

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v5i1.1697>

## **Estudio del impacto de luminarias fotosensibles en confort y bienestar en sitios patrimoniales: Factibilidad aplicación en el Centro de Quito**

Study of the impact of photosensitive luminaires on comfort and well-being in heritage sites: Feasibility of application in the Center of Quito

**Michael Fernando Rodriguez Quilligana**

[mfrodriguezquilligana@istct.edu.ec](mailto:mfrodriguezquilligana@istct.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0003-1209-1501>

Instituto Superior Tecnológico Central Técnico

Quito – Ecuador

**Álvaro Javier Mendoza Puruncajas**

[amendoza@istct.edu.ec](mailto:amendoza@istct.edu.ec)

Instituto Superior Tecnológico Central Técnico

Quito – Ecuador

Artículo recibido: 29 de enero de 2024. Aceptado para publicación: 13 de febrero de 2024.  
Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

### **Resumen**


La investigación se enfoca en evaluar el impacto de tecnologías de alumbrado público innovadoras, específicamente la Iluminación Fotosensible (LED y circadiana), en el Centro Histórico de Quito, con el objetivo de preservar el patrimonio cultural mejorando la calidad de vida urbana. La metodología empleada combina datos cualitativos y cuantitativos obtenidos mediante encuestas y revisión bibliográfica. Las estrategias metodológicas incluyen el análisis de la eficacia de la Iluminación Fotosensible en espacios patrimoniales, su influencia en la conservación de fauna y objetos locales, y la propuesta de directrices para su implementación. Se destaca la comparación entre las luminarias existentes y las fotosensibles en términos de eficiencia, vida útil y aceptación pública. Los hallazgos revelan la ineficiencia de la iluminación actual en el Centro Histórico, destacando problemas como la baja iluminación y cortes frecuentes. Se presenta la Iluminación Fotosensible como una solución viable, evidenciando ventajas en ahorro energético y calidad lumínica. El análisis aborda la eficiencia energética, calidad del color, impacto en el ciclo circadiano y sostenibilidad de las luminarias. Las conclusiones más importantes señalan la superioridad de las luminarias fotosensibles, en términos de eficacia y beneficios para la conservación del patrimonio y el bienestar urbano. Se propone la implementación de estas luminarias en el Centro Histórico de Quito, respaldada por evidencia de su eficacia y considerando ahorro energético, confort visual, costos y aspectos ambientales. Las implicancias de este estudio incluyen su contribución a la preservación del patrimonio y al diseño urbano sostenible, sirviendo como base para políticas públicas y prácticas de diseño en entornos urbanos similares.

**Palabras clave:** tecnologías de alumbrado público, iluminación fotosensible, centro histórico, eficiencia energética, conservación del patrimonio

## Abstract

The research focuses on evaluating the impact of innovative public lighting technologies on the cultural heritage of downtown Quito. Photosensitive Lighting stands out as an efficient and circadian option, which combines LED and automatic regulation, seeking to improve energy efficiency and the design of urban lighting. The objectives include analyzing the effects of luminaires in heritage spaces, determining their effectiveness in conserving local fauna and objects, and proposing guidelines for the implementation of optimal luminaires. The methodology combines qualitative and quantitative data collection, analyzing similar projects and using sources such as "Artificial Light at Night: State of the Science 2022" and a review of smart street lighting. Current data on lighting in the historic center of Quito reveal dissatisfaction with traditional lighting, especially due to lighting and frequent outages. Photosensitive luminaires are proposed that activate automatically, regulate the intensity and color of the light, based on their success in the Molinete Park in Catalonia. Current sodium luminaires are compared to photosensitive luminaires in terms of efficiency, color quality, impact on the circadian cycle, sustainability and useful life. It is concluded that photosensitive ones, especially those based on LED, surpass sodium ones in several aspects, including efficiency and respect for the circadian cycle. In addition, the economic feasibility is analyzed with a return on investment time for photosensitive lighting of 10.5 years. Energy efficiency, color quality and respect for the circadian cycle are key factors that favor the adoption of photosensitive luminaires. Despite the challenges, such as initial investment and waste management, it is concluded that the implementation is feasible, providing notable benefits for the preservation of cultural heritage and sustainable urban design in Quito. This study is expected to inform decisions in public policy and urban design practices.

