



## TITULO DEL PROYECTO:

# “DETERMINACIÓN DE LA POLUCIÓN LUMÍNICA EN EL CANTÓN CUENCA - ECUADOR”

### **Autores**

- Giovani Santiago Pulla Galindo
- Carlos Alberto Flores Vázquez
- Daniel Orlando Icaza Álvarez

Cuenca, 15 de octubre de 2019

Nº Proyecto	1
-------------	---



## TABLA DE CONTENIDOS

---

<b>1</b>	<b>TABLA DE CONTENIDOS.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>DATOS GENERALES DEL PROYECTO .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>INSTITUCIONES INVOLUCRADAS Y PARTICIPANTES Y BENEFICIARIOS .....</b>	<b>4</b>
3.1	INSTITUCIONES INVOLUCRADAS EN EL PROYECTO .....	4
3.2	INSTITUCIONES INVOLUCRADAS EN EL PROYECTO .....	5
3.3	ESTUDIANTES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO .....	10
3.4	BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	10
<b>4</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA.....</b>	<b>11</b>
4.1	RESUMEN DEL PROYECTO.....	11
4.2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	11
4.3	MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE .....	12
4.4	PALABRAS CLAVE .....	13
4.5	HIPÓTESIS O PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN .....	13
4.6	DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA .....	13
4.7	OBJETIVOS .....	14
4.7.1	GENERAL .....	14
4.7.2	ESPECÍFICOS.....	14
4.8	JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
4.9	RESULTADOS ESPERADOS.....	14
4.10	ASPECTOS BIOÉTICOS Y SOCIALES.....	15
4.11	LABORATORIO AL CUAL SE SUSCRIBE LA PROPUESTA.....	15
<b>5</b>	<b>IMPACTO DEL PROYECTO .....</b>	<b>15</b>
5.1	IMPACTO LEGAL, SOCIAL, TÉCNICO Y/O ECONÓMICO .....	15
5.2	IMPACTO AMBIENTAL.....	16
5.3	RIESGOS DEL PROYECTO .....	16
5.4	PLAN DE SOSTENIBILIDAD .....	17
<b>6</b>	<b>DIFUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>17</b>
6.1	EFFECTOS MULTIPLICADORES .....	17
6.2	TRANSFERENCIA DE RESULTADOS .....	17
<b>7</b>	<b>PLANIFICACIÓN Y FINANCIAMIENTO .....</b>	<b>18</b>
7.1	FACILIDADES DE TRABAJO.....	18
7.2	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	19
7.3	PRESUPUESTO Y PROGRAMACIÓN FINANCIERA.....	19
<b>8</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS CIENTÍFICAS CITADAS .....</b>	<b>19</b>
<b>9</b>	<b>DECLARACIÓN FINAL .....</b>	<b>19</b>



## DATOS GENERALES DEL PROYECTO

<b>TÍTULO</b>			
<i>DETERMINACIÓN DE LA POLUCIÓN LUMÍNICA EN EL CANTÓN CUENCA - ECUADOR</i>			
<b>TIPO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN</b>			
Investigación Básica <input checked="" type="checkbox"/>	Investigación (I+D+I) <input type="checkbox"/>	Investigación (I+V) <input type="checkbox"/>	
<b>DIRECTOR DEL PROYECTO</b>			
<i>Giovani Santiago Pulla Galindo</i>			
<b>GRUPO DE INVESTIGACIÓN</b>			
<i>"Grupo de Investigación en Radiación Visible y Prototipado GIRV&amp;P"</i>			
<b>LÍNEA Y ÁMBITO DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL</b>			
<i>Línea de Investigación: Ciencias exactas, naturales y tecnológicas</i>			
<i>Ámbito de Investigación: Iluminación, prevención, control, y remediación de contaminantes, en suelo, aire y agua.</i>			
<b>TIPO DEL PROYECTO</b>			
Senior <input checked="" type="checkbox"/>	Junior <input type="checkbox"/>	Interinstitucional <input type="checkbox"/>	Parte un programa <input type="checkbox"/>
En caso de ser parte de un programa, escriba el nombre del mismo			
<b>TIEMPO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO</b>			
Duración del proyecto en meses	<i>Veinte y cuatro meses</i>		
<b>FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO</b>			
Monto financiamiento UCACUE	<i>USD. 29.814,16 USD, en 24 meses</i>		
Monto otras fuentes de financiamiento	<i>No aplica</i>		
Monto total del financiamiento proyecto	<i>(USD) 29.814,16 USD</i>		



## INSTITUCIONES INVOLUCRADAS Y PARTICIPANTES Y BENEFICIARIOS

---

### INSTITUCIONES INVOLUCRADAS EN EL PROYECTO

<b>Institución Ejecutora Principal:</b>		Universidad Católica de Cuenca		
<b>Dirección:</b>	<b>Ciudad:</b>	<b>Correo electrónico:</b>	<b>Dirección Web:</b>	<b>Teléfonos / Fax:</b>
Av. de las Américas y Humbolt	Cuenca	info@ucacue.edu.ec	<a href="https://www.ucacue.edu.ec/">https://www.ucacue.edu.ec/</a>	593 (07) 2-830-751 / 2-830-877 / 2-824-365
<b>Institución Co Ejecutora 1:</b>		<i>No Aplica</i>		
<b>Dirección:</b>	<b>Ciudad:</b>	<b>Correo electrónico:</b>	<b>Dirección Web:</b>	<b>Teléfonos / Fax:</b>



