



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

PORTADA

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previa la obtención del Título de:

INGENIERO ELÉCTRICO

TEMA

“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN
NUEVO SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO EN AV.OLMEDO DE LA
CIUDAD DE ESMERALDAS”

AUTOR

Nelson David Delgado Quiñonez

TUTOR

MSC. Fernando Bustamante

GUAYAQUIL

2018

CERTIFICADO DE RESPONSABLE Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Nelson David Delgado Quiñonez autorizo a la **Universidad Politécnica Salesiana** la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro.

Además, declaro que los conceptos, análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Guayaquil, Junio, 20, 2018

Autor: Nelson David Delgado Quiñonez

Cédula: 0802789529

CERTIFICADO DE SESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UPS

Yo, **NELSON DAVID DELGADO QUIÑONEZ**, con documento de identificación N° **0802789529**, manifiesto mi voluntad y cedo a la **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA** la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de grado titulado “**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN NUEVO SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO EN AV.OLMEDO DE LA CIUDAD DE ESMERALDAS**” mismo que 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 antes cedidos.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscrito este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, Junio, 20, 2018

f) _____

Autor: Nelson David Delgado Quiñonez

Cédula: 0802789529

**CERTICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN SUSCRITO POR EL TUTOR**

Yo, **Fernando Bustamante Granda**, director del proyecto de Titulación denominado **“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN NUEVO SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO EN AV.OLMEDO DE LA CIUDAD DE ESMERALDAS”** realizado por los estudiantes **NELSON DAVID DELGADO QUIÑONEZ**, certifico que ha sido orientado y revisado durante su desarrollo, por cuanto se aprueba la presentación del mismo ante las autoridades pertinentes.

Guayaquil, Junio, 20, 2018

f).....

Ing. Fernando Bustamante.Msc

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por brindarme la fortaleza y sabiduría, a mis padres por todo su apoyo, esfuerzo y comprensión.

A mi tutor, Ing. Fernando Bustamante, quien con sus conocimientos, experiencia, paciencia y responsabilidad me guió en el desarrollo y finalización de este trabajo por su conocimiento, experiencia, calidad humana y colaboración desinteresada.

A los docentes de la carrera de Ingeniería Eléctrica por la formación académica que me supieron brindar hasta la culminación de la carrera.

David Delgado Q.

DEDICATORIA

Primeramente a ti Dios por darme la sabiduría necesaria, para llegar a este momento tan glorioso.

A mi amada familia esposa e hija por ser la motivación más importante para conseguir mis metas.

A mis padres, que son el apoyo más grande en la realización de mis metas y sueños,

A mis hermanos y familiares por estar presentes en las buenas y malas.

David Delgado Q

RESUMEN

Bajo los principios de sostenibilidad y sustentabilidad del sector eléctrico se busca la reducción de los costos del presupuesto del Estado, planteándose como objetivo elaborar un proyecto que permita analizar y establecer, herramientas para un sistema de alumbrado público, y que este mejore la calidad del servicio en la Av. Olmedo de la ciudad de Esmeraldas, teniendo criterios de eficiencia técnica, rentabilidad y cuidado ambiental. Se aplicó la metodología de campo, con la observación directa en el lugar del estudio, hallándose que dispone de 103 luminarias de vapor de sodio, 17 de 150 watts y 86 de 250 watts, las cuales significan un costo anual de \$9.828 , además que tienen una vida útil mínima de dos años. La propuesta de 72 luminarias LED, 12 de 150 watts y 60 de 250 watts, un costo de \$6.865,39 anuales, ahorrándose \$2.962,74, y siendo la durabilidad, cinco veces mayor a las de vapor de sodio. El costo de la inversión inicial del sistema propuesto será \$14.836,44, la recuperación de la inversión sería en 7 años y un coeficiente Beneficio/Costo de 1,23.

Palabras claves: Factibilidad, sistema, alumbrado, público, luminaria, vapor de sodio, LED.

ABSTRACT

Under the principles of sustainability and sustainability of the electricity sector, the reduction of costs of the State budget is sought, with the objective of developing a project that allows analyzing and establishing, tools for a public lighting system, and that this improves the quality of the service in the Av. Olmedo of the city of Esmeraldas, having criteria of technical efficiency, profitability and environmental care. The field methodology was applied, with direct observation at the study site, finding that it has 103 sodium vapor lamps, 17 of 150 watts and 86 of 250 watts, which mean an annual cost of \$ 9,828, plus they have a minimum useful life of two year. The proposal of 72 LED luminaires, 12 of 150 watts and 60 of 250 watts, a cost of \$ 6,865.39 per year, saving \$ 2,962.74, and being the durability, five times higher than those of sodium vapor. The cost of the initial investment of the proposed system will be \$ 14,836.44, the recovery of the investment would be in 7 years and a benefit / cost coefficient of 1.23.

Keywords: Feasibility, system, lighting, public, luminary, sodium vapor, LED.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	i
CERTIFICADO DE RESPONSABLE Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	i
CERTIFICADO DE SESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UPS.....	ii
CERTICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN SUSCRITO POR EL TUTOR	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
DEDICATORIA	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ABREVIATURAS	xiv
INTRODUCCIÓN	1
1. EL PROBLEMA	2
1.1. Descripción del problema	2
1.2. Importancia y alcances	2
1.3. Delimitación	2
1.4. Objetivos	3
1.4.1. Objetivo general	3
1.4.2. Objetivo específico.....	3
1.5. Hipótesis.....	3
CAPÍTULO II.....	4
2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Estado del arte	4
2.2. La iluminación	5
2.2.1. Concepto general de la iluminación	5
2.2.2. Características cromáticas de la luz	6
2.2.3. Fuentes de iluminación	7
2.2.4. Unidades de medición de la luz	8
2.3. Lámparas	10
2.3.1. Las lámparas termos radiantes	10

2.3.2.	Las lámparas de descarga o luminiscentes.....	10
2.3.3.	Tipos y aspectos generales del alumbrado público.....	11
2.3.3.1.	Método europeo de los 9 puntos.....	11
2.3.4.	Lámparas de vapor de mercurio de alta presión.....	12
2.3.5.	Lámparas de vapor de sodio a baja presión.....	13
2.3.6.	Lámparas de vapor de sodio de alta presión.....	14
2.3.7.	Lámpara Led.....	15
2.4.	Marco legal.....	16
2.4.1.	Servicio de alumbrado público.....	16
2.4.2.	Responsables en la prestación del servicio [23].....	16
2.4.3.	El consejo Nacional de electrificación (CONELEC).....	16
2.4.4.	Municipios.....	16
2.4.5.	Policía Nacional o autoridad de tránsito competente.....	17
2.4.6.	Usuarios o clientes.....	17
2.4.7.	Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización.....	17
2.4.8.	Regulación del alumbrado público.....	17
2.4.9.	Normas técnicas aplicables.....	17
2.4.10.	Espacios Peatonales.....	18
2.4.11.	Espacios peatonales estructurantes.....	18
2.4.12.	Requisitos generales para un sistema de iluminación.....	18
2.4.13.	Ensayos al conjunto eléctrico de luminarias para alumbrado público.....	18
CAPITULO III.....		19
3.	METODOLOGIA.....	19
3.1.	Descripción.....	19
3.2.	Tipos de investigación y métodos.....	19
3.3.	Fuentes.....	20
3.4.	Población y muestra.....	20
3.5.	Técnicas e instrumentos de investigación.....	21
3.6.	Procesamiento de la información.....	21
3.7.	Generalidades del alumbrado público de Esmeraldas.....	22
3.8.	Estado actual del sistema.....	23
3.9.	Levantamiento de la infraestructura del alumbrado público de la Av. Olmedo.....	23
3.9.1.	Calculo de la demanda para alumbrado público.....	24

3.9.2. Cálculo de la caída de voltaje.....	24
3.9.3. Alimentadores para el alumbrado público	24
CAPÍTULO IV	25
4. ANÁLISIS Y RESULTADOS DEL ALUMBRADO	25
4.1. Delimitación de la muestra a tomar	25
4.2. Levantamiento de infraestructura de la muestra de estudio	25
4.3. Desarrollo del cálculo de tabla de datos de la muestra de estudio	26
4.4. Propuesta.....	29
4.4.1. Descripción	29
4.4.2. Desarrollo de Estudio.....	29
4.4.3. Análisis de la situación del proyecto.....	29
4.4.4. Clases de iluminación según las características de las vías.	30
4.4.5. Determinacion de la altura y disposicion de las luminarias.....	32
CAPÍTULO V.....	34
5. RESULTADOS.....	34
5.1. Resultados en campo.....	34
5.1.1. Resultados obtenidos en el simulador por tramos de la situación actual:	
34	
5.1.2. Cuadro de resultados comparativo entre situación actual y propuesta ..	42
5.1.3. Costos de la propuesta.....	42
5.1.4. Modelo de selección.....	42
5.1.5. Evaluación económica de la propuesta.	46
5.1.6. Resumen de criterios económicos	51
CONCLUSIONES	52
RECOMENDACIONES.....	53
ANEXOS	54
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Mapa del centro de Esmeraldas y la Av.Olmedo [28]	2
FIGURA 2. Escalas de temperatura[6].....	6
FIGURA 3. Rendimiento cromático [3].....	7
FIGURA 4. Intensidad luminosa [8]	8
FIGURA 5. Luminancia [8].	9
FIGURA 6. Características y unidades de la luz [10].....	9
FIGURA 7. Cálculo de la iluminancia promedio método europeo de los 9 puntos. 11	
FIGURA 8. Lámpara de sodio baja presión [12].	13
FIGURA 9. Lámpara de sodio a alta presión [7].	14
FIGURA 10. Lámpara led [3]	15
FIGURA 11. Tramo 1: Av. Olmedo desde calle Loja hasta calle Imbabura	25
FIGURA 12. División de la AV. Olmedo en 9 puntos.....	27
FIGURA 13. Tramo 1. Valores de luminancia.	34
FIGURA 14. Tramo 1: Valores de iluminancia.	35
FIGURA 15. Tramo 2: Valores de luminancia.	35
FIGURA 16. Tramo 2: Valores de iluminancia.	36
FIGURA 17. Tramo 3. Valores de luminancia.	36
FIGURA 18. Tramo 3. Valores de iluminancia.	37
FIGURA 19. Tramo 1. Valores de luminancia	37
FIGURA 20. Tramo 1. Valores de luminancia	38
FIGURA 21. Gráfico de luminancias tramo 2	38
FIGURA 22. Isolimeas del tramo2	39
FIGURA 23. Tabla de luminancia tramo 2.....	39
FIGURA 24. Valores de luminancia tramo 3.....	40
FIGURA 25. Isolimeas del tramo 3	40
FIGURA 26. Resultados luminotécnicos	41
FIGURA 27. Resultados luminotécnicos del camino peatonal.....	41
FIGURA 28. Reflector luminaria led / alumbrado público 6500/50=130LM/W. ...	43

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Características básicas de lámparas de mercurio [1].....	13
TABLA 2. Características básicas de lámparas de sodio baja presión [1]	13
TABLA 3. Características básicas de lámparas de sodio alta presión [1].....	14
TABLA 4. Características básicas de lámparas led.....	15
TABLA 5. Población de luminarias y postes [6].....	21
TABLA 6. Inventario de luminarias en la ciudad de Esmeraldas.	22
TABLA 7. Inventario de partes de luminarias en la Av. Olmedo.	24
TABLA 8. Características de la Av. Olmedo.	25
TABLA 9. Datos obtenidos con el luxometro.....	26
TABLA 10. Parámetros de la norma CIE-140.	31
TABLA 11. Parámetros de la norma EN-13201.	31
TABLA 12. Parámetros de la norma EN-13201.	32
TABLA 13. Recomendación para la disposición de luminarias. [27].....	32
TABLA 14. Cuadro comparativo Situación actual y Propuesta.....	42
TABLA 15. Características de uso y eficiencia de los sistemas de iluminación. [4].	43
TABLA 16. Costos 2016 actuales del suministro eléctrico por iluminación con luminarias de vapor de sodio. [1].....	44
TABLA 17. Costos actuales del suministro eléctrico por iluminación con luminarias led. [36]	44
TABLA 18. Diferencias de las luminarias led y de vapor de sodio. [7]	45
TABLA 19. Costo de la instalación de las luminarias led en reemplazo de aquellas de vapor de sodio. [12]	45
TABLA 20. Costo de la instalación de las luminarias de vapor de sodio. [5].....	46
TABLA 21. Tasa Interna De Retorno (TIR).	48
TABLA 22. Valor Actual Neto (VAN). [24]	49
TABLA 23. Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI). [20]	50
TABLA 24. Indicadores financieros. [24].....	51

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Fórmula de sistemas de alumbrado	12
Ecuación 2. Fórmula para calcular la luminancia	26
Ecuación 3. Cálculos de la fórmula de los nueve puntos para cada poste de alumbrado público de la muestra.	27
Ecuación 4. Cálculo de datos reales	28
Ecuación 5. Cálculo de uniformidad media	28
Ecuación 6. Cálculo de uniformidad externa	28
Ecuación 7. Fórmula para el cálculo de TIR	47
Ecuación 8. Fórmula de indicadores del TMAR	47
Ecuación 9. Fórmula de ecuación para el cálculo de TIR	48
Ecuación 10. Fórmula para el cálculo de VAR	49
Ecuación 11. Coeficiente Beneficio/Costo.....	51

ABREVIATURAS

CONELEC	Consejo Nacional de Electrificación.
CENACE	Centro Nacional del Control de Energía.
MEER	Ministerio de Electricidad y Energía Renovable.
INER	Instituto Nacional de Energías Renovables y Eficiencia Energética.
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censo.
INEN	Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización
PBA	Payback descontando (plazo de recuperación).
USD	Dólares Americanos.
GWh	Giga Vatios Hora.
MWh	Mega Vatios Hora.
KWh	Kilo Vatios Hora.
GW	Giga Vatios.
MW	Mega Vatios.
KW	Kilo Vatios.
LED	Light-Emitting Diode (Diodo Emisor de Luz).
ER	Energías Renovables.
ERNC	Energías Renovables No Convencionales.
SAP	Sistema de Alumbrado Público.
SAPG	Sistema de Alumbrado Público General.
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
NEC	Código Eléctrico Ecuatoriano.
EE	Eficiencia Energética.
TPDA	Tráfico Promedio Diario Anual.
CIE	Comisión Internacional de Iluminación.
REA	Registro de Empresas Acreditadas
OLADE	Organización Latinoamericana de Energía.
TIR	Tasa Interna de Retorno.
ARCONEL	Agencia de Regulación y Control de Electricidad
VAN	Valor Actual Neto.

INTRODUCCIÓN

La energía utilizada actualmente para el alumbrado público se da a través de redes eléctricas, que provienen de sistemas convencionales de generación, y motivó a estos grandes cambios que se están dando en el país, las ciudades se ven en la obligación de mejorar ciertos sectores relacionados con la matriz energética como el sector de alumbrado público en las diferentes ciudades del Ecuador.

En el Ecuador, se está incentivando al cambio de la matriz energética y conservación de nuestro ecosistema, de manera que se tienda a aprovechar de mejor manera los recursos con los que cuenta y lograr un país de desarrollo a futuro, sin alterar dramáticamente el medio ambiente.

Por lo que este proyecto propone realizar un estudio técnico, económico y social en la ciudad de Esmeraldas para implementar un sistema de alumbrado público con lámparas led, dejando de lado la utilización de las lámparas actuales que son de vapor de mercurio y de sodio.

CAPÍTULO I

1. EL PROBLEMA

1.1.Descripción del problema

Deficiente prestación del servicio de alumbrado público en las avenidas de la ciudad de Esmeraldas, siendo fundamental para un desarrollo y seguridad de la población.

1.2.Importancia y alcances

Este proyecto tiene una gran importancia, porque permite un crecimiento significativo en el comercio y la seguridad de los que transitan a lo largo de la Av. Olmedo, tomando en consideración el aporte técnico y en general considerarlo para mejorar el resto de avenidas de la ciudad de Esmeraldas que presentan características muy parecidas.

1.3.Delimitación

- Campo: Alumbrado público
- Delimitación geográfica espacial: Av. Olmedo de la ciudad de Esmeraldas que comprende cerca de 2km, desde la calle Loja hasta la calle Manuel Muriel.
- Coordenadas:latitud:0°57'33''N y longitud79°39'14''O
- Tiempo: Mayo 2016 – Enero2017.

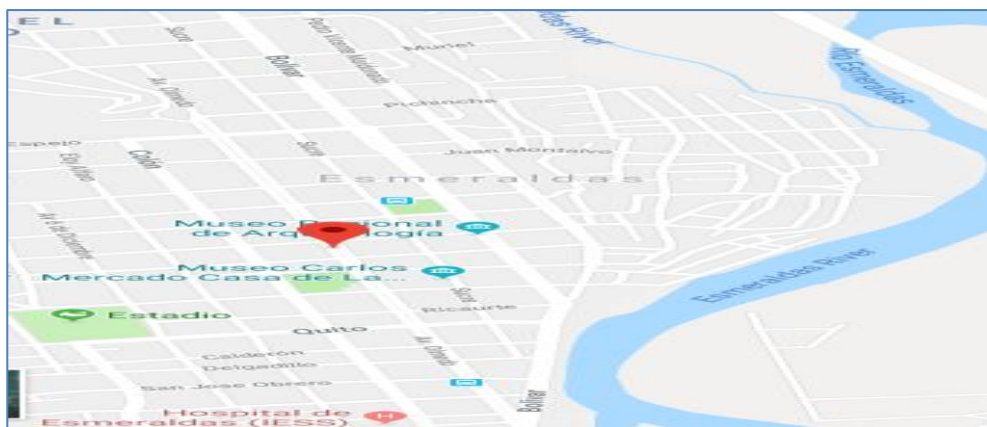


FIGURA 1.Mapa de la ciudad de Esmeraldas y Av. Olmedo [28]

1.4.Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Elaborar un diagnóstico que permita analizar y establecer, herramientas que faciliten proponer un sistema de alumbrado público, que mejore la calidad del servicio en la ciudad de Esmeraldas, teniendo en cuenta criterios de eficiencia técnica, de rentabilidad y cuidado ambiental.

1.4.2. Objetivo específico

- Identificar la situación del Alumbrado público de la av. Olmedo en la ciudad de Esmeraldas.
- Desarrollar un estudio comparativo entre las luminarias existentes en la av. Olmedo y las que se encuentran en el mercado.
- Costear la inversión del nuevo sistema de alumbrado para la implementación del alumbrado público de la av. Olmedo de la ciudad de Esmeraldas.

1.5.Hipótesis

Es factible el reemplazo de las luminarias de vapor de sodio por las de tipo LED, porque mejora la eficiencia económica, técnica y ambiental del sistema de alumbrado a lo largo de la Av. Olmedo de la ciudad de Esmeraldas.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1.Estado del arte

Como parte relevante de la investigación se procederá a describir el estado del arte en cuanto a la implementación de alumbrado público, el cual corresponde a la citación de los diferentes estudios similares que anteceden a este estudio para servir de fundamentación los cuales se detallan en los siguientes párrafos.