**Keywords:** public lighting technologies, photosensitive lighting, historic center, energy efficiency, heritage conservation.

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons 

Cómo citar: Rodríguez Quilligana, M. F., & Mendoza Puruncajas, Álvaro J. (2024). Estudio del impacto de luminarias fotosensibles en confort y bienestar en sitios patrimoniales. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 5 (1), 1626 – 1642.  
<https://doi.org/10.56712/latam.v5i1.1697>

## **INTRODUCCIÓN**

En el ámbito de conservación del patrimonio cultural y la necesidad de crear entornos urbanos sostenibles, esta investigación se establece pionera en estudiar el impacto de tecnologías innovadoras de alumbrado público con evaluación que determinarán su respectiva factibilidad de implementación en la emblemática zona centro de la ciudad de Quito, un enclave cultural único y un testimonio vivo de la rica historia de esta metrópolis sudamericana.

### **Perspectiva y Propósito**

La conservación de patrimonio cultural busca una relevancia en este mundo de constantes cambios, adaptando lo tradicional a lo modernista. Tomando al Centro Histórico de Quito como un punto focal por sus calles y monumentos para esta investigación, ya que se fusiona en el contexto de una cambiante ciudad moderna como lo es Quito. En este ámbito la practicidad en la iluminación urbana de los espacios determinados a Patrimonio Cultural se convierte en una herramienta para dar un realce y seguimiento en la preservación de estos espacios.

Las nuevas tecnologías de Iluminación han dado sus frutos con la Iluminación Fotosensible, un tipo de iluminación que combina Iluminación Led con la practicidad de la Iluminación Circadiana, equipadas con sensores que regulan las características generales como intensidad, temperatura, emisión y calidad del color de iluminación respetando el reloj circadiano natural. Este tipo de iluminación representa un avance significativo en términos de eficiencia energética y diseños de iluminación inteligente, este estudio pretende analizar cómo influiría este tipo de iluminación en el Centro de la ciudad de Quito, evaluando el confort y el impacto en la salud de personas y animales que coexisten en estos espacios.

### **Objetivos de la investigación**

El objetivo central es:

- Evaluar el impacto de las nuevas tecnologías de luminarias en la salud de visitantes y residentes en el área centro de la ciudad, mediante un análisis exhaustivo de los datos recopilados en proyectos similares en países europeos, con el fin de determinar la viabilidad de su aplicación en nuestros espacios patrimoniales. De la mano de los objetivos específicos que son los siguientes:
- Analizar los efectos que tienen las luminarias sobre los espacios patrimoniales
- Determinar la eficacia de las luminarias en la conservación de la fauna y objetos locales.
- Recomendar nuevas directrices para la implementación de luminarias óptimas en espacios patrimoniales en base a los estudios realizados.

## **METODOLOGÍA**

La metodología que se implementa es una combinación entre recolección de datos cualitativos, cuantitativos y un análisis de factibilidad, los datos que se recopilan son tomados desde el punto focal, aparte de artículos como: Artificial Light at Night: State of the Science 2022, Revisión del alumbrado público inteligente LED Diego Julián Rodríguez Patarroyo que son relacionados hacia el impacto de las luminarias actuales.

## Contribuciones Esperadas y Conclusión

Este estudio se propone contribuir significativamente al campo de la preservación del patrimonio cultural y el diseño urbano sostenible. Se espera que los resultados obtenidos no solo mejoren la comprensión de la interacción entre tecnologías lumínicas modernas y entornos culturales, sino que también sirvan como base para decisiones informadas en políticas públicas y prácticas de diseño urbano. En un momento donde la tecnología puede ser aliada en la preservación del patrimonio cultural, este estudio se erige como un paso crucial hacia la creación de entornos urbanos que respeten la historia mientras abrazan la innovación.