### INSTITUCIONES INVOLUCRADAS EN EL PROYECTO

PERSONAL DEL PROYECTO			
Función en el proyecto	<b>Director del Proyecto</b>		
Nombres y apellidos:	Giovani Santiago Pulla Galindo		
Cédula de Identidad o Pasaporte:	0101671097	Para investigador de Ecuador: Categoría en el Registro Nacional de Investigadores de la SENESCYT (obligatorio)	Adjuntar certificado: Registro SENESCYT: REG-INV-19-03749
Institución a la que pertenece:	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA</b>		
Unidad Académica / Facultad	INGENIERÍA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN	Carrera:	INGENIERÍA ELÉCTRICA
Grado académico más alto y/o especialización	MAGISTER: "Planificación y Gestión Energética". ESPECIALISTA. "Medio Ambiente Visual e Iluminación Eficiente"	Cargo actual:	DOCENTE: en La Unidad Académica de Ingeniería Industria y Construcción. Coordinador del Laboratorio de Luminotecnia del CIITT.
Teléfonos:	0993852500	Correo Electrónico:	<b><u>gpullag@ucacue.edu.ec</u></b>
<b>Proyectos de Investigación desarrollados en los últimos cinco años (máximo tres) o experiencia en gestión con talento humano y recursos materiales y financieros.</b>			
<b>Nombre proyecto1:</b>	Gestión del Alumbrado Público General de la Empresa Eléctrica Regional, como Jefe del Departamento de Alumbrado Público incluye procesos de Construcción y Explotación de los Sistemas de Alumbrado en el Cantón Cuenca del año 2017		
Institución:	Monto financiado	Fecha inicio:	Fecha finalización:
CENTROSUR	3.962.050,00	1/01/2017	31/12/2017
<b>Nombre proyecto2:</b>	Gestión del Alumbrado Público General de la Empresa Eléctrica Regional, como Jefe del Departamento de Alumbrado Público incluye procesos de Construcción y Explotación de los Sistemas de Alumbrado en el Cantón Cuenca del año 2018		
Institución:	Monto financiado	Fecha inicio:	Fecha finalización:



CENTROSUR	2.491.922	1/01/2018	1/12/2018
<b>Nombre proyecto 3:</b>	Gestión del Alumbrado Público General de la Empresa Eléctrica Regional, como Jefe del Departamento de Alumbrado Público incluye procesos de Construcción y Explotación de los Sistemas de Alumbrado en el Cantón Cuenca del año 2019		
Institución:	Monto financiado	Fecha inicio:	Fecha finalización:
CENTROSUR	2.129.774	1/01/2019	1/10/2019
Experiencia en gestión:			
Institución	Cargo	Fecha Inicio	Fecha fin
Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.	Jefe del Departamento de Alumbrado Público de la CENTROSUR.	2/11/2012	Hasta la fecha
<b>3 artículos de revista con ISSN en los últimos 5 años de más alto nivel y cuartil de la revista:</b>			
<b>Artículo 1:</b>	Modeling, simulation and stability analysis of a low-power wind turbine for the supply of energy to the Amazon Jungle and Galapagos in Ecuador		
Revista:	Vol, Nro, fecha pub.	DOI:	Índice y Cuartil:
2018 7th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA)	ISBN: 978-153865982-3/10/12/2018	DOI: 10.1109/ICRERA.2018.8566858	SCOPUS
<b>Artículo 2:</b>	Monitoring System of the Main Electric Power Generation Plants Using Telecommunications Networks in Ecuador		
Revista:	Vol, Nro, fecha	DOI:	Índice y Cuartil:
2018 7th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA)	ISBN: 978-153865982-3/10/12/2018	DOI: 10.1109/ICRERA.2018.8566988	SCOPUS



<b>Artículo 3:</b>	Modeling, Simulation and Construction of a Wind Turbine with Chain Multiplication System Destined to Rural Areas of the Canton Cuenca-Ecuador		
Revista:	Vol, Nro, fecha	DOI:	Índice y Cuartil:
2018 7th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA)	ISBN: 978-153865982-3/10/12/2018	DOI: 10.1109/ICRERA.2018.8566739	SCOPUS
<b>Artículo 4:</b>	Evaluation of illuminance on public courts located in the urban area of the city of Cuenca		
Revista:	Vol, Nro, fecha	DOI:	Índice y Cuartil:
Killkana	Vol 1, No 1, agosto 2017	ISSN:2528-8024	
<b>Artículo 5:</b>	Cálculo de la densidad de potencia eléctrica para el alumbrado público de las vías de la ciudad de Cuenca		
Revista:	Vol, Nro, fecha	DOI:	Índice y Cuartil:
Killkana	Vol 3, No 1, 2019	ISSN:2588-0888	
<b>Libros o capítulos de libro en los últimos 5 años. 3 de más alto impacto y relevancia:</b>			
<b>Título 1:</b>	Intelligent Video Surveillance: Human Activity Recognition without Vision Tracking		
<b>Editorial:</b>	ISBN:	Fecha publicación:	Revisión de pares:
IntechOpen	978-1-78985-028-4	December 28th 2018/ DOI: 10.5772/intechopen.82660	Si, Indexado
Función en el proyecto	<b>Colaborador 1</b>		
Nombres y apellidos:	Carlos Flores Vázquez		
Cédula de Identidad o Pasaporte:	0103789723	Para investigador de Ecuador: Categoría en el Registro Nacional de Investigadores de la SENESCYT <i>(opcional)</i>	



Institución a la que pertenece:	Universidad Católica de Cuenca.		
Unidad Académica / Facultad	Ingeniería, Industria y Construcción	Carrera:	Ingeniería Eléctrica
Grado académico más alto y/o especialización	Master Universitario en Automatización y Robótica	Cargo actual:	Investigador Docente
Teléfonos:	0999055203	Correo Electrónico:	cfloresv@ucacue.edu.ec
<b>Proyectos de Investigación desarrollados en los últimos cinco años (máximo dos) :</b>			
<b>Nombre proyecto1:</b>	Robots Meseros con Enfoque en Robótica Social		
Institución:	Monto financiado	Fecha inicio:	Fecha finalización:
Universidad Católica de Cuenca	12000	27/03/2018	En curso
<b>Nombre proyecto2:</b>	Design of a biomechanics prosthesis for child; Diseño de una prótesis biomecánica para niños.		
Institución:	Monto financiado	Fecha inicio:	Fecha finalización:
SENESCYT	80000	07/05/2015	07/05/2016
<b>3 artículos con ISSN en los últimos 5 años de más alto nivel y cuartil de la revista:</b>			
<b>Artículo 1:</b>	Human activity recognition from object interaction in domestic scenarios.		
Revista:	Vol, Nro, fecha pub.	DOI:	Cuartil:
2016 IEEE Ecuador Technical Chapters Meeting, ETCM 2016	1, 1, 2016/11/26	10.1109/ETCM.2016.7750844	No aplica
<b>Artículo 2:</b>	Design of a biomechanics prosthesis for child		