El estudio realizado por Aguirre & Barrios (2016) con el tema “Estudio de factibilidad para implementar sistemas fotovoltaicos en la modernización del alumbrado público en Galapa-Atlántico”, el cual tuvo como objetivo principal estimar la factibilidad de implementar sistemas fotovoltaicos en el alumbrado público para el municipio de Galapa-Atlántico, como prueba piloto con el fin expandir y modernizar los puntos de alumbrado público usando la tecnología más eficiente para las condiciones dadas, mediante la recopilación de datos de radiación solar e información acerca de proyectos similares, bibliografía y otros, además del análisis de la información obtenida para la selección de referencia, realizando el estudio técnico y económico, el cual tuvo resultado que mostraron inconvenientes presentados durante el estudio técnico, los cuales tuvieron que ser ajustados con el fin de adaptarse a las condiciones energéticas y económicas, mediante el análisis económico se pudo demostrar que los costos de inversión inicial exceden en un margen notorio a los ingresos que podrían generar rentabilidad en el proyecto, Los indicadores que se utilizaron para el análisis económico que fueron la TIR y el VPN mostraron que no hay la probabilidad de que el proyecto tenga viabilidad bajo los escenarios mostrados, ya que para todos los escenarios se obtuvieron una TIR y un VPN negativos aun realizando las sensibilidades en los puntos más críticos. [1]

El trabajo realizado por Flores & García (2016), quien realizó un estudio de factibilidad que permitirá revelar las ventajas de implementar un sistema de alumbrado público con luminarias led y alimentación solar fotovoltaica, puesto que, este tipo de

iluminación es amigable con el ambiente y además se enfoca en una política de mitigación de daños a la naturaleza generando responsabilidad social, el estudio contempla un análisis teórico que determina las características, usos y ventajas de la iluminación led a comparación de otros tipos de luminarias tradicionales, determinándose además los componentes necesarios para la implementación del sistema fotovoltaico. Con la finalidad de evaluar económicamente la factibilidad de implementar un sistema de alumbrado público con luminarias led, se procedió con la elaboración de un análisis económico tomando en consideración valores monetarios de inversión, gasto y dimensionamiento del sistema, incluyendo además la implementación de sistemas fotovoltaicos como fuentes de energía eléctrica para el abastecimiento al sistema de iluminación propuesto. [2]

Conforme a lo expuesto anteriormente la implementación de luminarias eléctricas con otra tipo de tecnología como el caso de la fotovoltaica económicamente no es viable económicamente, pero si ecológicamente sin embargo se requiere los estudios necesarios para que la energía solar almacenada abastezca la demanda de energía del alumbrado público, el otro caso de las luminarias led estas ofrecen mayor eficiencia en cuanto a la iluminación y menor consumo de energía representando una viabilidad por el ahorro que genera.

2.2. La iluminación

2.2.1. Concepto general de la iluminación

La luz es la manifestación de energía, que se produce al calentar cuerpos hasta la incandescencia o por medio de alguna descarga eléctrica entre dos materiales conductores. [3]

Por lo que el ojo humano puede percibir una cierta parte de los colores existentes, del espectro electromagnético y sabiendo que las longitudes de onda visibles más cortas aparecen de color violeta y las más largas de color rojo. Se puede afirmar que la luz es color, y por lo tanto los objetos son vistos según la iluminación a las que se vean expuestos. [4]

2.2.2. Características cromáticas de la luz

Para describir las propiedades cromáticas de una fuente luminosa o poder predecir el efecto que tendrá una fuente de luz sobre el espectro cromático de los objetos comúnmente son utilizados dos sistemas de medida: La "temperatura del color", que indica la apariencia cromática de la luz misma y el "índice de rendimiento cromático" (RA), que explica cómo un objeto iluminado aparecerá con relación a la luz de la fuente luminosa de referencia. [5]

Ambas pueden ser muy útiles en la valoración y descripción de fuentes luminosas, pero hay que tener en cuenta que, la temperatura de color o apariencia de la luz de una fuente luminosa es una medida numérica de su apariencia cromática y se basa en el principio de que cualquier objeto calentado a una temperatura elevada emite luz y que el color de esa luz varía de modo predecible si la temperatura va aumentando [6].

De ahí que la temperatura de color se refiere a que a mayor temperatura se percibirá un efecto más frío, por lo tanto a menor temperatura de color se producirá un efecto más cálido, debido a que los colores y las fuentes luminosas ubicados en la zona azul del espectro son conocidos como fríos y los de la zona roja-anaranjado-amarillo son conocidos como cálidos por lo que se lo mide en K(kelvin). [6] Ver Fig 2.

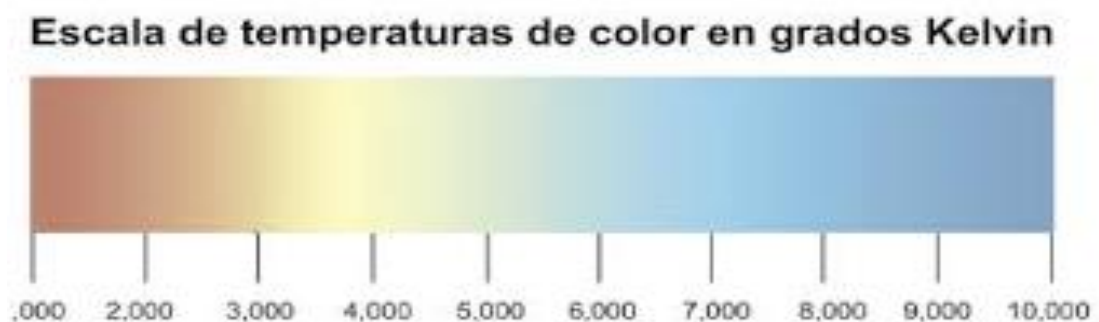


FIGURA 2. Escalas de temperatura [6]

El índice de rendimiento cromático (IRC) hace referencia a como percibimos los colores de los objetos bajo cierta iluminación en comparación con la percepción de color bajo una iluminación de referencia, por lo que diremos que el color percibido

bajo cierta iluminación es más cerca al original se dice que es mayor el índice de rendimiento de color en la escala de 0-100, donde 100 es la luz del sol. Ver Fig. 3.

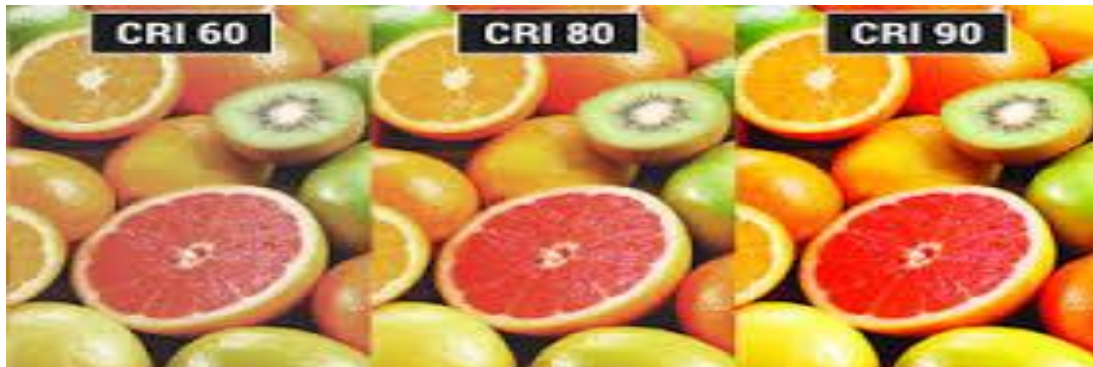


FIGURA 3. Rendimiento cromático [3]

2.2.3. Fuentes de iluminación

Son los elementos que transforman la energía eléctrica en energía luminosa, y si se produce por un cuerpo radiante, será por termo radiación, se obtiene luz por varias formas y las más comunes son dos por termo radiación, que se da calentando cualquier material o cuerpo sólido o líquido a una elevada temperatura y en el caso de las lámparas con filamento tiene que alcanzar los 1000 K° para alumbrar y por **descarga eléctrica** que es el paso de corriente eléctrica a través de un gas y este emite radiación (**luminiscencia**). [7]

Es importante comentar que existen otros factores que influyen en la captación de la luz por parte de las fuentes de iluminación. El brillo que producen estas fuentes se refiere a la diferencia de luminancia entre dos objetos iluminados y no iluminados. [7] Este brillo que produce la fuente de iluminación puede ser de forma directa, es decir, que llega desde el objeto iluminado y por otro, el deslumbramiento que es otro fenómeno que produce una fuente luminosa, que está ligado de forma directa con el brillo, pero que en este caso se le llama a la diferencia de brillos de dos objetos en un ambiente determinado, la cual disminuye la capacidad para distinguir objetos, debido a una inadecuada distribución de luminancias, o como consecuencia de contrastes de luz.

2.2.4. Unidades de medición de la luz

Flujo Luminoso (Φ): Es la potencia emitida en forma de radiación visible para el ojo humano, este flujo luminoso, en un espacio de tiempo definido, se puede medir a través de Lúmenes (Lm), que es la unidad de medida.

Intensidad luminosa (I): Es la cantidad de flujo luminoso emitido por cada uno de los rayos que la fuente emite en una determinada dirección por unidad de ángulo sólido, esta magnitud se entiende únicamente referida a una determinada dirección y contenida en un ángulo sólido o estéreo que se mide en estereorradianes, que corresponde a un casquete esférico cuya superficie es igual al cuadrado del radio de la esfera. Ver Fig 3. [3]

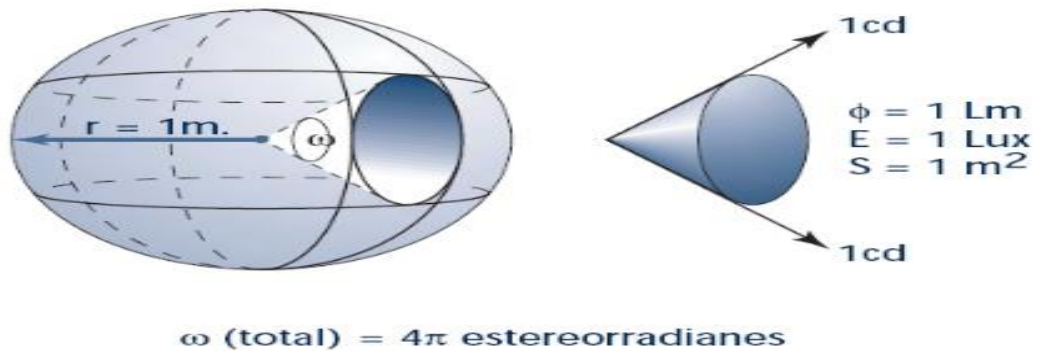


FIGURA 4. Intensidad luminosa [8]

Su unidad de medida es candela (cd) que es a la intensidad luminosa de una fuente puntual que emite un flujo luminoso de 1 lumen en un ángulo sólido de 1 estereorradián.

Iluminancia (E): La iluminancia o nivel de iluminación, es la relación entre el flujo luminoso que recibe una superficie iluminada y su área que alcanza. Un cuerpo estará mejor iluminado por un flujo luminoso si su superficie es menor. La unidad de medida de la iluminancia son los lux que es igual a lúmenes sobre metro cuadrado. [7]

Luminancia (L): La luminosidad que produce una superficie en la retina del ojo, es la relación entre la intensidad luminosa y la superficie aparente vista por el ojo en una dirección fija. Por lo que la percepción de la luz es realmente la percepción de diferentes luminancias. El área proyectada es lo visto por el observador en la dirección de la observación, y esta se calcula multiplicando la superficie real iluminada por el coseno del ángulo que forma su normal con la dirección de la intensidad luminosa, su unidad de medida es candela sobre metro cuadrado. Ver Fig 5. [9]

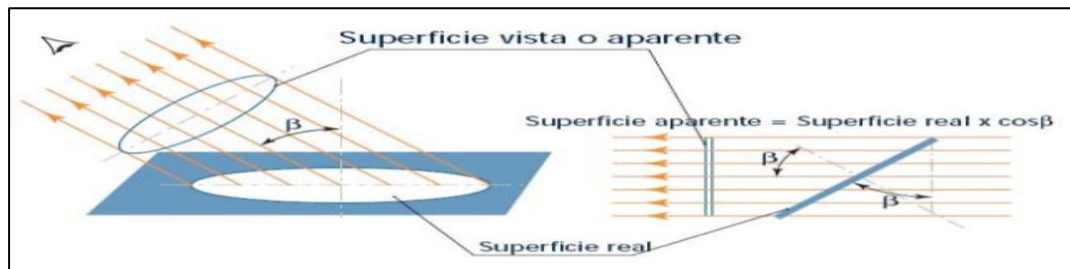


FIGURA 5. Luminancia [8]

Rendimiento Luminoso (η): El rendimiento luminoso de una lámpara corresponde al flujo luminoso que entrega por unidad de potencia (Watts). Por ejemplo si una lámpara incandescente de 150 Watts produce un flujo luminoso de 1500 Lúmenes, entonces esta ampolla tiene un rendimiento luminoso de 10 lúmenes por Watt. [10]

Contraste (C): No menos importante que las otras ya que esta nos dará una imagen más clara de lo que observamos, ya que el contraste es la diferencia de luminosidad y tono entre las zonas claras y oscuras de una imagen y si el contraste es mayor esta diferencia de luminosidad debe ser mayor, por lo que esto debe ser balanceado para ver una imagen nítida. Ver Fig 5. [10]

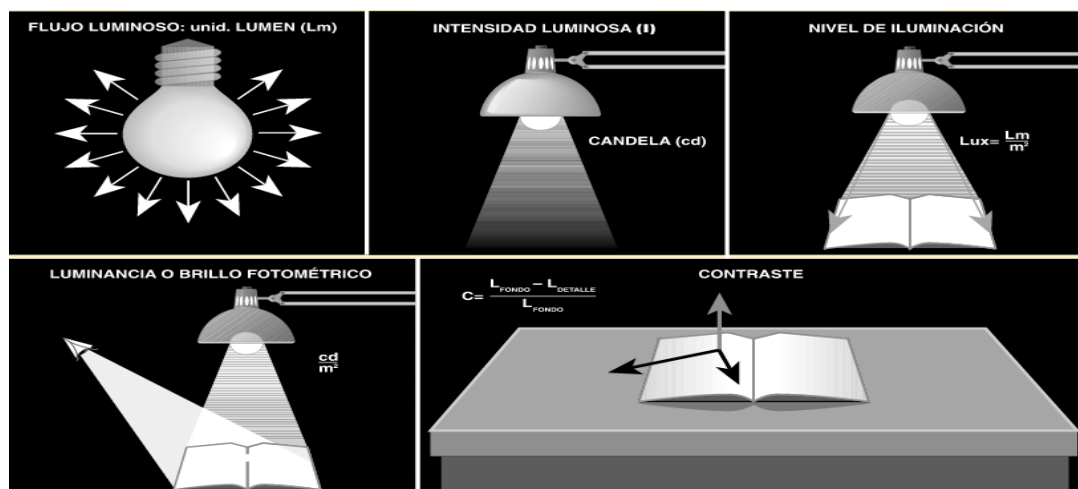


FIGURA 6. Características y unidades de la luz [10]

2.3. Lámparas

Las lámparas son los aparatos que producen luz, según las causas que las provoquen. Si el motivo que origina la luz se debe exclusivamente a la temperatura del cuerpo radiante o cuerpo negro, el fenómeno se llama termo radiación, caso contrario sería luminiscencia. [6]

2.3.1. Las lámparas termo radiantes

En general se conocen como las lámparas incandescentes, mientras que las luminiscentes se conocen como las de descarga eléctrica en el gas para generar luz.

La lámpara incandescente para el alumbrado en general es un termo radiador compuesto por un filamento metálico en forma de espiral, alojado en el interior de una ampolla de vidrio al vacío. El elemento físico de la lámpara incandescente que determina el rendimiento luminoso, es el filamento incandescente y su temperatura de incandescencia. [9]

Mientras mayor sea la potencia de la lámpara incandescente, más grueso se coloca el filamento conductor de su espiral, aumentando así la capacidad térmica que permite funcionar a temperaturas mayores con una luz más blanca, lo cual siempre supone un rendimiento luminoso mayor.

2.3.2. Las lámparas de descarga o luminiscentes

Se caracterizan porque su iluminación es producida en base a un gas que se encuentra en su interior, el cual varía según el tipo de lámpara y además varía la sustancia del interior del vidrio de la lámpara, y su iluminación depende de la presión del gas que se encuentre al interior de la lámpara. Es por eso que dentro de estas lámparas de descarga encontramos varios tipos y además para distintas aplicaciones. [12]

2.3.3. Tipos y aspectos generales del alumbrado público

2.3.3.1. Método europeo de los 9 puntos.

De acuerdo con el *método europeo* de los 9 puntos, que se usa para calcular la *Iluminancia promedio sobre la vía* en una instalación de *alumbrado público*, es necesario ubicar cada uno de estos puntos de cálculo sobre la porción típica de la vía considerada, definiendo un rectángulo de área largo ($s/2$) por ancho (w). De este modo, tal rectángulo se divide en cuatro partes, dos longitudinales y dos transversales, de modo que los puntos a considerar son cada uno de los vértices de los nuevos rectángulos generados. Así se obtienen los 9 puntos considerados en el método. (Véase la Figura 6.)

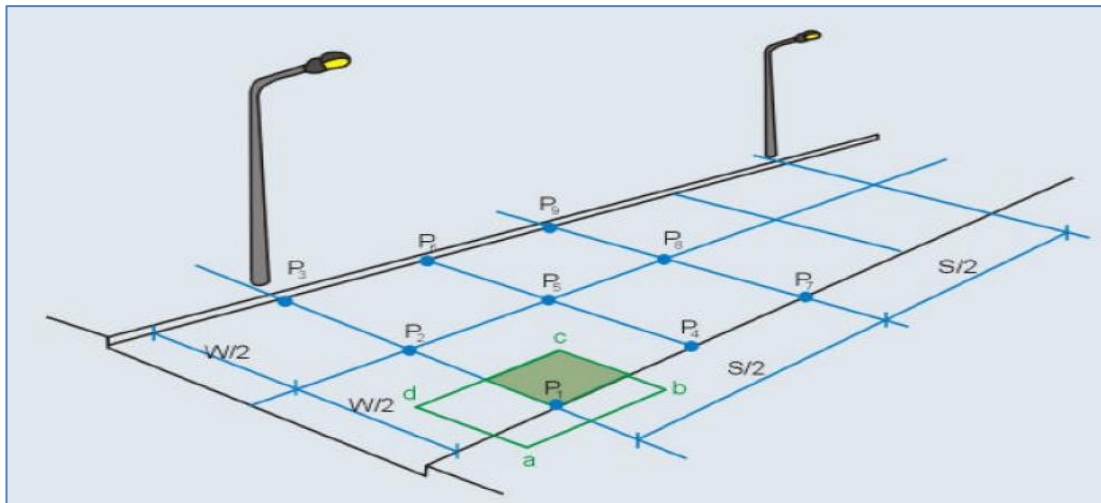


FIGURA 7. Cálculo de la iluminancia promedio método europeo de los 9 puntos. [13]

Se considera la iluminancia en cada punto de medida como la que corresponde a un rectángulo de dimensiones $(w/2) * (s/2)$. La iluminancia promedio sobre la vía se calcula teniendo en cuenta la contribución de iluminancia de cada punto a la porción típica de vía. Así, los puntos extremos tienen una contribución de 0,25; los puntos intermedios de 0,5 y el punto central de 1.0. Así, la iluminancia E_1 leída en el punto P_1 corresponde al área $a,b,c,d.$, pero tan sólo la cuarta parte de esa área corresponde a un área sobre la vía considerada (área sombreada). Igual sucede con la iluminación de los puntos P_3, P_7 y P_9 . Por tanto la contribución de esos puntos debe ser ponderada al 25%. Por idéntico razonamiento, los puntos P_2, P_4, P_6 y P_8 representan la iluminación de áreas que tan solo tienen el 50% sobre la vía, el punto P_5 , a diferencia de los demás,

representa un área totalmente contenida en la vía por lo que su contribución al promedio es completa. [14].

