

UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CUENCA

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA  
Y CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**Niveles de Iluminación en las vías del trayecto del tranvía  
“Cuatro Ríos de Cuenca” y percepción visual de los  
conductores del mismo**

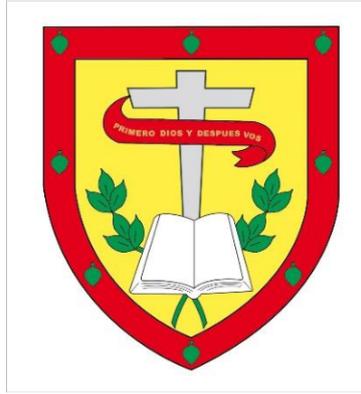
**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO**

**AUTORES: DIEGO JOSEPH RAMÍREZ PACHECO – NIXON  
EUCLIDES SUMBA PUGO**

**DIRECTOR: ING. GIOVANI SANTIAGO PULLA GALINDO MGS.  
CUENCA – ECUADOR**

**2023**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA  
Y CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**Niveles de Iluminación en las vías del trayecto del tranvía  
“Cuatro Ríos de Cuenca” y percepción visual de los  
conductores del mismo**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO**

**AUTORES: DIEGO JOSEPH RAMÍREZ PACHECO – NIXON  
EUCLIDES SUMBA PUGO**

**DIRECTOR: ING. GIOVANI SANTIAGO PULLA GALINDO MSC.**

**CUENCA – ECUADOR**

**2023**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**

## Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

**Diego Joseph Ramírez Pacheco y Nixon Euclides Sumba Pugo** portadores de las cédulas de ciudadanía N° **0705965937** y **0107013617**. Declaramos ser autores de la obra: **“Niveles de Iluminación en las vías del trayecto del tranvía “Cuatro Ríos de Cuenca” y percepción visual de los conductores del mismo”**, sobre la cual nos hacemos responsables sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaramos que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximimos a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaramos finalmente que nuestra obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también nos responsabilizamos y eximimos a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, **2 de marzo del 2023**

F: 

Diego Joseph Ramírez Pacheco

0705965937

F: 

Nixon Euclides Sumba Pugo

0107013617

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Diego Joseph Ramírez Pacheco y Nixon Euclides Sumba Pugo, bajo mi supervisión.



---

Ing. **Giovani Santiago Pulla Galindo MSc.**

**DIRECTOR**

## **DEDICATORIA DIEGO JOSEPH RAMIREZ PACHECO**

Mi trabajo de titulación la dedico principalmente a Dios, por haberme guiado a lo largo de mi carrera y haberme fortalecido en los momentos de dificultad. Agradezco también a mis queridos padres Miguel Ramírez y María Pacheco que con su esfuerzo me ayudaron a alcanzar la meta tan anhelada para todos. A mi amada esposa Selena Mora por su amor, paciencia, comprensión y darme la fuerza para seguir adelante y nunca soltarme de la mano en todo este camino. A mi querido hijo Joseph Ramírez por ser el gran motivo, ya que se ha convertido en mi pilar fundamental, para convertirme en un profesional y ser su ejemplo a seguir. A mis queridos hermanos por haberme brindado su apoyo, sus consejos y por confiar en mí. Gracias a cada uno de ustedes por haber confiado en mis logros, los quiero mucho.

Diego Ramírez

## **DEDICATORIA NIXON EUCLIDES SUMBA PUGO**

Mi tesis la dedico primeramente a Dios, por brindarme sabiduría, paciencia y fortaleza, por haberme permitido llegar al final de esta etapa. A mis padres Luis Sumba y Zoila Pugo, mis hermanos Ángel, Edgar, Lourdes, Paul, Claritza, Cuales fueron mi apoyo en todo el trayecto de mi carrera. A mis abuelitos Jesús, Rosa y hermanos Fabián y Víctor que ya no están conmigo y me cuidan de donde se encuentran, se lo dedico a ellos por brindarme todas sus fuerzas para poder lograr mi sueño.

Nixon Sumba

## **AGRADECIMIENTO DIEGO JOSEPH RAMIREZ PACHECO**

En primer lugar, agradezco a Dios por acompañarme en mi camino como estudiante y darme la capacidad de seguir adelante, también agradezco a la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Católica de Cuenca por contar con los mejores profesionales como docentes, ya que nos brindaron sus conocimientos a lo largo de mi carrera.

Un agradecimiento especial a una estimada doctora que me brindó su confianza y me dio la oportunidad de cumplir mi sueño de ser profesional. Dra. Jessica López Macías, agradezco a Dios por ponerla en mi camino, que Dios la cuide y que nunca deje de ser una buena persona.

También agradezco a mi tutor de Tesis Ing. Santiago Pulla y a su colaborador Ing. David Vallejo por darnos las herramientas para guiarnos y terminar nuestra tesis con éxito.

Y, por último, pero no menos importante a todos mis compañeros que se convirtieron en mis amigos, gracias por esos momentos de dificultades que pasamos y nunca nos dimos por vencidos porque nuestro motivo en esta ciudad era convertirnos en profesionales.

Diego Ramírez

## **AGRADECIMIENTO NIXON EUCLIDES SUMBA PUGO**

Al finalizar esta carrera que anhele siempre, quiero expresar mis más grandes agradecimiento a Dios, a mis padres Luis Sumba y Zoila Pugo los cuales fueron mis pilares fundamentales para lograr esta meta, junto a ellos a mis hermanos Ángel, Edgar y Lourdes que me brindaron su apoyo en todo el trayecto de mi carrera y me ayudaron a cumplir mi sueño, gracias familia de todo corazón.

De antemano quiero agradecer a mi tutor de tesis, Ingeniero Santiago Pulla y colaborador Ingeniero David Vallejo, por dedicar su tiempo en el acompañamiento y elaboración de mi trabajo de titulación.

Nixon Sumba

## RESUMEN

Es de conocimiento público que la contaminación lumínica ocasiona problemas al medio ambiente nocturno, a los seres humanos y en la vegetación. Específicamente en las personas se ha demostrado que la contaminación lumínica ha generado malestares como: cansancio, dolor de cabeza, mareos y sobre todo en la visión. Diferentes estudios han confirmado que una inadecuada iluminación pública ocasiona accidentes vehiculares que en muchos de los casos han cobrado vidas humanas. Con estos antecedentes, en este documento se realizó la medición de los niveles de contaminación lumínica de las luminarias del trayecto del tranvía “Cuatro ríos de Cuenca”, de la ciudad de Cuenca – Ecuador. Esta investigación se aplicó la técnica de los nueve puntos y la aplicación de un cuestionario de opinión a los operadores del tranvía. Los resultados mostraron que las luminarias analizadas presentan valores importantes de contaminación lumínica, siendo el sector de la calle Gran Colombia y Benigno Malo la zona que mayor iluminación promedio presenta, con un valor de 118.59 lúmenes. Esta investigación permitió ubicar los valores de contaminación lumínica en varias zonas importantes de la ciudad; las autoridades públicas pueden utilizar dicha información para tomar acciones que mitiguen estos valores.

*Palabras clave:* conductores, contaminación lumínica, iluminación pública, luxómetro, tranvía

## ABSTRACT

It is common knowledge that light pollution causes problems for the night environment, humans, and vegetation. Specifically, it has been shown that light pollution has generated discomfort in people, such as tiredness, headache, dizziness, and above all, it affects vision. Different studies have confirmed that inadequate public lighting causes traffic accidents that have claimed human lives several times. With this background, in this document, measurement of the light pollution levels of the luminaires of the "Cuatro Ríos de Cuenca" tramway route in the city of Cuenca - Ecuador, was carried out. This research applied the nine points technique and the application of an opinion questionnaire to the tramway operators. The results showed that the analyzed luminaires present important light pollution values, the area with the highest average illumination, with a value of 118.59 lumens, the one that corresponds to "Gran Colombia" and "Benigno Malo" streets. This investigation made it possible to locate the light pollution values in several important city areas. Public authorities can use this information to take actions to mitigate these values.

*Keywords:* drivers, light pollution, public lighting, lux meter, tram

# ÍNDICE GENERAL

<b>CAPITULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>1. Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Delimitación.....</b>	<b>5</b>
<b>1.2 Estado actual del arte .....</b>	<b>6</b>
<b>1.3 Objetivos.....</b>	<b>9</b>
1.3.1 Objetivo General.....	9
1.3.2 Objetivos Específicos .....	9
<b>CAPITULO II.....</b>	<b>10</b>
<b>2. Metodología .....</b>	<b>10</b>
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>13</b>
<b>3. Fundamentación Teórica .....</b>	<b>13</b>
<b>3.1. Visión.....</b>	<b>13</b>
3.1.1. Funcionamiento del ojo.....	13
3.1.2. Capacidades visuales.....	13
<b>3.2. Conceptos de luminotecnia.....</b>	<b>14</b>
3.2.1. La luz.....	14
3.2.2. El color.....	15
3.2.3. Sistemas de iluminación .....	15
3.2.4. Magnitudes fotométricas.....	16
<b>3.3. Características de la radiación luminosa .....</b>	<b>17</b>
3.3.1. Reflexión.....	17
3.3.2. Refracción.....	17
3.3.3. Absorción, interferencia y difracción .....	18

<b>3.4. Alumbrado en exteriores .....</b>	<b>18</b>
3.4.1. Eficiencia energética.....	19
3.4.2. Componentes del alumbrado exterior.....	20
3.4.3. Clasificación de luminarias de alumbrado exterior.....	21
3.4.4. Disposición de las luminarias en la vía .....	26
3.4.5. Niveles de iluminación recomendado .....	29
3.4.6. Tipos de luminarias para iluminación vial .....	29
3.4.7. Cálculo de instalaciones de alumbrado público .....	31
<b>3.5. Contaminación lumínica.....</b>	<b>36</b>
3.5.1. Sobreiluminación y tipos de contaminación lumínica.....	36
3.5.2. Problemas generados por la contaminación lumínica .....	37
3.5.3. Medición de la calidad lumínica del cielo.....	38
3.5.4. Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP).....	41
3.5.5. Normativa Nacional .....	42
<b>3.6. Iluminación en los puestos de trabajo y percepción visual.....</b>	<b>42</b>
<b>CAPITULO IV.....</b>	<b>44</b>
<b>4. Desarrollo y análisis de resultados.....</b>	<b>44</b>
<b>4.1. Área de Estudio.....</b>	<b>44</b>
4.1.1. Luminarias instaladas en el recorrido del tranvía en la ciudad de Cuenca .....	45
<b>4.2. Materiales y métodos.....</b>	<b>48</b>
<b>4.3. Mediciones obtenidas.....</b>	<b>49</b>
4.3.1. Resultados en la Z1.....	49
4.3.2. Resultados en la Z2.....	51
4.3.3. Resultados en la Z3.....	52
4.3.4. Resultados en la Z4.....	54
4.3.5. Resultados en la Z5.....	55
4.3.6. Resultados en la Z6.....	56

4.3.7.	Resultados en la Z7 .....	58
4.3.8.	Resultados en la Z8.....	59
4.3.9.	Resultados en la Z9.....	61
4.3.10.	Resultados en la Z10.....	62
4.3.11.	Resultados en la Z11 .....	64
4.3.12.	Resultados en la Z12.....	65
<b>4.4.</b>	<b>Resultados en las encuestas .....</b>	<b>66</b>
<b>CAPITULO V.....</b>		<b>85</b>
<b>5. Conclusiones.....</b>		<b>85</b>
<b>6. Recomendaciones.....</b>		<b>88</b>
<b>7. Bibliografía.....</b>		<b>89</b>
<b>9. Anexos .....</b>		<b>99</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> <i>Mapa global de la Tierra en la noche mostrando la CL generada en distintas ciudades.</i> .....	4
<b>Figura 2:</b> <i>Recorrido tranvía "Cuatro ríos de Cuenca"</i> .....	6
<b>Figura 3:</b> <i>Funcionamiento del ojo.</i> .....	13
<b>Figura 4:</b> <i>Luz visible para el ojo humano.</i> .....	15
<b>Figura 5:</b> <i>Tipos de reflexión.</i> .....	17
<b>Figura 6:</b> <i>Partes del alumbrado público.</i> .....	20
<b>Figura 7:</b> <i>Clasificación CIE de 1965.</i> .....	21
<b>Figura 8:</b> <i>Diagrama de intensidad polar.</i> .....	22
<b>Figura 9:</b> <i>Clasificación de luminarias según el alcance.</i> .....	24
<b>Figura 10:</b> <i>Clasificación de luminarias según la dispersión.</i> .....	25
<b>Figura 11:</b> <i>Clasificación de luminarias según el control.</i> .....	25
<b>Figura 12:</b> <i>Diferentes tipos de disposición de las luminarias en tramos rectos con una única calzada y sin separación en el medio.</i> .....	27
<b>Figura 13:</b> <i>Diferentes tipos de disposición de las luminarias en tramos rectos con dos o más calzadas y una separación en el medio.</i> .....	27
<b>Figura 14:</b> <i>Diferentes tipos de disposición de las luminarias en tramos curvos.</i> .....	28
<b>Figura 15:</b> <i>Luminarias del tipo HID.</i> .....	30
<b>Figura 16:</b> <i>Luminaria del tipo LED.</i> .....	31
<b>Figura 17:</b> <i>Cálculo de la iluminancia promedio mediante el método europeo de los nueve puntos.</i> .....	35
<b>Figura 18:</b> <i>Disposición de los nueve puntos según sistema de alumbrado y tipo de vía.</i> .....	36

<b>Figura 19:</b> <i>Sky Quality Meter</i> . .....	39
<b>Figura 20:</b> <i>Ejemplares de luminancímetros</i> . .....	39
<b>Figura 21:</b> <i>Luxómetro modelo HD450</i> . .....	40
<b>Figura 22:</b> <i>Áreas incluidas en la guía de soluciones del cuestionario</i> <i>“Evaluación y Acondicionamiento de la Iluminación en puestos de trabajo”</i> . ...	43
<b>Figura 23:</b> <i>Áreas delimitadas para el estudio</i> . .....	44
<b>Figura 24:</b> <i>Zonas de análisis de CL en el recorrido del tranvía en la ciudad de</i> <i>Cuenca</i> . .....	45
<b>Figura 25:</b> <i>Software ArcGIS A) Identificación de luminarias, B) Información de</i> <i>las luminarias</i> . .....	47
<b>Figura 26:</b> <i>Código de las unidades de propiedad para los sistemas</i> . .....	48
<b>Figura 27:</b> <i>Interfaz del software HD450</i> . .....	49
<b>Figura 28:</b> <i>Zona 1, Calle Gran Colombia y Tarqui</i> . .....	51
<b>Figura 29:</b> <i>Zona 3, Calle Gran Colombia y Juan Montalvo</i> . .....	54
<b>Figura 30:</b> <i>Zona 6, Avenida España y Chapetones</i> . .....	58
<b>Figura 31:</b> <i>Zona 8, Avenida España y Avenida Elía Liut</i> . .....	61
<b>Figura 32:</b> <i>Zona 12, Avenida de las Américas y Vintimilla</i> . .....	66
<b>Figura 33:</b> <i>Instalaciones del tranvía “Cuatro ríos de Cuenca”</i> . .....	67
<b>Figura 34:</b> <i>Edad del operador</i> . .....	70
<b>Figura 35:</b> <i>Problemas de visión</i> . .....	71
<b>Figura 36:</b> <i>Jornadas de trabajo (en horas)</i> . .....	72
<b>Figura 37:</b> <i>Preferencia entre luz blanca o amarilla</i> . .....	72
<b>Figura 38:</b> <i>Continuidad de iluminación durante el trayecto</i> . .....	73
<b>Figura 39:</b> <i>Sector que tiene una mejor iluminación en el trayecto</i> . .....	74
<b>Figura 40:</b> <i>Diferencias de iluminación</i> . .....	74

<b>Figura 41:</b> <i>Brillo en luminarias.</i> .....	75
<b>Figura 42:</b> <i>Reflejos molestos.</i> .....	76
<b>Figura 43:</b> <i>Contraste de los detalles y fondos.</i> .....	76
<b>Figura 44:</b> <i>Proyección de sombras molestas.</i> .....	77
<b>Figura 45:</b> <i>Percepción de los colores.</i> .....	78
<b>Figura 46:</b> <i>Parpadeos molestos.</i> .....	79
<b>Figura 47:</b> <i>Efectos estroboscópicos.</i> .....	79
<b>Figura 48:</b> <i>Molestias durante o después de la jornada laboral.</i> .....	80
<b>Figura 49:</b> <i>Obstáculos dentro del trayecto.</i> .....	81
<b>Figura 50:</b> <i>Afirmaciones con respecto a la luz.</i> .....	82
<b>Figura 51:</b> <i>Regulación de iluminación actual.</i> .....	83
<b>Figura 52:</b> <i>Consideración de la iluminación actual.</i> .....	84

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> <i>Variación de distintos niveles de iluminancia.</i> .....	2
<b>Tabla 2:</b> <i>Magnitudes y unidades fotométricas más importantes.</i> .....	16
<b>Tabla 3:</b> <i>Valores de tipos de luminarias en clasificación CIE de 1965.</i> .....	22
<b>Tabla 4:</b> <i>Tipos de iluminación para vías vehiculares.</i> .....	23
<b>Tabla 5:</b> <i>Parámetros fotométricos para vías con tráfico motorizado.</i> .....	29
<b>Tabla 6:</b> <i>Parámetros fotométricos para zonas en conflicto.</i> .....	29
<b>Tabla 7:</b> <i>Valores de referencia para diferentes tipos de vía.</i> .....	31
<b>Tabla 8:</b> <i>Valores referenciales para el tipo de lámpara.</i> .....	32
<b>Tabla 9:</b> <i>Valores correspondientes para la disposición de las luminarias.</i> .....	32
<b>Tabla 10:</b> <i>Valores para determinar el factor de mantenimiento.</i> .....	33
<b>Tabla 11:</b> <i>Definición de zonas para la CL.</i> .....	42
<b>Tabla 12:</b> <i>Evaluación de CL en la Z1.</i> .....	50
<b>Tabla 13:</b> <i>Evaluación de CL en la Z2.</i> .....	52
<b>Tabla 14:</b> <i>Evaluación de CL en la Z3.</i> .....	53
<b>Tabla 15:</b> <i>Evaluación de CL en la Z4.</i> .....	55
<b>Tabla 16:</b> <i>Evaluación de CL en la Z5.</i> .....	56
<b>Tabla 17:</b> <i>Evaluación de CL en la Z6.</i> .....	57
<b>Tabla 18:</b> <i>Evaluación de CL en la Z7.</i> .....	59
<b>Tabla 19:</b> <i>Evaluación de CL en la Z8.</i> .....	60
<b>Tabla 20:</b> <i>Evaluación de CL en la Z9.</i> .....	62
<b>Tabla 21:</b> <i>Evaluación de CL en la Z10.</i> .....	63
<b>Tabla 22:</b> <i>Evaluación de CL en la Z11.</i> .....	64
<b>Tabla 23:</b> <i>Evaluación de CL en la Z12.</i> .....	65
<b>Tabla 24:</b> <i>Lista de preguntas realizadas a los operadores del tranvía.</i> .....	67

<b>Tabla 25:</b> <i>Edad del operador.</i> .....	69
<b>Tabla 26:</b> <i>Problemas de visión.</i> .....	70
<b>Tabla 27:</b> <i>Jornadas de trabajo (en horas).</i> .....	71
<b>Tabla 28:</b> <i>Preferencia entre luz blanca o amarilla.</i> .....	72
<b>Tabla 29:</b> <i>Continuidad de iluminación durante el trayecto.</i> .....	72
<b>Tabla 30:</b> <i>Sector que tiene una mejor iluminación en el trayecto.</i> .....	73
<b>Tabla 31:</b> <i>Diferencias de iluminación.</i> .....	74
<b>Tabla 32:</b> <i>Brillo en luminarias.</i> .....	75
<b>Tabla 33:</b> <i>Reflejos molestos.</i> .....	75
<b>Tabla 34:</b> <i>Contraste de los detalles y fondos.</i> .....	76
<b>Tabla 35:</b> <i>Proyección de sombras molestas.</i> .....	77
<b>Tabla 36:</b> <i>Percepción de los colores.</i> .....	78
<b>Tabla 37:</b> <i>Parpadeos molestos.</i> .....	78
<b>Tabla 38:</b> <i>Efectos estroboscópicos.</i> .....	79
<b>Tabla 39:</b> <i>Molestias durante o después de la jornada laboral.</i> .....	80
<b>Tabla 40:</b> <i>Obstáculos dentro del trayecto.</i> .....	81
<b>Tabla 41:</b> <i>Afirmaciones con respecto a la luz.</i> .....	81
<b>Tabla 42:</b> <i>Regulación de iluminación actual.</i> .....	82
<b>Tabla 43:</b> <i>Consideración de la iluminación actual.</i> .....	83

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1:</b> Especificaciones técnicas del luxómetro modelo HD450.....	99
<b>Anexo 2:</b> Zonas A) Z1, Z2, Z3, Z4, Z5; B) Z6, Z7, Z8, Z9; C) Z10, Z11, Z12.	100
<b>Anexo 3:</b> Cuestionario de percepción lumínica en los operadores del tranvía. .....	101
<b>Anexo 4:</b> Visitas in situ de los autores de este documento. ....	105
<b>Anexo 5:</b> Resultados de las encuestas realizadas a los operadores del tranvía. .....	107

## CAPITULO I

### 1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día la iluminación artificial nocturna se ha expandido considerablemente alrededor de ciudades enteras y zonas aisladas. En la actualidad, el alumbrado público es considerado una infraestructura básica y necesaria, que trae como ventajas aumentar la seguridad y la protección, crear espacios con una visibilidad adecuada y desvincular las fases naturales de luz y oscuridad (Meier et al., 2015). A medida que se ejecutan los Planes de Desarrollo Territorial en las diferentes naciones, mayor es la densidad y distribución de la iluminación artificial. Si bien con la ampliación de la iluminación artificial crece la economía y el desarrollo, el alumbrado público, la iluminación publicitaria, arquitectónica, doméstica, y de vehículos, contribuyen también a crear un entorno de luz muy irregular dentro de las áreas urbanas y suburbanas (Gaston et al., 2013).

Durante más de un siglo, la tecnología de las fuentes de iluminación externa ha ido cambiando, desde las lámparas de descarga de gas hasta los diodos emisores de luz (LED), dispositivos que tienen un amplio espectro en lugar de líneas de emisión estrecha, emiten luz azul con un pico de alrededor de 450 a 480 nm y una alta eficacia luminosa, haciendo que la luz sea más barata y se produzcan ahorros energéticos y monetarios (Kyba, 2018). El Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales del Reino Unido define a la Contaminación Lumínica (CL) como “cualquier forma de luz que brille fuera del área que necesite iluminar, creando un resplandor en el cielo o que genera un peligro por deslumbramiento” (Pothukuchi, 2021). Sin embargo, estas nuevas tecnologías generan una preocupación sobre la CL debido a los altos niveles de

iluminación nocturna que se ha generado. La CL puede provenir de los siguientes factores:

- *Emisión directa desde las fuentes de luz:* Es la causa más importante de la CL y afecta a un hábitat de seres vivos o al entorno oscuro (García Gil et al., 2012).
- *Reflexión en las superficies iluminadas:* La luz se refleja en calles, monumentos, etc. (García Gil et al., 2012).
- *Refracción de la luz en las partículas de aire:* La luz se refleja en los átomos y en las partículas de la atmosfera (García Gil et al., 2012).

Del Sistema Internacional de Unidades, la iluminancia o el nivel de iluminación se mide en lux. La iluminancia del cielo nocturno con fuentes naturales está en la escala de los mililux, llegando a estar a un cuarto de lux cuando la luna llena está en el cielo despejado (Charlesworth & Booth, 2019). En la Tabla 1 se puede evidenciar algunos valores de niveles de iluminancia que se pueden encontrar en el diario vivir.