## METODOLOGÍA

### Datos de iluminación actual

En 2019 se realizaron 2.557 encuestas para recabar datos sobre el estado de la iluminación en el centro histórico (Alumbrado Público, DMQ.2019.) y se obtuvo lo siguiente:

**Tabla 1**

*Resultado de encuesta de alumbrado*

ZONA	No sabe	Muy bueno	Bueno	Regular	Malo	Muy Malo	Regular	Bueno + Muy Bueno	Malo + Muy Malo
Centro histórico	0.00%	22.90%	54.52%	10.97%	8.39%	3.23%	10.97%	77.42%	11.61%

**Fuente:** DMQ, 2016.

El caso de Centro Histórico es digno de análisis debido a su condición hiper céntrica, que por el nivel de atención e inversión pública debería reportar porcentajes mucho más altos de satisfacción. En la siguiente tabla se desglosan los motivos por los cuales los encuestados respondieron que el servicio era "malo" y "muy malo" desde su percepción. Se realizará un análisis a partir de sus respuestas, se debe considerar que mientras más oscuro es el color rojo, mayor es la problemática (Alumbrado Público, DMQ.2019.):

**Tabla 2**

*Resultado de encuesta de alumbrado*

ZONA	No respondió	No afecta	Si afecta	Impacto en animales		Conforme	No conforme	Conforme + no afectación	No conforme
Centro histórico	0.00%	12.32%	50.25%	Si 10.5%	No 8.5%	8.20%	10.23%	29.02%	70.98%

**Fuente:** DMQ, 2016.

Los datos anteriormente presentados nos dan a denotar la falta de eficiencia en la iluminación tradicional en el Centro Histórico de Quito. A continuación, se presentan los datos recolectados en nuestras encuestas con opiniones sobre impacto y confort acerca de las luminarias actuales:

**Tabla 3**

*Resultado de encuesta de Luminarias*

Zona	Falta de postes de luz	Baja iluminación de las lámparas/ Mal estado	Cortes de luz frecuentes
Centro Histórico	0%	50%	42%

**Fuente:** elaboración propia.

### Tipo de luminarias existentes

Las luminarias actuales en sitios de Patrimonio Cultural ubicados en el centro de Quito, según El Municipio de Quito más de 25 sitios del centro de Quito cuentan con Luminarias de Sodio. Porque se utilizan las luminarias de sodio son las siguientes

La iluminación de 70 vatios abarca una zona aproximada de  $18 \text{ lm} \times \text{m}^2$

Vida media de 20000 horas y con una vida útil de 8000 y 12000 horas.

Economía en precios

Menos mantenimiento

**Figura 2**

*Nivel de irradiación Luminosa de luminarias de mercurio*



**Fuente:** Transmagneca, 2023

### Iluminación Fotosensible de activación automática

La novedad tecnológica más puntera de este alumbrado experimental es el cambio del espectro de emisión de las luminarias, que pretende potenciar el uso público del parque y respetar el ciclo biológico de las especies y de las personas. Según el Ayuntamiento de Catalunya, España, 2023, las luminarias

fotosensibles que se han implementado en el Parque Molinete cuentan con las siguientes características:

- Activación por sensores de presencia.
- Regulación de luminosidad.
- Regulación del color de la luz.
- Reloj Circadiano.

### Figura 3

*Parque de Molinet*



**Fuente:** Interempresas, 2023.

Su funcionamiento se basa en la utilización de sensores de presencia para activarse y regular temperatura e intensidad de color de la luminaria.

Las características técnicas son las siguientes:

Medidas: 60, 120, 150 cm.

Aluminio de extrusión: en blanco, negro o RAL9006.