A partir de la lectura de la iluminación en los 9 puntos, la iluminación promedio sobre la vía se calcula con la fórmula siguiente:

_ Fórmula de sistemas de alumbrado (1)

$$E_{prom} = \frac{1}{16} [(E_1 + E_3 + E_7 + E_9) + 2 \times (E_2 + E_4 + E_6 + E_8) + 4 \times E_5]$$

Siendo $E_1, E_2 \dots E_9$ las iluminancias en los puntos $P_1, P_2 \dots P_9$ respectivamente.

La Figura 6.A. ayuda a ubicar los nueve puntos, para diferentes sistemas de alumbrado, de acuerdo con la distribución de los postes y la forma de la vía, considerando avances iguales.

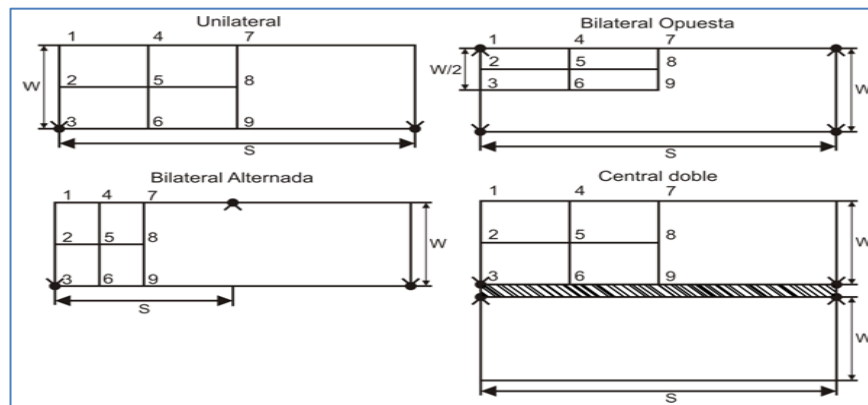


FIGURA 7.A. Selección de los 9 puntos según disposición de las luminarias. [3]

2.3.4. Lámparas de vapor de mercurio de alta presión

La luz emitida por esta lámpara es color azul verdoso, característico de la alta presión, su eficiencia oscila entre los 40 y 60 lm/w y aumenta con la potencia. Para encenderlas se recurre a un electrodo auxiliar próximo a uno de los electrodos principales, el cual ioniza el contenido del bombillo y facilita la descarga y por consiguiente el encendido de la luminaria. Este proceso tiene un tiempo de duración de 4 minutos, durante el cual la lámpara va pasando del tono violeta al blanco azulado a medida que va encendiendo, necesita de equipos auxiliares, tales como balastro para regular la corriente de

encendido y evitar la ruptura del capsula de cuarzo, además de un condensador para mejorar el factor de su potencia. [15]

TABLA 1. Características básicas de lámparas de mercurio [1]

CARACTERISTICAS	
VIDA UTIL	12000-16000 HORAS
EFICIENCIA LUMINOSA	40-60 lm/W

2.3.5. Lámparas de vapor de sodio a baja presión

Las lámparas de sodio de baja presión son lámparas de considerable eficiencia, ya que la reacción que estas producen al momento de condensarse no produce calor considerable haciendo que su capacidad lumínica mejore. Normalmente tienen forma de U, y su composición interna es a base de óxido de indio encerrada en una cubierta de vidrio al vacío. El vacío mezclado con la capa de indio actúa como reflector infrarrojo, y esto permite que la temperatura de operación sea adecuada, esta temperatura normalmente se encuentra a 269°C. Ver Fig 8 [16]

TABLA 2. Características básicas de lámparas de sodio baja presión [1]

CARACTERISTICAS	
VIDA UTIL	18000 HORAS
EFICIENCIA LUMINOSA	100-183 lm/W

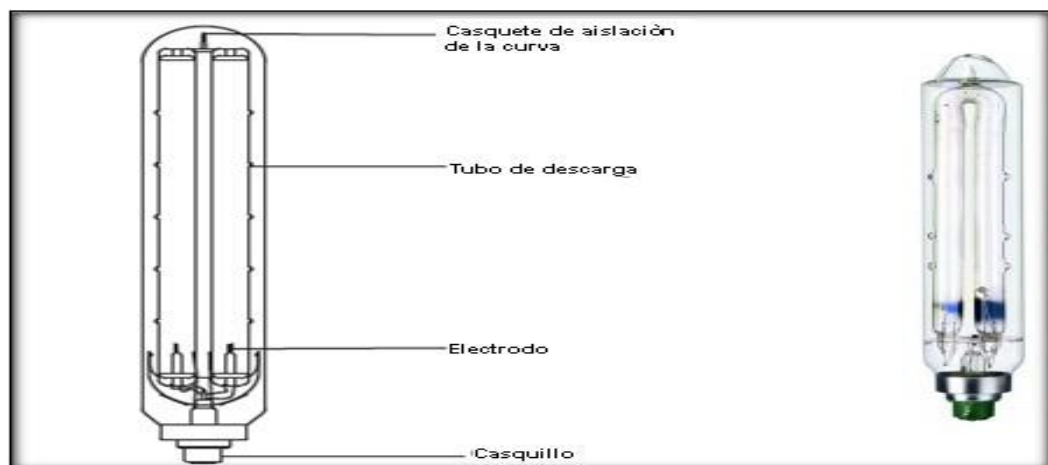


FIGURA 8. Lámpara de sodio baja presión [12].

2.3.6. Lámparas de vapor de sodio de alta presión

Este tipo de lámparas a diferencia con las de baja presión es la cantidad de sodio que almacenan, estas lámparas poseen mayor cantidad, y además de este componente poseen mercurio y xenón, que son los que permiten que sea viable el encendido de la lámpara y a su vez limitan la elevación de calor en las paredes del tubo por el arco de descarga que se produce. Este tipo de lámpara es aplicado en iluminación exterior, ya que su espectro visible es de alta calidad por los objetos iluminados.

Al igual que otras lámparas posee elementos auxiliares para su funcionamiento, como son el arrancador que nos permite limitar el pico de corriente que se produce en el encendido, y un condensador para mejorar el factor de potencia. Ver fig. 9[19]

TABLA 3. Características básicas de lámparas de sodio alta presión [1]

CARACTERISTICAS	
VIDA UTIL	10000-24000 HORAS
EFICIENCIA LUMINOSA	70-130 lm/W

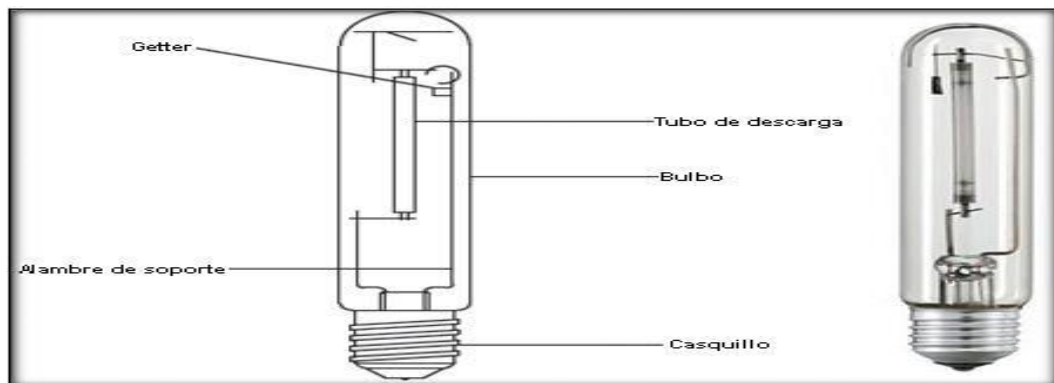


FIGURA 9. Lámpara de sodio a alta presión [7].

2.3.7. Lámpara Led

Las lámparas LED están conformados por bancos reunidos de diodos emisores de luz, es decir que una lámpara de este tipo está compuesta por una cierta cantidad de Leds, esta cantidad va de acuerdo a la fuente luminosa a la que se desea llegar comparándose con lámparas de uso común como las fluorescentes y las incandescentes. Esta lámpara se caracteriza además por ser de estado sólido [19].

En la actualidad las lámparas LED tienen muchos usos, ya que su gama es amplia y abarca casi todos los campos lumínicos, este tipo de lámparas muestran ciertas ventajas como son el ahorro energético que representa su mayor aporte junto con su larga vida útil, su velocidad de arranque es inmediato, está diseñada para arranques y paros continuos, es decir que funciona bajo un esfuerzo considerable, su desventaja más notable es la de su elevado costo frente a otras lámparas que se encuentran en el mercado [21]. Ver Tabla. 15

TABLA 4. Características básicas de lámparas led [1]

CARACTERISTICAS	
VIDA UTIL	50000-100000 HORAS
EFICIENCIA LUMINOSA	100-150 lm/W

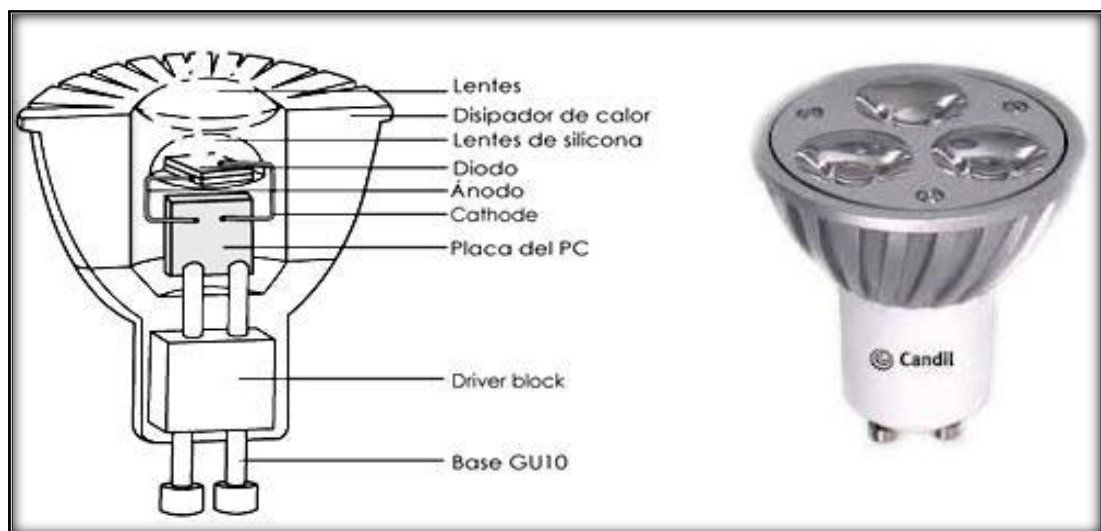


FIGURA 10. Lámpara led [3]

2.4. Marco legal

2.4.1. Servicio de alumbrado público

Es el servicio de iluminación exclusivo para bienes públicos y espacios libres con circulación de vehículos y personas en un perímetro rural o urbano, que comprende desde la administración, operación, mantenimiento, modernización y expansión del mismo. [22]

Este comprende las luminarias, redes eléctricas, transformadores de uso exclusivo y todos los equipos necesarios para la prestación del servicio de alumbrado público. [22]

2.4.2. Responsables en la prestación del servicio

Las instituciones y personas que intervienen dentro de la prestación del sistema de alumbrado público, son aquellos que están encargados del adecuado funcionamiento y que cobran un valor por este servicio.[40]

2.4.3. El consejo Nacional de electrificación (CONELEC)

Este es el encargado supervisar, controlar y de determinar los costos del sistema de alumbrado público para las empresas eléctricas.

También es el responsable de presionar a las comercializadoras de energía eléctrica para mejoras y expansiones del sistema, según el aumento de la población y sus necesidades aumenten.[40]

2.4.4. Municipios

Son las responsables del diseño, provisión de materiales, construcción, operación y mantenimiento, reposición de los sistemas de alumbrado público ornamental. Se exceptúa la responsabilidad de pago de esa energía, pues la misma se la incluirá como parte del sistema de alumbrado público general. [40]

2.4.5. Policía Nacional o autoridad de tránsito competente

Son las responsables de los sistemas de semaforización y de seguridad, en las vías tanto como de programación, mantenimiento y control de estas que entran como parte del sistema de alumbrado público. [40]

2.4.6. Usuarios o clientes

Son todas las personas naturales o jurídicas que se benefician del sistema de alumbrado público en su movilidad peatonal o vehicular, que evaluarán la calidad del servicio.[40]

2.4.7. Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización

Instituto Ecuatoriano de Normalización encargado de desarrollo de la normativa respecto a la calidad y eficiencia mínima que deben cumplir los equipos y materiales a ser instalados en los sistemas de alumbrado público.

2.4.8. Regulación del alumbrado público.

El CONELEC es la institución encargada de regular, entregar y financiar proyectos, tales como los de alumbrado público y este obtendrá los recursos del presupuesto general del estado escrito en el artículo 3 del mandato constituyente del 2008. En la actualidad el CONELEC pasó a ser ARCONEL, en donde solo cambió el nombre pero no sus funciones.

2.4.9. Normas técnicas aplicables

Entre las normas técnicas que se utilizan en el país están las NTE o INEN, para luminarias con características específicas de acuerdo a su composición y estructura.

Entre las que se pueden mencionar algunas como:

- IEC 60662 High pressure sodium vapour lamps.
- ANSI C78.42.

Otras fuentes luminosas. El uso de otras fuentes como lámparas de Inducción, LEDs, etc., tendrán requisitos diferentes . [8]

2.4.10. Espacios Peatonales

Se determina así los bienes de uso público destinados al peatón, y por los elementos de propiedad privada que conforman a la vista un espacio urbano. [22]

2.4.11. Espacios peatonales estructurantes

Se determina como espacios estructurales a todo lo que complementa la vía, como veredas, parques, puentes peatonales, etc.[22]

2.4.12. Requisitos generales para un sistema de iluminación

Los requisitos generales mínimos aceptables dentro de las normas ecuatorianas, tendríamos el reconocimiento del lugar y objetos a iluminarse.

Antes de proceder con un proyecto de iluminación se deben conocer las condiciones físicas, ambientales y estructuras del lugar, que conduzcan a resultados favorables según las normas vigentes. [22]

2.4.13. Ensayos al conjunto eléctrico de luminarias para alumbrado público

- a) Los ensayos de los balastos se deben realizar en laboratorios debidamente acreditados según las leyes vigentes en Ecuador y de acuerdo con los parámetros establecidos en la norma IEC 60923 o normas internacionales equivalentes.
- b) Los ensayos para la verificación del grado de hermeticidad IP y el grado de protección contra el impacto IK se deben realizar en laboratorios debidamente acreditados, según las leyes vigentes.

CAPITULO III

3. METODOLOGIA

3.1. Descripción

La presente investigación tiene el propósito de efectuar un análisis de las herramientas que permiten proponer un sistema de alumbrado público, lo que tiene un enfoque cualitativo y cuantitativo porque se recogerán datos de registros y de la observación directa realizada del alumbrado público en las calles del sector de la Av. Olmedo de la ciudad de Esmeraldas.

3.2. Tipos de investigación y métodos

Mediante el método Deductivo se analizó la información considerando lo general para llegar a lo particular, permitiendo conocer las necesidades de alumbrado público que mejore la calidad del servicio en la ciudad de Esmeraldas, mediante el cambio de las iluminaciones y los postes que se encuentren en mal estado, mientras que mediante el método inductivo se busca analizar la información de lo particular a lo general mediante la utilización de los resultados recabados en el análisis de la ingeniería aplicados.

Los tipos de investigación empleados en el estudio son la descripción, bibliográfica y de campo:

- **Investigación Descriptiva:** Mediante la investigación descriptiva se detalla la problemática del estudio que se refiere a la presencia de postes e iluminarias en mal estado que han ocasionado consecuencias negativas para los habitantes del sector, debido a la falta de mantenimiento, por lo que se pretende cambiar las redes eléctricas actuales por luces led que reducen la contaminación del medio ambiente.
- **Investigación bibliográfica:** Es de tipo bibliográfica porque para justificar el estudio teóricamente se han conceptualizado las variables correspondientes a la factibilidad de la implementación de un nuevo sistema de alumbrado público

mediante luces led, para esto se indagó en libros, enciclopedias, páginas web, registros y trabajos de investigación realizados anteriormente para sustentar el estudio.

- **Investigación de Campo:** Para cumplir con las necesidades del estudio fue pertinente aplicar la investigación de campo que permitió acudir a realizar la observación directa del sector de la Av. Olmedo de la ciudad de Esmeraldas, para obtener el registro del número de luminarias en mal estado que requieren ser cambiadas por luces LED.

3.3. Fuentes

En la presente investigación se obtienen fuentes de información primaria y secundaria:

- **Primaria:** Observación directa de las iluminarias y postes de la Av. Olmedo de la ciudad de Esmeraldas.
- **Secundaria:** Información obtenida en textos que se relacionan con las variables del estudio correspondientes al término factibilidad y sistema de alumbrado.

3.4. Población y muestra

La población la componen el total de luminarias y postes del sector de la Av. Olmedo de la ciudad de Esmeraldas, que suman 101 postes y 103 luminarias, cuya descripción se presenta en la siguiente tabla:

TABLA 5. Población de luminarias y postes de la Av. Olmedo

Luminarias	Cantidad	Postes	Cantidad
150 Vapor de Na	17	11 m	12
250 Vapor de Na	86	9 m	89
Total	103 luminarias	Total	101 postes

Se tomó una muestra por conveniencia, considerando dos cuadras de la Av. Olmedo de la ciudad de Esmeraldas, donde se encuentran 10 postes y 10 luminarias (5 de 150 vapor de Na y 5 de 250 de vapor de Na), que serán tomadas como referencia para realizar en este sector el cálculo de la luminancia en luxes y determinar la situación actual, cuyo hallazgo promedio estará referenciado al total de la población de 103 luminarias, para con los mismos tener un fundamento para realizar la simulación en la propuesta.

3.5. Técnicas e instrumentos de investigación

Para obtener información referente al estudio de factibilidad que pretende determinar la necesidad de cambiar postes e iluminarias por un sistema de alumbrado público que mejore la calidad del servicio en la ciudad de Esmeraldas en el sector en análisis se ha realizado la observación directa de la avenida Olmedo, para lo que se empleó una hoja de registro como instrumento de recolección de información.

3.6. Procesamiento de la información

Para el procesamiento de la información obtenida mediante la aplicación del instrumento de investigación se realizó los siguientes pasos:

- Recopilación y clasificación de los resultados obtenidos posterior a la observación del sector.
- Se tabuló la información mediante el uso de la hoja de cálculo del Programa Microsoft Excel.
- Se elaboró los cuadros y gráficos estadísticos con la información recabada.

- Se procedió a efectuar el análisis de los resultados obtenidos.

3.7. Generalidades del alumbrado público de Esmeraldas

El Sistema de Alumbrado Público de la Ciudad de Esmeraldas cuenta en un porcentaje mayor al 80% con luminarias tipo vapor de sodio con potencias que oscilan entre 70W y 400W, de igual forma se encuentran luminarias tipo vapor de mercurio con potencias desde 125W hasta 250W y un número reducido de reflectores incandescentes, Mercurio alógenos y de sodio que tiene potencias que van desde 250W hasta 2000W .

