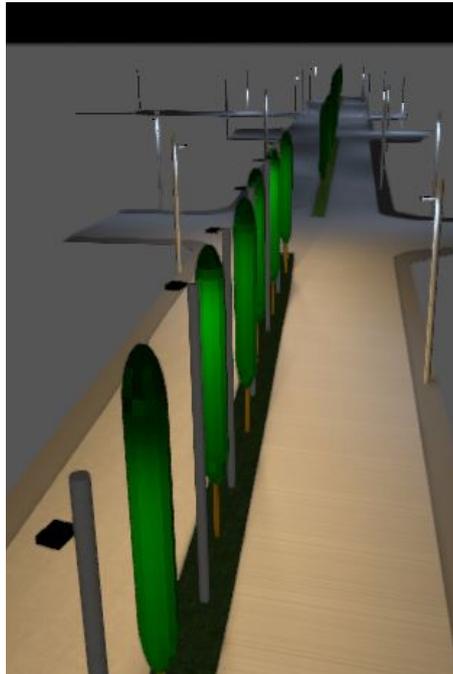


Figura 3.18: Simulación con implantación de áreas verdes en un plano.

Esta vía tiene muchas intersecciones por lo que se considera una zona de conflicto, por ello, se analiza aspectos específicos de la calzada, esto datos se observan en la Fig. 3.19.

Recuadro de evaluación (C4)	Calzada 3 (C4)		
TI	<input type="checkbox"/>	≤ 20	1
Em	<input checked="" type="checkbox"/> [bx]	≥ 10.00	30.19 ✓
Uo	<input checked="" type="checkbox"/>	≥ 0.40	0.54 ✓
Recuadro de evaluación (C4)	Calzada 4 (C4)		
TI	<input type="checkbox"/>	≤ 20	1
Em	<input checked="" type="checkbox"/> [bx]	≥ 10.00	30.17 ✓
Uo	<input checked="" type="checkbox"/>	≥ 0.40	0.54 ✓
Recuadro de evaluación (P4)	Camino peatonal 2 (P4)		
Em	<input checked="" type="checkbox"/> [bx]	≥ 5.00 ≤ 7.50	30.45 ✗
Emin	<input checked="" type="checkbox"/> [bx]	≥ 1.00	13.83 ✓
Recuadro de evaluación (P4)	Camino peatonal 1 (P4)		
Em	<input checked="" type="checkbox"/> [bx]	≥ 5.00 ≤ 7.50	30.45 ✗
Emin	<input checked="" type="checkbox"/> [bx]	≥ 1.00	13.83 ✓

Figura 3.19: Nuevas características para las luminarias.

Para la simulación de la propuesta debemos tener en cuenta, el nuevo flujo de la lámpara y la potencia a la que va a trabajar que será de un 75 % y ver el efecto que causa en los aspectos fotométricos para nuestros casos de estudio se puede observar sus características en la Fig. 3.20.



Figura 3.20: Aspectos Fotométricos obtenidos en la simulacion.

Además se utiliza una lámpara con una curva fotométrica menor para así reducir la potencia y el flujo luminoso como se plantea en la propuesta, estos valores se encuentran en la Fig. 3.21.

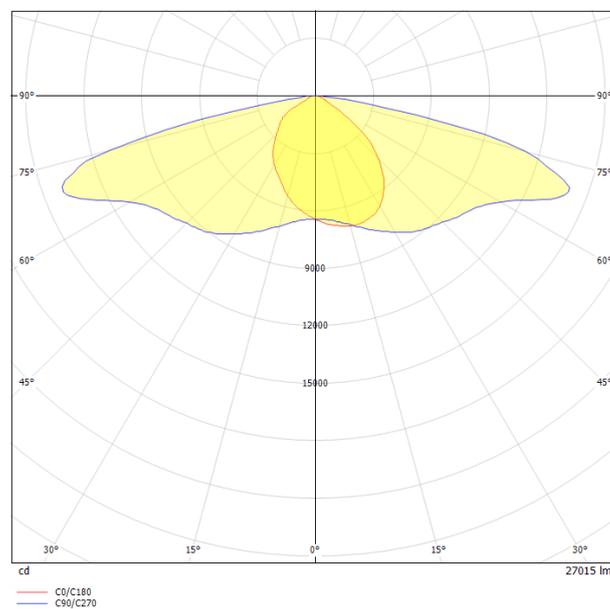


Figura 3.21: Curvas de distribución de intensidad luminosa.
Fuente: lumsearch.com..

En la AV. De los Alcaldes existe una mayor distancia entre los postes y al realizar la simulación obtenemos curvas Isolux más dispersas esto se puede apreciar en la Fig. 3.22.

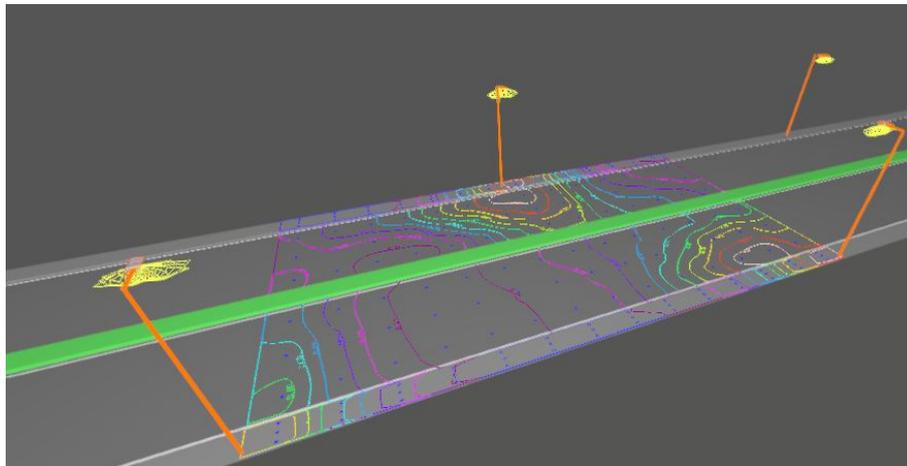


Figura 3.22: Curvas Isolux con potencia reducida .

Del mismo modo podemos observar estas curvas en la Av Aurelio Jaramillo una vez que se modificaron los aspectos de la lámpara, se puede ver la gráfica de curvas en la Fig. 3.23

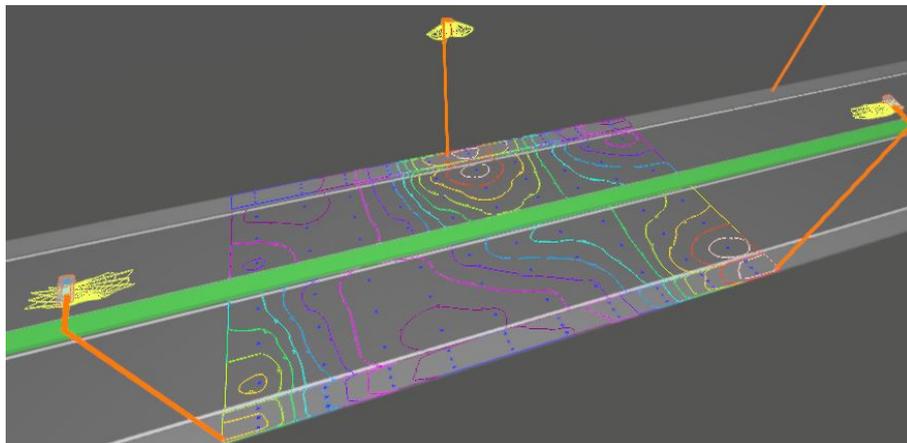


Figura 3.23: Curvas Isolux con potencia reducida .

Los resultados de la simulación estarán en perspectiva de los límites que establece la norma, un valor menor puede ser perjudicial para los usuarios en la Fig. 3.24 se denota la información para el caso de Av. De los Alcaldes. También podemos ver los valores del caso de la Av. Aurelio Jaramillo en la Fig 3.25.

Recuadro de evaluación (M4) ▾		Calzada 1 (M4)		
Lm	[cd/m ²]	✓ ≥	0.75	0.59 ✗
Uo		✓ ≥	0.40	0.47 ✓
Ul		✓ ≥	0.60	0.28 ✗
TI		✓ ≤	15	1 ✓
EIR		✓ ≥	0.30	0.99 ✓
Recuadro de evaluación (M4) ▾		Calzada 2 (M4)		
Lm	[cd/m ²]	✓ ≥	0.75	0.57 ✗
Uo		✓ ≥	0.40	0.57 ✓
Ul		✓ ≥	0.60	0.44 ✗
TI		✓ ≤	15	1 ✓
EIR		✓ ≥	0.30	0.99 ✓
Recuadro de evaluación (P4) ▾		Camino peatonal 1 (P4)		
Em	[lx]	✓ ≥	5.00 ≤ 7.50	15.57 ✗
Emin	[lx]	✓ ≥	1.00	4.64 ✓
Recuadro de evaluación (P4) ▾		Camino peatonal 2 (P4)		
Em	[lx]	✓ ≥	5.00 ≤ 7.50	15.57 ✗
Emin	[lx]	✓ ≥	1.00	4.52 ✓

Figura 3.24: Parámetros fotométricos con 178.5 W.

Recuadro de evaluación (M3) ▾		Calzada 1 (M3)		
Lm	[cd/m ²]	✓ ≥	1.00	0.79 ✗
Uo		✓ ≥	0.40	0.46 ✓
Ul		✓ ≥	0.60	0.27 ✗
TI		✓ ≤	15	1 ✓
EIR		✓ ≥	0.30	1.00 ✓
Recuadro de evaluación (M3) ▾		Calzada 2 (M3)		
Lm	[cd/m ²]	✓ ≥	1.00	0.75 ✗
Uo		✓ ≥	0.40	0.57 ✓
Ul		✓ ≥	0.60	0.44 ✗
TI		✓ ≤	15	1 ✓
EIR		✓ ≥	0.30	1.00 ✓
Recuadro de evaluación (P4) ▾		Camino peatonal 1 (P4)		
Em	[lx]	✓ ≥	5.00 ≤ 7.50	19.97 ✗
Emin	[lx]	✓ ≥	1.00	6.25 ✓
Recuadro de evaluación (P4) ▾		Camino peatonal 2 (P4)		
Em	[lx]	✓ ≥	5.00 ≤ 7.50	19.95 ✗
Emin	[lx]	✓ ≥	1.00	6.11 ✓

Figura 3.25: Parámetros fotométricos con 178.5 W.

