



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE  
POTENCIA**

**PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**

**EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE SISTEMAS DE ILUMINACIÓN  
INTELIGENTE DE ALUMBRADO PÚBLICO EN EL COSTO DE  
ENERGÍA ELÉCTRICA DEL CANTÓN LATACUNGA**

“Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico en  
Sistemas Eléctricos de Potencia”

**Autores:**

Juan Daniel Callatasig Chisaguano

Oscar Eduardo Oña Aimacaña

**Tutor:**

Ing. Carlos Iván Quinatoa Caiza M.Sc.

LATACUNGA-ECUADOR

2022



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Ingeniería  
Eléctrica

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo **JUAN DANIEL CALLATASIG CHISAGUANO, OSCAR EDUARDO OÑA AIMACAÑA** declaramos ser los autores del presente proyecto de investigación: **“EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE SISTEMAS DE ILUMINACIÓN INTELIGENTE DE ALUMBRADO PÚBLICO EN EL COSTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL CANTÓN LATACUNGA”**, siendo el **ING. CARLOS IVÁN QUINATO CAIZA** tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Juan Daniel Callatasig Chisaguano

C.I. 1805386297

Oscar Eduardo Oña Aimacaña

C.I. 0503447559

Ing. Carlos Iván Quinatoa Caiza

C.I. 0503287864

## Anexo 18. Aval del Tutor de Proyecto de titulación

### AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

**“Evaluación del impacto de sistemas de iluminación inteligente de alumbrado público en el costo de energía eléctrica del cantón Latacunga ”**, de **Juan Daniel Callatasig Chisaguano, Oscar Eduardo Oña Aimacaña** de la carrera de **Ingeniería eléctrica**, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de **Ciencias de la Ingeniería Eléctrica** de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, febrero, 2022



Ing. Quinatoa Caiza Carlos Iván

C.I. 0503287864



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Ingeniería  
Eléctrica

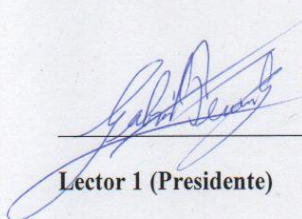
### APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**; por cuanto, los postulantes: **Juan Daniel Callatasig Chisaguano** y **Óscar Eduardo Oña Aimacaña** con el título de Proyecto de titulación: **“EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE SISTEMAS DE ILUMINACIÓN INTELIGENTE DE ALUMBRADO PÚBLICO EN EL COSTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL CANTÓN LATACUNGA”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Marzo 2022

Para constancia firman:

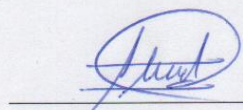


---

**Lector 1 (Presidente)**

**Nombre:** Ing. Gabriel Pesantez

**CC:** 0301893889

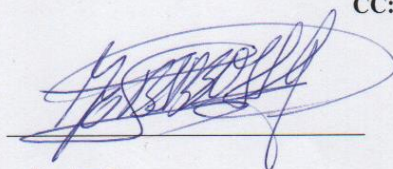


---

**Lector 2**

**Nombre:** Ing. Marco León

**CC:** 0502305402



---

**Lector 3**

**Nombre:** Ing. José Barbosa

**CC:** 0501420723

## **AGRADECIMIENTO**

Doy gracias a Dios por haberme dado la salud y vida, en primer lugar, quiero agradecer a mis padres Manuel Callatasig y Juana Chisaguano quienes fueron mis principales pilares y la fuerza para lograr esta meta propuesta gracias por su apoyo económico y moral en los momentos difíciles, a mi hermana Verónica Callatasig que siempre estuvo cuando había un tropiezo para darme ánimos y aliento para seguir gracias por brindarme su apoyo y consejos. También quiero agradecer a mi hija Daniela Callatasig por proporcionarme la fuerza para seguir adelante y a las personas cercanas que siempre aportaron con sus palabras de ánimo para continuar. Por último, agradecer a la Universidad Técnica de Cotopaxi por permitirme formarme en sus aulas y ser un profesional.

**JUAN CALLATASIG**

## **AGRADECIMIENTO**

Me gustaría agradecer a Dios y a la vida por haberme brindado la oportunidad de contar con el apoyo incondicional de mi familia, a mis padres Segundo Daniel Oña Aimacaña, María Yolanda Aimacaña Almachi, que con sus virtudes y defectos han contribuido para ser la persona que soy y por ser la fuente de inspiración y el motor fundamental para no detenerme en el camino. También me gustaría agradecer a mis hermanas y hermanos que siempre han estado pendientes de mi trayecto universitario y por haberme brindado ese apoyo incondicional cuando creí no poder continuar. Y principalmente agradezco a mi compañera de vida he hijo Gycela Maribel Ante y Esteban Eduardo Oña por ser la mayor motivación e inspiración en mi vida y su apoyo incondicional. Finalmente agradezco por el apoyo y amistad de los que en su momento fueron compañeros de aula.

**OSCAR OÑA**

## **DEDICATORIA**

Este proyecto de titulación se lo dedico a mi hija Daniela y a mi familia por ser quienes estuvieron siempre al pendiente de mi formación como una persona de bien y ahora como un profesional. Dedicado especialmente a mis padres que son el pilar fundamental en mi vida, quienes con su paciencia, amor, esfuerzo y trabajo inculcaron en mí el ejemplo de esfuerzo, dedicación y valentía con lo cual he logrado cumplir un sueño anhelado y ser un profesional.

**JUAN CALLATASIG**

## **DEDICATORIA**

Al creador y dador de la vida por brindarme de su aliento día a día y por permitirme llegar hasta esta etapa con su compañía.

Dedico este trabajo a mi familia que sin pedirlo han encontrado una inspiración de superación para sus vidas, solo recordarles que ningún humano es perfecto. También dedico este trabajo a mi compañera de vida que desde hace años atrás ha venido sumando valentía y coraje para cumplir las metas trazadas.

**OSCAR OÑA**

## INDICE DE CONTENIDO

1. INFORMACIÓN GENERAL .....	1
2. INTRODUCCIÓN .....	2
2.1. EL PROBLEMA .....	2
2.1.1. Situación problemática .....	2
2.1.2. Formulación del problema .....	3
2.2. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN .....	3
2.2.1. Objeto de estudio .....	3
2.2.2. Campo de acción .....	3
2.3. BENEFICIARIOS .....	3
2.3.1. BENEFICIARIOS DIRECTOS .....	3
2.3.2. BENEFICIARIOS INDIRECTOS .....	3
2.4. JUSTIFICACIÓN .....	4
2.5. HIPÓTESIS .....	4
2.6. OBJETIVOS .....	4
2.6.1. Objetivo general .....	4
2.6.2. Objetivos Específicos .....	4
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	7
3.1. ANTECEDENTES .....	7
3.2. MARCO CONCEPTUAL .....	8
3.2.1. Sistema de alumbrado publico .....	8
3.2.2. Alumbrado público intervenido. ....	8
3.2.3. Fuentes luminosas .....	8
3.2.4. Flujo luminoso .....	9
3.2.5. Intensidad luminosa .....	9
3.2.6. Iluminación .....	10
3.2.7. Luminancia .....	10
3.2.8. Eficiencia luminosa .....	10
3.2.9. Definición técnica de vías urbanas .....	10
3.2.9.1 Acera .....	10
3.2.9.2 Altura de montaje .....	11
3.2.9.3 Ancho de calzada .....	11
3.2.9.4 Espaciamiento .....	11
3.3.1. Factores de luminotecnia .....	11
3.3.1.1 Método de los lúmenes o de factor de utilización .....	11

3.3.1.2	Factor de mantenimiento .....	12
3.3.1.3	Curvas del factor de utilización .....	12
3.3.1.4	Deslumbramiento.....	12
3.3.1.5	Luminancia promedio de la calzada .....	13
3.3.1.6	Vías para tráfico motorizado .....	13
3.4.1.	Luminarias.....	13
3.4.1.1	Luminarias de vapor de mercurio de alta presión.....	13
3.4.1.2	Luminarias de vapor de sodio de alta presión .....	14
3.4.1.3	Luminaria LED.....	14
3.5.1.	Aplicación, funcionamiento de Iluminación LED .....	15
3.5.1.1	Luminarias LED de alumbrado público .....	16
3.5.1.2	Sistema de alumbrado público inteligente.....	16
3.5.1.3	Costos y análisis económico de sistemas LED para alumbrado público inteligente .....	17
3.5.1.4	Eficiencia en los sistemas de iluminación pública. ....	17
3.6.1.	Tarifación del alumbrado público. ....	18
3.7.1.	Determinación de la energía de alumbrado público.....	19
3.7.1.1	Sin medidor de energía.....	19
3.7.1.2	Factor de utilización de luminarias.....	19
3.7.1.3	Consumo de auxiliares luminaria. ....	20
3.8.1.	Tecnología de tele-gestión .....	20
3.8.1.1	Minos SCI Sistemas Controladores Inteligentes .....	20
3.8.1.2	El ahorro energético del sistema Minos <i>System</i> .....	20
3.8.1.3	Mantenimiento con el sistema Minos <i>System</i> .....	21
3.8.1.4	Seguridad y fiabilidad del Minos <i>System</i> .....	21
3.8.1.5	Características y arquitectura del sistema Minos .....	21
3.9.1.	Sistema de comunicación <i>Syra</i> .....	21
3.9.1.1	Especificaciones técnicas del SYRA .....	22
3.9.1.2	Dispositivo <i>Electronic Andros RT</i> .....	23
3.9.1.3	Andros CMS .....	23
3.9.1.4	Andros TR .....	24
3.9.1.5	Andros PLS.....	25
3.9.1.6	ANDROS RDE.....	25
3.9.1.7	Módem GSM .....	26
3.9.1.8.	Servidor “IOS” .....	27

3.9.1.9 Reducción de mantenimiento y eficiencia.....	27
3.10.1. Análisis económico .....	28
3.10.1.3 Inversión inicial .....	29
3.10.1.4 Ingresos.....	29
3.10.1.5 Costo beneficio .....	29
3.11.1. El estado del arte alumbrado público inteligente .....	29
4. MATERIALES Y MÉTODOS .....	31
4.1. MATERIALES E INSTRUMENTOS .....	31
4.1.1. Software ArcGIS .....	31
4.1.2. Datos de la empresa eléctrica. ....	32
4.2. METODOLOGÍA .....	32
4.2.1. Adquisición de datos. ....	32
4.2.1.1 Tabulaciones de datos.....	33
4.2.1.2 Clasificación según su potencia.....	33
4.3.1. Clases de alumbrados para diferentes vías públicas.....	34
4.3.1.1 Parámetros fotométricos para tráfico motorizado .....	34
4.3.1.2 Clasificación de calzada .....	35
4.3.1.3 Determinación de la iluminación para tráfico peatonal.....	35
4.3.1.4 Niveles de iluminación para tráfico peatonal .....	36
4.3.1.5 Vías en zonas de conflicto .....	36
4.3.1.6 Parámetros fotométricos para zonas en conflicto .....	37
4.4.1. Determinación de la energía de alumbrado público.....	37
4.4.1.1 Determinación de energía sin medidores de energía .....	37
4.5.1. Cálculo de inter distancias entre luminarias.....	38
4.5.1.1 Método de Deslumbramiento .....	39
4.6.1. Simulación del SAPG con tecnología LED .....	39
4.6.1.1 Luminancia promedio de la calzada .....	40
4.6.1.2 Uniformidad general de luminancia de la calzada.....	40
4.6.1.3 Uniformidad longitudinal sobre la calzada.....	40
4.6.1.4 Deslumbramiento.....	40
4.6.1.5 Altura mínima de instalación.....	40
4.7.1. Determinación de la demanda de diseño para alumbrado público general .....	42
4.7.1.1 Red de alumbrado público .....	42
4.8.1. Costo de operación y mantenimiento .....	43
4.9.1. Estado económico .....	43

4.9.1.1 Flujo de caja proyectada.....	43
4.9.1.2 Tasa mínima Aceptable de rendimiento –TMAR.....	44
4.9.1.3 Valor actual neto.....	44
4.10.1. Tasa de interna de retorno .....	45
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	45
5.1. ANALISIS TECNICO DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PUBLICO .....	45
5.1.1. Ubicación Del Proyecto .....	45
5.2.1. Evaluación de luminarias del sistema de alumbrado público actual .....	45
5.3.1. Información de alumbrado público de la parroquia San Felipe .....	46
5.3.1.1 Representación de las luminarias y las potencias en ArcGIS.....	46
5.4.1. Análisis lumínico de luminaria existente de la parroquia San Felipe .....	46
5.4.1.1 Parámetros fotométricos de las vías con tráfico .....	47
5.4.1.2 Especificaciones técnicas del sistema de alumbrado público actual .....	48
5.4.1.3 Parámetros fotométricos para zonas en conflicto .....	49
5.4.1.4 Zona de conflicto de la vía secundaria .....	52
5.4.1.5 Simulación de las zonas de conflicto en la parroquia San Felipe.....	53
5.4.1.6 Parámetros fotométricos para tráfico peatonal .....	55
5.5.1. Energía del sistema de alumbrado público de la parroquia San Felipe.....	55
5.5.1.1 Costo de la energía eléctrica del sistema de alumbrado público actual.....	55
5.6.1. Especificaciones técnicas de luminarias LED.....	56
5.7.1. Descripción de las simulaciones .....	56
5.7.1.1 Información de la simulación en DIALux evo para calzada .....	56
5.8.1. Análisis de la energía de alumbrado público LED marca aventó .....	57
5.8.1.1 Costo de la energía eléctrica del sistema de alumbrado público LED .....	58
5.9.1. Determinación de la demanda de diseño para alumbrado público general .....	58
5.9.1.1 Capacidad de transformadores.....	58
5.9.1.2 Caída de tensión de alumbrado público.....	59
5.9.1.3 Cálculo de caída de tensión de la Parroquia San Felipe .....	59
5.10.1. Presupuesto y análisis de impacto.....	64
5.10.1.1 Evaluación económica del remplazo de las luminarias de sodio por las luminarias LED.....	64
5.10.1.2 Plan de mantenimiento de luminarias.....	65
5.10.1.3 Costos de la luminaria .....	66
5.10.1.4 Costos de los componentes de luminarias de sodio y LED.....	67
5.10.1.5 Mano de obra .....	68

5.10.1.6	Tiempo promedio de mantenimiento de las luminarias de sodio y LED .....	68
5.11.1.	Costo del mantenimiento preventivo de las luminarias de sodio y LED .....	69
5.11.1.2	Costo anual de las luminarias LED y sodio.....	70
5.12.1.	Evaluación económica de la propuesta de cambio luminarias de sodio a LED ....	71
5.12.1.1	Cálculo del TMAR .....	72
5.12.1.2	Valor Actual Neto.....	72
5.12.1.3	Tasa interna de retorno. ....	73
5.13.1.	Sistema inteligente MINOS .....	73
5.13.1.1	Inversión del sistema inteligente MINOS .....	74
5.13.1.2	Inversión del sistema MINOS con luminarias LED .....	75
5.13.1.3	Resultados de la evaluación financiera.....	75
5.13.1.4	Valor Actual Neto.....	76
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	77
6.1.	CONCLUSIONES .....	77
6.2.	RECOMENDACIONES .....	78
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	78
8.	ANEXO.....	83

## INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Sistema de tareas .....	5
Tabla 3.1. Niveles de Iluminación.....	11
Tabla 3.2. Eficacia mínima para lámparas de mercurio de alta presión .....	14
Tabla 3.3. Eficacia mínima para las bombillas de sodio de alta presión.....	14
Tabla 3.4. Características de lámparas LED.....	15
Tabla 3.5. Ítems de eficiencia del sistema de alumbrado público .....	18
Tabla 3.6. La potencia máxima en auxiliares LED y sodio.....	20
Tabla 3.7. Especificaciones del Syra D .....	22
Tabla 3.8. Especificaciones del ANDROS CMS .....	24
Tabla 3.9. Especificación del ANDROS PLS .....	25
Tabla 3.10. Especificaciones de ANDROS RDE .....	26
Tabla 3.11. Especificaciones de Modem GSM. ....	27
Tabla 4.1. Datos tabulados potencia y coordenadas referenciales .....	33
Tabla 4.2. Clasificación de las luminarias existentes en la parroquia san Felipe .....	33
Tabla 4.3. Selección de la clase de alumbrado para diferentes tipos de vías publicas .....	34
Tabla 4.4. Luminancia de calzada para tráfico motorizado.....	34
Tabla 4.5. Características de las superficies de calzada .....	35
Tabla 4.6. Clases de iluminación para vías de peatones.....	35
Tabla 4.7. Requisitos mínimos de iluminación para tráfico peatonal. ....	36
Tabla 4.8. Parámetros para la selección de la clase de iluminación C .....	36
Tabla 4.9. Parámetros fotométricos para zonas de conflicto.....	37
Tabla 4.10. Potencias máximas en auxiliares de luminarias. ....	38
Tabla 4.11. Altura mínima de instalación.....	41
Tabla 4.12. Mantenimiento del sistema de iluminación actual .....	43
Tabla 4.13. Análisis de costo de inversión energía y ahorro .....	44
Tabla 5.1. Clasificación de las luminarias existentes en la parroquia san Felipe .....	46
Tabla 5.2. Selección de la clase de alumbrado para diferentes tipos de vías publicas .....	47
Tabla 5.3. Valores mínimos de iluminación promedio (lx) en vías motorizadas que se deben mantener .....	47
Tabla 5.4. Características de la superficie .....	47
Tabla 5.5. Luminancia de calzada para tráfico motorizado.....	48
Tabla 5.6. Resumen Especificaciones técnicas del sistema de alumbrado público actual .....	48
Tabla 5.7. Parámetros fotométricos para zonas de conflicto caso 1 .....	49
Tabla 5.8. Parámetros fotométricos para zonas de conflicto caso 2.....	50

Tabla 5.9. Parámetros fotométricos para zonas de conflicto caso 3.....	51
Tabla 5.10. Parámetros fotométricos para zonas de conflicto caso 4.....	51
Tabla 5.11. Parámetros fotométricos para zonas de conflicto caso 5.....	52
Tabla 5.12. Requisitos mínimos de iluminación para tráfico peatonal .....	55
Tabla 5.13. Determinación de la energía del alumbrado público existente.....	55
Tabla 5.14. Consumo de energía mensual del sistema de alumbrado público actual.....	55
Tabla 5.15. Datos técnicos de la luminaria LED.....	56
Tabla 5.16. Parámetros fotométricos.....	57
Tabla 5.17. Energía del alumbrado público con luminarias LED .....	57
Tabla 5.18. Energía consumida por el sistema alumbrado público con luminaria LED.....	58
Tabla 5.19. Comparación de consumo de energía sin el sistema inteligente Minos .....	58
Tabla 5.20. Especificaciones de los transformadores.....	59
Tabla 5.21. Dimensionamiento del transformador 1 .....	59
Tabla 5.22. Caída de tensión 1 .....	59
Tabla 5.23. Dimensionamiento del transformador 2 .....	60
Tabla 5.24. Caída de tensión 2 .....	60
Tabla 5.25. Dimensionamiento del transformador 3 .....	60
Tabla 5.26. Caída de tensión 3 .....	61
Tabla 5.27. Dimensionamiento del transformador 4 .....	61
Tabla 5.28. Caída de tensión 4 .....	61
Tabla 5.29. Dimensionamiento del transformador 5 .....	62
Tabla 5.30. Caída de tensión 5 .....	62
Tabla 5.31. Dimensionamiento del transformador 6 .....	62
Tabla 5.32. Caída de tensión 6 .....	63
Tabla 5.33. Dimensionamiento del transformador 7 .....	63
Tabla 5.34. Caída de tensión 7 .....	63
Tabla 5.35. Dimensionamiento del transformador 8 .....	64
Tabla 5.36. Caída de tensión 8 .....	64
Tabla 5.37. Programa de mantenimiento de luminarias de sodio.....	65
Tabla 5.38. Programa de mantenimiento en luminarias LED. ....	66
Tabla 5.39. Costo de las luminarias de sodio .....	66
Tabla 5.40. Costo de las luminarias LED .....	67
Tabla 5.41. Precios de los elementos a sustituir de las lámparas de sodio.....	67
Tabla 5.42. Precios de los elementos a sustituir en las luminarias LED .....	67
Tabla 5.43. Mano de obra y transporte proyectada para 12 años .....	68

Tabla 5.44. Tiempo promedio luminarias de sodio proyectado para 12 años .....	68
Tabla 5.45. Tiempo promedio luminarias LED proyectado para 12 años.....	69
Tabla 5.46. Costo del mantenimiento de la luminaria de sodio .....	70
Tabla 5.47. Costo del mantenimiento de la luminaria LED .....	70
Tabla 5.48. Síntesis económica para el remplazo de las luminarias de sodio por luminarias LED .....	71
Tabla 5.49. El Valor Actual Neto .....	72
Tabla 5.50. Tasa interna de retorno .....	73
Tabla 5.51. Horario de funcionamiento.....	73
Tabla.5.52. Costo de inversión .....	74
Tabla 5.53. Inversión y costo de energía .....	75
Tabla 5.54. Comparación del sistema inteligente con sodio .....	75
Tabla 5.55. Cálculo del Valor Actual Neto sistema MINOS .....	76
Tabla 5.56. Cálculo del Tasa Interna de Retorno sistema Minos .....	76
Tabla 5.57. Comparación de costo de inversión anual .....	77

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 3.1.</b> Flujo luminoso de una luminaria .....	9
<b>Figura 3.2.</b> Intensidad luminosa .....	9
<b>Figura 3.3.</b> Iluminación de un objeto.....	10
<b>Figura 3.4.</b> Luminancia.....	10
<b>Figura 3.5.</b> Calzada.....	11
<b>Figura 3.6.</b> Distancia entre luminarias.....	11
<b>Figura 3.7.</b> Curvas de factor de utilización.....	12
<b>Figura 3.8.</b> Principio de funcionamiento del LED .....	15
<b>Figura 3.9.</b> Marcas de luminarias de alumbrado público LED.....	16
<b>Figura 3.10.</b> Esquema de eficiencia en un sistema eléctrico. ....	18
<b>Figura 3.11.</b> Dispositivo Syra D .....	22
<b>Figura 3.12.</b> Dispositivo CM.....	23
<b>Figura 3.13.</b> Panel frontal .....	24
<b>Figura 3.14.</b> ANDROS PLS .....	25
<b>Figura 3.15.</b> ANDROS RDE .....	26
<b>Figura 3.16.</b> Modem GSM.....	27
<b>Figura 4.1.</b> Diagrama de flujo de la metodología.....	32
<b>Figura 4.2.</b> Curvas de factor de utilización.....	38
<b>Figura 4.3</b> Uniformidad con LED .....	40
<b>Figura 4.4.</b> Valores de iluminación fotométricas en el software DIALux .....	41
<b>Figura 4.5.</b> Simulación de vía tipo M3 Software DIALux. ....	41
<b>Figura 4.6.</b> Valor de mantenimiento iluminancia horizontal (lx).....	42
<b>Figura 5.1.</b> Simulación en 3D zona de Conflicto. ....	53
<b>Figura 5.2</b> Simulación en 3D zona de Conflicto 2 .....	53
<b>Figura 5.3.</b> Simulación en 3D zona de Conflicto 3. ....	54
<b>Figura 5.4</b> Simulación en 3D zona de Conflicto 4. ....	54

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**TITULO: “EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE SISTEMAS DE ILUMINACIÓN INTELIGENTE DE ALUMBRADO PÚBLICO EN EL COSTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL CANTÓN LATACUNGA”**

**Autores:** Juan Daniel Callatasig Chisaguano  
Oscar Eduardo Oña Aimacaña

**RESUMEN**

La presente propuesta de investigación se ha analizado el sistema de alumbrado público del Cantón Latacunga parroquia San Felipe, donde se evaluó el costo de la energía y los parámetros técnicos de las luminarias. El estudio tiene como objetivo la evaluación del costo de la energía mediante la comparación de la iluminación inteligente y el sistema de alumbrado público actual. Considerando que el sistema está constituido por luminarias de sodio y mercurio de alta presión, y observando los puntos bajos de iluminación en la zona, se estableció una iluminación óptima, inteligente y energéticamente eficiente. En la actualidad el sistema de alumbrado público de la parroquia San Felipe no dispone de la iluminación adecuada según la norma de regulación 006/20 vigente, determinando su ineficiencia en el estudio de luminotecnia. Se diseña una propuesta de cambio de luminarias, un sistema de control inteligente, y un plan de mantenimiento de luminarias de sodio y LED, para evaluar la factibilidad económica del cambio de las mismas, como también el análisis económico del sistema inteligente propuestos y poder tomar decisiones de inversión en el área de alumbrado público general.

*Palabras claves: luminarias, iluminación inteligente, sodio de alta presión.*

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES FACULTY**

**TITLE: “ASSESSMENT OF SMART LIGHTING SYSTEMS IMPACT FOR STREET LIGHTING ON ELECTRICAL ENERGY COST IN LATACUNGA CANTON”**

**Authors:** Juan Daniel Callatasig Chisaguano.  
Oscar Eduardo Ona Aimacaña.

**ABSTRACT**

The present research proposal has analyzed street lighting system of Latacunga Canton, San Felipe parish, where energy cost and technical parameters of luminaires were evaluated. The study aims to evaluate energy cost through smart lighting comparison and current street lighting system. Taking into account this system is constituted by high pressure sodium and mercury luminaires, and observing lighting low points in the area, an optimal, smart and energetically efficient lighting was established. In the present, the street lighting system of San Felipe parish does not have adequate illumination according to the standard regulation 006/20 in force, determining its inefficiency at lighting technology study. A luminaire changes study was proposed, a smart control system, and a maintenance plan for sodium and LED luminaires are designed to evaluate economic feasibility of changing luminaires, as well as economic analysis of the smart proposed system and in this way, take investment decisions in the area of general street lighting

Keywords: luminaires, smart lighting, high pressure sodium.



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

## *AVAL DE TRADUCCIÓN*

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen del proyecto de investigación al idioma Inglés cuyo título versa: **“EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE SISTEMAS DE ILUMINACIÓN INTELIGENTE DE ALUMBRADO PÚBLICO EN EL COSTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL CANTÓN LATACUNGA”**, presentado por **Juan Daniel Callatasig Chisaguano** y **Oscar Eduardo Oña Aimacaña**, estudiantes de la carrera de **Ingeniería Eléctrica** perteneciente a la facultad de **Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas** lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimare conveniente.

Latacunga, 25 de marzo del 2022.

Atentamente,



EDISON MARCELO  
PACHECO PRUNA

Lic. Edison Marcelo Pacheco Pruna Mg.  
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS  
C.C. 050261735-0



CENTRO  
DE IDIOMAS

XX

XX

# 1. INFORMACIÓN GENERAL

## **Título**

EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE SISTEMAS DE ILUMINACIÓN INTELIGENTE DE ALUMBRADO PÚBLICO EN EL COSTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL CANTÓN LATACUNGA.

## **Fecha de inicio:**

Octubre 2021

## **Fecha de Finalización:**

Marzo 2022

## **Lugar de ejecución**

Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, parroquia San Felipe

## **Facultad que auspicia**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA)

## **Carrera que auspicia:**

Ingeniería Eléctrica

## **Proyecto de investigación vinculado:**

Proyecto formativo

## **Equipo de Trabajo:**

**Tutor:** Carlos Iván Quinatoa Caiza

➤ Callatasig Chisaguano Juan Daniel

➤ Oña Aimacaña Oscar Eduardo

## **Área de Conocimiento:**

07 ingeniería, Industria y Construcción / 071 Ingeniería y Profesiones Afines / 0713 Electricidad y Energía.

## **Línea de investigación:**

Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

### **Sub líneas de investigación de la Carrera:**

Control y optimización en el uso de la energía del sector Industrial, comercial y residencial.

## **2. INTRODUCCIÓN**

### **2.1. EL PROBLEMA**

El sistema de alumbrado público en el país es esencial para el desarrollo social y económico de la población, que cuando se usa de manera eficiente y racional, el alumbrado público beneficia a la ciudad como el turismo, la economía y la seguridad de la ciudadanía, proporcionando condiciones adecuadas de iluminación para el tránsito.

En la provincia de Cotopaxi todas las personas son beneficiados de un sistema de alumbrado público el cual es cobrado en la planilla eléctrica, se da a través de redes eléctricas, que provienen de sistemas convencionales de distribución, las exigencias de sistemas más eficientes se ven obligadas a mejorar el servicio de alumbrado público en todo el país. Existen varios factores que pueden hacer que un sistema de iluminación pública sea ineficiente, el tipo de luminaria, los controladores de accionamiento de los sistemas, las fallas fotométricas que repercuten en el del sistema de iluminación pública.

El estudio técnico de alumbrado público en la ciudad de Latacunga identifica las falencias del sistema de iluminación. Al comparar con un sistema LED inteligente y eficiente, para la evaluación de los proyectos propuestos y poder incurrir en el ámbito de eficiencia.

#### **2.1.1. Situación problemática**

El avance de la tecnología en el mundo, nos brinda diferentes métodos para ahorrar energía y eficiencia en su funcionamiento, por tal motivo surge la necesidad de evaluar el sistema de alumbrado público general.

Actualmente las luminarias de mercurio y de sodio de alta presión, en lo cual nos centraremos para evaluar las ventajas y desventajas de un nuevo sistema de iluminación utilizando luminarias LED, complementando con la instalación de un sistema de control inteligente, que permita el encendido y apagado de las luminarias, mantener un control de nivel de iluminación con la variación de la potencia de la luminaria durante diferentes horarios de la noche. La distribuidora eléctrica no tiene instalado los medidores de potencia para cuantificar el consumo de alumbrado público, los sistemas inteligentes como el MINOS permiten medir de manera precisa el consumo de potencia que puede ser utilizada a futuro.

Tras la obtención de datos de las luminarias existentes en el Cantón Latacunga, parroquia San Felipe, se realiza un análisis técnico-económico del sistema ya existente con el sistema inteligente propuesto.

### **2.1.2. Formulación del problema**

Los sistemas actualmente instalados en la parroquia San Felipe, están constituidos por luminarias de sodio de alta presión, la empresa eléctrica dispone de diagramas y mapas georreferenciales, al realizar la simulación en el programa DIALux, se constata que existen puntos con bajos niveles de iluminación, y zonas donde la iluminación no es uniforme incumpliendo la normativa vigente.

## **2.2 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN**

### **2.2.1. Objeto de estudio**

Para esta propuesta de investigación se pretende realizar un análisis del sistema de iluminación pública existente en la ciudad de Latacunga, específicamente en la parroquia San Felipe, y compararlo con un sistema propuesto de mayor eficiencia e inteligente para un análisis de costo de energía.

### **2.2.2. Campo de acción**

330000 ciencias Tecnológicas / 3306 Ingeniería y Tecnología Eléctricas /330604 Iluminación eléctrica

## **2.3. BENEFICIARIOS**

### **2.3.1. BENEFICIARIOS DIRECTOS**

Los beneficiarios directos son la empresa eléctrica ELEPCO S.A, que van a reducir sus costos de alumbrado público y los residentes de la parroquia San Felipe, que van a recibir un sistema más eficiente.

### **2.3.2. BENEFICIARIOS INDIRECTOS**

Los beneficiarios indirectos son los usuarios que transitan por vías principales y transversales de la parroquia, otro usuario indirecto es la parroquia San Felipe de Latacunga por su aspecto visual.

## **2.4. JUSTIFICACIÓN**

Ante la escasez de medidores de energía en el sistema de alumbrado público en las diferentes empresas distribuidoras del país, la falta de equipos de medición para el análisis, resulta de interés la medición exacta de los sistemas de alumbrado público.

La presente investigación, surge de la necesidad de analizar un sistema de alumbrado público, mediante la recopilación de datos extraídos de la empresa distribuidora para determinar la energía consumida del sistema y poder determinar técnicamente. La investigación busca proporcionar información acerca del consumo de energía de los sistemas de alumbrado público, con el propósito que la empresa distribuidora pueda determinar el costo de la energía consumida técnicamente. Debido a la información estadística y técnica que tiene la empresa distribuidora se podrá determinar los diferentes factores que involucran la determinación del costo. Como también contribuye el análisis de diferentes sistemas de iluminación pública que no cuentan con medidores de energía

## **2.5. HIPÓTESIS**

Es idóneo el remplazo de las luminarias de alumbrado público de por vapor de sodio por las de tipo LED para mejorar la eficiencia económica y los parámetros técnicos de la parroquia San Felipe, en la ciudad de Latacunga.