Revista:	Vol, Nro, fecha	DOI:	Cuartil:
Revista INGENIERÍA UC	23, 1,2016/4/1	<a href="https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70745478008">https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70745478008</a>	No aplica
<b>Artículo 3:</b>	Remote operation of a mobile robot using a smartphone		
Revista:	Vol, Nro, fecha	DOI:	Cuartil:
Ingenius	1, 17, 2016/12/30	10.17163/ings.n17.2017.04	No aplica
<b>Libros o capítulos de libro en los últimos 5 años. 3 de más alto impacto y relevancia:</b>			
<b>Título 1:</b>	Intelligent Video Surveillance: Human Activity Recognition without Vision Tracking		
Editorial:	ISBN:	Fecha publicación:	Revisión de pares:
IntechOpen	978-1-78985-028-4	December 28th 2018/ DOI: 10.5772/intechopen.82660	Si, Indexado
Función en el proyecto	<b>Colaborador 2</b>		
Nombres y apellidos:	<b>Daniel Orlando Icaza Álvarez</b>		
Cédula de Identidad o Pasaporte:	<b>0103812327</b>	Para investigador de Ecuador: Categoría en el Registro Nacional de Investigadores de la SENESCYT <b>(opcional)</b>	
Institución a la que pertenece:	<b>Universidad Católica de Cuenca</b>		
Unidad Académica / Facultad	<b>Ingeniería, Industria y Construcción</b>	Carrera:	<b>Ing. Eléctrica</b>
Grado académico más alto y/o especialización	Magíster en Gestión de Telecomunicaciones	Cargo actual:	Docente
Teléfonos:	<b>0985154839</b>	Correo Electrónico:	<b>dicazaa@ucacue.edu.ec</b>
<b>Artículo 1:</b>	Terrestrial Boundary Signage with the USS Midway Museum of the Historic Military Aircraft Carrier in San Diego California Using Low Scale		
Revista:	Vol, Nro, fecha pub.	DOI:	Cuartil:



IEEE Explore	1, 1, 07 February 2019	<a href="https://doi.org/10.1109/ISGWCP.2018.8634461">10.1109/ISGWCP.2018.8634461</a>	SQ
<b>Artículo 2:</b>	1 Modeling, simulation and construction of the D-ICAZA-A1 wind turbine destined for the rural areas of Ecuador.		
Revista:	Vol, Nro, fecha	DOI:	Cuartil:
IEEE Explore	1, 1, 04 December 2017	<a href="https://doi.org/10.1109/ISGT-LA.2017.8126742">10.1109/ISGT-LA.2017.8126742</a>	SQ
<b>Artículo 3:</b>	2 Production of Energy in the Villonaco Wind Farm in Ecuador		
Revista:	Vol, Nro, fecha	DOI:	Cuartil:
IEEE Explore	1, 1, 31 January 2019	<a href="https://doi.org/10.1109/WEEF-GEDC.2018.8629596">10.1109/WEEF-GEDC.2018.8629596</a>	SQ
<b>Libros o capítulos de libro en los últimos 5 años. 3 de más alto impacto y relevancia:</b>			
<b>Título 1:</b>	Intelligent Video Surveillance: Human Activity Recognition without Vision Tracking		
Editorial:	ISBN:	Fecha publicación:	Revisión de pares:
IntechOpen	978-1-78985-028-4	December 28th 2018/ DOI: 10.5772/intechopen.82660	Si, Indexado

#### ESTUDIANTES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO

Nombres completos	Cédula de Identidad	Correo Electrónico	Función	Unidad Académica / Carrera
Jorge Luis Sarango Vera.	0705067536	<a href="mailto:jorgelu_187@hotmail.com">jorgelu_187@hotmail.com</a>	Recolección de datos, entre otros	Maestría en Energía Renovables
Jorge Marcelo Rodas Calle	0103151700	marcelo.rodas@centrosur.gob.ec	Recolección de datos, entre otros	Unidad Académica de Ingeniería Industria y Construcción
Total :5 Participantes incluido investigadores, estudiante y un Laboratorista				

#### BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Descripción Beneficiarios Directos	Cantidad Estimada
------------------------------------	-------------------



Habitantes del Cantón Cuenca.	636.996,0
Descripción Beneficiarios Indirectos	Cantidad Estimada
Gobierno Autónomo del Cantón Cuenca	1
Gobierno Autónomo del Cantón Quito, Guayaquil, otros	4
Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables	1
Ministerio del Ambiente MAE	1
Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR	1
Instituto de Investigación Geológico y Energético IIGE	1

## DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

### RESUMEN DEL PROYECTO

*Por el uso de la luz artificial en las diferentes actividades que se realizan en la ciudad de Cuenca, ya sean estas de carácter comercial, residencial, industrial, académica, de movilidad urbana, etc., se ha podido observar en los últimos años una creciente polución lumínica (resplandor luminoso en el firmamento, que perjudica al medio ambiente, ser humano, flora y fauna, producido por la presencia de luz artificial no controlada), [1] sobre el área urbana de la ciudad de Cuenca el mismo que se manifiesta como un reflejo luminoso en la atmosfera sobre la ciudad. Este tipo de polución produce diferentes problemas tanto al ser humano, como a flora, a la fauna y relacionados con la perdida de claridad del cielo nocturno, expresado como cambios en los ciclos circadianos del ser humano, afecciones al sueño, daños en los ciclos de reproducción de diferentes especies, problemas de fototropismo en la flora, perdida de la visión de la bóveda celeste, etc. Este problema se ha presentado y cuantificado en otras ciudades del planeta razón por lo cual se ha emitido normativa tendiente a evitar y controlar este fenómeno, pero en la ciudad de Cuenca se ha tratado como un problema marginal. El Objetivo principal de esta investigación es determinar el grado de Polución Lumínica en la atmosfera sobre el área urbana de la ciudad de Cuenca, y determinar una línea base, para lo cual se utilizará diferentes técnicas e instrumentos que medirán el grado de polución en diferentes zonas de la ciudad, de manera constante durante un año, los equipos denominados "Sky Quality Meter", se instalarán en diferentes puntos de la ciudad de Cuenca. Así también se determinará el Flujo Hemisférico Superior FHS de las diferentes luminarias instaladas en las vías públicas de la Ciudad de Cuenca, para lo cual se utilizará el Fotogoniómetro y la Esfera de Ulbricht del Laboratorio de Luminotecnia del Centro de Investigación, Innovación y Transferencia Tecnológica CIITT, de la Universidad Católica del Cuenca. Esta investigación se lo realizará a lo largo de dos años que incluye una etapa preparativa, etapa de mediciones en campo y laboratorio, revisión de resultados, preparación de informes, escritura de artículos relacionados, y presentación de los resultados.*

*Con los resultados obtenidos, esto es con el Grado de Polución Lumínica, el Flujo Hemisférico Superior de Luminarias, se propondrá soluciones tendientes a mitigar los problemas encontrados y a crear una línea base que permitirá en futuros estudios determinar el grado de avance o mitigación del problema.*

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

*La Claridad del Cielo nocturno sobre la ciudad de Cuenca se ve afectado por la presencia de partículas en la atmosfera provenientes de zonas con alto grado de contaminación ambiental y que son trasladadas a estas áreas geográficas por los vientos, estas partículas obstaculizan la emisión de la luz de las estrellas que llega a la tierra, este problema se ve agravado cuando la luz artificial nocturna se*



refleja sobre estas partículas, produciéndose un fenómeno denominado *polución lumínica* sobre las ciudades. Este tipo de *polución* es además muestra de la mala utilización de las fuentes de luz artificial, que ya sea de manera directa o indirecta emiten luz hacia la atmósfera.

La medición de la claridad del cielo nocturno de manera periódica permitirá conocer el grado de contaminación lumínica, en forma de *polución luminosa* que puede existir en el área de estudio. Al momento no se han realizado este tipo de mediciones en el área del cantón Cuenca de manera periódica o permanente lo que permitiría llevar un registro de la claridad del cielo nocturno y de tener un registro base para futuras investigaciones. En la investigación se pretende medir el grado de contaminación lumínica existente sobre la ciudad de Cuenca, cuál es su causa principal, establecer una línea base con los datos obtenidos para futuras investigaciones y recomendar medidas tendientes a mitigar y controlar el problema de contaminación.

### MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

En varias latitudes del mundo la claridad natural del cielo nocturno, que posibilitaba la observancia de las estrellas [3] se ha visto afectado en los últimos decenios por la presencia de partículas que contaminan la atmósfera, lo cual viene a dificultar la observación estelar. La claridad del cielo nocturno, es un parámetro de la *polución lumínica* que se puede medir y permiten establecer el grado de contaminación ambiental y lumínico a la vez.

La claridad del cielo nocturno, se considera como un referente para conocer si existe contaminación ambiental y *polución lumínica* y en qué medida [4], pues este fenómeno es muy notable en regiones en donde hay la presencia de partículas en el cielo y además existe luz artificial que por su mala utilización es direccionada hacia el cielo y reflejada en las partículas produciendo un efecto de halo lumínico. Aspecto que es muy notable en varias ciudades del mundo o en regiones en donde con la presencia de la luz artificial se ha podido concluir que existe presencia de partículas en la atmósfera. [5]. De todas maneras en lugares con luz artificial es posible detectar si hay la presencia de partículas midiendo la claridad del cielo y comparando con mediciones conocidas realizadas en zonas en donde se ha verificado que no existe contaminación ambiental, lo cual permite establecer un grado de limpieza de los cielos nocturnos relacionados con la reflexión de la luz artificial en forma de *polución luminosa*.

En varias regiones del planeta en donde se ha instalado telescopios primeramente se ha realizado estudios que determinan la poca o inexistencia de partículas en la atmósfera que interfieran en la observancia estelar. [2] Varios de estos estudios se han realizado en Chile, Argentina, España, Hawai, etc., y se han elaborado Leyes u Ordenanzas que controlan la contaminación lumínica previendo la inexistencia de un halo estelar por la presencia de partículas contaminantes y luz artificial dirigida hacia el cielo. [6].

En este contexto es primordial disponer de datos iniciales, que permita establecer una línea base que ha futuro servirán como referencias para ver si la contaminación ambiental/lumínica se ha incrementado o disminuido. Razón de que las mediciones son consideradas como exploratorias. [7].

Particularmente en la ciudad de Cuenca ya se han realizado mediciones puntuales, con el propósito de establecer metodologías de medición, [1], pero es necesario realizar mediciones de manera constante para ver la evolución de la *polución luminosa* y establecer una línea base que ha futuro permita conocer la evolución de la contaminación. La variable de respuesta es el Brillo del Cielo Nocturno, medido en Luminancia, expresado en ( $\text{mag}/\text{arc seg}^2$ ) [1].

Bases teóricas: ¿La presencia de brillo reflejado en partículas que se encuentran en la atmósfera disminuyen la claridad del cielo nocturno, Medir la Claridad del cielo nocturno, utilizando el equipo SKY CUALITY METER, permitirá identificar si existe partículas en la atmósfera en donde se refleje la luz provenientes de fuentes de iluminación artificial reflejada sobre la ciudad de Cuenca, y caracterizar una línea base sobre la claridad del cielo nocturno que permitirá a futuro evaluar y establecer el grado de contaminación luminosa /ambiental.