El inventario actual de luminarias desarrollado dentro del censo del SAPG es el siguiente:

TABLA 6. Inventario de luminarias en la ciudad de Esmeraldas.[15]

Subestacion	Circuito Primario	lumin.total# Hg	lumin.total# Na	reflec.total# Incand	reflec.total# MHg	reflec.total# Na	Total # Instalado
Las palmas	Las palmas	0	895	8	13	16	932
Las palmas	Puerto Pesquero	5	119	0	0	0	124
Las palmas	Malecon Centro	5	1276	15	3	2	1301
Las palmas	Gran Aki	0	0	0	0	0	0
Santas Vainas	Centro Sucre	13	379	25	50	0	467
Santas Vainas	Centro Olmedo	5	498	10	13	2	528
Santas Vainas	Sur chico	1	1085	0	168	4	1258
Santas Vainas	Balao	138	575	2	0	4	719
Santas Vainas	Norte	0	1002	3	0	0	1005
Propicia	Tolita(V.Petroecuador)	19	1491	56	59	32	1657
Propicia	Aeropuerto	2	1383	1	2	0	1388
Propicia	Sur Grande	34	2015	10	30	2	2091
Propicia	Viche	7	991	4	0	2	1004
Propicia	Pradera(vuelta larga)	0	3484	17	12	6	3519
Propicia	OCP	0	0	0	0	0	0
Total # luminarias							15993

3.8. Estado actual del sistema

Para poder determinar el estado actual del sistema de Alumbrado Público en la Av. Olmedo, se necesitó determinar los componentes que intervienen en el sistema del alumbrado como: cableado, conexiones, postes, luminarias, brazos, fotoceldas, transformadores, datos lumínicos, entre otros.

Se pudo ver que el cableado es de tres hilos descubierto de manera aérea y de forma compartida con los usuarios y presenta conexiones a 240 V, con postes de un total de 95 postes de 9 metros y 8 de 11 metros, sus luminarias comprenden potencias de 150 W y 250 W de vapor de sodio de alta presión, transformadores auto protegidos tipo tanque de poste de 25 KV, 50 KV y 75 kv, todas las lámparas cuentan con un sistema de encendido por fotocelda y estas se encuentran a una altura de instalación promedio de 7,5 metros de altura desde la base del poste.

En resumen los aspectos a resaltar que deberán mejorar con el nuevo modelo a implementar son:

- Cobertura en toda la ciudad.
- Uso Racional de Energía.
- Niveles de Iluminación adecuados a la norma.
- El uso de sistemas alternativos para el aprovechamiento energético. Iluminación de Zonas Turísticas.
- La iluminación como potencial para el Turismo.

3.9. Levantamiento de la infraestructura del alumbrado público de la Av. Olmedo.

En este cuadro se detalla la cantidad de componentes que encierran el sistema de alumbrado público de la avenida en mención.

TABLA 7.Inventario de partes del alumbrado público de la Av. Olmedo

ITEM	OBJETO	CANTIDAD	ESTADO
1	LAMPARAS DE VSHP	103	OPERTIVO
2	BRAZOS	103	OPERATIVO
3	FOTOCELDAS	103	OPERATIVO
4	POSTES	100	OPERATIVO
5	TRANSFORMADORES	18	OPERATIVO

3.9.1. Calculo de la demanda para alumbrado público

La sumatoria de la potencia de cada una de las luminarias nos dará la demanda instalada total para el circuito de alumbrado público de la av. Olmedo que sería aproximadamente 23750w, que comprende 83 lámparas de 250w y 20 lámparas de 150w.

3.9.2. Cálculo de la caída de voltaje

Este cálculo se realiza de forma independiente con cada circuito que tenga uno de los centros de transformación. Se efectúa un análisis para determinar el calibre del conductor específico que cumpla con los parámetros de la caída máxima admisible que corresponde a un 4% del total del voltaje demandado.

Se utilizan varios métodos pero el más común es el de la REA, que nos pide conocer la demanda de los usuarios que existen en cada sector o cuadra y calcular el consumo promedio por cada usuario perteneciente al área de estudio. Este se obtiene sumando el consumo total sin mezclar las tarifas y dividiéndolo para el número de usuarios totales de usuarios.

3.9.3. Alimentadores para el alumbrado público

Este se determina en función a la demanda total de luminarias instaladas que anteriormente la calculamos y estaba cerca a los 25 kv, pero como son circuitos mezclados con clientes no es posible sacar un cálculo, ya que hay varios circuitos que comprenden la Av. Olmedo.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS Y RESULTADOS DEL ALUMBRADO

4.1. Delimitación de la muestra a tomar

Para nuestra muestra tomamos una sección de la av. Olmedo que comprende desde la calle Loja hasta la calle Imbabura en aproximadamente 200 metros de la misma.

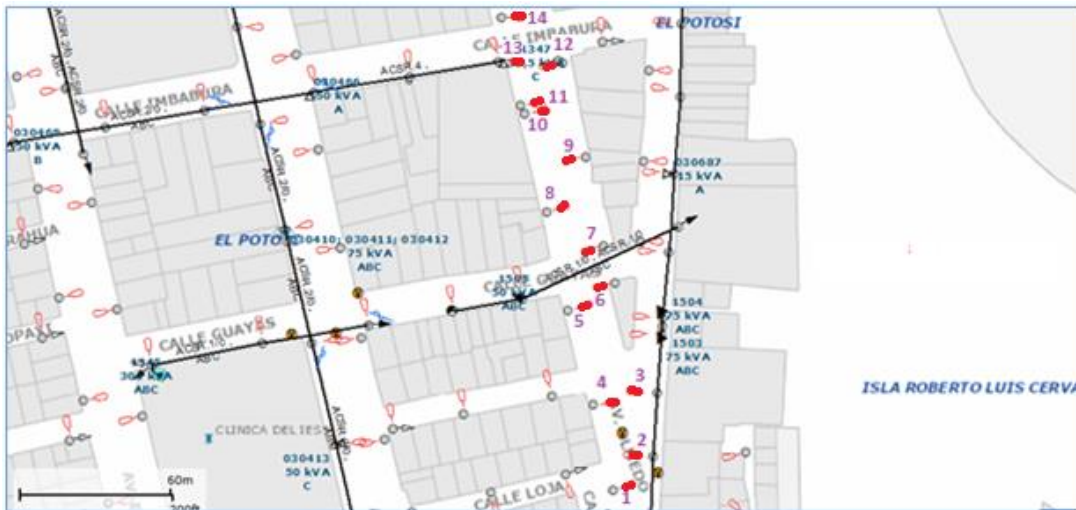


FIGURA 11. Tramo 1: Av. Olmedo desde calle Loja hasta calle Imbabura

4.2. Levantamiento de infraestructura de la muestra de estudio

TABLA 8. Características de la Av. Olmedo

DATOS DE INFRAESTRUCTURA	
Poste:	hormigón de 9 m
Tipo de distribución de las luminarias:	bilateral alterna
Ancho de la vía 1:	6m
Ancho de la vía 2:	6m
Andén central:	4 m
Interdistancia de los postes:	38 m
Altura de montaje de luminaria:	8 m
Tipo de brazo:	C
Voltaje:	208/240v
Corriente:	3A

Datos obtenidos por el método de los 9 puntos en la muestra de estudio

TABLA 9.Datos obtenidos con el luxómetro en campo.

TABLA DE DATOS OBTENIDOS EN LA AV.OLMEDO POR EL LUXOMETRO										
#LUMINARIA	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4	PUNTO 5	PUNTO 6	PUNTO 7	PUNTO 8	PUNTO 9	Lmpromedio
1	22	30	55	21	17	16	16	8	0	19,4375
2	27	34	63	24	15	13	14	11	4	20,75
3	23	26	53	23	16	14	18	4	0	18,25
4	30	46	27	29	20	17	26	15	8	24,0625
5	45	41	29	28	21	19	28	18	6	25,25
6	29	36	57	25	19	17	16	14	8	23,125
7	40	36	32	31	26	23	19	11	7	25,25
8	38	40	34	33	28	26	7	11	3	25,875
9	21	25	59	19	15	13	5	9	2	17,4375
10	33	42	24	28	23	19	25	12	6	23,875
LUMINANCIA PROMEDIO TOTAL										22,33125

4.3. Desarrollo del cálculo de tabla de datos de la muestra de estudio

Para poder obtener la iluminancia promedio toco llevar un luxómetro y ubicarlo en nueve puntos distintos que comprenden el área que ilumina la luminaria según el método europeo de los nueve puntos como lo describo.

– Fórmula para calcular la luminancia (2)

$$E_{prom} = \frac{1}{16} [(E_1 + E_3 + E_7 + E_9) + 2(E_2 + E_4 + E_6 + E_8) + 4(E_5)]$$

Siendo E1, E2.....E9 las iluminancias en los puntos P1, P2.....P9 respectivamente.

Entonces para realizar la prueba de campo tomamos la interdistancia entre postes y la dividimos a la mitad al igual que el ancho de la vía y en donde se cruzaban se colocó una marca y se procedió a colocar el luxómetro en los 9 puntos que se encontraban aproximadamente a 9.5 m una marca de otra en dirección longitudinal y 4 metros de forma transversal como en el siguiente gráfico.

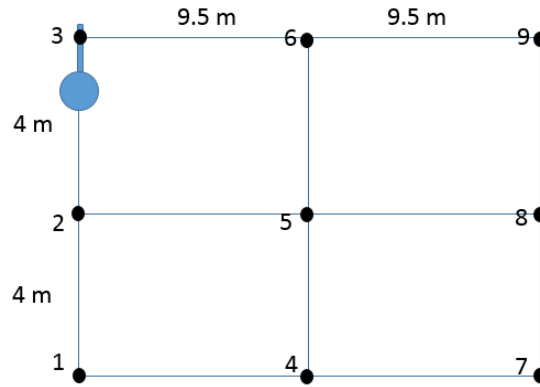


Figura 12.Division de la Av. Olmedo en 9 puntos.

– Cálculos de la fórmula de los nueve puntos para cada poste de alumbrado público de la muestra.

$$E_{prom1} = \frac{1}{16} [(22 + 55 + 16 + 0) + 2(30 + 21 + 16 + 8) + 4(17)] = 19,4375$$

$$E_{prom2} = \frac{1}{16} [(27 + 63 + 14 + 4) + 2(34 + 24 + 13 + 11) + 4(15)] = 20,75$$

$$E_{prom3} = \frac{1}{16} [(23 + 53 + 18 + 0) + 2(26 + 23 + 14 + 4) + 4(16)] = 18,25$$

$$E_{prom4} = \frac{1}{16} [(30 + 27 + 26 + 8) + 2(46 + 29 + 17 + 15) + 4(20)] = 24,0625$$

$$E_{prom5} = \frac{1}{16} [(45 + 29 + 28 + 6) + 2(41 + 28 + 19 + 18) + 4(21)] = 25,25$$

$$E_{prom6} = \frac{1}{16} [(29 + 57 + 16 + 8) + 2(36 + 25 + 17 + 14) + 4(19)] = 23,125$$

$$E_{prom7} = \frac{1}{16} [(40 + 32 + 19 + 7) + 2(36 + 31 + 23 + 11) + 4(26)] = 25,25$$

$$E_{prom8} = \frac{1}{16} [(38 + 34 + 7 + 3) + 2(40 + 33 + 26 + 11) + 4(28)] = 25,875$$

$$E_{prom9} = \frac{1}{16} [(21 + 59 + 5 + 2) + 2(25 + 19 + 13 + 9) + 4(15)] = 17,4375$$

$$E_{prom10} = \frac{1}{16} [(33 + 24 + 25 + 6) + 2(42 + 28 + 19 + 12) + 4(23)] = 23,875$$

Los datos obtenidos por el luxómetro se consideran valores relativos, por este motivo debemos sacar los valores reales que están relacionados con los lúmenes que deben dar la luminaria según el fabricante y la altura a la que está colocada.

Cálculo de datos reales (4)

$$E_r = E_c * \frac{\theta_r}{\theta_c} * \left(\frac{h_c}{h_r}\right)^2 = E_c * \frac{\theta_r}{\theta_{r^2}} * \frac{1}{1000} = E_c * \frac{18000}{8^2} * \frac{1}{1000} = 0,28125 * E_c$$

Cálculo de uniformidad media (5)

$$U_m = \frac{E_{min}}{E_m} = \frac{12.375}{22.33} = 0.5541$$

Cálculo de uniformidad externa (6)

$$U_{externa} = \frac{E_{min}}{E_{max}} = \frac{12.375}{121.78} = 0.1016$$

Este promedio de luminancia total no cumple con los requisitos de la norma Europea **EN13201** que exige un mínimo de 30 lux para una adecuada iluminación de una vía con las características deseadas, ya que esta nos dio un valor aproximado de 22 lux y teniendo una Interdistancia entre poste y poste demasiado amplia de aproximadamente 38 metros como promedio.

Como observación podemos ver fácilmente que el tipo de distribución bilateral alterna no es la mejor opción de acuerdo a la norma ya que es una vía demasiado ancha con un andén central de 4 metros de ancho y la colocación de las luminarias está a 8 metros lo que no permite una adecuada expansión del flujo luminoso y los brazos de las luminarias no cumplen con el tipo **B** por el ángulo de inclinación que no es adecuado y tienen desviaciones del haz de luz.

Nota: Las fórmulas que utiliza la norma europea para alumbrado público UNE-EN-13201, son las siguientes:

$$\text{Luminancia} = \frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}}$$

Niveles de iluminancia:

$$(E) = L \frac{\pi}{\rho}$$

Dónde: L es el valor de la luminancia y ρ es el valor de la reflectancia de la superficie.

4.4. Propuesta

4.4.1. Descripción

Se propone utilizar la disposición de luminarias de central doble y aprovechar los postes viejos como postes de doble propósito tanto como apoyo de iluminación vehicular como peatonal, si es que hay la posibilidad de usarlos de esta manera o solo central doble y con un solo poste, dos luminarias alumbrando cada lado de la vía, el cableado sería nuevo, dejando esos postes hasta que se realice algún proyecto de regeneración urbana. [27].

4.4.2. Desarrollo de Estudio

Para este proceso se necesitó datos recogidos por el autor y del estudio de las normas vigentes en el país en el sector del alumbrado público, tanto la norma INEN y del ente regulador como es el CONELEC. [40]

4.4.3. Análisis de la situación del proyecto

Esta debe cumplir con ciertas características o condiciones fotométricas ya que estas deben ser definidas por áreas de tráfico de poca velocidad y peatones.

Para este tipo de clase no se aplica la definición de luminancia, ya que no solo incluye a los choferes vehiculares que miran recto, sino a también a los que miran alrededor, como peatones y ciclistas que también usan estas vías y donde es necesario para ellos una iluminancia vertical mínima y la iluminancia semicilíndrica mínima, para un reconocimiento facial óptimo, para lo cual la clase correcta que debe usarse de acuerdo a la norma americana **CIE-140** [25] y la europea **EN13201** [30].

Estos criterios de iluminación se deben respetar de acuerdo al entorno y el tráfico de la zona y la tipología de las vías a iluminar y las situaciones particulares de cada proyecto, teniendo en cuenta esto lo podemos ubicar en la Av. Olmedo que es una zona de velocidad muy limitada por la condición de intersecciones y porque considera tráfico motorizado, vehículos de movimiento lento, ciclistas y peatones.

4.4.4. Clases de iluminación según las características de las vías.

Determinaremos la clase de iluminación según las características de la vía y tomando como puntos importantes la velocidad de los vehículos y la cantidad de vehículos por hora y se la contrastara con la norma internacional **CIE-140**, en este caso fueron 400 vehículos por hora a una velocidad de 40 km/h este dato fue tomado a horas de más tráfico entre las 19:00h y 21:00h durante dos días obteniendo ese promedio.

En función a los datos obtenidos y datos de la tabla, determinamos que la clase de iluminación estaría en una clase M3 según la norma **CIE-140** [32] vigente en el Ecuador para cálculos de alumbrado público que nos indica un promedio vehicular entre 250 y 500 vehículos por hora, con velocidades que no superan los 60 km por hora.

La ciudad está impartiendo en proyectos con ciclo vía, por lo que el estudio contara con este análisis para vías de tráfico peatonal y ciclistas. Por tal motivo esta iluminación debe garantizar que ambos puedan distinguir el diseño del pavimento, textura, escalones, avisos, bordillos, etc.

Y para esto se debe revisar las clases de iluminación para vías de áreas peatonales que de acuerdo a la norma internacional **CIE-140** nos indica que P4 tiene una utilización nocturna baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes [25].

TABLA 10. Parámetros de la norma CIE-140 [25]

Descripción	Parámetros
Luminancia promedio mantenido	1.2 cd/m ²
Factor de uniformidad mínimo	0.4
Incrementó de Umbral TI % máximo inicial	10
Relación de alrededores S/R mínimo	0.5

Si usáramos la norma europea **EN-13201** y considerando como **M3 (ME2)** la clase de iluminación necesaria los valores mínimos serían estos:

TABLA 11. Parámetros de la norma EN-13201 [30]

Descripción	Parámetros
Luminancia promedio mantenido	1.5cd/m ²
Factor de uniformidad mínimo	0.4
Incrementó de Umbral TI % máximo inicial	15
Relación de alrededores S/R mínimo	0.3

Estos valores no se pueden calcular de forma fija, porque varía la altura del observador y la incidencia de la luz en el pavimento.

Pero si podemos determinar los valores de iluminancias en unidades de lux, de acuerdo a datos de campo recolectados y contrastar con norma europea **EN-13201** que detalla la incidencia de flujo luminoso sobre una superficie por unidad de área. [30]]

TABLA 12. Parámetros de la norma EN-13201 [30].

Descripción	Parámetros
Iluminancia promedio	20lux
Iluminancia máxima	48lux
Iluminancia promedio/ Iluminancia máxima	0,4

4.4.5. Determinación de la altura y disposición de las luminarias

Para determinar la altura adecuada de las luminarias, se usó norma técnica colombiana NTC 900. Indicando cual sería la mejor disposición de luminarias de acuerdo a la clase de iluminación, así como la altura adecuada y la distancia entre postes.

TABLA 13. Recomendación para la disposición de luminarias. [27]

Clase de Iluminación	Altura (m)	Relación Interdistancia/ Altura de Montaje	Criterio	Disposición
M1	10 - 12	2.5 - 3	Dos carriles de circulación	Unilateral
			Tres carriles de circulación	Bilateral alternada
			Cuatro carriles de circulación	Bilateral opuesta
M2	8.5 - 10	3 - 4	Dos carriles de circulación	Unilateral
			Tres carriles de circulación	Bilateral alternada
			Cuatro carriles de circulación	Bilateral opuesta
M3	8.5 - 10	3 - 4	Ancho de la calzada menor o igual a la altura de las luminarias	Unilateral
			Ancho de la calzada entre 1 y 1,5 veces la altura de las luminarias	Bilateral alternada
			Ancho de la calzada mayor a 1,5 veces la altura de las luminarias	Bilateral opuesta
M4	7 - 10	3 - 5	Unilateral	
M5	3 - 6	4 - 5	A criterio del diseñador	

Aquí nos indica que lo ideal sería que el poste este entre 8.5 metros y 10 metros de poste libre fuera del suelo y que la relación entre postes y altura del mismo no supere en 4, es decir que la distancia entre postes no supere los 40 metros ya que el poste tendría para nuestro estudio 10 metros lo que $40/10$ daría 4 en esta relación, y es para una vía que no tenga dos carriles de circulación activos, sino uno activo y otro de parqueos, y bilateral alternada.

En la actualidad se encuentra la Av. Olmedo con un tipo de forma bilateral alternada pero con separador lo cual no es lo adecuado o permitido, ya que este tipo de arreglo de luminarias debe ser para calles que máximo tengan un ancho de 12 metros, pero es una avenida de 16 metros de ancho total y se utiliza una disposición central doble sencilla que es la apropiada para vías con parterre central y vías de 8 metros.