## **2.6. OBJETIVOS**

### **2.6.1. Objetivo general**

Evaluar el costo de energía eléctrica mediante la comparación de la iluminación inteligente y el alumbrado público actual del Cantón Latacunga parroquia San Felipe.

### **2.6.2. Objetivos Específicos**

- Realizar el estado del arte de la iluminación inteligente para el servicio de alumbrado público general y que sirva de base teórica para la investigación.
- Analizar el sistema de alumbrado público actual utilizando el software DIALux, cuantificar consumos de energía en base a la información proporcionada por la distribuidora
- Evaluar el costo de energía eléctrica del sistema de iluminación inteligente propuesta, y el análisis técnico económico que justifica la inversión del proyecto propuesto en la parroquia San Felipe.

**Tabla 2.1. Sistema de tareas**

<b>Objetivos específicos</b>	<b>Actividades (tareas)</b>	<b>Resultado de la actividad</b>	<b>Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)</b>
Realizar el estado del arte de la iluminación inteligente para el servicio de alumbrado público general y que sirva de base teórica para la investigación.	Indagar información bibliográfica y revistas científicas el costo de la energía eléctrica de iluminación inteligente y alumbrado público convencional.	Se ha logrado obtener datos técnicos de los dos sistemas de alumbrado publico	Se puede verificar mediante la observación de la información redactada
Analizar el sistema de alumbrado público actual utilizando el software DIALux, cuantificar consumos de energía en base a la información proporcionada por la distribuidora	Recopilación de datos técnicos de la ciudad proporcionado por la empresa distribuidora. Tabulación de los datos obtenidos para determinar el consumo de energía eléctrica, Simulación con el software DIALux. Cálculo de consumo de energía en base a datos de potencias de luminarias instaladas	Consumo de energía. Curvas de niveles de iluminación.	Utilización de software para la recopilación de datos obtenidos.

<p>Evaluar el costo de energía eléctrica del sistema de iluminación inteligente propuesto, y el análisis técnico económico que justifica la inversión del proyecto propuesto en la parroquia San Felipe</p>	<p>Diseño del sistema de iluminación inteligente. Determinación del costo de los dos sistemas de iluminación público.</p>	<p>Diagrama y listado de componentes del sistema inteligente. Verificación del sistema con mejor eficiencia para el sistema de alumbrado público.</p>	<p>ggAnálisis del cálculo para determinar el costo de los sistemas propuestos</p>
---	---	---	---

**Elaborado por:** autores

### **3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

#### **3.1. ANTECEDENTES**

Desde el principio de la electrificación en del Ecuador se ha realizado un análisis leve del manejo y las regularizaciones del alumbrado público, ya que según la ley orgánica del sector ecuatoriano denomina al alumbrado público como un servicio otorgado específicamente a las competencias de regulación [1].

Cada residente que requiera el servicio de energización de su localidad sea este residencial, comercial, industrial, tiene el derecho de beneficiarse con el alumbrado público que se entrega a la ciudadanía con el fin garantizar seguridad y confort [2].

Según un estudio (Escuela de ingeniería Eléctrica) los términos utilizados económicos, judiciales y sociales para denominar el alumbrado público producen algunos vacíos en la interpretación al definir las tasas de alumbrado público ya que el término derecho y el termino impuesto significa una determinada concepción en la población [3].

Recurrentemente en los años posteriores se afirma la redistribución de dos cobros de la tarifa de alumbrado público por parte de cada empresa distribuidora “Prestación del Servicio de Alumbrado Público General”. Se norman las condiciones técnicas, económicas y financieras que permitan a las Distribuidoras de energía eléctrica prestar el servicio de alumbrado público general con calidad, eficiencia y precio justo [4].

Con la Regulación 006/20 “Prestación del Servicio de Alumbrado Público General” se establecer los porcentajes del alumbrado público. Y diseño del alumbrado que se utiliza en vías peatonales y vehiculares [5].

Para el cálculo del costo de la energía mensual, se obtiene al multiplicando la tarifa de energía eléctrica de Alumbrado Público por el total de energía consumida en el mes por el sistema de alumbrado público en análisis de acuerdo a lo señalado en la regulación. El valor se contabiliza directamente como un ingreso a la empresa Distribuidora por venta de energía eléctrica [6].

Distribuidoras, como responsables de la prestación del Servicio de alumbrado público general, deberá instalar equipos que cumplan con las políticas, criterios de eficiencia energética y las normas de homologación emitidas por el ente regulador [7].

Lámparas de sodio de alta presión 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 [8].

Las luminarias LED están compuestas por bancos de diodos emisores de luz, es decir que una lámpara de este tipo está compuesta por una cierta cantidad de LEDs, se las compara con lámparas de uso común como las fluorescentes y las incandescentes [9].

Las luminarias LED son muy utilizados, abarca en su mayor parte todos los campos lumínicos, las lámparas muestran ventajas como el ahorro energético, y larga vida útil, su rapidez de arranque es inmediato, está elaborada para arranques y paros continuos, funciona bajo esfuerzos considerable, su desventaja es la de su elevado precio frente a las lámparas que se encuentran en el mercado [10].

Las luminarias LED son dispositivos capaces de ahorrar en el consumo energético y su vida útil es de 50 mil horas, su eficiencia luminosa es excelente con un alto coeficiente de utilización de la calle para una mejor uniformidad del flujo luminoso [11].

## **3.2. MARCO CONCEPTUAL**

### **3.2.1. Sistema de alumbrado publico**

El sistema de alumbrado público es la composición de elementos, entre el punto de entrega y la energía eléctrica. El propósito del alumbrado público es que durante la noche proporcione una iluminación idónea, asegurando una percepción visual correcta. Como también es solucionar las necesidades de los conductores y peatones para la visibilidad de las aceras, los vehículos y los obstáculos, así como la ausencia de zonas oscuras en las calles [13]. Existen diferentes sistemas de alumbrado público los más comunes son:

### **3.2.2. Alumbrado público intervenido.**

La iluminación de vías públicas, para tránsito de personas y vehículos que debido a especificaciones de los gobiernos autónomos descentralizados, o por la entidad competente con diferentes niveles de iluminación establecidos por regulación, y requieren de una infraestructura constructiva distinta de los estándares establecidos para el alumbrado público general [4].

### **3.2.3. Fuentes luminosas**

La selección del tipo de lámpara a usarse está determinada por diversos factores, entre los que se puede citar como más importantes los siguientes: color de la luz, el rendimiento luminoso en

acera y carretera, costo de adquisición de la lámpara, la utilización anual, influencia de las fluctuaciones de voltaje de la red, temperatura ambiente, flujo luminoso y la apariencia. Las fuentes luminosas (cada una de las cuales tiene ventajas para situaciones particulares) que usan actualmente para alumbrado público son del tipo descarga, en mercurio o en sodio.

Estas lámparas, como su nombre lo indica, producen luz mediante una descarga eléctrica en arco mantenida en un gas o vapor ionizado, siendo este gas el que da el nombre a las lámparas de descarga [14].

### 3.2.4. Flujo luminoso

Es la energía luminosa radiada al espacio por unidad de tiempo no se distribuye por igual en todas las direcciones del espacio, sino que depende del dispositivo empleado para la iluminación, en otras palabras, es la potencia de una energía radiante apreciada de acuerdo con la sensación luminosa producida. Se simboliza con la letra  $\phi$  su unidad es el lumen (lm) [15].



Figura 3.1. Flujo luminoso de una luminaria [16].

### 3.2.5. Intensidad luminosa

Es el flujo luminoso ( $\phi$ ) emitido por una fuente en una determinada dirección dividido por el ángulo sólido que lo contiene. Se simboliza con la letra I, y su unidad es la candela (cd); se expresa por la siguiente relación [15]

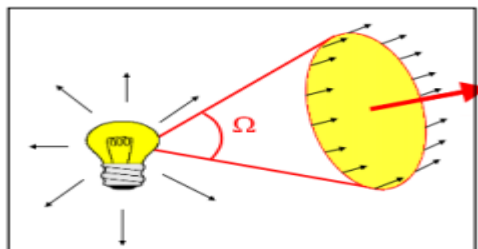
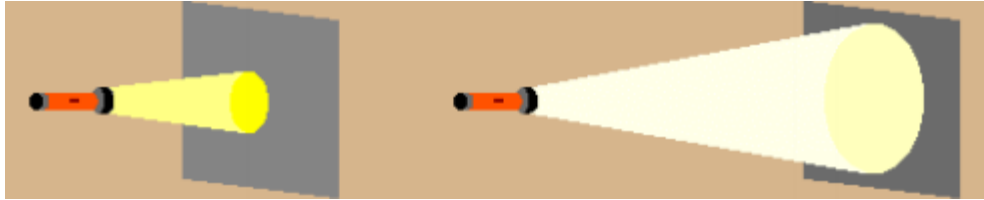


Figura 3.2. Intensidad luminosa [17].

### 3.2.6. Iluminación

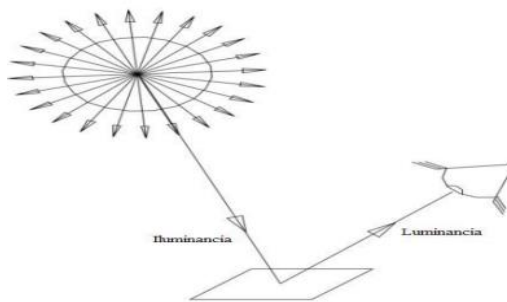
Es el flujo luminoso incidente por unidad de superficie, se simboliza por la letra E, tiene como unidad el lux (lx) que se define como la iluminancia de una superficie de  $1 \text{ m}^2$  cuando sobre ella incide uniformemente repartido un flujo luminoso de 1 lumen.



**Figura 3.3.** Iluminación de un objeto [18].

### 3.2.7. Luminancia

Es la magnitud que mide el brillo de los objetos iluminados o fuentes de luz tal como son observados por el ojo humano, es decir es la verdadera medida de la sensación de iluminación de un objeto. Se determina como la intensidad luminosa por unidad de superficie aparente de una fuente de luz primaria o secundaria. Se representa con la letra L y viene dada por la siguiente relación [15].



**Figura 3.4.** Luminancia [19].

### 3.2.8. Eficiencia luminosa

La eficiencia luminosa es una variable que relaciona el flujo luminoso emitido por una luminaria con la potencia eléctrica total consumida por esta, incluyendo sus accesorios fuentes de regulación, balastos. Y su medida es el lumen por watt (lm/W).

### 3.2.9. Definición técnica de vías urbanas

#### 3.2.9.1 Acera

Es la parte de un camino reservado exclusivamente para el uso peatonal.

### 3.2.9.2 Altura de montaje

Es la distancia vertical entre una fuente de luz y la superficie de la calzada.

### 3.2.9.3 Ancho de calzada

Es la distancia entre las líneas de bordillos o límites interiores, medida en ángulo recto con el eje longitudinal de la calzada.



Figura 3.5. Calzada [20].

### 3.2.9.4 Espaciamiento

El trayecto entre las luminarias adyacentes sobre el mismo lado de la calzada

## 3.3.1. Factores de luminotecnia

### 3.3.1.1 Método de los lúmenes o de factor de utilización

Este análisis tiene la finalidad de calcular la distancia de separación entre las luminarias adecuadamente y garantice un nivel de iluminación adecuado mediante un proceso sencillo y consiguiendo valores para su posterior colocación de las lámparas [20].

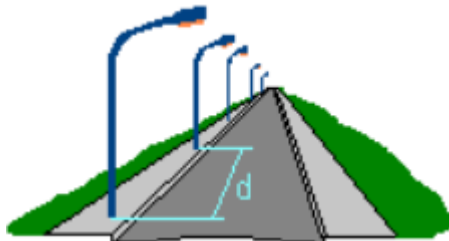


Figura 3.6. Distancia entre luminarias [14]

Selección de luminarias (vapor de sodio alta presión, mercurio y LED) esto dependerá de la altura a que la luminaria se encuentre y sin exceder el flujo luminoso máximo recomendado.

Tabla 3.1. Niveles de Iluminación [14].

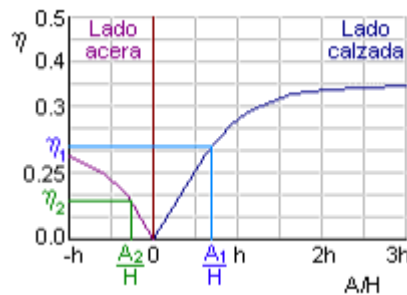
Flujo de la luminaria (lm)	Altura (m)
10000	8
10001 – 20000	8 – 10
20001 – 40000	10

### 3.3.1.2 Factor de mantenimiento

El factor de mantenimiento dependerá de la característica de la zona geográfica (tráfico, ambiental y mantenimiento) al momento de evaluar lo recomendable es tomar un valor que no supere a 0.8 por lo habitual escogen un valor de 0.7 para el factor de mantenimiento.

### 3.3.1.3 Curvas del factor de utilización

Mediante los gráficos se puede observar los valores posibles para el cálculo de lado de acera y el lado de la calzada. Normalmente se utiliza las curvas que suministra los fabricantes donde podemos encontrar el cociente de anchura de la calle/altura (A/H) que es lo más habitual, o los ángulos  $\gamma_1, \gamma_2$  en el lado de acera y calzada [15].



**Figura 3.7.** Curvas de factor de utilización [15].

Cálculo de distancia entre luminarias

$$A = A_1 + A_2 \quad (3.1)$$

$$\eta = \eta_1 + \eta_2 \quad (3.2)$$

$$E_m = \frac{\eta * f_m * \phi_L}{A * d} \quad (3.3)$$

Despeje de la fórmula para el cálculo de la distancia de entre luminarias

$$d = \frac{\eta * f_m * \phi_L}{A * E_m} \quad (3.4)$$

### 3.3.1.4 Deslumbramiento

Se produce dentro del campo visual del espectador, por una iluminación mayor o menor que aquella a la cual los ojos se habían adaptado y que produce molestia, o pérdida temporal de la visibilidad, tiene dos componentes:

- El deslumbramiento molesto que ocasiona falta de comodidad al observador durante la conducción por el área iluminada
- El deslumbramiento incapacitado es la disminución a corto tiempo de la capacidad del observador

$$TI = \frac{k * E_e}{(Lav)^{0,8} * \theta^2} \quad (3,5)$$

### **3.3.1.5 Luminancia promedio de la calzada**

El valor mínimo que debe ser mantenido a lo largo de la vida de la instalación, y requiere de la distribución de la luz de la luminaria, y el flujo luminoso de las lámparas y de los parámetros de reflexión de la calzada. Números superiores pueden ser aceptables si pueden justificarse económicamente [15].

### **3.3.1.6 Vías para tráfico motorizado**

La clase de alumbrado está clasificada de M1 a M5 y son seleccionadas conforme a la función de la vía pública, densidad de tráfico, complejidad del tráfico, existencia de facilidades para el control de este y separación de tránsito.

## **3.4.1. Luminarias**

Las fuentes de iluminación se eligen en función al entorno que este vaya a iluminar teniendo en cuenta diversos aspectos de gran importancia como es la eficiencia energética, la vida útil, la distribución uniforme de la luz las características de los diferentes tipos de luminarias que utiliza el alumbrado público [14].

### **3.4.1.1 Luminarias de vapor de mercurio de alta presión**

Cumpliendo el decreto 3450 de 2008 el objetivo es promover el uso racional y eficiente de la energía, las bombillas de mercurio de alta presión están permitido solo para aplicaciones donde el flujo luminoso sea de mayor demanda por tal motivo el uso del mismo está prohibido en la iluminación en domicilios.

La vida útil promedio de la bombilla es de 12.000 a 16.000 horas dependiendo al trabajo que realice y la eficacia lumínica de la lámpara de mercurio de alta presión no podrá ser inferior, está demostrada en la tabla 3.2 [15].

**Tabla 3.2.** Eficacia mínima para lámparas de mercurio de alta presión [15].

<b>P. de la bombilla. (W)</b>	<b>Eficacia (lm/W)</b>
>50	35
>50 ≤ 80	36
>80 ≤ 125	47
>125 ≤ 250	50
>250 ≤ 400	52
>400 ≤ 700	55
>700 ≤ 1000	57
>1000	57

### 3.4.1.2 Luminarias de vapor de sodio de alta presión

La luminaria de sodio es de considerable eficiencia ya que la reacción que esta produce al momento de condensarse no produce calor considerable haciendo que su capacidad lumínica mejore, utiliza equipos auxiliares para su funcionamiento tales como la inductancia para poder estabilizar la corriente.

La luminaria de sodio de alta presión tiene como rendimiento un valor aproximado de 120 lm/W, están deben cumplir con las especificaciones eléctricas de funcionamiento definida en la norma técnica las cuales deben ser internacionales como la IEC 60662 o equivalentes de reconocimiento internacional.

Las eficacias se presentan en la siguiente, tabla 3.3 donde las lámparas de sodio de alta presión no podrán ser menores a las establecidas [15].

**Tabla 3.3.** Eficacia mínima para las bombillas de sodio de alta presión [15].

<b>P. de las luminarias (W)</b>	<b>Eficacia inicial en lm/W</b>	
	<b>Tubular</b>	<b>Ovoide</b>
50	88	70
70	91	80
100	98	90
150	100	100
250	120	114
400	125	135
600	150	135
1000	150	135

### 3.4.1.3 Luminaria LED

La luminaria LED se conforman de diodos emisores de luz por lo cual una lámpara de este tipo está compuesta por una cierta cantidad de LEDS, en la actualidad las lámparas LED tiene muchos usos ya que su gama es amplia y abarca casi todos los campos lumínicos, este tipo de

luminaria muestra ciertas ventajas como el ahorro energético, larga duración de vida útil, su velocidad de arranque es inmediata su desventaja es el costo elevado frente a otras lámparas que se encuentran en el mercado.

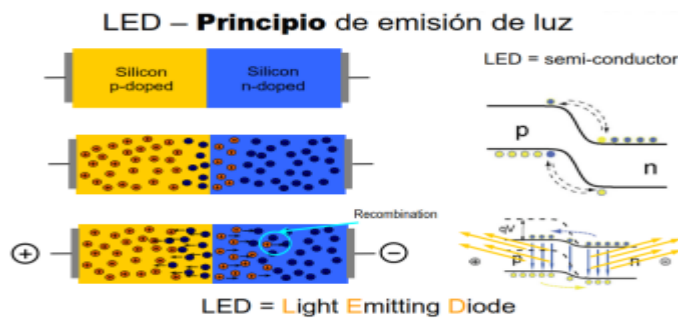
Las lámparas LED para el alumbrado público deben cumplir con los requisitos establecidos en las normas IEC 62560, IEC 62612 e IEC 62471 conjuntamente vigentes o sus adopciones equivalentes u otras normas internacionales equivalentes vigentes.

**Tabla 3.4.** Características de lámparas LED [15].

Características	
Vida útil	50000 – 100000
Eficiencia luminosa	100 – 150 lm/W

### 3.5.1. Aplicación, funcionamiento de Iluminación LED

El LED (Light-Emitting Diodes) o diodo LED es un componente electrónico unidireccional, es decir que solo permiten el paso de la corriente en una sola dirección. Cuando el LED esta polarizado directamente, el paso de la corriente este emitirá una luz al momento que la corriente circula por este componente electrónico, los electrones libres de la capa N se mueven a través del diodo y estos se depositan en los agujeros de la capa P por lo provoca que los electrones liberen energía en forma de fotones, y por tanto provoca una caída de la banda de conducción a un orbital menor. El color y la luz del LED son determinados por la composición, química de los semiconductores que hay integrados en el LED. Este tipo de elemento está diseñado para que funcione con corriente continua, el LED no genera campos magnéticos de alta intensidad por lo cual presentan una fiabilidad de funcionamiento y duración muy elevada. El tiempo reacción para su funcionamiento es muy pequeño (menos de 1 milisegundo) [24].



**Figura 3.8.** Principio de funcionamiento del LED [25].

En la actualidad el desarrollo de las fuentes luminosas con tecnología LED ha ido innovando y mejorando con respecto a la distribución de LEDs, el diseño de la armadura (carcasa) y

componentes del sistema óptico para así aumentar su eficiencia, generando mayor cantidad de flujo luminoso con menor potencia eléctrica consumida.

### 3.5.1.1 Luminarias LED de alumbrado público

Diversas empresas de diseño de luminarias, basándose en la tecnología LED, han optado por la idea innovadora de aplicarla en los sistemas de alumbrado público, entre las cuales tenemos a Schröder, Philips, entre otras.



**Figura 3.9.** Marcas de luminarias de alumbrado público LED [26].

Todas estas luminarias son fabricadas con diseños y formas innovadoras, para poder distribuir de mejor manera el flujo luminoso que emite las lámparas. Con respecto a las luminarias, están conformadas por un conjunto de LED distribuidos de manera uniforme, generalmente de forma matricial, lo importante de estos tipos de luminarias, es que emiten un buen flujo luminoso, este consume menos potencia eléctrica en comparación de otras luminarias que emiten el mismo flujo luminoso, consumiendo más potencia eléctrica.

### 3.5.1.2 Sistema de alumbrado público inteligente

Un sistema de alumbrado público inteligente es tener una ciudad con buena confiabilidad y seguridad ante fallas en los sistemas eléctricos mejorará la calidad de vida de sus ciudadanos. Las ciudades inteligentes tienen la finalidad de optimizar los recursos y garantizar operación confiable y segura de sus sistemas.

La idea principal es utilizar un sistema que nos brinde mayor eficiencia donde evaluaremos el alumbrado público que utiliza iluminación LED, ya que posee un valor de eficacia luminosa elevado, mayor tiempo de vida útil a comparación a otros sistemas.

Con el simple hecho de cambiar los sistemas actuales de alumbrado público que utilizan luminarias con tecnología de vapor de sodio y vapor de mercurio a luminarias con tecnología LED, se puede reducir los costos de consumo eléctrico y de mantenimiento.

Uno de los motivos por los cuales no se realiza el cambio, a estos sistemas de alumbrado público inteligente, que genera una disminución de costos de mantenimiento un ahorro significativo de energía eléctrica, es por su costo de implementación.

Durante las tres últimas décadas, las telecomunicaciones, la electrónica, y la computación se desarrollaban tecnológicamente y fueron automatizados y también el alumbrado público. El alumbrado inteligente está formado principalmente por un poste de luminaria, donde el elemento más importante, es la luminaria LED en el poste ya que, está integrado también otros equipos que dan funcionalidad al alumbrado inteligente [22].

Las luminarias LED empezaron a extenderse en el mercado, y se empezó a plantear la posibilidad de utilizarlas en los sistemas de alumbrado público por su eficiencia luminosa. La luminaria LED posee características importantes para un alumbrado inteligente, como mayor eficiencia en lúmenes por vatio [Lm/W], el encendido y apagado múltiples de veces [ON-OFF] sin dañar su vida útil, atenuación de intensidad lumínica en un rango y la buena reproducción de colores.

La meta del alumbrado inteligente LED es disminuir los costos que este consuma y reducir el consumo de energía eléctrica que se genera al año. La forma inteligente es que se atenúa la luz cuando no haya presencia de algún peatón o cualquier vehículo circulando por la vía, esta acción disminuirá el consumo de energía eléctrica.

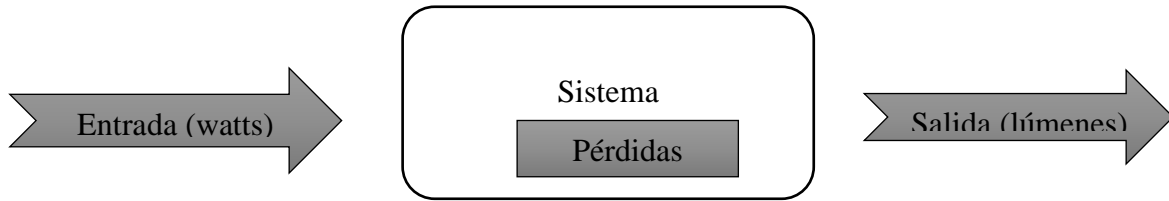
### **3.5.1.3 Costos y análisis económico de sistemas LED para alumbrado público inteligente**

El precio final del sistema de alumbrado LED inteligente depende de los componentes que lo integren, el tipo de sensores y su funcionamiento. El sistema de iluminación inteligente LED tienen dispositivos controladores que funcionan disminuyendo la intensidad lumínica de la bombilla dependiendo de la hora del día. Esta acción disminuirá la intensidad lumínica y reducirá el consumo de potencia eléctrica a una tercera parte y en consecuencia ahorros en gastos. Para el análisis económico se halla la relación costo beneficio y se usa ecuaciones para hallar el periodo de reembolso y la IRR (tasa interna de retorno) y determinará así si es viable o no el proyecto determinando su rentabilidad [23].

### **3.5.1.4 Eficiencia en los sistemas de iluminación pública.**

La eficiencia de un proceso es la relación entre el resultado del procedimiento, comparado con el insumo necesario para cumplir con el mismo; sabiendo que las pérdidas son la diferencia entre los parámetros de entrada y salida.

En la ingeniería eléctrica, la dificultad en la medición de la eficiencia, es el comparar las unidades de medición entre los parámetros de entrada y salida [13].



**Figura 3.10.** Esquema de eficiencia en un sistema eléctrico.

Con esta ilustración gráfica, se puede identificar un índice de eficiencia del sistema de alumbrado público, partiendo de la eficiencia final del sistema depende de la actuación de los diversos elementos que lo constituyen, y la importancia de cada uno. En el segundo proceso. Identifica la eficiencia de los elementos, para establecerla mejora del sistema, En la siguiente tabla 3.5 se muestra los puntos en los cuales se puede deducir para una mejor eficiencia del sistema de alumbrado.

**Tabla 3.5. Ítems de eficiencia del sistema de alumbrado público**

<b>COMPONENTES DE UN SISTEMA DE ALUMBRADO PUBLICO</b>		
Usuarios	Luminarias	Calle
Visibilidad Contraste	Sistema optimo Lámpara	Superficie Calzada Geometría Instalación
<b>SISTEMA DE ALUMBRADO PUBLICO INTELIGENTE E EFICIENTE</b>		
Deslumbramiento	Rendimiento	Reflexión Pavimento
	Eficiencia Lámpara	Factor de Utilización
	Perdidas en balastro	

La eficiencia del sistema es la que debe mejorar, en un proceso de optimización, el proceso parte de las necesidades del usuario e involucrará la mejora del diseño del sistema, los materiales a utilizar y la factibilidad de los resultados.

### **3.6.1. Tarifación del alumbrado público.**

La agencia de Regulación y Control Electricidad realiza la actualización del Análisis de Costos

de las Empresas Eléctricas, en el cual se determinan los costos del servicio para cada empresa de distribución, mismos que corresponden a los costos de reposición, administración, operación y mantenimiento de las instalaciones de distribución, además de la valoración económica de las pérdidas técnicas de potencia y energía, los niveles aceptados. En este análisis se incluyen los parámetros Servicio de Alumbrado Público y es indispensable de esta valoración económica que nace la tarifa a remunerar por la prestación del alumbrado público [6].

Sabiendo que en conformidad con el artículo 17 de la Codificación del Reglamento de Tarifas Eléctricas, en el cual se norma que por las características de consumo se consideran tres categorías de tarifas: residencial, general y alumbrado público. Y por el nivel de tensión, tres grupos: alta tensión, media tensión y baja tensión, los cargos tarifarios que corresponden a la potencia y energía usada en el sistema de alumbrado público, se han mantenido en Cargo Potencia Energía 2.94 USD / kW y el cargo de Energía 0.11 USD / kWh para el estudio, se considera la aplicación de estos cargos tarifarios, la importancia de definir con la mejor exactitud posible, los parámetros de potencia instalada y energía consumida por los sistemas de alumbrado público [4].

### **3.7.1. Determinación de la energía de alumbrado público**

#### **3.7.1.1 Sin medidor de energía**

Los medidores de consumo del alumbrado público, son escasos en la empresa eléctrica distribuidora lo determinará mensualmente con base a la carga resultante de la cantidad de luminarias por tipo, que se encuentren instaladas, multiplicadas por un factor de utilización y por el número de horas del mes respectivo, empleando la siguiente fórmula [4].

$$Energia = T * \sum_{i=1}^n N_i * f_{ui} * (P_i + CA_i) \quad (3.6)$$

$P_i$ = Potencia de la luminaria tipo “i”,  $N_i$ = Número de luminarias del tipo “i” en el primario  
 $T$  =Número de horas del mes de cálculo; en caso hubiere interrupciones, a nivel del sistema o primarias, se descontarán esas horas,  $f_{ui}$ =Factor de utilización de las luminarias tipo “i”,  
 $CA_i$ = Consumo de auxiliares luminaria tipo “i”. El consumo de auxiliares, dependerá de la potencia de la luminaria instalada.

#### **3.7.1.2 Factor de utilización de luminarias**

El factor de utilización de las luminarias es del 0,5 para el alumbrado general y menor o igual 1 para el para alumbrado de túneles.

### 3.7.1.3 Consumo de auxiliares luminaria.

Los valores para los consumos auxiliares, dependerá de la potencia de la lámpara instalada. En general las empresas eléctricas distribuidoras utilizan los valores de consumo de auxiliares que constan en las hojas de datos de cada tipo de luminaria, expresado en la siguiente tabla:

**Tabla 3.6.** La potencia máxima en auxiliares LED y sodio [6].

Potencia (W)	Potencia máxima en auxiliares de luminarias de vapor de sodio de alta presión (%)	Potencia máxima en auxiliares de luminarias LED (%)
$P \leq 70$	16	10
$70 < P \leq 100$	15	
$100 < P \leq 150$	13	
$P > 150$	12	

### 3.8.1. Tecnología de tele-gestión

#### 3.8.1.1 Minos SCI Sistemas Controladores Inteligentes

El sistema Minos es el sistema que evoluciona la gestión del alumbrado público general. Como los sistemas más innovadores con un simple tecleo permite tele-gestionar y controlar desde cualquier computador, el estado de todos los elementos que componen las instalaciones de alumbrado público general, utiliza la tecnología de comunicación de onda portadora, brinda la oportunidad de seleccionar el encendido y apagado del sistema, reduce el flujo de luminosidad de cada una de las lámparas de luz.

El sistema Minos es ideal para reducir los costes energéticos y de mantenimiento eléctrico, para garantizar altos niveles de fiabilidad, seguridad, continuidad y de calidad de servicio del sistema de alumbrado público general.

#### 3.8.1.2 El ahorro energético del sistema Minos System

Las programaciones y la utilización de Minos system desde un centro de operación permiten reducir desde 20% hasta el 45% del consumo energético siendo el primer porcentaje el más exacto al momento del cálculo energético:

- El apagado del sistema y la reducción de flujo luminoso de cada punto de luz.

- Optimización de los ciclos de funcionamiento según las horas de afluencia de personas en las vías.
- La programación del reloj astronómico para el encendido/apagado puntual de las instalaciones de alumbrado público. La reducción de los encendidos diurnos para buscar averías.
- El control de la reducción del consumo de potencia reactiva por bajo coseno fi de eficiencia.

### **3.8.1.3 Mantenimiento con el sistema Minos System**

La tele-gestión punto a punto que ofrece ahorros en el costo de optimización de los tiempos de intervención, ahorro en la organización del servicio, ahorro en los materiales al control minucioso y efectivo de los componentes.

### **3.8.1.4 Seguridad y fiabilidad del Minos System**

El sistema inteligente es eficaz y responde a todas las exigencias de seguridad y de adaptabilidad a la realidad técnica existente de las instalaciones de alumbrado, los dispositivos de control de armario y lámpara están contruidos en doble aislamiento con componentes altamente fiables para garantizar tanto la inmunidad frente a las adversidades climáticas.

### **3.8.1.5 Características y arquitectura del sistema Minos**

Con sistemas de iluminación LED controla reducciones del flujo luminoso del 95% a 30%. El tamaño del sistema Syra se perfecto para instalar en la luminaria en la parte superior del poste o en su base. El software Minos-X funciona con Linux. Se puede visualizar toda la información de una estación meteorológica y predecir el tiempo atmosférico, temperatura, humedad, presión, rayos UV, fenómenos de lluvia, velocidad del viento.