**Tabla 1:** Variación de distintos niveles de iluminancia

LUX	
Día soleado	103000
Día parcialmente soleado	50000
Día nublado	1000 – 10000
Luna llena en cielo despejado	0.1 – 0.3
Cuarto de luna	0.01 – 0.03
Noche clara estrellada	0.001

Cielo nocturno nublado	0.00003 – 0.00001
Oficina luminosa	400 – 600
Viviendas tradicionales	100 – 300
Alumbrado público	15
Estacionamiento iluminado	10
Barrio residencial	5
Resplandor urbano	0.15

Fuente. (Gaston et al., 2013)

La CL ha sido relacionado con varios problemas de la salud en los humanos como el cáncer (Walker et al., 2020), se ha investigado los efectos adversos en aves (Dominoni, 2015), plantas (Singhal et al., 2019), mamíferos (Ditmer et al., 2021), insectos (Altermatt & Ebert, 2016), así como cuanto afecta a la economía (Falchi et al., 2019). Otro tema que ha sido de gran relevancia son los efectos de la CL en la percepción visual:

- *El deslumbramiento* o brillo excesivo, es una sensación desagradable que puede afectar negativamente la visión, generando incomodidad, reducción de la visibilidad, causar molestias, distracciones o reducir la posibilidad de conducir correctamente.
- *Intrusión de luz*, se da cuando se tienen edificios con iluminarias de decoración o publicidad y se ocasiona un traspaso de luz a entornos que afectan negativamente la calidad y duración del sueño.
- *Sobreiluminación*, cuando se ha implementado una iluminación muy por encima de lo necesario de los estándares definidos,

causando peligros para el tráfico vehicular o el paso de los peatones (Zielińska-Dabkowska et al., 2020).

Por otro lado, el no tener una adecuada iluminación en las vías ha sido uno de los motivos por accidentes automovilísticos (Equipamiento Urbano, 2017). Según (Fotios & Price, 2017) en el Reino Unido en 2015 se reportaron 186189 accidentes de tráfico, de los cuales 23874 terminaron con fallecidos o heridos de gravedad. Las farolas mal diseñadas con bombillas de alta potencia provocan los efectos enumerados en la percepción visual y pueden afectar severamente a la visibilidad del conductor (Tepedino, 2021).

La preocupación por todos estos problemas ha ido aumentando en los últimos años. Cuando la NASA en 2016 publicó imágenes en alta definición tomadas desde el espacio por la noche (Figura 1), se mostró la verdadera escala y gravedad del problema. Posterior a este acontecimiento, muchas entidades internacionales fueron sumándose para contrarrestar estos inconvenientes.



**Figura 1:** Mapa global de la Tierra en la noche mostrando la CL generada en distintas ciudades

*Fuente.* (Zielińska-Dabkowska et al., 2020)

Países de la Unión Europea, Estados Unidos, Japón, Corea del Sur, etc., han implementado límites legales al uso de iluminación artificial exterior (Ngarambe & Kim, 2018); en Norteamérica la Asociación Internacional de Cielo Nocturno y la Sociedad de Ingeniería de Iluminación de América del Norte han creado una ordenanza modelo (IDA-IES 2011) con regulaciones específicas, tanto para zonas residencias y comerciales, como para industriales y áreas silvestres (Pothukuchi, 2021). A nivel nacional Ecuador publicó el Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 069 “Alumbrado Público”) con una sección a temas de CL y a nivel internacional la Comisión Internacional de Iluminación ha publicado varias guías, directrices con el objetivo de proceder adecuadamente en la reducción de la CL (Quito et al., 2014).

### **1.1 Delimitación**

Este trabajo de investigación se realizará en la ciudad de Cuenca, capital de la provincia del Azuay, que se encuentra ubicada al sur de la República del Ecuador a 2550 msnm, con una población de 712127 habitantes en un área de 3086 km<sup>2</sup>, según el censo realizado en el año 2010. El GAD (Gobierno Autónomo Municipal Descentralizado) del cantón Cuenca es el organismo municipal encargado de gestionar las obras y proyectos que permitan el desarrollo social y económico. Dentro de las competencias del GAD de Cuenca se encuentra el sistema de transporte público, integrado por el tranvía “Cuatro ríos de Cuenca”, buses, entre otros. El tranvía inicia su trayectoria (Figura 2) en la vía a Baños y termina por el sector del Parque Industrial, con una longitud de 10,2 km de trayecto, aproximadamente 20,4 km de ida y vuelta, un poco más de 4 km de recorrido por el denominado Centro Histórico y con un horario de atención de lunes a domingo

desde las 06h00 hasta las 21h00 (Rumé, 2018; Virviescas Arias & Cruz Leal, 2018).



**Figura 2:** Recorrido tranvía "Cuatro ríos de Cuenca"

Fuente. (Virviescas Arias & Cruz Leal, 2018)

Al estar disponible este sistema de transporte en horario nocturno el alumbrado público es una característica fundamental para el funcionamiento adecuado. Un total de 1124 km alrededor de toda la ciudad posee sistema de iluminación pública, es distribuido y proporcionado por la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A. La tecnología actual de las luminarias es de dos tipos: sodio de alta presión en potencias de 70, 100, 150 y 250 W, de simple y doble potencia, y de tipo LED, en menor cantidad (Galindo et al., 2021).

## 1.2 Estado actual del arte

Zielinska-Dabkowska & Xavia (2019) realizaron una investigación que tiene como objetivo medir los niveles de luminancia con herramientas convencionales como un medidor de luminancia y una cámara réflex digital en 28 escaparates LED a lo largo de una de las calles más comerciales de Zúrich, Suiza. Se eligió

esta zona por dos razones: en 2004 se estableció un plan de iluminación urbana en Zúrich, pero no se promocionó correctamente y desde 2015 se ha producido un aumento sin precedentes de la instalación de pantallas LED. En marzo del 2019 entre las 20h30 y las 22h00, con condiciones climáticas secas y sin nubes, se realizó las distintas mediciones utilizando los siguientes dispositivos: un medidor de luminancia de la marca Konica Minolta, modelo LS-100, una cámara digital réflex de la marca Techno Team, modelo LMK Mobile air y un teléfono celular de la marca Apple, modelo iPhone 5S. Los autores demuestran que efectivamente en este tramo de la ciudad de Zúrich se presentan niveles altos de contaminación lumínica, proponiendo que la solución más simple es generar diferentes políticas de permisos de planificación para la instalación de pantallas LED, con el objetivo de crear espacios nocturnos saludables, y proteger la salud y la calidad de vida de las personas que transitan.

Falchi et al. (2012) definen varias prácticas efectivas para limitar la contaminación lumínica: *Blindaje total*, es decir que las luminarias no envíen directamente la luz en dirección horizontal y por encima de ellas; *limitación del área de iluminación*, evitar que se desperdicie el flujo de luz y se ilumine áreas fuera de lo normal; *eliminar la sobreiluminación*, o atenuar las luces cuando sea posible; *apagar las luces cuando no se usen y limitar el crecimiento de la iluminación instalada*, hacer un seguimiento del aumento de luminarias e implementar políticas de instalación. Con estas indicaciones han ido analizando distintas lámparas y fabricantes disponibles en el mercado, el rango de longitud de onda del espectro de luz y los efectos en la visión del ojo humano, encontrando grandes diferencias en las emisiones azules de las lámparas para un mismo flujo luminoso y, además, concluyen que la luz azul perjudica más la

visión y la salud, por lo que sugieren implementar este conjunto de reglas mencionado anteriormente como políticas de reducción de CL.

Cortez Gonzales & Marin Pastor (2021) realizaron un trabajo que consiste en evaluar los niveles de CL en la ciudad de Cajamarca, Perú, específicamente en 5 vías arteriales. Para llevar a cabo esta investigación utilizaron un luxómetro y los datos obtenidos se compararon con la Norma Técnica DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución”, que establece las exigencias de iluminación mínimas y máximas que deben de cumplir el alumbrado de vías públicas, el tipo de alumbrado con relación a la clase de vía y distintos servicios y procedimientos. La medición se realizó entre las 19h00 y las 22h00, con condiciones climáticas buenas, colocando el luxómetro en puntos específicos de la zona estudiada, concluyendo que los valores sobrepasan a los recomendados en la Norma Técnica DGE, cumpliendo únicamente en cuatro puntos específicos de los nueve analizados.

Aroca Morocho & Herrera Paucar (2022) realizaron un estudio en el Ecuador que tiene como objetivo obtener el nivel de CL en el Distrito Metropolitano de Quito, mediante la adquisición de los datos del brillo del cielo, utilizando un equipo de la marca Sky Quality Meter, modelo SQM LU-DL, que entrega datos de CL, humedad, nubosidad, temperatura y características de la luna. Las mediciones fueron realizadas entre los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre, tiempo en el que la luna contempla las fases de luna nueva y menguante. Los datos procesados se comparan con distintas tables disponibles como: la Escala de la Real Sociedad Astronómica, la Escala de Centros Urbanos Cuenca – Ecuador y la Escala de Cielo Oscuro de Bortle. Efectivamente, las

zonas analizadas presentan una contaminación lumínica considerable y proponer ciertas políticas para tratar de mitigar la CL en Quito.

Por último, en la ciudad de Cuenca Quito et al. (2014) proponen una metodología para evaluar la CL causada por el alumbrado público. De igual manera que el trabajo anterior se utilizó el equipo que entrega valores sobre el brillo del cielo. Se han analizado varios puntos del norte, sur, este, oeste y centro de la ciudad de Cuenca, concluyendo que el centro urbano es el sector que más CL posee con respecto al resto de zonas estudiadas. Sugieren que para un futuro lo recomendable es ampliar la base de datos generada, contar con un sistema en tiempo real y ampliar el mapa de CL de la ciudad de Cuenca.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

- Evaluar los niveles de iluminación en las vías del trayecto del tranvía “4 Ríos de Cuenca” con base en la percepción visual de los conductores.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Registrar mediciones de las especificaciones lumínicas que se presentan en la ruta del tranvía “4 Ríos de Cuenca”.
- Analizar la percepción visual correspondiente a los niveles de iluminación de los conductores mediante la ejecución de una encuesta.
- Identificar las irregularidades, fallos técnicos y eficiencia energética que se presenten en el análisis de los niveles de iluminación del tranvía “4 Ríos de Cuenca”.

## CAPITULO II

### 2. METODOLOGÍA

El presente trabajo se basa en la metodología “aplicada-descriptiva”. Se inicia estudiando conceptos básicos sobre contaminación lumínica, tipos y los efectos que se generan en la percepción visual de las personas. El siguiente punto es conocer el estado actual del campo que será analizado, es decir el trayecto del tranvía, revisar la tecnología actual implementada en el alumbrado público y otras características esenciales. Uno de los pasos necesarios para conocer el estado actual del arte es la revisión de la literatura mediante motores de búsqueda, de manera que se conozca metodologías y procesos que ya se encuentran implementados o que realizan una tarea similar a los objetivos de este documento. Posterior a estos procesos se realiza las diferentes mediciones in situ de acuerdo con un cronograma especificado con los puntos estratégicos y dependiendo de variables como el clima y la hora actual. La opinión de los operadores de las unidades del tranvía se recolectará mediante un test y los resultados obtenidos serán comparados con guías, tablas e investigaciones realizadas anteriormente.

- A. Se plantea evaluar los niveles de iluminación en el alumbrado público de las vías del trayecto del tranvía “Cuatro ríos de Cuenca”, mediante la adquisición de datos en los puntos estratégicos y la información recopilada de encuestas realizadas a los operadores para conocer irregularidades y molestias en la percepción visual, con el objetivo de generar una base de datos de la CL, encontrar y ejecutar posibles soluciones para evitar accidentes o fallas en la

operación normal de este servicio público, cumpliendo los siguientes pasos:

- Planteamiento de un cronograma de actividades en base a las predicciones del tiempo, considerando las fases lunares, especificando una hora adecuada para todas las mediciones y puntos estratégicos de la trayectoria del tranvía “Cuatro ríos de Cuenca”.
- Con base en la revisión bibliográfica, escoger el hardware adecuado para obtener valores de CL, que permitan cuantificar lo más real posible.

B. Una vez que se han obtenido las distintas mediciones o paralelamente es necesario conocer la percepción visual de los operadores del tranvía; se realizan los siguientes pasos:

- Elaboración de una encuesta que permita conocer la opinión de varios operadores del tranvía con respecto a la percepción visual que representa el conducir en horario nocturno.
- Aplicar la encuesta solicitando a las distintas autoridades del GAD de Cuenca los permisos necesarios para recolectar la información necesaria.

C. Se realizará un análisis de los datos obtenidos, tanto de los niveles de iluminación como de las encuestas:

- Mediante escalas y resultados de otras investigaciones se identifican las zonas con mayores niveles de iluminación del

trayecto del tranvía, así como la opinión de los operadores con respecto a la percepción visual.

- Finalmente, en la sección de recomendaciones se indican las posibles soluciones a los inconvenientes encontrados, mediante la exposición de resultados de las mediciones y encuestas realizadas en este trabajo.

El presente documento se ha dividido de la siguiente manera: En el CAPITULO II se detalla el Marco Teórico, en el CAPITULO III se realiza todo lo relacionado al desarrollo, análisis de valores, para terminar con el CAPITULO IV explicando conclusiones, recomendaciones, trabajos futuros, bibliografía y anexos.

## CAPITULO III

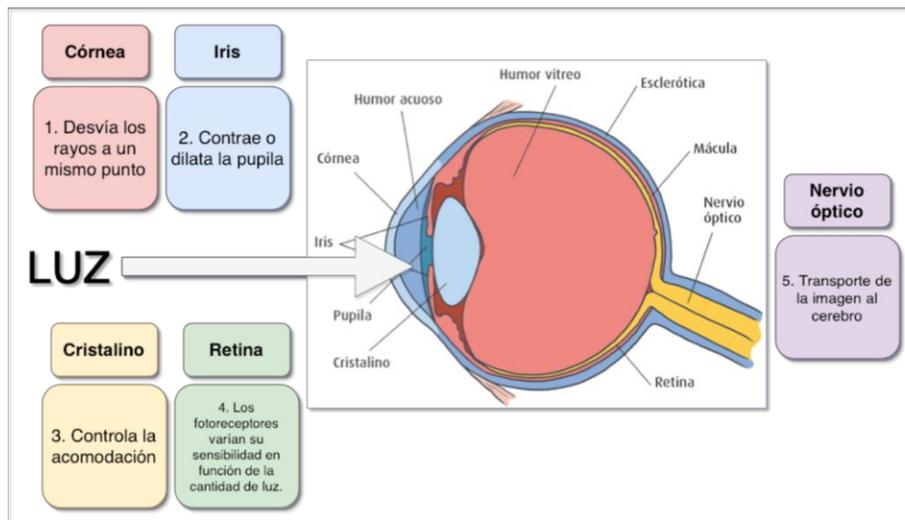
### 3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 3.1. Visión

Ocurre cuando la luz es procesada por el ojo humana y enviada al cerebro para su interpretación. La estructura del ojo encargada de regular la cantidad de luz que atraviesa por el ojo es la pupila, cuyo tamaño es controlado por el iris. La retina convierte esta energía lumínica en pulsos que son analizados en el cerebro (Dugdale, 2020).

##### 3.1.1. Funcionamiento del ojo

En la Figura 3 se puede visualizar el funcionamiento del ojo, que convierte la energía lumínica en impulsos nerviosos (UPC, 2022).



**Figura 3:** *Funcionamiento del ojo*

*Fuente.* (UPC, 2022)

##### 3.1.2. Capacidades visuales

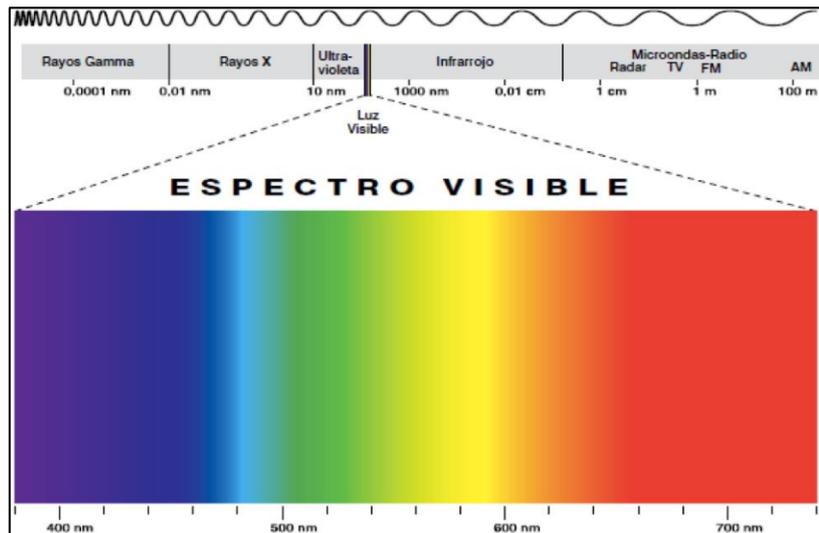
El ojo humano tiene distintas habilidades con respecto al sentido de la visión:

- **Campo visual:** Limitado aproximadamente a 130° en sentido vertical y 150° en sentido horizontal (UPC, 2022).
- **Agudeza visual:** Es una medida de la nitidez; genera información sobre cómo ve el humano y cuanto esfuerzo necesita hacer para apreciar los objetos (UPC, 2022).
- **Acomodación o enfoque:** Capacidad visual de mantener los objetos lo más nítido posible en visión próxima y lejana (UPC, 2022).
- **Adaptación:** Habilidad del ojo para enfocar y mantener una visión nítida en cambios de nivel de iluminación (Educando tu mirada, 2022).
- **Percepción visual:** Habilidad para reproducir, identificar y generalizar formas (Educando tu mirada, 2022).

## 3.2. Conceptos de luminotecnia

### 3.2.1. La luz

Es toda radiación electromagnética emitida o reflejada por un cuerpo, cuyas longitudes de onda están entre los 380nm y 780nm (Montes Vega, 2017), mostrado en la Figura 4.



**Figura 4:** Luz visible para el ojo humano

*Fuente.* (Montes Vega, 2017)

### 3.2.2. El color

Es la percepción en el ojo de la luz reflejada que no fue absorbida. El color en los objetos no existe propiamente, sino que cada componente en nuestro planeta posee la capacidad de absorber o reflejar la luz natural o artificial en el ambiente, con cualidades como tono, brillo y saturación (BenQ, 2021).

### 3.2.3. Sistemas de iluminación

Es un conjunto de dispositivos, que tienen como objetivo abastecer una visibilidad clara a un cierto espacio, de acuerdo con las dimensiones y características definidas (Castro Corredor et al., 2020). Un sistema de iluminación comprende los siguientes elementos:

- **Lámparas:** Transforman la energía eléctrica en luminosa
- **Luminarias:** Dispositivo que almacena luminarias y balastos
- **Balastos:** Elemento electromagnético, electrónico o híbrido que limitan la corriente de la lámpara

- **Dispositivos de control:** Interruptor, sensor de movimiento, relés, entre otros. Permite el paso de la corriente eléctrica (Castro Corredor et al., 2020).

### 3.2.4. Magnitudes fotométricas

La luz es una forma de energía que se mide en J (Joules) en el Sistema Internacional de Medidas (SI) (Auersignal, 2022); sin embargo, no toda luz produce una sensación luminosa y no toda energía se convierte en luz, por lo que es necesario conocer ciertas magnitudes fotométricas:

**Tabla 2:** Magnitudes y unidades fotométricas más importantes

CANTIDAD FOTOMÉTRICA	SI DE UNIDADES Y CÁLCULO	DEFINICIÓN
Flujo luminoso	Lumen (lm)	Mide la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa.
Luminosidad	Candela (cd) = lm/sr	Es la relación entre lúmenes y el ángulo del haz de luz.
Luminancia	Lux (lx) = lx/m <sup>2</sup>	Mide la cantidad de luz que llega hacia una superficie.
Densidad luminosa	cd/m <sup>2</sup>	Impresión de luminosidad en una superficie con respecto a la percepción del humano
Rendimiento luminoso	lm/W	Es la relación entre lúmenes y la potencia eléctrica.
Intensidad lumínica	lm*s	Es el producto entre lúmenes y una fuente de luz en un determinado periodo.

Fuente. (Auersignal, 2022)

### 3.3. Características de la radiación luminosa

#### 3.3.1. Reflexión

Es un evento que se produce cuando la luz choca con un medio como el gas o algún líquido, provocando que el ojo humano pueda ver las cosas (García, 2017).

Los tipos de reflexión se pueden ver en la Figura 5.

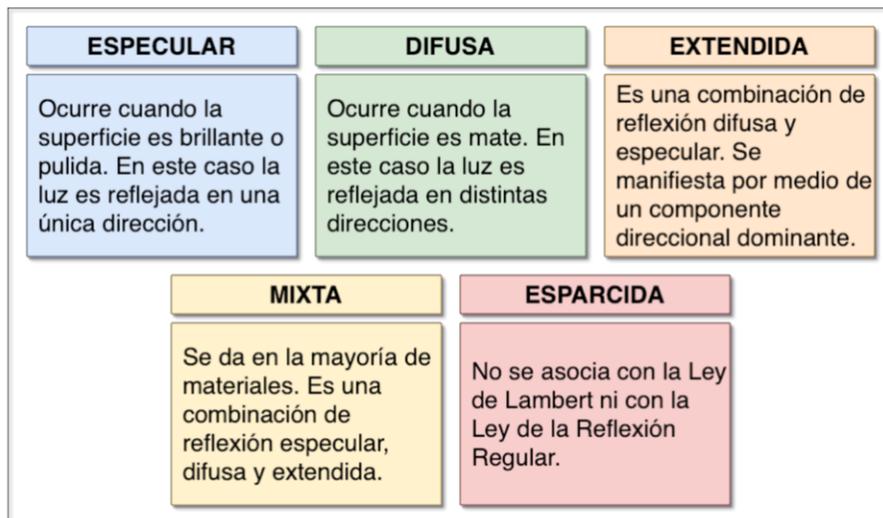


Figura 5: Tipos de reflexión

Fuente. (García, 2017)

#### 3.3.2. Refracción

Es un fenómeno que cambia la dirección de un rayo de luz al atravesar por una superficie, únicamente cuando los índices de refracción son distintos entre superficies (35ciencias, 2017). Este evento tiene estrecha relación con las *Leyes de Snell* que dicen:

- “El rayo incidente, la normal y, el rayo reflejado está contenidos en el mismo plano.”
- “El producto del índice de refracción del medio incidente por el seno del ángulo de incidencia, es igual, al producto del índice de

refracción del medio de refracción de refracción por el seno del ángulo de refracción.” (35ciencias, 2017).

$$n_1 \cdot \sin \theta_1 = n_2 \cdot \sin \theta_2 \quad (1)$$

donde,

- $n_1$ : Índice de refracción del medio de incidencia.
- $n_2$ : Índice de refracción del medio de refracción.
- $\theta_1$ : Ángulo de incidencia respecto a la normal.
- $\theta_2$ : Ángulo de refracción respecto a la normal (García, 2017).

### 3.3.3. Absorción, interferencia y difracción

- **Absorción:** Se dice que un rayo de luz que es reflejado sobre una superficie, esta absorbe parte de la luz y transforma esta energía en calor; el resto de luz es reflejado y es lo que ve el ojo humano (García, 2017).
- **Interferencia:** Cuando dos o más ondas se cruzan entre ellas se produce este efecto (García, 2017).
- **Difracción:** Es un tipo de desviación de luz que se produce en el borde de los obstáculos o cuando una superficie tiene bordes afilados (García, 2017).

### 3.4. Alumbrado en exteriores

Se llama alumbrado exterior a toda clase de iluminación pública que se ha instalado en un espacio abierto de uso público que puede ser: calle, parque, edificio, autopista, entre otros. Dependiendo del espacio y del uso se tienen

distintos tipos de luminarias (Novelec, 2019). Desde una perspectiva global se pueden clasificar en dos grupos:

- **Alumbrado vial:** Cumple con garantizar la seguridad y el acceso nocturno a vías, autopistas, calles, túneles, redondeles, etc. (Novelec, 2019).
- **Alumbrado por proyección:** Instaladas para iluminar fachada de edificios públicos, parques, plazas, monumentos, etc. (Novelec, 2019).