CAPÍTULO V

5. RESULTADOS

5.1. Resultados en campo

Tomadas las mediciones de luxes en las dos cuerdas de la Avenida Olmedo de la ciudad de Esmeraldas, se obtuvo como resultado promedio 22,33 luxes de iluminancia en los 10 postes muestreados, cifra que se encuentra por debajo de la norma europea UNE-EN-13201 para iluminación, por lo que se evidencia el problema de la limitada iluminación en este sector céntrico de la localidad esmeraldeña.

5.1.1. Resultados obtenidos en el simulador por tramos de la situación actual:

Para este análisis tomamos tres segmentos o tramos para realizar las pruebas de campo y comparar el antes y el después.

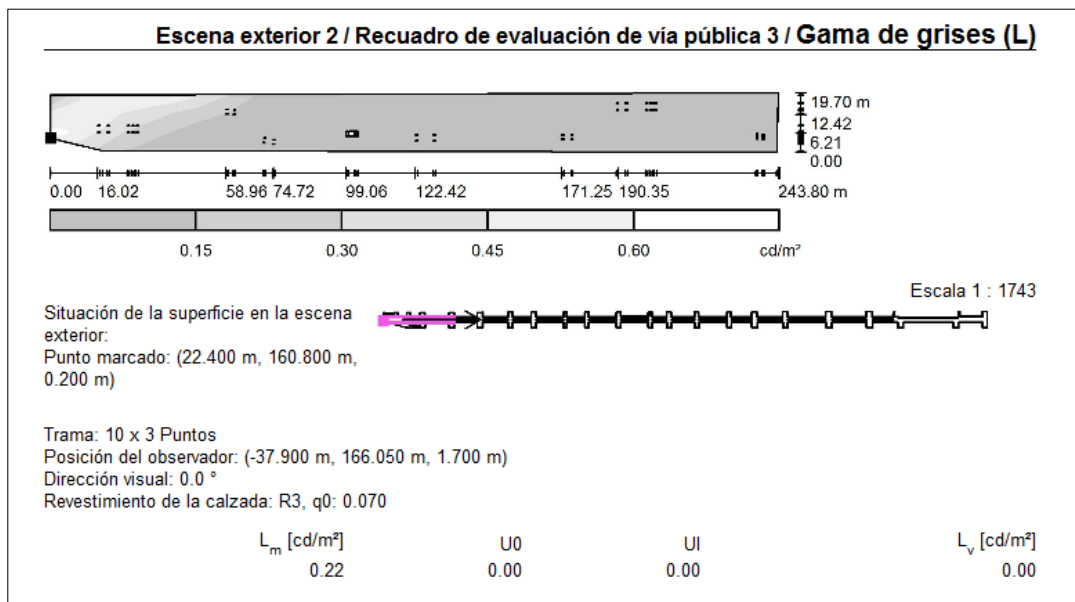


FIGURA 13. Tramo 1. Valores de luminancia.

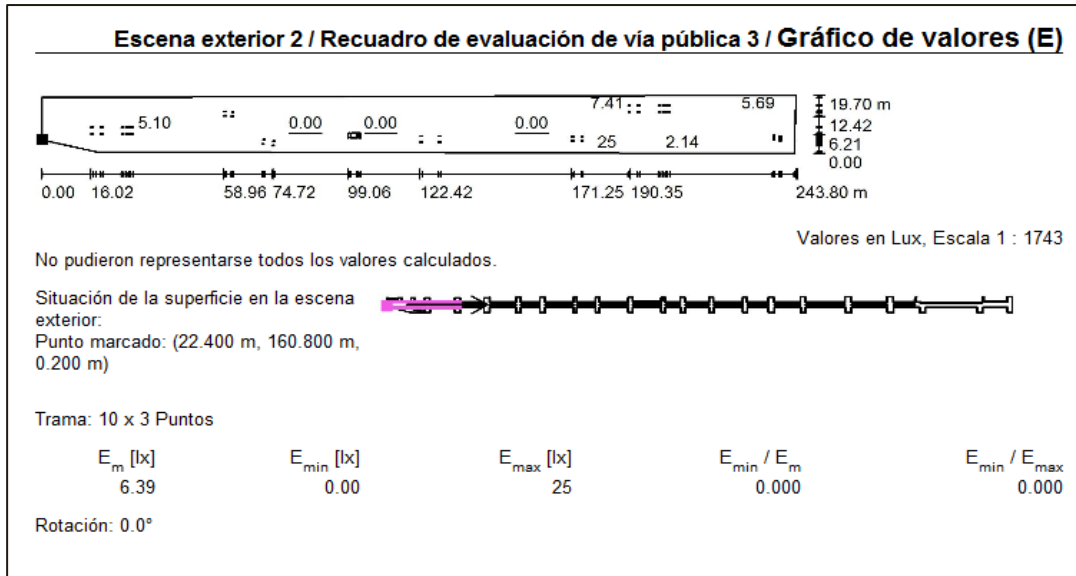


FIGURA 14. Tramo 1: Valores de iluminancia.

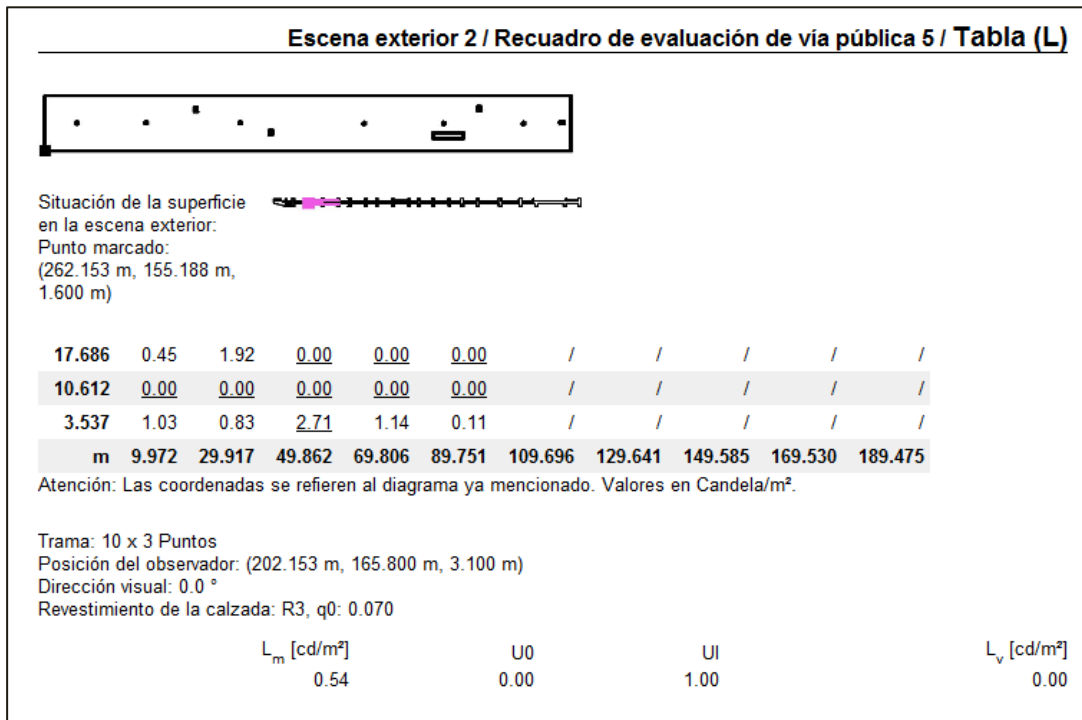


FIGURA 15. Tramo 2: Valores de luminancia.

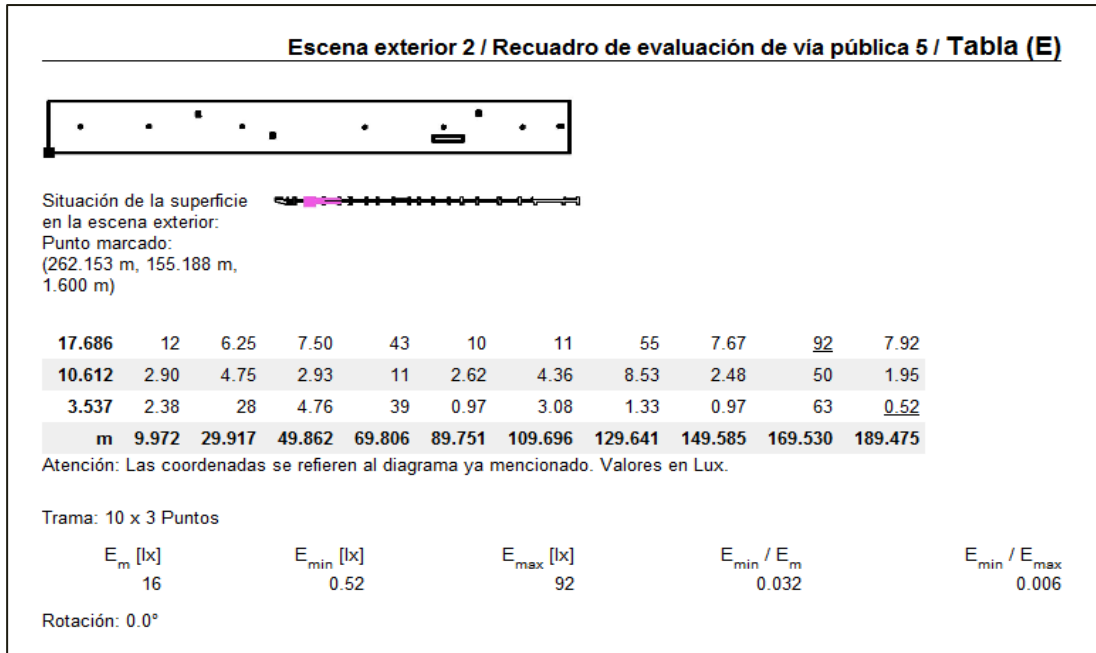


FIGURA 16. Tramo 2: Valores de iluminancia.

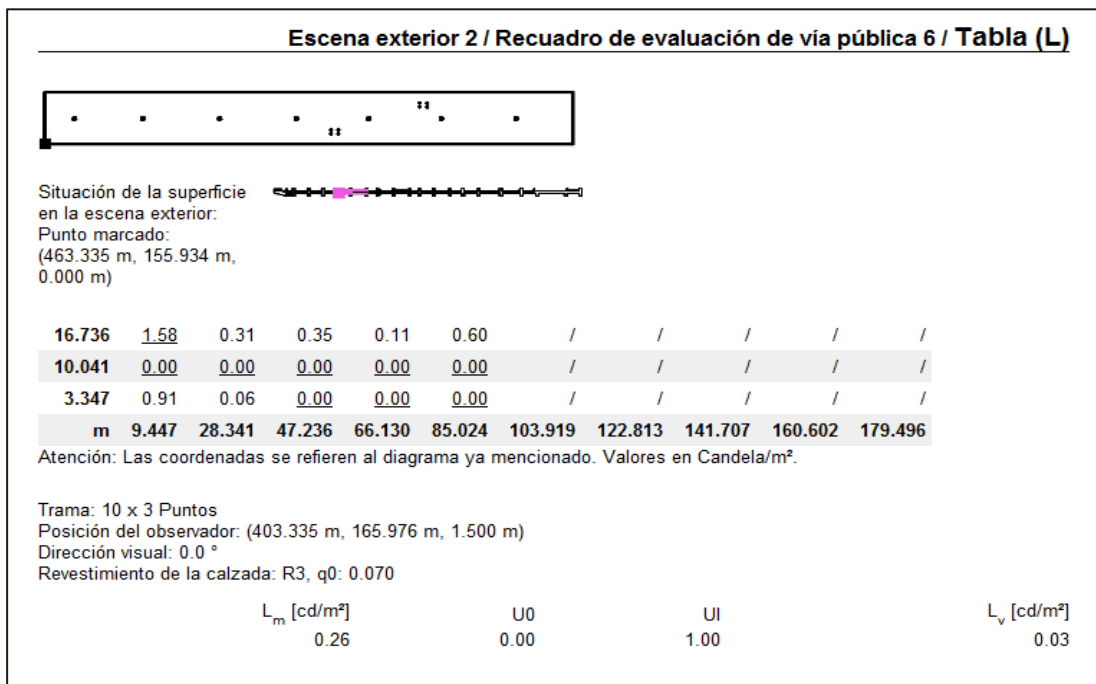


FIGURA 17. Tramo 3. Valores de luminancia.

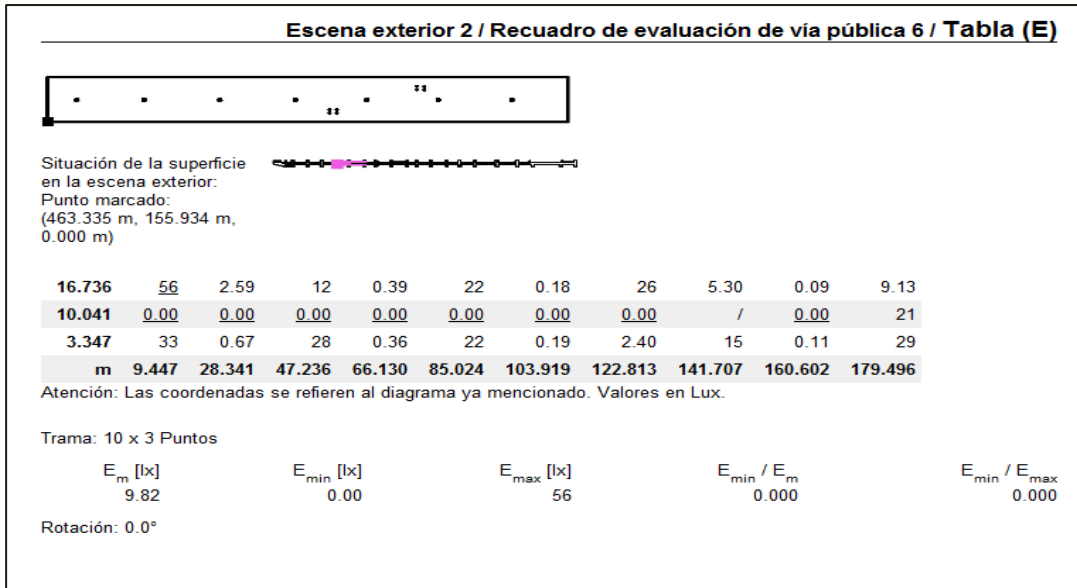


FIGURA 18. Tramo 3. Valores de iluminancia.

Resultado de valores obtenidos con nuestra propuesta.