La eficiencia de los sistemas de iluminación propuestos mediante el programa calificación energética para alumbrado exterior se observa los datos en la Fig 3.26 y la Fig 3.27 respectivamente en cada caso.

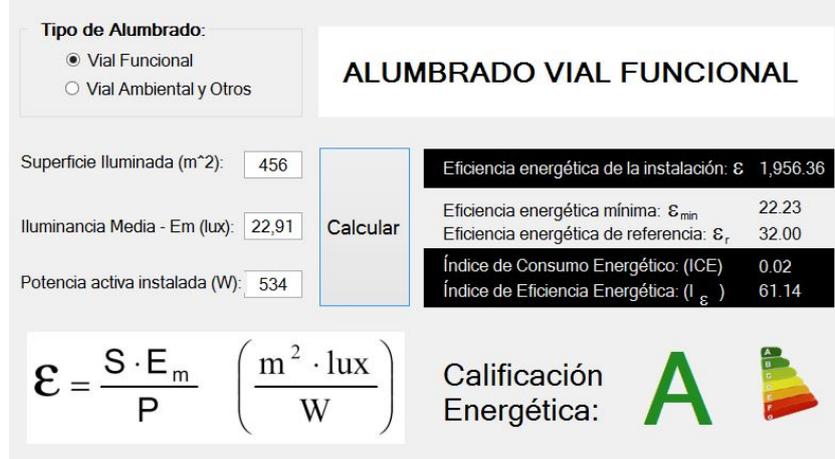


Figura 3.26: Cálculo y rango de la eficiencia energética de la Av. Aurelio Jaramillo.
Fuente: MAYJA S/L.

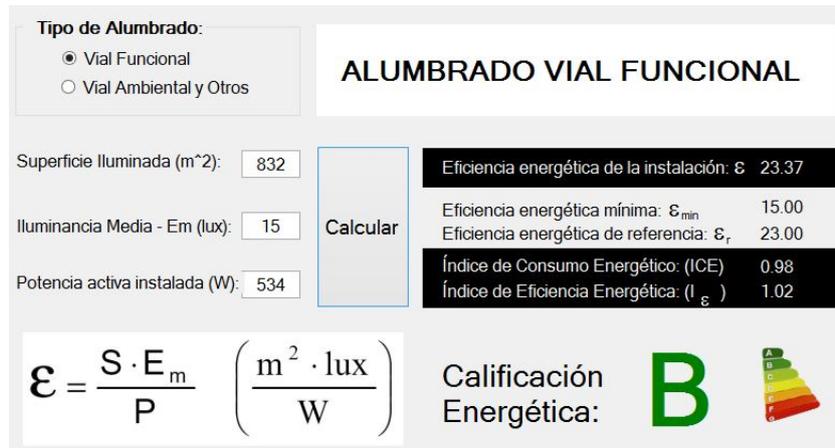


Figura 3.27: Cálculo y rango de la eficiencia energética de la AV. de los Alcaldes.
Fuente: MAYJA S/L.

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES

Se puede concluir que la tecnología SimplySnap es la más adecuada para las condiciones del alumbrado público general de los casos de estudio, ya que es compatible con las luminarias que adquiere la EEA C.A, para el servicio del alumbrado público con la ventaja de un control a distancia a través de una red inalámbrica wifi que permite reducir la potencia en un 25 % con programación establecida en calendarios y horarios de funcionamiento estructurados para evitar grandes variaciones en los parámetros fotométricos.

Otro aspecto importante de esta tecnología es que identifica las luminarias que están en falla disminuyendo los costos de mantenimiento del sistema, además de obtener datos del consumo energético en varios períodos mensual o anual, la ventaja más importante es que no requiere de un software específico como la mayoría de los sistemas de telegestión ayudando a disminuir el costo de la inversión.

De acuerdo con los estudios realizados en la parte técnica se puede mejorar la cargabilidad de los transformadores reduciendo la potencia aparente de la máquina.

En el análisis económico mediante el VAN de dos alternativas de la agrupación entre los equipos CNV-SNAP-DD2/SS420-002, CNV-SNAP-AN0/ SS450-00, se obtuvo un valor del VPN \$ 113.7353 y VPN \$ -98.5404, seleccionando la primera alternativa para el desarrollo de la propuesta.

Los datos obtenidos en la comparativa de los equipos permitió determinar el VAN y TIR de la propuesta de telegestión, obteniendo los valores de (\$ 988.71 y 8.29 %), respectivamente, dando como resultado que el proyecto puede ser ejecutado, sin embargo, se debe tomar el riesgo debido a que la tasa de interés para inversión pública es muy cercana al valor del TIR, teniendo la diferencia de 0.01 %.

En el cálculo RBC es propicio mencionar que la propuesta puede efectuarse considerando el riesgo de la tasa de interés, ya que los parámetros económicos demuestran que se podría recuperar un total de \$ 258.47 al finalizar la vida útil del proyecto, la decisión queda a criterio de la empresa si desea innovar con un nuevo modelo de gestión.

En el caso de la simulación de la Av. De los Alcaldes la luminancia media no se cumple debido a que en el programa no se pueden colocar lámparas en los espacios verdes, sin embargo, existen luminarias en esas áreas que compensarían la falta de iluminación, del mismo modo el espacio entre los postes es relativamente grande lo que produce un efecto cebrá con áreas poco iluminadas dando el incumplimiento del límite mínimo de la norma esto se debe a que se incorporó las luminarias led en las estructura de distribución de años anteriores. En los caminos peatonales el valor de iluminación es mayor en un aproximado de cuatro veces su valor, pero la luminancia mínima si se cumple por lo que no existe incumplimiento a la norma.

En efecto el reducir la potencia y flujo luminoso de las luminarias se minimiza también la luminancia de la calzada, no obstante, la reducción de estos factores se realiza en un horario en el que no exista un elevado tráfico vehicular ni peatonal lo que no generaría inconvenientes. Mientras tanto la iluminación peatonal no cumple el valor mínimo de la norma, lo que indica una reducción de la potencia.

Se denotó que en el estado actual de la Av. Aurelio Jaramillo, el camino peatonal se encuentra sobre dimensionado, siendo el valor de iluminancia medio es seis veces mayor a la norma y en el caso de la luminancia de la calzada la uniformidad se cumple mientras que la iluminancia media es tres veces mayor a la establecida, bajo estos parámetros no existe deslumbramiento para las personas.

Con lo anteriormente mencionado es adecuado una reducción de la potencia para esta avenida, disminuyendo en un valor aproximado de siete luxes para la calzada sin generar incumplimiento a la normativa, también se redujo el factor de uniformidad sin conflicto con lo establecido en la regulación, por consiguiente, en el camino peatonal aún está bajo los límites mínimos de iluminancia por lo que no provoca deslumbramiento.

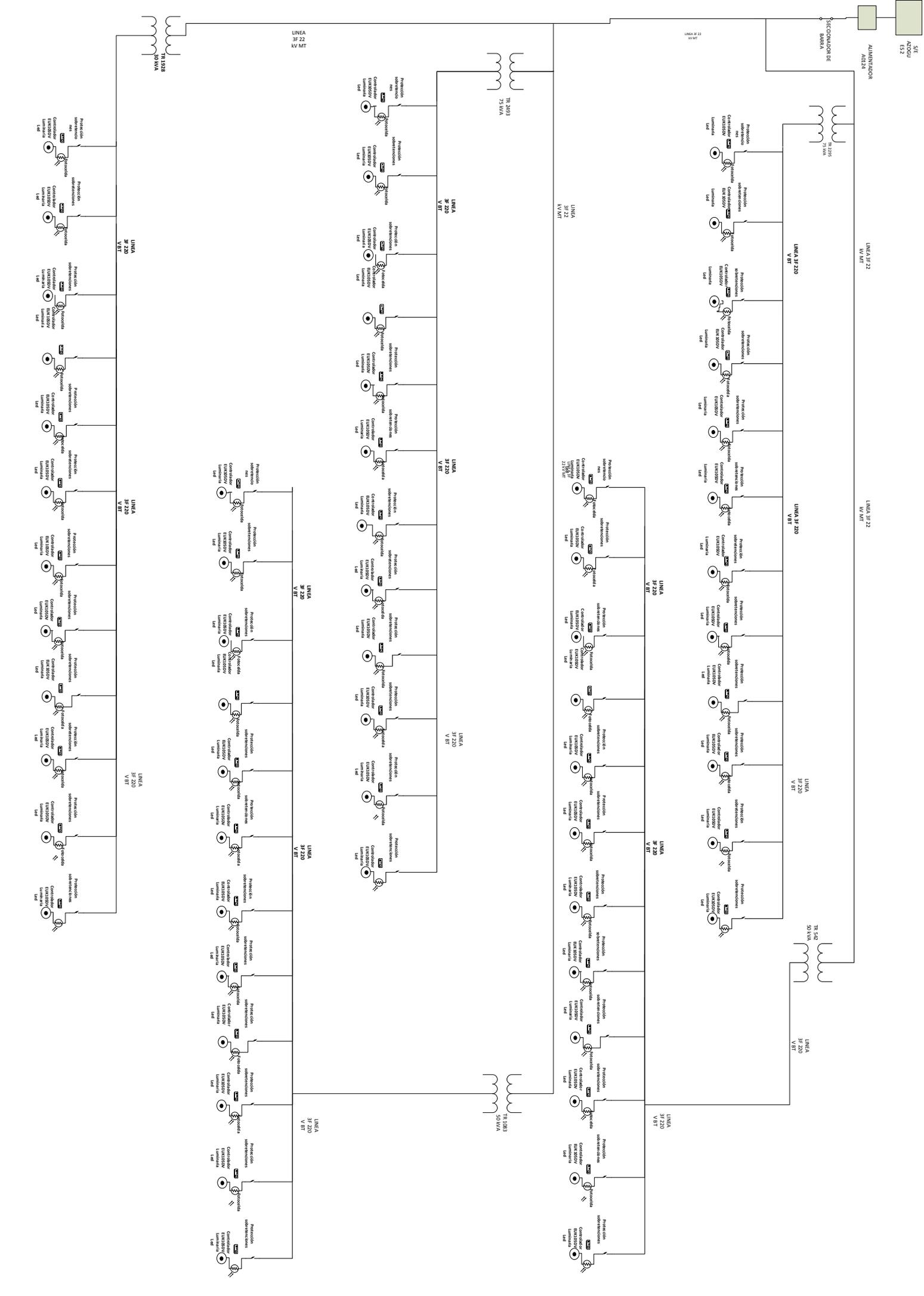
En cuanto a la eficiencia energética para la AV. Aurelio Jaramillo, al existir un sobre dimensionamiento la eficiencia energética está en un buen rango, ya que el área a cubrir es alta, pero la potencia y el flujo luminoso de la lámpara compensa ese factor, mientras que para la Av. de los Alcaldes, la eficiencia se encuentra en un rango menor esto se debe a que la potencia es alta pero la iluminancia es relativamente baja lo que se requiere más lámparas para subir el valor de iluminancia, todos estos valores referenciales está basado los parámetros del programa y la norma Europea EN 13201:2015.