### 3.4.1. Eficiencia energética

Para obtener la eficiencia energética de una instalación pública es necesario encontrar la relación que existe entre la superficie que se está iluminando por la iluminancia media en servicio, todo esto entre la potencia activa total, es decir:

$$\varepsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} \left[ \frac{m^2 \cdot lux}{W} \right] \quad (2)$$

- $\varepsilon$  = Eficiencia energética de la instalación del alumbrado público
- P = Potencia activa total
- S = Superficie iluminada
- $E_m$  = Iluminancia media en servicio. Se considera el mantenimiento previsto (Ministerio de Industria Turismo y Comercio, 2021)

Utilizando ciertos factores, es posible determinar la eficiencia energética:

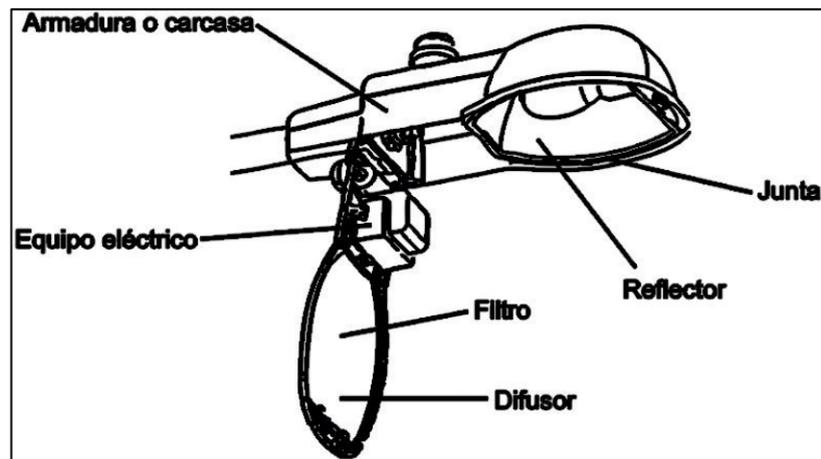
$$\varepsilon = \varepsilon_L \cdot f_m \cdot f_u \left[ \frac{m^2 \cdot lux}{W} \right] \quad (3)$$

- $\varepsilon_L$  = Eficiencia de la lámpara y los equipos auxiliares

- fm = Factor de mantenimiento
- fu = Factor de utilización (Ministerio de Industria Turismo y Comercio, 2021)

### 3.4.2. Componentes del alumbrado exterior

Se había comentado anteriormente que la tecnología LED está reemplazando a las lámparas tradicionales de vapor de sodio que forman parte del alumbrado público, debido a las ventajas y la eficiencia que presenta (factorled, 2018). Dependiendo del modelo de luminaria se pueden encontrar diferentes componentes, pero, a grandes rasgos se pueden encontrar los mostrados en la Figura 6.



**Figura 6:** Partes del alumbrado público

*Fuente.* (factorled, 2018)

- **Armadura o carcasa:** Fabricado en aluminio fundido u otro material que soporta y protege al conjunto eléctrico de los agentes externos.
- **Equipo Eléctrico:** Forma parte el portalámparas, dispositivos de arranque y funcionamiento de la lámpara.

- **Difusor:** Distribuye la luz y evita los deslumbramientos.
- **Filtro:** Disminuye la distorsión visual y la polarización de la luz.
- **Reflector:** Superficie que refleja el flujo de la lámpara en la dirección deseada y evita deslumbramientos (factorled, 2018).

### 3.4.3. Clasificación de luminarias de alumbrado exterior

El objetivo de este tipo de alumbrados es: limitar el deslumbramiento de peatones y conductores y, reducir el coste energético, reduciendo la CL.

#### 3.4.3.1. Clasificación CIE de 1965

Divide las luminarias en:

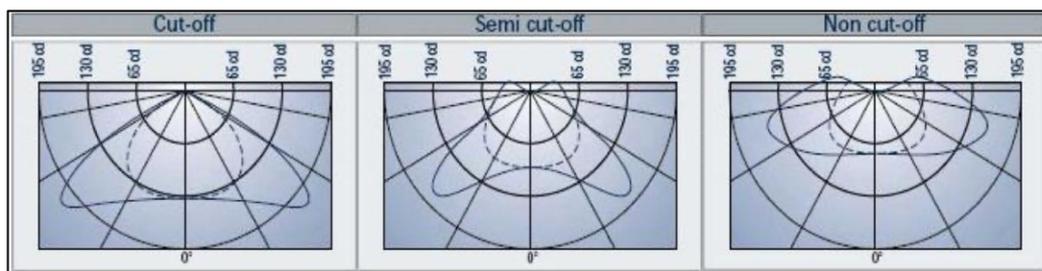


Figura 7: Clasificación CIE de 1965

Fuente. (Beltrán, 2015)

- **Cut-off:** Limita la radiación luminosa en ángulos superiores a 75°. Utilizadas comúnmente en la iluminación de vías y calles en general.
- **Semi cut-off:** Limita la radiación luminosa en ángulos superiores a 85°.
- **Non cut-off:** Cualquiera, cuyos valores de intensidad sean mayores a 80° (Beltrán, 2015).

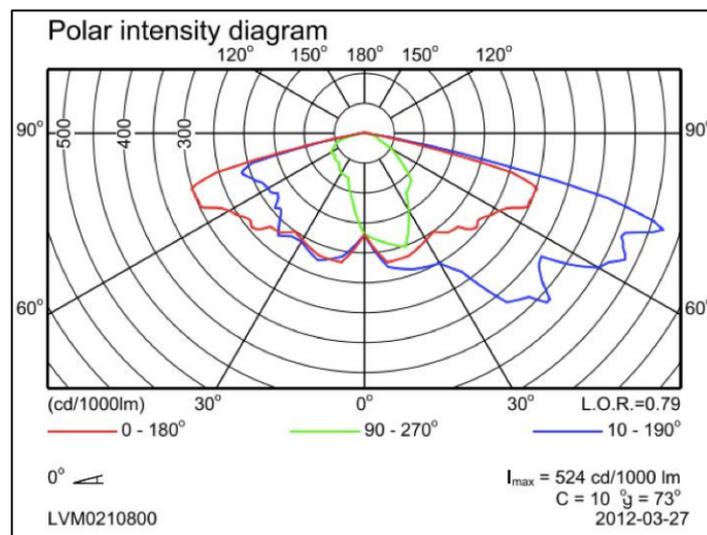
**Tabla 3:** Valores de tipos de luminarias en clasificación CIE de 1965

TIPO DE LUMINARIA	VALOR MÁX. PERMITIDO DE INTENSIDAD A UN ÁNGULO DE ELEVACIÓN DE 80°	VALOR MÁX. PERMITIDO DE INTENSIDAD A UN ÁNGULO DE ELEVACIÓN DE 90°	DIRECCIÓN DE LA INTENSIDAD MÁX. MENOR DE
Cut-off	30 cd/1.000 Lm	10 cd/1.000 Lm*	65°
Semi cut-off	100 cd/1.000 Lm	50 cd/1.000 Lm*	76°
Non cut-off	Cualquiera		-

Fuente. (Beltrán, 2015)

### 3.4.3.2. Clasificación según la distribución del flujo

Estas luminarias solo presentan simetría en un plano, por lo que requieren dos curvas de distribución de intensidad y una tercera que corresponde a la dirección de iluminación (Beltrán, 2015).



**Figura 8:** Diagrama de intensidad polar

Fuente. (Beltrán, 2015)

### 3.4.3.3. Clasificación según las características de las vías

Esta clasificación está asociada a las características propias de la vía, tales como: velocidad de circulación y número de vehículos, mostrados en la Tabla 4 (Ministerio de Minas y Energía, 2009).

**Tabla 4:** Tipos de iluminación para vías vehiculares

CLASE DE ILUMINACIÓN	VALOR PROMEDIO (MÍNIMO MANTENIDO) DE ILUMINANCIA SEGÚN TIPO DE SUPERFICIE DE LA VÍA (Lm)			UNIFORMIDAD DE LA ILUMINANCIA
	R1	R2 Y R3	R4	$E_{min}/E_{prom}$ (%)
M2	12	17	15	34%
M3	8	12	10	25%
M4	6	9	8	18%

*Fuente.* (Ministerio de Minas y Energía, 2009)

Siendo:

- M2. Vías de acceso controlado y vías rápidas, con una velocidad alta ( $60\text{km/h} < V < 80\text{km/h}$ ) y un tránsito vehicular importante ( $500\text{veh/h} < V < 1000\text{veh/h}$ ).
- M3. Vías principales y ejes viales, con una velocidad media ( $30\text{km/h} < V < 60\text{km/h}$ ) y un tránsito vehicular medio ( $250\text{veh/h} < V < 500\text{veh/h}$ ).
- M4. Vías primarias o colectoras, con una velocidad reducida ( $V < 30\text{km/h}$ ) y un tránsito vehicular reducido ( $100\text{veh/h} < V < 250\text{veh/h}$ ).

- R1. Superficies de asfalto con un mínimo del 15% de materiales abrillantadores o materiales claros o al menos un 30% de anortositas muy brillantes.
- R2. Superficies con textura rugosa que contienen agregados normales.
- R3. Revestimiento en hormigón bituminoso con tamaño de grava superior a 10mm, con textura rugosa.
- R4. Asfalto mastico después de varios meses de uso (Ministerio de Minas y Energía, 2009).

#### 3.4.3.4. Clasificación en la actualidad

Hoy en día, las luminarias se clasifican según tres parámetros que dependen de sus características fotométricas:

- **Alcance:** Es la distancia en que la luminaria es capaz de iluminar la calzada en dirección longitudinal. Está determinada por el ángulo  $\gamma_{MAX}$  (García Fernandez, 2012).

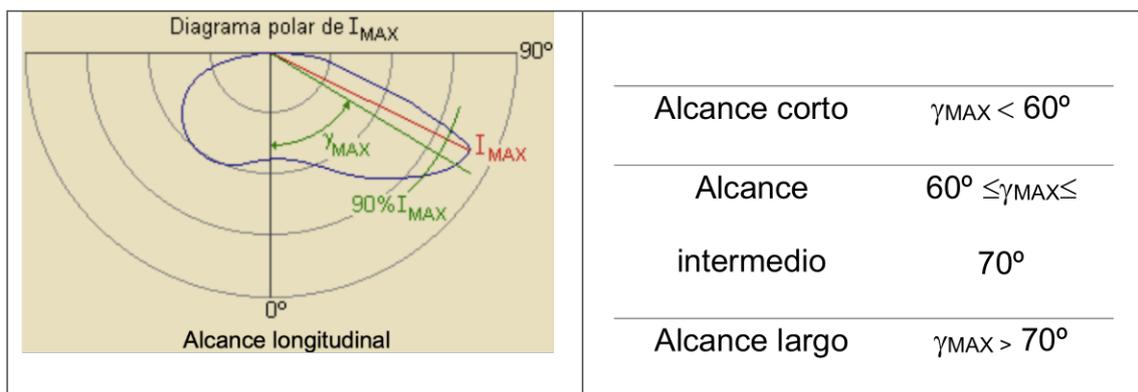
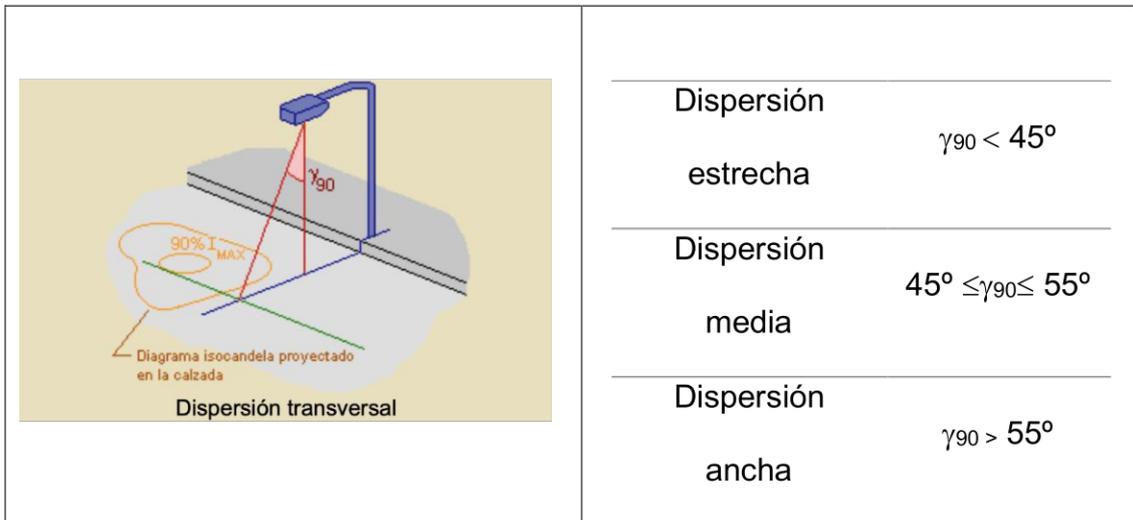


Figura 9: Clasificación de luminarias según el alcance

Fuente. (García Fernandez, 2012)

- **Dispersión:** Es la distancia en que la luminaria es capaz de iluminar la calzada en dirección transversal a la vía. Está determinada por el ángulo  $\gamma_{90}$  (García Fernandez, 2012).



**Figura 10:** Clasificación de luminarias según la dispersión

Fuente. (García Fernandez, 2012)

- **Control:** Capacidad de la luminaria para limitar el deslumbramiento que produce (García Fernandez, 2012).

Control limitado	$SLI < 2$
Control medio	$2 \leq SLI \leq 4$
Control intenso	$SLI > 4$

**Figura 11:** Clasificación de luminarias según el control

Fuente. (García Fernandez, 2012)

Donde el Índice Específico de la Luminaria (SLI) se calcula mediante la siguiente formula:

$$SLI = 13.84 - 3.31 \cdot \log(I_{80}) + 1.3 \cdot \log(I_{80}/I_{88})^{0.5} - 0.08 \cdot \log\left(\frac{I_{80}}{I_{88}}\right) + 1.29 \cdot \log(F) + C \quad (4)$$

- $I_{80}$  = Intensidad luminosa a un ángulo de elevación de 80°, en un plano paralelo a la calzada.
- $I_{80}/I_{88}$  = Relación entre intensidades para 80° y 88°.
- $F$  = Área emisora de luz de las luminarias a una elevación de 76°.
- $C$  = Factor de color con respecto al tipo de lámpara (Beltrán, 2015).

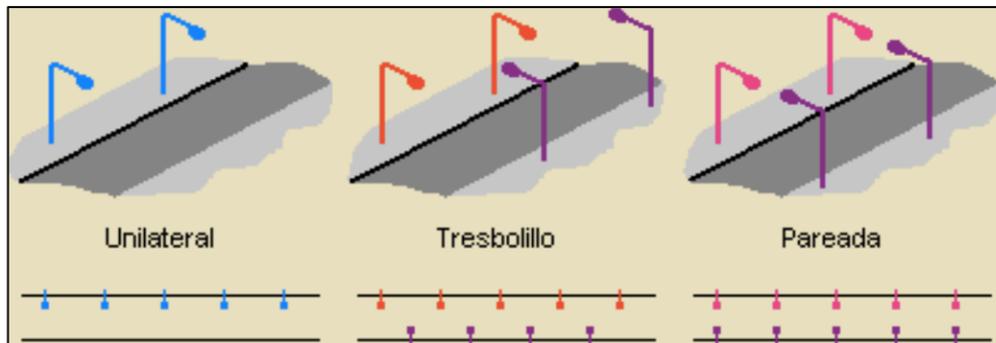
#### 3.4.4. Disposición de las luminarias en la vía

No todos los tipos de vías son iguales. Para conseguir una buena optimización en la disposición de las luminarias, es necesario realizar una clasificación del tipo de vía, las cuales pueden ser:

- Autopistas
- Carreteras interestatales
- Vías principales en ciudades
- Vías de conexión entre zona residencial y vía urbana
- Calles peatonales en urbanizaciones y parques
- Calles en zonas históricas
- Entre otros (Cerma & Arriaxa, 2020)

En los tramos rectos con una única calzada pueden existir tres opciones: unilateral, bilateral tres bordillos y bilateral pareada, tal y como se muestra en la Figura 12.

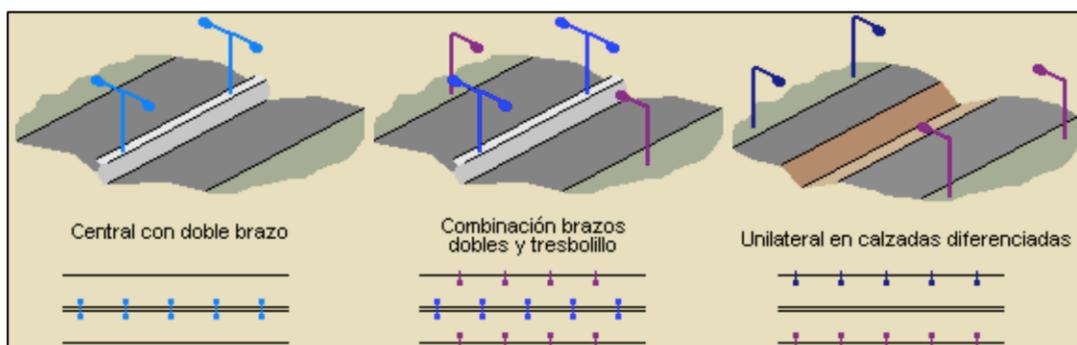
. Es recomendada cuando la anchura de la vía es menor que la altura de la estructura de las luminarias (Cerma & Arriaxa, 2020).



**Figura 12:** *Diferentes tipos de disposición de las luminarias en tramos rectos con una única calzada y sin separación en el medio*

*Fuente.* (García Fernández, 2012)

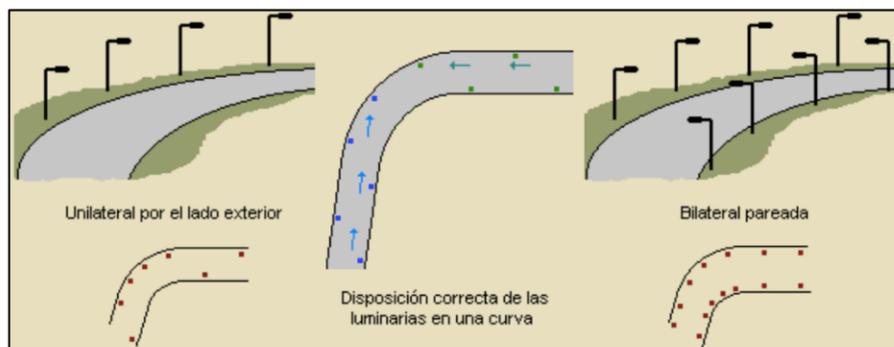
Cuando se tiene tramos rectos con dos o más calzadas y estas están separadas por una mediana se pueden colocar las luminarias en la división, o considerar a cada tramo de manera individual. La Figura 13 muestra las formas que pueden ser dispuestas las luminarias (García Fernández, 2012).



**Figura 13:** *Diferentes tipos de disposición de las luminarias en tramos rectos con dos o más calzadas y una separación en el medio*

*Fuente.* (García Fernández, 2012)

Para proporcionar una buena visión y orientación en una vía en curva, se reducen la separación entre luminarias con relación al radio de la curva. Si el radio de la vía es grande, puede ser considerado como un tramo recto. Se considera como disposición unilateral por el lado exterior, cuando la anchura de la vía es menor a 1.5 veces en comparación a la altura de la estructura; mientras que, se realiza una disposición pareada cuando la anchura de la vía es mayor a 1.5 veces en comparación a la altura de la estructura (Cerma & Arriaxa, 2020). La Figura 14 muestra las diferentes disposiciones.



**Figura 14:** *Diferentes tipos de disposición de las luminarias en tramos curvos*

*Fuente.* (García Fernández, 2012)

Cuando se tiene un cruce es importante considerar que la intensidad de la iluminación tiene que ser mayor al de las vías que interceptan para mejorar la visibilidad. En plazas y redondeles, se instalan en el borde exterior de la vía, de manera que iluminen los accesos y salidas. Por último, en los pasos peatonales, las luminarias se colocan antes de los cruces, de modo que ofrezcan visibilidad a los conductores y a los peatones (Cerma & Arriaxa, 2020).

### 3.4.5. Niveles de iluminación recomendado

La iluminación pública deberá considerar ciertos parámetros y niveles, tanto para iluminación vial como para peatonal. Estos valores dependen del lugar y la región de análisis. En el Ecuador se han sugerido los niveles señalados en la

**Tabla 5:** *Parámetros fotométricos para vías con tráfico motorizado*

Clase de Iluminación	Campo de Aplicación				
	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 $UL$ 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

Fuente. (Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables, 2020)

**Tabla 6:** *Parámetros fotométricos para zonas en conflicto*

Clases de Iluminación	Iluminancia Promedio $E$ (lx) <sup>10</sup>	Uniformidad de la Iluminancia $U_o$	Incremento de Umbral (%) <sup>11</sup>	
			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

Fuente. (Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables, 2020)

### 3.4.6. Tipos de luminarias para iluminación vial

Actualmente se tiene de dos tipos:

- Luminarias HID: Llamadas también bombillas de gas a alta presión o a alta intensidad de descarga (Forjas Estilo, 2018). Son utilizadas mayormente por su gran rendimiento lumínico y sin la necesidad de una buena reproducción cromática. Además de pertenecer desde hace varios años al alumbrado público, es utilizado comúnmente en el interior de las fábricas (Carrillo, 2016). Un ejemplo de luminarias de este tipo se aprecia en la Figura 15.



**Figura 15:** *Luminarias del tipo HID*

*Fuente.* (Carrillo, 2016)

- Luminarias LED: Utilizan la tecnología LED, con mejores resultados en eficiencia y ahorro energético (Forjas Estilo, 2018). Actualmente pueden otorgar hasta 150Lm/W permitiendo ahorrar dinero, generar un retorno a la inversión en proyectos de alumbrado público y cumplir con las normativas y reglamentos internacionales con respecto a seguridad y salud (Enermortech, 2022). La Figura 16 muestra un tipo de luminarias LED.



**Figura 16:** *Luminaria del tipo LED*

*Fuente.* (Carrillo, 2016)

### **3.4.7. Cálculo de instalaciones de alumbrado público**

Para establecer el número de luminarias en una vía pública, hay que considerar ciertos factores y pasos a seguir:

#### **3.4.7.1. Método de los lúmenes**

Llamado también Sistema General o Método del Factor de utilización, es una forma práctica de calcular el nivel de iluminancia medio. Se sigue la siguiente metodología:

- Determinar el nivel de iluminancia media  $E_m$ , cuyo valor depende de las características de la vía. La muestra valores genéricos que pueden ser utilizados para este cálculo (Garcia Fernandez, 2013).

**Tabla 7:** *Valores de referencia para diferentes tipos de vía*

<b>TIPO DE VÍA</b>	<b>ILUMINANCIA MEDIA (<math>I_x</math>)</b>	<b>LUMINANCIA MEDIA (<math>cd/m^2</math>)</b>
A	35	2
B	35	2
C	30	1.9
D	28	1.7
E	25	1.4

Fuente. (Garcia Fernandez, 2013)

- Determinar el tipo de fuente luminosa, con respecto a las condiciones de lugar (D. García, 2013). Valores recomendados se muestran en la Tabla .

**Tabla 8:** Valores referenciales para el tipo de lámpara

<b>FLUJO DE LA LÁMPARA (lm)</b>	<b>ALTURA (m)</b>
$3000 \leq \Phi_L < 10000$	$6 \leq H < 8$
$10000 \leq \Phi_L < 20000$	$8 \leq H < 10$
$20000 \leq \Phi_L < 40000$	$10 \leq H < 12$
$\geq 40000$	$\geq 12$

Fuente. (Garcia Fernandez, 2013)

- Determinar la disposición de las luminarias, con respecto al tipo de vía (D. García, 2013). En la Tabla se muestran los valores correspondientes.

**Tabla 9:** Valores correspondientes para la disposición de las luminarias

<b>DISPOSICIÓN</b>	<b>RELACIÓN ANCHURA/ALTURA</b>
Unilateral	$\leq 1$
Tres bordillos	$1 < A/H \leq 1.5$
Pareada	$> 1.5$

Fuente. (Garcia Fernandez, 2013)

- Determinar el factor de mantenimiento  $f_m$ , que pueden ser recuperables como la depreciación de la producción lumínica, debido al polvo o lámparas fuera de servicio, y no recuperables como la temperatura ambiental, voltaje de alimentación o características del balastro (D. García, 2013). También se

considera la contaminación, el tráfico, el mantenimiento, entre otros (Garcia Fernandez, 2013). La Tabla muestra valores típicos para este factor.