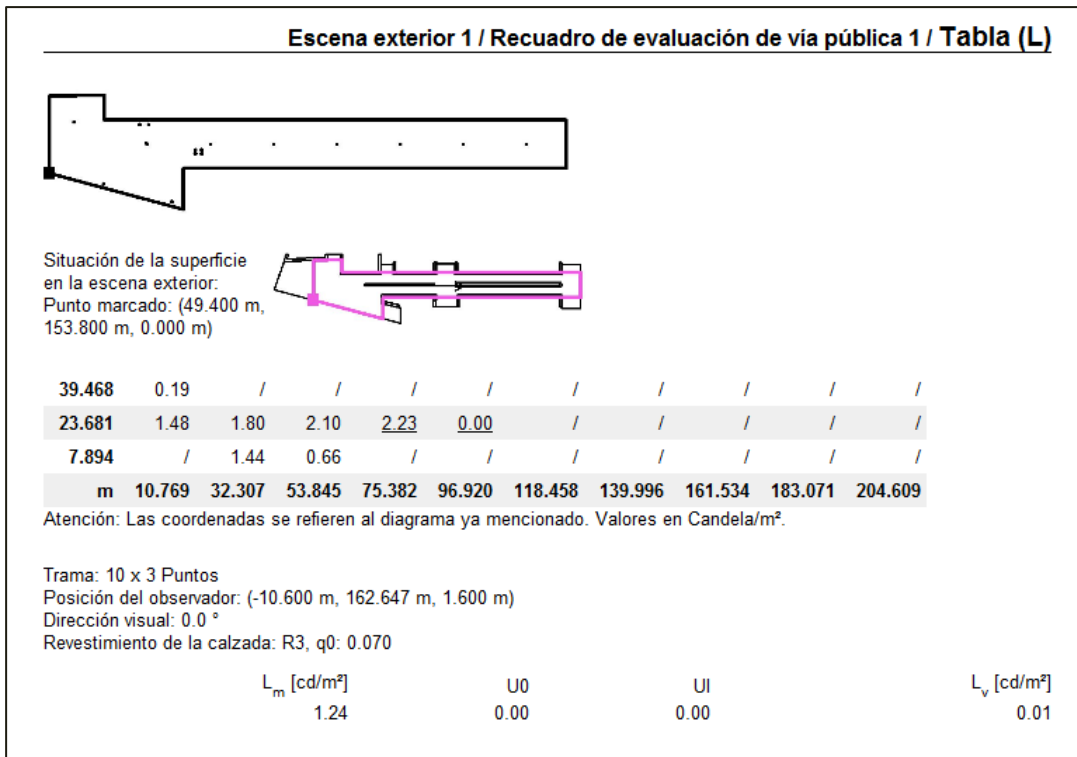


FIGURA 19. Tramo 1. Valores de luminancia

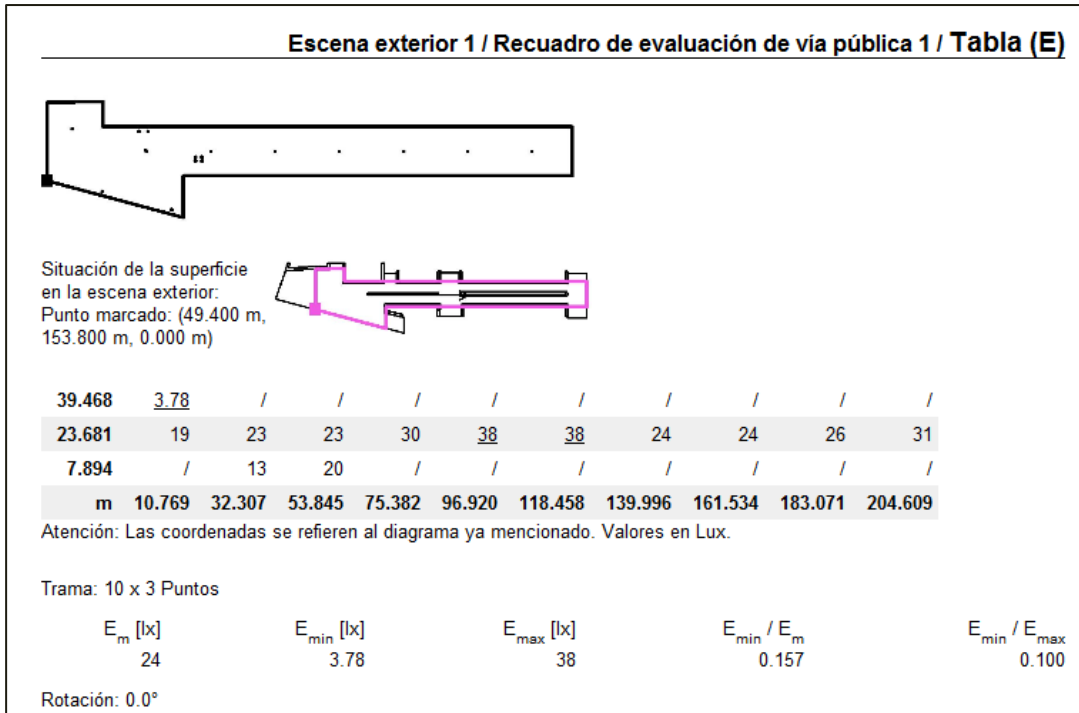


FIGURA 20. Tramo 1. Valores de luminancia

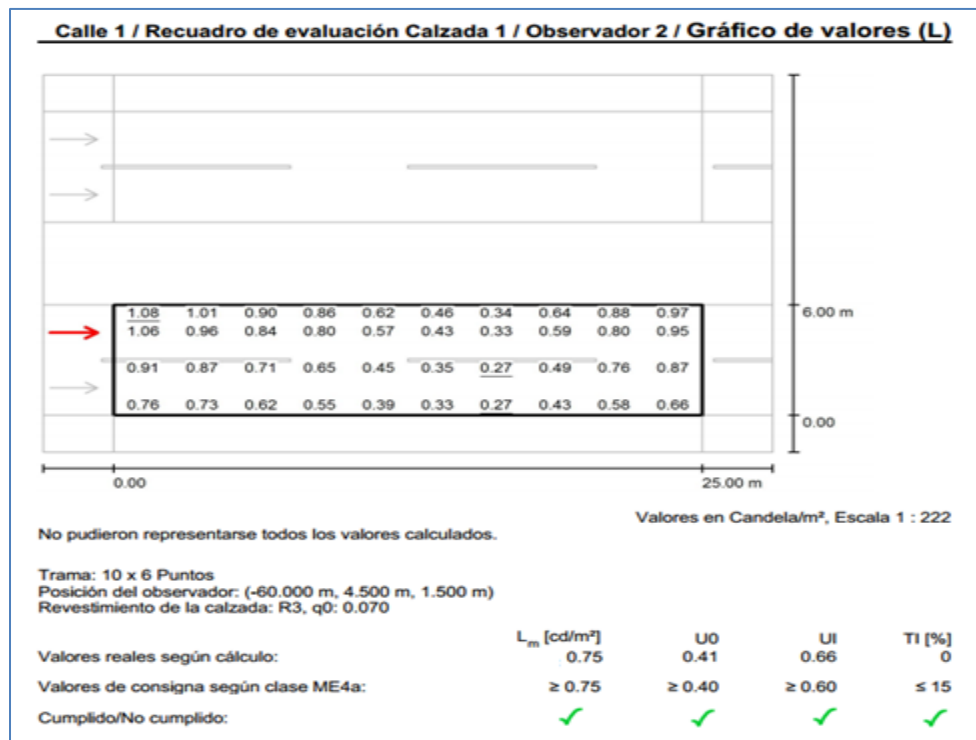


FIGURA 21. Gráfico de luminancias tramo 2

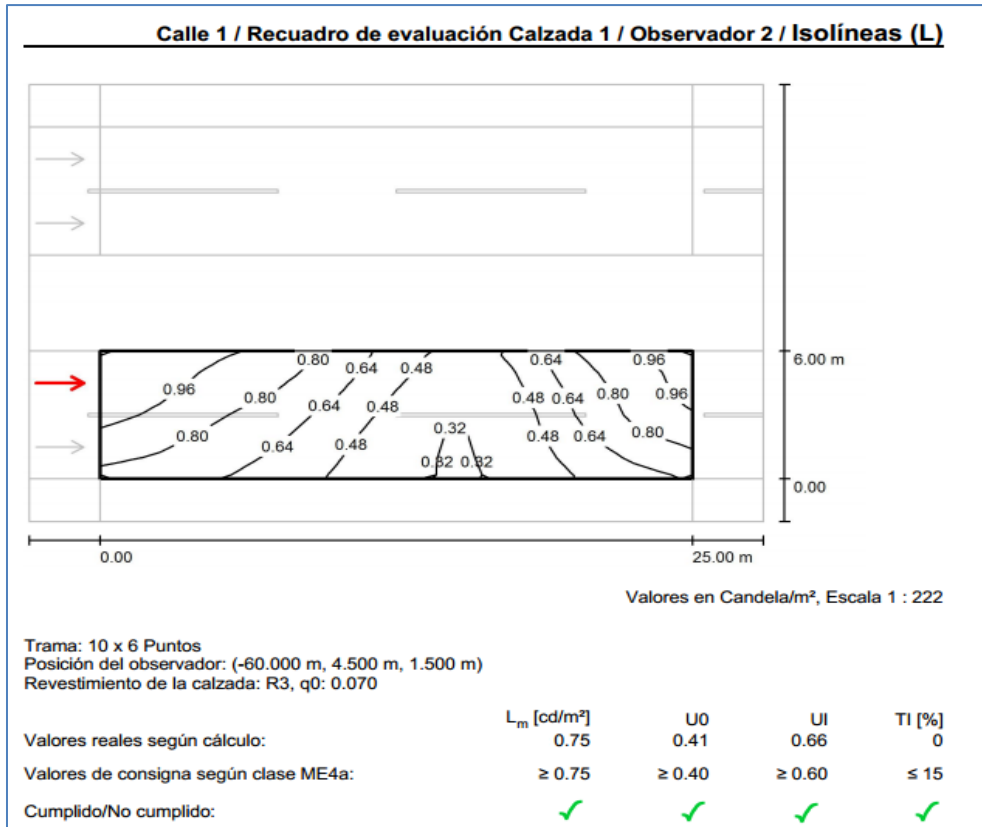


FIGURA 22. Isolimeas del tramo2

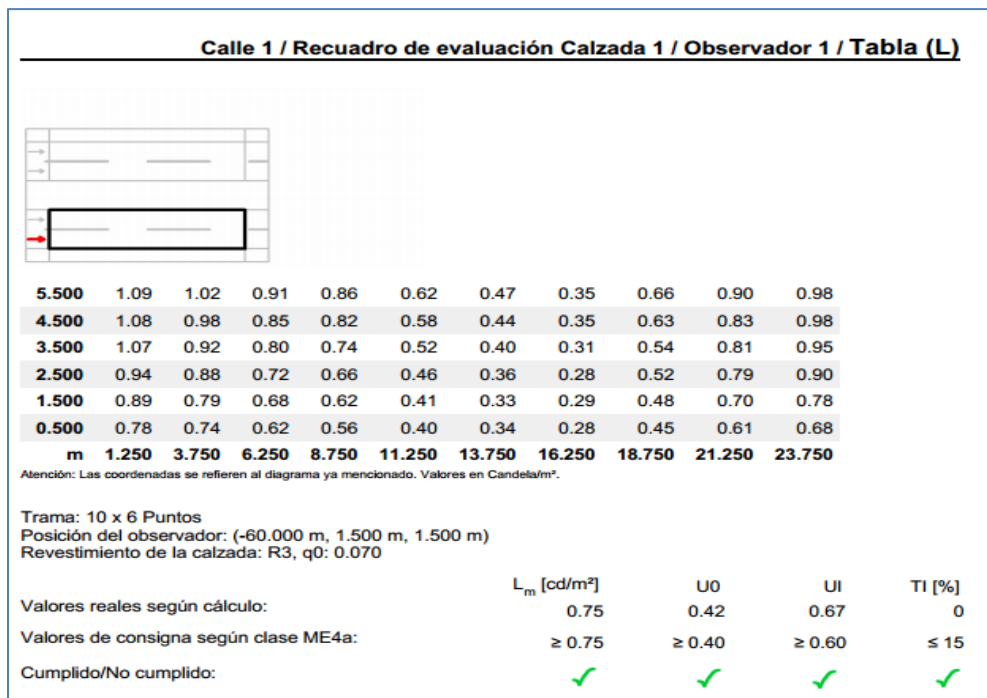


FIGURA 23. Tabla de luminancia tramo 2

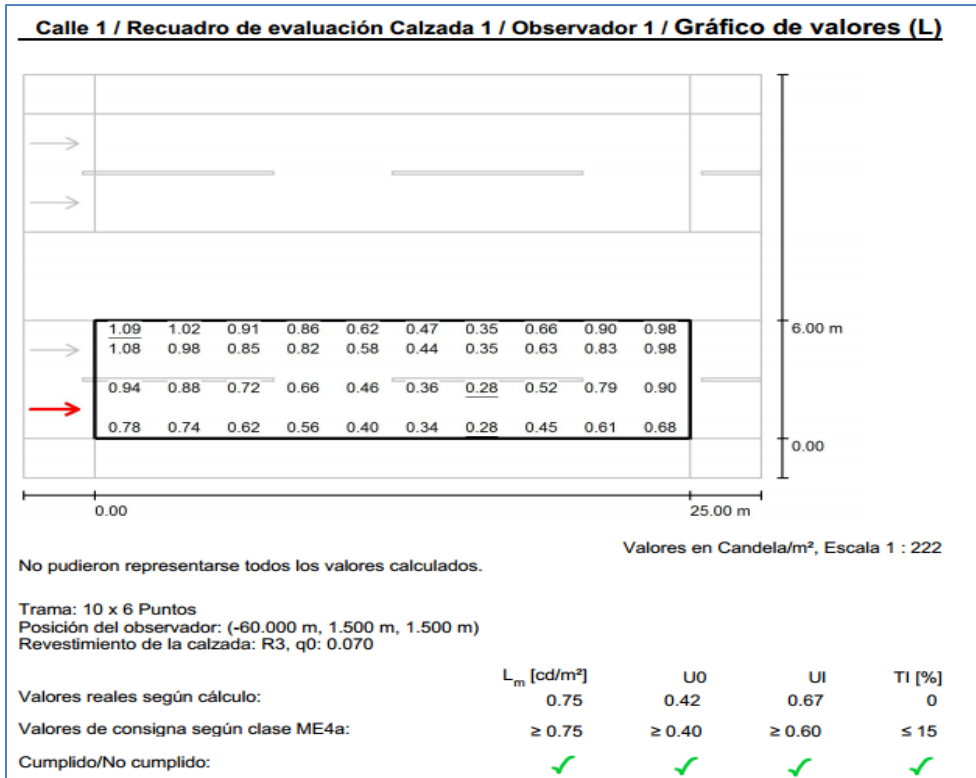


FIGURA 24. Valores de luminancia tramo 3

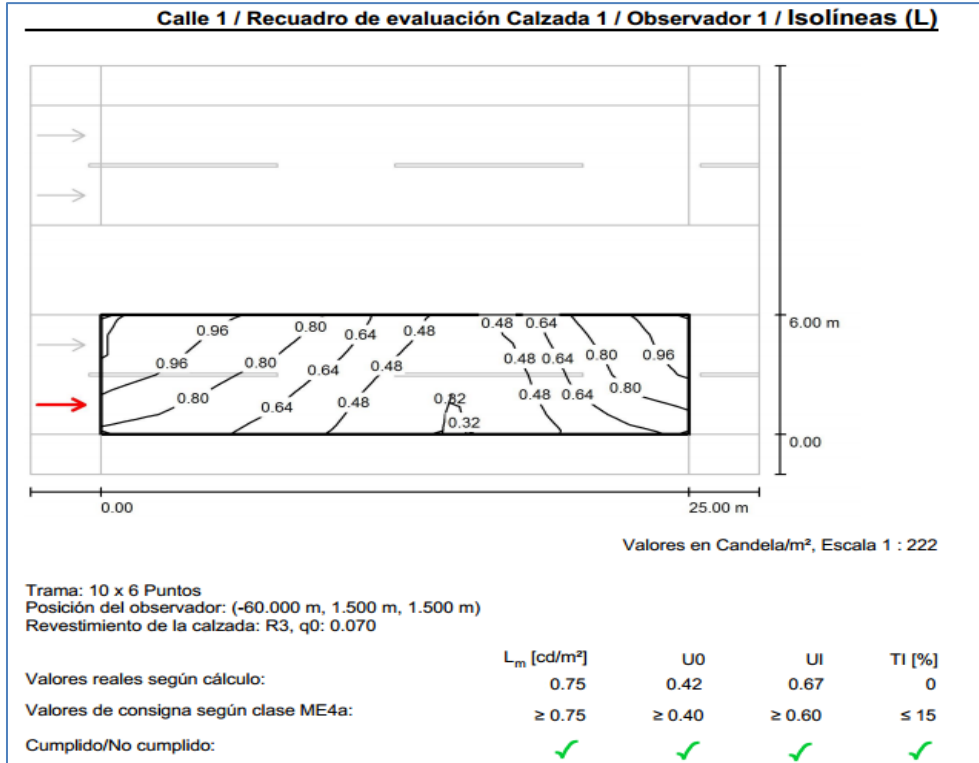


FIGURA 25. Isolíneas del tramo 3

Calle 1 / Resultados luminotécnicos					
Lista del recuadro de evaluación					
2 Recuadro de evaluación Camino peatonal 1 Longitud: 25.000 m, Anchura: 2.000 m Trama: 10 x 3 Puntos Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 1. Clase de iluminación seleccionada: CE5 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)					
Valores reales según cálculo:		E_m [lx]		U0	
Valores de consigna según clase:		13.88		0.46	
Cumplido/No cumplido:		≥ 7.50		≥ 0.40	
		✓		✓	
3 Recuadro de evaluación Camino peatonal 2 Longitud: 25.000 m, Anchura: 2.000 m Trama: 10 x 3 Puntos Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 2. Clase de iluminación seleccionada: CE5 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)					
Valores reales según cálculo:		E_m [lx]		U0	
Valores de consigna según clase:		13.88		0.46	
Cumplido/No cumplido:		≥ 7.50		≥ 0.40	
		✓		✓	
4 Recuadro de evaluación Calzada 2 Longitud: 25.000 m, Anchura: 6.000 m Trama: 10 x 6 Puntos Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 2. Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070 Clase de iluminación seleccionada: ME4a (No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)					
Valores reales según cálculo:	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores de consigna según clase:	0.75	0.46	0.67	1	0.96
Cumplido/No cumplido:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
	✓	✓	✓	✓	✓

FIGURA 26. Resultados luminotécnicos

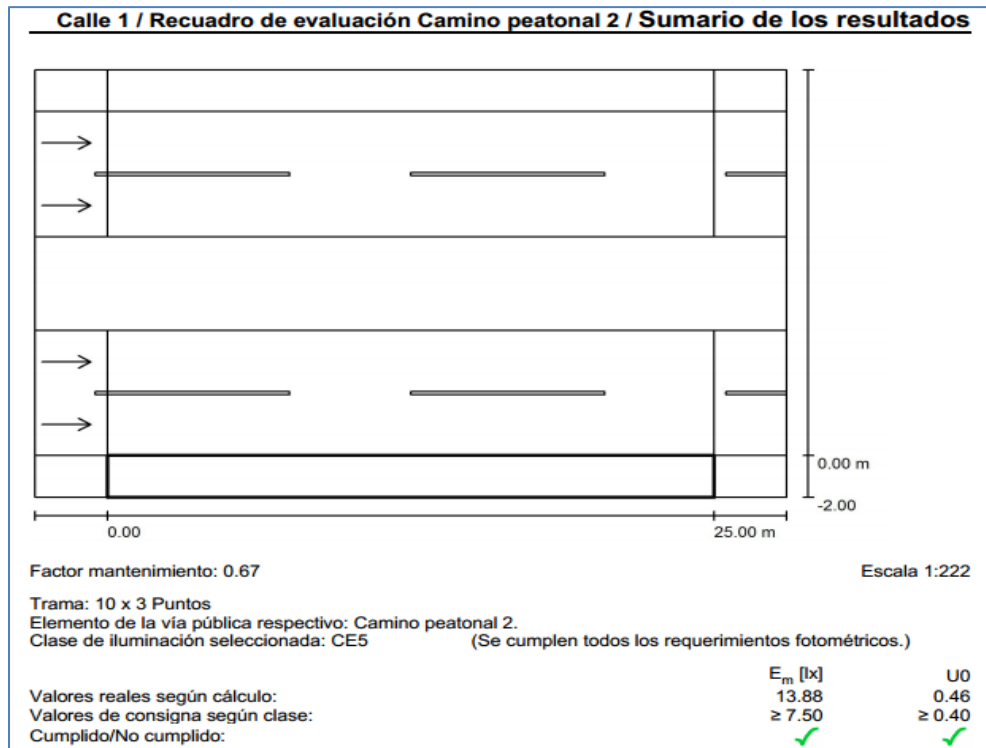


FIGURA 27. Resultados luminotécnicos del camino peatonal

5.1.2. Cuadro de resultados comparativo entre situación actual y propuesta

TABLA 14. Cuadro comparativo Situación actual y Propuesta

CUADRO COMPARATIVO							
Situación Actual				Situación Propuesta			
Tramo 1(Desde calle Loja hasta calle Imbabura)							
Lm[cd/m²]	0,22	Em	6,39	Lm[cd/m²]	1,24	Em	24
U0	0	Emin	0	U0	0,41	Emin	3,78
U1	0	Emax	25	U1	0,67	Emax	38
Lv[cd/m²]	0	Emin/Emax	0	Lv[cd/m²]	0,01	Emin/Emax	0,1
Tramo 2(Desde calle Imbabura hasta calle Delgadillo)							
Lm[cd/m²]	0,54	Em	16	Lm[cd/m²]	1,25	Em	10
U0	0	Emin	0,52	U0	0,42	Emin	3,66
U1	1	Emax	92	U1	0,67	Emax	37
Lv[cd/m²]	0	Emin/Emax	0,006	Lv[cd/m²]	0,02	Emin/Emax	0,1
Tramo 3(Desde calle Delgadillo hasta calle Quito)							
Lm[cd/m²]	0,26	Em	9,82	Lm[cd/m²]	1,26	Em	13,8
U0	0	Emin	0	U0	0,46	Emin	2,36
U1	1	Emax	56	U1	0,67	Emax	33
Lv[cd/m²]	0,03	Emin/Emax	0	Lv[cd/m²]	0,01	Emin/Emax	0,1

5.1.3. Costos de la propuesta.

Para determinar este costo se investigó características y luminarias que se encuentren dentro de nuestro país, por la facilidad en la adquisición, repuestos y mantenimiento de las mismas.

5.1.4. Modelo de selección

Con la finalidad de establecer un modelo competitivo para la creación del modelo operacional definitivo para la prestación del servicio de alumbrado público, se hace necesario establecer una línea base y un estado óptimo o ideal, que permita evaluar de forma objetiva propuestas o escenarios en un proceso competitivo de cualquier índole.

A continuación se presentan los datos de entrada para generar los modelos a evaluar dentro del proceso competitivo.



FIGURA 28. Reflector luminaria led / alumbrado público 6500/50=130LM/W. [19]

TABLA 15. Características de uso y eficiencia de los sistemas de iluminación. [4].

Característica	Vapor de Sodio Alta Presión	Aditivos Metálicos	Inducción Magnética	LED de alta potencia	LED radial
Vida útil (horas)	24,000	10,000 a 15,000	100,000	50,000 a 100,000	50,000 a 100,000
Eficacia (lm/W)	45 – 150	75 – 125	68 – 88	80 – 100	40 – 80
Mantenimiento de Lúmenes	Bueno	Pobre a regular	Regular	Bueno	Muy pobre
Índice de Rendimiento de Color	22	65	80	70 – 90	65 – 90
Temperatura de color (K)	1900 – 2200	2500 – 5000	3500 - 4100	2700 – 5700	2700 – 5700
Calor a disipar	37%	37%	42%	75% - 85%	---
Costo inicial	Bajo	Medio	Alto	Alto	Alto
Costo de operación	Bajo	Bajo a regular	Bajo	Bajo	Bajo
Encendido (min)	3 -5	5 -7	Instantáneo	Instantáneo	Instantáneo
Reencendido (min)	1	5 – 7	Instantáneo	Instantáneo	Instantáneo

Para la determinación de los costos de la propuesta, se tomó como referencia los datos de la situación actual y de la alternativa de solución planteada, considerando que actualmente hay 103 luminarias de vapor de sodio (17 de 150 watts y 86 de 250 watts), pero que la propuesta comprende solo 72 luminarias LED (12 de 150 watts y 60 de 250 watts), es decir, una reducción de la cantidad de luminarias.