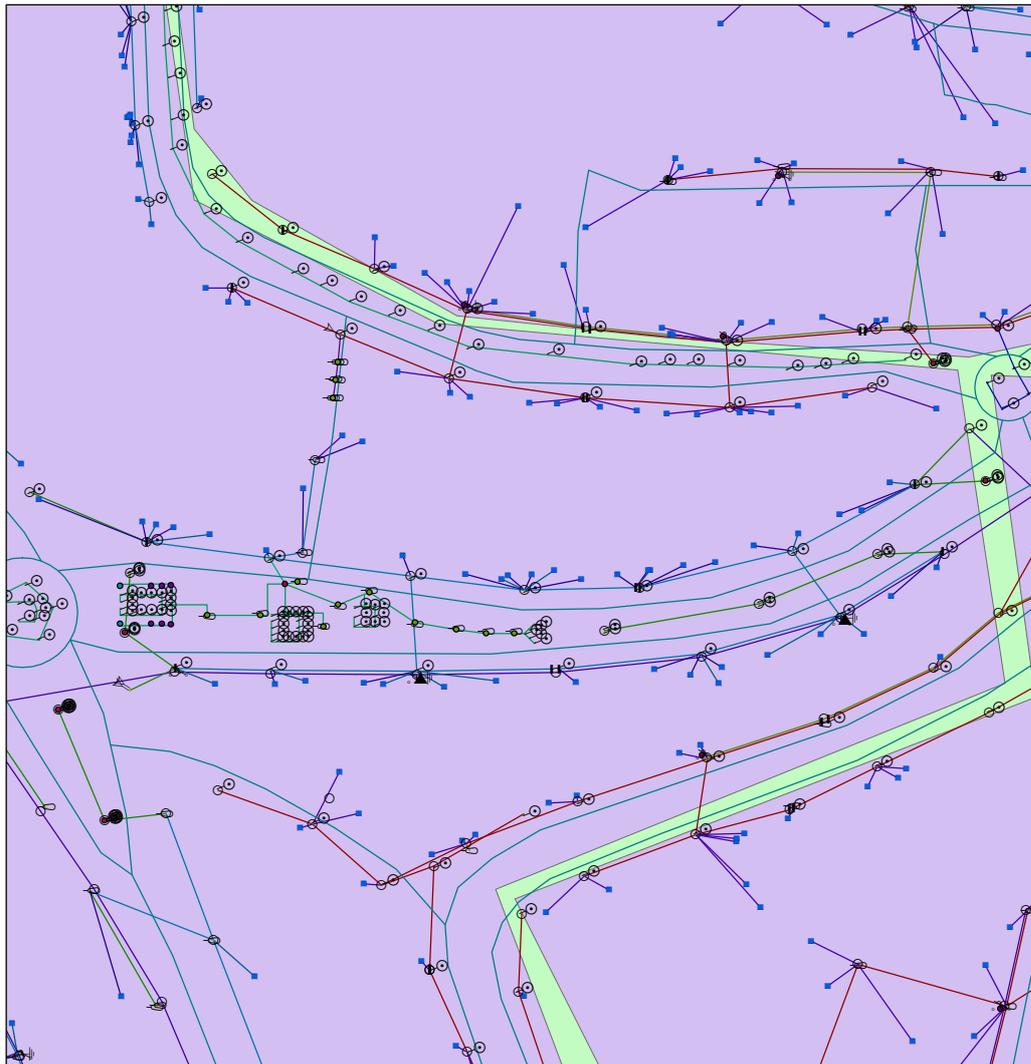
Finalmente, se concluye que el sistema de telegestión abre una visión a nuevos modelos de gestión de los recursos del alumbrado público, pero al ser un sistema aislado se puede generar algunos inconvenientes, pero estos se pueden solucionar si se analiza la interoperabilidad entre sistemas SimplySnap y un sistema SCADA que es la tecnología actual para el control de los equipos para subestaciones, dado una perspectiva a sistemas de control híbrido entre tecnologías modernas y las que se tienen implementadas.

Appendices

Anexos A

Anexo I: Diagramas Y Planos





Simbología

-  Proyector Led 400 W
-  Controlador de Luminaria DD2
-  Punto de Carga
-  Lampara Led 210 W
-  Transformador Trifaseco en poste
-  Tramo de Baja Tension 120-220 V
-  Tramo de Media Tension 22 kV
-  Lampara Led 210 W

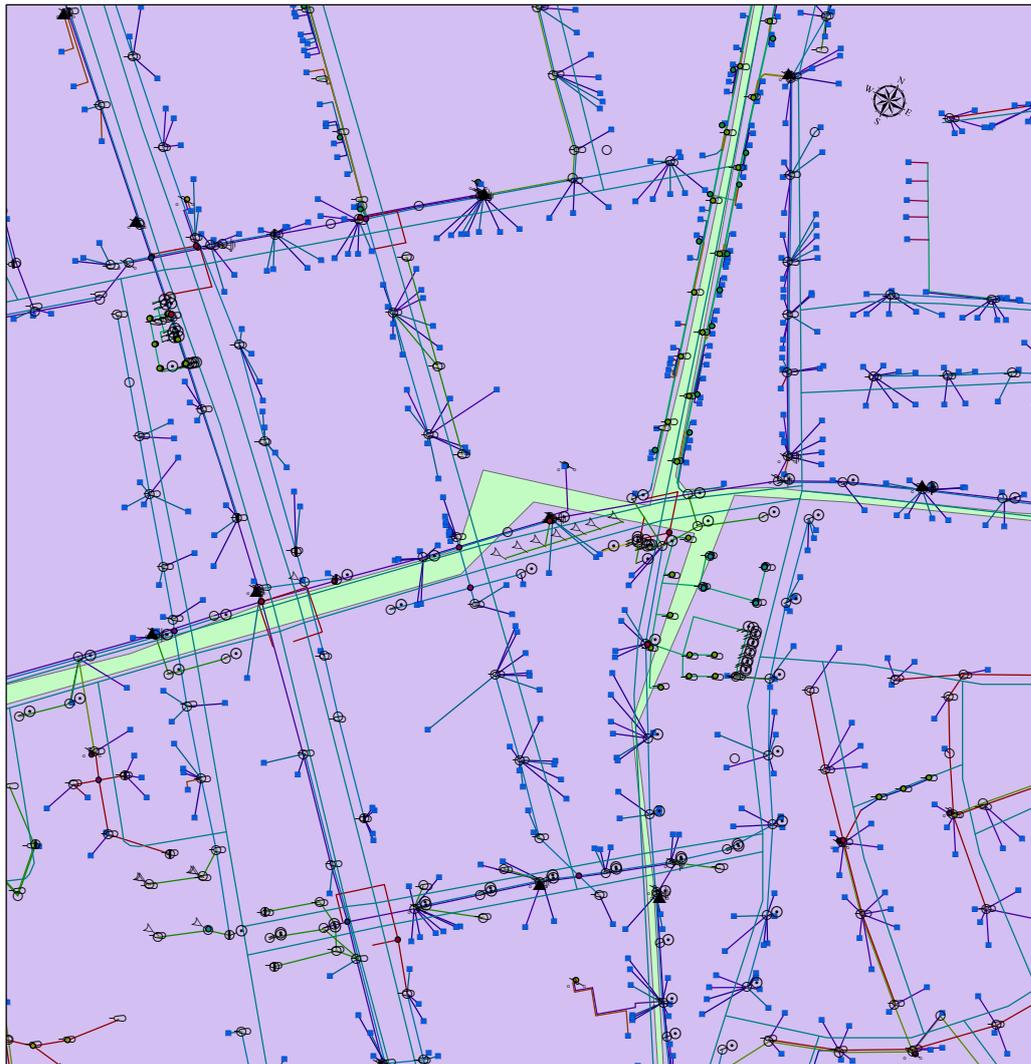


Autores Oscar Alvarez, Leslie Mencia

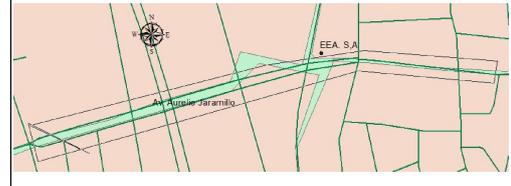
Fehca 18/02/2022

Dibujo Plano Acual de Av. Alcaldes

Escala 1:1500



Ubicacion



Simbologia

-  Proyector Led 400 W
-  Controlador de Luminaria DD2
-  Punto de Carga
-  Lampara Led 210 W
-  Transformador Trifaseo en poste
-  Tramo de Baja Tension 120-220 V
-  Tramo de Media Tension 22 kV
-  Lampara Led 210 W