**Tabla 10:** Valores para determinar el factor de mantenimiento

<b>CARACTERÍSTICAS DE LA VÍA</b>	<b>LUMINARIA ABIERTA</b>	<b>LUMINARIA CERRADA</b>
Limpia	0.75	0.80
Media	0.68	0.70
Sucia	0.65	0.68

Fuente. (Garcia Fernandez, 2013)

- Determinar el coeficiente de utilización  $\eta$ , cuyo valor se encuentra en los datos técnicos proporcionados por el fabricante (D. García, 2013). Por otro lado, se define como el cociente entre el flujo útil que llega a la calzada y el flujo emitido por la lampara (Garcia Fernandez, 2013), tal y como se muestra en la siguiente formula:

$$\eta = \frac{\phi_{\text{útil}}}{\phi_L} \quad (6)$$

- Determinar separación entre luminarias, cuyo cálculo se realiza utilizando los valores encontrados en los apartados anteriores. La fórmula es la siguiente:

$$E_m = \frac{\eta \cdot f_m \cdot \phi_L}{A \cdot d} \quad (7)$$

Donde,

- $E_m$ , es la luminancia media que se desea conseguir
- $\eta$ , es el factor de utilización de la instalación

- $f_m$ , es el factor de mantenimiento
- $\Phi_L$ , es el flujo luminoso de la lámpara
- $A$ , es la anchura de la calzada
- $d$ , es la separación entre luminarias (Garcia Fernandez, 2013)

### 3.4.7.2. Método del punto por punto

Se calculan las iluminancias de varios puntos de la calzada, utilizando la siguiente formula:

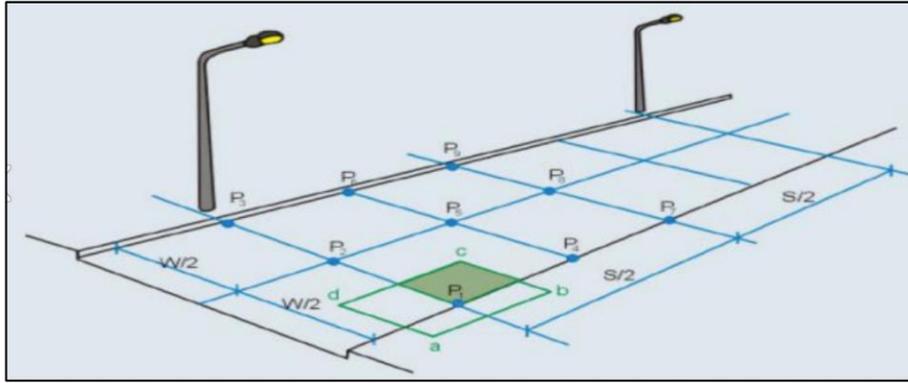
$$E_{\alpha} = \frac{I_{\alpha} \cdot \cos^3 \alpha}{h^2} \quad (8)$$

Donde,

- $E_{\alpha}$ , es la iluminancia de un punto de la calzada, en lux
- $I_{\alpha}$ , es la iluminancia en candelas
- $h$ , es la altura del punto de luz en metros
- $\alpha$ , es el ángulo que forma el rayo incidente con la vertical que pasa por la luminaria (Camino & López, 2006)

### 3.4.7.3. Método europeo de los nueve puntos

Se calculan la iluminancia promedio de la vía, definiendo un rectángulo con un largo igual a "s/2" por un ancho "w", obteniendo nueve puntos posteriores a una división longitudinal y transversal, tal y como se muestra la Figura 17 (Superintendencia de Industria y Comercio, 2013).



**Figura 17:** Cálculo de la iluminancia promedio mediante el método europeo de los nueve puntos

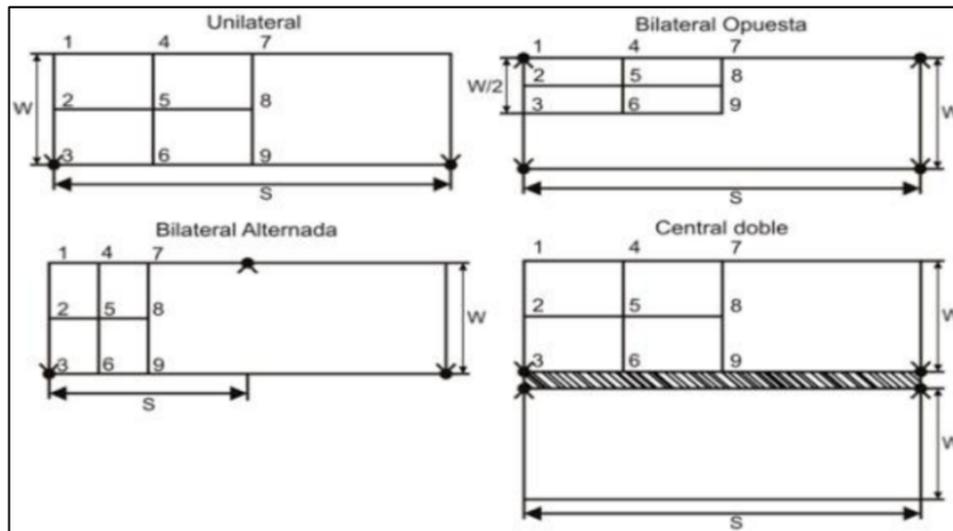
Fuente. (Superintendencia de Industria y Comercio, 2013)

Para utilizar esta metodología es necesario considerar cuanto incide la iluminancia en cada punto de la vía, teniendo los puntos extremos (P1, P3, P7 y P9) una contribución de 0.25, los puntos intermedios un valor 0.5 (P2, P4, P6 y P8) y 1.0 para el punto central (P5) (Superintendencia de Industria y Comercio, 2013). A partir de este análisis, la iluminación promedio sobre la vía se calcula mediante:

$$E_m = \frac{1}{16} [(E_1 + E_3 + E_7 + E_9) + 2 \cdot (E_2 + E_4 + E_6 + E_8) + 4 \cdot E_5] \quad (9)$$

Siendo  $E_1, E_2, \dots$  los valores de iluminancia correspondientes a los puntos  $P_1, P_2, \dots$  (Superintendencia de Industria y Comercio, 2013).

Según el sistema de alumbrado y el tipo de vía se puede ubicar los nueve puntos con base en la Figura 18.



**Figura 18:** Disposición de los nueve puntos según sistema de alumbrado y tipo de vía

Fuente. (Superintendencia de Industria y Comercio, 2013)

### 3.5. Contaminación lumínica

La contaminación lumínica es el brillo que se aprecia en el cielo por las noches provocado por distintas fuentes de iluminación artificial, que emiten la luz hacia el suelo (Naturaliza, 2019). Como efectos negativos se tienen los siguientes:

- Desperdicio de energía
- Deslumbramientos
- Dificultad del tráfico aéreo, marítimo y terrestre
- Se generan residuos contaminantes
- Se pierde el patrimonio cultural y científico (Naturaliza, 2019)

#### 3.5.1. Sobreiluminación y tipos de contaminación lumínica

Cuando una luz produce una luminancia superior o excesiva sobre un lugar determinado. Los anuncios y la publicidad brillante pueden ser considerados como fuentes de sobreiluminación (Aroca Morocho & Herrera Paucar, 2022).

#### **3.5.1.1.        Dispersión Lumínica**

Efecto producido debido a la mala instalación de las luminarias o una sobreiluminación. La luz interactúa con las partículas de aire o agua y se desvía a todas las direcciones, iluminando innecesariamente el cielo (Aroca Morocho & Herrera Paucar, 2022).

#### **3.5.1.2.        Luz Difusa**

Es una luz no aprovechada debido a que está dirigida hacia el cielo, producto de la mala disposición de las luminarias en las vías públicas (Aroca Morocho & Herrera Paucar, 2022).

#### **3.5.1.3.        Luz Intrusa**

Son aquellas luces que caen indebidamente fuera de la zona que se desea iluminar, tales como: anuncios, parques, centros comerciales, entre otros (Vera, 2021).

#### **3.5.1.4.        Deslumbramiento**

Se puede producir cuando la luminancia de las luminarias es excesiva, causando una incomodidad o disminución de la vista momentáneamente (Colorado, 2016).

#### **3.5.2. Problemas generados por la contaminación lumínica**

Se ha comentado los problemas ocasionados en el cielo nocturno debido a la contaminación lumínica. La flora y la fauna también se han visto afectados por este fenómeno. Muchas investigaciones han tenido como objetivo conocer los efectos de la exposición prolongada a la luz artificial en plantas y animales. Los científicos han demostrado que insectos, tortugas, aves, peces, reptiles y otras especies han sufrido una alteración en los comportamientos, ciclos de reproducción, etc. El humano no es la excepción; de hecho, se ha considerado

que la contaminación lumínica tiene estrecha relación con el crecimiento de tumores, obesidad y diabetes juvenil (Chepesiuk, 2010). Desde el punto de vista económico se ha visto un gran crecimiento en el aumento de costes de energía y el desperdicio energético, muchas de las veces sin sentido, debido a malos estudios de ubicación de luminarias, exceso de publicidad, etc.

### **3.5.3. Medición de la calidad lumínica del cielo**

Para una correcta medición sobre la cantidad de luz bajo el contexto astronómico es necesario contar de un instrumento que pueda contemplar características específicas como: mínimo brillo nocturno, tiempos de exposición o velocidad de respuesta, utilizando distintos filtros, espectros de longitud de onda, entre otros (Navas, 2015). De este tipo de dispositivos se pueden destacar los siguientes:

- Sky Quality Meter: Fabricado por Unihedron, se presenta como un medido de brillo del cielo, que utiliza un sensor convertido de luz-frecuencia con un filtrado de radiaciones infrarrojas. Tiene un ángulo sólido de 1532 estereorradianes, con una precisión sobre  $\pm 10\%$  (Navas, 2015). Un ejemplar se muestra en la Figura 19.



**Figura 19:** Sky Quality Meter

*Fuente.* (Navas, 2015)

- Luminancímetro: Posee dos sistemas ópticos, uno de dirección y otro de medición. El sistema de dirección permite la orientación, mientras que el sistema de medición posee un lente y un sensor que reaccionan ante una intensidad (Solano Lamphar, 2010). La Figura 20 presenta varios modelos.



**Figura 20:** Ejemplares de luminancímetros

*Fuente.* (Solano Lamphar, 2010)

- Cámaras fotográficas CCD: Utilizan tecnología de Dispositivo de Cargas Conectadas (CCD). No es más que un sensor que contienen células muy pequeñas capaces de registrar la imagen,

un software analiza y obtiene un resultado falso a colores (Aroca Morocho & Herrera Paucar, 2022).

- Luxómetro: Permite medir rápidamente la iluminancia real y no la subjetiva del medio ambiente. Consta de un fotorreceptor que recibe la luz y la transforma en una señal eléctrica. Dependiendo de uno u otro fabricante se pueden encontrar con distintos sensores analógicos o digitales que integren características adicionales (Proteger IPS, 2018). La Figura 21 muestra un luxómetro del tipo HD450, del fabricante Extech Instruments y el Anexo 1 presenta las especificaciones técnicas de esta herramienta.



**Figura 21:** Luxómetro modelo HD450

Fuente. (Extech, 2019)

- Es posible realizar mediciones mediante cámaras digitales que, mediante una aplicación desarrollada para este fin, puede determinar la luminancia en varios puntos de la imagen. Las

imágenes satelitales también han sido instrumentos para medir la calidad lumínica. Por último, el fotómetro astronómico, capaz de valorar la contaminación lumínica (Solano Lamphar, 2010).

#### **3.5.4. Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP)**

El RETILAP es un documento que establece los requisitos y medidas que deben de cumplir los sistemas de iluminación y alumbrado público, según niveles y calidades de energía lumínica requerida en la actividad visual, protección a los transeúntes, preservando el medio ambiente y evitando riesgos ocasionados por la instalación y uso de los sistemas de iluminación (RIG, 2021).

El RETILAP indica el proceso de evaluación de la iluminancia que consta de los siguientes pasos:

- Área de evaluación. Tramo o vano seleccionado de la vía, respetando criterios establecidos en el RETILAP.
- Ubicación del sensor. La herramienta de medición será colocada a una altura máxima de 15cm en posición horizontal, obteniendo los datos de la misma manera para todos los puntos de análisis.
- Cuidados en la medición. El técnico encargado de la medición inicialmente deberá de calibra el luxómetro de acuerdo a las especificaciones técnicas e instrucciones propias de la herramienta, verificando su correcto funcionamiento. Con respecto a las luminarias, se comprueba el estado actual, la tensión de red, inclinación y posición. Por último, confirmar que no se han creado sombras sobre el sensor o la inclusión de obstáculos (Ministerio de Minas y Energía, 2009).

### 3.5.5. Normativa Nacional

Hasta la fecha en el Ecuador no existe una regulación específica con respecto al control de la CL. No obstante, el Ministerio de Industrias y Productividad, con fecha 17 de octubre de 2013, publica el Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 069) “Alumbrado Público”, abordando el tema de CL y definiendo como una propagación luminosa cuando se ha diseñado mal los espacios lumínicos en la planificación del proyecto (Aroca Morocho & Herrera Paucar, 2022). También se detallan las zonas que tienen relación a la CL; estas se ven descritas en la Tabla .

**Tabla 11:** *Definición de zonas para la CL*

ZONA	TÍPO	DESCRIPCIÓN
E1	Áreas con entornos oscuros	Observatorios astronómicos prestigiosos
E2	Áreas de bajo brillo	Áreas rurales
E3	Áreas de brillo medio	Áreas urbanas residenciales
E4	Áreas de brillo alto	Centros urbanos con actividad nocturna

*Fuente.* (Chocho & Yunga, 2014)

### 3.6. Iluminación en los puestos de trabajo y percepción visual

El acondicionamiento de la iluminación en los lugares de trabajo es una acción ejecutada por los responsables de la Seguridad y Salud Ocupacional de una empresa, con el fin de asegurar la ejecución correcta de las tareas y velar por el bien de quienes las ejecutan (Ministerio de Trabajo e Inmigración, 2002). Con los problemas ocasionados por una iluminación deficiente se ha desarrollado un cuestionario de análisis y evaluación subjetiva del trabajador, así como una guía de soluciones para lograr un buen acondicionamiento de la iluminación en el entorno laboral, documento desarrollado por el Instituto Nacional de Seguridad

e Higiene en el Trabajo, en conjunto con el Ministerio de Trabajo e Inmigración del Reino de España (Ministerio de Trabajo e Inmigración, 2002).

Las recomendaciones planteadas en este documento abarcan varias características, mostradas en la Figura 22.



**Figura 22:** Áreas incluidas en la guía de soluciones del cuestionario “Evaluación y Acondicionamiento de la Iluminación en puestos de trabajo”

*Fuente.* Elaboración propia

Con este tipo de encuesta se facilita la evaluación de riesgos y la adopción de medidas preventivas para proteger la salud, la seguridad de los empleados, conocer los aspectos relacionados con la Ergonomía, durante la actividad laboral. Este instrumento permite conocer la percepción que los trabajadores tienen, con respecto a la iluminación.

## CAPITULO IV

### 4. DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 4.1. Área de Estudio

Considerando las zonas que presentan mayor congestión vehicular, así como concurrencia peatonal, se han escogido doce puntos mostrados en la Figura 23.

Z1	Calle Gran Colombia y Tarqui	Z7	Av. España y Alcabalas
Z2	Calle Gran Colombia y Benigno Malo	Z8	Av. España y Av. Elia Liut
Z3	Calle Gran Colombia y Juan Montalvo	Z9	Av. España y Sevilla
Z4	Calle Gran Colombia y Hermano Miguel	Z10	Av. de las Américas y Juan Pío Montufar
Z5	Calle Gran Colombia y Mariano Cueva	Z11	Av. de las Américas y Miguel Cabello Balboa
Z6	Av. España y Chapetones	Z12	Av. de las Américas y Vintimilla

**Figura 23:** Áreas delimitadas para el estudio

*Fuente.* Elaboración propia

La Figura 24 presenta una aproximación de la ubicación de las zonas delimitadas. En el Anexo 2 se encuentran estas zonas con mayor detalle.



**Figura 24:** Zonas de análisis de CL en el recorrido del tranvía en la ciudad de Cuenca

*Fuente.* Elaboración propia

#### **4.1.1. Luminarias instaladas en el recorrido del tranvía en la ciudad de Cuenca**

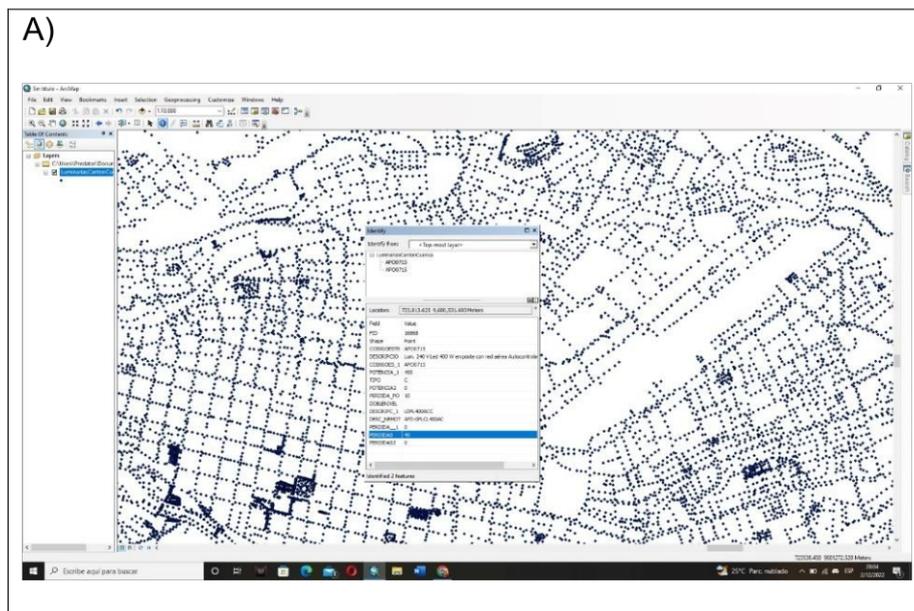
El sistema de alumbrado público de la ciudad de Cuenca brinda servicio en vías, plazas, parques, iglesias, edificios gubernamentales, complejos deportivos entre otros. Particularmente en Cuenca se tienen los siguientes sistemas de alumbrado público:

- Alumbrado público general (objeto de este estudio). Carreteras y zonas públicas.
- Alumbrado público intervenido.
- Alumbrado público ornamental. Parques, monumentos, complejos deportivos, etc.

Por otro lado, según el Ministerio de Energías y Minas (anteriormente conocido como Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, el trayecto del tranvía de la ciudad de Cuenca tiene instalado luminarias con las siguientes características:

- Código: APO0715
- ID. UP-UC: APD-0PLCL400AC
- ID. UP-UCa: LDPL400ACC
- Descripción abreviada: Lum. 240 V Led 400 W en poste con red aérea Autocontrolada pot. cte. C.

Estos datos fueron identificados mediante el software ArcGIS (Figura 25) y la búsqueda de la información recopilada en sitios web gubernamentales (Figura 26).



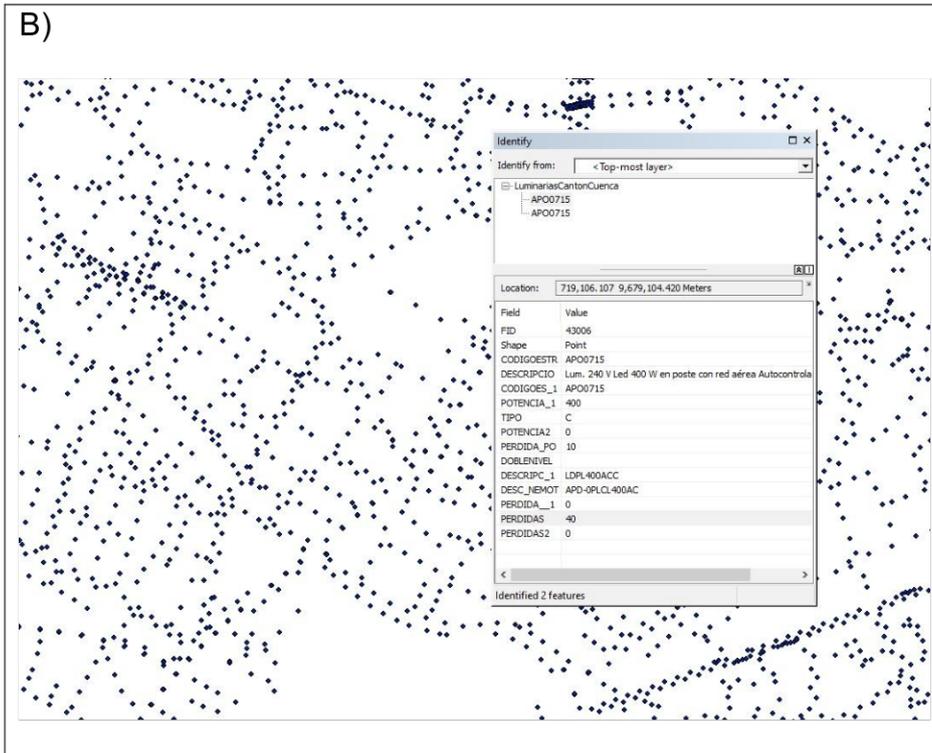


Figura 25: Software ArcGIS A) Identificación de luminarias, B) Información de las luminarias

Fuente. Elaboración propia

REVISIÓN:		02	HOMOLOGACIÓN DE LAS UNIDADES DE PROPIEDAD (UP)	
FECHA:		10/03/2016	SECCIÓN 5:	
HOJA		1 de 1	CÓDIGO DE LAS UNIDADES DE PROPIEDAD PARA LOS SISTEMAS	
GRUPO		VOLTAJE	ALUMBRADO PÚBLICO (LUMINARIA LED)	
AP		240 V		
ITEM	CÓDIGO	ID. UP-UC	ID. UP-UCa	DESCRIPCIÓN ABRUEVADA
1	APO0701	APD-0PLCL3.6PC	LDPL3.6PCC	Lum. 240 V Led 3.6 W en poste con red aérea hilo piloto pot. cte. C
2	APO0702	APD-0PLCL90PC	LDPL90PCC	Lum. 240 V Led 90 W en poste con red aérea hilo piloto pot. cte. C
3	APO0703	APD-0PLCL90AC	LDPL90ACC	Lum. 240 V Led 90 W en poste con red aérea Autocontrolada pot. cte. C
4	APO0704	APD-0OLCL90AC	LDOL90ACC	Lum. 240 V Led 90 W en poste con red preen Autocont. pot. cte. C
5	APO0705	APD-0PLCL180PC	LDPL180PCC	Lum. 240 V Led 180 W en poste con red aérea hilo piloto pot. cte. C
6	APO0706	APD-0PLCL180AC	LDPL180ACC	Lum. 240 V Led 180 W en poste con red aérea Autocontrolada pot. cte. C
7	APO0707	APD-0OLCL180AC	LDOL180ACC	Lum. 240 V Led 180 W en poste con red preen Autocont. pot. cte. C
8	APO0708	APD-0PLCL100AC	LDPL100ACC	Lum. 240 V Led 100 W en poste con red aérea Autocontrolada pot. cte. C
9	APO0709	APD-0PLCL10AC	LDPL10ACC	Lum. 240 V Led 10 W en poste con red aérea Autocontrolada pot. cte. C
10	APO0710	APD-0PLCL15AC	LDPL15ACC	Lum. 240 V Led 15 W en poste con red aérea Autocontrolada pot. cte. C
11	APO0711	APD-0PLCL20AC	LDPL20ACC	Lum. 240 V Led 20 W en poste con red aérea Autocontrolada pot. cte. C
12	APO0712	APD-0PLCL250AC	LDPL250ACC	Lum. 240 V Led 250 W en poste con red aérea Autocontrolada pot. cte. C
13	APO0713	APD-0PLCL25AC	LDPL25ACC	Lum. 240 V Led 25 W en poste con red aérea Autocontrolada pot. cte. C
14	APO0714	APD-0PLCL30AC	LDPL30ACC	Lum. 240 V Led 30 W en poste con red aérea Autocontrolada pot. cte. C
15	APO0715	APD-0PLCL400AC	LDPL400ACC	Lum. 240 V Led 400 W en poste con red aérea Autocontrolada pot. cte. C
16	APO0716	APD-0PLCL40AC	LDPL40ACC	Lum. 240 V Led 40 W en poste con red aérea Autocontrolada pot. cte. C
17	APO0717	APD-0PLCL50AC	LDPL50ACC	Lum. 240 V Led 50 W en poste con red aérea Autocontrolada pot. cte. C
18	APO0718	APD-0PLCL5AC	LDPL5ACC	Lum. 240 V Led 5 W en poste con red aérea Autocontrolada pot. cte. C
19	APO0719	APD-0PLCL70AC	LDPL70ACC	Lum. 240 V Led 70 W en poste con red aérea Autocontrolada pot. cte. C
20	APO0720	APC-0PLCL66AC	LCPL66ACC	Lum. 120 V Led 66 W en poste con red aérea Autocontrolada pot. cte. C
21	APO0721	APC-0SLCL90AC	LCSL90ACC	Lum. 120 V Led 90 W en poste con red sub Autocontrolada pot. cte. C
22	APO0722	APD-0PLCL114PC	LDPL114PCC	Lum. 240 V Led 114 W en poste con red aérea hilo piloto pot. cte. C
23	APO0723	APD-0PLCL114AC	LDPL114ACC	Lum. 240 V Led 114 W en poste con red aérea Autocontrolada pot. cte. C
24	APO0724	APD-0OLCL114AC	LDOL114ACC	Lum. 240 V Led 114 W en poste con red preen Autocont. pot. cte. C
25	APO0725	APD-0ALCL114AC	LDAL114ACC	Lum. 240 V Led 114 W en fachada con red sub Autocontrolada pot. cte. C

**Figura 26:** Código de las unidades de propiedad para los sistemas

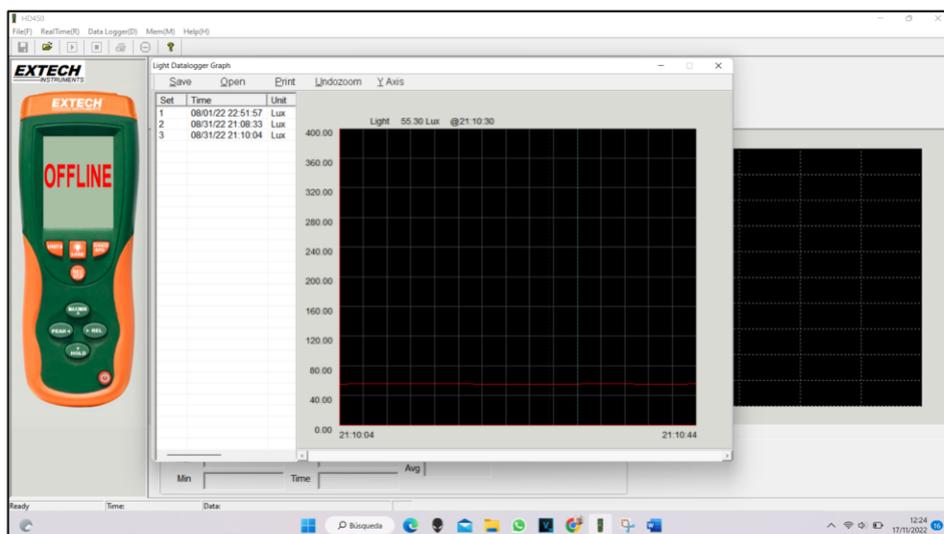
Fuente. (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2016)

## 4.2. Materiales y métodos

El procedimiento de medición de luminancia escogida para el análisis de CL es el método europeo de los nueve puntos, debido a su gran aporte y simplicidad de aplicación; también se incluye la ecuación (9), Tabla 4 y el cálculo de la uniformidad promedio de la calzada, valor obtenido aplicando la siguiente ecuación:

$$U_o = \frac{E_{min}}{E_{prom}} \quad (10)$$

El Centro de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología (CIITT) de la Universidad Católica de Cuenca cuenta con dispositivos desarrollados con tecnología de punta, uno de estos es el luxómetro EXTECH HD450 (Figura 21). Esta herramienta fue facilitada para realizar las distintas mediciones in situ, mediante el método europeo de los nueve puntos. Los datos son recogidos por el luxómetro y son importados a la aplicación de escritorio que se presenta la interfaz mostrada en la Figura 27.