### **3.9.1. Sistema de comunicación Syra**

El sistema Syra Utiliza la comunicación por onda portadora para tele-gestionar todos los eventos y las anomalías de la lámpara y para tele-comandar la apagada, el encendido y la reducción de flujo de cada punto de luz del sistema de alumbrado público. El sistema de comunicación está disponible a las necesidades funcionales y de instalación, es compatible con cualquier lámpara tipo, potencia y marca, puede montarse en el interior de la luminaria.



**Figura 3.11.** Dispositivo Syra D [6]

### Funciones del sistema Syra

- Comando de apagado y encendido.
- Comando de cambio de nivel (reducción-plena potencia).
- Desactivación automática del arrancador (en condiciones de lámpara dañada).
- Detección de incidencias del sistema Syra.
- Luminarias en corto circuito.
- Luminaria dañada.
- Condensadores con capacidad inadecuada.
- Luminaria parpadeante (envejecida).
- Falta de corriente en el equipo.
- Fusible averiado (se detecta por la falta de transmisión de datos).

#### 3.9.1.1 Especificaciones técnicas del SYRA

En la tabla 3.7 se especifica los parámetros de funcionamiento del Syra D y datos de tensión la potencia absorbida, máxima corriente de paso, la temperatura del sistema en funcionamiento, el aislamiento eléctrico, grado de protección.

**Tabla 3.7. Especificaciones del Syra D**

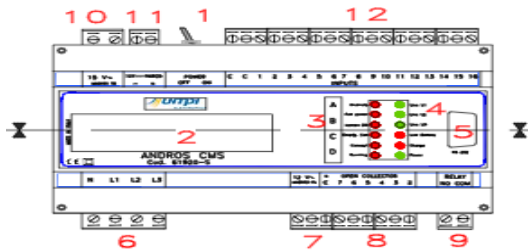
Características eléctricas	
Tensión de alimentación	230V 50Hz-60Hz
Dispositivos protegidos contra conexión momentáneas a 400 V	
Potencia absorbida en reposo	0,5 W
Máxima corriente de paso	6 <sup>a</sup>
Temperaturas ambientales de funcionamiento	-25 – 65 °C
Aislamiento eléctrico	Clase II
Grado de protección	IP 65, IP 20
Peso	400 gr
Conexión	Mediante bornes con tornillos M4, con capacidad de conexión 2,5 de mm <sup>2</sup>



apagado y la programación de diferentes eventos con la finalidad de tener eficiencia energética, los datos lo obtienen directamente de las entradas de tensión de la red y de los módulos periféricos.

**a. Los módulos periféricos gestionables**

- ANDROS PLS y ANDROS PL son dispositivos que sirven para el control de comando de cada una de las lámparas de la red en las fases L1, L2, L3 de la salida.
- Un modem GSM se encarga de notificar de algún error que provoque en el módulo CPU



**Figura 3.13.** Panel frontal [6].

En la tabla 3.8 se detalla los parámetros y funciones de dispositivo ANDROS CMS y sus datos de fábrica consta de interruptores, display, alimentación de Andros, tipos de conectores

**Tabla 3.8. Especificaciones del ANDROS CMS**

Partes del panel frontal del ANDROS CMS	
1	Interruptor general ON/OFF
2	Display
3	Botones de función
4	LED de indicaciones
5	Conector serie RS232
6	Entrada para control de presencia de tensión
7	Alimentación para ANDROS PLS
8	Salida colectora abierto
9	Relé de salida
10	Alimentación de ANDROS TR
11	Alimentación para Modem
12	Entradas digitales
13	Conector RJ45 para conexión con ANDROS RDE
14	Conector puerto serie interno para conexión a modem GSM
15	Conector modulo expansión ANDROS CMS-ESP

**3.9.1.4 Andros TR**

El Andros TR realiza una solo función la cual es la alimentación al módulo ANDROS CMS y está equipado con:

- Una regleta de 2 polo para conexión a la red 230V
- Una regleta de 2 polo para conexión al ANDROS CMS (alimentación 15 V)

Este dispositivo es capaz de alimentar un número de equipos conectados al ANDROS CMS donde su máximo es de 5 dispositivos en caso de conectar más dispositivos corre el peligro de sobre calentarse y averiarse.

### 3.9.1.5 Andros PLS

El ANDROS PLS su funcionalidad es la comunicación por ondas portadoras a los módulos SYRA ya que está debe están conectados a las luminarias para su control, el ANDROS CMS realiza el control de información al módulo PLS para verificar algún fallo en las luminarias ya sea por falta de tensión o falla de misma luminaria.



**Figura 3.14.** ANDROS PLS

En la tabla 3.9 se detalla los parámetros y funciones de dispositivo ANDROS PLS indicadores de alimentación del dispositivo, la señalización de conexión en línea, conexión línea trifásica más el neutro, la alimentación Andros CMS

**Tabla 3.9. Especificación del ANDROS PLS**

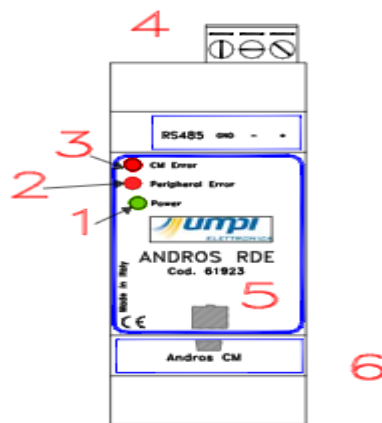
Partes del ANDROS PLS	
1	LED de señalización presencia de alimentación
2	LED de señalización: comunicación Powerline
3	Conexión línea Powerline trifase +N
4	Alimentación desde ANDROS CMS

Está equipado con

- Una regleta de 4 polos para la conexión de líneas trifásicas con neutro
- Una regleta de 2 polos para la conexión del módulo ANDROS CMS
- Cuatro mini-dips internos para poder codificar

### 3.9.1.6 ANDROS RDE

El ANDROS RDE se encarga de la recolección de mediciones y las realizadas por medio de los dispositivos periféricos como el voltaje, la potencia, la corriente, posibles fallos de las lámparas.



**Figura 3.15.** ANDROS RDE

En la tabla 3.10 se detalla los parámetros y funciones de dispositivo ANDROS RDE y sus datos de fábrica, señales de alimentación del dispositivo, señal de error de comunicación con periféricos, señal de error de comunicación con Andros CMS, conexión RS485, Conector RJ45 con Andros CMS, Conector RS 232,

**Tabla 3.10. Especificaciones de ANDROS RDE**

Partes del ANDROS RDE	
1	LED de señalización presencia de alimentación
2	LED de señalización: error comunicación con periféricos
3	LED de señalización: error comunicación con ANDROS CMS
4	Conexión RS485 con periféricos
5	Conector RJ45 con ADROS CMS
6	Conector RS 232 con centra muestreo

Este dispositivo está equipado con:

- Un conector RJ 45 de 8 vías para la conexión a ANDROS CMS
- Un conector a tres polos para conexión a líneas RS485
- Un conector RS232 a 9 polos para conexión con la central meteorológica

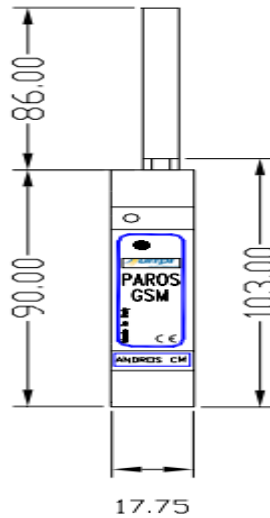
### 3.9.1.7 Módem GSM

El módem GSM realiza la conexión con el Server IOS mediante comunicación por red GSM para la notificación en caso de averías en el sistema de iluminación. El módem más utilizado es el siguiente, Marca SIEMENS, Mod TC35 este está equipado con:

- Un conector de 2 polos para la conexión de alimentación a ANDROS CMS
- Un conector de 15 polos para la conexión serie RS232 con ANDROS CMS

Este dispositivo cuenta con una antena enroscable en cual está encargado transmitir información de toda la iluminación que esté conectado con el nuevo sistema inteligente para su posterior

control desde la distribuidora y en caso de avería de alguna luminaria tenga aun respuesta más rápida para su reparación la antena que utiliza este sistema es el dual band, cod. 65926.



**Figura 3.16.** Modem GSM

En la figura podemos detallar la manera que este funciona ya que este se encarga de transmitir datos a la empresa distribuidora. En la tabla 3.11 se detalla el parámetro y funciones de dispositivo ANDROS PLS y sus datos de fábrica.

**Tabla 3.11. Especificaciones de Modem GSM.**

Característica de los cables de interconexión		
(A)	Alimentación 12V DC a GMS	Cable plano de 4 hilos con conector telefónico incluido en modem GSM
(B)	Conexión ANDROS CMS-GSM	Cable serie RS232 9pin cinta plana incluido en modem GSM

### 3.9.1.8. Servidor “IOS”

El servicio “IOS” contiene el software capaz de gestionar hasta 100 unidades ANDROS CM comunicándose con las unidades Andros CM. Se puede ingresar al servicio IOS por medio de una computadora conectado por lan /Intranet través de Internet si se ha conectado a la red mediante una dirección IP.

### 3.9.1.9 Reducción de mantenimiento y eficiencia

La eficiencia mejora con el sistema Minos las Fallas de las lámparas son automáticamente identificadas para actuar y remplazar eficientemente y así ahorrar en personal. El sistema también realiza un seguimiento de la vida útil de las lámparas, para anticipar el cambio de la lámpara antes de que realmente fallen después de sus años de vida útil.

### 3.10.1. Análisis económico

#### 3.10.1.1 Valor actual neto

Obtenido el costo de la energía del sistema inteligente LED, como también el costo de la energía la energía del sistema actual convencional, se debe aplicar los indicadores VAN y TIR que permita determinar si el proyecto propuesto es rentable

El valor actual neto, calcula el valor calcula a valor presente el dinero que una inversión generara en el futuro, teniendo en cuenta que el valor real del dinero conforme al tiempo, comenzando con el análisis de la inversión inicial del sistema propuesto y una tasa de descuento que es el costo de oportunidad del capital.

Se debe representar el valor de los flujos de caja la tasa de interés que se quiere obtener como se puede definir también como tasa del retorno de una inversión de riesgo y duración similar del número de periodos en función del análisis.

Para calcular el VAN se expresa la ecuación (3.7).

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1+k)^t} - I \quad (3.7)$$

Sabiendo que Ft es el flujo de dinero para cada periodo t, I es la inversión inicial del proyecto en análisis del proyecto, n es el tiempo de análisis (vida útil del proyecto) y K es la tasa de descuento o de interés

#### 3.10.1.2 Tasa de interna de retorno

La tasa interna de retorno lo usan las compañías para determinar la rentabilidad de una inversión potencial que basa su formulación en la predicción del flujo de caja, esta tasa de descuento hace que el VAN se haga cero y se calcula con el flujo de caja.

Fórmula para calcular el TIR se plantea la ecuación (3.8).

$$TIR = \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1+d)^t} - I = 0 \quad (3.8)$$

Sabiendo que Ft es el flujo de dinero en cada periodo t, n es la cantidad de vida útil del proyecto y d es la tasa de descuento que hace que el resultado sea cero.

Si se tiene un VAN positivo, este nos indica que el proyecto es viable, por otro lado si el VAN es negativo, este nos indica que el proyecto no es viable y se debe desistir de realizar el proyecto. Si el VAN es igual a cero, será una situación indiferente donde se ejecutaría o no quedaría en una decisión de libre albedrío.

### **3.10.1.3 Inversión inicial**

La inversión inicial se puede detallar de acuerdo a número de luminarias que se remplazan en un determinado lapso del tiempo y el ahorro de la energía que se obtenga con la inversión propuesta, siendo esta el pago principal de los recursos invertidos para la ejecución del proyecto

### **3.10.1.4 Ingresos**

Los ingresos por concepto de alumbrado público general, procede de la tarifa que se cobre por la prestación del servicio de los usuarios, el servicio se factura a los usuarios en el recibo de la energía por parte de cada empresa distribuidora. Para compararlo con el monto de egresos en este caso serían el costo del mantenimiento y demás factores que se deben analizar en el proyecto.

### **3.10.1.5 Costo beneficio**

El parámetro económico de costo-beneficio es un proceso que se realiza para medir la relación que existe entre los costes de un proyecto y los beneficios que se producen. Su propósito es determinar si una próxima inversión es rentable o definitivamente no lo es.

## **3.11.1. El estado del arte alumbrado público inteligente**

En todo el mundo, las ciudades están orientados al futuro que es necesario la sustitución del sistema de alumbrado público convencional por tecnología de alumbrado inteligente LED enfocándose en mejorar los parámetros técnicos que la ciudadanía necesita. Gracias al avance tecnológico en la parte de iluminación existen métodos para minimizar costos de consumo eléctrico. En el documento se detalla información relacionada con la eficiencia luminosa, considerando aquellos artículos cuyo hilo de desarrollo se centra en ciudades inteligentes donde se implementó el alumbrado público eficiente.

En Singapur el alumbrado público inteligente está basado en controladores donde se compone por una serie de nodos los cuales forman una red. Cada nodo hace referencia a las luminarias de alumbrado que componen el sistema. Cada luminaria cuenta con una serie de sensores, un microcontrolador y un módulo de conexión inalámbrica. El encendido se basa en la detección de la intensidad de iluminación ambiente para encender la luminaria y en la detección de

movimiento por un dispositivo de sensor infrarrojo. Al detectarse un peatón o vehículo el sistema se enciende a máxima potencia, de lo contrario la luz se atenúa hasta un 50% [28].

El Bangladesh se plantea la atenuación de la iluminación en el alumbrado público cuando no exista tráfico en las calles. El funcionamiento de este sistema de alumbrado se basa en la detección de si es de día o de noche. Cuando es de noche, por medio de un sensor infrarrojo, se obtiene información relativa al tráfico, por lo que si existen vehículos en circulación el sistema aumentará la iluminación al máximo. Además, propone la instalación de celdas solares para proporcionar alimentación primaria al alumbrado. En caso de presentar fallas con las celdas se hace uso de la alimentación secundaria, la cual corresponde a la red eléctrica común, y mejorando así los parámetros de iluminación del lugar [29].

En la india proponen un alumbrado público inteligente utilizando condiciones de iluminación ambientales, que permita la reducción en el consumo de energía eléctrica. El sistema consta de dos partes, la primera se encarga de obtener los datos relativos a la iluminación ambiente por medio de un fotorresistor y enviarlos a un servidor usando un microcontrolador con módulo Wi-Fi integrado.

La segunda parte, encargada de controlar la intensidad de la luz, toma los datos alojados en el servidor, los compara con unos valores de iluminación preestablecidos y cambia, o no, la intensidad de la iluminación producida por la luminaria donde el protocolo transmite los datos usando el *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT) porque es más segura al entregar los datos e incluso es liviano porque opera en un ancho de banda [30].

En china se plantean un sistema de alumbrado público inteligente basado en la tecnología NB-IoT. Para cada luminaria hará las veces de un nodo en la red, que estará compuesto por varios sensores que automatizarán el funcionamiento del alumbrado, así como un módulo de comunicación NB-IoT mediante el cual se permitirá establecer una conexión inalámbrica para enviar datos a una plataforma de gestión, la cual almacenará la información, analizará los datos y gestionará el funcionamiento de las luminarias [31].

En Ecuador el concepto de iluminación inteligente ha empezado a tener interés por su eficiencia energética, seguridad, mayor vida útil y menor mantenimiento, mediante un análisis obtendremos las ventajas y desventajas, del sistema de alumbrado público existente con un sistema propuesto de iluminación inteligente.

El objetivo del alumbrado inteligente es disminuir el consumo de energía eléctrica y mejorar parámetros de iluminación, para reducir costos y consumo de energía en el cantón Latacunga parroquia San Felipe.

El propósito de este tema es modernizar el alumbrado público en la parroquia San Felipe donde se evaluará la parte económica y sus respectivos requisitos establecidos, en las normas IEC 62560 u otras normas internacionales equivalentes vigentes.

Al utiliza diferentes métodos tecnológicos para disminuir el consumo eléctrico, estos dispositivos cuentan de un sistema inteligente y permite un funcionamiento a cabalidad. El sistema Minos agrupa información, por lo cual se utiliza estos datos para obtener una máxima eficiencia energética dentro de un área predeterminada. El Syra D consiste en bidireccionales la distribución de información capaz de gestionar inteligentemente la potencia eléctrica dentro del sistema. El cual está pensado para reducir los costos de la iluminación pública en el cantón Latacunga parroquia San Felipe.

Al proponer el sistema inteligente realiza una mejor gestión de iluminación usando sensores y dispositivos que controlan las luminarias haciendo que estas disminuyan la intensidad de lúmenes en horas preestablecidas para mejorar la calidad de iluminación en la parroquia San Felipe ya que cuenta con índices de inseguridad elevado. Esta propuesta ayudara al bienestar social de las personas de la parroquia.

## **4. MATERIALES Y MÉTODOS**

En este capítulo se detallará los datos conseguidos al aplicar la metodología de investigación y se utilizará la información obtenida por parte de la empresa eléctrica. Los resultados se orientarán a conseguir una información clara sobre el costo del alumbrado público.

Considerando el método deductivo se realizó un análisis desde un punto de vista básico a lo general explícito, permitiendo detallar los factores que involucran la determinación del alumbrado público en la ciudad de Latacunga, parroquia San Felipe se propuso un sistema de iluminación inteligente LED, mediante la utilización de los resultados investigados se aplicara la ingeniería en determinación de costo eléctrico en el Alumbrado público general.

### **4.1. MATERIALES E INSTRUMENTOS**

#### **4.1.1. Software ArcGIS**

Es un sistema completo de información que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir datos geográficos. Es la plataforma líder mundial para crear y utilizar

sistemas de información geográfica (SIG), ArcGIS es utilizado para poner el conocimiento geográfico.

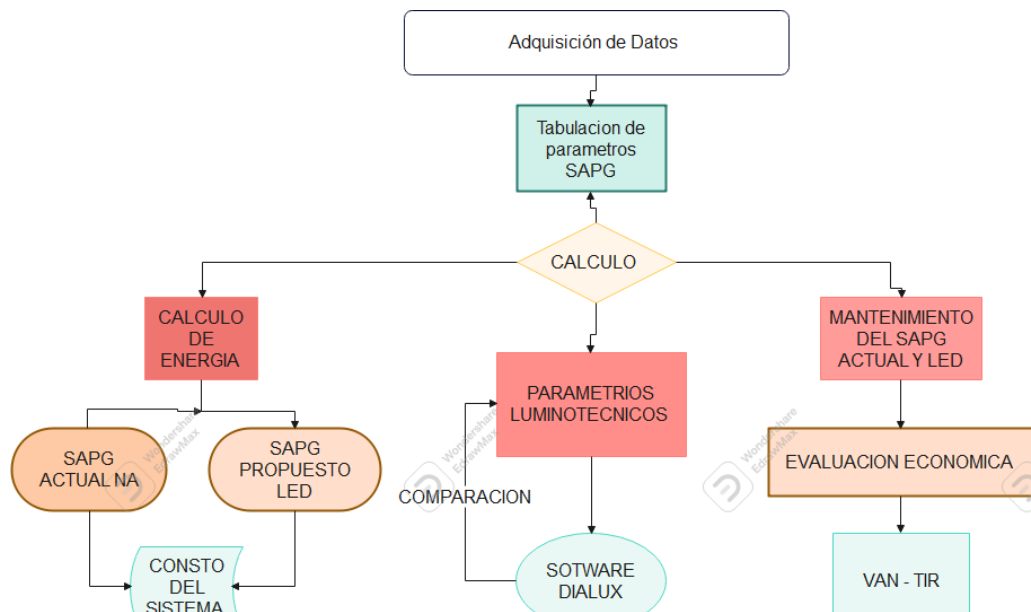
#### 4.1.2. Datos de la empresa eléctrica.

Los datos proporcionados por la empresa eléctrica ELEPCO S.A Permitieron realizar los estudios del costo de la energía de alumbrado público donde por vía legal se solicitó la información detallada a continuación:

- Número de luminarias de alumbrado público.
- Potencia de las luminarias.

#### 4.2. METODOLOGÍA

El presente proyecto tiene como base el análisis del sistema de alumbrado público actual de la parroquia de San Felipe siendo un sistema de lámparas de sodio de alta presión en su totalidad, con el propósito de compararlo con un sistema de iluminación LED cumpliendo las especificaciones técnicas requeridas por la normativa vigente, con los datos proporcionados por la empresa eléctrica distribuidora de Cotopaxi.



**Figura 4.1.** Diagrama de flujo de la metodología

##### 4.2.1. Adquisición de datos.

Mediante una solicitud con número de oficio IELE- N°087-2021 la empresa distribuidora ELEPCO SA, se compromete a entregar los datos técnicos para el desarrollo del estudio

evaluación del impacto del sistema de iluminación inteligente de alumbrado público del cantón Latacunga, parroquia San Felipe.

#### 4.2.1.1 Tabulaciones de datos

La tabulación detalla los niveles de potencia de cada una de las luminarias ubicadas en la parroquia San Felipe en formato DBM, y también contiene coordenadas de georreferenciación.

**Tabla 4.1. Datos tabulados potencia y coordenadas referenciales**

POTENCIA	POINT_X	POINT_Y
250	764165,440	9896521,004
250	764176,970	9896559,476
250	764150,518	9896553,292
150	764035,358	9896742,643
150	764075,072	9896753,092
150	764113,409	9896769,040
250	764184,607	9896798,974
100	764106,572	9896782,025
250	764082,386	9896799,878
250	764054,745	9896847,204
250	764037,306	9896878,515

#### 4.2.1.2 Clasificación según su potencia

Se procede a la tabulación de la información del sistema de alumbrado público actual con el fin de obtener los parámetros para el estudio de este proyecto, se clasifican las luminarias en base a su potencia.

**Tabla 4.2. Clasificación de las luminarias existentes en la parroquia san Felipe**

<b>LUMINARIA DE SODIO AP 250W</b>	
Número de luminarias	216
<b>LUMINARIA DE SODIO AP 150 W</b>	
Número de luminarias	239
<b>LUMINARIA DE SODIO AP 125 W</b>	
Número de luminarias	21
<b>LUMINARIA DE SODIO AP 100 W</b>	
Número de luminarias	164
<b>LUMINARIA DE SODIO AP 70 W</b>	
Número de luminarias	107
TOTAL, DE LUMINARIAS	747

### 4.3.1. Clases de alumbrados para diferentes vías públicas

La clasificación que facilita la regulación del ARCONEL 006/20 “Prestación del Servicio de Alumbrado Público General “clasifica a las vías de acuerdo a la densidad de tráfico vehicular separación de carriles y usuarios.

**Tabla 4.3. Selección de la clase de alumbrado para diferentes tipos de vías publicas**

Descripción de la vía	
Los caminos o vías de alta velocidad, con pistas separadas libres de intersecciones al mismo nivel y con accesos completamente controlados, autopistas, autovías. Con densidad de tráfico y complejidad de circulación vehicular. Nivel Alta más de 1000 vehículos/hora. Nivel Media (entre 500 y 1000 vehículos/hora). Nivel Baja (entre 150 y menos de 500 vehículos/hora).	<b>M1</b> <b>M2</b> <b>M3</b>
Los caminos o vías de alta velocidad, vías con doble sentido de circulación. Con control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía y carreteras.	
<b>Pobre</b>	<b>M1</b>
<b>Bueno</b>	<b>M2</b>
Los caminos o vías secundarias de conexión, carreteras distribuidoras locales, vías de acceso principales residenciales, carreteras que proporcionan acceso a propiedades y conducen a conexiones de carreteras. Con control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía y carreteras caminos etc.	
<b>Pobre</b>	<b>M4</b>
<b>Bueno</b>	<b>M5</b>

#### 4.3.1.1 Parámetros fotométricos para tráfico motorizado

En el país los niveles de iluminación deben cumplir los establecidos por la regulación 006/20 como se muestra en la tabla 4.4 anteriormente elegido el tipo de vía según las especificaciones.

**Tabla 4.4. Luminancia de calzada para tráfico motorizado**

Clase de iluminación	Campo de aplicación		
		Todas las vías	Vías sin o con pocas intersecciones

	Luminancia promedio $L_{av}$ (cd/m <sup>2</sup> ) mínimo mantenido	Factor de uniformidad $U_0$ Mínimo	TI % Máxima inicial	Factor de uniformidad longitudinal de luminancia $U_L$ Mínimo	Relación de alrededores (SR) Mínima
M1	2,0	0,4	10	0,7	0,5
M2	1,5	0,4	10	0,7	0,5
M3	1,0	0,4	10	0,7	0,5
M4	0,8	0,4	10	NR	NR
M5	0,6	0,4	10	NR	NR

#### 4.3.1.2 Clasificación de calzada

La elección de este parámetro se realiza para elegir el material que está compuesto la calzada para posteriormente realizar el análisis luminotécnico.

**Tabla 4.5. Características de las superficies de calzada**

Clase	Características de la superficie
R1	Las superficies de asfalto con un mínimo del 15 % de materiales reflectivos o materiales artificiales claros o al menos un 30 % de anortositas <sup>8</sup> muy brillantes; -Superficies que contienen gravas que cubren más del 80% de la superficie de la calzada, y las gravas constan de gran cantidad de material claro, o reflectivos o están compuestas al 100% de anortositas muy brillantes; -Superficies de calzada de hormigón de concreto y otras combinaciones.
R2	Todas las superficies con textura rugosa que contienen agregados normales; Superficies asfálticas (pavimentos bituminosos que contienen el 10% al 15% de abrilladores artificiales; Hormigón bituminoso grueso y rugoso, rico en gravas (más del 60%) de tamaños mayores a 10 mm; Asfalto mástico después de ser tratado. Se conoce también como asfalto mástico 9 en estado nuevo y liso
R3	Los revestimientos en Hormigón (asfalto frío, asfalto cemento) con tamaño de grava superior a 10 mm, con textura rugosa; Superficies tratadas con textura rugosa pero pulimentada.
R4	El Asfalto mástico después de varios meses de uso; Superficies con textura bastante suave o pulimentada.

#### 4.3.1.3 Determinación de la iluminación para tráfico peatonal.

Para las vías de accesos peatonales en las diferentes calles se consideran los niveles de iluminación según la tabla 4,6.

**Tabla 4.6. Clases de iluminación para vías de peatones**

clase de iluminación	Descripción del uso de la calzada
P1	Vías de gran importancia
P2	La utilización nocturna intensa por peatones y ciclistas de la ciudad
P3	La utilización nocturna moderada por peatones y ciclistas en la ciudad
P4	La utilización nocturna baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a propiedades

<b>P5</b>	La utilización nocturna baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes. Importante mantener el lugar o el carácter arquitectónico del entorno de la ciudad.
<b>P6</b>	La utilización nocturna muy baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes. Importante preservar el carácter arquitectónico del ambiente de la ciudad.

#### 4.3.1.4 Niveles de iluminación para tráfico peatonal

Para definir los parámetros fotométricos del tráfico peatonal se definen en la tabla 4.7

**Tabla 4.7. Requisitos mínimos de iluminación para tráfico peatonal.**

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

#### 4.3.1.5 Vías en zonas de conflicto

Las zonas donde el tráfico vehicular se intersectan o se cruzan y dirigen a una zona concentrada con afluencia de peatones, y otros caminos frecuentes, se los considera como zonas de concentración de conflicto. La clase de iluminación C1 en las zonas de conflicto se determina de la siguiente manera.

$$C = 6 - \sum V_{ps} \quad (4.1)$$

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

$\sum V_{ps}$  = Sumatorio de los parámetros seleccionados en función de la tabla 4.8

**Tabla 4.8. Parámetros para la selección de la clase de iluminación C**

Parámetro	Opciones	Valores de ponderación ( $V_{ps}$ )
Velocidad	Elevado	3
	Alto	2
	Moderado	1
	Bajo	0
Volumen del trafico	Elevado	1
	Alto	0,5
	Moderado	0

	Bajo	-0,5
	Muy bajo	-1
Composición de tráfico	Mezcla con un alto porcentaje de tráfico no motorizado	2
	Mesclado	1
	Solamente motorizado	0
Separación de vías	No	1
	Si	0
Iluminación Ambiental	Alta	1
	Moderada	0
	Baja	-1
Guías Visuales	Pobre	0,5
	Moderado o bueno	0

#### 4.3.1.6 Parámetros fotométricos para zonas en conflicto

Se puede observar la normativa 006/20, establece el tipo de vía a iluminar de acuerdo a las ponderaciones asignadas a cada una de las variables pueden resultar en una clasificación de M1 a M6 con los siguientes parámetros expresados en la tabla 4.9

**Tabla 4.9. Parámetros fotométricos para zonas de conflicto**

Clases de iluminación	Iluminancia promedio E (lx)	Uniformidad de la iluminancia $U_0$	Incremento de umbral %	
			Moderada y alta velocidad	Baja y muy baja velocidad
C0	50	0,40	10	15
C1	30		10	15
C2	20		10	15
C3	15		15	20
C4	10		15	20
C5	7,5		15	25

#### 4.4.1. Determinación de la energía de alumbrado público

##### 4.4.1.1 Determinación de energía sin medidores de energía

Al no existir en nuestro caso de estudio medidores del consumo del alumbrado público general, la empresa eléctrica distribuidora lo determinará mensualmente con base en la información, de la cantidad de luminarias por tipo, que se encuentren instaladas en el alimentador, multiplicadas por un factor de utilización y por el número de horas del mes respectivo, como se puede observar en la ecuación 4.2.

$$Energia = T * \sum_{i=1}^n N_i * f_{ui} * (P_i + CA_i) \quad (4.2)$$

$P_i$ = Potencia de la luminaria tipo “i”,  $N_i$ = Número de luminarias del tipo “i” en el primario  
 $T$  =Número de horas del mes de cálculo; en caso hubiere interrupciones, a nivel del sistema o

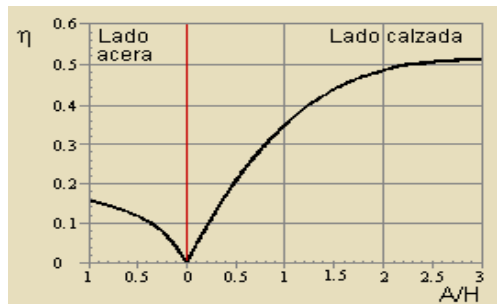
primarias, se descontarán esas horas,  $f_{ui}$ =Factor de utilización de las luminarias tipo “i”,  $CA_i$ = Consumo de auxiliares luminaria tipo “i”. El consumo de auxiliares, dependerá de la potencia de la luminaria instalada.

**Tabla 4.10. Potencias máximas en auxiliares de luminarias.**

Potencia (w)	Potencia máxima en auxiliares de luminarias de vapor de sodio de alta presión (%)	Potencia máxima LED %
$P \leq 70$	16	10
$70 < P \leq 100$	15	
$100 < P \leq 150$	13	
$P > 150$	12	

#### 4.5.1. Cálculo de inter distancias entre luminarias

Mediante los gráficos se puede observar los valores posibles para el cálculo de lado de acera y calzada. Normalmente se utiliza las curvas que suministra los fabricantes donde podemos encontrar el cociente de anchura de la calle/altura que es lo más habitual, o los ángulos  $\gamma_1, \gamma_2$  en el lado de acera y calzada.



**Figura 4.2.** Curvas de factor de utilización

Coefficiente de anchura de la calzada

$$\frac{A_1}{H} \tag{4.3}$$

Coefficiente de anchura de acera

$$\frac{A_2}{H} \tag{4.4}$$

Utilizando la ecuación 3, despejamos el valor  $d$ , para el cálculo de distancia de lámparas.

$$E_m = \frac{\eta * f_m * \phi_L}{A * d} \quad (4.5)$$

Despejamos el valor  $d$

$$d = \frac{\eta * f_m * \phi_L}{A * E_m} \quad (4.6)$$

Obtendremos valores de distancias, este dependerá del tipo de iluminación que se muestra en la tabla 5.3 donde se seleccionó los valores técnicos.