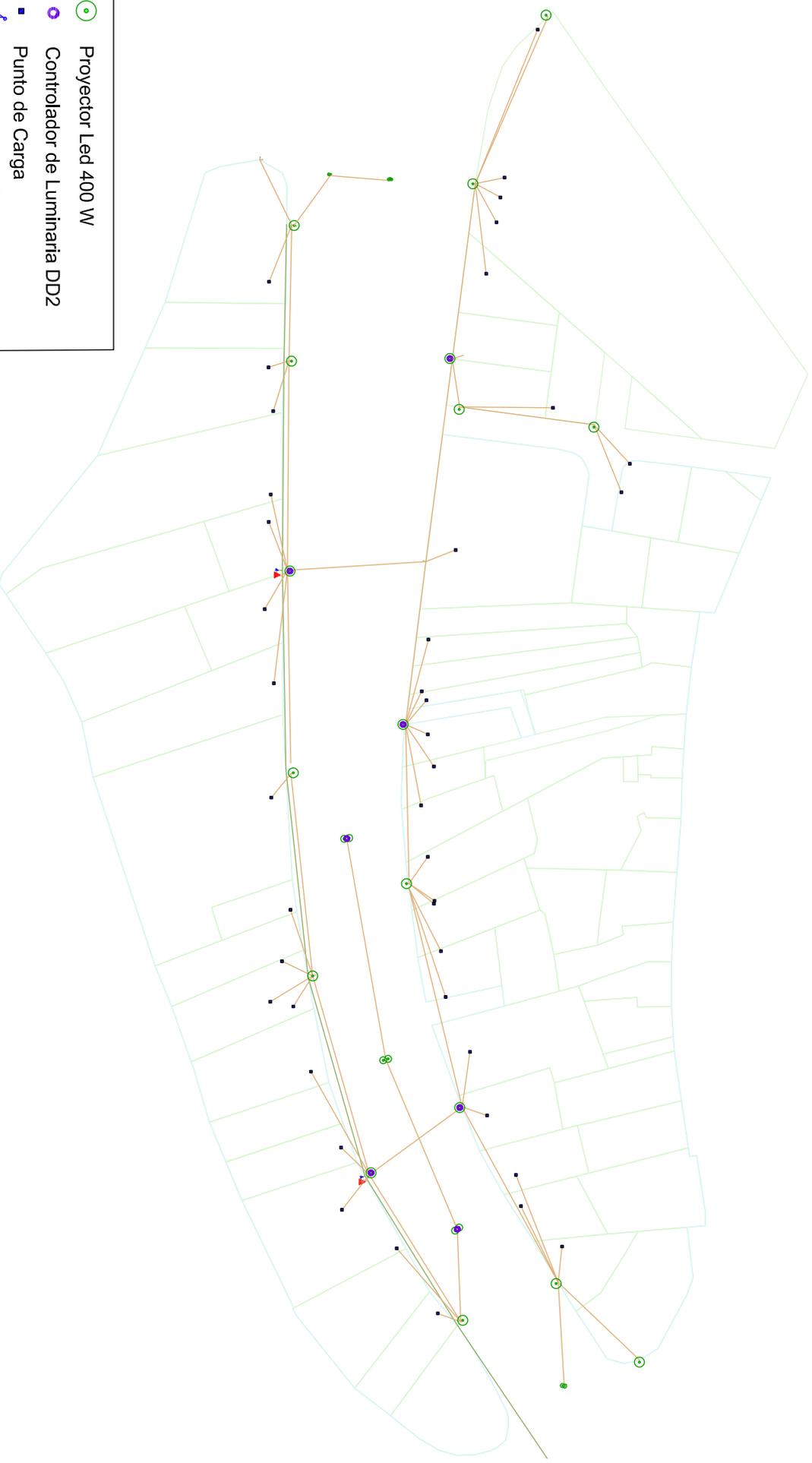


Autores Oscar Alvarez, Leslie Mencia

Fehca 18/02/2022

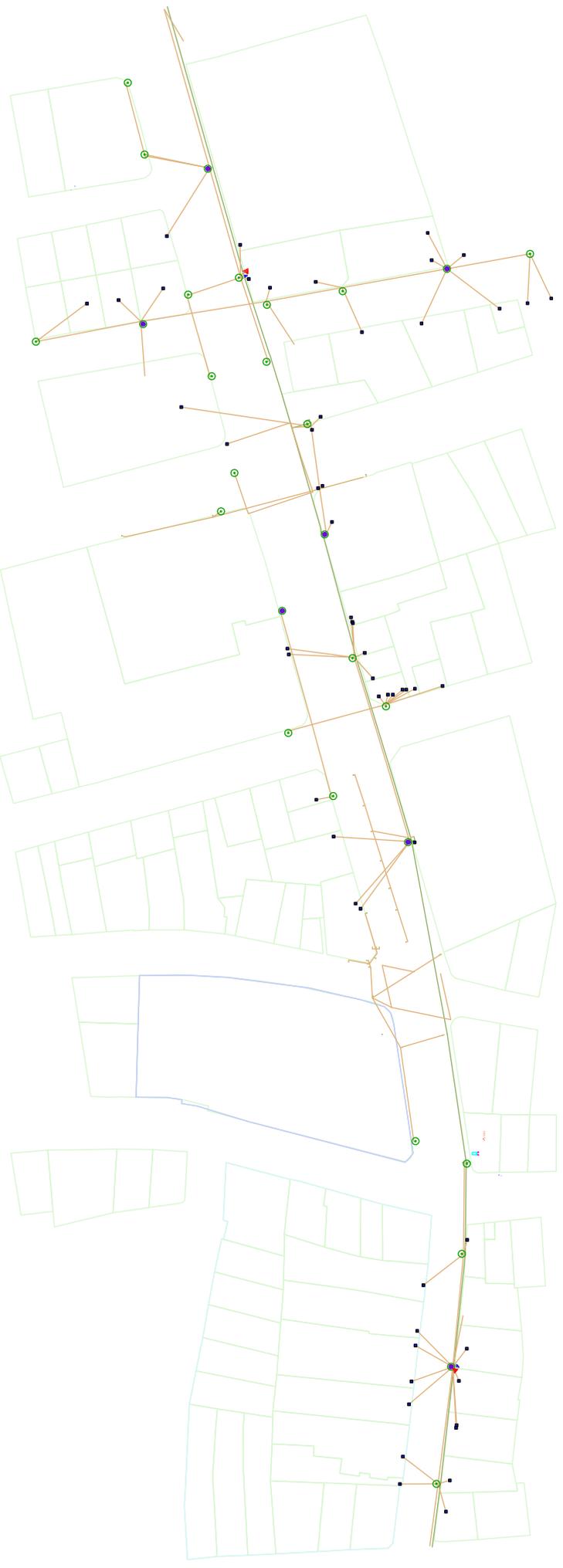
Dibujo Plano Actual de Av. Aurelio Jaramillo

Escala 1:1500



- Proyector Led 400 W
- Controlador de Luminaria DD2
- Punto de Carga
- Lámpara Led 210 W
- ▲ Transformador Trifásico en poste
- Tramo de Baja Tension 120-220 V
- Tramo de Media Tension 22 kV
- Lámpara Led 210 W

Oscar Alvarez Leslie Mendia	Plano de Av. De Los Alcaldes
Anexo I-4	FECHA: 12/02/2022



-  Proyector Led 400 W
-  Controlador de Luminaria DD2
-  Punto de Carga
-  Lampara Led 210 W
-  Transformador Trifasico en poste
-  Tramo de Baja Tension 120-220 V
-  Tramo de Media Tension 22 kV
-  Lampara Led 210 W

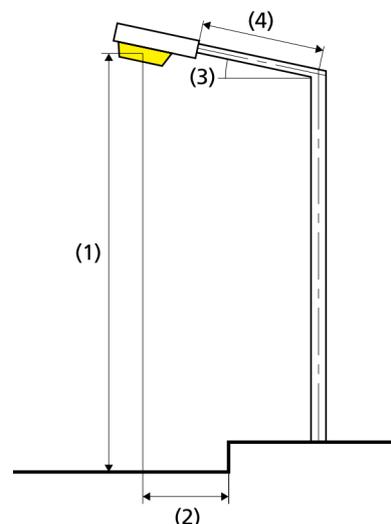
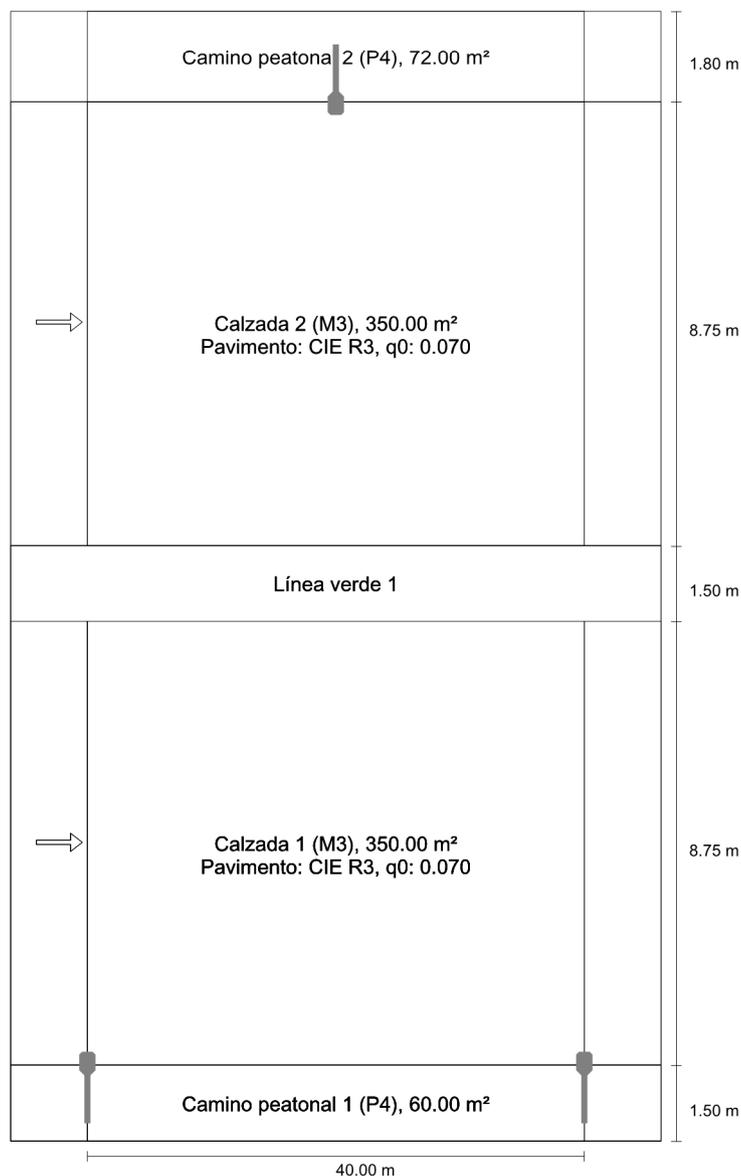
<p>Oscar Alvarez Leslie Mendia</p>	<p>Plano de Av. Aurelio Jaramillo</p>
<p>Anexo I-3</p>	<p>FECHA: 12/02/2022</p>