**Figura 27:** *Interfaz del software HD450*

*Fuente.* Elaboración propia

Esta aplicación exporta nueve ficheros (nueve puntos) con extensión .CSV que contiene las diferentes mediciones realizadas in situ. En cada uno de estos ficheros se calcula la media aritmética, información que integran cada una de las tablas que se explican en el siguiente apartado.

Por otro lado, se ha desarrollado una modificación al cuestionario desarrollado en (Ministerio de Trabajo e Inmigración, 2002), para conocer la percepción que presentan los operadores del tranvía “Cuatro ríos de Cuenca”, documento que se encuentra en el Anexo 3.

Por último, para cumplir con la medición de iluminancia en las zonas mencionadas anteriormente, se ha considerado la regulación 06-20, aplicando recomendaciones, cumplimientos, observaciones, especificaciones, entre otros.

Es necesario comentar que todas las visitas fueron realizadas por los autores de este documento se encuentran recopiladas en el Anexo 4.

#### **4.3. Mediciones obtenidas**

##### **4.3.1. Resultados en la Z1**

- Condiciones ambientales. Ambiente seco y despejado
- Disposición de las luminarias. Unilaterales
- Distancia entre las luminarias (s). 26m
- Ancho de la calzada (w). 7.50m
- Altura del poste. 8m

- Tipo de luminaria. LED, luz fría
- Clase de iluminación. C0
- Tipo de superficie de la vía. R4

**Tabla 12:** Evaluación de CL en la Z1

LECTURA	ILUMINANCIA
1	36.1
2	46.4
3	24.9
4	32.2
5	31.6
6	13.3
7	34
8	30.7
9	13.7
Iluminancia mínima ( $E_{\min}$ )	13.3
Iluminación promedio ( $E_{\text{prom}}$ )	30.02
Uniformidad promedio de la calzada ( $U_o$ )	44.30

Fuente. Elaboración propia

El Centro Histórico de Cuenca es una zona ampliamente comerciable, que genera interés por la arquitectura colonial, parques, lugares turísticos, entre otros, con vías en su mayoría unilaterales. Las calles del sector son adoquinadas por lo que se ha considerado del tipo R4 según las indicaciones de la regulación 06-20. Por otro lado, las luminarias son calificadas como M4, debido a que normalmente el tráfico vehicular no supera los 30km/h. Entonces, según la Tabla 6 en esta zona la iluminancia es menor al valor promedio de iluminancia con respecto al tipo de superficie de la vía en un valor de 20 lux menos.



**Figura 28:** Zona 1, Calle Gran Colombia y Tarqui

*Fuente.* Elaboración propia

#### **4.3.2. Resultados en la Z2**

- Condiciones ambientales. Ambiente seco y despejado
- Disposición de las luminarias. Unilaterales
- Distancia entre las luminarias (s). 18m
- Ancho de la calzada (w). 7.50m
- Altura del poste. 8m
- Tipo de luminaria. LED, luz fría
- Clase de iluminación. C0
- Tipo de superficie de la vía. R4

**Tabla 13:** Evaluación de CL en la Z2

LECTURA	ILUMINANCIA
1	80.9
2	120.8
3	117.8
4	70.6
5	125.4
6	186.5
7	67.2
8	123.1
9	128
Iluminancia mínima ( $E_{\min}$ )	67.2
Iluminación promedio ( $E_{\text{prom}}$ )	118.59
Uniformidad promedio de la calzada ( $U_o$ )	56.67

Fuente. Elaboración propia

La situación en la Z2 es mucho más compleja que la Z1, llegando a tener valores de iluminancia superiores a los 100 lux. De igual manera que el análisis realizado en la zona anterior, este punto sigue estando en una región altamente comercial, por lo que el valor de iluminación es alto. Por otro lado, la Z1 y la Z2 comparten el mismo tipo de luminaria, así como el tipo de superficie de la vía.

#### 4.3.3. Resultados en la Z3

- Condiciones ambientales. Ambiente seco y despejado
- Disposición de las luminarias. Unilaterales
- Distancia entre las luminarias (s). 18m
- Ancho de la calzada (w). 7.50m
- Altura del poste. 8m

- Tipo de luminaria. LED, luz fría
- Clase de iluminación. C4
- Tipo de superficie de la vía. R4

**Tabla 14:** Evaluación de CL en la Z3

LECTURA	ILUMINANCIA
1	44.9
2	80.1
3	56.9
4	35.2
5	50.7
6	29.9
7	39.5
8	29.3
9	13.1
Iluminancia mínima ( $E_{\min}$ )	13.1
Iluminación promedio ( $E_{\text{prom}}$ )	44.14
Uniformidad promedio de la calzada ( $U_o$ )	29.68

Fuente. Elaboración propia

En el caso de la Z3 no difiere mucho con respecto a Z1 y Z2, existe un valor promedio de iluminación que está dentro de los valores recomendados por la regulación 06-20 que está en los 50 Lux para este tipo de luminaria y la vía, tal y como se muestra en la Tabla 6. De igual manera, radica debido al comercio existente en toda la zona. La Figura 29 muestra una perspectiva de la zona.



**Figura 29:** Zona 3, Calle Gran Colombia y Juan Montalvo

*Fuente.* Elaboración propia

#### **4.3.4. Resultados en la Z4**

- Condiciones ambientales. Ambiente seco y despejado
- Disposición de las luminarias. Unilaterales
- Distancia entre las luminarias (s). 30m
- Ancho de la calzada (w). 7.50m
- Altura del poste. 8m
- Tipo de luminaria. LED, luz fría
- Clase de iluminación. C0
- Tipo de superficie de la vía. R4

**Tabla 15:** Evaluación de CL en la Z4

LECTURA	ILUMINANCIA
1	80.17
2	86.64
3	61.78
4	75.46
5	55.16
6	32.14
7	32.14
8	32.87
9	15.54
Iluminancia mínima ( $E_{\min}$ )	15.54
Iluminación promedio ( $E_{\text{prom}}$ )	54.03
Uniformidad promedio de la calzada ( $U_o$ )	28.76

Fuente. Elaboración propia

La Z4 no muestra ningún inconveniente ya que se encuentra en los rangos establecidos. A la fecha de medición esta zona presenta un valor de  $E_{\text{prom}}$  de 54.03, con un valor recomendado.

#### 4.3.5. Resultados en la Z5

- Condiciones ambientales. Ambiente seco y despejado
- Disposición de las luminarias. Unilaterales
- Distancia entre las luminarias (s). 18.30m
- Ancho de la calzada (w). 7.80m
- Altura del poste. 8m
- Tipo de luminaria. LED, luz fría
- Clase de iluminación. C0

- Tipo de superficie de la vía. R4

**Tabla 16:** Evaluación de CL en la Z5

LECTURA	ILUMINANCIA
1	71.47
2	109.3
3	82.97
4	64.87
5	83.18
6	62.64
7	62.17
8	62.17
9	46.17
Iluminancia mínima ( $E_{min}$ )	46.17
Iluminación promedio ( $E_{prom}$ )	74.59
Uniformidad promedio de la calzada ( $U_o$ )	61.90

Fuente. Elaboración propia

De igual manera, esta última zona que comprende la Calle Gran Colombia presenta un nivel lumínico considerable, mediando con un valor de 74.59 en términos de lux. Como es ya de conocimiento, la zona de interés presenta altos niveles de comercio, turismo y tráfico.

#### 4.3.6. Resultados en la Z6

- Condiciones ambientales. Ambiente seco y despejado
- Disposición de las luminarias. Central doble
- Distancia entre las luminarias (s). 36.20m
- Ancho de la calzada (w). 13m
- Altura del poste. 12m

- Tipo de luminaria. LED, luz fría
- Clase de iluminación. C0
- Tipo de superficie de la vía. R4

**Tabla 17:** Evaluación de CL en la Z6

LECTURA	ILUMINANCIA
1	46.17
2	40.81
3	37.6
4	23.98
5	32.19
6	28.59
7	22.65
8	18.97
9	13.64
Iluminancia mínima ( $E_{\min}$ )	13.64
Iluminación promedio ( $E_{\text{prom}}$ )	29.60
Uniformidad promedio de la calzada ( $U_o$ )	46.08

Fuente. Elaboración propia

En este caso las condiciones del entorno han variado en lo mínimo; si bien las el tipo de luminaria ha cambiado, la calzada sigue siendo la misma, debido a que no se han realizado mantenimiento en los últimos meses. Para la Z6 el valor de iluminancia promedio se encuentra en un valor mínimo recomendado. De igual manera, la Avenida España es una localidad de la ciudad de Cuenca muy conocida por la cercanía al aeropuerto, terminal terrestre y parqueaderos de compra/venta de vehículos. Con respecto al umbral de análisis, este valor ha variado, debido al tipo de luminarias que corresponde a las recomendaciones de la regulación 06-20. La Figura 30 presenta una perspectiva de la zona analizada.



**Figura 30:** Zona 6, Avenida España y Chapetones.

*Fuente.* Elaboración propia

#### **4.3.7. Resultados en la Z7**

- Condiciones ambientales. Ambiente seco y despejado
- Disposición de las luminarias. Central doble
- Distancia entre las luminarias (s). 36.20m
- Ancho de la calzada (w). 13m
- Altura del poste. 12m
- Tipo de luminaria. LED, luz fría
- Clase de iluminación. C0
- Tipo de superficie de la vía. R4

**Tabla 18:** Evaluación de CL en la Z7

LECTURA	ILUMINANCIA
1	22.91
2	38.99
3	36.14
4	19.83
5	25.35
6	25.17
7	14.69
8	14.81
9	11.22
Iluminancia mínima ( $E_{\min}$ )	11.22
Iluminación promedio ( $E_{\text{prom}}$ )	24
Uniformidad promedio de la calzada ( $U_o$ )	46.75

Fuente. Elaboración propia

La Z7 presenta una iluminación promedio con un valor mínimo lumínico, según la Tabla 6. Comparando con la Z6 la CL ha disminuido en cinco unidades.

#### 4.3.8. Resultados en la Z8

- Condiciones ambientales. Ambiente seco y despejado
- Disposición de las luminarias. Bilateral opuesto
- Distancia entre las luminarias (s). 26m
- Ancho de la calzada (w). 11m
- Altura del poste. 12m
- Tipo de luminaria. LED, luz fría
- Clase de iluminación. C0

- Tipo de superficie de la vía. R4

**Tabla 19:** Evaluación de CL en la Z8

LECTURA	ILUMINANCIA
1	43.84
2	73.68
3	128.98
4	30.97
5	55.42
6	69.90
7	22.43
8	43.45
9	112.13
Iluminancia mínima ( $E_{\min}$ )	22.43
Iluminación promedio ( $E_{\text{prom}}$ )	60.32
Uniformidad promedio de la calzada ( $U_o$ )	37.19

Fuente. Elaboración propia

Probablemente esta zona analizada es una de las más importantes del recorrido, ya que se encuentra muy cercana al aeropuerto de la ciudad. El nivel lumínico aumenta contrastando con Z8 y Z7. El valor se encuentra en 60.32, es decir, 10 lux por encima de lo recomendado. La Figura 31 muestra la región delimitada.



**Figura 31:** Zona 8, Avenida España y Avenida Elia Liut

*Fuente.* Elaboración propia

#### **4.3.9. Resultados en la Z9**

- Condiciones ambientales. Ambiente seco y despejado
- Disposición de las luminarias. Central doble
- Distancia entre las luminarias (s). 35m
- Ancho de la calzada (w). 11m
- Altura del poste. 12m
- Tipo de luminaria. LED, luz fría
- Clase de iluminación. C0
- Tipo de superficie de la vía. R4

**Tabla 20:** Evaluación de CL en la Z9

LECTURA	ILUMINANCIA
1	23.72
2	36.66
3	32.02
4	25
5	27.98
6	31.13
7	18.29
8	20.33
9	16.34
Iluminancia mínima ( $E_{\min}$ )	16.34
Iluminación promedio ( $E_{\text{prom}}$ )	26.78
Uniformidad promedio de la calzada ( $U_o$ )	61.02

Fuente. Elaboración propia

La última zona que recorre la Avenida España es la Z9, con un valor de 26.78 de  $E_{\text{prom}}$ , bajo del nivel promedio.

#### **4.3.10. Resultados en la Z10**

- Condiciones ambientales. Ambiente seco y despejado
- Disposición de las luminarias. Central doble
- Distancia entre las luminarias (s). 35m
- Ancho de la calzada (w). 10.50m
- Altura del poste. 12m
- Tipo de luminaria. LED, luz fría
- Clase de iluminación. C0

- Tipo de superficie de la vía. R2

**Tabla 21:** Evaluación de CL en la Z10

LECTURA	ILUMINANCIA
1	19.06
2	45.49
3	48.58
4	25.14
5	53.34
6	53.43
7	24.11
8	39.87
9	42.73
Iluminancia mínima ( $E_{min}$ )	19.06
Iluminación promedio ( $E_{prom}$ )	42.23
Uniformidad promedio de la calzada ( $U_o$ )	45.13

Fuente. Elaboración propia

En esta parte del recorrido se encuentra la Avenida de las Américas, calzada de doble sentido que permite el ingreso y la salida a la ciudad de Cuenca y cercanías con: la Universidad Católica de Cuenca (Edificio Administrativo) ingreso a la parroquia Baños, el control Sur, la vía a el Parque Nacional Cajas, Coliseo Jefferson Pérez, Centro Comercial "El Arenal", entre otros. Por otro lado, el tipo de superficie ha cambiado, pasando de R4 a R2 debido a los arreglos realizados. De igual manera, el tipo de luminaria es considerada como C0, según recomendaciones de la regulación 06-20. Se presenta nivel lumínico en el sector, con un valor del 42.23, dentro del rango que muestra la Tabla 6. La razón es las zonas de interés cercanas al recorrido.

#### 4.3.11. Resultados en la Z11

- Condiciones ambientales. Ambiente seco y despejado
- Disposición de las luminarias. Central doble
- Distancia entre las luminarias (s). 19.50m
- Ancho de la calzada (w). 10.70m
- Altura del poste. 12m
- Tipo de luminaria. LED, luz fría
- Clase de iluminación. C0
- Tipo de superficie de la vía. R2

Tabla 22: Evaluación de CL en la Z11

LECTURA	ILUMINANCIA
1	28.18
2	41.36
3	43.82
4	29.15
5	51.91
6	56.38
7	27.51
8	41.82
9	40.20
Iluminancia mínima ( $E_{\min}$ )	27.51
Iluminación promedio ( $E_{\text{prom}}$ )	42.80
Uniformidad promedio de la calzada ( $U_o$ )	64.28

Fuente. Elaboración propia

La Z11 no presenta mayor cambio con relación a la Z11, aumentando un .57 el valor de  $E_{prom}$ .

#### 4.3.12. Resultados en la Z12

- Condiciones ambientales. Ambiente seco y despejado
- Disposición de las luminarias. Central doble
- Distancia entre las luminarias (s). 18m
- Ancho de la calzada (w). 10.70m
- Altura del poste. 12m
- Tipo de luminaria. LED, luz fría
- Clase de iluminación. C0
- Tipo de superficie de la vía. R2

**Tabla 23:** Evaluación de CL en la Z12

LECTURA	ILUMINANCIA
1	31.07
2	46.26
3	41.05
4	47.91
5	59.52
6	19.35
7	39.92
8	54.75
9	24.42
Iluminancia mínima ( $E_{min}$ )	19.35
Iluminación promedio ( $E_{prom}$ )	44.44
Uniformidad promedio de la calzada ( $U_o$ )	43.54

*Fuente.* Elaboración propia

Este último punto de análisis es significativo en el trayecto del tranvía “Cuatro ríos de Cuenca”, por la importancia que suma el centro comercial “El Arenal” a la ciudad y las diferentes conexiones con el sistema público de transporte. El valor está dentro del rango de 50 lux. En la Figura 32 se presenta la zona estudiada.



**Figura 32:** Zona 12, Avenida de las Américas y Vintimilla

*Fuente.* Elaboración propia

#### **4.4. Resultados en las encuestas**

El tranvía “Cuatro ríos de Cuenca” a la fecha tiene un total de 32 operadores (población) que trabajan en horarios rotativos según información conseguida en las oficinas (Figura 33) de esta institución pública, que se encuentra en la Avenida México y Calle 10 de agosto.



**Figura 33:** Instalaciones del tranvía “Cuatro ríos de Cuenca”

*Fuente.* Elaboración propia

Debido a la disponibilidad de los operadores del tranvía al momento de realizar la encuesta la muestra total es de 27 participantes. El cuestionario que se ha utilizado es una modificación del explicado en el apartado 3.6. En la Tabla 24 se presenta las preguntas realizadas a los operadores; mientras que, el Anexo 5 se encuentra el cuestionario físico.

**Tabla 24:** Lista de preguntas realizadas a los operadores del tranvía

1	¿Edad del conductor?	Edad			
2	¿Tiene problemas de visión?	Si		No	
¿Cual?					
3	¿Jornadas de trabajo en horas?	Horas			
4	¿Prefiere la luz amarilla o blanca?	Blanca		Amarilla	
5	¿En el trayecto del camino tiene continuidad de iluminación?	Si		No	

6	¿Si algún sector del trayecto del tranvía tiene mejor iluminación?	Si		No	
¿Cual?					
7	¿Existen diferencias de iluminación?	Si		No	
¿Donde?					
8	¿Existen luminarias muy brillantes?	Si		No	
¿Donde?					
9	¿Se producen reflejos molestos?	Si		No	
10	¿Existe un buen contraste entre los detalles o elementos visualizados y el fondo?	Si		No	
11	¿Se proyectan sombras molestas?	Si		No	
12	¿La iluminación actual permite una percepción suficiente de los colores?	Si		No	
13	¿Se producen parpadeos molestos?	Si		No	
¿De qué?					
14	¿Se producen efectos estroboscópicos?	Si		No	
15	¿Existen obstáculos dentro del campo visual que dificultan la visualización?	Si		No	
¿Cuáles?					
16	Si usted pudiera regular la iluminación para estar más cómodo, preferiría tener:	Más luz			
		Sin cambio			
		Menos luz			
17	Si durante o después de la jornada laboral nota alguno de los síntomas siguientes, señálelo:	Mareo			
		Visión borrosa			
		Vista cansada			
		Picazón de ojos			

		Pesadez en los parpados	
		Dolor de cabeza	
18	Considera usted que la iluminación es:	Adecuada	
		Algo molesta	
		Molesta	
		Muy molesta	
19	Señale con cual o cuales de las siguientes afirmaciones está de acuerdo:	Tengo que forzar la vista para poder realizar mi trabajo	
		La luz es excesiva	
		Las luces producen brillos o reflejos	
		Hay poca luz	
		Tengo dificultades para ver bien los colores	
		Hay algunas sombras molestas	
		Necesito más luz	
		Hay luces que parpadean	
		Al mirar las lámparas me molestan	

Fuente. Elaboración propia.

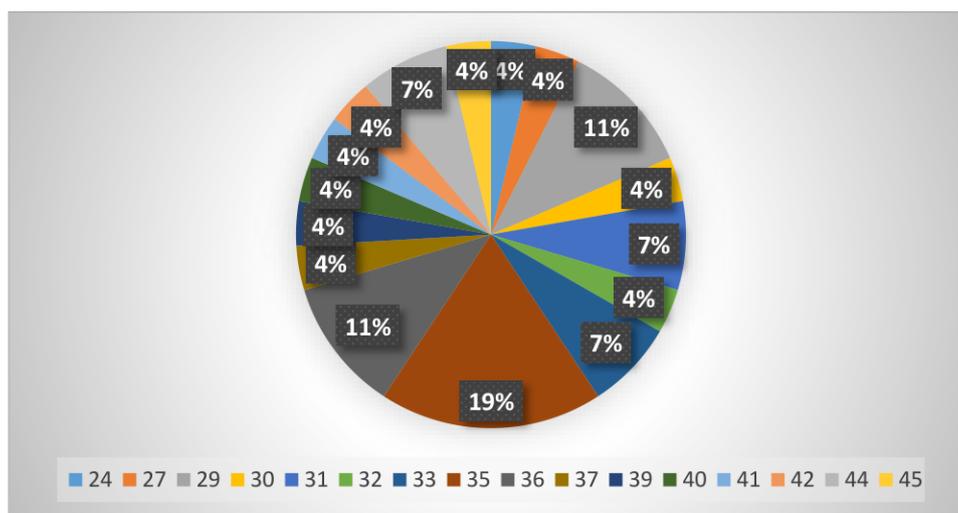
Los resultados se muestran a continuación.