#### 4.5.1.1 Método de Deslumbramiento

El deslumbramiento se lo cuantifica a través de la variable  $TI$ , la cual se calcula para el estado inicial de la instalación, mediante la siguiente ecuación (4.7)

$$TI = \frac{k * E_e}{(Lav)^{0,8} * \theta^2} \% \quad (4.7)$$

$k$  = Es el factor que varía con la edad del observador se usará el valor de 6503.

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

$Lav$  = Luminancia inicial promedio.

$\theta$  = Ángulo en grados formado entre la línea de visión y el centro de cada luminaria.

#### 4.6.1. Simulación del SAPG con tecnología LED

Con la finalidad de realizar un proceso de sustitución de iluminación de sodio optimo por luminarias LED, que cumplan con la regulación 006/20 del SAGP es necesario hacer cálculos de iluminación o diseño fotométricos del sistema.

Para las simulaciones del sistema nuevo se ha considerado:

- El caso real de las vías de la parroquia San Felipe venida Simón Rodríguez. Indoamericana, calles transversales, de la provincia de Cotopaxi.
- Las vías utilizadas para la simulación de sodio, no cumplen con los niveles de iluminación que dispone la regulación 006/20
- Mediciones reales de las vías con conflicto calzada, parter, vereda, número de carriles,
- Las potencias de luminarias de sodio instaladas en las vías de análisis para la simulación proporcionada por la empresa distribuidora de Cotopaxi
- La clasificación de las vías es clasificada previamente según el análisis de tipos de carreteras a simular. Para remplazar las luminarias existentes de sodio por la luminaria LED.

La normativa legal de la regulación del ARCONEL 006/20 establece los valores de iluminación que se detalla en la tabla 4.4.

#### **4.6.1.1 Luminancia promedio de la calzada**

Es el valor mínimo que debe ser mantenido a lo largo de la vida de la instalación, y depende de la distribución de la luz de la luminaria, el flujo luminoso de las luminarias y de las propiedades de reflexión de la calzada.

#### **4.6.1.2 Uniformidad general de luminancia de la calzada**

Es la concordancia entre la luminancia mínima y la luminancia promedio de la vía. El valor depende de los mismos factores que inciden en la luminancia promedio de instalación.



**Figura 4.3** Uniformidad con LED

#### **4.6.1.3 Uniformidad longitudinal sobre la calzada**

Es la analogía entre la luminancia mínima y la luminancia máxima, medidas en dirección longitudinal a lo largo del eje central de cada carril. La distancia entre ellos deberá ser iguales a los utilizados para el cálculo de la luminancia promedio de la calzada.

#### **4.6.1.4 Deslumbramiento**

El deslumbramiento se lo cuantifica a través de la variable  $TI$ , la cual se calcula para el estado inicial de la instalación.

#### **4.6.1.5 Altura mínima de instalación**

Las condiciones emitidas por las unidades de propiedad del Ministerio de electricidad y recursos no renovables, son las siguientes:

**Tabla 4.11. Altura mínima de instalación**

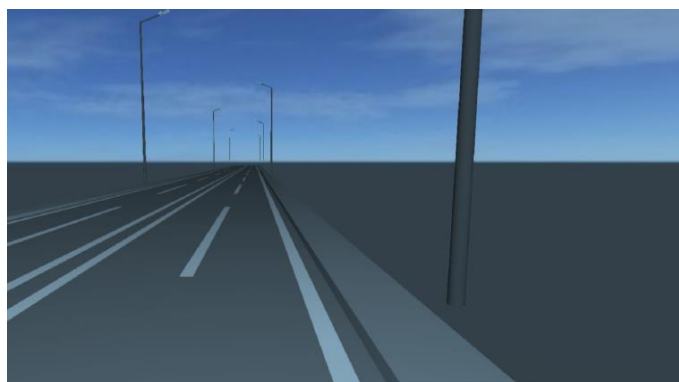
Tipo de vía	Altura M
M1	11 a 12
M2	11 a 12
M3	8 a 8,5
M4	8 a 8,5
M5-M6	8 a 8,5

Resultados para campos de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Camino peatonal 7 (P1)	$E_m$	22.09 lx	[15.00 - 22.50] lx	✓
	$E_{min}$	16.95 lx	$\geq 3.00$ lx	✓
Calzada 6 (M2)	$L_m^{(2)}$	1.20 cd/m <sup>2</sup>	$\geq 1.20$ cd/m <sup>2</sup>	✓
	$U_o$	0.84	$\geq 0.40$	✓
	$U_l$	0.70	$\geq 0.70$	✓
	TI	6 %	$\leq 10$ %	✓
	$R_{ef}^{(1)}$	0.96	-	-

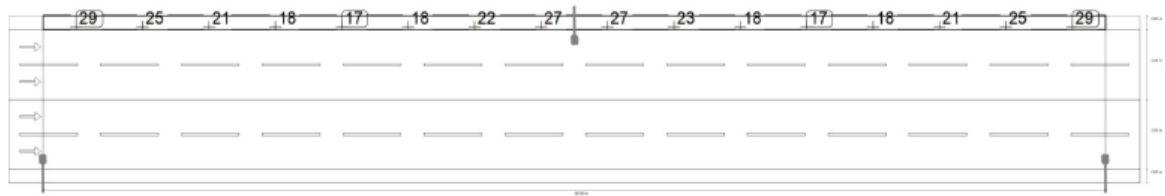
**Figura 4.4.** Valores de iluminación fotométricas en el software DIALux

En la figura 4.5 se muestra una imagen de la interfaz del software aplicado a la simulación de un caso, en una vía 2 calzadas, con disposición bilateral.



**Figura 4.5.** Simulación de vía tipo M3 Software DIALux.

El software de acuerdo a sus variables, realiza procesos combinatorios que cumplen y no cumplen, en la figura 4.6 se puede observar el valor de mantenimiento iluminancia horizontal en Lx.



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

m	1.438	4.313	7.188	10.063	12.938	15.813	18.688	21.563	24.438	27.313	30.188	33.063	35.938	38.813	41.688	44.563
7.100	28.27	24.65	20.47	17.82	17.08	18.27	21.97	26.29	26.44	22.27	18.48	17.29	18.04	20.68	24.81	28.31
6.900	28.67	24.87	20.50	17.79	17.00	18.20	22.16	26.68	26.85	22.48	18.45	17.26	18.01	20.73	25.04	28.72
6.700	29.02	25.08	20.53	17.73	16.95	18.14	22.34	27.08	27.25	22.67	18.44	17.23	17.97	20.78	25.26	29.10

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

	$E_m$	$E_{min}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	22.1 lx	16.9 lx	29.1 lx	0.767	0.582

**Figura 4.6.** Valor de mantenimiento iluminancia horizontal (lx).

#### 4.7.1. Determinación de la demanda de diseño para alumbrado público general

Para el dimensionamiento del sistema propuesto se tomó los elementos de la red, en este caso luminarias y mediante las siguiente formula se determinó la demanda de diseño del nuevo sistema.

$$DD = \frac{DMD + D_{AP} + D_{PT}}{FP} \quad (4.8)$$

Donde

$DD$ : Demanda de diseño en los bornes secundarios del transformador

$D_{AP}$ : Demanda de alumbrado publico

$D_{PT}$ : Demanda de perdidas técnicas resistivas (en la red secundaria en acometidas)

$FP$ : Factor de potencia (0,95)

Nota: En este análisis solo realizo la demanda de diseño para alumbrado público que utilizara luminarias LED.

##### 4.7.1.1 Red de alumbrado público

En instalaciones aéreas, la caída máxima de voltaje no deberá superar el 3% del voltaje nominal de línea, e instalaciones subterráneas la caída máxima de voltaje no deberá superar 6 % del voltaje nominal de la línea, esto está establecida en la norma de la empresa Eléctrica de Quito.

#### 4.8.1. Costo de operación y mantenimiento

Uno de los factores importantes es considerar los costos de mantenimiento del sistema de alumbrado público en lo que corresponde operación y mantenimiento que depende de la metodología de evaluación y programas de mantenimiento en la cual se considera un porcentaje de la inversión inicial o el costo de la reposición de las luminarias a nuevas. Pues tiene su incidencia directa en un factor como es el costo de la tarifa por servicio de alumbrado público el cual se convierte un beneficio directo a los usuarios del servicio.

**Tabla 4.12. mantenimiento del sistema de iluminación actual**

COSTO DE MANTEMINIENTO DE DIFERENTES LUMINARIAS						
Año	Luminaria 250	Luminaria 150	Luminaria 125	Luminaria 100	Luminaria 75	Subtotal
3	\$ 15.586,69	\$ 17.140,17	\$ 1.502,60	\$ 11.709,40	\$ 2.005,35	\$ 47.943,20
6	\$ 22.470,95	\$ 23.092,36	\$ 2.004,35	\$ 15.570,39	\$ 2.405,35	\$ 65.543,39
9	\$ 18.945,20	\$ 20.843,60	\$ 1.826,47	\$ 14.244,44	\$ 2.885,12	\$ 58.744,84
12	\$ 27.197,71	\$ 28.110,66	\$ 2.442,34	\$ 18.980,99	\$ 3.460,60	\$ 80.192,30
					TOTAL	\$ 252.423,73

#### 4.9.1. Estado económico

La información económica constituye la base para el proyecto, considerando los índices los índices macro-económicos de como los precios de energía la mano de obra incluyendo trabajadores y empleados a fin de estimar el posible escenario de las condiciones financieras

##### 4.9.1.1 Flujo de caja proyectada

La presentación del proyecto se selecciona la mejor alternativa de flujo de caja, demostrando el comportamiento de los ingresos y egresos de efectivo que constituyen en el saldo final de la caja fundamental para indicar el origen de los fondos que tendrán a futuro

- Los egresos iniciales de recursos económicos que se utilizan para la inversión.
- Los factores como los ingresos y egresos de operación del proyecto.

**Tabla 4.13.** Análisis de costo de inversión energía y ahorro

<b>COMPARACION DE INVERSION Y COSTO DE ENERGIA ANUAL</b>			
<b>DETALLE</b>	<b>LUMINARIA DE SODIO</b>	<b>LUMINARIA A LED</b>	<b>LUMINARIA LED CON SISTEMA MINOS</b>
<b>COSTOS DE INVERSION</b>	\$ 130.728,43	\$ 181.789,50	\$ 455.879,30
<b>COSTO DE ENERGIA</b>	\$ 31.160,44	\$ 19.209,18	\$ 14.727,03
<b>AHORRO</b>	\$ -	\$ 11.951,27	\$ 16.433,41

#### **4.9.1.2 Tasa mínima Aceptable de rendimiento –TMAR.**

Es un índice de inversión para tomar una decisión relativa a la ejecución de un proyecto deberá exigir que su inversión le rinda por lo menos una tasa igual al costo promedio ponderado de la fuente de financiamiento la tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR) se basa en la máxima tasa que ofrece los bancos por depósitos de plazo.

Considerando el índice de inflación el cual debe ser válido no solo en el momento de la evaluación económica sino en el transcurso de los años de proyección

##### **a. Cálculo del TMAR**

$$TMAR = i + f + if \quad (4.9)$$

Donde

$i$  = Tasa máxima interbancaria

$f$  = Tasa de inflación

#### **4.9.1.3 Valor actual neto**

Obtenido el costo de la energía del sistema inteligente LED, como también el costo de la energía la energía del sistema actual convencional, se debe aplicar los indicadores VAN y TIR que permita determinar si el proyecto propuesto es rentable

El valor actual neto, calcula el valor calcula a valor presente el dinero que una inversión generara en el futuro, teniendo en cuenta que el valor real del dinero conforme al tiempo, comenzando con el análisis de la inversión inicial del sistema propuesto y una tasa de descuento que es el costo de oportunidad del capital.

Se debe representar el valor de los flujos de caja la tasa de interés que se quiere obtener como se puede definir también como tasa del retorno de una inversión de riesgo y duración similar del número de periodos en función del análisis.

Para calcular el VAN se expresa la ecuación (4.9).

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1+k)^t} - I \quad (4.10)$$

Sabiendo que Ft es el flujo de dinero para cada periodo t, I es la inversión inicial del proyecto en análisis del proyecto, n es el tiempo de análisis (vida útil del proyecto) y K es la tasa de descuento o de interés

#### **4.10.1. Tasa de interna de retorno**

La tasa interna de retorno lo usan las compañías para determinar la rentabilidad de una inversión potencial que basa su formulación en la predicción del flujo de caja, esta tasa de descuento hace que el VAN se haga cero y se calcula con el flujo de caja.

Fórmula para calcular el TIR se plantea la ecuación (4.10).

$$TIR = \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1+d)^t} - I = 0 \quad (4.11)$$

Sabiendo que Ft es el flujo de dinero en cada periodo t, n es la cantidad de vida útil del proyecto y d es la tasa de descuento que hace que el resultado sea cero.

## **5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

### **5.1. ANALISIS TECNICO DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PUBLICO**

#### **5.1.1. Ubicación Del Proyecto**

Evaluación del costo del sistema de alumbrado público inteligente en el cantón Latacunga parroquia San Felipe, **Anexo 8.1.1**

#### **5.2.1. Evaluación de luminarias del sistema de alumbrado público actual**

Para la determinación de la energía eléctrica es necesario el número de luminarias existentes del sistema de alumbrado público en la parroquia San Felipe, se procede a obtener los datos proporcionados por la empresa eléctrica de Cotopaxi ELEPCOSA. El sistema cuenta con 216 luminarias de sodio de alta presión con una potencia de 250W. Cuenta a su vez con 239 luminarias de sodio de alta presión de 150W de potencia. Como también 21 luminarias de sodio de alta presión de 125W de potencia, 164 luminarias de sodio de alta presión de 100W, por último 107 luminarias de 70W, donde el total de luminarias en la parroquia San Felipe es de 747 luminarias que conforman el sistema actual de alumbrado público APG.

En la tabla 5.1. Se puede detallar el número de luminarias existentes en la parroquia San Felipe proporcionado por la empresa distribuidora ELEPCOSA.

**Tabla 5.1. Clasificación de las luminarias existentes en la parroquia san Felipe**

<b>LUMINARIA DE SODIO AP 250W</b>	
Número de iluminarias	216
<b>LUMINARIA DE SODIO AP 150 W</b>	
Número de iluminarias	239
<b>LUMINARIA DE SODIO AP 125 W</b>	
Número de iluminarias	21
<b>LUMINARIA DE SODIO AP 100 W</b>	
Número de iluminarias	164
<b>LUMINARIA DE SODIO AP 70 W</b>	
Número de luminarias	107
TOTAL, DE LUMINARIAS	747

### **5.3.1. Información de alumbrado público de la parroquia San Felipe**

Los datos fueron proporcionados por la empresa distribuidora ELEPCO S.A. En formato dbf, para el programa el ArcGis en esta base de datos se encuentra las coordenadas georreferenciales X Y, de cada una de las luminarias y esta detallada en el **Anexo 8.4.1**.

#### **5.3.1.1 Representación de las luminarias y las potencias en ArcGIS.**

Con la asistencia del programa de georreferenciación ArcMap y la capa generada del archivo dbf de alumbrado público con coordenadas georreferenciales se procede a visualizar los datos proporcionada por la empresa eléctrica distribuidora de la parroquia San Felipe, Cantón Latacunga en cual se encuentra en el **Anexo 8.5.1** Los puntos donde están ubicados las luminarias del sistema de iluminación pública actual, se pueden identificar la potencia de cada una de las lámparas de sodio de alta presión y se encuentra en el **Anexo 8.6.1**

### **5.4.1. Análisis lumínico de luminaria existente de la parroquia San Felipe**

Realizando un análisis de observación en las avenidas principales y transversales de la parroquia San Felipe se dedujo que, según la avenida, Simón Rodríguez y Iberoamericana es el estrato M3 más idónea para este tipo de vía, el transito es de 150 a menos de 500 vehículos/hora. Mientras que en las vías secundarias como la avenida Jamaica. Salvador, México, Nicaragua, Chile, Panamá se deducen una vía secundaria M5 para vías de acceso residenciales, carreteras que proporcionan acceso a propiedades y conducen a conexiones de carreteras.

**Tabla 5.2. Selección de la clase de alumbrado para diferentes tipos de vías públicas**

Descripción de la vía	Tipo de iluminación
Baja (entre 150 y menos de 500 vehículos/hora)	M3
Vías urbanas de tráfico importante, carreteras radiales. Con control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía:	
Bueno	M3
Vías secundarias de conexión, carreteras distribuidoras locales, vías de acceso principales residenciales, carreteras que proporcionan acceso a propiedades y conducen a conexiones de carreteras. Con control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía:	
Bueno	M5

Mediante la circulación vehicular elegimos el tipo de iluminación M3, en la parroquia San Felipe ya que este no supera los 500 vehículos/hora en las vías.

**Tabla 5.3. Valores mínimos de iluminación promedio (lx) en vías motorizadas que se deben mantener**

Clase de iluminación	Valor promedio (mínimo a mantener) de iluminancia según tipo de superficie de la vía (lx) revisar tabla 5.6			Uniformidad de la Iluminancia
	R1	R2 y R3	R4	Emin/ Eprom (%)
M3	12	17	15	34%
M5	6	9	8	18

Al determinar los valores mínimos de iluminación, utilizamos R2 por sus especificaciones técnicas y este se detallará en la tabla 5.4

**Tabla 5.4. Características de la superficie**

Clase	Características de la superficie
R2	Superficies con textura rugosa que contienen agregados normales; Superficies asfálticas (pavimentos bituminosos que contienen el 10% al 15% de a brilladores artificiales; Hormigón bituminoso grueso y rugoso, rico en gravas (más del 60%) de tamaños mayores a 10 mm; Asfalto mástico después de ser tratado. Se conoce también como asfalto mástico <sup>9</sup> en estado nuevo.

#### 5.4.1.1 Parámetros fotométricos de las vías con tráfico

Según el tipo de vías escogidas en la parroquia San Felipe las luminarias establecen los requisitos fotométricos para las vías. Al escoger el estrato M3 y M5 en nuestro análisis se

detalla la luminancia promedio, el factor de uniformidad, el deslumbramiento máximo, factor de uniformidad longitudinal de los dos estratos elegidos.

**Tabla 5.5. Luminancia de calzada para tráfico motorizado**

Clase de iluminación	Campo de aplicación				
	Todas las vías			Vías sin o con pocas intersecciones	Vías con aceras no iluminadas para clases P1 a P4 (ver Tabla 6)
	Luminancia promedio $L_{av}$ (cd/m <sup>2</sup> ) mínimo mantenido	Factor de uniformidad $U_o$ Mínimo	TI % Máxima inicial	Factor de uniformidad longitudinal de luminancia $U_L$ Mínimo	Relación de alrededores (SR) Mínima
M3	1,0	0,4	10	0,7	0,5
M5	0,6	0,4	10	NR	NR

#### 5.4.1.2 Especificaciones técnicas del sistema de alumbrado público actual

Mediante los diferentes cálculos adquirimos en tabla 5.6 especifica los valores para cada luminaria que existe en el sistema de alumbrado público esto se detallara en el **Anexo 8.7.1**. El flujo luminoso, el factor de utilización la distancia calculada según el método y la vida útil de cada una de las luminarias del sistema actual.

**Tabla 5.6. Resumen Especificaciones técnicas del sistema de alumbrado público actual**

Potencia (W)	Flujo luminoso (lm)	factor de utilización ( $\eta$ )	Distancia (m)	Vida útil
70	6500	0,245	13	24000
100	10500	0,145	13	24000
125	12400	0,150	15	24000
150	17500	0,175	25	24000
250	33000	0,175	48	24000

Mediante el método de los lúmenes o de factor de utilización se realizó el respectivo cálculo para analizar la distancia entre luminarias y de deslumbramiento, y mediante el cálculo se puede verificar que existen lugares con puntos ciegos.

#### 5.4.1.3 Parámetros fotométricos para zonas en conflicto

En la parroquia San Felipe se determinó 4 zonas principales de conflicto a lo largo de nuestro estudio, detallando cuando el flujo de vehículos se cruza entre si o se dirigen a lugares frecuentes con afluencia de peatones. Se ubican en cuatro zonas estratégicas, el primer caso es la avenida Colaisa y Av. Simón rodríguez, el segundo caso ubicado en las avenidas Simón rodríguez, Jamaica, Iberoamericana, posteriormente el tercer caso está ubicado en la avenida El Salvador Av. Simón Rodríguez. El cuarto está ubicado en calla panamá y Av. simón rodríguez.

**Tabla 5.7. Parámetros fotométricos para zonas de conflicto caso 1**


<b>Avenida Iberoamericana</b>			<b>Avenida Simon Rodriguez</b>			<b>C. Jamaica</b>		
<b>Descripción</b>	<b>#</b>	<b>L(m)</b>	<b>Descripción</b>	<b>#</b>	<b>L(m)</b>	<b>Descripción</b>	<b>#</b>	<b>L(m)</b>
Calzada	2	4,5	Calzada	2	7	Calzada	1	4,5
Vereda	2	1,50	Vereda	2	1,50	Vereda	1	1.5
Parter	1	1,5	Parter	1	2	Parter	0	0
Vías	2	9	Vías	2	14	Vías	2	9
<b>Montaje</b>			<b>Montaje</b>			<b>Montaje</b>		
Parámetros	Unidad	Valor	Parámetros	Unidad	Valor	Parámetros	Unidad	Valor
Altura	M	8	Altura	M	8	Altura	M	8
Interdistancia	M	32	Interdistancia	M	38	Interdistancia	M	39
Angulo	Grados	15	Angulo	grados	15	Angulo	grados	15
								
<b>Zona de conflicto: C1</b>								
<b>Illuminacia promedio sodio</b>					<b>Illuminacia promedio LED</b>			
23.6					24.7			

Se realizó el cálculo de la zona de conflicto de la avenida Iberoamericana y Simón Rodríguez y Jamaica, la selección se lo realiza cuando el flujo de vehículos se cruza o se dirige hacia lugares frecuentados por peatones, ciclista o usuarios de otros caminos o cuando hay un cambio en la geometría de la vía.

La zona de conflicto se determinó C1, por el tránsito vehicular y de peatones que son estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi y residentes de la parroquia.

Se determinó que la avenida Simón Rodríguez con un ancho de calzada de 18m y un parter de 1m y también la avenida Iberoamericana con un ancho de calzada de 18m y un parter 1.20 m que cuantificándolo en porcentaje es del 20%, el cual es despreciable porque las dos avenidas tienen disposiciones centrales y unilaterales.

**Tabla 5.8. Parámetros fotométricos para zonas de conflicto caso 2**

<b>Calle Colaica</b>			<b>Avenida Simon Rodriguez</b>		
<b>Descripción</b>	<b>#</b>	<b>L(m)</b>	<b>Descripción</b>	<b>#</b>	<b>L(m)</b>
Calzada	2	4,5	Calzada	2	7
Vereda	2	1,50	Vereda	2	1,50
Parter	0	0	Parter	1	2
Vías	2	9	Vías	2	14
<b>Montaje</b>			<b>Montaje</b>		
Parámetros	Unidad	Valor	Parámetros	Unidad	Valor
Altura	M	8	Altura	M	8
Interdistancia	M	56	Interdistancia	M	70
Angulo	grados	15	Angulo	Grados	15
					
<b>Zona de conflicto: C2</b>					
<b>Iluminacia promedio sodio</b>			<b>Iluminacia promedio LED</b>		
15.3			22.8		

Se realizó el cálculo de la zona de conflicto de la avenida Colaica y Simón Rodríguez y C. 10 de agosto, en este caso es C2 esto se debe que lugar existe poca afluencia de tránsito peatonal.

**Tabla 5.9. Parámetros fotométricos para zonas de conflicto caso 3**

Avenida El Salvador			Avenida Simon Rodriguez		
Descripción	#	L(m)	Descripción	#	L(m)
Calzada	2	4,5	Calzada	2	7
Vereda	2	1,50	Vereda	2	1,50
Parter	0	0	Parter	1	2
Vías	2	9	Vías	2	14
Montaje			Montaje		
Parámetros	Unidad	Valor	Parámetros	Unidad	Valor
Altura	M	8	Altura	M	8
Interdistancia	M	40	Interdistancia	M	40
Angulo	grados	15	Angulo	Grados	10



Zona de conflicto: C1	
Iluminacia promedio sodio	Iluminacia promedio LED
28.1	42

Se realizó el cálculo de la zona de conflicto de la avenida Salvador y Simón Rodríguez, en este caso es C1 esto se debe que lugar existe, afluencia tránsito vehicular y de peatones que son estudiantes de la universidad técnica de Cotopaxi y residentes de la parroquia.

**Tabla 5.10. Parámetros fotométricos para zonas de conflicto caso 4**

Calle Panama			Avenida Simon Rodriguez		
	#	L(m)	Descripción	#	L(m)
Calzada	2	3,5	Calzada	2	4
Vereda	2	1,50	Vereda	2	1,50
Parter	0	0	Parter	0	0
Vías	2	7	Vías	2	8
Montaje			Montaje		
Parámetros	Unidad	Valor	Parámetros	Unidad	Valor
Altura	m	8	Altura	M	8
Interdistancia	m	38	Interdistancia	M	40
Angulo	grados	10	Angulo	Grados	10

	
<b>Zona de conflicto: C1</b>	
<b>Iluminancia promedio sodio</b>	<b>Iluminancia promedio LED</b>
33.4	43.2

Se realizó el cálculo de la zona de conflicto de la avenida C. Panamá y Simón Rodríguez en este caso es C1 esto se debe que lugar existe, afluencia tránsito vehicular, de peatones y de residentes de la parroquia.

#### 5.4.1.4 Zona de conflicto de la vía secundaria

Las vías secundarias se clasifico como C2 por su bajo tránsito vehicular y de peatones. Mediante un análisis de medidas con un distanciómetro laser se determinó que en las calles secundarias de la zona de estudio son iguales, esto se detalla en la tabla 5.11.

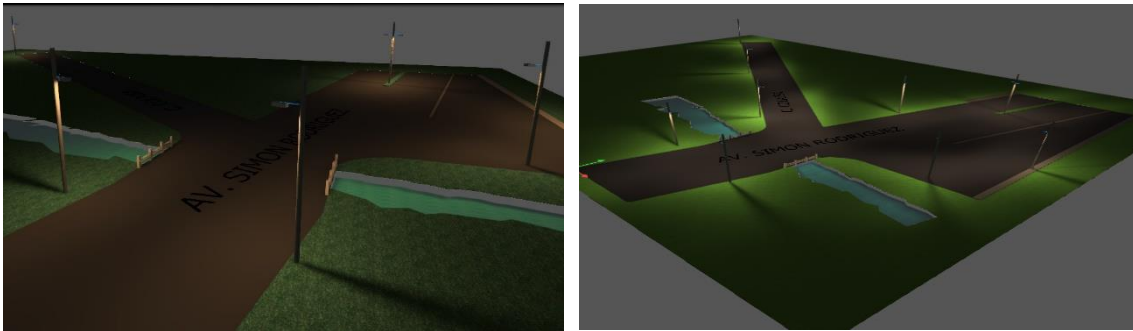
**Tabla 5.11. Parámetros fotométricos para zonas de conflicto caso 5**

<b>Vías secundarias</b>		
Avenida Chile		
C. Brasil		
Avenida Uruguay		
Avenida Paraguay		
C. Nicaragua		
Avenida México		
Descripción	#	L(m)
Calzada	1	5
Vereda	2	1,50
Parter	0	0
Vías	1	5
<b>Montaje</b>		
Parámetros	Unidad	Valor
Altura	m	8
Interdistancia	m	45
Angulo	grados	5

### 5.4.1.5 Simulación de las zonas de conflicto en la parroquia San Felipe

#### a. Caso 1

En la avenida Colaisa y Av. Simón Rodríguez se detalló en la figura (1a) la cual contiene las luminarias de sodio de 150 en su totalidad, mientras que en la figura (b) se utilizan luminarias LED de 71W. En el apartado (a) denota los puntos de oscuridad en la avenida Colaisa. Mientras que en el apartado (b) se puede observar la eliminación de los puntos de oscuridad ya que se implementa tres luminarias de 71 W. Resultando una mejor iluminación de esta zona de conflicto.

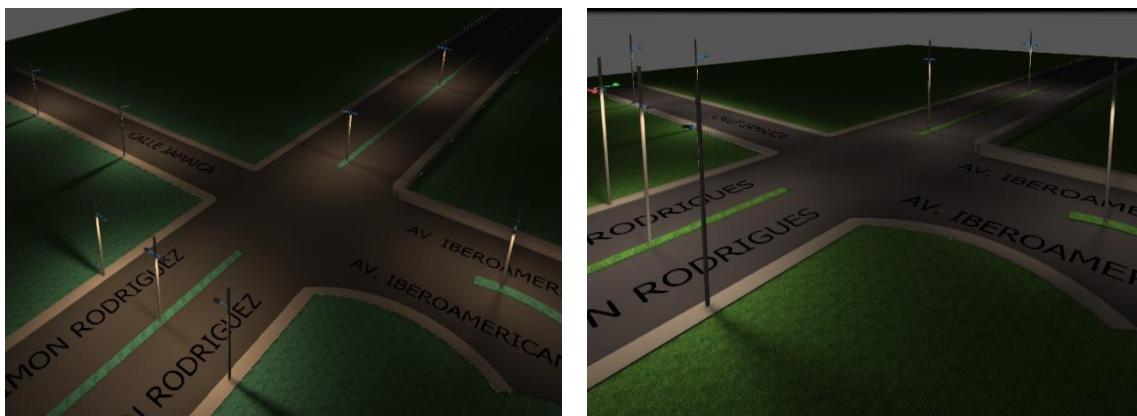


(a) Simulación con luminarias de sodio nocturno (b) Simulación con luminarias LED Nocturno

**Figura 5.1.** Simulación en 3D zona de Conflicto.

#### b. Caso 2

En las avenidas Simón rodríguez, Jamaica, Iberoamericana, en el apartado (a) se puede visualizar el cruce de las 4 vías principales con luminarias de 150W y 4 luminarias de 250W. Mientras que en el ítem (b). Se detalló el cambio de las luminarias por 71 w y 4 de 186W mejorando los parámetros de iluminación en esta zona de conflicto

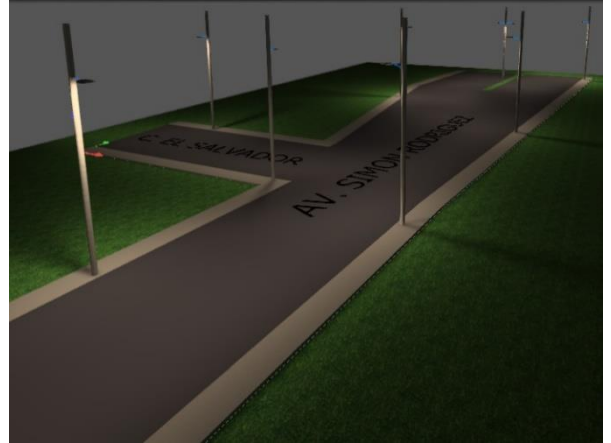
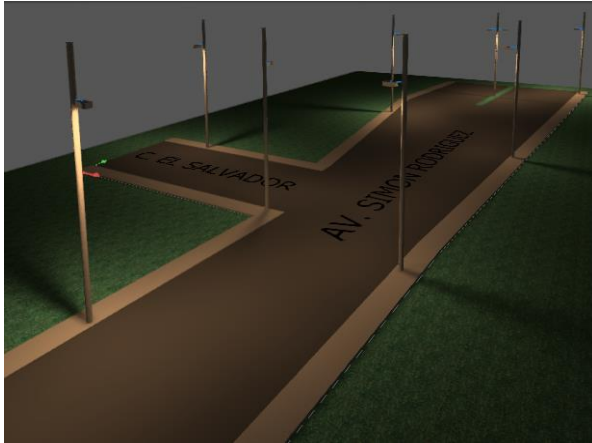


(a) Simulación con luminarias de sodio (b) Simulación con luminarias LED

**Figura 5.2** Simulación en 3D zona de Conflicto 2

### c. Caso 3

La avenida El Salvador Av. Simón Rodríguez en el ítem (a) se puede observar las luminarias de sodio de 3 250 W, 3 de 150 W y 3 de 100W y en el ítem (b) se puede observar el cambio de las luminarias a LED 3 de 187W, 3 de 71W y 3 de 56w



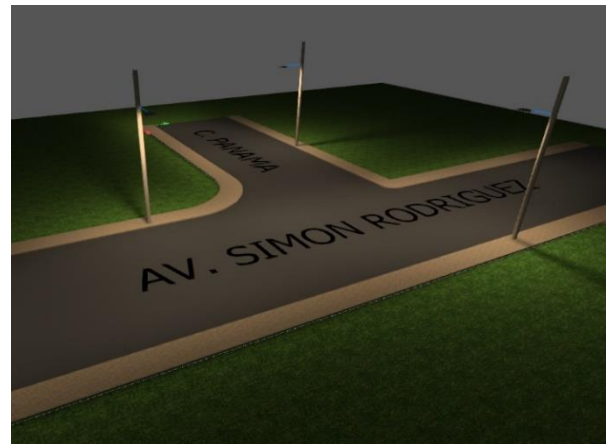
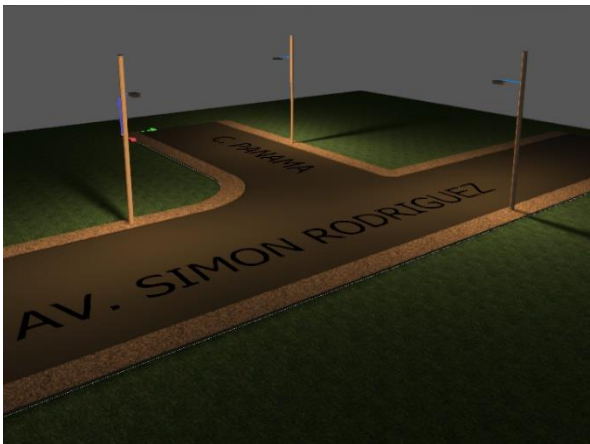
(a) Simulación con luminarias Sodio

(b) simulacion con luminarias LED

**Figura 5.3.** Simulación en 3D zona de Conflicto 3.

### d. Caso 4

Avenida panamá y Av. simón rodríguez. En el ítem (a) se puede observar las luminarias de sodio de instaladas. Mientras en el ítem (b) se puede observar el cambio de las luminarias a LED dando parámetros de iluminación efectivos con el cambio de luminarias LED.