Anexos B

Anexo II: Simulaciones

Calle 1 hacia EN 13201:2015

ASTZ - DKU63-200-002 Favorit 750



Lámpara:	definido por el usuario
Flujo luminoso (luminaria):	27500.11 lm
Flujo luminoso (lámpara):	27500.00 lm
Horas de trabajo	
4380 h:	100.0 %, 200.0 W
W/km:	10000.0
Organización:	bilateral en alternancia
Distancia entre mástiles:	40.000 m
Inclinación del brazo (3):	10.0°
Longitud del brazo (4):	1.000 m
Altura del punto de luz (1):	10.000 m
Saliente del punto de luz (2):	0.000 m

ULR:	0.00
ULOR:	0.00
Valores máximos de la intensidad lumínica	
a 70° y por encima:	521 cd/klm *
a 80° y por encima:	531 cd/klm *
a 90° y por encima:	115 cd/klm *
Clase de potencia lumínica:	/

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

* Los valores de intensidad lumínica en [cd/klm] para el cálculo de la clase de potencia lumínica se refieren al flujo luminoso de luminaria conforme a EN 13201:2015.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.4

Resultados para campos de evaluación

Factor de degradación: 0.67

Camino peatonal 2 (P4)

Em [lx] ≥ 5.00 ≤ 7.50	Emin [lx] ≥ 1.00
✗ 19.95	✓ 6.11

Calzada 2 (M3)

Lm [cd/m ²] ≥ 1.00	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 15	EIR ≥ 0.30
✗ 0.75	✓ 0.57	✗ 0.44	✓ 1	✓ 1.00

Calzada 1 (M3)

Lm [cd/m ²] ≥ 1.00	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 15	EIR ≥ 0.30
✗ 0.79	✓ 0.46	✗ 0.27	✓ 1	✓ 1.00

Camino peatonal 1 (P4)

Em [lx] ≥ 5.00 ≤ 7.50	Emin [lx] ≥ 1.00
✗ 19.97	✓ 6.25

Resultados para indicadores de eficiencia energética

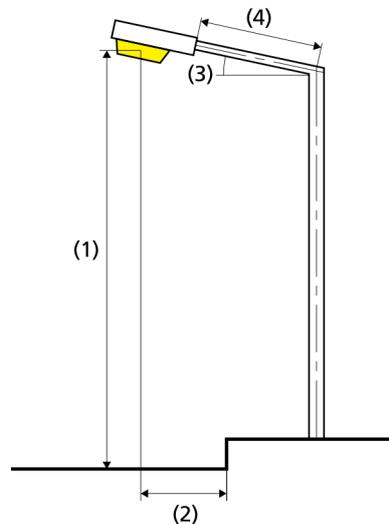
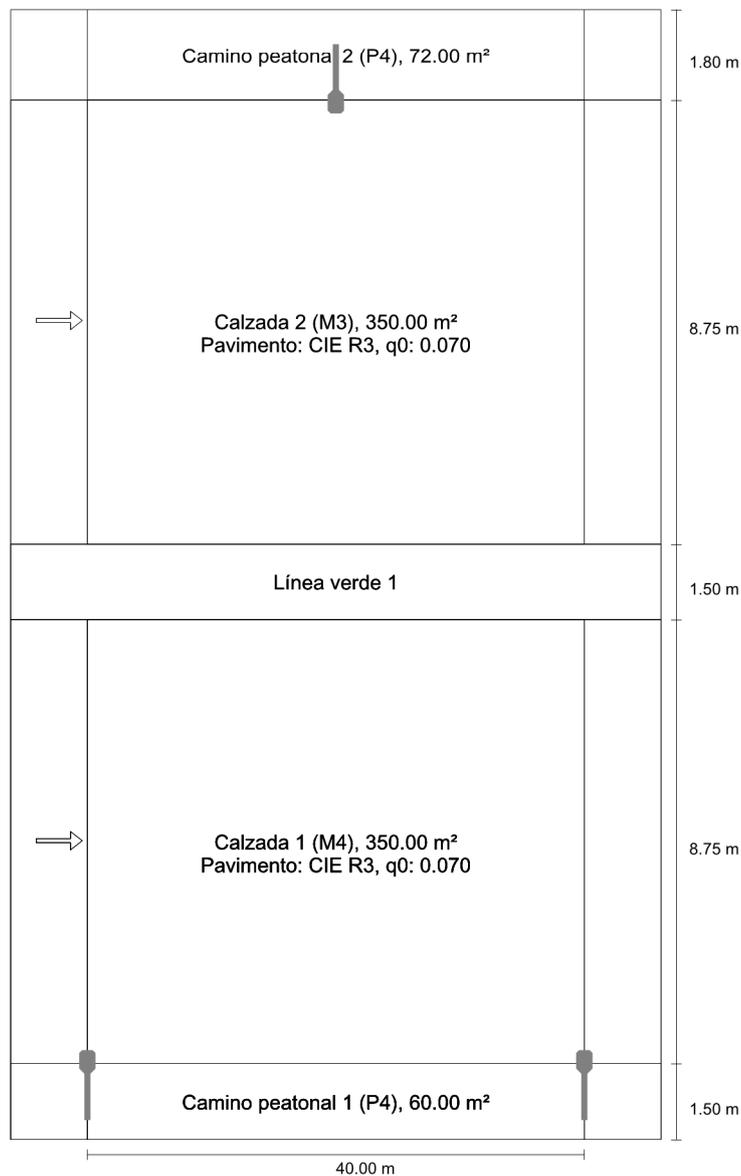
Indicador de la densidad de potencia (Dp) 0.025 W/lxm²

Densidad de consumo de energía

Organización: DKU63-200-002 Favorit 750 (1752.0 kWh/año) 2.1 kWh/m² año

Calle 1 hacia EN 13201:2015

ASTZ - DKU63-180-002 Favorit 750



Lámpara:	1xLED
Flujo luminoso (luminaria):	20884.08 lm
Flujo luminoso (lámpara):	20884.00 lm
Horas de trabajo	
4380 h:	100.0 %, 178.0 W
W/km:	8900.0
Organización:	bilateral en alternancia
Distancia entre mástiles:	40.000 m
Inclinación del brazo (3):	15.0°
Longitud del brazo (4):	1.000 m
Altura del punto de luz (1):	10.000 m
Saliente del punto de luz (2):	0.000 m

ULR:	0.01
ULOR:	0.01
Valores máximos de la intensidad lumínica	
a 70° y por encima:	489 cd/klm *
a 80° y por encima:	533 cd/klm *
a 90° y por encima:	407 cd/klm *
Clase de potencia lumínica:	/

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

* Los valores de intensidad lumínica en [cd/klm] para el cálculo de la clase de potencia lumínica se refieren al flujo luminoso de luminaria conforme a EN 13201:2015.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6

Resultados para campos de evaluación

Factor de degradación: 0.67

Camino peatonal 2 (P4)

Em [lx] ≥ 5.00 ≤ 7.50	Emin [lx] ≥ 1.00
✗ 15.57	✓ 4.52

Calzada 2 (M3)

Lm [cd/m ²] ≥ 1.00	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 15	EIR ≥ 0.30
✗ 0.57	✓ 0.57	✗ 0.44	✓ 1	✓ 0.99

Calzada 1 (M4)

Lm [cd/m ²] ≥ 0.75	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 15	EIR ≥ 0.30
✗ 0.59	✓ 0.47	✗ 0.28	✓ 1	✓ 0.99

Camino peatonal 1 (P4)