**Tabla 25:** Edad del operador

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
24	1	3.70%
27	1	3.70%
29	3	11.11%
30	1	3.70%
31	2	7.41%
32	1	3.70%
33	2	7.41%
35	5	18.52%
36	3	11.11%
37	1	3.70%

39	1	3.70%
40	1	3.70%
41	1	3.70%
42	1	3.70%
44	2	7.41%
45	1	3.70%

Fuente. Elaboración propia



**Figura 34:** Edad del operador

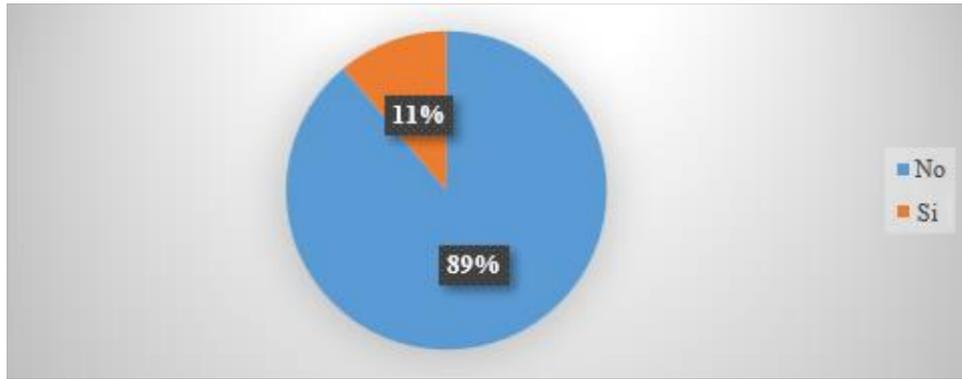
Fuente. Elaboración propia

La mayor parte de los operadores se encuentran en una edad entre los 33 y 36 años, según la Figura 34; la persona más joven tiene 24 años, mientras que el funcionario más longevo tiene más de 44 años.

**Tabla 26:** Problemas de visión

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
No	24	88.89%
Si	3	11.11%

Fuente. Elaboración propia



**Figura 35:** Problemas de visión

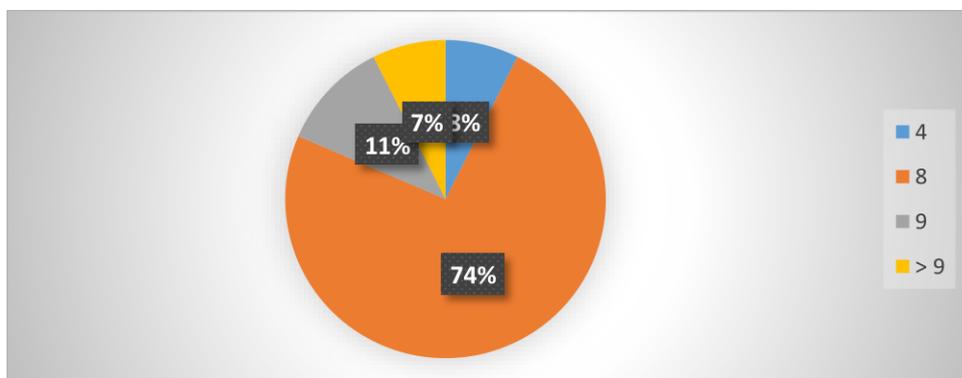
Fuente. Elaboración propia

Se evidencia claramente en la Figura 35 que gran parte de los operadores no presentan problemas de visión, tales como miopía, astigmatismo, hipermetropía, etc., con una representación del 88.9% del total.

**Tabla 27:** Jornadas de trabajo (en horas)

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
4	2	7.41%
8	20	74.07%
9	3	11.11%
> 9	2	7.41%

Fuente. Elaboración propia



**Figura 36:** *Jornadas de trabajo (en horas)*

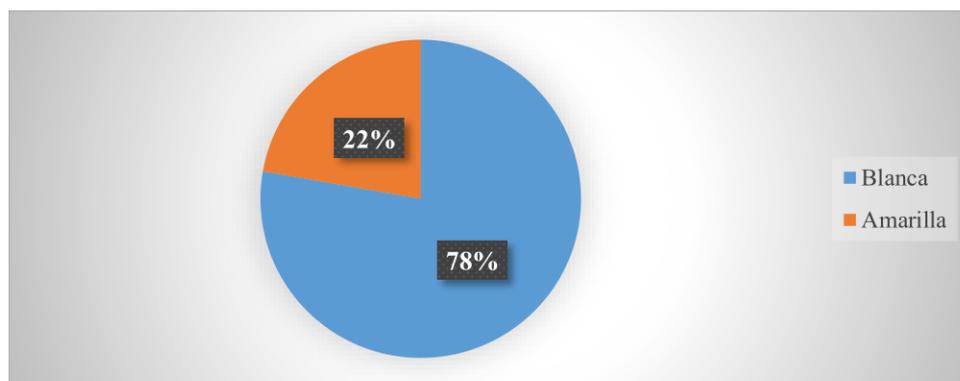
*Fuente.* Elaboración propia

De la Figura 36, más de la mitad de operadores trabajan únicamente 8 horas al día. Únicamente dos personas trabajan a media jornada y cinco son las que laboran horas extras.

**Tabla 28:** *Preferencia entre luz blanca o amarilla*

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Blanca	21	77.78%
Amarilla	6	22.22%

*Fuente.* Elaboración propia



**Figura 37:** *Preferencia entre luz blanca o amarilla*

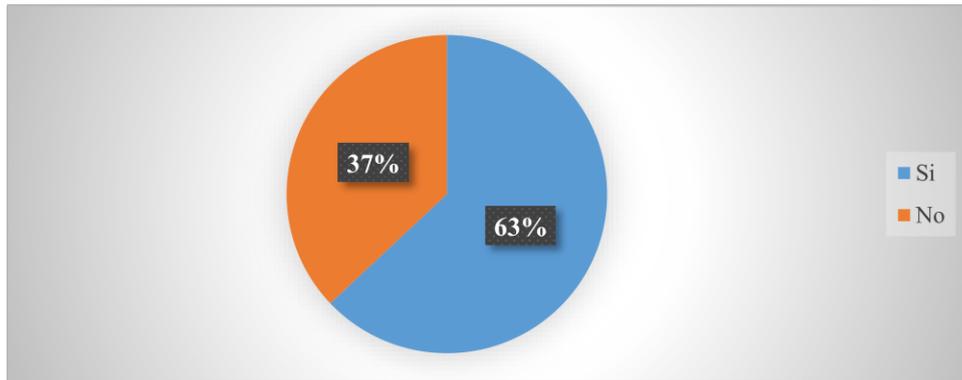
*Fuente.* Elaboración propia

La mayor parte de los operadores se siente cómodo con luz blanca, con un porcentaje del 77.8% de la población, según la Figura 37.

**Tabla 29:** *Continuidad de iluminación durante el trayecto*

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Si	17	62.96%
No	10	37.04%

Fuente. Elaboración propia



**Figura 38:** Continuidad de iluminación durante el trayecto

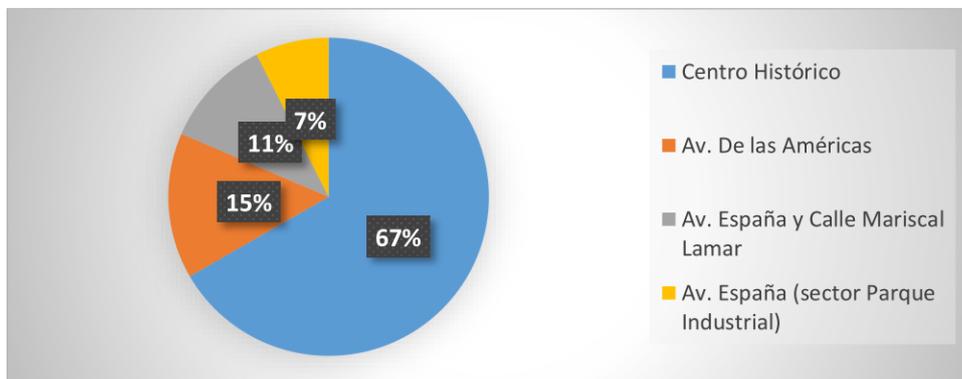
Fuente. Elaboración propia

Es importante mencionar que el tranvía presenta una iluminación continua durante todo el trayecto, según la opinión de los propios operadores (Figura 38).

**Tabla 30:** Sector que tiene una mejor iluminación en el trayecto

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Centro Histórico	18	66.67%
Av. De las Américas	4	14.81%
Av. España y Calle Mariscal Lamar	3	11.11%
Av. España (sector Parque Industrial)	2	7.41%

Fuente. Elaboración propia



**Figura 39:** Sector que tiene una mejor iluminación en el trayecto

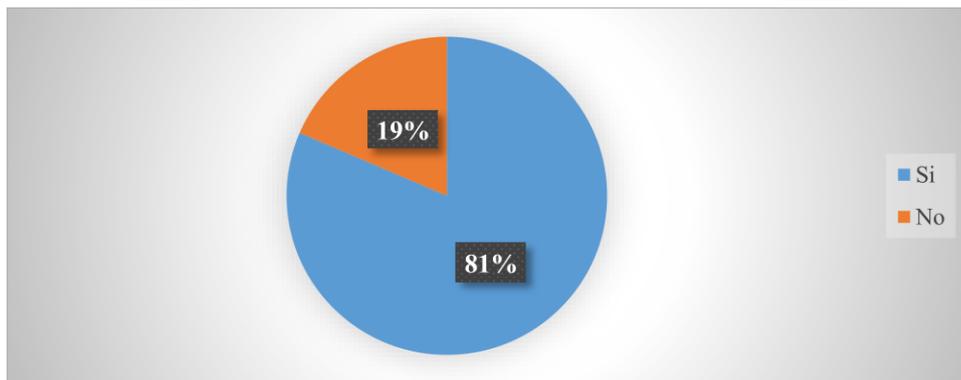
Fuente. Elaboración propia

La Figura 39 presenta la información recogida de los operadores con respecto a que sector es el más iluminado. En este caso, un 67% de los encuestados piensan que el “Centro Histórico” posee una correcta iluminación.

**Tabla 31:** Diferencias de iluminación

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Si	22	81.48%
No	5	18.52%

Fuente. Elaboración propia



**Figura 40:** Diferencias de iluminación

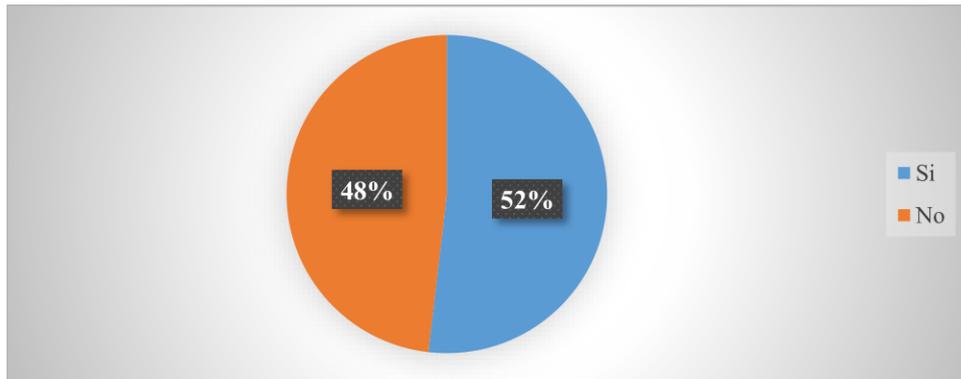
Fuente. Elaboración propia

Un punto importante que se considera en la encuesta es el cambio de iluminación en el trayecto del tranvía. En este caso, los operadores han comentado que efectivamente existe diferencias de iluminación entre un lugar y otro (Figura 40).

**Tabla 32:** *Brillo en luminarias*

<b>Respuesta</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
Si	14	51.85%
No	13	48.15%

*Fuente.* Elaboración propia



**Figura 41:** *Brillo en luminarias*

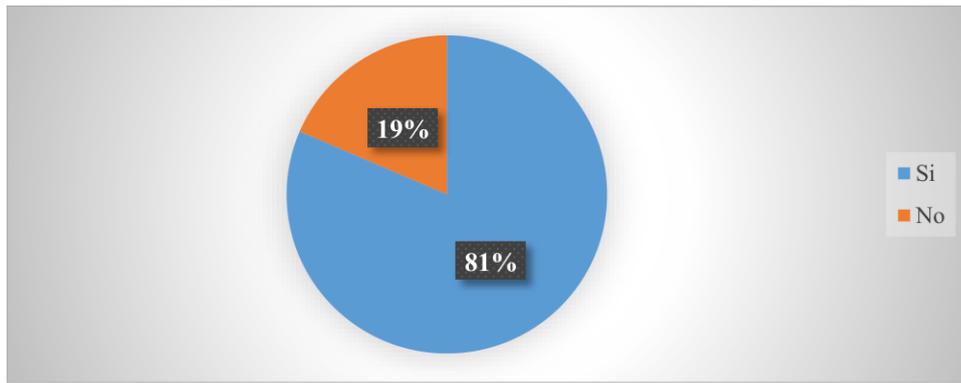
*Fuente.* Elaboración propia

La sobre iluminación es otro tema por considerar para una correcta operación del tranvía. En este sentido, es muy pareja la opinión de los operadores, teniendo un 51.9% que dicen percibir luminarias muy brillantes, mientras que un 48.1% dice que no, según la Figura 41.

**Tabla 33:** *Reflejos molestos*

<b>Respuesta</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
Si	22	81.48%
No	5	18.52%

*Fuente.* Elaboración propia



**Figura 42:** *Reflejos molestos*

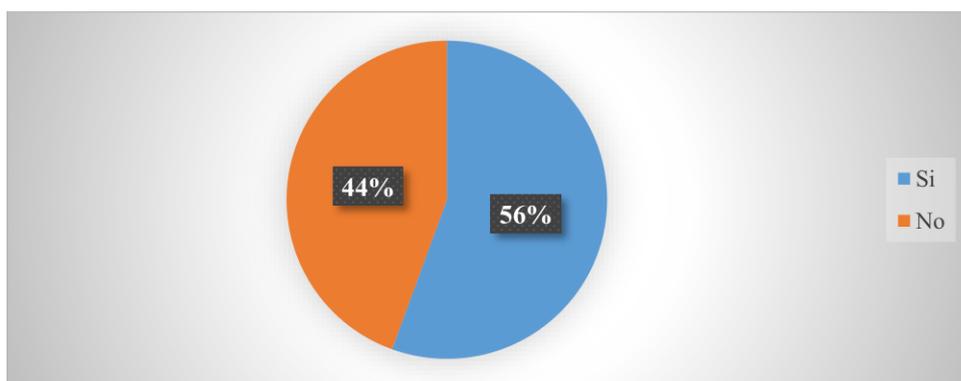
*Fuente.* Elaboración propia

La Figura 42 muestra una opinión clara e indiscutible. En el trayecto del tranvía de Cuenca hay reflejos que molestan y perjudican la correcta operación de las unidades.

**Tabla 34:** *Contraste de los detalles y fondos*

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Si	15	55.56%
No	12	44.44%

*Fuente.* Elaboración propia



**Figura 43:** *Contraste de los detalles y fondos*

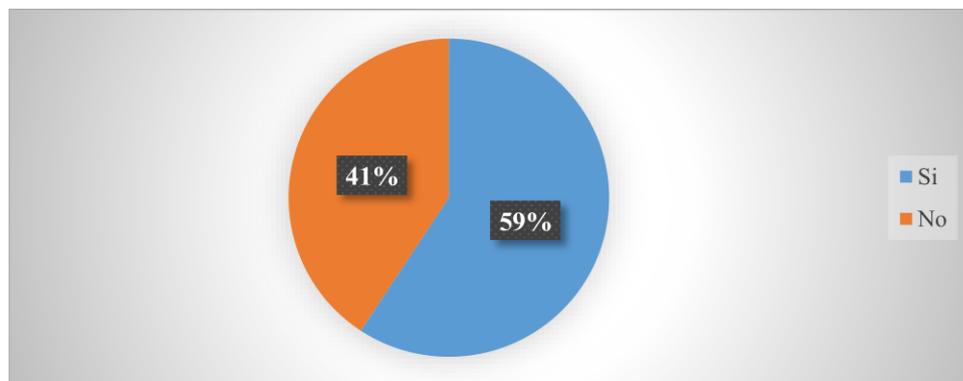
*Fuente.* Elaboración propia

Según la Figura 43 en el trayecto del tranvía hay un buen contraste (55.6% de operadores dicen que sí) que permite la visualización de diferentes elementos y la diferencia con el fondo. Esto es importante ya que objetos cercanos como lejanos pueden ser vistos sin dificultad.

**Tabla 35:** *Proyección de sombras molestas*

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Si	16	59.26%
No	11	40.74%

Fuente. Elaboración propia



**Figura 44:** *Proyección de sombras molestas*

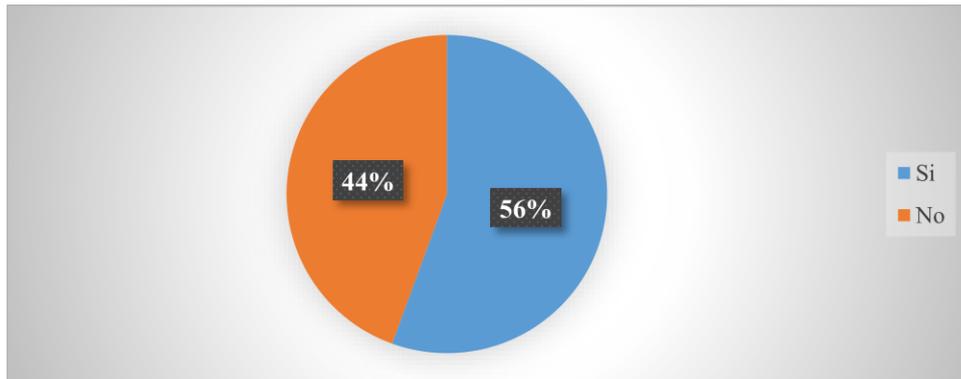
Fuente. Elaboración propia

Tanto los reflejos, como las sombras son factores que afectan directamente a la operación normal en un ambiente laboral. La Figura 44 evidencia que en el trayecto del tranvía se proyectan sombras molestas, con un 59.3% de operadores que afirman esta contrariedad.

**Tabla 36:** *Percepción de los colores*

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Si	15	55.56%
No	12	44.44%

Fuente. Elaboración propia



**Figura 45:** *Percepción de los colores*

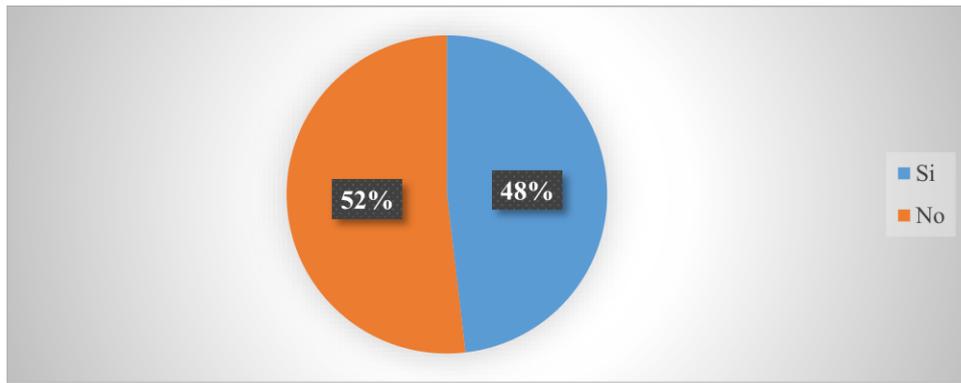
Fuente. Elaboración propia

De acuerdo a la Figura 45, la mayor parte de operadores del tranvía (55.6%) piensan que la iluminación pública actual del trayecto, permite diferenciar correctamente los colores de los objetos, personas, automóviles, etc.

**Tabla 37:** *Parpadeos molestos*

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Si	13	48.15%
No	14	51.85%

Fuente. Elaboración propia



**Figura 46:** *Parpadeos molestos*

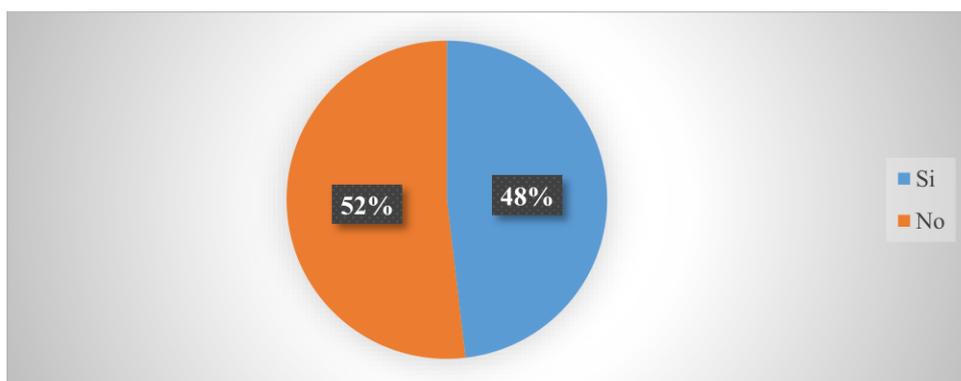
*Fuente.* Elaboración propia

Las luminarias del trayecto del tranvía no evidencian desperfectos que generen parpadeos, según la opinión de más de la mitad de los operadores, información que se presenta en la Figura 46.

**Tabla 38:** *Efectos estroboscópicos*

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Si	13	48.15%
No	14	51.85%

*Fuente.* Elaboración propia



**Figura 47:** *Efectos estroboscópicos*

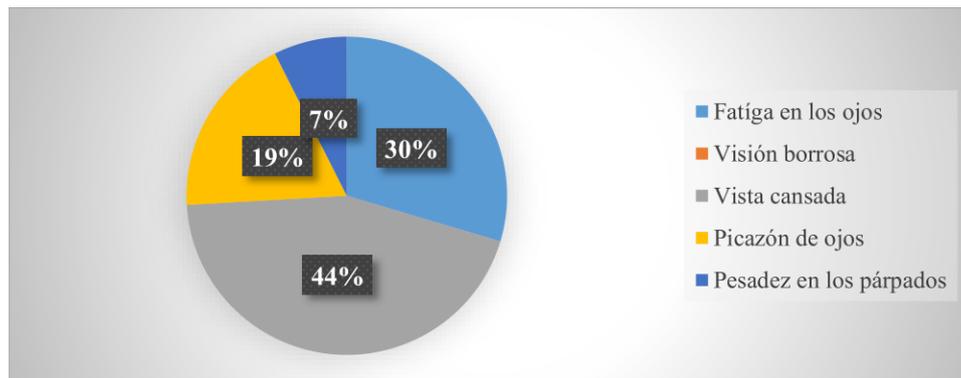
*Fuente.* Elaboración propia

Los efectos estroboscópicos se producen con la intermitencia lumínica, durante un objeto en movimiento, que causa malestar en la vista y, sobre todo, genera cansancio. Las luminarias del tranvía no generan estos malestares, según la opinión de más de la mitad de los operadores Figura 47.

**Tabla 39:** Molestias durante o después de la jornada laboral

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Fatiga en los ojos	8	29.63%
Visión borrosa	0	0.00%
Vista cansada	12	44.44%
Picazón de ojos	5	18.52%
Pesadez en los párpados	2	7.41%

Fuente. Elaboración propia



**Figura 48:** Molestias durante o después de la jornada laboral

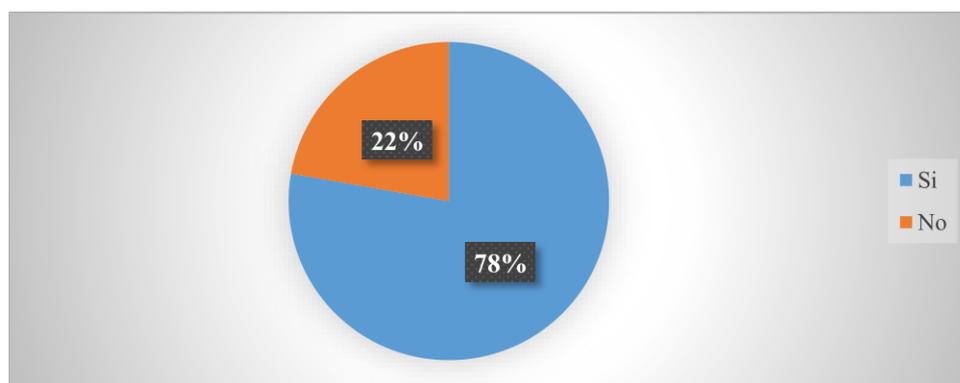
Fuente. Elaboración propia

Durante o después de la jornada laboral los operadores presentan varias molestias producidas por las luminarias del trayecto, siendo la más común la “vista cansada”. Este problema lo percibe el 44.44% de los funcionarios, seguido de la “fatiga en los ojos”, con un 29.63% **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

**Tabla 40:** Obstáculos dentro del trayecto

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Si	21	77.78%
No	6	22.22%

Fuente. Elaboración propia



**Figura 48:** Obstáculos dentro del trayecto

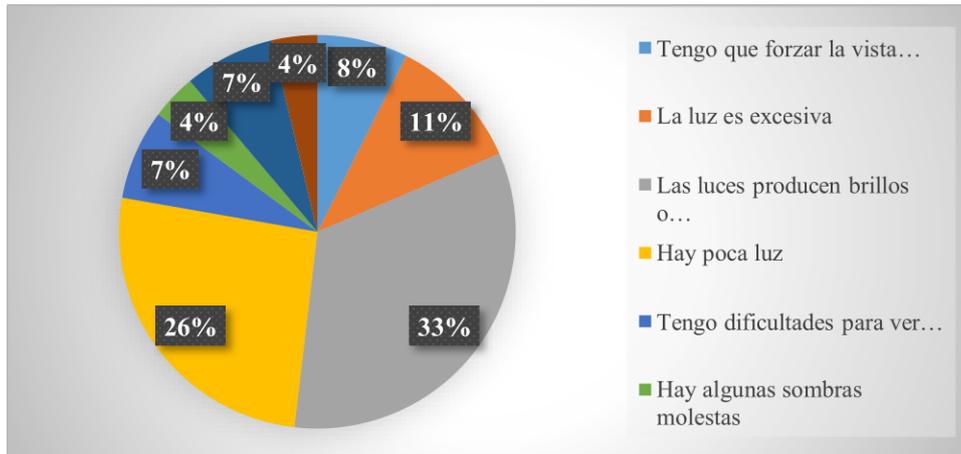
Fuente. Elaboración propia

Un 78% de los operadores manifiestan que en el trayecto del tranvía existen obstáculos que impiden una buena visión según la Figura 48.