Los costos de las luminarias de vapor de sodio se obtuvieron de la página de la empresa (OSRAM, 2016) donde se expone la siguiente información:

TABLA 16. Costos 2016 actuales del suministro eléctrico por iluminación con luminarias de vapor de sodio. [36]

Descripción	Cantidad	Kw por unidad	Kw totales	Horas anuales	Kw-hora	Costo unitario	Costo anual
Luminarias de vapor de sodio 150 Watts	17	0,15	3	4.380	11.169	\$ 0,0933	\$ 1.042,07
Luminarias de vapor de sodio 250 Watts	86	0,25	22	4.380	94.170	\$ 0,0933	\$ 8.786,06
Total	103		24		105.339		\$ 9.828,13

Se destaca que los costos del suministro eléctrico por iluminación con luminarias de vapor de sodio, suman la cantidad de \$ 9.828,13, cuya vida útil fue igual a (10.000 a 24.000 horas), es decir, un mínimo de 2 años, una eficiencia luminosa de 70 a 130 lm/w.

Los costos de las luminarias LED se obtuvieron de la página de la empresa (OSRAM, 2016) donde se expone la siguiente información:

TABLA 17. Costos actuales del suministro eléctrico por iluminación con luminarias led. [36]

Descripción	Cantidad	Kw por unidad	Kw totales	Horas anuales	Kw-hora	Costo unitario	Costo anual
Luminarias LED 150 Watts	12	0,15	2	4.380	7.884	\$ 0,0933	\$ 735,58
Luminarias LED 250 Watts	60	0,25	15	4.380	65.700	\$ 0,0933	\$ 6.129,81
Total	72		17		73.584		\$ 6.865,39

Se destaca que los costos del suministro eléctrico por iluminación con luminarias LED, suman la cantidad de \$ 6.865,39, cuya vida útil fue igual a (50.000 a 100.000 horas), es decir, un mínimo de 11 años, una eficiencia luminosa de 100 a 150 lm/w.

En la siguiente tabla se presenta la diferencia de los costos entre las luminarias LED y de vapor de sodio:

TABLA 18. Diferencias de las luminarias led y de vapor de sodio. [7]

Detalle	Vapor de sodio	LED	Diferencia
Costos	\$ 9.828,13	\$ 6.865,39	\$2.962,74
Vida útil	10.000 a 24.000 horas (2 años mínimo)	50.000 a 100.000 horas (11 años mínimo)	(40.000 a 76.000) (9 años)
Eficiencia luminosa	70 a 130 lm/w	100 a 150 lm/w	30 a 20 lm/w

Se observa una mayor vida útil de las luminarias LED y un menor costo de las mismas, debido a que la eficiencia luminosa es superior en las LED en comparación con las de vapor de sodio, significando ello que la vida útil de las luminarias de vapor de sodio es de 2 años en comparación con las LED de 11 años [37], lo que significa que al instalar las LED, el Estado se evitaría de instalar cada 2 años nuevas luminarias de sodio.

En la siguiente tabla se presenta el detalle de las luminarias LED, considerando también el cable subterráneo:

TABLA 19. Costo de la instalación de las luminarias led en reemplazo de aquellas de vapor de sodio. [16]

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Luminarias			
Luminarias LED 150 Watts	12	\$ 40,40	\$ 484,80
Luminarias LED 250 Watts	60	\$ 53,85	\$ 3.231,00
Subtotal	72		\$ 3.715,80
Cable subterráneo			
Cable subterráneo luminarias LED 150 Watts	108	\$ 0,98	\$ 105,84
Cable subterráneo luminarias LED 250 Watts	660	\$ 0,98	\$ 646,80
Subtotal	768		\$ 752,64
Postes			
Postes metálicos para alumbrado	72	\$ 112,00	\$ 8.064,00
Subtotal	72		\$ 8.064,00
Instalación (Mano de obra)	768	\$ 3,00	\$ 2.304,00
Total			\$ 14.836,44

El costo de la instalación de las luminarias LED es igual a \$ 14.836,44, posteriormente se costea la instalación de las luminarias de vapor de sodio, que representará un ahorro si se

implementan las de tipo LED, porque ya no se tendrán que realizar la puesta en marcha cada 2 años las luminarias de vapor de sodio, cuyos costos se detallan seguido:

TABLA 20. Costo de la instalación de las luminarias de vapor de sodio. [16]

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Luminarias de vapor de sodio 150 Watts	17	\$ 9,92	\$ 168,64
Luminarias de vapor de sodio 250 Watts	86	\$ 12,43	\$ 1.068,98
Total	103	Total (2 años)	\$ 1.237,62
		Años	5
		Total (11 años)	\$6.188,10

Los costos de la instalación de las luminarias de vapor de sodio cada dos años tienen un costo de \$1.237,62 en un transcurso de dos años, mientras que al undécimo año el ahorro será mayor (\$6.188,10).

Cabe destacar que el financiamiento de la propuesta corresponderá al Estado a través de la Corporación Nacional de Electricidad (CNEL) y de los organismos públicos que rigen y tienen la dirección de esta materia, mediante las partidas presupuestarias de los diferentes departamentos que forman parte de estas entidades estatales.

5.1.5. Evaluación económica de la propuesta.

Conocidos los costos de la propuesta, se realizó la evaluación económica para determinar la factibilidad de la alternativa de solución planteada que conciernen al reemplazo de las luminarias actuales de vapor de sodio por las de tipo LED, esto significa que a través del cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR), Valor Actual Neto (VAN) y Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI), se conocerá la viabilidad de este planteamiento.

Para el efecto, se realizó un balance de flujo de caja donde se establecen los ingresos y egresos de la propuesta, acotando que el ahorro total de la propuesta estará representado por los costos actuales anuales del suministro eléctrico (con las luminarias de vapor de sodio) que es igual a \$ 9.828,13 y el reemplazo de estas luminarias cada 2 años (\$1.237,62), debido a que si las

autoridades correspondientes deciden reemplazar las mismas por las de tipo LED, ya no se tendrá que cancelar dichos rubros, por el contrario se tendría que cancelar \$ 6.865,39 anuales por concepto de suministro eléctrico (gastos o costos de operación) y \$ 14.836,44 por concepto de la instalación de luminarias y cable subterráneo (inversión inicial en activos fijos), rubros que se analizan en el siguiente estado financiero.

Previo a la determinación de los indicadores Tasa Interna de Retorno (TIR), Valor Actual Neto (VAN) y Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI), se ha calculado la Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR), para el efecto, se ha tomado como referencia la siguiente fórmula tomada del libro de Emery [16]:

_ Fórmula para el cálculo de TIR (7)

- $TMAR = i + f + if$

Los literales que forman parte de la ecuación del TMAR son las siguientes: que es la tasa máxima interbancaria del 11% [38] denominada también con el nombre de premio por riesgo, mientras que f es la tasa de la inflación, que de la revisión bibliográfica se estimó en 3,38% según fuente del [23], con esta información se ha calculado el TMAR:

_ Fórmula de indicadores del TMAR (8)

- $TMAR = i + f + if$
- $TMAR = (11\%) + (3,38\%) + (11\%)(3,38\%)$
- $TMAR = 14,38\% + 0,37\%$
- $TMAR = 14,75\%$

La Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR) fue calculada en 14,75%, es decir, que esta representará la tasa de descuento con que será comparado el TIR.

La Tasa Interna de Retorno (TIR) obtenida con las funciones de Microsoft Excel, será calculada mediante el uso de la siguiente ecuación, [16]:

_ F6rmula de ecuaci6n para el c6lculo de TIR (9)

$$P = \frac{F}{(1 + i)^n}$$

Donde:

- P: inversi6n en activos fijos (**\$14.836,44**).
- F: flujos de caja.
- n: n6mero de periodos anuales.
- I: TIR.

Desarrollando la ecuaci6n, se ha elaborado la siguiente tabla:

TABLA 21. Tasa Interna De Retorno (TIR).

A6no (n)	P	F	Ecuaci6n	i	P
0	\$ 14.836,44				
1		\$ 2.962,74	$P = F (1+i)^n$	19,91%	\$ 2.470,86
2		\$ 2.962,74	$P = F (1+i)^n$	19,91%	\$ 2.060,64
3		\$ 4.200,36	$P = F (1+i)^n$	19,91%	\$ 2.436,40
4		\$ 2.962,74	$P = F (1+i)^n$	19,91%	\$ 1.433,21
5		\$ 4.200,36	$P = F (1+i)^n$	19,91%	\$ 1.694,56
6		\$ 2.962,74	$P = F (1+i)^n$	19,91%	\$ 996,82
7		\$ 4.200,36	$P = F (1+i)^n$	19,91%	\$ 1.178,59
8		\$ 2.962,74	$P = F (1+i)^n$	19,91%	\$ 693,30
9		\$ 4.200,36	$P = F (1+i)^n$	19,91%	\$ 819,73
10		\$ 2.962,74	$P = F (1+i)^n$	19,91%	\$ 482,21
11		\$ 4.200,36	$P = F (1+i)^n$	19,91%	\$ 570,14
Total				Total	\$ 14.836,44

Al reemplazar en la ecuación financiera la tasa TIR de 19,91%, se puede concebir la igualdad entre los valores de P, es decir: \$14.836,44, corroborando la tasa obtenida con las funciones financieras de Excel, por lo tanto, al superar el TIR (19,91%) al TMAR (14,75%), entonces se corrobora la viabilidad de la inversión.

El Valor Actual Neto (VAN) determina a su vez el efectivo generado el proyecto al término de su vida útil, lo cual se estima de la siguiente manera, empleando la misma ecuación financiera utilizada en el cálculo del TIR, [16]:

_ Fórmula para el cálculo de VAR (10)

$$P = \frac{F}{(1 + i)^n}$$

Donde:

- P = VAN.
- F = Flujos de caja.
- n = número de años.
- i = TMAR 14,75%.

Desarrollando la ecuación, se ha elaborado la siguiente tabla:

TABLA 22. Valor Actual Neto (VAN).

Año (n)	P	F	Ecuación	i	P
0	\$ 14.836,44				
1		\$ 2.962,74	$P = F (1+i)^n$	14,75%	\$ 2.581,87
2		\$ 2.962,74	$P = F (1+i)^n$	14,75%	\$ 2.249,96
3		\$ 4.200,36	$P = F (1+i)^n$	14,75%	\$ 2.779,77
4		\$ 2.962,74	$P = F (1+i)^n$	14,75%	\$ 1.708,66
5		\$ 4.200,36	$P = F (1+i)^n$	14,75%	\$ 2.111,00
6		\$ 2.962,74	$P = F (1+i)^n$	14,75%	\$ 1.297,59
7		\$ 4.200,36	$P = F (1+i)^n$	14,75%	\$ 1.603,14
8		\$ 2.962,74	$P = F (1+i)^n$	14,75%	\$ 985,41
9		\$ 4.200,36	$P = F (1+i)^n$	14,75%	\$ 1.217,45
10		\$ 2.962,74	$P = F (1+i)^n$	14,75%	\$ 748,34
11		\$ 4.200,36	$P = F (1+i)^n$	14,75%	\$ 924,55
Total				Total	\$ 18.207,74

El Valor Actual Neto (VAN) obtenido (\$18.207,74) es superior a la inversión en activos fijos (\$14.836,44), que se requiere para la puesta en marcha de la propuesta del reemplazo de las luminarias de vapor de sodio por las de tipo LED, viabilizándola lo que además se puede corroborar al determinar matemáticamente el Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI), que se detalla seguido [16]):

TABLA 23. Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI).

Año (n)	P	F	Ecuación	i	P	P
0	\$ 14.836,44					acumulado
1		\$ 2.962,74	$P = F (1+i)^n$	14,75%	\$ 2.581,87	\$ 2.581,87
2		\$ 2.962,74	$P = F (1+i)^n$	14,75%	\$ 2.249,96	\$ 4.831,83
3		\$ 4.200,36	$P = F (1+i)^n$	14,75%	\$ 2.779,77	\$ 7.611,59
4		\$ 2.962,74	$P = F (1+i)^n$	14,75%	\$ 1.708,66	\$ 9.320,25
5		\$ 4.200,36	$P = F (1+i)^n$	14,75%	\$ 2.111,00	\$ 11.431,26
6		\$ 2.962,74	$P = F (1+i)^n$	14,75%	\$ 1.297,59	\$ 12.728,85
7		\$ 4.200,36	$P = F (1+i)^n$	14,75%	\$ 1.603,14	\$ 14.331,98
8		\$ 2.962,74	$P = F (1+i)^n$	14,75%	\$ 985,41	\$ 15.317,39
9		\$ 4.200,36	$P = F (1+i)^n$	14,75%	\$ 1.217,45	\$ 16.534,84
10		\$ 2.962,74	$P = F (1+i)^n$	14,75%	\$ 748,34	\$ 17.283,18
11		\$ 4.200,36	$P = F (1+i)^n$	14,75%	\$ 924,55	\$ 18.207,74
Total				Total	\$ 18.207,74	

En el séptimo periodo anual de implementada la propuesta tendrá lugar la recuperación de la inversión de \$14.836,44, porque en este periodo anual la empresa habrá ahorrado \$14.331,98, es decir, habrá superado el capital invertido para la puesta en marcha de la alternativa planteada del reemplazo de las luminarias de vapor de sodio por las de tipo LED.

Se determinó el coeficiente beneficio costo para corroborar la viabilidad de la inversión inicial, a través de la siguiente operación [16]):

$$\text{Coeficiente Beneficio / Costo} = \frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}}$$

Donde:

- Beneficio de la propuesta = VAN = \$ 18.207,74
- Costo de la propuesta = Inversión inicial = \$ 14.836,44

Aplicando la ecuación matemática:

$$\text{Coeficiente Beneficio / Costo} = \frac{\$ 18.207,74}{\$ 14.836,44}$$

$$\text{Coeficiente Beneficio / Costo (C B/C)} = 1,23 \quad (11)$$

La estimación es que por cada dólar de capital que el Estado invierta en el reemplazo de las luminarias de vapor de sodio por las de tipo LED, recuperará \$1,23, por lo tanto, \$0,23 de beneficios adicionales.

5.1.6. Resumen de criterios económicos

Para el detalle del resumen de los criterios financieros se ha realizado la siguiente tabla de indicadores:

TABLA 24. Indicadores financieros. [24]

Detalle	Resultado obtenido	Condición		Conclusión	Decisión
TIR	19,91%	> TMAR	>14,75%	Verdadero	Factibilidad del proyecto
VAN	\$18.207,74	> inversión inicial	> \$14.836,44	Verdadero	Factibilidad del proyecto
PRI	7 años	< vida útil	< 11 años	Verdadero	Factibilidad del proyecto
C B/C	1,23	>1	>1	Verdadero	Factibilidad del proyecto

La factibilidad del proyecto, debido a que los beneficios son mayores a los costos que demanda la inversión, corroborando la hipótesis de que es factible el reemplazo de las luminarias de vapor de sodio por las de tipo LED, porque mejora la eficiencia económica, técnica y ambiental del sistema de alumbrado a lo largo de la Av. Olmedo de la ciudad de Esmeraldas.

CONCLUSIONES

El análisis de la situación del alumbrado público de la Av. Olmedo en la ciudad de Esmeraldas indicó los siguientes resultados; el sector dispone de 103 luminarias de vapor de sodio, 17 de 150 watts y 86 de 250 watts, las cuales significan un costo anual de \$9.828,13 por la generación de suministro eléctrico, además que tienen una vida útil mínima de dos años, porque la durabilidad estimada por los fabricantes es de 10.000 a 24.000 horas, como se encuentran encendidas 12 horas diarias (desde las 18h00 hasta las 06h00) todos los días del año, es decir, 4.380 a 5.000 horas promedio en un año, pueden durar 2 años, con una eficiencia luminosa de (70 a 130 lm/w).

Se logró demostrar que en el mismo sector solo se requerirían 72 luminarias LED, 12 de 150 watts y 60 de 250 watts, que solo requerirían un costo de \$6.865,39 anuales por concepto de suministro eléctrico, es decir, un ahorro de \$2.962,74 al ser comparada con el costo de la generación de energía eléctrica de aquellas de vapor de sodio, siendo la durabilidad de las tipo LED 50.000 a 100.000 horas, es decir, cinco veces mayor a las de vapor de sodio, por lo que la vida útil de las tipo LED puede ser de 11 años, o sea, 9 años más que las de vapor de sodio, por su mayor eficiencia luminosa (100 a 150 lm/w).

El costo de la inversión inicial del sistema propuesto para la implementación del alumbrado público de la av. Olmedo de la ciudad de Esmeraldas, será igual a \$ 14.836,44, ahorrando el Estado \$9.828,13 por concepto del costo de suministro eléctrico de las luminarias de vapor de sodio que serían retiradas, además de ahorrar \$1.237,62 cada dos años porque no se tendrá que instalar en ese tiempo las luminarias de vapor de sodio, sin embargo, se requerirá un costo de \$6.865,39 por concepto de costos de la energía eléctrica de la luminaria tipo LED que tienen vida útil de 11 años, estimándose una tasa TIR de 19,91%, un VAN de \$18.207,74, la recuperación de la inversión en 7 años y un coeficiente B/C de 1,23.

En consecuencia, se corrobora la hipótesis que es factible el reemplazo de las luminarias de vapor de sodio por las de tipo LED, porque mejora la eficiencia económica, técnica y ambiental del sistema de alumbrado a lo largo de la Av. Olmedo de la ciudad de Esmeraldas,

además que mejorará la calidad del servicio, según los criterios de eficiencia técnica, de rentabilidad y cuidado ambiental.

RECOMENDACIONES

La principal sugerencia para el Estado y los organismos seccionales, es que revise la situación del alumbrado público de la Av. Olmedo en la ciudad de Esmeraldas, observando dentro de los estudios que realice, los aspectos económicos, ambientales, sociales, técnicos y tecnológicos, para beneficio de la ciudadanía en general.

Se recomienda al Estado el cambio de las luminarias de vapor de sodio por las de tipo LED, debido a que se generarían ahorros en el consumo de kilovatios – hora y en los costos que demanda el mantenimiento de las mismas en el sistema de alumbrado de la Av. Olmedo en la ciudad de Esmeraldas.

Es recomendable que el Estado y los organismos seccionales en la ciudad de Esmeraldas, trabajen de manera mancomunada para minimizar los costos del suministro eléctrico y mejorar la ecoeficiencia del sistema de alumbrado en esta localidad, no solo a lo largo de la Av. Olmedo, sino en todo el cantón y en los alrededores.

En consecuencia, se debe aplicar la propuesta del sistema de alumbrado público con luminaria tipo LED en la ciudad de Esmeraldas, según los criterios de eficiencia técnica, de rentabilidad y cuidado ambiental, para convertirse en un patrón que puede ser tomado como ejemplo en otros sectores del cantón y la provincia.

ANEXOS



ANEXOS 1. Luminarias de la Av. Olmedo de calle Loja hasta la calle Imbabura.



ANEXOS 2. Av. Olmedo y calle Delgadillo.