Em [lx] ≥ 5.00 ≤ 7.50	Emin [lx] ≥ 1.00
✗ 15.57	✓ 4.64

Resultados para indicadores de eficiencia energética

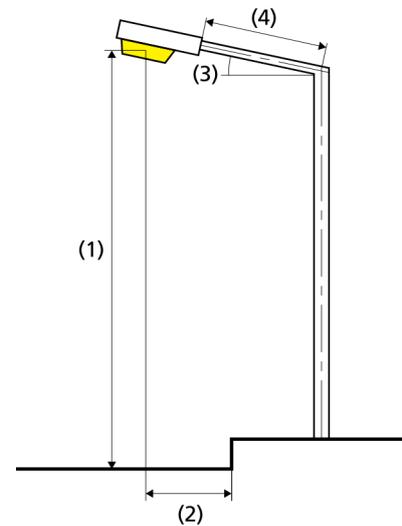
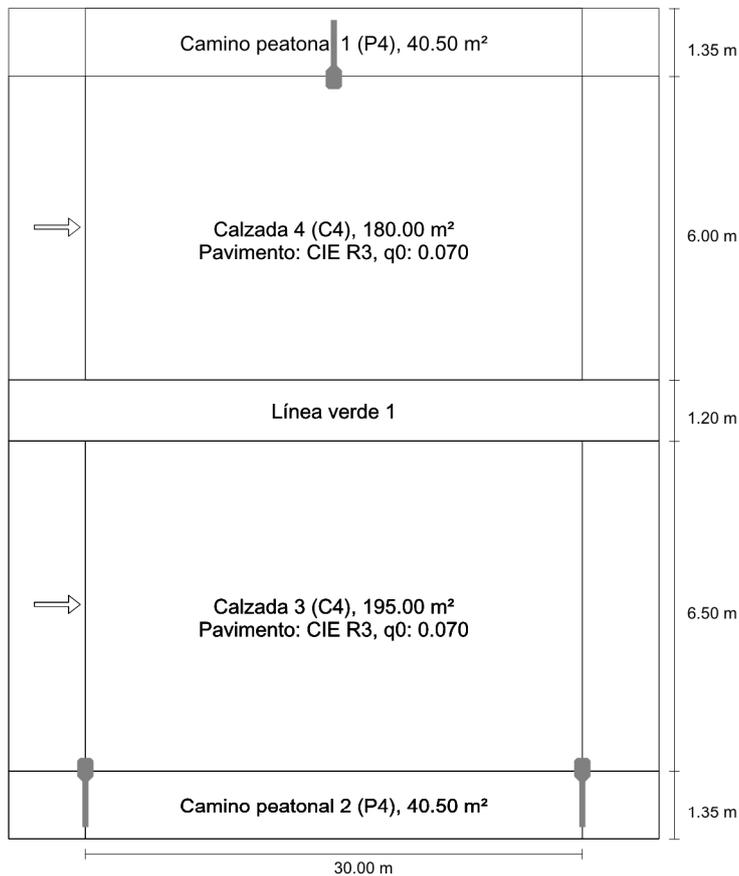
Indicador de la densidad de potencia (Dp) 0.029 W/lxm²

Densidad de consumo de energía

Organización: DKU63-180-002 Favorit 750 (1559.3 kWh/año) 1.9 kWh/m² año

AV Aurelio Jaramillo hacia EN 13201:2015

ASTZ - DKU63-200-002 Favorit 750



Lámpara:	definido por el usuario
Flujo luminoso (luminaria):	27500.11 lm
Flujo luminoso (lámpara):	27500.00 lm
Horas de trabajo	
4380 h:	100.0 %, 200.0 W
W/km:	13200.0
Organización:	bilateral en alternancia
Distancia entre mástiles:	30.000 m
Inclinación del brazo (3):	15.0°
Longitud del brazo (4):	1.000 m
Altura del punto de luz (1):	10.000 m
Saliente del punto de luz (2):	0.000 m

ULR: 0.01

ULOR: 0.01

Valores máximos de la intensidad lumínica

a 70° y por encima: 489 cd/klm *

a 80° y por encima: 533 cd/klm *

a 90° y por encima: 407 cd/klm *

Clase de potencia lumínica: /

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

* Los valores de intensidad lumínica en [cd/klm] para el cálculo de la clase de potencia lumínica se refieren al flujo luminoso de luminaria conforme a EN 13201:2015.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6

Resultados para campos de evaluación

Factor de degradación: 0.67

Camino peatonal 1 (P4)

Em [lx] ≥ 5.00 ≤ 7.50	Emin [lx] ≥ 1.00
✘ 30.45	✔ 13.83

Calzada 4 (C4)

Em [lx] ≥ 10.00	Uo ≥ 0.40	TI [%]
✔ 30.17	✔ 0.54	* 1

Calzada 3 (C4)

Em [lx] ≥ 10.00	Uo ≥ 0.40	TI [%]
✔ 30.19	✔ 0.54	* 1

Camino peatonal 2 (P4)

Em [lx] ≥ 5.00 ≤ 7.50	Emin [lx] ≥ 1.00
✘ 30.45	✔ 13.83

* Informativo, no es parte de la evaluación

Resultados para indicadores de eficiencia energética

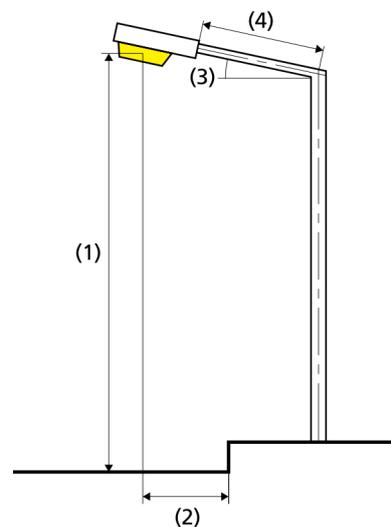
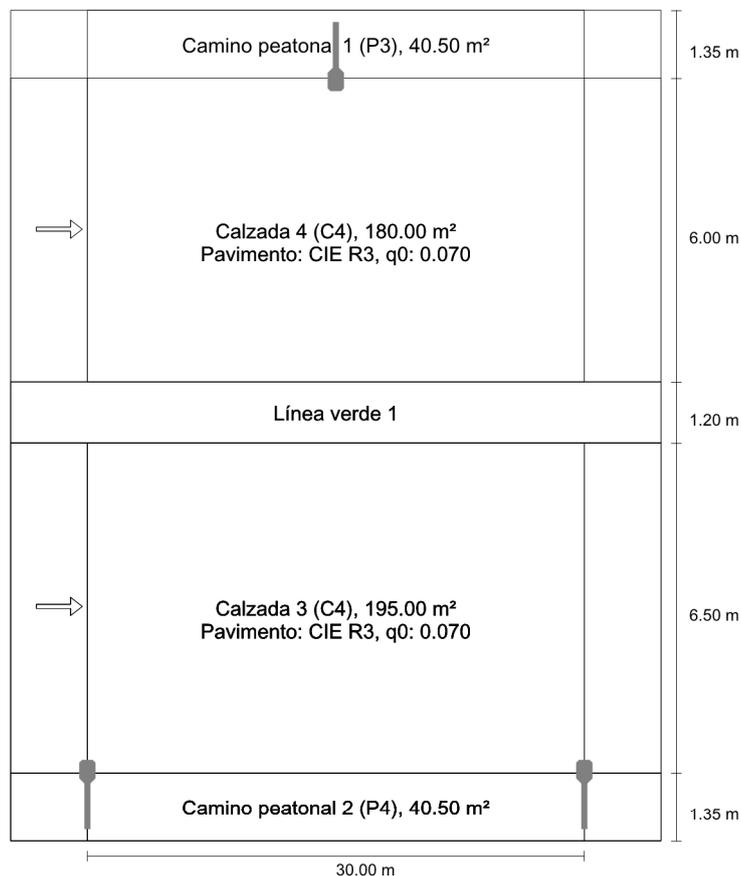
Indicador de la densidad de potencia (Dp) 0.029 W/lxm²

Densidad de consumo de energía

Organización: DKU63-200-002 Favorit 750 (1752.0 kWh/año) 3.8 kWh/m² año

AV Aurelio Jaramillo hacia EN 13201:2015

ASTZ - DKU63-180-002 Favorit 750



Lámpara:	1xLED
Flujo luminoso (luminaria):	20884.08 lm
Flujo luminoso (lámpara):	20884.00 lm
Horas de trabajo	
4380 h:	100.0 %, 178.0 W
W/km:	11748.0
Organización:	bilateral en alternancia
Distancia entre mástiles:	30.000 m
Inclineración del brazo (3):	15.0°
Longitud del brazo (4):	1.000 m
Altura del punto de luz (1):	10.000 m
Saliente del punto de luz (2):	0.000 m

ULR: 0.01

ULOR: 0.01

Valores máximos de la intensidad lumínica

a 70° y por encima: 489 cd/klm *

a 80° y por encima: 533 cd/klm *

a 90° y por encima: 407 cd/klm *

Clase de potencia lumínica: /

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

* Los valores de intensidad lumínica en [cd/klm] para el cálculo de la clase de potencia lumínica se refieren al flujo luminoso de luminaria conforme a EN 13201:2015.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6

Resultados para campos de evaluación

Factor de degradación: 0.67

Camino peatonal 1 (P3)

Em [lx] ≥ 7.50 ≤ 11.25	Emin [lx] ≥ 1.50
✘ 23.13	✔ 10.50

Calzada 4 (C4)

Em [lx] ≥ 10.00	Uo ≥ 0.40	TI [%]
✔ 22.91	✔ 0.54	* 1

Calzada 3 (C4)

Em [lx] ≥ 10.00	Uo ≥ 0.40	TI [%]
✔ 22.93	✔ 0.54	* 1

Camino peatonal 2 (P4)