**Tabla 41:** Afirmaciones con respecto a la luz

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Tengo que forzar la vista...	2	7.41%
La luz es excesiva	3	11.11%
Las luces producen brillos o...	9	33.33%
Hay poca luz	7	25.93%
Tengo dificultades para ver...	2	7.41%
Hay algunas sombras molestas	1	3.70%
Necesito más luz	2	7.41%
Hay reflejos	1	3.70%

Fuente. Elaboración propia.



**Figura 49:** Afirmaciones con respecto a la luz

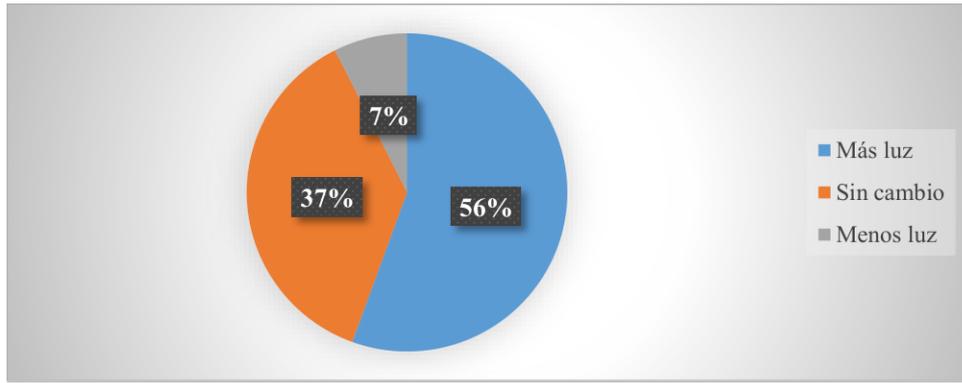
Fuente. Elaboración propia

La Figura 49 presenta varias afirmaciones de los operadores. La mayor parte de ellos (33%) creen que las luminarias generan brillos o reflejos, respaldando respuestas anteriores, seguido de un 26% que dice percibir poca luz dentro del trayecto.

**Tabla 42:** Regulación de iluminación actual

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Más luz	15	55.56%
Sin cambio	10	37.04%
Menos luz	2	7.41%

Fuente. Elaboración propia



**Figura 50:** Regulación de iluminación actual

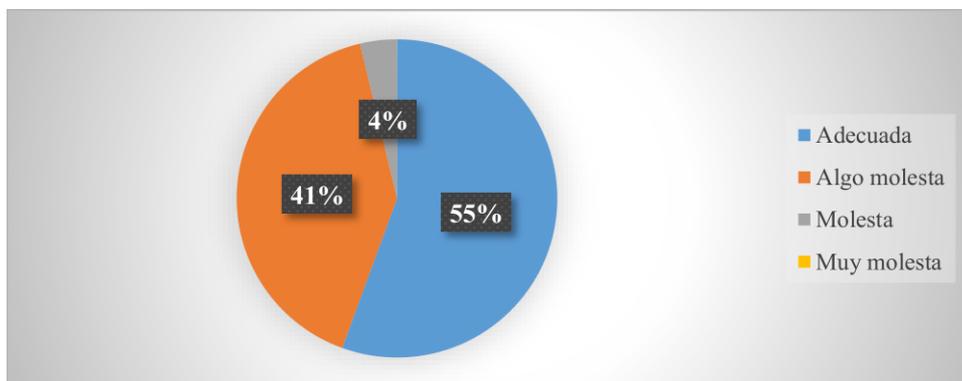
Fuente. Elaboración propia

Más de la mitad de los operadores creen que mayor iluminación generaría más confort en la operación del tranvía, según datos evidenciados en la Figura 50.

**Tabla 43:** Consideración de la iluminación actual

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Adecuada	15	55.56%
Algo molesta	11	40.74%
Molesta	1	3.79%
Muy molesta	0	0.00%

Fuente. Elaboración propia



**Figura 51:** *Consideración de la iluminación actual*

*Fuente.* Elaboración propia

Por último, la Figura 51 presenta la opinión de los operadores con respecto a la actual iluminación. Un 55.6% dice que la iluminación es “algo molesta”, seguido de un 40.7% que piensa estar algo “adecuada”.

## CAPITULO V

### 5. CONCLUSIONES

- El desarrollo de este documento ha permitido conocer los niveles de iluminación en las vías del trayecto del tranvía 4 Ríos de Cuenca que, de acuerdo a los resultados obtenidos en promedio a las lecturas tenemos valores de 48 lx, el cual está dentro del rango de la Regulación 06-20 que se encuentra en la Republica del Ecuador.
- La información obtenida con esta metodología ha sido corroborada con las respuestas de los operadores en el cuestionario donde indican una mínima variación en los niveles de iluminación a lo largo del trayecto del tranvía 4 Ríos de Cuenca.
- El cuestionario aplicado a los operadores ha sido de gran ayuda para obtener información de personas que día a día transitan por las vías del tranvía. Este cuestionario puede ser aplicado en conductores de autobuses, vehículos en general, motocicletas, etc., de manera que se pueda recopilar información adicional en diferentes avenidas o calles de la ciudad de Cuenca, específicamente en temas de confort, percepción visual, molestias generadas, etc.

De acuerdo a las preguntas que se realizó a los conductores se concluye lo siguiente:

- P1: ¿Edad del conductor?

Tienen una edad promedio de 35 años. (18.52%).

- P2: ¿Tiene problema de visión?

No presentan problemas de visión. (88.89%).

- P3: ¿Jornada de trabajo en horas?

Laboran 8 horas diarias. (74.07%).

- P4: ¿Prefiere luz amarilla o blanca?

Prefieren luz blanca (77.78%).

- P5: ¿En el trayecto del camino tiene continuidad de iluminación?

La iluminación del trayecto del tranvía es continua. (63%).

- P6: ¿Si algún sector del trayecto del tranvía tiene mejor iluminación?

El centro histórico presenta un alto nivel de iluminación. (66.67%).

- P7: ¿Existen diferencia de iluminación?

En el trayecto del tranvía los conductores perciben niveles distintos (81.48%).

- P8: ¿Existen luminarias muy brillantes?

Los conductores perciben luminarias muy brillantes. (51.85%).

- P9: ¿Se producen reflejos molestos?

Existen reflejos que perjudican al conductor. (81.48%).

- P10: ¿Existe un buen contraste entre los detalles o elementos visualizados y el fondo?

Hay contrastes molestos a lo largo del trayecto del tranvía.  
(55.56%).

- P11: ¿Se proyectan sombras molestosas?

Se presentan sombras molestas para los conductores. (59.26%).

- P12: ¿La iluminación actual permite una percepción suficiente de los colores?

No tienen problema para percibir los colores. (55.56%).

- P13: ¿Se producen parpadeos molestos?

No hay luminarias que generen parpadeos molestos. (51.85%).

- P14: ¿Se producen efectos estroboscópicos?

No hay efectos estroboscópicos en el trayecto del tranvía.  
(51.85%).

- P15: ¿Existen obstáculos dentro del campo visual que dificulta la visualización?

Los conductores manifiestan que existen obstáculos que impiden la visualización. (77.78%).

- P16: ¿Si usted pudiera regular la iluminación para estar más cómodo, preferiría tener?

Los conductores indican que prefieren, más luz. (55.56%).

- P17: ¿Si durante o después de la jornada laboral nota alguno de los síntomas siguientes?

Los conductores indican la molestia de vista cansada. (44.44%).

- P18: ¿Considera usted que la iluminación es?

La mayoría de conductores indican que la iluminación es adecuada. (55.56%).

- P19: ¿Señale con cual o cuales de las siguientes afirmaciones está de acuerdo?

Los conductores mantienen su respuesta que las luces producen brillos o reflejos. (33.33%).

## **6. RECOMENDACIONES**

- La metodología aplicada en este documento puede ser replicada para diferentes lugares turísticos de Cuenca y de todo el territorio ecuatoriano, de manera que se pueda conocer los niveles de iluminación existente en parques, calles, vías principales, secundarias, etc., generar soluciones y forjar un ambiente nocturno adecuado para las personas, los conductores y la vida silvestre en general.
- Las preguntas podrían implementarse a ciclistas y conductores de vehículos privados para ampliar nuestro campo de estudio de las luminarias de la Ciudad de Cuenca, para demostrar si cumplen con las regulaciones vigente en Ecuador.
- Los niveles de iluminación deberían cumplirse a cabalidad, ya que ello proporcionaría a los conductores el confort que supone estar satisfechos en sus jornadas laborales.

- Para una investigación posterior se recomendaría implementar más preguntas al test de percepción visual, para así llegar a personas que laboran en servicios de transporte público, ya que en su ambiente de trabajo su mayor esfuerzo es realizado por sus ojos.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

35ciencias. (2017, February 19). *Refracción de la luz y ley de Snell*. Físic Education. <https://www.fisic.ch/contenidos/optica/refracción-de-la-luz-y-ley-de-snell/>

Altermatt, F., & Ebert, D. (2016). Reduced flight-to-light behaviour of moth populations exposed to long-term urban light pollution. *Biology Letters*, 12(4). <https://doi.org/10.1098/rsbl.2016.0111>

Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables. (2020). Resolución Nro. ARCERNNR-029/2020 Regulación Nro. ARCERNNER 006/20. <https://www.Controlrecursosyenergia.Gob.Ec/>. <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/01/Regulacion-006-20.pdf>

Aroca Morocho, B. A., & Herrera Paucar, P. M. (2022). *Estudio y Análisis del Grado de la Contaminación Lumínica en el Distrito Metropolitano de Quito* [Bachelor's Thesis, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22443>

Auersignal. (2022). *Todo sobre la intensidad luminosa, el flujo luminoso y la iluminancia*. Auersignal.Com. <https://www.auersignal.com/es/datos-tecnicos/indicacion-luminos/intensidad-luminosa/>

- Beltrán, H. (2015). *Módulo 1.5 - Luminarias: clasificaciones, tipo y aplicaciones*. F2e Energy Efficiency Foundation. [http://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/170990/M1\\_5Luminarias\\_clasificaciones.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/170990/M1_5Luminarias_clasificaciones.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- BenQ. (2021, March 21). *¿Qué es el color?* BenQ. <https://www.benq.com/es-mx/centro-de-conocimiento/conocimiento/que-es-el-color.html>
- Camino, F., & López, A. (2006). *Alumbrado de exteriores*. Sistema MID. [https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2016-12-09\\_01-20-11138043.pdf](https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2016-12-09_01-20-11138043.pdf)
- Carrillo, G. (2016, August 19). *Las lámparas de descarga de alta intensidad (HID)*. Transmagneca. <http://www.transmagneca.com/wordpress/las-lamparas-de-descarga-de-alta-intensidad-hid/>
- Castro Corredor, A., Aldana Pantoja, M. de los A., & Garcia Betancourt, J. K. (2020). *Evaluación de la iluminación y percepción del confort en los trabajadores de urgencias del hospital Louis Pasteur de Melgar Tolima en el 2019-2020*. Corporación Universitaria Minuto de Dios.
- Cerma & Arriaxa. (2020, September 30). *Disposición de las columnas de alumbrado en la vía pública*. Cerma & Arriaxa. <https://cermayarriaxa.com/noticias/disposicion-alumbrado-via-publica>
- Charlesworth, S. M., & Booth, C. A. (2019). *Urban pollution: science and management*. John Wiley & Sons.
- Chepesiuk, R. (2010). Extrañando la oscuridad: los efectos de la contaminación lumínica sobre la salud. *Salud Pública de México*, 52(5), 470–477.

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0036-36342010000500015&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342010000500015&nrm=iso)

Chocho, E., & Yunga, W. (2014). Zonificación para control de la polución lumínica, aplicada a los cantones servidos por la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A. [Bachelor's thesis, Universidad de Cuenca]. In *Universiad De Cuenca*.

<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/20920/1/Tesis.pdf>

Colorado, R. (2016). *Control del deslumbramiento*. SatirNet Safety. <https://www.satirnet.com/satirnet/2016/09/13/el-control-del-deslumbramiento/>

Consejo Nacional de Electricidad. (2011, November 24). *Regulación No. CONELEC 008/11*. Empresa Eléctrica Provincial Galápagos. <https://www.elecgalapagos.com.ec/lotaip/2013/regulaciones-y-procedimientos/Regulacion-alumbrado-publico-008-11.pdf>

Cortez Gonzales, M. L., & Marin Pastor, M. Y. (2021). *Evaluación de los niveles de iluminación de las vías públicas de la ciudad de Cajamarca*.

Ditmer, M. A., Stoner, D. C., & Carter, N. H. (2021). Estimating the loss and fragmentation of dark environments in mammal ranges from light pollution. *Biological Conservation*, 257. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109135>

Dominoni, D. M. (2015). The effects of light pollution on biological rhythms of birds: an integrated, mechanistic perspective. *Journal of Ornithology*, 156(1), 409–418. <https://doi.org/10.1007/s10336-015-1196-3>

Dugdale, D. (2020). Sentido de la vista. *MedlinePlus*.  
[https://medlineplus.gov/spanish/ency/esp\\_imagepages/8687.htm](https://medlineplus.gov/spanish/ency/esp_imagepages/8687.htm)

Educando tu mirada. (2022). *Información visual*. Educando Tu Mirada.  
<https://educandotumirada.es/habilidades-visuales-aprendizaje/>

Enermortech. (2022). *Alumbrado público LED*. Enermortech - Asesoría, Proyectos y Especificación. <https://ver.enermotech.com/alumbrado-publico-led.html>

Equipamiento Urbano. (2017, August 8). *Iluminación vial*. Fudur.  
<https://www.fudur.es/iluminacion-vial-blog/>

Extech. (2019). *HD450: Datalogging Heavy Duty Light Meter*. Extech.Com.  
<http://www.extech.com/products/HD450>

factorled. (2018, December 31). *Alumbrado público*. Consigue Una Iluminación Óptima Para Tu Alumbrado Público.  
<https://www.factorled.com/blog/es/consigue-una-iluminacion-optima-para-tu-alumbrado-publico/>

Falchi, F., Cinzano, P., Elvidge, C. D., Keith, D. M., & Haim, A. (2012). Limiting the impact of light pollution on human health, environment and stellar visibility. *Journal of Environmental Management*, 92(10), 2714–2722.  
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.06.029>

Falchi, F., Furgoni, R., Gallaway, T. A., Rybnikova, N. A., Portnov, B. A., Baugh, K., Cinzano, P., & Elvidge, C. D. (2019). Light pollution in USA and Europe: The good, the bad and the ugly. *Journal of Environmental Management*, 248.  
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.06.128>

- Forjas Estilo. (2018, September 17). *Luminarias y alumbrado público*. Forjas.  
<https://forjas.es/blog/luminaria-alumbrado-publico-componentes-y-tipos/>
- Fotios, S., & Price, T. (2017). Road lighting and accidents: Why lighting is not the only answer. *Lighting Journal*, 82(5), 22–26.
- Galindo, S. P., Icaza, D., & Flores-Vázquez, C. (2021). Energy Savings in Public Lighting, Reduction of Light and Atmospheric Pollution in the City of Cuenca-Ecuador. *Recent Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy: Proceedings of the CIT 2020 Volume 1*, 762, 94.
- Galindo, S. P., Borge-Diez, D., & Icaza, D. (2022a). Energy sector in Ecuador for public lighting: Current status. *Energy Policy*, 160, 112684.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112684>
- Galindo, S. P., Borge-Diez, D., & Icaza, D. (2022b). Novel control system applied in the modernization of public lighting systems in heritage cities: Case study of the City of Cuenca. *Energy Reports*, 8, 10478–10491.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.08.191>
- García, D. (2013). Análisis comparativo entre iluminación convencional e iluminación LED utilizando el método de los Lúmenes [Bachelor's thesis, Universidad Veracruzana]. In *Universidad Veracruzana*.  
[https://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2015-09-26\\_09-48-00129655.pdf](https://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2015-09-26_09-48-00129655.pdf)
- García, E. (2017, February). *La Luz. Naturaleza y propagación*. Proc. y Medios de Comunicación.  
<https://www.preparadores.eu/temamuestra/Secundaria/PMC.pdf>

García Fernández, J. (2012). *Alumbrado de vías públicas*. Iluminación Exterior. [https://recursos.citcea.upc.edu/llum/exterior/vias\\_p.html](https://recursos.citcea.upc.edu/llum/exterior/vias_p.html)

García Fernández, J. (2013). *Cálculo del alumbrado público*. Iluminación Exterior. <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/exterior/calculos.html>

García Gil, M., Francia Payàs, P., San Martí Páramo, R., & Solano Lamphar, H. (2012). *Contaminación lumínica: una visión desde el foco contaminante: el alumbrado artificial*. Universitat Politècnica de Catalunya. Iniciativa Digital Politècnica.

Gaston, K. J., Bennie, J., Davies, T. W., & Hopkins, J. (2013). The ecological impacts of nighttime light pollution: A mechanistic appraisal. *Biological Reviews*, 88(4), 912–927. <https://doi.org/10.1111/brv.12036>

Kyba, C. C. M. (2018). Is light pollution getting better or worse? In *Nature Astronomy* (Vol. 2, Issue 4, pp. 267–269). Nature Publishing Group. <https://doi.org/10.1038/s41550-018-0402-7>

Meier, J., Hasenöhrl, U., Krause, K., & Pottharst, M. (2015). *Urban lighting, light pollution and society*. Routledge New York.

Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (2016). *Homologación de las Unidades de Propiedad (UP)*. Catálogo Digital - Redes de Distribución de Energía Eléctrica. [https://www.unidadespropiedad.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=504&Itemid=430](https://www.unidadespropiedad.com/index.php?option=com_content&view=article&id=504&Itemid=430)

Ministerio de Industria Turismo y Comercio. (2021). Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia

energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07. In «BOE» núm. 279, de 19 de noviembre de 2008, páginas 45988 a 46057 (70 págs.).

[https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2008-18634](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2008-18634)

Ministerio de Minas y Energía. (2009, August). *Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP*. Alcaldiabogota.Gov.Co.

[https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjurMantenimiento/adminverblobawa?tabla=T\\_NORMA\\_ARCHIVO&p\\_NORMFIL\\_ID=61&f\\_NORMFIL\\_FILE=X&inputfileext=NORMFIL\\_FILENAME](https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjurMantenimiento/adminverblobawa?tabla=T_NORMA_ARCHIVO&p_NORMFIL_ID=61&f_NORMFIL_FILE=X&inputfileext=NORMFIL_FILENAME)

Ministerio de Trabajo e Inmigración. (2002). *Evaluación y acondicionamiento de la Iluminación en los puestos de trabajo*. Diba.Cat.

<https://www.diba.cat/documents/7294824/11610426/E05cuestionario+iluminacion+puestos+de+trabajo.PDF/5e58e644-7b0c-435a-82ef-a39e75230de9>

Montes Vega, K. S. (2017). *Evaluación de los niveles de iluminación y su incidencia en la capacidad visual de los trabajadores de las áreas de tornos convencionales y tornos CNC de la empresa Servisilva Cia Ltda. Ubicada en la ciudad de puerto francisco de Orellana periodo 2016. Propuesta de mejora de iluminación* [Master's Thesis, Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)].

<http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6290>

Naturaliza. (2019, May 14). *La contaminación lumínica y sus consecuencias*. Contaminación.

<https://www.naturalizaeducacion.org/2019/05/14/contaminacion-luminica/>

- Navas, J. L. (2015). Medida y evaluación de la contaminación lumínica en entornos urbanos [Doctoral thesis, Universidad de Málaga]. In *Málaga*. [https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/11913/TD\\_BORRERO\\_NAVAS\\_Jose\\_Luis.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/11913/TD_BORRERO_NAVAS_Jose_Luis.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ngarambe, J., & Kim, G. (2018). Sustainable lighting policies: The contribution of advertisement and decorative lighting to local light pollution in Seoul, South Korea. *Sustainability (Switzerland)*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/su10041007>
- Novelec. (2019, February 19). *Luminarias de exterior: tipos y características*. Grupo Novelec. <https://blog.gruponovelec.com/iluminacion/luminarias-de-exterior-tipos-y-caracteristicas/>
- Pothukuchi, K. (2021). City Light or Star Bright: A Review of Urban Light Pollution, Impacts, and Planning Implications. *Journal of Planning Literature*, 36(2), 155–169. <https://doi.org/10.1177/0885412220986421>
- Proteger IPS. (2018, June 19). *Luxómetro como Funciona*. Protegerips.Com. <https://www.protegerips.com/noticias?id=204>
- Quito, R. M., Guanuquiza, M. v, Espinoza, J. L., & Pulla, G. S. (2014). Metodología para evaluar la polución lumínica causada por el alumbrado público en la ciudad de Cuenca. *Maskana*, 5, 163–173.
- RIG. (2021, April 21). *¿Qué es RETILAP?* Retieingenieriygestion.Com. <https://www.retieingenieriygestion.com/que-es-retilap/>
- Rivera Romero, P. A., & Bernal Vidal, A. M. (2022). Eficiencia Energética en alumbrado público: polución lumínica en el parque central de la ciudad de

Cuenca y afección al entorno [Universidad Católica de Cuenca].

<https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/12835>

Rumé, S. (2018). *Sobre imposiciones y adecuaciones infraestructurales. El caso del tranvía en Cuenca, Ecuador.*

Singhal, R. K., Kumar, M., & Bose, B. (2019). Eco-physiological Responses of Artificial Night Light Pollution in Plants. *Russian Journal of Plant Physiology*, 66(2), 190–202. <https://doi.org/10.1134/S1021443719020134>

Solano Lamphar, H. A. (2010). *Medición de la contaminación lumínica en espacios naturales: propuesta de un modelo predictivo.* Universitat Politècnica de Catalunya.