Bases legales: La "Commission internationale de l'éclairage, CIE" es la autoridad internacional en luz, iluminación, color y espacios de color, y que ha emitido las Norma CIE 126-1997, " Guide Line for



*Minimizing Sky Glow”, con el propósito de dar recomendaciones para limitar los efectos de la contaminación lumínica, y que recomienda las mediciones de la claridad del cielo para conocer su grado de contaminación. Normativa en la cual varios Países han seguido sus recomendaciones a través de Leyes u Ordenanzas. [8].*

*VARIABLES: La claridad del cielo nocturno se convierte en la variable dependiente de la cantidad de partículas que existen en el cielo y la cantidad de luz reflejada sobre el mismo. Determinar si el cielo nocturno es limpio se lo realizará de manera indirecta midiendo la luminancia del cielo con la ayuda de un fotómetro, La variable de respuesta es el Brillo del Cielo Nocturno, medido en Luminancia, expresado en (mag/arc seg<sup>2</sup>)[1]. Si el cielo es limpio la luminancia debería tener valores muy bajos, esto es entre MSAS entre 18,8 y 21,6 mag/arc seg<sup>2</sup>. [9]. El grado de polución indicará además la presencia de luz artificial que se está emitiendo hacia la atmósfera debido a la mala utilización de fuentes de luz, constituyéndose en un problema de eficiencia energética*

### **PALABRAS CLAVE**

*Polución, Luminosa, Lumínica, Iluminación.*

### **HIPÓTESIS O PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

*No existe contaminación lumínica, producida por fuentes de luz artificial, que perjudique al ser humano, a la flora, a la fauna, y que obstaculice la observación astronómica precisa, sobre el área urbana de la ciudad de Cuenca.*

### **DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA.**

*Se utiliza el método científico y exploratorio a través de la medición y observación.*

*La evaluación y medición de la claridad del cielo es diaria desde el mes de junio de 2020 durante 12 meses, para lo cual se procederá de la siguiente manera:*

*La medición tiene el objetivo de obtener información numérica acerca de la claridad del cielo nocturno, luego se comparan las magnitudes registradas con otras ya determinadas en otras latitudes del planeta considerados óptimos, y se establece una línea base. A cada medición se le atribuirán valores que describirán el brillo del cielo nocturno, su unidad es la “Magnitud sobre arco cuadrado por segundo (mag/arc<sup>2</sup> seg)” y se utilizará como instrumento de medición el Sky Quality Meter, [4], para el efecto se determinará 8 estaciones de medición distribuidas en el área urbana de la ciudad de Cuenca, luego se instalará el SQM para registrar los datos los mismos que los guarda de manera automática en el equipo, posteriormente se recuperará la información hacia un computador portátil. Este Trabajo se repetirá quincenalmente para con los mismos conformar una base de datos diaria que permitirá luego graficar en un sistema ArcGIS, para observar como es la evolución de la polución en el tiempo.*

*Paralelamente se realizarán mediciones en el Laboratorio de luminotecnia midiendo el Flujo Hemisférico Superior de muestras de luminarias instaladas en la ciudad de Cuenca, para ver el porcentaje de luz que cada tipo de fuente luminosa emite a la atmósfera. Se determinará adicionalmente con la ayuda de la esfera de Ulbricht, si existe en lámparas utilizadas en alumbrado vial, la emisión de luz en frecuencias que puedan producir daños fotobiológicos al ser humano.*

*Las técnicas que se utilizarán serán la investigación documental, y una investigación de campo con observaciones directas y mediciones en laboratorio. Como instrumentos se utilizarán textos, artículos, documentos, y para la investigación de campo los instrumentos serán la medición y fichaje con su instrumento SQM y la ficha. Se utilizará el fotogoniómetro y la Esfera de Ulbricht del Laboratorio de Luminotecnia del CIIT.*

*El proyecto de investigación es además de tipo exploratorio porque el tema de estudio es nuevo y, existe poca información por la falta de trabajos continuos en sitio con anterioridad.*



## OBJETIVOS

### 2.1.1 GENERAL

*Medir la Claridad del cielo nocturno, utilizando el equipo SKY QUALITY METER, que permitirá identificar si existe polución lumínica producida por luz proveniente de fuentes de iluminación artificial, y establecer una línea base sobre la claridad del cielo nocturno que permitirá a futuro evaluar y establecer el grado de contaminación ambiental luminosa sobre la Ciudad de Cuenca.*

### 2.1.2 ESPECÍFICOS

#### **Objetivo específico 1**

- *Solicitud de compra de equipos y software*

#### **Objetivo específico 2**

- *Establecer geográficamente la ubicación para ocho estaciones en donde se ubicará el SQM.*
- *Solicitar autorización de ubicación de equipos a propietarios de edificios*

#### **Objetivo específico 3**

- *Preparar, programar e instalar equipos de medición "Sky Quality Meter (SQM) que mide el brillo del cielo en la noche en la banda espectral semejante a la sensibilidad humana.*
- *Realizar mediciones con el SQM, recuperando información cada 10 o 15 días.*
- *Construir mapa de densidad de Polución lumínica utilizando software ArcGIS*

#### **Objetivo específico 4**

- *Medir el Flujo hemisférico superior con el fotogoniómetro del CIITT, de muestras las luminarias instaladas para el alumbrado público general en la ciudad de Cuenca.*

#### **Objetivo específico 5**

- *Medir el espectro de emisión de muestras de lámparas de sodio de alta presión de las luminarias instaladas en la ciudad de Cuenca*

#### **Objetivo específico 6**

- *Analizar los resultados de medición del SQM, Fotogoniómetro y Esfera de Ulbricht.*
- *Elaborar línea base de polución lumínica.*
- *Emitir conclusiones y recomendaciones.*

#### **Objetivo específico 7**

- *Escribir y publicar artículos con técnicas y resultados de la investigación.*
- *Difundir resultados de la investigación.*