Em [lx] ≥ 5.00 ≤ 7.50	Emin [lx] ≥ 1.00
✘ 23.13	✔ 10.50

* Informativo, no es parte de la evaluación

Resultados para indicadores de eficiencia energética

Indicador de la densidad de potencia (Dp) 0.034 W/lxm²

Densidad de consumo de energía

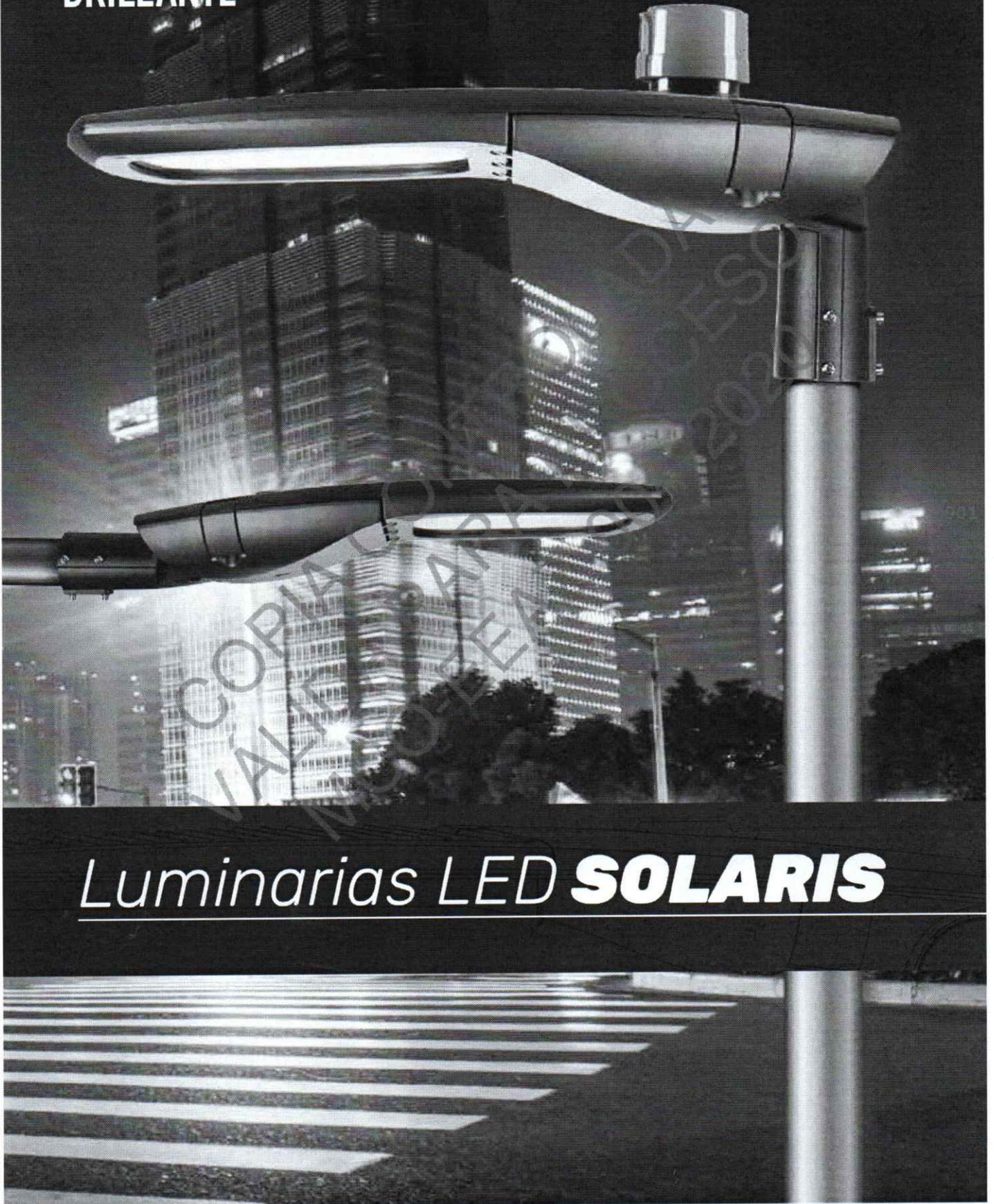
Organización: DKU63-180-002 Favorit 750 (1559.3 kWh/año) 3.4 kWh/m² año

Anexos C

Anexo VI: Hojas Técnicas Luminarias

LEDEX

TU DECISIÓN ^{MÁS}
BRILLANTE



Luminarias LED **SOLARIS**

Carcasa:

De aluminio inyectado, con alta resistencia a la corrosión, su diseño robusto, sobrio sumado a la pintura electroestática garantizan durabilidad al paso del tiempo, permitiendo que la luminaria resista condiciones adversas.

Protector de vidrio:

Equipada con un protector de vidrio templado liso que garantiza la transmisión de luz optimizando el comportamiento fotométrico. Su alto grado de resistencia al impacto IK09, según la clasificación dada por IEC 62262, se traduce en protección de los chips de LED contra posibles impactos exteriores.

Clasificación:

Clase Eléctrica I (IEC 60598-2-3).

Seguridad:

Al abrir la cubierta de la luminaria se interrumpe el paso de energía, aumentando así la seguridad del operario.

Construcción:

Construida para facilitar el mantenimiento de sus equipos auxiliares, los cuales están alojados en una bandeja que permite ser removida sin el uso de herramientas. Además la independencia entre conjunto eléctrico y conjunto óptico, permite a los chips de LED no sufrir daños debido al calor generado por los equipos eléctricos. Optimizando así su rendimiento a través del tiempo.

Hermeticidad:

Diseñada y fabricada con un alto grado de hermeticidad IP66, este grado de protección asegura que los equipos eléctricos y los chips de LED estén protegidos contra ingreso de polvo y humedad. Resistiendo incluso el lanzamiento de agua similar a los golpes de mar.

Porta brazo:

Las diversas posiciones de ajuste permiten acoplar la luminaria de acuerdo a los requerimientos fotométricos del entorno a iluminar.



Especificaciones Técnicas

DATOS GENERALES						
POTENCIA NOMINAL	60W***	100W	150W	200W	240W	280W
POTENCIA PROGRAMABLE	60W	61 - 100W	101 - 150W	151 - 200W	201 - 240W	241 - 280W
MODELO	HYDD-LED10B/60W	HYDD-LED10C/100W	HYDD-LED10A*/50W	HYDD-LED10A/200W	HYDD-LED10/240W	HYDD-LED10/280W
VOLTAJE / FRECUENCIA	90 - 305VAC / 60Hz					
FACTOR DE POTENCIA	> 0.95					
DISTORSIÓN ARMÓNICA THD	< 10%					
PROTECCIÓN CONTRA SOBREVOLTAJES	10KV					
PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS	10KA					
TEMPERATURA DE COLOR	4000K**					
FLUJO LUMINOSO	>6853 LUM	>12068 LUM*	>17769 LUM*	>27500 LUM*	>28935 LUM*	>35535 LUM*
EFICIENCIA LUMÍNICA	> 117LUM/W	> 125LUM/W	> 120LUM/W	> 137LUM/W	> 117LUM/W	> 119LUM/W
VIDA ÚTIL	> 100.000 HORAS SEGÚN LM70					
TEMPERATURA DE OPERACIÓN	-40 - 50°C					
CARCASA						
MATERIAL	ALUMINIO INYECTADO					
DIFUSOR	VIDRIO TEMPLADO DE 3mm DE ESPESOR					
COLOR	GRIS OSCURO					
GRADO DE PROTECCIÓN	IP66					
RESISTENCIA A IMPACTOS	IK09					
DRIVER						
MARCA	INVENTRONICS					
MODELO	EUC-060S0703VM	EUK-096S105DV	EUK-150S105DV	EUK-200S105DV	EUK-240S105DV	EUD-320S150DV
TIPO DE DRIVER	DIMERIZABLE 0-10V		DIMERIZABLE 0-10V Y POTENCIA PROGRAMABLE			
PROTECCIÓN CONTRA TEMP. CRÍTICA	-40 - 85°C					
DISTORSIÓN ARMÓNICA THD	< 10%					
CONSUMO DEL DRIVER	< 6W*	< 7.68W*	< 10.5W*	< 14.4W*	< 15.6W*	< 16.8W*
MÓDULOS LED						
MARCA	LUMILEDS LUXEON					
TIPO	3030 2D	3030 2D	3030 2D	5050 2D	3030 2D	3030 2D
CORRIENTE DE OPERACIÓN	650mA	700mA	700mA	900mA	1020mA	890mA
REPRODUCCIÓN DE COLOR	> 70	> 70	> 70	> 70	> 70	> 70
LENTE	PC	PC	PC	PC	PC	PC
NÚMERO DE CHIPS LED	84	112	168	96	280	336
DIMENSIONES Y PESO						
DIÁMETRO DEL PORTABRAZO (mm)	40mm	40mm	40mm	60mm	60mm	60mm
DIMENSIONES (LxAxHmm)	433*260*99	565*330*110	433*260*99	665*381*118	865*455*125	865*455*125
PESO NETO (Kg)	4,5	7,3	4,5	9,8	14,5	15,25

* Parámetros medidos en la potencia nominal.

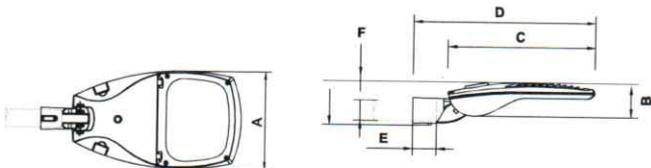
** Disponibles también en otras temperaturas de color.

*** El conjunto óptico y eléctrico no son independientes en la luminaria de 60W. Disponible en otros valores de flujo luminoso bajo pedido.

004

Dimensiones/Potencias

POTENCIA	A	B	C	D	E	F
60W	260	99	433	535	70	Ø40
61-100W	330	110	565	668	70	Ø40
101-150W	381	118	665	765	110	Ø60
151-200W	381	118	665	765	110	Ø60
201-280W	455	125	865	950	110	Ø60



Beneficios

La luminaria LEDEX SOLARIS, compagina perfectamente su diseño robusto y estilizado, con una fácil instalación y mantenimiento sin el uso de herramientas, lo que le permite lograr un alto desempeño y confiabilidad que va de la mano con el cumplimiento de todos los requerimientos de las normativas internacionales aplicables.