Superintendencia de Industria y Comercio. (2013, November 13). *R.T de iluminación y alumbrado público RETILAP.* Issuu.Com. <https://issuu.com/quioscosic/docs/resolucion-180540/152>

Tepedino, C. (2021). *Light Pollution Effects in Your Life: Impact on Driving, Health, and Home Safety.* <https://www.usinsuranceagents.com/light-pollution-life-driving-car-health-home/>

UPC. (2022). Curso on-line de iluminación. In UPC. <https://grlum.dpe.upc.edu/manual/index2.php>

Vera, L. (2021, January 20). *La “Luz Intrusa”, un Nuevo Contaminante.* LinkedIn. <https://www.linkedin.com/pulse/la-luz-intrusa-un-nuevo-contaminante-luis-vera-morales/?originalSubdomain=es>

Virviescas Arias, M. S., & Cruz Leal, C. A. (2018). *Evaluación de la operación del tranvía de cuenca Ecuador y del tranvía de Medellín Colombia.*

- Walker, W. H., Bumgarner, J. R., Walton, J. C., Liu, J. A., Meléndez-Fernández, O. H., Nelson, R. J., & Devries, A. C. (2020). Light pollution and cancer. In *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 21, Issue 24, pp. 1–18). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ijms21249360>
- Zielinska-Dabkowska, K. M., & Xavia, K. (2019). Global approaches to reduce light pollution from media architecture and non-static, self-luminous LED displays for mixed-use urban developments. *Sustainability (Switzerland)*, *11*(12). <https://doi.org/10.3390/su11123446>
- Zielińska-Dabkowska, K. M., Xavia, K., & Bobkowska, K. (2020). Assessment of citizens' actions against light pollution with guidelines for future initiatives. *Sustainability (Switzerland)*, *12*(12). <https://doi.org/10.3390/su12124997>

## 9. ANEXOS

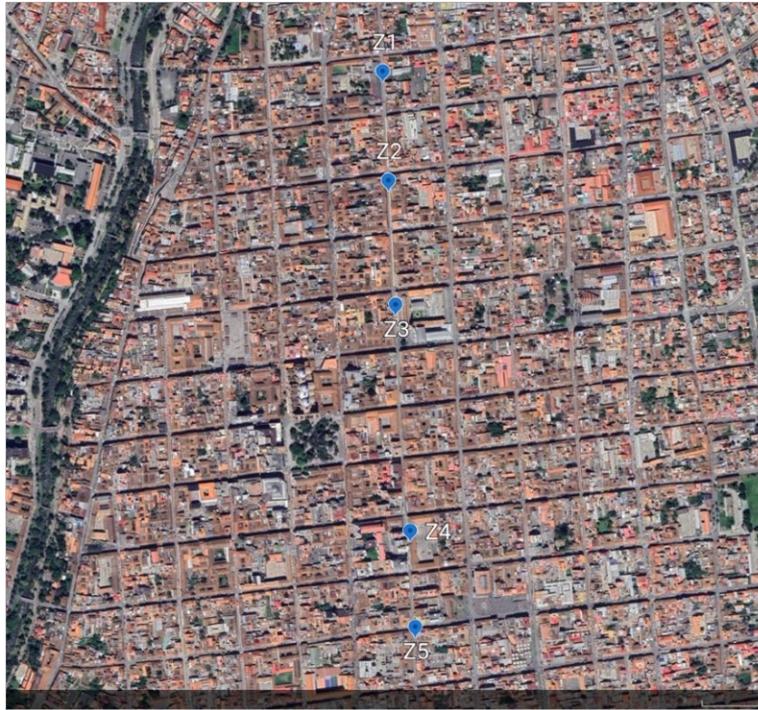
### Anexo 1: Especificaciones técnicas del luxómetro modelo HD450.

<b>Especificaciones</b>			
<b>Especificaciones de escala</b>			
Unidades	Escala	Resolución	Precisión
Lux	400.0	0.1	± (5% lectura + 10 dígitos)
	4000	1	
	40.00 k	0.01 k	± (10% lectura + 10 dígitos)
	400.0k	0.1k	
Bujías pie	40.00	0.01	± (5% lectura + 10 dígitos)
	400.0	0.1	
	4000	1	± (10% lectura + 10 dígitos)
	40.00 k	0.01 k	
<b>Notas:</b> 1. Sensor calibrado con lámpara incandescente estándar (temperatura de color: 2856 K) 2. 1Fc = 10.76 Lux			
<b>Especificaciones generales</b>			
Pantalla	Pantalla LCD de 4000 cuentas con gráfica de barras de 40 segmentos		
Escalas	Cuatro escalas, selección manual		
Indicación de sobre escala	LCD indica 'OL'		
Respuesta al espectro	CIE fotópica (CIE curva de respuesta del ojo humano)		
Precisión del espectro	Vλ función (f <sub>1</sub> ≤6%)		
Respuesta del coseno	f <sub>2</sub> ≤2%; Coseno corregido para incidencia angular de luz		
Repetibilidad de la medida	±3%		
Tasa del indicador	aproximadamente 750 mseg para pantalla digital y de gráfica de barras		
Foto detector	Foto diodo de silicio con filtro de respuesta del espectro		
Condiciones de operación	Temperatura: 0 a 40°C (32 a 104 °F); Humedad: < 80 %RH		
Condiciones de almacenamiento	Temperatura: 10 a 50°C (-14 a 140°F); Humedad: < 80 %RH		
Dimensiones del medidor	170 X 80 X 40 mm (6.7 X 3.2 X 1.6")		
Dimensiones del foto detector	115 x 60 x 20 mm (4.5 x 2.4 x 0.8")		
Peso	Aprox. 390 g (13.8 oz.) con batería		
Longitud cable del sensor	1 m (3.2')		
Indicación de batería débil	El símbolo batería aparece en la LCD		
Fuente de energía	Batería 9V		
Vida de la batería	100 (Retroiluminación apagada)		

Fuente. Elaboración propia.

**Anexo 2:** Zonas A) Z1, Z2, Z3, Z4, Z5; B) Z6, Z7, Z8, Z9; C) Z10, Z11, Z12.

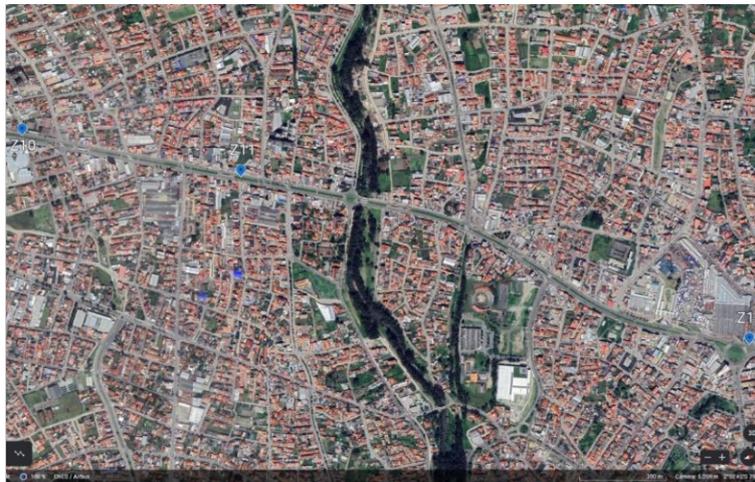
(A)



(B)



(C)



Fuente. Elaboración propia.

Anexo 3: Cuestionario de percepción lumínica en los operadores del tranvía.

<b>PREGUNTA</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Edad del conductor</b>	24	33	28	42
<b>¿Tiene problemas de visión?</b>	No	No	No	No
<b>¿Cual?</b>				
<b>Jornadas de trabajo en horas</b>	8	8	9	9
<b>¿Prefiere luz amarilla o blanca?</b>	Amarilla	Blanca	Amarilla	Blanca
<b>¿En el trayecto tiene continuidad de iluminación?</b>	Si	Si	No	Si
<b>¿Algún sector del trayecto tiene mejor iluminación?</b>	Si	Si	Si	No

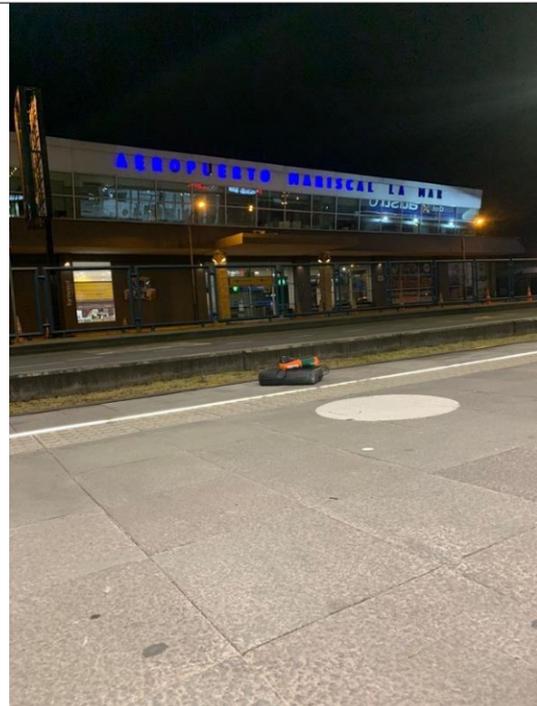
<b>¿Cual?</b>	Centro Histórico	Centro Histórico	Toda la ruta	
<b>¿Existen diferencias de iluminación?</b>	Si	Si	Si	Si
<b>¿Donde?</b>	Centro Histórico y Paseo Milchichig	Avenida de las Américas y Avenida España	Centro Histórico	Avenida España
<b>¿Existen luminarias muy brillantes?</b>	Si	Si	No	No
<b>¿Donde?</b>	Avenida de las Américas	Calle Gran Colombia		
<b>¿Se producen reflejos molestos?</b>	Si	Si	Si	Si
<b>¿Existe un buen contraste entre los detalles o elementos visualizados y el fondo?</b>	Si	Si	Si	Si
<b>¿Se proyectan sombras molestas?</b>	No	No	No	Si
<b>¿La iluminación actual permite una percepción suficiente de los colores?</b>	Si	Si	Si	Si

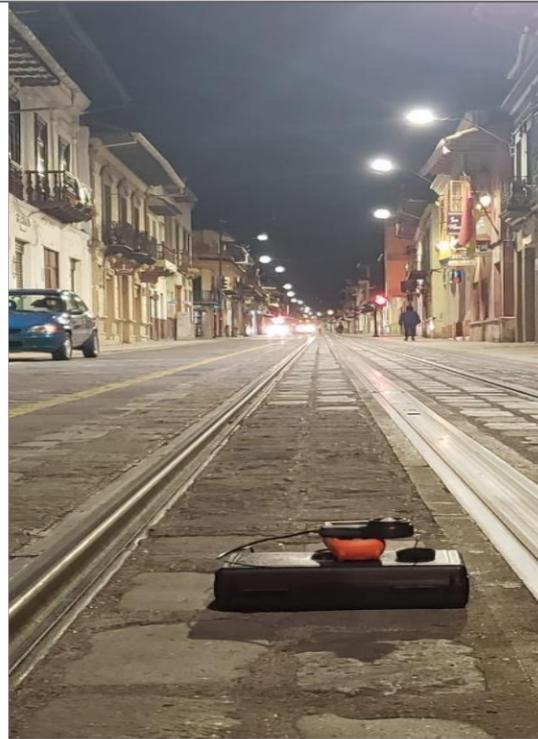
<b>¿Se producen parpadeos molestos?</b>	No	Si	Si	No
<b>¿De qué?</b>		Vehículos	Vehículos	
<b>¿Se producen efectos estroboscópicos?</b>	No	Si	No	Si
<b>¿Existen obstáculos dentro del campo visual que dificultan la visualización?</b>	No	Si	No	No
<b>¿Cuáles?</b>		Letreros		
<b>¿Si usted pudiera regular la iluminación para estar más cómodo, preferiría tener?</b>	Sin cambio	Más luz	Sin cambio	Más luz
<b>Si durante o después de la jornada laboral nota alguno de los siguientes síntomas, señale</b>	Visión borrosa	Vista cansada Pesadez en los parpados	Vista cansada Picazón de ojos Pesadez en los parpados	Vista cansada
<b>Considera usted que la iluminación es</b>	Adecuada	Molesta	Algo molesta	Adecuada
<b>Señale con cuál o cuáles de las siguientes</b>	Las lucen producen brillos o reflejos	Las lucen producen brillos o reflejos	Tengo que forzar la vista para poder	Las luces producen brillos o reflejos

<b>afirmaciones está de acuerdo</b>		Hay poca luz Tengo dificultades para ver bien los colores Hay algunas sombras molestas Necesito más luz Hay luces que parpadean Al mirar las lámparas me molestan	realizar mi trabajo Las luces producen brillos o reflejos Hay luces que parpadean	
-------------------------------------	--	--	---	--

*Fuente.* Elaboración propia.

**Anexo 4:** *Visitas in situ de los autores de este documento.*





Fuente. Elaboración propia.

**Anexo 5: Resultados de las encuestas realizadas a los operadores del tranvía.**

 <b>TEST DE LA PERCEPCIÓN VISUAL DE LOS CONDUCTORES DEL TRANVÍA 4 RÍOS DE CUENCA</b>				
1	¿Edad del conductor?	Edad	24	
2	¿Tiene problemas de visión?	Si	No	<input checked="" type="checkbox"/>
¿Cual?				
3	¿Jornadas de trabajo en horas?	Horas	8	
4	¿Prefiere la luz amarilla o blanca?	Blanca	Amarilla	<input checked="" type="checkbox"/>
5	¿En el trayecto del camino tiene continuidad de iluminación?	Si	No	<input checked="" type="checkbox"/>
6	¿Si algún sector del trayecto del tranvía tiene mejor iluminación?	Si	No	<input checked="" type="checkbox"/>
¿Cual? En el centro histórico				
7	¿Existen diferencias de iluminación?	Si	No	<input checked="" type="checkbox"/>
¿Donde? Entre el centro histórico y la bajada de Hildebrando				
8	¿Existen luminarias muy brillantes?	Si	No	<input checked="" type="checkbox"/>
¿Donde? En la Av de las Américas				
9	¿Se producen reflejos molestos?	Si	No	<input checked="" type="checkbox"/>
10	¿Existe un buen contraste entre los detalles o elementos visualizados y el fondo?	Si	No	<input checked="" type="checkbox"/>
11	¿Se proyectan sombras molestas?	Si	No	<input checked="" type="checkbox"/>
12	¿La iluminación actual permite una percepción suficiente de los colores?	Si	No	<input checked="" type="checkbox"/>

13	¿Se producen parpadeos molestos?	Si	No	<input checked="" type="checkbox"/>
¿De qué?				
14	¿Se producen efectos estroboscópicos?	Si	No	<input checked="" type="checkbox"/>
15	¿Existen obstáculos dentro del campo visual que dificultan la visualización?	Si	No	<input checked="" type="checkbox"/>
¿Cuáles?				
16	Si usted pudiera regular la iluminación para estar más cómodo, preferiría tener:	Más luz		
		Sin cambio		<input checked="" type="checkbox"/>
		Menos luz		
16	Si durante o después de la jornada laboral nota alguno de los síntomas siguientes, señálelo:	Mareo		
		Visión borrosa		<input checked="" type="checkbox"/>
		Vista cansada		
		Picazón de ojos		
		Pesadez en los parpados		
		Dolor de cabeza		
17	Considera usted que la iluminación es:	Adecuada		<input checked="" type="checkbox"/>
		Algo molesta		
		Molesta		
		Muy molesta		
18	Señale con cual o cuales de las siguientes afirmaciones está de acuerdo:	Tengo que forzar la vista para poder realizar mi trabajo		
		La luz es excesiva		
		Las luces producen brillos o reflejos		<input checked="" type="checkbox"/>
		Hay poca luz		
		Tengo dificultades para ver bien los colores		
		Hay algunas sombras molestas		
		Necesito más luz		
		Hay luces que parpadean		
		Al mirar las lámparas me molestan		

## TEST DE LA PERCEPCIÓN VISUAL DE LOS CONDUCTORES DEL TRANVÍA 4 RÍOS DE CUENCA

1	¿Edad del conductor?	Edad	33		
2	¿Tiene problemas de visión?	Si		No	<input checked="" type="checkbox"/>
¿Cual?					
3	¿Jornadas de trabajo en horas?	Horas	8		
4	¿Prefiere la luz amarilla o blanca?	Blanca	<input checked="" type="checkbox"/>	Amarilla	
5	¿En el trayecto del camino tiene continuidad de iluminación?	Si	<input checked="" type="checkbox"/>	No	
6	¿Si algún sector del trayecto del tranvía tiene mejor iluminación?	Si	<input checked="" type="checkbox"/>	No	
¿Cual? <i>centro histórico</i>					
7	¿Existen diferencias de iluminación?	Si	<input checked="" type="checkbox"/>	No	
¿Dónde? <i>América, CAPAÑO</i>					
8	¿Existen luminarias muy brillantes?	Si	<input checked="" type="checkbox"/>	No	
¿Dónde? <i>Gran Colombia</i>					
9	¿Se producen reflejos molestos?	Si	<input checked="" type="checkbox"/>	No	
10	¿Existe un buen contraste entre los detalles o elementos visualizados y el fondo?	Si	<input checked="" type="checkbox"/>	No	
11	¿Se proyectan sombras molestas?	Si		No	<input checked="" type="checkbox"/>
12	¿La iluminación actual permite una percepción suficiente de los colores?	Si	<input checked="" type="checkbox"/>	No	

13	¿Se producen parpadeos molestos?	Si	<input checked="" type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
¿De qué? <i>vehículos</i>					
14	¿Se producen efectos estroboscópicos?	Si	<input checked="" type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
15	¿Existen obstáculos dentro del campo visual que dificultan la visualización?	Si	<input checked="" type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
¿Cuáles? <i>letreros</i>					
16	Si usted pudiera regular la iluminación para estar más cómodo, preferiría tener:	Más luz	<input checked="" type="checkbox"/>		
		Sin cambio			
		Menos luz			
16	Si durante o después de la jornada laboral nota alguno de los síntomas siguientes, señálelo:	Mareo			
		Visión borrosa			
		Vista cansada	<input checked="" type="checkbox"/>		
		Picazón de ojos			
		Pesadez en los parpados	<input checked="" type="checkbox"/>		
		Dolor de cabeza			
17	Considera usted que la iluminación es:	Adecuada			
		Algo molesta			
		Molesta	<input checked="" type="checkbox"/>		
		Muy molesta			
18	Señale con cual o cuales de las siguientes afirmaciones está de acuerdo:	Tengo que forzar la vista para poder realizar mi trabajo	<input checked="" type="checkbox"/>		
		La luz es excesiva	<input checked="" type="checkbox"/>		
		Las luces producen brillos o reflejos	<input checked="" type="checkbox"/>		
		Hay poca luz	<input checked="" type="checkbox"/>		
		Tengo dificultades para ver bien los colores			
		Hay algunas sombras molestas	<input checked="" type="checkbox"/>		
		Necesito más luz	<input checked="" type="checkbox"/>		
		Hay luces que parpadean	<input checked="" type="checkbox"/>		
		Al mirar las lámparas me molestan	<input checked="" type="checkbox"/>		

## TEST DE LA PERCEPCIÓN VISUAL DE LOS CONDUCTORES DEL TRANVÍA 4 RÍOS DE CUENCA

1	¿Edad del conductor?	Edad	28		
2	¿Tiene problemas de visión?	Si	No	<input checked="" type="checkbox"/>	
¿Cual?					
3	¿Jornadas de trabajo en horas?	Horas	7 - 9 horas		
4	¿Prefiere la luz amarilla o blanca?	Blanca	Amarilla	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	¿En el trayecto del camino tiene continuidad de iluminación?	Si	No	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	¿Si algún sector del trayecto del tranvía tiene mejor iluminación?	Si	No	<input checked="" type="checkbox"/>	
¿Cual? TODA LA RUTA					
7	¿Existen diferencias de iluminación?	Si	No	<input checked="" type="checkbox"/>	
¿Donde? CENTRO HISTORICO					
8	¿Existen luminarias muy brillantes?	Si	No	<input checked="" type="checkbox"/>	
¿Donde?					
9	¿Se producen reflejos molestos?	Si	No	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	¿Existe un buen contraste entre los detalles o elementos visualizados y el fondo?	Si	No	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	¿Se proyectan sombras molestas?	Si	No	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	¿La iluminación actual permite una percepción suficiente de los colores?	Si	No	<input checked="" type="checkbox"/>	

13	¿Se producen parpadeos molestos?	Si	<input checked="" type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
¿De qué? <i>CAMBIO WCES CON OTROS VEHI-CULOS</i>					
14	¿Se producen efectos estroboscópicos?	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input checked="" type="checkbox"/>
15	¿Existen obstáculos dentro del campo visual que dificultan la visualización?	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input checked="" type="checkbox"/>
¿Cuáles?					
16	Si usted pudiera regular la iluminación para estar más cómodo, preferiría tener:	Más luz	<input type="checkbox"/>		
		Sin cambio	<input checked="" type="checkbox"/>		
		Menos luz	<input type="checkbox"/>		
16	Si durante o después de la jornada laboral nota alguno de los síntomas siguientes, señálelo:	Mareo	<input type="checkbox"/>		
		Visión borrosa	<input type="checkbox"/>		
		Vista cansada	<input checked="" type="checkbox"/>		
		Picazón de ojos	<input checked="" type="checkbox"/>		
		Pesadez en los parpados	<input checked="" type="checkbox"/>		
17	Considera usted que la iluminación es:	Adecuada	<input type="checkbox"/>		
		Algo molesta	<input checked="" type="checkbox"/>		
		Molesta	<input type="checkbox"/>		
		Muy molesta	<input type="checkbox"/>		
18	Señale con cual o cuales de las siguientes afirmaciones está de acuerdo:	Tengo que forzar la vista para poder realizar mi trabajo	<input checked="" type="checkbox"/>		
		La luz es excesiva	<input type="checkbox"/>		
		Las luces producen brillos o reflejos	<input checked="" type="checkbox"/>		
		Hay poca luz	<input type="checkbox"/>		
		Tengo dificultades para ver bien los colores	<input type="checkbox"/>		
		Hay algunas sombras molestas	<input type="checkbox"/>		
		Necesito más luz	<input type="checkbox"/>		
	Hay luces que parpadean	<input checked="" type="checkbox"/>			
	Al mirar las lámparas me molestan	<input type="checkbox"/>			

## TEST DE LA PERCEPCIÓN VISUAL DE LOS CONDUCTORES DEL TRANVÍA 4 RÍOS DE CUENCA

1	¿Edad del conductor?	Edad	12	
2	¿Tiene problemas de visión?	Si	No	<input checked="" type="checkbox"/>
¿Cual?				
3	¿Jornadas de trabajo en horas?	Horas	9 horas	
4	¿Prefiere la luz amarilla o blanca?	Blanca	<input checked="" type="checkbox"/>	Amarilla
5	¿En el trayecto del camino tiene continuidad de iluminación?	Si	<input checked="" type="checkbox"/>	No
6	¿Si algún sector del trayecto del tranvía tiene mejor iluminación?	Si	No	<input checked="" type="checkbox"/>
¿Cual?				
7	¿Existen diferencias de iluminación?	Si	<input checked="" type="checkbox"/>	No
¿Dónde? Av. España.				
8	¿Existen luminarias muy brillantes?	Si	<input checked="" type="checkbox"/>	No
¿Dónde?				
9	¿Se producen reflejos molestos?	Si	<input checked="" type="checkbox"/>	No
10	¿Existe un buen contraste entre los detalles o elementos visualizados y el fondo?	Si	<input checked="" type="checkbox"/>	No
11	¿Se proyectan sombras molestas?	Si	<input checked="" type="checkbox"/>	No
12	¿La iluminación actual permite una percepción suficiente de los colores?	Si	<input checked="" type="checkbox"/>	No

13	¿Se producen parpadeos molestos?	Si		No	<input checked="" type="checkbox"/>
¿De qué?					
14	¿Se producen efectos estroboscópicos?	Si	<input checked="" type="checkbox"/>	No	
15	¿Existen obstáculos dentro del campo visual que dificultan la visualización?	Si	<input checked="" type="checkbox"/>	No	
¿Cuáles? <i>Dangerima.</i>					
16	Si usted pudiera regular la iluminación para estar más cómodo, preferiría tener:	Más luz	<input checked="" type="checkbox"/>		
		Sin cambio			
		Menos luz			
16	Si durante o después de la jornada laboral nota alguno de los síntomas siguientes, señálelo:	Mareo			
		Visión borrosa			
		Vista cansada			<input checked="" type="checkbox"/>
		Picazón de ojos			
		Pesadez en los parpados			
		Dolor de cabeza			
17	Considera usted que la iluminación es:	Adecuada			<input checked="" type="checkbox"/>
		Algo molesta			
		Molesta			
		Muy molesta			
18	Señale con cual o cuales de las siguientes afirmaciones está de acuerdo:	Tengo que forzar la vista para poder realizar mi trabajo			
		La luz es excesiva			
		Las luces producen brillos o reflejos			<input checked="" type="checkbox"/>
		Hay poca luz			
		Tengo dificultades para ver bien los colores			
		Hay algunas sombras molestas			
		Necesito más luz			
		Hay luces que parpadean			
		Al mirar las lámparas me molestan			

Fuente. Elaboración propia.

## AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Nosotros, **Diego Joseph Ramírez Pacheco** y **Nixon Euclides Sumba Pugo** portadore(a)s de las cédulas de ciudadanía N.º **0705965937** y **0107013617**. En calidad de autore(a)s y titulare(a)s de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “**Niveles de Iluminación en las vías del trayecto del tranvía “Cuatro Ríos de Cuenca” y percepción visual de los conductores del mismo**” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconocemos a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizamos a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, **2 de marzo del 2023**

F:   
.....  
**Diego Joseph Ramírez Pacheco**  
0705965937

F:   
.....  
**Nixon Euclides Sumba Pugo**  
0107013617