(a) Simulación con luminarias de sodio

(b) Simulación con luminarias LED

**Figura 5.4** Simulación en 3D zona de Conflicto 4.

#### 5.4.1.6 Parámetros fotométricos para tráfico peatonal

Los parámetros escogidos para tráfico peatonal (P1 al P6), se definirá en la tabla 5.12

**Tabla 5.12. Requisitos mínimos de iluminación para tráfico peatonal**

Clase de iluminación	Iluminación (lx)	
	Valor promedio	Valor mínimo
<b>P1</b>	20	7,5
<b>P2</b>	10	3,0

#### 5.5.1. Energía del sistema de alumbrado público de la parroquia San Felipe

Para la determinación de la energía se propone dividirlos en secciones según el tipo y la potencia de cada luminaria como se muestra en la Tabla 5.13. Mediante la fórmula de energía, establecido por la regulación 006/20 en la cual detalla el número de luminarias, la potencia y demás factores como se puede detallar en el anexo 9.3

**Tabla 5.13. Determinación de la energía del alumbrado público existente.**

<b>CONSUMO DEL SISTEMA</b>			
<b>TIPO DE LUMINARIA</b>	<b>Potencia de luminaria (W)</b>	<b>Numero de luminarias</b>	<b>Potencia kW/mes</b>
Sodio	250	216	30,24
Sodio	150	239	20.84
Sodio	125	21	1,48
Sodio	100	164	9,43
Sodio	70	107	4,34

**Tabla 5.14. Consumo energía mensual del sistema de alumbrado público actual**

<b>CONSUMO DE ENERGÍA DE LUMINARIAS DE SODIO AP.</b>	
Potencia total en kW	65,57
Horas de funcionamiento (1 Mes)	360
Energía total consumida en kW/h (1 MES)	<b>23606,40</b>

#### 5.5.1.1 Costo de la energía eléctrica del sistema de alumbrado público actual

La determinación del costo del sistema de alumbrado público se efectúa cuantificando la energía de todo el sistema actual de la parroquia San Felipe obteniendo la energía total siendo esta 23606,40 kWh/mes. Para el cálculo del costo de la energía se empleará la tarifa del

alumbrado público seccionado según el pliego tarifario de 0.11 USD por cada kilowatt hora /mes como se puede demostrar en la siguiente formula:

$$C_{e_{sa}} = ET_{sa} * Cp_{kWH}$$

$$C_{e_{sa}} = 23606,40 \text{ kw} * 0.11\$$$

$$C_{e_{sa}} = 2596,7 \text{ USD/mes}$$

### 5.6.1. Especificaciones técnicas de luminarias LED

Mediante los diferentes cálculos adquirimos la tabla 5.19 que especifica los diferentes valores para cada luminaria para el sistema de alumbrado público esto se detallara en el **Anexo 8.8**

**Tabla 5.15. Datos técnicos de la luminaria LED**

Potencia (W)	Flujo luminoso (lm)	factor de utilización ( $\eta$ )	Distancia (m)	Vida útil (H)
186	27600	0,8534	46	50000
71	11328	0,8502	30	50000
56	10081	0,8397	42	50000

Mediante el método de los lúmenes o de factor de utilización se realizó el respectivo cálculo para analizar la distancia entre luminarias y de deslumbramiento, mediante el cálculo se puede verificar que cumple las especificaciones técnicas de la normativa 006/20.

### 5.7.1. Descripción de las simulaciones

La simulación de las luminarias LED se desarrollaron en el programa Dialux EVO tras la selección de las luminarias que puedan prestar el servicio actual de las luminarias de sodio del sistema de iluminación actual de la parroquia san Felipe. Se comparó las fotometrías, potencia y temperatura de las luminarias LED sabiendo de las lámparas de la marca aventó es la que cuenta con catalogo en el software Dialux

#### 5.7.1.1 Información de la simulación en DIALux evo para calzada

Los parámetros de las luminarias LED cumplen por con los valores establecidos por la normativa en este caso en particular se reemplaza las luminarias de sodio, por luminarias LED

se pueden identificar en la siguiente tabla con los parámetros fotométricos. De las siguientes luminarias sodio de 250W, 150W ,125W ,70W. Con respecto a 186, 71,56 en luminaria LED.

**Tabla 5.16. Parámetros fotométricos**

PARAMETROS FOTOMETRICOS SIMULADOS EN DIALux PARA CALZADA									
TIPO	POTENCIA	Simulación				Parámetros establecidos por norma			
		Lm cd/	Uo	UI	TI %	Lm cd/	Uo	UI	TI %
L. sodio	250	0.79	0.49	0.27	7	≥ 1.20	≥0.40	≥0.70	≥10
L. LED	186	1.20	0.84	0.70	6	≥ 1.20	≥0.40	≥0.70	≥10
TIPO	POTENCIA	Simulación				Parámetros establecidos por norma			
		Lm cd/	Uo	UI	TI %	Lm cd/	Uo	UI	TI %
L. sodio	150	1.99	0.79	0.75	4	≥ 1.00	≥0.40	≥0.60	≥15
L. LED	71	1.54	0.64	0.84	9	≥ 1.00	≥0.40	≥0.60	≥15
TIPO	POTENCIA	Simulación				Parámetros establecidos por norma			
		Lm cd/	Uo	UI	TI %	Lm cd/	Uo	UI	TI %
L. sodio	70-100-125	0.79	0.81	0.85	4	≥ 0.50	≥0.35	≥0.40	≥15
L. LED	56	0.56	0.81	0.82	4	≥ 0.50	≥0.35	≥0.40	≥15

### 5.8.1. Análisis de la energía de alumbrado público LED marca aventó

El sistema de alumbrado público LED tras el análisis lumínico se determina la cantidad de 216 lámparas LED de 186 W que son necesarias para suplantar al sistema actual, como también 239 lámparas de 71W y 292 luminarias de 56 w. Con estos datos se procederá a calcular la energía del sistema propuesto. Mediante la fórmula establecida por la regulación 006/20 el cual detalla el número de lámparas, la potencia,

**Tabla 5.17. Energía del alumbrado público con luminarias LED**

CONSUMO DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PUBLICO LED			
TIPO DE LUMINARIA	Potencia de luminaria (W)	Numero de luminarias	Potencia kW/mes
LED	186	216	22,1
LED	71	239	9,33
LED	56	292	8,99

**Tabla 5.18. Energía consumida por el sistema alumbrado público con luminarias LED**

<b>CONSUMÓ DE ENERGÍA EN LUMINARIA LED.</b>	
POTENCIA TOTAL kW	40,42
HORAS DE USO (1 MES)	360
ENERGÍA TOTAL EN kW/H (1 MES)	14552,41

**5.8.1.1 Costo de la energía eléctrica del sistema de alumbrado público LED**

Se obtiene la energía total del sistema propuesto siendo esta de 14552,41 kWh/mes. Para el cálculo del costo de la energía se empleará la tarifa del alumbrado público seccionado según el pliego tarifario de 0.11 USD por cada kilowatt hora /mes como se puede demostrar en la siguiente formula:

$$C_{e_{led}} = ET_{led} * Cp_{kWH}$$

$$C_{e_{led}} = 14552,41 \text{ kw} * 0.11\$$$

$$C_{e_{led}} = 1600,8 \text{ USD/Mes}$$

**Tabla 5.19. Comparación de consumo de energía sin el sistema inteligente Minos**

	<b>Energía consumida con luminarias convencionales</b>	<b>Energía consumida con luminarias LED</b>	<b>Ahorro energético (kWh)</b>
Mensual (kWh)	23606,40	14552,41	9053,99
Anual (MWh)	283.27	174.62	108.62

**5.9.1. Determinación de la demanda de diseño para alumbrado público general**

Posteriormente al análisis del sistema de alumbrado público, se ejecutó el estudio de demanda de diseño para las nuevas luminarias a reemplazar. Para determinar la nueva capacidad de los transformadores

**5.9.1.1 Capacidad de transformadores**

Para establecer la capacidad del transformador de distribución se debe determinar la demanda de diseño y este dependerá del número de luminarias en este proyecto. Mediante la norma de la empresa de Eléctrica de Quito se muestra la siguiente tabla las especificaciones técnicas de los transformadores.

**Tabla 5.20. Especificaciones de los transformadores**

<b>POTENCIA NOMINAL DE LOS TRANSFORMADORES</b>			
<b>VOLTAJE NOMINAL</b>		<b>N° DE FASES</b>	<b>POTENCIA NOMINAL (kVA)</b>
<b>MV (kV)</b>	<b>BV(V)</b>		
6.0	240/120	2	5; 10; 15; 25; 37,5; 50

### 5.9.1.2 Caída de tensión de alumbrado público

La caída de tensión indica que un circuito está demasiado restringido como para operar ya que el conductor opone una resistencia y esto tiene repercusiones graves de funcionamiento en los equipos conectados a la línea eléctrica, mediante la normativa se debe respetar los niveles de caída de tensión para evitar estos percances.

### 5.9.1.3 Cálculo de caída de tensión de la Parroquia San Felipe

#### a. Circuito 1

En la tabla 21 se detalla las potencias de las luminarias que servirán para realizar el dimensionamiento del transformador en este caso tenemos un transformador de 6,964kVA la selección del transformador estándar es de 10 kVA para este caso.

**Tabla 5.21. Dimensionamiento del transformador 1**

<b>CALCULO DEL TRANSFORMADOR 1</b>			
POTENCIA DE LUMINARIAS (W)	56	71	186
NUMERO DE LUMINARIAS	51	32	8
SUBTOTAL (kW)	2,856	2,27	1,49
TOTAL (kW)	6,616		
POTENCIA DEL TRANSFORMADOR kVA	<b>6,964</b>		

La caída de tensión del nuevo sistema de alumbrado público LED es de 1,990% manteniéndose en los márgenes establecidos por la normativa para alumbrado público. La caída de tensión del sistema de alumbrado público actual, considerando el nuevo transformador es de 2,297% y mantiene los márgenes establecidos por la normativa.

**Tabla 5.22. Caída de tensión 1**

<b>LIMITE DE CAIDA DE TENSION 3%</b>	
CAIDA DE TENSION MAXIMA DEL TRANSFORMADOR 1 (LED)	1,990
CAIDA DE TENSION MAXIMA DEL TRANSFORMADOR 1 (SODIO)	2,297

### b. Circuito 2

En la tabla 23 se detalla las potencias de las luminarias que servirán para realizar el dimensionamiento del transformador en este caso tenemos un transformador de 4,989kVA la selección del transformador estándar es de 5 kVA para este caso.

**Tabla 5.23. Dimensionamiento del transformador 2**

<b>CALCULO DEL TRANSFORMADOR 2</b>			
POTENCIA DE LUMINARIAS (W)	56	71	186
NUMERO DE LUMINARIAS	53	4	8
SUBTOTAL (kW)	2,968	0,28	1,49
TOTAL (kW)		4,740	
POTENCIA DEL TRANSFORMADOR kVA		<b>4,989</b>	

La caída de tensión del nuevo sistema de alumbrado público LED es de 1,135% manteniéndose en los márgenes establecidos por la normativa para alumbrado público.

La caída de tensión del sistema de alumbrado público actual, considerando el nuevo transformador es de 2,081% y mantiene los márgenes establecidos por la normativa.

**Tabla 5.24. Caída de tensión 2**

<b>LIMITE DE CAIDA DE TENSION 3%</b>	
CAIDA DE TENSION MAXIMA DEL TRANSFORMADOR 2 (LED)	1,135
CAIDA DE TENSION MAXIMA DEL TRANSFORMADOR 2 (SODIO)	2,081

### c. Circuito 3

En la tabla 25 se detalla las potencias de las luminarias que servirán para realizar el dimensionamiento del transformador en este caso tenemos un transformador de 10,323kVA la selección del transformador estándar es de 15 kVA para este caso.

**Tabla 5.25. Dimensionamiento del transformador 3**

<b>CALCULO DEL TRANSFORMADOR 3</b>			
POTENCIA DE LUMINARIAS (W)	56	71	186
NUMERO DE LUMINARIAS	45	45	22
SUBTOTAL (kW)	2,52	3,20	4,09
TOTAL (kW)		9,81	
POTENCIA DEL TRANSFORMADOR kVA		<b>10,323</b>	

La caída de tensión del nuevo sistema de alumbrado público LED es de 2,422% manteniéndose en los márgenes establecidos por la normativa para alumbrado público.

La caída de tensión del sistema de alumbrado público actual, considerando el nuevo transformador es de 4,326% y no mantiene los márgenes establecidos por la normativa.

**Tabla 5.26. Caída de tensión 3**

<b>LIMITE DE CAIDA DE TENSION 3%</b>	
CAIDA DE TENSION MAXIMA DEL TRANSFORMADOR 3 (LED)	2,422
CAIDA DE TENSION MAXIMA DEL TRANSFORMADOR 3 (SODIO)	4,326

**d. Circuito 4**

En la tabla 27 se detalla las potencias de las luminarias que servirán para realizar el dimensionamiento del transformador en este caso tenemos un transformador de 14,624kVA la selección del transformador estándar es de 15 kVA para este caso.

**Tabla 5.27. Dimensionamiento del transformador 4**

<b>CALCULO DEL TRANSFORMADOR 4</b>			
POTENCIA DE LUMINARIAS (W)	56	71	186
NUMERO DE LUMINARIAS	38	19	56
SUBTOTAL (kW)	2,128	1,35	10,42
TOTAL (kW)		13,893	
POTENCIA DEL TRANSFORMADOR kVA		<b>14,624</b>	

La caída de tensión del nuevo sistema de alumbrado público LED es de 2,856% manteniéndose en los márgenes establecidos por la normativa para alumbrado público.

La caída de tensión del sistema de alumbrado público actual, considerando el nuevo transformador es de 3,826% y no mantiene los márgenes establecidos por la normativa.

**Tabla 5.28. Caída de tensión 4**

<b>LIMITE DE CAIDA DE TENSION 3%</b>	
CAIDA DE TENSION MAXIMO DEL TRANSFORMADOR 4 (LED)	2,856
CAIDA DE TENSION MAXIMO DEL TRANSFORMADOR 4 (SODIO)	3,826

**e. Circuito 5**

En la tabla 29 se detalla las potencias de las luminarias que servirán para realizar el dimensionamiento del transformador en este caso tenemos un transformador de 13,133kVA la selección del transformador estándar es de 15 kVA para este caso.

**Tabla 5.29. Dimensionamiento del transformador 5**

<b>CALCULO DEL TRANSFORMADOR 5</b>			
POTENCIA DE LUMINARIAS (W)	56	71	186
NUMERO DE LUMINARIAS	26	74	31
SUBTOTAL (kW)	1,456	5,25	5,77
TOTAL (kW)		12,476	
POTENCIA DEL TRANSFORMADOR kVA		<b>13,133</b>	

La caída de tensión del nuevo sistema de alumbrado público LED es de 2,675% manteniéndose en los márgenes establecidos por la normativa para alumbrado público.

La caída de tensión del sistema de alumbrado público actual, considerando el nuevo transformador es de 3,826% y no mantiene los márgenes establecidos por la normativa.

**Tabla 5.30. Caída de tensión 5**

<b>LIMITE DE CAIDA DE TENSION 3%</b>	
CAIDA DE TENSION MAXIMA DEL TRANSFORMADOR 5 (LED)	2,675
CAIDA DE TENSION MAXIMA DEL TRANSFORMADOR 5 (SODIO)	3,863

#### **f. Circuito 6**

En la tabla 31 se detalla las potencias de las luminarias que servirán para realizar el dimensionamiento del transformador en este caso tenemos un transformador de 10,123kVA la selección del transformador estándar es de 15 kVA para este caso.

**Tabla 5.31. Dimensionamiento del transformador 6**

<b>CALCULO DEL TRANSFORMADOR 6</b>			
POTENCIA DE LUMINARIAS (W)	56	71	186
NUMERO DE LUMINARIAS	23	23	36
SUBTOTAL (kW)	1,288	1,63	6,70
TOTAL (kW)		9,617	
POTENCIA DEL TRANSFORMADOR kVA		<b>10,123</b>	

La caída de tensión del nuevo sistema de alumbrado público LED es de 2,844% manteniéndose en los márgenes establecidos por la normativa para alumbrado público. La caída de tensión del sistema de alumbrado público actual, considerando el nuevo transformador es de 3,929% y no mantiene los márgenes establecidos por la normativa.

**Tabla 5.32. Caída de tensión 6**

<b>LIMITE DE CAIDA DE TENSION 3%</b>	
CAIDA DE TENSION MAXIMA DEL TRANSFORMADOR 6 (LED)	2,844
CAIDA DE TENSION MAXIMA DEL TRANSFORMADOR 6 (SODIO)	3,929

**g. Circuito 7**

En la tabla 33 se detalla las potencias de las luminarias que servirán para realizar el dimensionamiento del transformador en este caso tenemos un transformador de 10,421kVA la selección del transformador estándar es de 15 kVA para este caso.

**Tabla 5.33. Dimensionamiento del transformador 7**

<b>CALCULO DEL TRANSFORMADOR 7</b>			
POTENCIA DE LUMINARIAS (W)	56	71	186
NUMERO DE LUMINARIAS	26	22	37
SUBTOTAL (kW)	1,456	1,56	6,88
TOTAL (kW)		9,900	
POTENCIA DEL TRANSFORMADOR kVA		<b>10,421</b>	

La caída de tensión del nuevo sistema de alumbrado público LED es de 2,648% manteniéndose en los márgenes establecidos por la normativa para alumbrado público.

La caída de tensión del sistema de alumbrado público actual, considerando el nuevo transformador es de 3,559% y no mantiene los márgenes establecidos por la normativa.

**Tabla 5.34. Caída de tensión 7**

<b>LIMITE DE CAIDA DE TENSION 3%</b>	
CAIDA DE TENSION MAXIMA DEL TRANSFORMADOR 7 (LED)	2,648
CAIDA DE TENSION MAXIMA DEL TRANSFORMADOR 7 (SODIO)	3,559

**h. Circuito 8**

En la tabla 35 se detalla las potencias de las luminarias que servirán para realizar el dimensionamiento del transformador en este caso tenemos un transformador de 4,546 kVA la selección del transformador estándar es de 5 kVA para este caso.

**Tabla 5.35. Dimensionamiento del transformador 8**

<b>CALCULO DEL TRANSFORMADOR 8</b>			
POTENCIA DE LUMINARIAS (W)	56	71	186
NUMERO DE LUMINARIAS	29	17	8
SUBTOTAL (kW)	1,624	1,21	1,49
TOTAL (kW)		4,319	
POTENCIA DEL TRANSFORMADOR kVA		<b>4,546</b>	

La caída de tensión del nuevo sistema de alumbrado público LED es de 2,510% manteniéndose en los márgenes establecidos por la normativa para alumbrado público.

La caída de tensión del sistema de alumbrado público actual, considerando el nuevo transformador es de 4,760% y no mantiene los márgenes establecidos por la normativa.

**Tabla 5.36. Caída de tensión 8**

<b>LIMITE DE CAIDA DE TENSION 3%</b>	
CAIDA DE TENSION MAXIMA DEL TRANSFORMADOR 8 (LED)	2,510
CAIDA DE TENSION MAXIMA DEL TRANSFORMADOR 8 (SODIO)	4,760

### **5.10.1. Presupuesto y análisis de impacto**

En esta investigación se determinará la factibilidad del sistema de alumbrado público inteligente ubicado en el cantón Latacunga parroquia San Felipe. Con este análisis se debe cumplir la factibilidad técnica y económica se detalla el costo beneficio de los componentes del sistema la mano de obra empleado en el sistema propuesto.

Esta factibilidad técnica indica el análisis del sistema de alumbrado público inteligente se detallará el costo de la implementación del sistema de alumbrado público inteligentes para que la empresa distribuidora tome la decisión de ejecutar el proyecto o no.

#### **5.10.1.1 Evaluación económica del remplazo de las luminarias de sodio por las luminarias LED**

En esta evaluación se determinó cuan viable es el remplazo de las luminarias de sodio al cambiarlas por luminarias LED, después de un análisis técnico económico con el costo de inversión, el mantenimiento y costo de energía.

Se establece un plan de mantenimiento con las luminarias ya mencionadas relacionadas por su vida útil de los elementos, que son los que se cambian en un periodo determinado detallado por las empresas distribuidoras

Formando un plan de mantenimiento para el análisis del sistema actual de alumbrado público y el propuesto LED buscando el costo de las luminarias y la implementación a sustituir se proyectan para cada uno de los elementos con un tiempo de vida de 12 años para 250, 150, 125, 100 y 25W en sodio y 186, 71, 56W en LED.

Los costos de mano de obra y los costos indirectos se estimaron y fueron proporcionados por diferentes empresas de prestación de servicio eléctrico.

### 5.10.1.2 Plan de mantenimiento de luminarias

Se presenta un plan de mantenimiento preventivo para los dos tipos de luminarias determinado por la vida útil de los elementos que conforman cada luminaria. Se detalla dos tipos de mantenimiento el primero para las luminarias de sodio el cual se detalla el mantenimiento parcial cada 4 años donde se realiza un cambio de bombillo, inigtor fotocélula y limpieza de difusor. El mantenimiento se realizó cada 8 años y se reemplaza; bombillo, inigtor, balastro, capacitor, fotocélula, se incluye la limpieza del difusor de las luminarias. La tabla 5.37 muestra el plan de mantenimiento de las luminarias de sodio.

**Tabla 5.37. Programa de mantenimiento de luminarias de sodio**

Cambio de elementos en luminaria de sodio						
Año	Bombillo	Inigtor	Balastro	Capacitor	Fotocélula	Relé programable
1						
2						
3	x	X			x	x
4						
5						
6	x	X	X	x	x	X
7						
8						
9	X	X			x	X
10						
11						
12	X	X	X	x	x	X
Total	4	4	2	2	4	4

El plan de mantenimiento para las luminarias LED se definió un solo tipo de mantenimiento cada 5 años, donde se realiza un cambio; de materiales como driver, limpieza de difusor y relé.

**Tabla 5.38. Programa de mantenimiento en luminarias LED.**

<b>Cambio de accesorios durante la vida útil Luminaria LED</b>		
<b>Año</b>	<b>Drive</b>	<b>Rele programable</b>
1		
2		
3		
4		
5		
6	X	X
7		
8		
9		
10		
11		
12	X	X
<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

### 5.10.1.3 Costos de la luminaria

El precio de las luminarias se determinó por la recopilación de información proporcionada por parte de la empresa eléctrica del sistema actual, y para las luminarias LED, el precio se obtuvo de los distribuidores eléctricos.

En la tabla 5.39 se observa el costo de las luminarias de sodio y LED

**Tabla 5.39. Costo de las luminarias de sodio**

<b># LUMINARIAS</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>PRECIOS</b>
216	LUMINARIAS DE SODIO AP 250 W	\$ 188,83
239	LUMINARIAS DE SODIO AP 150 W	\$ 199,44
21	LUMINARIAS DE SODIO AP 125 W	\$ 187,39
164	LUMINARIAS DE SODIO AP 100 W	\$ 152,12
107	LUMINARIAS DE SODIO AP 70 W	\$ 125,16

**Tabla 5.40. Costo de las luminarias LED**

COSTO DE INVERSIÓN			
# LUMINARIAS	MATERIALES	PRECIO	COSTO TOTAL
216	LUMINARIA AVENTO 186 W	\$ 280,00	\$ 60.480,00
239	LUMINARIA AVENTO 71 W	\$ 256,50	\$ 61.303,50
292	LUMINARIA AMPERA 56 W	\$ 205,50	\$ 60.006,00
TOTAL			\$ 181.789,50

#### 5.10.1.4 Costos de los componentes de luminarias de sodio y LED

Los costos de los elementos a reemplazar en el mantenimiento de las luminarias se recopilaron a través de los locales comerciales y proformas de proyectos propuestos en los concursos de contrataciones pública.

**Tabla 5.41. Precios de los elementos a sustituir de las lámparas de sodio**

ACCESORIOS	COSTO DE ACCESORIOS DE LUMINARIAS DE SODIO CON DIFERENTES NIVELES DE POTENCIA				
	250W	150W	125W	100W	70W
COSTO BOMBILLA	9,62	9,2	9	8,9	8,7
COSTO INIGTOR	5,65	5,65	5,65	5,65	5,65
COSTO BALASTRO	14,5	9,65	9,1	8,95	8,3
COSTO CAPACITOR	4,5	3,15	2,85	2,65	2,15
COSTO FOTOCELULA	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1
COSTO RELE	26,5	26,5	26,5	26,5	26,5

**Tabla 5.42. Precios de los elementos a sustituir en las luminarias LED**

ACCESORIOS	COSTO DE ACCESORIOS DE LUMINARIAS LED CON DIFERENTES NIVEL DE POTENCIA		
	187W	71W	56W
COSTO DEL DRIVER	35	26,2	22,4
RELE	26,5	26,5	26,5

### 5.10.1.5 Mano de obra

El costo de la mano de obra es pronosticado considerando el tiempo empleado en el cambio de los elementos de las luminarias en cada mantenimiento, se obtiene el costo por hora de las luminarias de sodio y LED, y como también los minutos por supervisor y electricista como se muestra en la tabla 5.43. La tabla se lo pronóstico para 12 años con una tasa de crecimiento del 6.25% de acuerdo al salario básico del año 2022

**Tabla 5.43. Mano de obra y transporte proyectada para 12 años**

<b>RESULTADOS PROYECTADOS COSTOS DE MANO DE OBRA/ TRANSPORTE</b>			
<b>AÑO</b>	<b>COSTOS/HORA (TASA 6,5%)</b>		
	<b>SUPERVISOR</b>	<b>ELECTRICISTA</b>	<b>GRUA</b>
0	3,75	3,13	37,5
1	3,99	3,33	39,84
2	4,25	3,54	42,33
3	4,53	3,77	44,98
4	4,82	4,02	47,79
5	5,14	4,28	50,78
6	5,47	4,56	53,95
7	5,83	4,86	57,32
8	6,21	5,17	60,91
9	6,61	5,51	64,71
10	7,04	5,87	68,76
11	7,50	6,25	73,05
12	7,98	6,65	77,62

### 5.10.1.6 Tiempo promedio de mantenimiento de las luminarias de sodio y LED

Es el tiempo transcurrido en el cambio de las luminarias es considerado dependiendo a los elementos a sustituir, son adquiridos por experiencia de periodos anteriores recopilados por grupos de trabajo en el mantenimiento. La tabla 5,44 muestra el tiempo empleado en el cambio de elementos de las lámparas de sodio.

**Tabla 5.44. Tiempo promedio luminarias de sodio proyectado para 12 años**

<b>RESULTADOS PROYECTADOS COSTOS DE MANO DE OBRA/ TRANSPORTE</b>					<b>TIEMPO EMPLEADO</b>	<b>TRASLADO DE GRUA</b>
<b>AÑO</b>	<b>COSTOS/MINUTO</b>					
	<b>SUPERVISOR</b>	<b>ELECTRICISTA</b>	<b>SUBTOTAL</b>	<b>TRANSPORTE</b>	<b>20 Y 30 MINUTOS</b>	<b>25 MINUTOS</b>
0	0,06	0,05	0,11	0,63		
1	0,07	0,06	0,12	0,66		
2	0,07	0,06	0,13	0,71		

3	0,08	0,06	0,14	0,75	2,77	18,74
4	0,08	0,07	0,15	0,80		
5	0,09	0,07	0,16	0,85		
6	0,09	0,08	0,17	0,90	6,69	22,48
7	0,10	0,08	0,18	0,96		
8	0,10	0,09	0,19	1,02		
9	0,11	0,09	0,20	1,08	4,04	26,96
10	0,12	0,10	0,22	1,15		
11	0,12	0,10	0,23	1,22		
12	0,13	0,11	0,24	1,29	9,76	32,34

**Tabla 5.45. Tiempo promedio luminarias LED proyectado para 12 años**

RESULTADOS PROYECTADOS COSTOS DE MANO DE OBRA/ TRANSPORTE					TIEMPO EMPLEAD O	TRASLAD O DE GRUA
AÑO	COSTOS/MINUTO					
	SUPERVISOR	ELECTRICISTA	SUBTOTAL	TRANSPORTE	20 MINUTOS	25 MINUTOS
0	0,06	0,05	0,11	0,63		
1	0,07	0,06	0,12	0,66		
2	0,07	0,06	0,13	0,71		
3	0,08	0,06	0,14	0,75		
4	0,08	0,07	0,15	0,80		
5	0,09	0,07	0,16	0,85		
6	0,09	0,08	0,17	0,90	3,34	22,48
7	0,10	0,08	0,18	0,96		
8	0,10	0,09	0,19	1,02		
9	0,11	0,09	0,20	1,08		
10	0,12	0,10	0,22	1,15		
11	0,12	0,10	0,23	1,22		
12	0,13	0,11	0,24	1,29	3,34	22,48

### 5.11.1. Costo del mantenimiento preventivo de las luminarias de sodio y LED

Tras la definición del cálculo del mantenimiento para cada luminaria se establece los parámetros de cálculo se determina el costo del mantenimiento, teniendo los precios de los elementos proyectados de sistema actual de sodio, las tablas de mantenimiento se pueden detallar en el anexo 9. Para las luminarias LED se realiza la misma proyección en el costo de los materiales se puede verificar en el anexo 9.1.

Para las luminarias de sodio se muestra el mantenimiento parcial cada tres años se denota el cambio de los elementos de 20 minutos y para el mantenimiento total se detalla 30 minutos cada seis años

En las luminarias LED se realizan la misma proyección en el costo de materiales el cual se realiza el cambio de driver, limpieza de difusores y relé cada 6 años y se emplea un tiempo promedio de 30 minutos.

#### 5.11.1.1 Costo de mantenimiento en luminarias de Sodio y LED

Se muestra el costo de materiales, costo de mano de obra y costos generales el cual implica el traslado y el transporte detallado el subtotal en cada año y el costo del mantenimiento de cada una de las luminarias del sistema de iluminación de sodio detallado en el anexo 9.1

Mientras que en la tabla 5.46. Se detalla el costo del mantenimiento anual del sistema de alumbrado público de sodio proyectado a 12 años.