#### **Objetivo específico 8**

- *Elaborar y presentar un Informe final.*

## JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

*No se ha estudiado con profundidad hasta la fecha la claridad del cielo nocturno del Cantón de Cuenca, lo cual permitirá establecer si hay polución luminosa que contaminan el cielo y otras áreas aledañas en el cantón Cuenca, lo cual sería una muestra de la existencia de problemas con las fuentes de luz artificial que no solo están iluminando las áreas deseadas. La presencia de partículas en la atmósfera reflejan la luz proveniente desde la tierra que es emitida por diferentes fuentes de luz artificiales, dificultando para un observador terrestre la visión estelar con exactitud. Determinar actualmente la claridad del cielo establece una línea base que a futuro permitirá conocer la evolución de la contaminación luminosa, constituyéndose un aspecto de Ambiente. Con la determinación del grado de polución y sus causas será posible establecer las acciones correctivas y de control de este tipo de polución, y a futuro con nuevas investigaciones establecer si el problema está controlado.*

*La polución luminosa afecta al ser humano, a la flora y a la fauna de diferentes maneras, por lo que se pretende controlar el problema para mantenerlo en rangos aceptables que no generen mayor riesgo de afección.*

## RESULTADOS ESPERADOS

- *Obtener mediciones diarias de la claridad del cielo nocturno sobre la ciudad de Cuenca, lo cual permitirá establecer una línea base de nivel de polución.*



- *Determinar si las luminarias instaladas para alumbrado vial tienen valores de flujo hemisférico superior sobre lo recomendado en la Norma CIE 126-1997, "Guide Line for Minimizing Sky Glow".*
- *Determinar si las lámparas de sodio de alta presión instaladas en el alumbrado general en la ciudad de Cuenca, tiene problemas de emisión en frecuencias que presentan problemas fotobiológicos.*
- *Determinar un mapa de Polución Lumínica en la ciudad de Cuenca.*
- *Determinar si la Polución Lumínica está dentro de los márgenes recomendados.*
- *Emitir conclusiones y recomendaciones.*

#### ASPECTOS BIOÉTICOS Y SOCIALES

*Debido a que en este Proyecto de investigación no se realizará en temas que requieran, pruebas, análisis, tratamientos, etc., con seres humanos, no existe aspectos bioéticos y sociales, que tratar.*

#### LABORATORIO AL CUAL SE SUSCRIBE LA PROPUESTA

Laboratorio	Centro	
Biotecnología	CIITT	
Principios Activos y Soberanía Alimentaria	CIITT	
Contaminación Ambiental y Aguas Residuales	CIITT	
Psicometría y Neurociencias Cognitivas	CIITT	
Simulación en tiempo real	CIITT	
Luminotecnia	CIITT	x
Biología Molecular y Genética	CIITT	
Analítica Computacional de Datos	CIITT	
Internet de las Cosas	CIITT	
Realidad Virtual	CIITT	
Observatorio de Fenómenos Sociales	CIITT	
Biología Molecular y Genética	Cuenca o Azogues	
Saberes Ancestrales	MACAS	

#### IMPACTO DEL PROYECTO

#### IMPACTO LEGAL, SOCIAL, TÉCNICO Y/O ECONÓMICO

*El Proyecto tiene como objetivo general determinar el grado de polución lumínica existente en el cantón Cuenca y crear una línea base para futuros análisis, con el propósito final de reducir y controlar los*



*problemas medioambientales relacionados con la polución lumínica producida por fuentes de luz artificial que son mal utilizadas y que finalmente afecta al ser humano, a la flora, a la fauna, y crea problemas de visión para el análisis de la bóveda celeste nocturna, dificultando el trabajo astronómico.*

*En este contexto al disponer de una línea base del grado de polución actual la ciudad de Cuenca, las autoridades de la ciudad contarán con una herramienta que les permita comparar la evolución de este fenómeno, a mediano y largo plazo y tomar las medidas correctivas necesarias, beneficiando a los afectados de este problema de medioambiente ya mencionados.*

*Los beneficiarios directos de la investigación es la población de la ciudad de Cuenca y los indirectos es la población Ecuador. La flora, la fauna y la comunidad astronómica.*

*Podemos mencionar además como beneficiarios a los siguientes:*

- *Estado Ecuatoriano: quien es el encargado Constitucionalmente de analizar, mitigar y controlar los aspectos de afección medioambientales que por diferentes circunstancias se presenten en el país.*
- *Gad Municipal del Cantón Cuenca: quien a través de la Comisión de Gestión Ambiental dispondrá de datos que le permitan controlar el problema presentado.*
- *CENTROSUR: Empresa responsable de la gestión del alumbrado público general.*
- *Ministerio del Ambiente MAE*
- *Universidad Católica de Cuenca.*
- *Comunidad Científica Ecuatoriana, COMCIEC-ANC.*
- *Comisión Internacional de Iluminación CIE*
- *La Unión Astronómica Internacional (UAI),*
- *Fundación StarLight*
- *International Dark-Sky Association*
- *Asociación Panamericana Interciencia.*
- *Facultad de Ingeniería en Medioambiente Universidad Católica de Cuenca*

*No se prevé que exista afecciones sociales por la ejecución del proyecto ni por sus resultados, al contrario las sugerencias de mitigación que se realicen beneficiaran a la comunidad en general.*

*A futuro y luego de que se tomen las medidas correctivas de ser necesarias, o las medidas de prevención, del problema de la polución lumínica, se generará un efecto de control de la polución, la misma que de no ser así produciría problemas al ser humano, a la flora y a la fauna, teniendo además presente que por este fenómeno ambiental se ha estimado que el 30% de la energía consumida en el alumbrado público se desperdicia en la polución lumínica, constituyéndose en un problema de ineficiencia energética.*