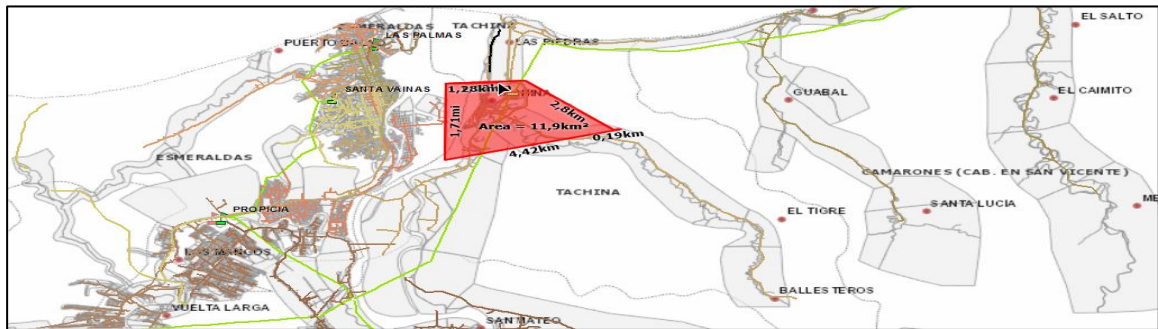
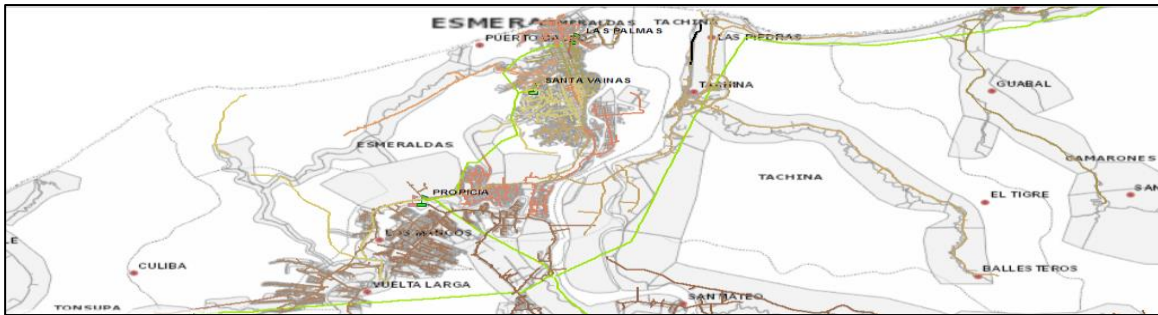
ANEXOS 3. Av. Olmedo desde Calle Salinas hasta calle Manuela Cañizares




ANEXOS 4. Av. Olmedo desde 9 de octubre hasta calle Rocafuerte



ANEXOS 5. Mediciones de luxómetro.



ANEXOS 6. Condiciones de cobertura de la red eléctrica.



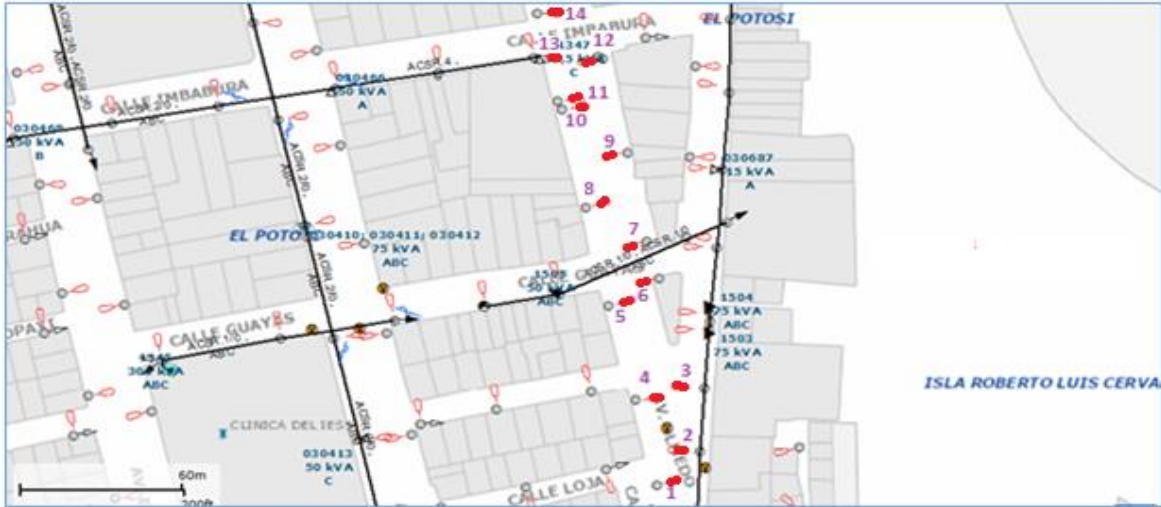

AMPLIACIÓN DE CRONOGRAMA

Reforzamiento del Sistema Nacional de Distribución

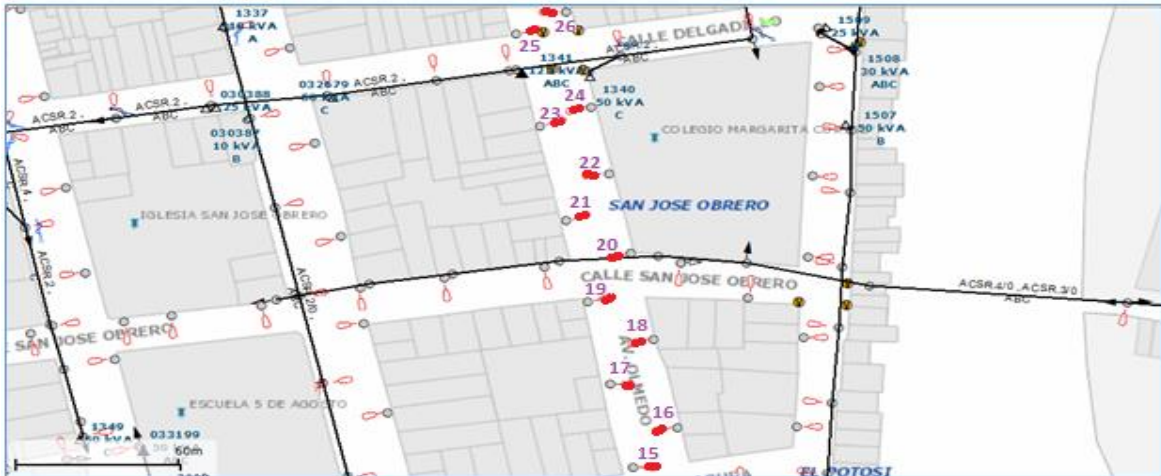
- Proyecto BID No EC-L1147 BID2-RSND-CNELESM-DI-OB-002 "Repotenciación de salidas subterráneas de los alimentadores primarios de las subestaciones de la Unidad de Negocio Esmeraldas"
- Proyecto BID No EC-L1147 BID2-RSND-CNELESM-DI-OB-003 "Construcción alimentador La Sexta"
- Proyecto BID No EC-L1147 BID2-RSND-CNELESM-DI-OB-004 "Construcción alimentador playa Atacames"
- Proyecto BID No EC-L1147 BID2-RSND-CNELESM-AU-OB-005 "Habilitación e integración del sistema de medición de subestaciones y alimentadores al Centro de Control"

Mayor información accede al siguiente link
<http://www.cnel.gob.ec/index.php/bid2.html>

ANEXOS 7. Boletín de ampliación de sistemas eléctricos en la provincia



ANEXOS 8. Tramo 1: Av. Olmedo desde calle Loja hasta calle Imbabura



ANEXOS 9. Tramo 2: Av. Olmedo desde calle Imbabura hasta calle Delgadillo



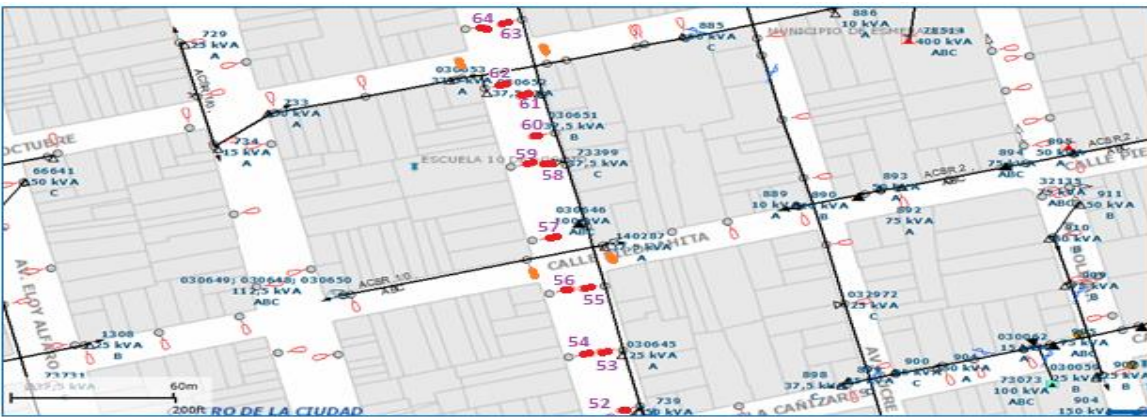
ANEXOS 10. Tramo 3: Av. Olmedo desde calle Delgadillo hasta calle Quito



ANEXOS 11. Tramo 4: Av. Olmedo desde calle Quito hasta calle Salinas



ANEXOS 12. Tramo 5: Av. Olmedo desde calle salinas hasta calle Manuela Cañizares



ANEXOS 13. Tramo 6. Av. Olmedo desde calle Manuela Cañizares hasta calle 9 de octubre



ANEXOS 14. Tramo 7. Av. Olmedo desde calle 9 de octubre hasta calle Rocafuerte.



ANEXOS 15. Tramo 8. Av. Olmedo desde calle Rocafuerte hasta calle Juan Montalvo.



ANEXOS 16. Tramo 9. Av. Olmedo desde calle Juan Montalvo hasta calle Pichincha



ANEXOS 17. Tramo 10. Av. Olmedo desde calle Pichincha hasta calle Lavalle.



ANEXOS 18. Tramo 11. Av. Olmedo desde calle Lavalle hasta calle Manuel Muriel

Detalle	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ahorro total		\$ 9.828,13	\$ 9.828,13	\$ 11.065,75	\$ 9.828,13	\$ 11.065,75	\$ 9.828,13	\$ 11.065,75	\$ 9.828,13	\$ 11.065,75	\$ 9.828,13	\$ 11.065,75
Ahorro por consumo Kw de luminarias de vapor de sodio		\$ 9.828,13	\$ 9.828,13	\$ 9.828,13	\$ 9.828,13	\$ 9.828,13	\$ 9.828,13	\$ 9.828,13	\$ 9.828,13	\$ 9.828,13	\$ 9.828,13	\$ 9.828,13
Ahorro por no instalación de luminarias de vapor de sodio (cada dos años)				\$ 1.237,62		\$ 1.237,62		\$ 1.237,62		\$ 1.237,62		\$ 1.237,62
Inversión en activos fijos	(\$ 14.836,44)											
Costos de operación		\$ 6.865,39	\$ 6.865,39	\$ 6.865,39	\$ 6.865,39	\$ 6.865,39	\$ 6.865,39	\$ 6.865,39	\$ 6.865,39	\$ 6.865,39	\$ 6.865,39	\$ 6.865,39
Egresos totales		\$ 6.865,39	\$ 6.865,39	\$ 6.865,39	\$ 6.865,39	\$ 6.865,39	\$ 6.865,39	\$ 6.865,39	\$ 6.865,39	\$ 6.865,39	\$ 6.865,39	\$ 6.865,39
Flujo de caja	(\$ 14.836,44)	\$ 2.962,74	\$ 2.962,74	\$ 4.200,36	\$ 2.962,74	\$ 4.200,36	\$ 2.962,74	\$ 4.200,36	\$ 2.962,74	\$ 4.200,36	\$ 2.962,74	\$ 4.200,36
TMAR	14,75%											
TIR	19,91%											
VAN	\$ 18.207,74											

ANEXOS 19. Balance económico de flujo de caja.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- [1] P. Aguirre y C. Barrios, ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA IMPLEMENTAR SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN LA MODERNIZACION DEL ALUMBRADO PUBLICO EN GALAPA-ATLÁNTICO, Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2016.
- [2] G. Flores y E. García, Factibilidad del sistema de alumbrado público empleando luminarias LED y alimentación solar fotovoltaica, Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana Ecuador. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/12213>, 2016.
- [3] M. Carral, La tecnología LED, Boston, Estados Unidos: I.E.S. Castro Alobre. http://www.edu.xunta.gal/centros/iesblancoamorculledo/aulavirtual2/file.php/122/documentos/07/Trabajo_de_investigacion_sobre_la_Tecnologia_LED_Moises_Carral_Ortiz.pdf, 2014.
- [4] D. Figueroa, Ventajas y desventajas de los LEDs, futuro de la iluminación, Barcelona, España: Gascon Editorial. <http://www.gascon.es/blog/?p=247>, 2015.
- [5] Fundación Energia para la comunidad de Madrid, Guia sobre tecnología LED en el alumbrado, Madrid, España: <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-sobre-tecnologia-LED-en-el-alumbrado-fenercom-2015.pdf>, 2015.
- [6] T. Calle, Proyecto realizado por las áreas de Mantenimiento e Higiene, Seguridad y Medio Ambiente, España: Trillas. <https://es.scribd.com/document/341841787/PROYECTO-ILUMINACION-LED-pdf>, 2014.
- [7] C. Herranz, J. Ollé y F. Jáuregui, La iluminación con LED y el problema de la contaminación lumínica, España: <https://www.celfosc.org/biblio/general/herranz-olle-jauregui2011.pdf>, 2014.
- [8] B. Gimenez, N. Castilla, A. Martínez y R. Pastor, Luminoteca. Magnitudes Fotométricas básicas. Unidades de medida, Barcelona, España: Construcciones Arquitectónicas.

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12732/L%20U%20M%20I%20N%20O%20T%20E%20C%20N%20I%20A.pdf?sequence=1>, 2014.

- [9] R. Torres, Características de la Lámpara Halógena, http://www.endesaeduca.com/Endesa_educarecursos-interactivos/el-uso-de-la-electricidad/xxii.-sistemas-de-iluminacion .
- [10] ERCO, La luz digital es la cuarta dimensión de la arquitectura. Concebida globalmente, desarrollada en Alemania, Alemania: Ingeniería para la luz del futuro, 2014.
- [11] N. Alain, «Paisaje y la transición energética: Comparando el surgimiento de paisajes de energía eólica en Francia, Alemania y Portugal, Portugal: IEEE Xplore, , 2013.
- [12] Carta y Calero., Centrales de energías renovables., Madrid: Pearson, 2012.
- [13] C. d. E. Renovables., Energías renovables- energía eólica, Dirección Nacional de Promoción ; Subsecretaría de energía eléctrica: EE Energía eólica, 2012.
- [14] B. Díaz, Luz en la mitad del Mundo, Colombia: Photon, 2013.
- [15] <https://geoportal.cnelep.ec/cnel>.
- [16] D. & F. J. Emery, Fundamentos de Administración Financiera, México:: Editorial Pearson Educación Prentice Hall. Segunda Edición, 2013.
- [17] T. Chrometzka, La perspectiva de los gestores, Colombia: Energía inteligente, 2012.
- [18] S. Delgado, «frandelsan.blogspot.com,» 2 diciembre 2015. [En línea]. Available: <http://frandelsan.blogspot.com>.
- [19] Obralux, Luminotecnia, Caracas, Venezuela: 1st ed. , 2010.
- [20] G. Galarza, Implementación de energía solar y estudio de la energía eólica en puerto Roma, Universidad Politécnica Salesiana: Guayaquil, 2012.
- [21] J. Muñoz, Uso eficiente de energía eléctrica en iluminación pública - tecnología LED, Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja, 2013.
- [22] INEN, Sistema de Alumbrado público, Quito , Ecuador: <http://www.normalizacion.gob.ec>, 2008.

- [23] INEC, Tasa inflacionaria del Ecuador, Quito, Ecuador: INEC. <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/inflacion-diciembre-2016/>, 2016.
- [24] Barragan y Eras., Estado del arte y perspectivas de la energía solar fotovoltaica en el Ecuador, Cuenca, Ecuador: CIEELA (Colegio de ingenieros eléctricos y electrónicos del Azuay), nº 22, pp. 7-10, 2013., 2014.
- [25] T. Ronbin's, CIE, Estado Unidos: <http://www.51ballast.cn/tec/gf/8.pdf>, TEGYHNOCAL REPORT.
- [26] Ministerio de Industrias y Productividad, INEN, Quito, Ecuador: <http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/RTE-069-1R.pdf>, 2014.
- [27] http://www.cens.com.co/Portals/2/Documentos/Proceso_de_contratacion/Normatividad_interna/norma%20tecnica/CAPITULO%209%20ALUMBRADO%20P%20C%20ABLICO%20CENS-NORMA%20T%20C%20CNICA%20-%20CNS-NT-09.pdf
- [28] P. Atienza y D. Voñales, Organismos reguladores en Argentina, Bolivia, Brasil y Chile, Argentina: http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/alumno99/Regulatory%20bodies%20in%20Argentina,%20Bolivia,%20Brazil%20and%20Chile/index_b3.htm, 2014.
- [29] Socelec, Iluminar parques, Colombia : http://www.lucescei.com/uploads/tx_ztdownloads/Iluminar_parques_Soc_elec_01.pdf, 2013.
- [30] http://www.iac.es/adjuntos/otpc/NivelesUneEN13201_2009.pdf
- [31] M. d. E. y. E. renovable., Ministerio de electricidad y energia renovable presentó el primer atlas eólico del Ecuador, Ecuador: <http://www.energia.gob.ec/ministerio-de-electricidad-y-energia-renovable-presento-e>, 2014.
- [32] Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, Sector Eléctrico, Quito, Ecuador: <http://www.energia.gob.ec/>, 2016.
- [33] Ministerio de Electricidad y Energía renovable, Eficiencia energética en el sector público, Ecuador: 2014. [En línea]. Available: <http://www.energia.gob.ec/eficiencia-energetica-en-el-sector-publico/>, 2014.

- [34] NTC2230., Norma Técnica Colombia, Colombia: <https://www.coursehero.com/file/5894856/NTC2230/>, 2014.
- [35] N. 2134-1., Consideradores para la utilización en los circuitos de bombillas tubulares, Colombia: <https://www.libriadelau.com/ntc-21341-condensadores-para-utilizacion-en-los-circuitos-de-bombillas-tubulares-fluorescentes-y-otras-bombillas-de-descarga-requisitos-de-funcionamiento-icontec-null-ingenieria-de-la-energia/p>, 2012.
- [36] <https://www.cnelep.gob.ec/>
- [37] M. Gutiérrez, Eliminación LED, Colombia: <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/1142/ILUMINACION%20LED.%20AHORRO%2C%20EFICIENCIA%20E%20INNOVACION.%20C2%BFPROYECTO%20DE%20MEJORA%20DE%20LA%20ILUMINACION%20DE%20UN%20HOTEL%C2%BF.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, 2014.
- [38] Banco Central del Ecuador, Estadísticas anuarias., Quito, Ecuador: BCE. www.bce.gob.ec, 2015.
- [39] Instituto de Astrofísica de España, Resumen de recomendaciones para la iluminación de instalaciones exteriores o en recintos abiertos bajo la norma europea UNE-EN-13201., España.: Instituto de Astrofísica. , 2015.
- [40] Consejo Nacional de Electrificación (CONELEC), Resolución 008/11: Regulación de la "Prestación del Servicio de Alumbrado Público General", Ecuador: CONELEC, 2011.