**Tabla 5.46. Costo del mantenimiento de la luminaria de sodio**

<b>COSTO DE MANTEMINIENDO DE DIFERENTES LUMINARIAS</b>						
Año	Luminaria 250	Luminaria 150	Luminaria 125	Luminaria 100	Luminaria 75	Subtotal
3	\$ 15.586,69	\$ 17.140,17	\$ 1.502,60	\$ 11.709,40	\$ 2.005,35	\$ 47.943,20
6	\$ 22.470,95	\$ 23.092,36	\$ 2.004,35	\$ 15.570,39	\$ 2.405,35	\$ 65.543,39
9	\$ 18.945,20	\$ 20.843,60	\$ 1.826,47	\$ 14.244,44	\$ 2.885,12	\$ 58.744,84
12	\$ 27.197,71	\$ 28.110,66	\$ 2.442,34	\$ 18.980,99	\$ 3.460,60	\$ 80.192,30
					<b>TOTAL</b>	<b>\$ 252.423,73</b>

**Tabla 5.47. Costo del mantenimiento de la luminaria LED**

<b>COSTO DE MANTEMINIENDO DE DIFERENTES LUMINARIAS</b>				
Año	Luminaria 186	Luminaria 71	Luminarias 56	Subtotal
6	\$ 20.450,08	\$ 20.272,99	\$ 14.863,31	\$ 55.586,38
7	\$ 24.689,87	\$ 24.682,84	\$ 19.066,84	\$ 68.439,65
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 124.026,03</b>

#### 5.11.1.2 Costo anual de las luminarias LED y sodio

Determinación del costo de la luminaria, el mantenimiento y el costo de la energía para los dos tipos de luminaria según la vida útil de cada una de ellas la energía consumida en el periodo de

tiempo de análisis para las dos luminarias, se detalla costo anual de los dos tipos de luminarias LED y sodio donde se muestra el costo anual según la vida útil de las dos luminarias.

En la tabla 5.48 Muestra el costo en 6 años de las luminarias de sodio y el costo en 12 años de luminaria LED.

**Tabla 5.48. Síntesis económica para el remplazo de las luminarias de sodio por luminarias LED**

COSTO DEL SISTEMA ACTUAL						
TIPO DE LUMINARIA	COSTO	POTENCIA W				
SODIO	COSTO 12 AÑOS	250	150	125	100	70
	INVERSIÓN	40.787,28	47.666,16	3.935,19	24.947,68	13.392,12
	ENERGIA	172.440,58	114.481,38	8.457,37	53.773,63	24.772,37
	TOTAL 12 AÑOS	213.227,86	162.147,54	12.392,56	78.721,31	38.164,49
	ANUAL	21.322,79	16.214,75	1.239,26	7.872,13	3.816,45
	LED	COSTO	POTENCIA W			
LED	COSTO 12 AÑOS	186	71	56		
	INVERSIÓN	60.480,00	61.303,50	60.006,00		
	ENERGIA	126.004,79	53.220,21	51.285,10		
	TOTAL 12 AÑOS	186.484,79	114.523,71	111.291,10		
	ANUAL	18.648,48	11.452,37	11.129,11		

### 5.12.1. Evaluación económica de la propuesta de cambio luminarias de sodio a LED

Conocidos los parámetros técnicos, se realizó la evaluación económica para determinar la factibilidad de la alternativa que concierne el remplazo de las luminarias LED con respecto a las luminarias propuestas LED con este análisis de trata el cálculo de la tasa interna de retorno (TIR), Valor Actual Neto (VAN), el periodo de recuperación de la inversión (PRI) se conocerá la viabilidad de lo planteado

Se realizó, un balance de flujo de caja donde se establece el ingreso y egreso de la propuesta, acotando que el ahorro de la propuesta estará representado por los costos actuales anuales del suministro eléctrico con las luminarias de vapor de sodio que es igual a 373,925,33\$ y el remplazo de las luminarias es de \$ 130.728,43.

### 5.12.1.1 Cálculo del TMAR

La ecuación de TMAR consta de los siguientes indicadores: tasa máxima interbancaria de 9.33%, mientras que la  $f$  es la tasa de inflación 1.94 del país al año 2022.

$$TMAR = i + f + if$$

$$i = 9,33$$

$$f = 1,94$$

$$TMAR = 9,33 + 1,94 + (9,33 \cdot 1,94\%)$$

$$TMAR = 11,45\%$$

### 5.12.1.2 Valor Actual Neto

El Valor Actual Neto (VAN) se genera por medio de la diferencia de los ingresos y los egresos, y el resultado del mismo permite identificar si se acepta o se rechaza el proyecto, pues, según los criterios de evaluación se acepta el proyecto cuando VAN es  $> 0$  y se rechaza si VAN  $< 0$ .

**Tabla 5.49. El Valor Actual Neto**

CALCULO DEL VAN			
AÑO	P	F	i
0	-181789,50		
1		11951,27	11,45%
2		11951,27	11,45%
3		59894,47	11,45%
4		11951,27	11,45%
5		11951,27	11,45%
6		77494,66	11,45%
7		11951,27	11,45%
8		11951,27	11,45%
9		70696,11	11,45%
10		11951,27	11,45%
11		11951,27	11,45%
12		92143,57	11,45%
VAN: \$6.980,92			

El proyecto tendrá un VAN de \$6980,92; es decir, que el proyecto es aceptable, puesto que, al ser un valor mayor que cero puede ser netamente aceptado por los inversionistas.

### 5.12.1.3 Tasa interna de retorno.

**Tabla 5.50. Tasa interna de retorno**

CALCULO DEL TIR		
AÑO	P	F
0	-181789,50	
1		11951,27
2		11951,27
3		59894,47
4		11951,27
5		11951,27
6		77494,66
7		11951,27
8		11951,27
9		70696,11
10		11951,27
11		11951,27
12		92143,57
TIR = 12%		

Acorde a los resultados obtenidos se identificó que la TIR del proyecto será 12%, lo que es aceptable, puesto que, este porcentaje es mayor a la TMAR del 11,45%, por ende, se acepta la inversión, pero el periodo de recuperación es de 12 años lo que no es atractivo para la inversión.

### 5.13.1. Sistema inteligente MINOS

Mediante un análisis se determinó las horas de funcionamiento del sistema MINOS obtenido mediante el flujo de tránsito vehicular y de usuarios en la tabla 5.50. Se especifica el horario, la energía de cada luminaria en funcionamiento.

**Tabla 5.51. Horario de funcionamiento**

HORARIO DE FUNCIONAMIENTO CON EL SISTEMA MINOS			
HORA DE USO	LUMINARIA 186 W	LUMINARIA 71 W	LUMINARIA 56 W
	ENERGIA EN Kw		
6PM - 10 PM	88,3872	37,33	35,9744
11PM - 5AM	92,81	39,20	37,77
5AM - 6AM	22,10	9,33	8,99
CONSUMO DE ENERGIA DIA	203,29056	85,86	82,74112
CONSUMO DE ENERGIA MENSUAL	6098,72	2575,8942	2482,2336
CONSUMO DE ENERGIA ANUAL	73184,60	30910,73	29786,80
COSTO DE ENERGIA	8050,31	3400,18	3276,55

Se muestra en la tabla 5.50 el horario, de 6pm-10pm la luminaria funcionara al 100% de su potencia, de 11pm-5am la luminaria funciona a su 80% y 5am-6am trabaja a su 100% en lo cual obtendremos un ahorro de consumo de energía mediante la utilización de sistema inteligente MINOS.

### 5.13.1.1 Inversión del sistema inteligente MINOS

La inversión del sistema MINOS se detalla en la tabla 5.51.

**Tabla.5.52. Costo de inversión**

<b>COSTO DE MATERIALES DEL SISTEMA MINOS</b>			
<b>NIVEL 1 MODULO DE CONTROL DE LA LUMINARIA</b>			
<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCION DE LOS MATERIALES</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
741	SYRA D 400W MODULO DE CONTROL	\$ 305,00	\$ 226.005,00
<b>NIVELES 2 TABLEROS DE CONTROL</b>			
3	MODULO DE COPNTROL Y COMANDO TABLERO ANDROS CMS	\$ 1.121,87	\$ 3.365,61
3	MODULO0 DE ALIMENTACION ANDROS TR	\$ 120,80	\$ 362,40
3	MODULO CON MICROPROCESAMIENTO ONDA PORTADORA ANDROS PLS	\$ 311,42	\$ 934,26
3	MODULO DE REGISTRO DE EVENTOS ELECTRICOS ANDROS RDE	\$ 294,34	\$ 883,02
9	PHIL 60 D: FILTRO de 60 Amp.	\$ 96,48	\$ 868,32
3	MÓDEM GSM (INCLUIDO ANTENA COMPACTA)	\$ 475,70	\$ 1.427,10
<b>NIVEL 3 CENTRO DE CONTROL Y COMANDO SOFTWARE</b>			
3	CAP 3: FILTRO en contenedor DIN tipo capacitivo	\$ 75,00	\$ 225,00
3	IOS GSM. Módulo hardware GSM/GPRS para comunicación con paneles remotos	\$ 108,80	\$ 326,40
1	CENTRAL IOS	\$ 6.000,00	\$ 6.000,00
1	Soft OP1-100 Integración server IOS para comandos a nivel lámpara	\$ 2.090,87	\$ 2.090,87
1	SOFT OP2-100 Integracion server IOS parar la gestion de comandos a nivel de lampara.	\$ 3.020,00	\$ 3.020,00
1	SOFT OP3-100 Integracion server IOS parar la gestion y lectura de parametros electricos	\$ 5.305,00	\$ 5.305,00
1	SOFT OP11-100: Gestion rele diferencial con rearmado automatico	\$ 1.474,00	\$ 1.474,00
1	Soft OP15-100: Visualización estadística automática de eventos	\$ 1.099,00	\$ 1.099,00
9	REL-1 Interface modular 1 rele 230V	\$ 24,02	\$ 216,18
<b>MATERIALES DE CENTROS DE INSTALACION</b>			
3	CAJAS PARA TABLEROS DE CONTROL	\$ 523,00	\$ 1.569,00
3	MATERIALES VARIOS PARA INSTALACION	\$ 452,00	\$ 1.356,00
3	PCS PARA CADA CETRAL IOS	\$ 600,00	\$ 1.800,00
<b>PRECIOS DE LA INSTALACION PROPUESTA</b>			
12	ARMADO DE FILTROS EN CIRCUITO	\$ 30,00	\$ 360,00
747	MONTAJE E INSTALACION DE SYRAS	\$ 17,12	\$ 12.788,64

1	MONTAJE DE ACCESS POINT	\$ 250,00	\$ 250,00
3	MONTAJE DE CAMARA	\$ 521,00	\$ 1.563,00
3	MONTAJE DE LA INSTALACION CABINA	\$ 267,00	\$ 801,00
1	CONTROL DE EQUIPOS DE TELEGESTION PROGRAMACION SYRA Y ANDROS	\$ 25.000	\$ 25.000
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 274.089,80</b>

La inversión inicial del sistema inteligente MINOS es de \$ 274.089,80 dólares sin las luminarias LED este sistema se encarga de la tele-gestion.

### 5.13.1.2 Inversión del sistema MINOS con luminarias LED

**Tabla 5.53. Inversión y costo de energía**

DETALLE DE COSTO	POTENCIA W			SISTEMA MINOS	INVERSION
	186	71	56	1	TOTAL
INVERSION	\$ 60.480,00	\$ 61.303,50	\$ 60.006,00	\$ 274.089,80	\$ 455.879,30

La inversión total del sistema es de \$ 455.879,30 este valor incluye el costo de las luminarias LED.

### 5.13.1.3 Resultados de la evaluación financiera

Los resultados de la evaluación financiera de sodio se detallan en el Anexo 9 la inversión inicial de la luminaria de sodio y sus componentes y mantenimientos con sus respectivos años. Al realizar un análisis de luminarias LED se registra una reducción de consumo esta evaluación se incorporará el sistema inteligente MINOS para reducir el consumo del sistema LED.

Al determinar el sistema inteligente MINOS incluido la luminaria LED el valor de inversión es muy superior a los anteriores sistemas por la cual se realiza el cálculo del TIR y VAN esto nos permitió la evaluación los dos sistemas de alumbrado público.

**Tabla 5.54. Comparación del sistema inteligente con sodio**

COMPARACION DE INVERSION Y COSTO DE ENERGIA ANUAL			
DETALLE	LUMINARIA DE SODIO	LUMINARIA LED CON SISTEMA MINOS	DIFERENCIA
COSTOS DE INVERSION INICIAL	\$ 130.728,43	\$ 455.879,30	\$ - 325.150,87
COSTO DE ENERGIA	\$ 31.160,44	\$ 14.727,03	\$ 16.433,41
COSTO DE MANTENIMIENTO	\$ 252.423,73	\$ 129.552,03	\$ 122,871,7

### 5.13.1.4 Valor Actual Neto

Es necesario calcular la Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento (TMAR) como se muestra a continuación:

#### a. Cálculo del TMAR

$$TMAR = i + f + if$$

$$TMAR = 9,33\% + 1,94\% + (9,33\% * 1,94\%)$$

$$TMAR = 11,45$$

#### b. Cálculo del VAN

Tabla 5.55. Cálculo del Valor Actual Neto sistema MINOS

CALCULO DEL VAN				
AÑO	P	F	i	P
0	-455879,30			
1		16433,41	11,45%	14744,96
2		16433,41	11,45%	13230,00
3		64376,61	11,45%	46502,49
4		16433,41	11,45%	10651,03
5		16433,41	11,45%	9556,70
6		81976,80	11,45%	42774,71
7		16433,41	11,45%	7693,78
8		16433,41	11,45%	6903,29
9		75178,25	11,45%	28335,86
10		16433,41	11,45%	5557,61
11		16433,41	11,45%	4986,59
12		96625,71	11,45%	26307,83

Valor actual neto (VAN) **\$-238.622,61**

El proyecto tendrá un VAN de **\$-238.622,61**; es decir, que el proyecto NO es aceptable, puesto que, al ser un valor menor que cero o negativo.

#### c. Tasa Interna de Retorno TIR

Tabla 5.56. Cálculo del Tasa Interna de Retorno sistema Minos

CALCULO DEL TIR				
AÑO	P	F	i	P
0	-455879,30			
1		16433,41	11,45%	14744,96
2		16433,41	11,45%	13230,00

3	64376,61	11,45%	46502,49
4	16433,41	11,45%	10651,03
5	16433,41	11,45%	9556,70
6	81976,80	11,45%	42774,71
7	16433,41	11,45%	7693,78
8	16433,41	11,45%	6903,29
9	75178,25	11,45%	28335,86
10	16433,41	11,45%	5557,61
11	16433,41	11,45%	4986,59
12	96625,71	11,45%	26307,83

Tasa interna de retorno **0%**

Acorde a los resultados obtenidos se identificó que la TIR del proyecto será 0%, lo que no es aceptable, puesto que, este porcentaje debe ser mayor que el TMAR del 11,44%, por ende, no se acepta la inversión.

**Tabla 5.57. Comparación de costo de inversión anual**

<b>COMPARACION DE INVERSION Y COSTO DE ENERGIA ANUAL</b>			
<b>DETALLE</b>	<b>LUMINARIA DE SODIO</b>	<b>LUMINARI A LED</b>	<b>LUMINARIA LED CON SISTEMA MINOS</b>
COSTOS DE INVERSION	\$ 130.728,43	\$ 181.789,50	\$ 455.879,30
COSTO DE ENERGIA	\$ 31.160,44	\$ 19.209,18	\$ 14.727,03
AHORRO	\$ -	\$ 11.951,27	\$ 16.433,41

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1. CONCLUSIONES**

- En el análisis del sistema de alumbrado público inteligente, se puede verificar sistemas de eficiencia para reducir el consumo de energía, reduciendo el nivel de iluminación en horas de funcionamiento nocturno poco transitable, sin afectar la seguridad según lo establecido por la regulación.
- Realizado el análisis del alumbrado público existente en la parroquia San Felipe, se puede resaltar que el sistema es deficiente debido a que no se encuentran dentro de los parámetros y normas para la prestación de iluminación pública adecuada, mientras que la energía consumida del sistema es relativamente alta por su diseño de implementación de luminarias.

- Mediante el análisis financiero se realiza dos evaluaciones económicas, la primera detalla un VAN positivo para el cambio de luminarias LED por las de sodio, obteniendo un TIR de 12% y un TMAR de 11.45%, demostrando que a pesar de tener una tasa de interés de retorno atractiva, La tasa mínima aceptable de rendimiento del proyecto no lo hace atractivo para la inversión ya que su diferencia es de 0.55.
- En el análisis de evaluación del sistema inteligentes se puede verificar un VAN negativo de -238.622.61 y un TIR 0%, El costo de la implementación del sistema Minos es elevado y los índices no son favorables para la inversión.

## 6.2. RECOMENDACIONES

- Los organismos encargados deben atender las necesidades que tiene el sistema de alumbrado público actual con tecnologías que cumplan con los parámetros establecidos por las normas y sean eficientes.
- Los datos de la empresa eléctrica distribuidora deberían ser publicados para un estudio sean periódicos, puesto que la tecnología en sistemas inteligentes cada año se van renovando
- Se plantea se elabore un proyecto piloto, donde se capacite sobre los temas expuestos y las nuevas tecnologías inteligentes para realizar pruebas y poder testear estos sistemas que proporcionan un ahorro de energía.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] E. comercio, «Comparacion del alumbrado publico de alta presion con un sistema de alumbradopublico led,» *SERVICIO ELECTRICO OTORGADO A LAS MUNICIPALIDADES*, p. 2, 23 marzo 2004.
- [2] L. O. d. r. m. y. l. d. S. E. Ecuatorino, «lumbrado publico,» de *articulo 18* , Riobamba , Alumbrado Publico.
- [3] E. d. Ingenieria, «Consideraciones del Alumbrado Publico,» de *Energia y cobros* , Quito, 2005.
- [4] CONELEC, «EL DIRECTORIO DE LA AGENCIA DE REGULACIÓN,» *ALUNBRADOPUBLICO*, p. 058/18, 18 SETIEMBRE 2014.
- [5] CONELEC, «ALUMBRADOPUBLICO EN GENERAL,» *REGULACIONES ELECTRICAS*, vol. 1, n° 053/18, p. 3, 2018.

- [6] CONECEL, «LIQUIDACION DE LA ENERGIA MENSUAL DE ALUMBRADO PUBLICO,» *REGULACIONES ELÉCTRICAS*, vol. 1, n° 28, p. 25, 2018.
- [7] CONELEC, «Garantías de la empresa distribuidora,» *Regulación eléctrica*, vol. 1, n° 28, p. 8, 2018.
- [8] G. Galarza, Implementación de energía solar y estudios de energía, Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana, 2012.
- [9] J. Muñoz, Uso Eficiente de Energía Eléctrica de Iluminación Pública Led, Loja: UTPL, 2013.
- [10] INEN, Sistema de Alumbrado Público, Quito: Sampert, 2008.
- [11] G. Fernandes, Electricidad Y Eficiencia, CALI: CARTONAS, 2017.
- [12] G. C. Scarsi, Local Electricity Distribution in Italy: Comparative Efficiency Analysis and Methodological Cross-Checking, Milan: Draft, 1999.
- [13] INEN, Alumbrado de calles y carreteras, código de prácticas de alumbrado público, Quito, 1987.
- [14] L. Coloma Yanez, El ahorro de la energía en el campo de la iluminación, Quito: Escuela Politécnica Nacional, 1999.
- [15] C. A. Herrera, Propuesta de prototipo de alumbrado inteligente, Piura: Departamento de Ingeniería, marzo de 2018.
- [16] C. Lux., Magnitudes Físicas Fundamentales, 2016.
- [17] SICA, Protecciones Eléctricas . Protecciones Eléctricas - Calidad con seguridad y respaldo., 2015.
- [18] S. Chacon, "La Fotografía. Obtenido de" <http://fotografiaenfasis.blogspot.com/2016/05/luminancia.html>, 2016.
- [19] O. S.A, "Medidores de Iluminación y Flujo Luminoso". obtenido [http://www.ohdsa.com/medidores\\_de\\_iluminacion\\_-](http://www.ohdsa.com/medidores_de_iluminacion_-), 10 de agosto de 2010.
- [20] G. Eléctrica, CATALOG, CHINA: GENERAL ELECTRIC, 2010.
- [21] Osinergmin, Avances tecnológicos en el alumbrado público Avances, Tecnológicos en los Sistemas Eléctricos para la Región Ica. Ica., Foro Regional, 2013.
- [22] P. Products, Products. Road Lighting, 2017.

- [23] C. B. N. P. T. H. P. B. a. N. B. M. Shahidehpour, "Streetlights are getting smarter: Integrating an intelligent communications and control system to the current infrastructure", IEEE Power Energy Mag., 2015.
- [24] a. L. K. I. Wojnicki S. Ernst, "Economic Impact of Intelligent Dynamic Control in Urban Outdoor Lighting", energies. vol 9, 2016.
- [25] R. N. A. Roy Billinton, Reliability Evaluation of Power Systems, New York: softcover reprint of the hardcover 2nd edition , 1996.
- [26] J. J. T. K. J. T. W. L. W. & J. W. R. T. C. B. Soh\*, Intelligent street lighting for smart cities doi, 2018.
- [27] M. Saifuzzaman, N. N. Moon y F. N. Nur, IoT based street lighting and traffic management system, Bangladesh, 2017.
- [28] K. S. Murthy, P. Herur, B. R. Adithya y H. Lokesh, IoT-Based Light Intensity Controller, India, 2018.
- [29] G. J. X. S. F. W. a. K. W. S. Chen, The Smart Street Lighting System Based on NB-IoT, China, 2018.
- [30] Schröder, «Schröder,» Schröder, 1907. [En línea]. Available: <https://library.schreder.com/view/1014258573/>. [Último acceso: 13 7 2021].
- [31] D. Gonzalo Ezquerro, Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación de Alumbrado Público, Madrid: P. de la castellana, 2011.
- [32] C. L. Jimeno, Guía de Gestión Energética en el Alumbrado Público, Madrid: Arias Montano, 2012.
- [33] P. B. Roberto Bitu, Tarifas de Energía Eléctrica.
- [34] R. Bitu, Tarifas de Energía Eléctrica: Aspectos Conceptuales y Metodológicos, Quito: Olade, 2010.
- [35] F. Nortales, Parámetros de Instalaciones Eléctricas, Antioquia: COLUMNS, 2016.
- [36] J. RAMIREZ VAZQUEZ, Luminotecnia Enciclopedia CEAC de electricidad, Barcelona: edición CEAC S.A. .
- [37] Philips, «Philips,» Philips, 2 11 2020. [En línea]. Available: <https://www.lighting.philips.es/prof/lamparas-y-tubos-convencionales/lamparas-de-descarga-de-alta-intensidad/son-sodio-alta-presion/sodio-estandar-t>. [Último acceso: 13 07 2021].

- [38] T. E. INTELIGENTE, «TVILIGHT EMPOWER INTELIGENTE,» [En línea]. Available: <https://tvilight.com/wp-content/uploads/2021/04/Folleto-Inteligente-Ciudad-Iluminacio%CC%81-Controlar-Sensor-CMS-lumi%CC%81nica-Gestio%CC%81n-ES.pdf>. [Último acceso: 13 07 2021].

# ANEXO

## 8. ANEXO

### 8.1 INFORMACIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO

#### 8.1.1 Ubicación del proyecto



**Figura 5.1.:** Ubicación del proyecto, obtenido de Google Maps

#### 8.2.1 Especificaciones técnicas de la luminaria LED marca aventó

##### 8.2.1.1 Selección de Luminaria LED

Se escoge lámpara es AVENTÓ del catálogo de Schröder, porque cumple con las especificaciones técnicas de la regulación de alumbrado público, donde analizaremos el dispositivo. Donde lámpara es compacta, potente, ligera y robusta, económica pero altamente eficiente, AVENTÓ proporciona el retorno más rápido de la inversión para la iluminación de carreteras y grandes áreas. La marca AVENTÓ dispone de una relación lumen/vatio superior para ofrecer una solución de iluminación de alto rendimiento y eficiencia energética a un precio accesible y para diversos entornos, incluyendo zonas peatonales, aparcamientos, autopistas, carreteras y calles. aventó está disponible en varios tamaños para proporcionar una solución coherente en cuanto al paquete lumínico, asegurando así la correcta iluminación de acuerdo a las necesidades reales del lugar que se va a iluminar [33].

##### a) Ventajas

- Solución de iluminación eficiente y rentable.

- Eficiencia superior.
- Retorno de la inversión acelerado.
- Diferentes tamaños para ofrecer flexibilidad y coherencia en aplicaciones según CIE 115.
- Fácil y rápida instalación.
- Amplio rango de temperatura de funcionamiento.
- Lista para la conectividad.

Con este nuevo sistema propuesto de iluminación pública LED, se reemplazará las lámparas de sodio de 250 W por lámparas de 218 W de la marca Aventó teniendo mejores especificaciones técnicas, necesitando 455 lámparas para este cambio. El sistema cuenta con lámparas de baja potencias que son de 150 W, 125 W, 100 W y 70W las cuales se pretende cambiar por lámparas Aventó de 106 W siendo estas 292 luminarias con la finalidad obtener eficiencia energética y posteriormente un sistema de alumbrado público inteligente.

**Tabla 8.1.** Clasificación de las luminarias LED propuesta en la parroquia San Felipe

<b>Luminaria LED 218W</b>	
Número de luminarias	455
<b>Luminaria LED 106 W</b>	
Número de luminarias	292
Total, de luminarias LED	747

#### **b) Aplicaciones principales**

- Carreteras y autopistas
- Vía urbana y calles residenciales
- Carril bici y vía estrecha
- Plaza y zona peatonal
- Puente
- Estación de tren y metro
- Amplios espacios



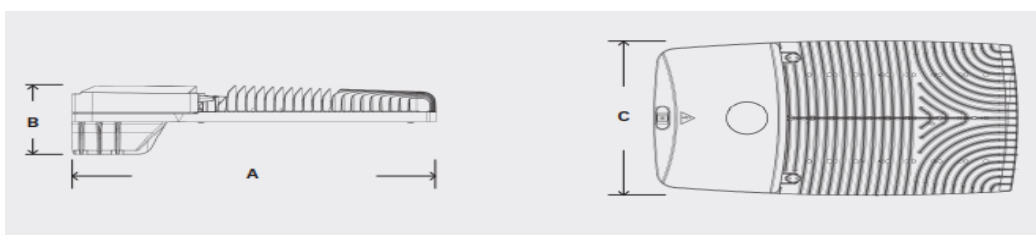
**Figura 8.1.** Lámpara aventó [33].

**Tabla 8.2.** Especificaciones técnicas [33].

AVENTÓ	1	3
Paquete lumínico (flujo nominal)	14000 a 14400 lm	26700 a 31300 lm
Consumo de potencia promedio	106 W	218 W
Temperatura de color	Blanco cálido (730 y 830) a blanco neutro (740)	
Tensión nominal	120-227 V / 220-240 V / 347-480V 50-60 Hz	
Protección contra sobretensiones	6 / 8 / 10 / 20 Kv	

**Tabla 8.3.** Dimensiones de la lámpara AVENTÓ [33].

AVENTÓ	AVENTÓ 1	AVENTÓ 3
A	485 mm	665 mm
B	114 mm	159 mm
C	310 mm	359 mm
KG	8,1 kg	11,7 kg



**Figura 8.2.** Dimensiones de la lámpara AVENTÓ punto A, B y C [33].

### 8.2.2. Características de diseño



**Figura 8.3.:** AVENTÓ proporciona acceso sin herramienta a la sección de auxiliares. [33].



**Figura 8.4.:** AVENTÓ incorpora unas aletas de refrigeración grandes [33].



**Figura 8.5.** AVENTÓ tienes una pieza de fijación universal de 42-60 mm para el montaje [33].

### **8.3.1 Sistema inteligente MINOS para la parroquia San Felipe**

El sistema inteligente MINOS es el sistema que evoluciona en cuestión del alumbrado público siendo uno de los sistemas más innovadores de tele-gestión, es escogido en este análisis por su eficiencia, calidad y costo ya que utiliza la tecnología de ondas portadoras para el control de la luminaria y reduce el flujo luminoso de las lámparas.

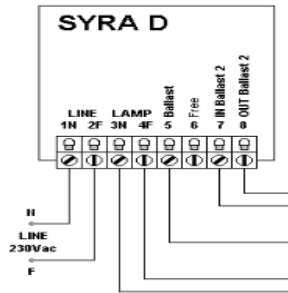
El sistema MINOS es ideal para reducir los costos energéticos y de mantenimiento eléctrico, para garantizar altos niveles de fiabilidad, seguridad, continuidad y de calidad de servicio del sistema de alumbrado público general por el cual genera un ahorro energético. Los programas y la utilización de Minos system desde un centro de operación permiten reducir desde 20% hasta el 45% del consumo energético siendo el primer porcentaje el más exacto al momento de cálculo el ahorro energético brindando beneficios a continuación detallados:

- El apagado del sistema y la reducción de flujo luminoso de cada punto de luz.
- Optimización de los ciclos de funcionamiento según las horas de afluencia de personas en las vías.
- La programación del reloj astronómico para el encendido/apagado puntual de las instalaciones de alumbrado público. La reducción de los encendidos diurnos para buscar averías.
- El control de la reducción del consumo de potencia reactiva por bajo coseno  $\phi$  de eficiencia.

#### **8.3.1.1 Selección y conexión del Sistema SYRA D en la luminaria LED**

La selección del sistema syra D, es por su sistema de comunicación y su amplia variedad de control siendo un sistema compatible con las lámparas tipo Aventó ya que cumple con los parámetros técnico establecidos por la normativa vigente.

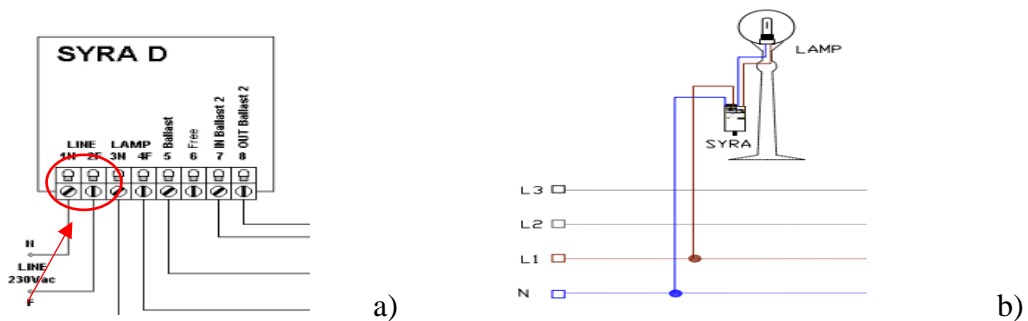
La figura 5.13 nos muestra la conexión del SYRA D con la luminaria.



**Figura 8.6:** Esquema de conexión del SYRA D

### 8.3.1.2. Conexión del SYRA D en la red de distribución eléctrica

La conexión del SYRA D al sistema de distribución eléctrica, se realiza mediante la línea de neutro y la fase como observamos en la figura 5.14 para su posterior funcionamiento con la luminaria.



**Figura 8.7:** Esquema de conexión del SYRA D a la red de distribución a) y b)

### Protocolo PowerLine comunicación

Modulación 2ASK con portadoras a 111KHz

Codificación de bit MANCHESTER

Señal mínimo admisible 120 mVpp

Comunicación Half Duplex

1022 códigos

### 8.3.1.3 Conexión interna del tablero de control

En el tablero de control es una herramienta que tiene como objetivo principal presentar uno o varios elementos ya sean de control o medición, etc. El tablero de control permite mantener seguridad y un correcto funcionamiento de los diferentes dispositivos asociados al mismo. Al instalar los módulos de la central ANDROS se debe separada la sección de telecontrol de la sección de potencia. (El diagrama se visualizará en el anexo 1).