Dimerizable y Programable



Fácil Instalación

Condiciones de servicio

- Óptimo funcionamiento hasta los 3000 mts sobre nivel del mar.
- Aprobada para ambientes con alta humedad relativa $\geq 70\%$.
- Ideal para todas las condiciones climáticas del país.
- Perfecta para ambientes adversos (lluvia, polvo, insectos, contaminación).
- Resistente contra vientos de hasta 30 km/h.
- Amplio rango de operación para redes monofásicas (100/240V) y trifásicas (210/121 V – 220/127 V).
- Frecuencia nominal de 50/60Hz.
- Protección contra sobretensiones transitorias de 10KV y contra sobre cargas de 10KA.
- Permite altos niveles de uniformidad siendo esta sostenible a través del tiempo. Asegurando así una correcta iluminación de acuerdo a las necesidades específicas de cada proyecto.
- Pernos y pintura resistentes a la salinidad, probados a 1.000 horas de niebla salina.

003

Aplicaciones

Ideal para iluminación vial tales como:

- Autopistas.
- Carreteras.
- Vías residenciales.
- Puentes.
- Parquesos.
- Parques.
- Ciclo vías.

Normas de Construcción

Chip LED	LM80
Luminaria	LM79
	IEC 60598-1 e IEC 60598-2-3
	IEC 62471
	IEC 60529
	IEC 61000-3-2 e IEC 61000-3-3
	IEC 55015
Driver	IEC 61547
	IEC 62262
Driver	IEC 62384, IEC 61347-1 e IEC 61347-2-13
Módulo LED	IEC 62031
SPD	IEC 61643-11

Anexos D

Anexo V: Estudio Campo





PROCESO MCO-EAZ-004-2020
 Fabricante: MARIOTT S.A.
 Año de Fabricación: 2020
 Serie de Identificación: B48E8
 Modelo: SOLARIS
 Fecha de Compra / Venta: JULIO/2020
 Potencia: 200W
 Voltaje de utilización: 100 - 240 V.
 Garantía: 10 AÑOS
 Contratista: Ing. Gabriel Pérez

LED STREET LIGHT SOLARIS
 Fuente de Luz: Módulo LED
 Potencia: 200W
 Voltaje: 100 - 240V - 50/60Hz
 Factor de Potencia: > 0.95
 Temperatura de Color: 4000K
 Vida Útil: >100,000 Horas
 Hermeticidad:
 Conjunto Óptico: IP66
 Conjunto Eléctrico: IP66
 Resistencia al Impacto: IK09
 Tipo de Driver: Dimmerizable 0-10V / Programable
 Hecho en China

LED EX **HOSCA**
 Modelo: HYDD1LED10A
SOLARIS LIGHTING

2020 - SOLARIS200042020

20







BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables. Estudio de la Demanda Eléctrica, 2019.
- [2] José Manuel Chacho Gómez, Paul Emilio Sotomayor Solís, and Nelson David Delgado Quiñonez. Diseño e implementación de un sistema automático de alumbrado led público inteligente controlado vía wireless e instalado en la casa de don bosco de guayaquil. B.S. thesis, 2013.
- [3] Williams Javier Merchán Nieves and Erick Andrés Calderón Peña. Automatización para sistemas de alumbrado residencial y público con iluminación led. B.S. thesis, 2018.
- [4] Edwin David González Urgilés and Ricardo Rafael Peñafiel Campoverde. Análisis de la densidad de potencia eléctrica del alumbrado público del casco urbano de la ciudad de azogues. B.S. thesis, 2020.
- [5] Jezzy James Huamán Rojas. Control inteligente de sistemas e iluminación en edificios. 2017.
- [6] Christian Masaquiza Masaquiza. Análisis del sistema de alumbrado público, para la presentación de una propuesta de telegestión en los parques, juan montalvo y pedro fermín cevallos de la ciudad de ambato, provincia de tungurahua, año 2015. B.S. thesis, Latacunga/UTC/2016, 2016.
- [7] Anthony Michel Rodríguez Chaparro. Telegestión del servicio de alumbrado público inteligente para el parque metropolitano el tunal ubicado en la ciudad de bogotá. 2016.
- [8] C Vargas, M García, D Guevara, and A Ríos. Escenarios de integración de sistemas inteligentes de iluminación fotovoltaica en las autopistas del ecuador. *Revista Técnica.energía*, 12(1):251–261, 2016.
- [9] A. Toroman and E. Mujčić. Application of industrial plc for controlling intelligent traffic lights. In *2017 25th Telecommunication Forum (TELFOR)*, pages 1–4, 2017.
- [10] Miguel Orlando Criollo Domínguez. Análisis de las tecnologías de telegestión existentes, para adoptar el más conveniente al sistema de control del alumbrado público ornamental del parque el paraíso. B.S. thesis, Carrera de Ingeniería Eléctrica, 2017.

- [11] L A Pr, Xima Generaci, and D E Gesti. Innove ahora para satisfacer las necesidades futuras. *Schröder*, page 8, 2016.
- [12] SILBERSONNE LED SYSTEMS. Catálogo iluminación . . 2019.
- [13] Concepción del alumbrado público. In *2016 IEEE Lighting Conference of the Visegrad Countries (Lumen V4)*.
- [14] ARCONEL. Prestación del servicio de alumbrado público general. pages 1–5, 2020.
- [15] Marcelo Efraín Pérez Calle and Walter Estuardo Urdiales Carchipulla. Estudio y diseño inmótico para el parque acuático planeta azul, usando la tecnología lonworks para el control de iluminación, acceso, seguridad técnica y circuito cerrado de televisión. B.S. thesis, 2013.
- [16] Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN. PÚBLICO I PARTE : Alumbrado de calles y carreteras II PARTE : Alumbrado de ciertas áreas. 1987.
- [17] ARCONEL. Prestación del servicio de alumbrado público general. pages 1–5, 2020.
- [18] GCF (Green Climate Fund). Eficiencia energética para la industria y los aparatos eléctricos. page 8, 2017.
- [19] MGM International. Manual para la Evaluación de Proyectos de Eficiencia Energética para el Sector de Siderurgia y Metalmecánica. *Guías para la Evaluación de Elegibilidad de Financiación de Proyectos de Eficiencia Energética*, pages 12–21, 2018.
- [20] Instituto Ecuatoriano de Normalización RTE INEN 059. Quito - Ecuador. 2012.
- [21] Douglas Leonard Covarrubias. Luminarias. *Manual Práctico De Iluminación*, pages 76–86, 2019.
- [22] Dayana Alejandra Flores Narváez. Implementación de un emulador de un patio de pruebas para el montaje de luminarias en alumbrado público, en el edificio de la carrera de electricidad. B.S. thesis, 2021.
- [23] *Instalaciones Electricas Basicas*.
- [24] LEDEX. 2-Alumbrado-Publico-Led.pdf.
- [25] S Inventronics St. Operating Area-.
- [26] Salida Inventronics Selv. Descripción Modelos.
- [27] Synapse Snap, Mesh Networks, Inventronics Controls, Ready Alimentado, Inventronics Always On, Auxiliary Supply, Synapse Simplysnap Radio, La Cnv-snap an, and Synapse Lighting Control. Descripción Synapse SimplySNAP Especificaciones ambientales.
- [28] Synapse Illuminate. Synapse Illuminate.

- [29] Simplysnap On-site Controller. TL5-B1. (877), 2017.
- [30] Pablo Ruben Ixtaina. Alumbrado público eficiente y “ciudades inteligentes”: reconversión led, telegestión y monitoreo de ruido ambiente. *Encuentro de Centros CIC (La Plata, 2020)*, 2020.
- [31] Juan Manuel Álvarez Villalba. Estudio y comparativa de tecnologías para un sistema de telegestión de alumbrado público. caso práctico en el municipio de úbeda. 2020.
- [32] Umpi. Catalogo-del-Sistema-Minos-System.pdf.
- [33] Jefferson Andrés Rueda Flores. Análisis de factibilidad técnica para la implementación de un sistema de telegestión que permita el uso eficiente de la energía del alumbrado público en el centro histórico de Ibarra, concesión de la Empresa Eléctrica EMERNORTE SA. 2020.
- [34] Freddy Patricio Núñez Núñez. Sistema de monitoreo y control de alumbrado público mediante una red de sensores rf. B.S. thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas . . . , 2017.
- [35] Ronald Rómulo Rivera Murillo. Análisis y propuesta de un sistema de gestión inteligente del alumbrado público en Guayaquil. 2019.
- [36] Maria Jose Cobos Franco, Andrea Alejandra Loayza Intriago, Francisco Antonio Garay Contreras, et al. Diseño inmótico para ahorro energético, seguridad y control de las instalaciones para el nuevo edificio de la fiec. B.S. thesis, Espol, 2018.
- [37] Paúl Andrés Navas Ramírez. Sistema de red telemétrico de alumbrado público para la provincia de Santa Elena. B.S. thesis, La Libertad: Universidad Estatal Peninsula de Santa Elena, 2017., 2017.
- [38] Rene Huayhua Calapuja. Trabajo de suficiencia profesional titulado: “Elaboración de tableros simuladores para PLCs y desarrollo de guías de laboratorio para la opción ocupacional electrónica del Centro Puno”. 2017.
- [39] Product Overview. BMS GATEWAY. (877), 2021.
- [40] Modbus Rtu and Modbus Tcp. *Apoyo técnico*. 2019.
- [41] Banco Central del Ecuador. <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/TasasInteres/TasasVigentes012021.htm>, 11 de Febrero de 2022.
- [42] Diana Taco and Marcos Gutiérrez. Valoración de inversiones en proyectos no convencionales - Tasa interna de retorno versus Tasa interna de retorno modificada. *INNOVA Research Journal*, 3(9):126–133, 2018.
- [43] Wilson Araque Jaramillo. Tasas de interés activas en el mercado crediticio ecuatoriano. *Red de Instituciones Financieras de Desarrollo (RFD)*, pages 6–7, 2021.

- [44] Reinaldo Sapag Chain Nassir Sapag Chain and Jose Manuel Sapag P. *Preparación y evaluación de proyectos*. Mexico,.DF.), 2014.
- [45] CONELEC. Prestación del Servicio de Alumbrado Público General. page 23, 2018.
- [46] Dennys David Tuza Chamorro. Análisis del sector eléctrico ecuatoriano: Estado actual y perspectivas. B.S. thesis, 2021.