## **IMPACTO AMBIENTAL**

*Al Determinar el grado de polución lumínica que existe sobre el cantón Cuenca, así como al establecer una línea base que permita a futuro observar la evolución de esta contaminación, se podrá implementar medias para mitigar el problema, con el cambio o sustitución del tipo de luminarias, de diferentes tecnologías, así como a utilizar equipos que no emitan radiación luminosa sobre la horizontal esto es que el Flujo Hemisférico Superior sea inferior al 5 %.*

## **RIESGOS DEL PROYECTO**

*La ejecución de proyecto es viable debido a que no implica mayores riesgos externos y los internos son controlables. De manera general se dispone de los equipos más costosos en el Laboratorio de luminotecnía, siendo necesario la adquisición de equipamiento menor de no muy elevado costo. Se dispone del conocimiento en el tratamiento del tema, por lo que no se prevé falta de información.*

*A continuación se presenta algunos riesgos Internos y Externos del Proyecto y sus acciones para la Atenuación.*

### **Riesgos Internos:**



*Riesgo: Demora en la adquisición de diez equipos Sky Quality Meter.*

*Atenuación: Orden de compra y gestiones con proveedores oportunas*

*Riesgo: Daño en equipos de Laboratorio de Luminotecnia.*

*Atenuación: Mantenimiento de equipos y compra oportuno de repuestos, gestión en área de compras del CIITT.*

*Riesgo: Falta de trabajo en equipo de personal asignado a la investigación:*

*Atenuación: Promover reuniones y discusiones de trabajo, realizar actividades conjuntas.*

#### **Riesgos Externos:**

*Riesgo: Falta de autorización para ubicar los equipos en edificios apropiados*

*Atenuación: Gestión oficial para conseguir la autorización con propietarios de edificaciones.*

*Riesgo: daños a equipos instalados en edificios por terceros.*

*Atenuación: Instalar equipos con sistemas de protección adecuados.*

*Riesgo: Daños a equipos Sky Quality meter, por aspectos de calidad.*

*Atenuación, adquirir equipos con garantía o equipos de repuesto que permitirán no retrasar las actividades programadas*

#### **PLAN DE SOSTENIBILIDAD**

*El tema a tratar es de medioambiente, del cual las autoridades de manera responsable no pueden obviar el tema. Al momento la Universidad Católica de Cuenca, presentó un Proyecto de Ordenanza Municipal denominada "Ordenanza de Control de la Contaminación Lumínica y para la Protección de la Calidad del Cielo Nocturno en el Cantón Cuenca", la misma que está en un proceso de análisis al interior de la Comisión de Gestión Ambiental CGA del GAD Cantonal de Cuenca, para su futura aprobación. En esta Ordenanza justamente se prevé este tipo de investigaciones, con lo cual se garantiza que es un tema que perdurara a través del tiempo, a más que es un tema ambiental innegable que requiere de tratamiento y control.*

#### **DIFUSIÓN DE RESULTADOS**

---

##### **EFFECTOS MULTIPLICADORES**

*El presente proyecto puede contribuir a **la generación de nuevas investigaciones** debido a que se crea una línea base de la polución lumínica, que servirá en futuras investigaciones como punto de referencia.*

*Los resultados del proyecto también contribuirán al **desarrollo de nuevas tecnologías** de medición en donde se prescindirá de la metodología actual, y que facilite las observaciones en futuras investigaciones mejorando la precisión de los resultados.*

*Este proyecto es consecuencia de la necesidad actual de afrontar un problema medioambiental del cual ya se estudia y analiza en otros campos Universitarios por la importancia y trascendencia del mismo, por lo que es necesario **fomentar estudios de pos-grado** en temas de medio ambiente visual y eficiencia energética en donde se formará recursos humanos con conocimientos de la problemática tratada.*

##### **TRANSFERENCIA DE RESULTADOS**

*Los resultados de la investigación se pretenden publicar en dos etapas en donde se expondrá:*

- *Problema ambiental actual debido a la presencia de luz artificial*
- *La metodología de medición de la polución Lumínica.*
- *Flujo hemisférico superior de Luminarias instaladas en el Cantón Cuenca*
- *Procesamiento de datos y sus resultados del grado de polución lumínica en el cantón Cuenca.*



Además se realizara una presentación pública de los resultados, en donde se invitara a los diferentes actores que de una u otro manera están relacionados con esta problemática así:

Ministerio de Ambiente MAE

Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables MERNNR

Gobierno Autónomo Descentralizada del Cantón Cuenca. GAD Municipal del Cantón Cuenca

Comisión de Gestión de Ambiental del GAD Municipal del Cantón Cuenca

Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR.

Fundación Iluminar Luz y Color para Cuenca

Universidad Católica de Cuenca.

Comunidad Científica Ecuatoriana, COMCIEC-ANC.

Fundación Star-Light

International Dark-Sky Association

Facultad de Ingeniería Eléctrica y de Medioambiente, de la Universidad Católica de Cuenca

Publicaciones con ISSN planificadas en la propuesta							
Cantidad	Nombre de la revista	Base de datos	País	Cuartil			
				Q1	Q2	Q3	Q4
1	Journal of light and visual Environment	SCOPUS	JAPAN				x
1	Light and Engineering	SCOPUS	Russian Federation			x	

**Nota:** se buscará revistas alternativas de encontrarse problemas para la publicación, las mismas que sean de base de datos SCOPUS y con Cuartil, relacionadas con temas de la Luz / Medioambiente.

## PLANIFICACIÓN Y FINANCIAMIENTO

### FACILIDADES DE TRABAJO

La Universidad Católica de Cuenca, como Institución de Educación Superior, en donde se realizan entre otros, investigación, tiene disponible una infraestructura organizacional que incluye el Vicerrectorado de Investigación e Innovación, Vinculación con la Sociedad y Posgrado, un "Centro de Investigación, Innovación y Transferencia Tecnológica, CIITT", así como un Laboratorio de Luminotecnia con tecnología de punta, además de personal de apoyo Administrativo y de gestión, así como personal Docente capacitado en el tema relacionado al Proyecto, lo cual permitirá un adecuado desarrollo del mismo.