Módulos de telecontrol

- ANDROS CMS
- ANDROS TR
- MODEM GMS

Módulos de potencia

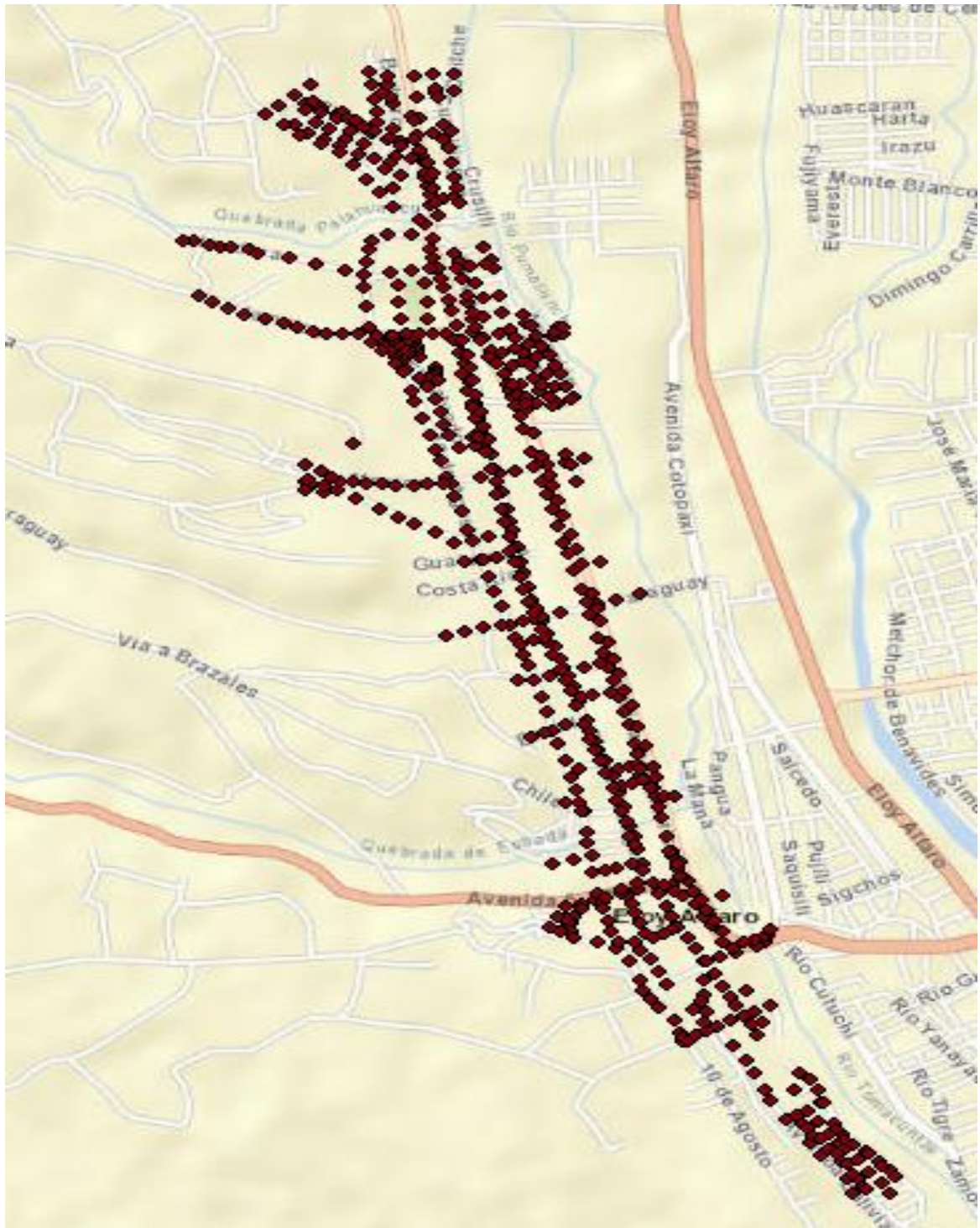
- ANDROS PLS/ANDROS PL
- CAP 3
- FILTROS PHIL/30D

### 8.4.1. PUNTOS GEORREFERENCIALES DE LAS LUMINARIAS

POTENCIA	CIRCUITOS	SECUENCIAF	POINT X	POINT Y
150	AB	ab	765603,014375	9895778,6715
150	AB	ab	765611,062875	9895736,217
150	AB	ab	765620,084125	9895694,51925
150	AB	ab	765628,94775	9895642,68325
150	AB	ab	765635,583625	9895598,15887
150	AB	ab	765640,5455	9895560,844
150	F12	bc	765609,44125	9895546,526
150	F12	bc	765579,379375	9895542,00413
150	F12	bc	765583,51125	9895569,19613
150	F12	bc	765579,34225	9895595,07325
150	F12	bc	765574,581625	9895626,632
150	AB	ab	765647,140125	9895522,91863
70	AB	ab	765516,081	9895975,48962
100	AB	ab	765469,013	9895968,05325
100	AB	ab	765442,88	9895956,0285

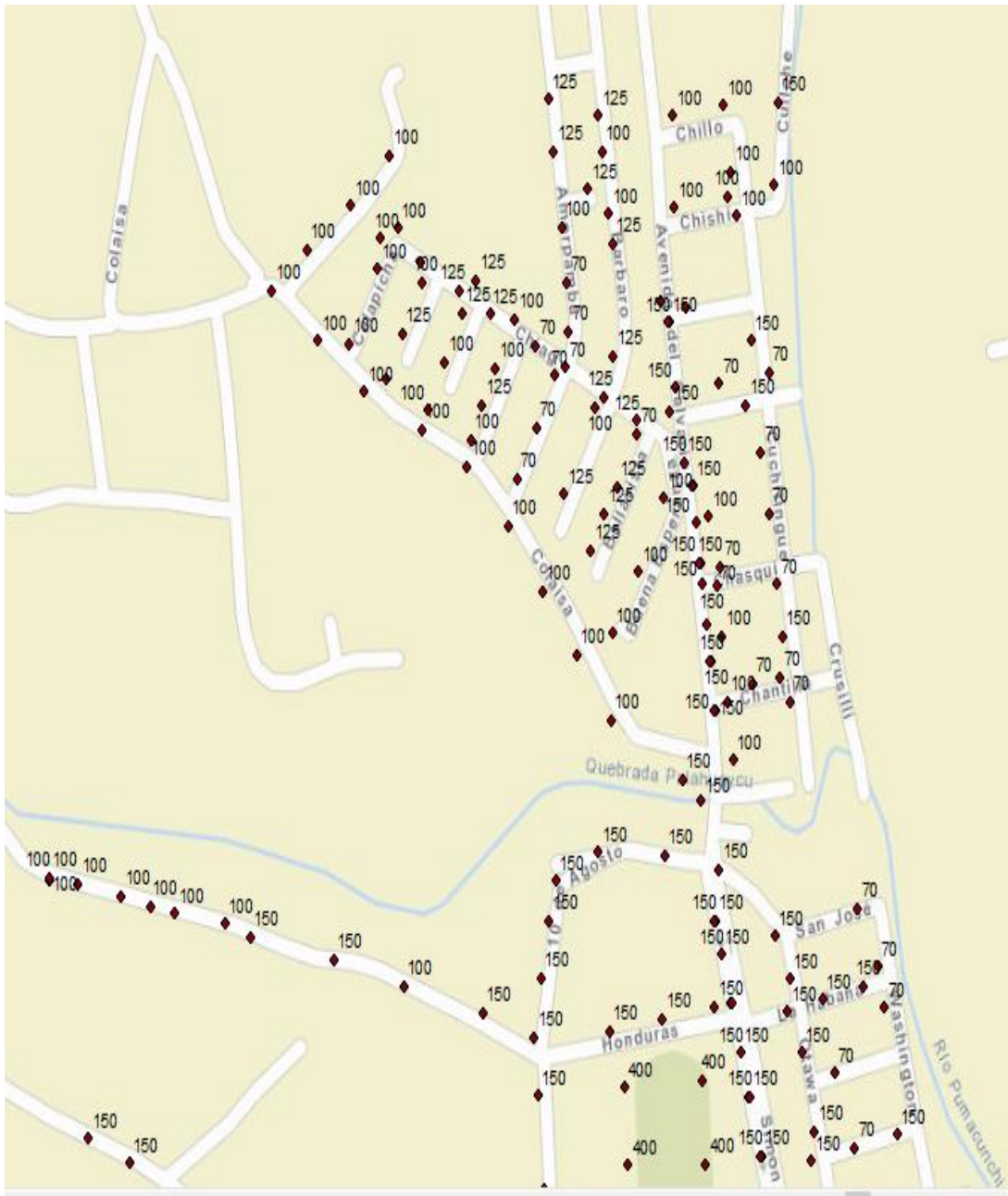
**Figura 8.8.** Datos georreferenciales de la parroquia San Felipe.

### 8.5.1 Ubicación de las luminarias del sistema actual

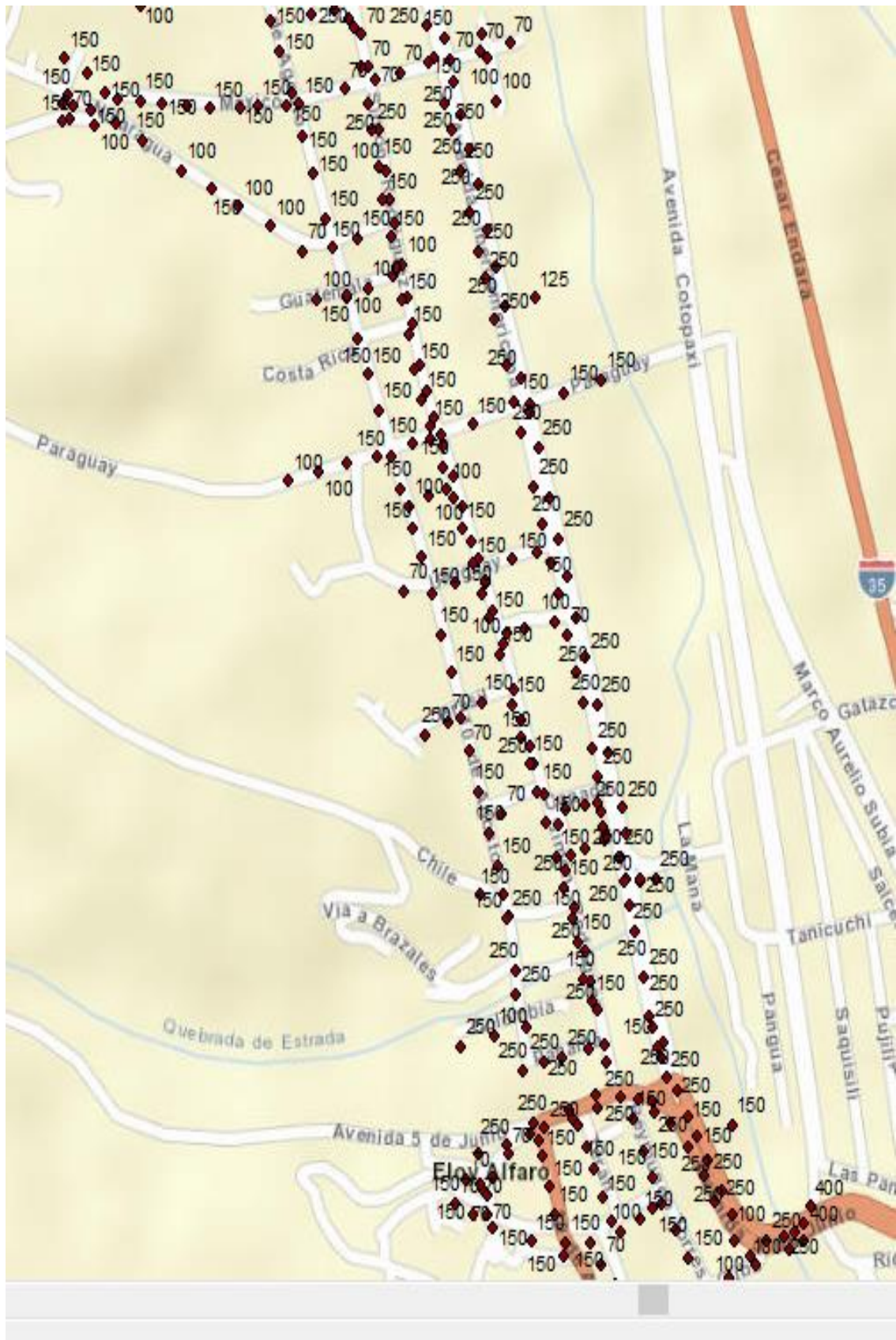


**Figura 8.9.:** Representación de luminarias de alumbrado público de la parroquia San Felipe cantón Latacunga

### 8.6.1. POTENCIA DE CADA LUMINARIA



**Figura 8.10.** Representación de luminarias de alumbrado público del sector norte de la parroquia San Felipe, cantón Latacunga.

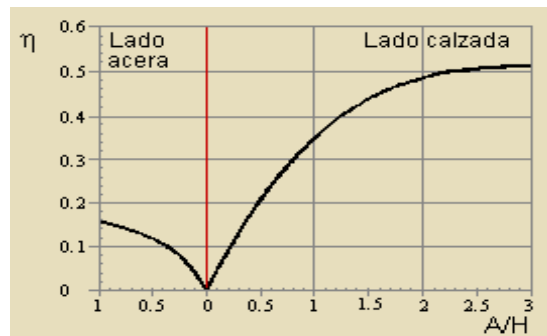


**Figura 8.11.** Representación de luminarias de alumbrado público del sector sur de la parroquia San Felipe, cantón Latacunga.

## 8.7.1 Cálculo de las luminarias actuales

### 8.7.1.1 Método del factor de utilización

Mediante los gráficos se puede observar los valores posibles para el cálculo de lado de acera y calzada. Normalmente se utiliza las curvas que suministra los fabricantes donde podemos encontrar el cociente de anchura de la calle/altura que es lo más habitual, o los ángulos  $\gamma_1, \gamma_2$  en el lado de acera y calzada.



**Figura 8.12.** Curva suministrada por el fabricante

Coefficiente de anchura de la calzada

$$\frac{A_1}{H}$$

Coefficiente de anchura de acera

$$\frac{A_2}{H}$$

Utilizando la ecuación 3, despejamos el valor  $d$ , para el cálculo de distancia de lámparas.

$$E_m = \frac{\eta * f_m * \phi_L}{A * d}$$

Despejamos el valor  $d$

$$d = \frac{\eta * f_m * \phi_L}{A * E_m}$$

Mediante la tabla 4.4. obtendremos valores mínimos de iluminación, este dependerá del tipo de iluminación que se muestra en la tabla 4.3 donde se seleccionó los valores técnicos de iluminación M3.

### 8.7.1.2. Cálculo de factor de utilización y distancia entre luminarias

Mediante la curva suministrada por el fabricante obtendremos los valores aproximados para el cálculo del factor de utilización ( $\eta$ ) utilizando las ecuaciones 4.3:

**Primer caso:** Luminaria de 70 W

$$\frac{A_1}{H} = 0,5 \Rightarrow \eta_1$$

$$\frac{A_2}{H} = 0,125 \Rightarrow \eta_2 = 0,045$$

Utilizando la ecuación 4.3 y 4.4, obtendremos el Factor de utilización para el posterior calculo.

$$\eta = \eta_1 + \eta_2$$

$$\eta = 0,245$$

Al seleccionar la fórmula 4, procedemos a realizar el respectivo calculo para la distancia entre luminarias

$$d = \frac{0,245 * 0,7 * 6600}{5 * 17}$$

$$d = 13 \text{ m}$$

**Segundo caso:** Luminaria de 100 W

$$\frac{A_1}{H} = 0,4 \Rightarrow \eta_1$$

$$\frac{A_2}{H} = 0,1 \Rightarrow \eta_2$$

Utilizando la ecuación 4.3 y 4.4, obtendremos el Factor de utilización para el posterior calculo.

$$\eta = \eta_1 + \eta_2$$

$$\eta = 0,145$$

(2)

Utilizando la ecuación 4.5, despejamos el valor  $d$ , para el cálculo de distancia de lámparas.

$$E_m = \frac{\eta * f_m * \phi_L}{A * d}$$

Despejamos el valor  $d$

$$d = \frac{\eta * f_m * \phi_L}{A * E_m}$$

$$d = \frac{0,145 * 0,7 * 10500}{5 * 17}$$

$$d = 13 \text{ m}$$

**Tercer caso:** Luminaria de 150 W

$$\frac{A_1}{H} = 0,4 \Rightarrow \eta_1$$

$$\frac{A_2}{H} = 0,10 \Rightarrow \eta_2 = 0,035$$

Utilizando la ecuación 4.3 y 4.4, obtendremos el Factor de utilización para el posterior calculo.

$$\eta = \eta_1 + \eta_2$$

$$\eta = 0,145$$

Utilizando la ecuación 4.5, despejamos el valor  $d$ , para el cálculo de distancia de lámparas.

Despejamos el valor  $d$

$$E_m = \frac{\eta * f_m * \phi_L}{A * d}$$

$$d = \frac{\eta * f_m * \phi_L}{A * E_m}$$

$$d = \frac{0,145 * 0,7 * 32000}{5 * 17}$$

$$d = 25 \text{ m}$$

**Cuarto caso:** Luminaria de 250 W

$$\frac{A_1}{H} = 0,4 \Rightarrow \eta_1$$

$$\frac{A_2}{H} = 0,10 \Rightarrow \eta_2 = 0,035$$

Utilizando la ecuación 4.3 y 4.4, obtendremos el Factor de utilización para el posterior calculo.

$$\eta = \eta_1 + \eta_2$$

$$\eta = 0,175$$

Utilizando la ecuación 4.5, despejamos el valor  $d$ , para el cálculo de distancia de lámparas.

Despejamos el valor  $d$

$$E_m = \frac{\eta * f_m * \phi_L}{A * d}$$

$$d = \frac{\eta * f_m * \phi_L}{A * E_m}$$

$$d = \frac{0,129 * 0,7 * 55000}{5 * 17}$$

$$d = 48 \text{ m}$$

### 8.7.1.3. Cálculo del deslumbramiento del sistema Actual

Mediante la fórmula 4.7, realizar el cálculo del deslumbramiento la constante  $k$  la normativa define el valor de 650,  $E_e$  iluminación de la lampara,  $L_{av}$  luminancia promedio su valor está en la tabla 5.8.,  $\theta$  el ángulo del deslumbramiento varia de 80 a 90 grados.

**Primer caso:** Luminaria de 70 (W)

$$TI = \frac{650 * 6600}{(1)^{0,8} * 85^2} \%$$

$$TI = 8,6 \%$$

**Segundo caso:** Luminaria de 100 (W)

$$TI = \frac{650 * 10500}{(1)^{0,8} * 85^2} \%$$

$$TI = 9,45 \%$$

**Tercer caso:** Luminaria de 150 (W)

$$TI = \frac{650 * 3200}{(1)^{0,8} * 90^2} \%$$

$$TI = 8,60 \%$$

**Cuarto caso:** Luminaria de 250 (W)

$$TI = \frac{650 * 55000}{(1)^{0,8} * 90^2} \%$$

$$TI = 9,53 \%$$

Al realizar el análisis del deslumbramiento máximo inicial que refleja la tabla 4.4 el sistema cumple con los niveles establecidos en la normativa.

### 8.7.1.4 Parámetros fotométricos para zonas de conflicto

$$C = 6 - \sum Vps \quad (18)$$

Donde:

$C$  = Toma valores de 0 a 5 y corresponde a las clases de iluminación desde C0 a C5 respectivamente,  $\sum V_{ps}$  = Sumatorio de los parámetros seleccionados en función de la tabla 5.10.

**Tabla 8.4.** Selección de la clase de iluminación C

Parámetro	Opciones	Valores de ponderación ( $V_{ps}$ )
Velocidad	Elevado	3
	Alto	2
	Moderado	1
	Bajo	0
Volumen del trafico	Elevado	1
	Alto	0,5
	Moderado	0
	Bajo	-0,5
	Muy bajo	-1
Composición de trafico	Mezcla con un alto porcentaje de tráfico no motorizado	2
	Mesclado	1
	Solamente motorizado	0
Separación de vías	No	1
	Si	0
Iluminación Ambiental	Alta	1
	Moderada	0
	Baja	-1
Guías Visuales	Pobre	0,5
	Moderado o bueno	0

### 8.8.1. Cálculo de las nuevas luminarias propuestas

#### 8.8.1.1 Cálculo de luminaria del sistema propuesto para la parroquia San Felipe

**Primer caso:** Luminaria de 106 W

$$\frac{A_1}{H} = 0,5 \Rightarrow \eta_1$$

$$\frac{A_2}{H} = 0,125 \Rightarrow \eta_2$$

Utilizando la ecuación 4.3y 4.4, obtendremos el Factor de utilización para el posterior calculo.

$$\eta = \eta_1 + \eta_2$$

$$\eta = 0,23$$

Utilizando la ecuación 4.5, de iluminación mínima despejamos el valor  $d$ , para el cálculo de distancia de lámparas.

$$E_m = \frac{\eta * f_m * \phi_L}{A * d}$$

Despejamos el valor  $d$

$$d = \frac{\eta * f_m * \phi_L}{A * E_m}$$

$$d = \frac{0,15 * 0,7 * 14400}{5 * 17}$$

$$d = 27 \text{ m}$$

**Segundo caso:** luminaria de 218 W

$$\frac{A_1}{H} = 0,4 \Rightarrow \eta_1$$

$$\frac{A_2}{H} = 0,1 \Rightarrow \eta_2$$

Utilizando la ecuación 4.3 y 4.4, obtendremos el Factor de utilización para el posterior calculo.

$$\eta = \eta_1 + \eta_2$$

$$\eta = 0,18$$

Utilizando la ecuación 4.5, de iluminación mínima despejamos el valor  $d$ , para el cálculo de distancia de lámparas.

$$E_m = \frac{\eta * f_m * \phi_L}{A * d}$$

Despejamos el valor  $d$

$$d = \frac{\eta * f_m * \phi_L}{A * E_m}$$

$$d = \frac{0,12 * 0,7 * 31300}{5 * 17}$$

$$d = 48 \text{ m}$$

### 8.8.1.2 Cálculo del deslumbramiento del sistema propuesto

Mediante la fórmula 4.7, realizar el cálculo del deslumbramiento la constante  $k$  la normativa define el valor de 650,  $E_e$  iluminación de la lampara,  $L_{av}$  luminancia promedio su valor está en la tabla 5.8.,  $\theta$  el ángulo del deslumbramiento varia de 80 a 90 grados.

**Primer caso:** Luminaria de 106 (W)

$$TI = \frac{650 * 14200}{(1)^{0,8} * 90^2} \%$$

$$TI = 9,23 \%$$

**Segundo caso:** Luminaria de 218 (W)

$$TI = \frac{650 * 44800}{(1)^{0,8} * 90^2} \%$$

$$TI = 9,84 \%$$

Al realizar el análisis del deslumbramiento máximo inicial que refleja la tabla 4.4 el sistema cumple con los niveles establecidos en la normativa.

### 8.9.1. Resultados de la proyección de los elementos de las luminarias de sodio en 12 años

**Tabla 8.5.** Tasa de crecimiento luminaria 250 W

RESULTADOS PROYECTADOS PARA 12 AÑOS PARA LUMINARIAS DE SODIO DE ALTA PRESION						
AÑO	TASA DE CRECIMIENTO DE 1.9%					
	ACCESORIOS PARA LUMINARIAS 250 W					
	COSTO BOMBILLA	COSTO INIGTOR	COSTO BALASTRO	COSTO CAPACITOR	COSTO FOTOCELULA	COSTO RELE
0	9,62	5,65	14,50	4,50	6,10	26,50
1	9,80	5,76	14,78	4,59	6,22	27,00
2	9,99	5,87	15,06	4,67	6,33	27,52
3	10,18	5,98	15,34	4,76	6,45	28,04
4	10,37	6,09	15,63	4,85	6,58	28,57
5	10,57	6,21	15,93	4,94	6,70	29,11
6	10,77	6,33	16,23	5,04	6,83	29,67
7	10,97	6,45	16,54	5,13	6,96	30,23
8	11,18	6,57	16,86	5,23	7,09	30,81
9	11,40	6,69	17,18	5,33	7,23	31,39
10	11,61	6,82	17,50	5,43	7,36	31,99
11	11,83	6,95	17,84	5,54	7,50	32,60
12	12,06	7,08	18,17	5,64	7,65	33,22

**Tabla 8.6** Tasa de crecimiento luminaria 150W

RESULTADOS PROYECTADOS PARA 12 AÑOS PARA LUMINARIAS DE SODIO DE ALTA PRESION						
AÑOS	TASA DE CRECIMIENTO DE 1.9%					
	ACCESORIOS PARA LUMINARIAS 150 W					
	COSTO BOMBILLA	COSTO INIGTOR	COSTO BALASTRO	COSTO CAPACITOR	COSTO FOTOCELULA	COSTO RELE
0	9,20	5,65	9,65	3,15	6,10	26,50
1	9,37	5,76	9,83	3,21	6,22	27,00
2	9,55	5,87	10,02	3,27	6,33	27,52
3	9,73	5,98	10,21	3,33	6,45	28,04
4	9,92	6,09	10,40	3,40	6,58	28,57

5	10,11	6,21	10,60	3,46	6,70	29,11
6	10,30	6,33	10,80	3,53	6,83	29,67
7	10,50	6,45	11,01	3,59	6,96	30,23
8	10,70	6,57	11,22	3,66	7,09	30,81
9	10,90	6,69	11,43	3,73	7,23	31,39
10	11,11	6,82	11,65	3,80	7,36	31,99
11	11,32	6,95	11,87	3,87	7,50	32,60
12	11,53	7,08	12,10	3,95	7,65	33,22

**Tabla 8.7.** Tasa de crecimiento luminaria 125W

<b>RESULTADOS PROYECTADOS PARA 12 AÑOS PARA LUMINARIAS DE SODIO DE ALTA PRESION</b>						
<b>AÑO</b>	<b>TASA DE CRECIMIENTO DE 1.9%</b>					
	<b>ACCESORIOS PARA LUMINARIAS 125 W</b>					
	<b>COSTO BOMBILLA</b>	<b>COSTO INIGTOR</b>	<b>COSTO BALASTRO</b>	<b>COSTO CAPACITOR</b>	<b>COSTO FOTOCELULA</b>	<b>COSTO RELE</b>
0	9,00	5,65	9,10	2,85	6,10	26,50
1	9,17	5,76	9,27	2,90	6,22	27,00
2	9,35	5,87	9,45	2,96	6,33	27,52
3	9,52	5,98	9,63	3,02	6,45	28,04
4	9,70	6,09	9,81	3,07	6,58	28,57
5	9,89	6,21	10,00	3,13	6,70	29,11
6	10,08	6,33	10,19	3,19	6,83	29,67
7	10,27	6,45	10,38	3,25	6,96	30,23
8	10,46	6,57	10,58	3,31	7,09	30,81
9	10,66	6,69	10,78	3,38	7,23	31,39
10	10,86	6,82	10,98	3,44	7,36	31,99
11	11,07	6,95	11,19	3,51	7,50	32,60
12	11,28	7,08	11,41	3,57	7,65	33,22

**Tabla 8.8.** Tasa de crecimiento luminaria 100W

<b>RESULTADOS PROYECTADOS PARA 12 AÑOS PARA LUMINARIAS DE SODIO DE ALTA PRESION</b>						
<b>AÑO</b>	<b>TASA DE CRECIMIENTO DE 1.9%</b>					
	<b>ACCESORIOS PARA LUMINARIAS 100 W</b>					
	<b>COSTO BOMBILLA</b>	<b>COSTO INIGTOR</b>	<b>COSTO BALASTRO</b>	<b>COSTO CAPACITOR</b>	<b>COSTO FOTOCELULA</b>	<b>COSTO RELE</b>
0	8,90	5,65	8,95	2,65	6,10	26,50
1	9,07	5,76	9,12	2,70	6,22	27,00
2	9,24	5,87	9,29	2,75	6,33	27,52
3	9,42	5,98	9,47	2,80	6,45	28,04
4	9,60	6,09	9,65	2,86	6,58	28,57
5	9,78	6,21	9,83	2,91	6,70	29,11
6	9,96	6,33	10,02	2,97	6,83	29,67
7	10,15	6,45	10,21	3,02	6,96	30,23
8	10,35	6,57	10,40	3,08	7,09	30,81

9	10,54	6,69	10,60	3,14	7,23	31,39
10	10,74	6,82	10,80	3,20	7,36	31,99
11	10,95	6,95	11,01	3,26	7,50	32,60
12	11,16	7,08	11,22	3,32	7,65	33,22

**Tabla 8.9.** Tasa de crecimiento luminaria 70W

<b>RESULTADOS PROYECTADOS PARA 12 AÑOS PARA LUMINARIAS DE SODIO DE ALTA PRESION</b>						
<b>AÑO</b>	<b>TASA DE CRECIMIENTO DE 1.9%</b>					
	<b>ACCESORIOS PARA LUMINARIAS 70 W</b>					
	<b>COSTO BOMBILLA</b>	<b>COSTO INIGTOR</b>	<b>COSTO BALASTRO</b>	<b>COSTO CAPACITOR</b>	<b>COSTO FOTOCELULA</b>	<b>COSTO RELE</b>
0	8,70	5,65	8,30	2,15	6,10	26,50
1	8,87	5,76	8,46	2,19	6,22	27,00
2	9,03	5,87	8,62	2,23	6,33	27,52
3	9,21	5,98	8,78	2,27	6,45	28,04
4	9,38	6,09	8,95	2,32	6,58	28,57
5	9,56	6,21	9,12	2,36	6,70	29,11
6	9,74	6,33	9,29	2,41	6,83	29,67
7	9,93	6,45	9,47	2,45	6,96	30,23
8	10,11	6,57	9,65	2,50	7,09	30,81
9	10,31	6,69	9,83	2,55	7,23	31,39
10	10,50	6,82	10,02	2,60	7,36	31,99
11	10,70	6,95	10,21	2,64	7,50	32,60
12	10,90	7,08	10,40	2,69	7,65	33,22

### 8.10.1. Resultados de la proyección de los elementos de las luminarias LED a 12 años

**Tabla 8.10.** Tasa de crecimiento luminaria LED 187W

<b>RESULTADOS PROYECTADOS PARA 12 AÑOS PARA LUMINARIAS LED</b>		
<b>AÑO</b>	<b>TASA DE CRECIMIENTO DE 1.9%</b>	
	<b>ACCESORIOS PARA LUMINARIAS 187 W</b>	
	<b>COSTO DEL DRIVER</b>	<b>RELE PROGRAMABLE</b>
0	35,00	26,50
1	35,67	27,00
2	36,34	27,52
3	37,03	28,04
4	37,74	28,57
5	38,45	29,11
6	39,18	29,67
7	39,93	30,23
8	40,69	30,81
9	41,46	31,39

10	42,25	31,99
11	43,05	32,60
12	43,86	33,21

**Tabla 8.11.** Tasa de crecimiento luminaria LED 71W

<b>RESULTADOS PROYECTADOS PARA 12 AÑOS PARA LUMINARIAS LED</b>		
<b>AÑO</b>	<b>TASA DE CRECIMIENTO DE 1.9%</b>	
	<b>ACCESORIOS PARA LUMINARIAS 71 W</b>	
	<b>COSTO DEL DRIVER</b>	<b>RELE</b>
0	26,20	26,50
1	26,70	27,00
2	27,21	27,52
3	27,72	28,04
4	28,25	28,57
5	28,79	29,11
6	29,33	29,67
7	29,89	30,23
8	30,46	30,81
9	31,04	31,39
10	31,63	31,99
11	32,23	32,60
12	32,84	33,21

**Tabla 8.12.** Tasa de crecimiento luminaria LED 56W

<b>RESULTADOS PROYECTADOS PARA 12 AÑOS PARA LUMINARIAS LED</b>	
<b>AÑO</b>	<b>TASA DE CRECIMIENTO DE 1.9%</b>
	<b>ACCESORIOS PARA LUMINARIAS 56 W</b>
	<b>COSTO DEL DRIVER</b>
0	22,40
1	22,83
2	23,26
3	23,70
4	24,15
5	24,61
6	25,08
7	25,55
8	26,04
9	26,53
10	27,04
11	27,55
12	28,07

### 8.11.1. Costos del mantenimiento de las luminarias de sodio

**Tabla 8.13.** Mantenimiento de luminaria de sodio 250W

AÑO	LUMINARIA 250W			
	COSTO DE MATERIALES	COSTO DE MANO DE OBRA	TRASLADO GRUA	SUBTOTAL
0				
1				
2				
3	50,65	2,77	18,74	72,16
4				
5				
6	74,86	6,69	22,48	104,03
7				
8				
9	56,71	4,04	26,96	87,71
10				
11				
12	83,81	9,76	32,34	125,92
TOTAL MANTENIMIENTO				389,82