El proyecto se desarrollará en el Centro de Investigación, Innovación y Transferencia Tecnológica, en las instalaciones del Laboratorio de Luminotecnia, y se utilizará el Fotogoniómetro y la Esfera de Ulbricht, para pruebas de Flujo Hemisférico Superior de Luminarias, y para la determinación de emisiones de luz en frecuencias que puedan acarrear efectos fotobiológicos negativos. El CIITT, dispone de personal Docente y Coordinador del Laboratorio con conocimiento en temas de Medio Ambiente Visual e Iluminación Eficiente, así como en Planificación y Gestión Energética, conocedores de la temática. El proyecto lo desarrollarán miembros del "Grupo de Investigación en Radiación Visible Prototipado", y contará con el apoyo de la Unidad Académica de Ingeniería Industria y Construcción, con sus Facultades de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería en Medioambiente. Se utilizará a más de la infraestructura del Laboratorio, el Auditorio del CIITT y sus instalaciones, para la difusión del proyecto y sus resultados.



## CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Anexo I: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES Y RESPONSABILIDADES.

## PRESUPUESTO Y PROGRAMACIÓN FINANCIERA

Anexo II 1: DETALLE DE PRESUPUESTO.

Anexo II 2: PRESUPUESTO CONDENSADO.

Anexo II 3: PRESUPUESTO POR FUENTES DE FINANCIAMIENTO.

## BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS CIENTÍFICAS CITADAS

- [1] Quito, R. M., Guanquiza, 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.
- [2] Torres Arbués, M. (2017). Miradas al universo: un lugar óptimo para la observación astronómica.
- [3] Castillo Martínez, A., Gutiérrez Escolar, A., Gutierrez-Martinez, J. M., & Gómez Pulido, J. M. CONTAMINACIÓN LUMÍNICA.
- [4] Birriel, J., & Adkins, J. K. (2010). A simple, portable apparatus to measure night sky brightness at various zenith angles. *J. Am. Assoc. Var. Star Observ*, 38, 221-229.
- [5] Crumey, A. (2014). Human contrast threshold and astronomical visibility. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 442(3), 2600-2619.
- [6] Romero, H., Irarrázaval, F., Opazo, D., Salgado, M., & Smith, P. (2010). Climas urbanos y contaminación atmosférica en Santiago de Chile. *EURE (Santiago)*, 36(109), 35-62.
- [7] Sánchez de Miguel, A., Gómez Castaño, J., Zamorano Calvo, J., & Lombraña, D. (2015). Georreferenciación colaborativa de imágenes nocturnas tomadas desde la ISS para estudios de consumo energético y contaminación lumínica.
- [8] AMBIENTE, C. D. M. (2010). DECRETO 357/2010, de 3 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento para la Protección de la Calidad del Cielo Nocturno frente a la contaminación lumínica y el establecimiento de medidas de ahorro de eficiencia energética.
- [9] T. Flandes, "SKY&TELESCOPE" 5 December 2008. [En línea] Available: <http://www.skyandtelescope.com/astronomy-resources/rateyour-skyglow/>. [Último acceso: Marzo 2014].

## DECLARACIÓN FINAL

*El equipo de investigadores, representado por el Director del Proyecto, y la Entidad Postulante Principal, a través de su Representante, de forma libre y voluntaria declaran lo siguiente:*

- *Que el proyecto descrito en este documento es una obra original, cuyos autores forman parte del equipo de investigadores y por lo tanto asumimos la completa responsabilidad legal en el caso de que un tercero alegue la titularidad de los derechos intelectuales del proyecto, exonerando a la UCACUE de cualquier acción legal que se derive por este causal.*
- *Que el presente proyecto no causa perjuicio alguno al ambiente y no transgrede norma ética alguna, y que en el caso de que la investigación requiera de permisos previo a su ejecución, el Director del Proyecto remitirá una copia certificada de los mismos a las autoridades competentes en la UCACUE.*
- *Que este proyecto no se ha presentado en ninguna otra institución pública o privada, para el financiamiento del presupuesto solicitado a la UCACUE. El incumplimiento de este acuerdo será causal para que el proyecto no sea financiado o para la terminación anticipada unilateral del convenio a firmar con la UCACUE.*



- De otorgarse financiamiento por la UCACUE para la ejecución del proyecto, aceptamos que los bienes adquiridos con estos fondos permanecerán bajo la responsabilidad de la entidad postulante durante la ejecución del proyecto, pero la UCACUE se reserva el derecho de determinar el destino final de los mismos, una vez finalizado el proyecto.

- Aceptamos que, si el proyecto se accede a financiamiento de la UCACUE y como parte de los resultados del mismo se genera algún producto o procedimiento susceptible de obtener derechos de propiedad intelectual, de los cuales se deriven beneficios, éstos serán de la UCACUE o compartidos con la entidad postulante, la(s) instituciones que compartieron la investigación y el equipo de investigadores, según los términos definidos en el respectivo convenio específico.

Fecha: Cuenca, 15 de octubre de 2019

  
Nombre: MSc. Ing. Santiago Pulla Galindo  
CI: 0101671097  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

  
Nombre: MSc. Ing. Carlos Flores Vázquez  
CI: 0103789723  
**CODIRECTOR DEL PROYECTO**

  
Nombre: MSc. Ing. Daniel Icaza Álvarez  
CI: 0103812327

## ANEXOS

*NOTA: Los tres Anexos al MODELO PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN DE LA UCACUE constan en un archivo de formato MS-Excel con el título "ANEXOS PRESENTACION DE PROYECTOS". Una vez que los Anexos hayan sido completados en el archivo Excel, debe imprimirlos y adjuntarlos al FORMATO DE PRESENTACION DE PROYECTOS.*

**ANEXO I: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES Y RESPONSABILIDADES**

**ANEXO II-1: DETALLE DEL PRESUPUESTO**

**ANEXO II-2: PRESUPUESTO CONDENSADO**

**ANEXO II-3: PRESUPUESTO POR FUENTE DE FINANCIAMIENTO**