**Tabla 8.14.** Mantenimiento de luminaria de sodio 150W

LUMINARIA 150W			
COSTO DE MATERIALES	COSTO DE MANO DE OBRA	TRASLADO GRUA	SUBTOTAL
50,21	2,77	18,74	71,72
67,45	6,69	22,48	96,62
56,21	4,04	26,96	87,21
75,52	9,76	32,34	117,62
TOTAL DE MANTENIMIETO			373,17

**Tabla 8.15.** Mantenimiento de luminaria de sodio 125W

<b>LUMINARIA 125W</b>			
<b>COSTO DE MATERIALES</b>	<b>COSTO DE MANO DE OBRA</b>	<b>TRASLADO GRUA</b>	<b>SUBTOTAL</b>
49,99	2,77	18,74	71,50
66,28	6,69	22,48	95,45
55,97	4,04	26,96	86,97
74,20	9,76	32,34	116,30
<b>TOTAL DE MANTENIMIETO</b>			<b>253,92</b>

**Tabla 8.16.** Mantenimiento de luminaria de sodio 100W

<b>LUMINARIA 100W</b>			
<b>COSTO DE MATERIALES</b>	<b>COSTO DE MANO DE OBRA</b>	<b>TRASLADO GRUA</b>	<b>SUBTOTAL</b>
49,89	2,77	18,74	71,40
65,77	6,69	22,48	94,94
55,85	4,04	26,96	86,86
73,64	9,76	32,34	115,74
<b>TOTAL DE MANTENIMIETO</b>			<b>253,20</b>

**Tabla 8.17.** Mantenimiento de luminaria de sodio 70W

<b>LUMINARIA 70W</b>			
<b>COSTO DE MATERIALES</b>	<b>COSTO DE MANO DE OBRA</b>	<b>TRASLADO GRUA</b>	<b>SUBTOTAL</b>
49,68	2,77	18,74	71,19
64,26	6,69	22,48	93,43
55,62	4,04	26,96	86,62
71,95	9,76	32,34	114,05
<b>TOTAL DE MANTENIMIENTO</b>			<b>251,24</b>

### 8.12.1. Energía del sistema de alumbrado público de la parroquia San Felipe

**Tabla 8.18.** Determinación de la energía del alumbrado público con iluminaciones de sodio de 250 W.

<b>LUMINARIA DE SODIO AP 250W</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>MENSUAL</b>
NÚMERO DE ILUMINARIAS	216
POTENCIA POR LUMINARIA (W)	250
FACTOR UTILIZACIÓN	0,5
CONSUMO DE AUXILIARES	30
POTENCIA W	30240
POTENCIA kW	<b>30,24</b>

**Tabla 8.19.** Determinación de la energía del alumbrado público con iluminaciones de sodio de 150 W.

<b>LUMINARIA DE SODIO AP 150 W</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>MENSUAL</b>
NÚMERO DE ILUMINARIAS	239
POTENCIA POR LUMINARIA (W)	150
FACTOR UTILIZACIÓN	0,5
CONSUMO DE AUXILIARES	18
POTENCIA W	20076
POTENCIA kW	<b>20,08</b>

**Tabla 8.20** Determinación de la energía del alumbrado público con iluminaciones de sodio de 125 W

<b>LUMINARIA DE SODIO AP 125 W</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>MENSUAL</b>
NÚMERO DE ILUMINARIAS	21
POTENCIA POR LUMINARIA (W)	125
FACTOR UTILIZACIÓN	0,5
CONSUMO DE AUXILIARES	16,25
POTENCIA W	1483
POTENCIA kW	<b>1,48</b>

**Tabla 8.21** Determinación de la energía del alumbrado público con iluminaciones de sodio de 100 W

<b>LUMINARIA DE SODIO AP 100 W</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>MENSUAL</b>
NÚMERO DE ILUMINARIAS	164
POTENCIA POR LUMINARIA (W)	100
FACTOR UTILIZACIÓN	0,5
CONSUMO DE AUXILIARES	15
POTENCIA W	9430
POTENCIA kW	<b>9,43</b>

**Tabla 8.22.** Determinación de la energía del alumbrado público con iluminaciones de sodio de 70 W

<b>LUMINARIA DE SODIO AP 70 W</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>MENSUAL</b>
NÚMERO DE ILUMINARIAS	107
POTENCIA POR LUMINARIA (W)	70
FACTOR UTILIZACIÓN	0,5
CONSUMO DE AUXILIARES	11,2
POTENCIA W	4344
POTENCIA kW	<b>4,34</b>

**8.13.1. Análisis de la energía de alumbrado público LED marca aventó.**

**Tabla 8.23.** Determinación de la energía del alumbrado público con iluminación LED 186 W

<b>LUMINARIA LED MARCA AVENTÓ DE 186W</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>MENSUAL</b>
NÚMERO DE ILUMINARIAS	216
POTENCIA POR LUMINARIA (W)	218
FACTOR UTILIZACIÓN	0,5
CONSUMO DE AUXILIARES	18,6
POTENCIA W	22097
POTENCIA Kw	<b>22,10</b>

**Tabla 8.24** Determinación de la energía del alumbrado público con iluminación LED 71 W

<b>LUMINARIA LED MARCA AVENTÓ DE 71 W</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>MENSUAL</b>
NÚMERO DE ILUMINARIAS	239
POTENCIA POR LUMINARIA (W)	71
FACTOR UTILIZACIÓN	0,5
CONSUMO DE AUXILIARES	7,1
POTENCIA W	9,3333
POTENCIA kW	<b>9,33</b>

**Tabla 8.25** Determinación de la energía del alumbrado público con iluminación LED 71 W

<b>LUMINARIA LED MARCA AMPERA MAXI DE 71 W</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>MENSUAL</b>
NÚMERO DE ILUMINARIAS	292
POTENCIA POR LUMINARIA (W)	56
FACTOR UTILIZACIÓN	0,5
CONSUMO DE AUXILIARES	5,6
POTENCIA W	8994
POTENCIA Kw	<b>8,99</b>

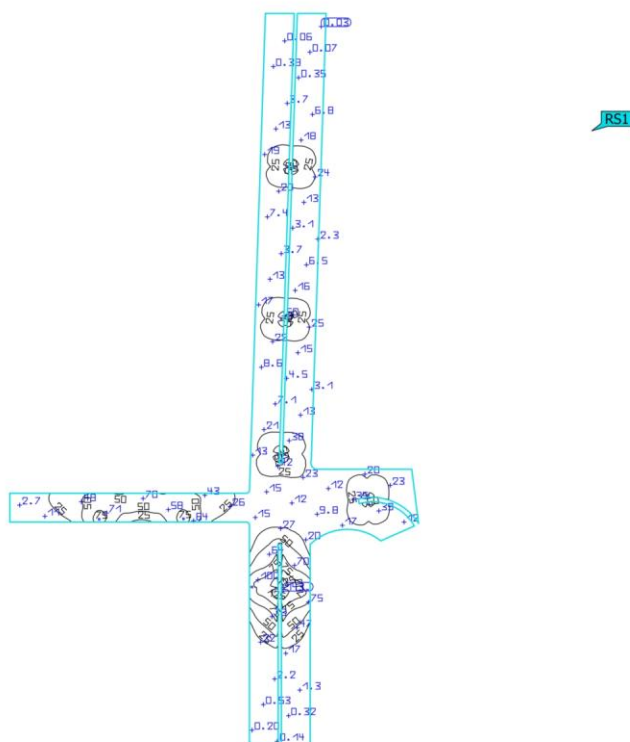
## 8.14. SIMULACIÓN EN DIALux DE ZONAS DE CONFLICTO

DIALux

### INTERSECCIÓN UTC

Terreno 1 (Escena de luz 1)

Objeto de resultado de superficies 1

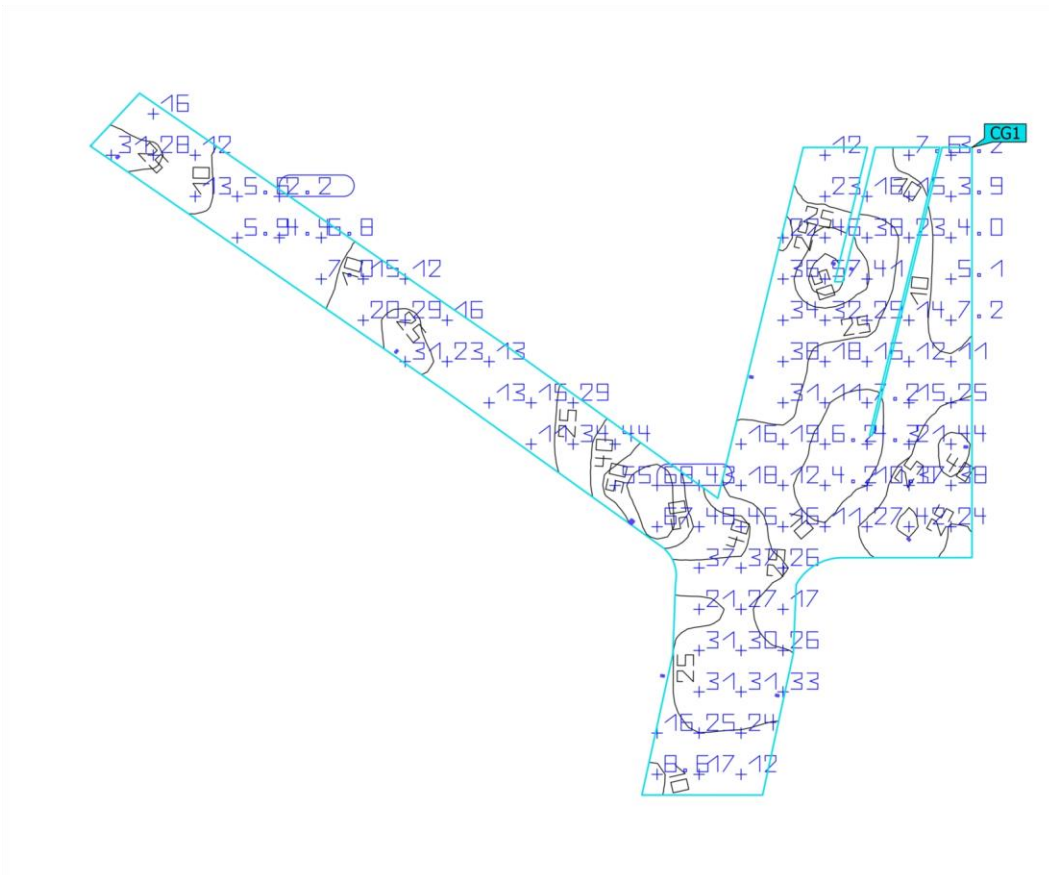


Propiedades	$\bar{E}$	$E_{\min}$	$E_{\max}$	$g_1$	$g_2$	Índice
Objeto de resultado de superficies 1 Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.050 m	22.9 lx	0.022 lx	144 lx	0.001	0.000	RS1

Perfil de uso: Áreas de tránsito generales en lugares de trabajo / puestos de trabajo al aire libre, Tráfico regular de vehículos (máx. 40km/h)

VIA (Escena de luz 1)

Superficie de cálculo 2

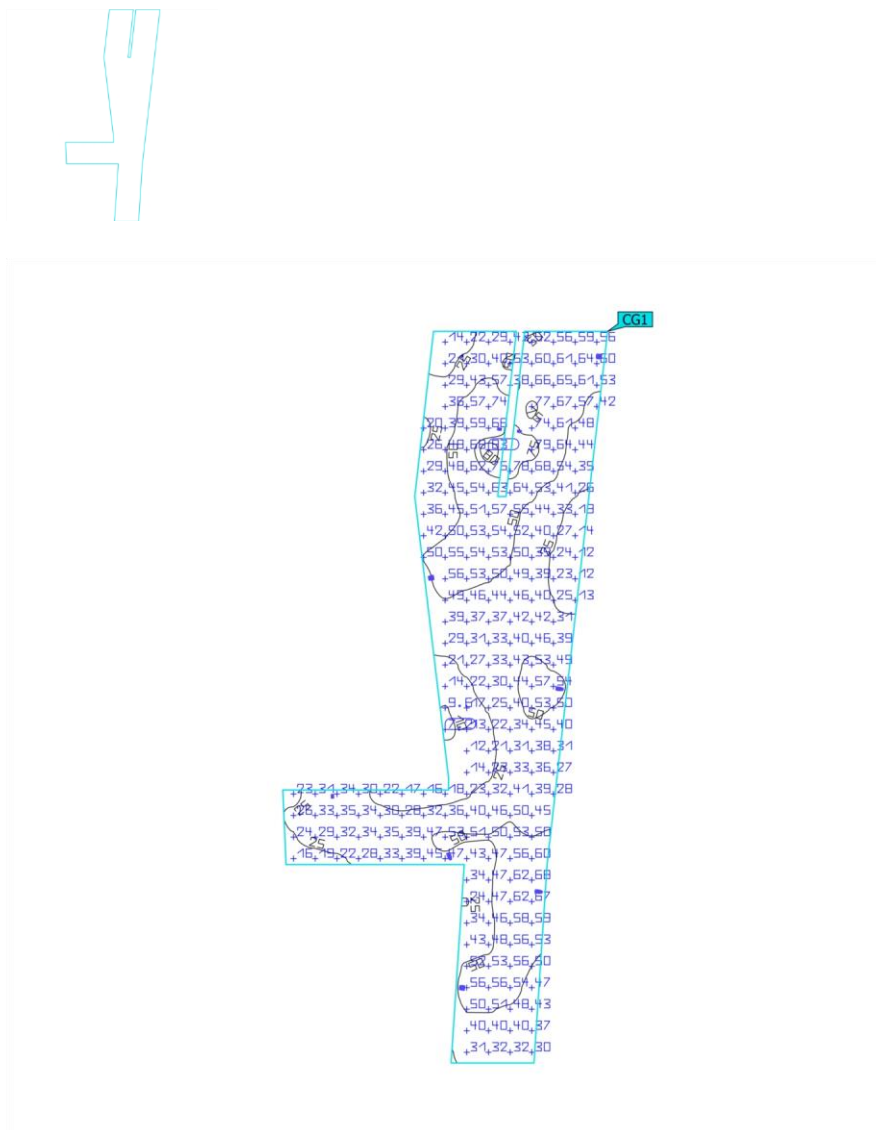


Propiedades	$\bar{E}$	$E_{\min}$	$E_{\max}$	$g_1$	$g_2$	Índice
Superficie de cálculo 2 Iluminancia perpendicular Altura: 0.050 m	22.8 lx	2.18 lx	68.1 lx	0.096	0.032	CG1

Perfil de uso: Áreas de tránsito generales en lugares de trabajo / puestos de trabajo al aire libre, Tráfico regular de vehículos (máx. 40km/h)

Terreno 1 (Escena de luz 1)

Superficie de cálculo 1



Propiedades	$\bar{E}$	$E_{\min}$	$E_{\max}$	$g_1$	$g_2$	Índice
Superficie de cálculo 1 Iluminancia perpendicular Altura: 0.050 m	42.0 lx	7.20 lx	83.5 lx	0.17	0.086	CG1

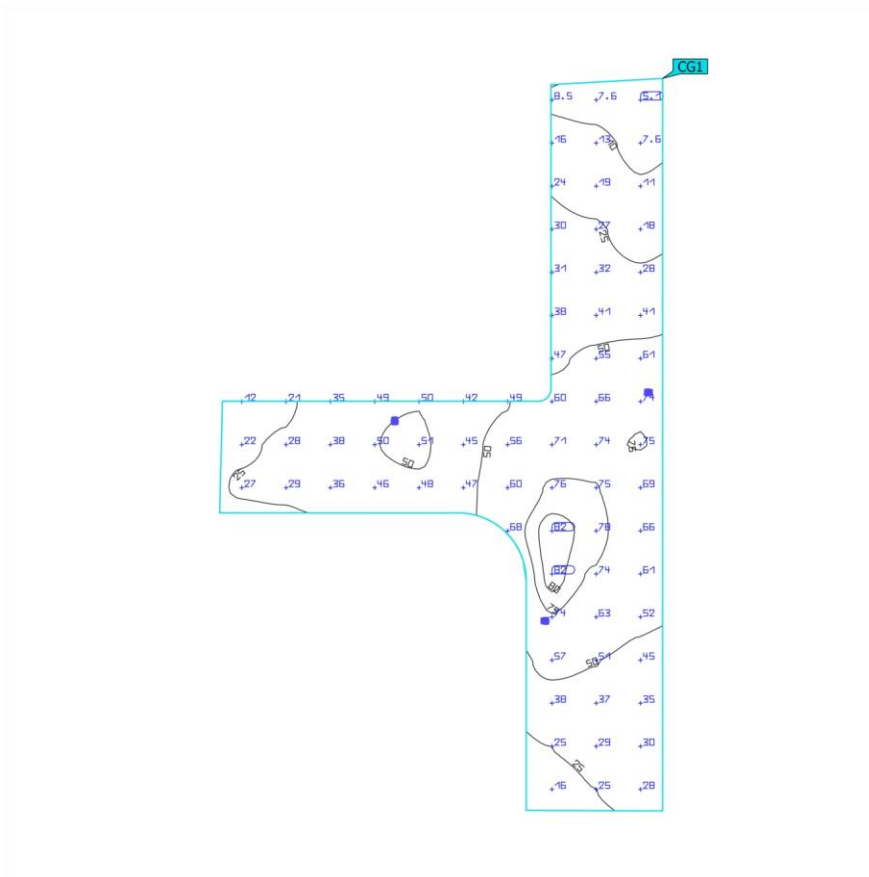
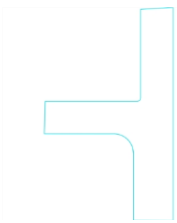
Perfil de uso: Áreas de tránsito generales en lugares de trabajo / puestos de trabajo al aire libre, Tráfico regular de vehículos (máx. 40km/h)

# INTERSECCIÓN SAN FELIPE



Terreno 1 (Escena de luz 1)

Superficie de cálculo 1



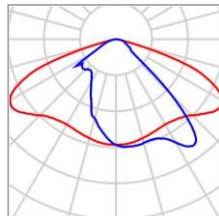
Propiedades	$\bar{E}$	$E_{\min}$	$E_{\max}$	$g_1$	$g_2$	Índice
Superficie de cálculo 1 Iluminancia perpendicular Altura: 0.050 m	43.2 lx	5.07 lx	82.0 lx	0.12	0.062	CG1

Perfil de uso: Áreas de tránsito generales en lugares de trabajo / puestos de trabajo al aire libre, Tráfico regular de vehículos (máx. 40km/h)

## 8.15. SIMULACIÓN EN DIALux DE LUMINARIAS LED

### Calle 1

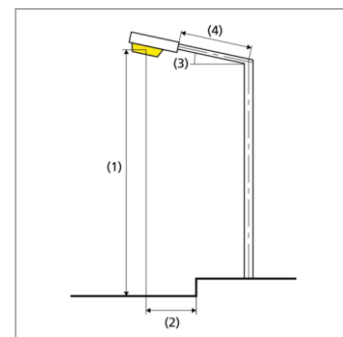
#### Resumen (hacia EN 13201:2015)



Fabricante	<b>SCHREDER</b>	P	<b>186.0 W</b>
Nombre del artículo	<b>AVENTO 2 / 5195 / 240 LEDs 233mA WW 730 186W // 430252</b>	$\Phi_{\text{Lámpara}}$	<b>27600lm</b>
		$\Phi_{\text{Luminaria}}$	<b>23555lm</b>
Lámpara	<b>1x240 LEDs 233mA WW 730</b>	$\eta$	<b>85.34 %</b>

### AVENTO 2/5195/240 LEDs 233mA WW 730 186W // 430252 (bilateral en alternancia)

Distancia entre mástiles	<b>46.000 m</b>
(1) Altura de punto de luz	<b>12.000 m</b>
(2) Saliente del punto de luz	<b>0.390 m</b>
(3) Inclinación del brazo	<b>25.0°</b>
(4) Longitud del brazo	<b>1.200 m</b>
Horas de trabajo anuales	<b>4000 h: 100.0 %, 186.0 W</b>
Consumo	<b>8184.0 W/km</b>
ULR / ULOR	<b>0.01 / 0.00</b>
Intensidad lumínica máx	<b>≥ 70°: 646 cd/klm</b>
Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).	<b>≥ 80°: 355 cd/klm</b> <b>≥ 90°: 37.1 cd/klm</b>
Clase de potencia lumínica	-
Los valores de intensidad lumínica en [cd/klm] para el cálculo de la clase de potencia lumínica se refieren al flujo luminoso de luminaria conforme a EN 13201:2015.	
Clase de índice de deslumbramiento	<b>D.4</b>



## Calle 1

### Resumen (hacia EN 13201:2015)

#### Resultados para campos de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Camino peatonal 7 (P1)	$E_m$	<b>22.09 lx</b>	<b>[15.00 - 22.50] lx</b>	✓
	$E_{min}$	<b>16.95 lx</b>	<b>≥ 3.00 lx</b>	✓
Calzada 6 (M2)	$L_m^{(2)}$	<b>1.20 cd/m<sup>2</sup></b>	<b>≥ 1.20 cd/m<sup>2</sup></b>	✓
	$U_o$	<b>0.84</b>	<b>≥ 0.40</b>	✓
	$U_l$	<b>0.70</b>	<b>≥ 0.70</b>	✓
	TI	<b>6 %</b>	<b>≤ 10 %</b>	✓
	$R_{E_l}^{(1)}$	<b>0.96</b>	-	-
Calzada 5 (M4)	$L_m$	<b>1.19 cd/m<sup>2</sup></b>	<b>≥ 0.75 cd/m<sup>2</sup></b>	✓
	$U_o$	<b>0.85</b>	<b>≥ 0.40</b>	✓
	$U_l$	<b>0.72</b>	<b>≥ 0.60</b>	✓
	TI	<b>6 %</b>	<b>≤ 15 %</b>	✓
	$R_{E_l(1)}$	<b>0.96</b>	-	-
Camino peatonal 6 (P1)	$E_m$	<b>22.19 lx</b>	<b>[15.00-22.50] lx</b>	✓
	$E_{min}$	<b>17.01 lx</b>	<b>≥ 3.00 lx</b>	✓

(1) Informativo, no es parte de la evaluación

(2) Valor nominal modificado por el proyectista, difiere de la norma

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

## Calle 1

### Resumen (hacia EN 13201:2015)



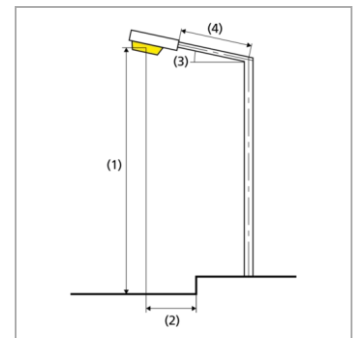
Fabricante	<b>SCHREDER</b>	P	<b>56.0 W</b>
Nombre del artículo	<b>AMPERA MAXI / 5102 / 96 LEDs 200mA NW 740 56W / Glare limitor / 477922</b>	$\Phi_{\text{Lámpara}}$	<b>10081 lm</b>
		$\Phi_{\text{Luminaria}}$	<b>8465 lm</b>
		$\eta$	<b>83.97 %</b>
Lámpara	<b>1x 96 LEDs 200mA NW 740</b>		

## Calle 1

### Resumen (hacia EN 13201:2015)

#### **AMPERA MAXI / 5102 / 96 LEDs 200mA NW 740 56W / Glare limitor / 477922 (bilateral en alternancia)**

Distancia entre mástiles	<b>42.000 m</b>
(1) Altura de punto de luz	<b>10.000 m</b>
(2) Saliente del punto de luz	<b>0.800 m</b>
(3) Inclinación del brazo	<b>30.0°</b>
(4) Longitud del brazo	<b>0.800 m</b>
Horas de trabajo anuales	<b>4000 h: 100.0 %, 56.0 W</b>
Consumo	<b>2688.0 W/km</b>
ULR / ULOR	<b>0.02 / 0.00</b>
Intensidad lumínica máx	<b>≥ 70°: 621 cd/klm</b>
Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).	<b>≥ 80°: 467 cd/klm</b> <b>≥ 90°: 48.4 cd/klm</b>
Clase de potencia lumínica	-
Los valores de intensidad lumínica en [cd/klm] para el cálculo de la clase de potencia lumínica se refieren al flujo luminoso de luminaria conforme a EN 13201:2015.	
Clase de índice de deslumbramiento	<b>D.6</b>



## Calle 1

Resumen (hacia EN 13201:2015)

### Resultados para campos de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Camino peatonal 2 (P2)	<b>E<sub>m</sub></b>	<b>10.14 lx</b>	<b>[10.00-15.00] lx</b>	✓
	<b>E<sub>min</sub></b>	<b>8.41 lx</b>	<b>≥ 2.00 lx</b>	✓
Calzada 1 (M5)	<b>L<sub>m</sub></b>	<b>0.56 cd/m<sup>2</sup></b>	<b>≥ 0.50 cd/m<sup>2</sup></b>	✓
	<b>U<sub>o</sub></b>	<b>0.81</b>	<b>≥ 0.35</b>	✓
	<b>U<sub>l</sub></b>	<b>0.82</b>	<b>≥ 0.40</b>	✓
	<b>TI</b>	<b>4 %</b>	<b>≤ 15 %</b>	✓
	<b>R<sub>EI</sub><sup>(1)</sup></b>	<b>0.81</b>	-	-
Camino peatonal 1 (P2)	<b>E<sub>m</sub></b>	<b>10.14 lx</b>	<b>[10.00-15.00] lx</b>	✓
	<b>E<sub>min</sub></b>	<b>8.41 lx</b>	<b>≥ 2.00 lx</b>	✓

(1) Informativo, no es parte de la evaluación

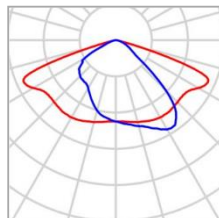
Para la instalación se ha calculado con un factor de mantenimiento de 0.67.

### Resultados para indicadores de eficiencia energética

	Tamaño	Calculado	Consumo
Calle 1	<b>D<sub>p</sub></b>	<b>0.027 W/lx*m<sup>2</sup></b>	-
AMPERA MAXI / 5102 / 96 LEDs 200mA NW 740 56W / Glare limiter / 477922	<b>D<sub>e</sub></b>	(bilateral en alternancia) <b>1.2 kWh/m<sup>2</sup> año,</b>	<b>448.0 kWh/año</b>

## Calle 1

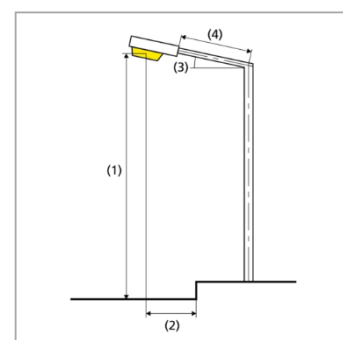
### Resumen (hacia EN 13201:2015)



Fabricante	<b>SCHREDER</b>	P	<b>71.0 W</b>
Nombre del artículo	<b>AVENTO 1 / 5196 / 96 LEDs 233mA NW 740 71W // 430172</b>	$\Phi$ Lámpara	<b>11328 lm</b>
Lámpara	<b>1x 96 LEDs 233mA NW 740</b>	$\Phi$ Luminaria	<b>9631 lm</b>
		$\eta$	<b>85.02 %</b>

### AVENTO 1 / 5196 / 96 LEDs 233mA NW 740 71W // 430172 (bilateral en alternancia)

Distancia entre mástiles	<b>30.000 m</b>
(1) Altura de punto de luz	<b>8.000 m</b>
(2) Saliente del punto de luz	<b>0.600 m</b>
(3) Inclinación del brazo	<b>15.0°</b>
(4) Longitud del brazo	<b>0.000 m</b>
Horas de trabajo anuales	<b>4000 h: 100.0 %, 71.0 W</b>
Consumo	<b>4686.0 W/km</b>
ULR / ULOR	<b>0.00 / 0.00</b>
Intensidad lumínica máx Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).	<b>≥ 70°: 705 cd/klm</b> <b>≥ 80°: 199 cd/klm</b> <b>≥ 90°: 16.2 cd/klm</b>
Clase de potencia lumínica Los valores de intensidad lumínica en [cd/klm] para el cálculo de la clase de potencia lumínica se refieren al flujo luminoso de luminaria conforme a EN 13201:2015.	<b>G*1</b>
Clase de índice de deslumbramiento	<b>D.5</b>



## Calle 1

### Resumen (hacia EN 13201:2015)

#### Resultados para campos de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Camino peatonal 2 (P1)	<b>E<sub>m</sub></b>	<b>21.66 lx</b>	<b>[15.00-22.50] lx</b>	✓
	<b>E<sub>min</sub></b>	<b>17.47 lx</b>	<b>≥ 3.00 lx</b>	✓
Calzada 1 (M3)	<b>L<sub>m</sub></b>	<b>1.54 cd/m<sup>2</sup></b>	<b>≥ 1.00 cd/m<sup>2</sup></b>	✓
	<b>U<sub>o</sub></b>	<b>0.64</b>	<b>≥ 0.40</b>	✓
	<b>U<sub>l</sub></b>	<b>0.84</b>	<b>≥ 0.60</b>	✓
	<b>TI</b>	<b>9 %</b>	<b>≤ 15 %</b>	✓
	<b>R<sub>EI</sub><sup>(1)</sup></b>	<b>0.69</b>	-	-
Camino peatonal 1 (P1)	<b>E<sub>m</sub></b>	<b>21.66 lx</b>	<b>[15.00-22.50] lx</b>	✓
	<b>E<sub>min</sub></b>	<b>17.47 lx</b>	<b>≥ 3.00 lx</b>	✓

(1) Informativo, no es parte de la evaluación

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

#### Resultados para indicadores de eficiencia energética

	Tamaño	Calculado	Consumo
Calle 1	<b>D<sub>p</sub></b>	<b>0.022 W/lx*m<sup>2</sup></b>	-
AVENTO 1 / 5196 / 96 LEDs 233mA NW 740 71W // 430172 (bilateral en alternancia)	<b>D<sub>e</sub></b>	<b>2.2 kWh/m<sup>2</sup> año,</b>	<b>568.0 kWh/año</b>

Oficio Nro. ELEPCOSA-PE-2021-00597-O

Latacunga, 17 de junio de 2021

**Asunto:** Autorización entrega de información

Señor Ingeniero  
Xavier Alfonso Proaño Maldonado  
En su Despacho

De mi consideración:

En atención al OFICIO IELE-N°087-2021 suscrito por usted, me permito poner en su conocimiento que ELEPCOSA entregará los datos técnicos para el desarrollo del trabajo investigación “Evaluación del impacto del sistema de iluminación inteligente de alumbrado público del cantón Latacunga”, a los señores estudiantes Juan Daniel Callatasig Chisaguano y Oscar Eduardo Oña Aimacaña, bajo la dirección del M.Sc. Carlos Iván Quinatoa Caiza por lo que deberán ponerse en contacto con el señor Ing. Carlos Cevallos, servidor del Departamento Técnico, de la Unidad de Alumbrado Público, quien proporcionará los mismos.

Me permito informar que una vez concluido el trabajo de onvestigación, se servirá entregada una copia del mismo sin restricción de derechos de autor a la Unidad indicada, a fin de que sea utilizada para la implementación en nuestro sistema.

Con sentimiento de distinguida consideración.

Atentamente,

*Documento firmado electrónicamente*

Ing. Jose Alberto Semanate Noroña  
**PRESIDENTE EJECUTIVO**

Referencias:

- ELEPCOSA-DT-2021-1042-M

Anexos:

- dig\_elepco\_11-06-2021\_1237.pdf  
- elepcosa-dt-2021-1042-m.pdf

Copia:

Señor Ingeniero  
Carlos Gustavo Cevallos Carvajal  
**Auxiliar de Ingeniería**

**Oficio Nro. ELEPCOSA-PE-2021-00597-O**

**Latacunga, 17 de junio de 2021**

Elsa Cecilia del Conzuelo Almeida G.

**Archivo**

Señora

Sonia del Rosio Patricia Viteri Acosta

**Asistente Estadística e Información Técnica**

sv/rp



Firmado electrónicamente por:  
**JOSE ALBERTO  
SEMANATE NORONA**