Tipo de LED: 2835

CCT: 1600-6500K

CRI>80

IP20

Vida útil: 36.000 horas

#### Figura 4

*Luminarias del Parque de Molinet*

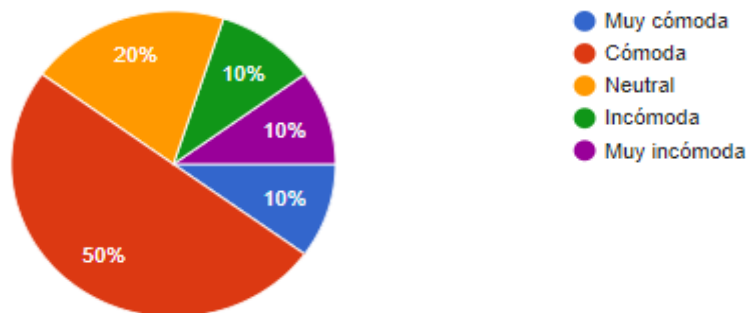


**Fuente:** Interempresas, 2023

Los datos recopilados sobre la aceptación del público son los siguientes

#### Gráfico 1

*Resultado de encuesta de aceptación*



**Fuente:** Ayuntamiento de Catalunya, 2023.

La relevancia que se obtiene de los datos anteriores son que la aceptación de las luminarias han sido las esperadas con un 50%, mientras que el otro 50% está dividido según perspectivas propias.

#### Luminarias circadianas y la luz azul nocturna

Las luces circadianas suelen ajustar su temperatura de color y nivel de intensidad lumínica para simular las variaciones naturales de la luz solar a lo largo del día. La temperatura de color se refiere al tono de la luz, desde cálido (tonos más amarillos) hasta frío (tonos más azules). Los cambios en la temperatura de color y la intensidad lumínica ayudan a regular los ritmos circadianos, influir en la producción de melatonina (una hormona asociada con el sueño), y mejorar el estado de alerta y el rendimiento durante el día. (Pauley, 2004).

**Tabla 4**

*Niveles de Intensidad Lumínica de luminarias circadianas*

	<b>Mañana</b>	<b>Mediodía</b>	<b>Tarde</b>	<b>Noche</b>
Intensidad Lumínica	50-200 lux	500-1000lux	100-150 lux	50-200 lux

**Fuente:** Darksy, 2016 Elaboración: Propia

A parte de estos cambios existe otro efecto que interviene en la iluminación circadiana y es la luz azul nocturna. Un estudio de Harvard arrojó un poco de luz sobre la posible conexión con la diabetes y posiblemente con la obesidad. Los investigadores pusieron a 10 personas en un horario que cambiaba gradualmente la sincronización de sus ritmos circadianos. Sus niveles de azúcar en sangre aumentaron, lo que los llevó a un estado prediabético, y los niveles de leptina, una hormona que hace que las personas se sientan llenas después de una comida, disminuyeron.

### **Efectos de la Contaminación Lumínica**

A lo largo de la historia se recolectan datos de varias afectaciones hacia el planeta en general, según la ONU, el desperdicio de la luz aporta significativamente a la degradación de los ecosistemas, por ello se considera a la contaminación lumínica un tipo evidente y catastrófico de contaminación ambiental.

Según la página web [celfosc.com](http://celfosc.com) encargada de la recolección de datos, las afectaciones que la contaminación lumínica repercute a son varias y en distintos aspectos que se detallan a continuación:

- Mala calidad de la iluminación.
- Dificultad de adaptación visual.
- Deslumbramiento directo.
- Pérdida de visibilidad y de contraste.
- Falsa sensación de seguridad.

### **Salud humana. (Afecciones presentes en entornos donde la noche no es nunca bien oscura)**

- Efectos negativos sobre situaciones de insomnio o estrés.
- Bloqueo de la producción de melatonina que regula los ciclos sueño/vigilia, y que es un antioxidante beneficioso para la reparación celular, control de envejecimiento y prevención de enfermedades neurodegenerativas.
- Aumento del riesgo de contraer ciertos tipos de cáncer, como los de mama y próstata, y otros.

### **Biodiversidad y el medioambiente. (Perturbaciones sobre fauna y flora nocturnas)**

- La actividad nocturna de muchas especies es tan intensa o más que la diurna, y requiere un hábitat oscuro
- La dispersión de luz artificial se extiende hasta gran distancia en el campo, perturbando las condiciones nocturnas naturales del hábitat



### Cielo nocturno

- Pérdida de la visibilidad de los astros en un cielo con contaminación lumínica. Impide a la población general el conocimiento y disfrute del firmamento
- Interfiere y limita seriamente el trabajo de los observatorios astronómicos

### Alumbrado y consumo eléctrico

- Sobre iluminar supone un aumento injustificado de consumo de energía y por tanto de emisión de contaminantes ligados a la generación de esa energía malgastada (gases de efecto invernadero, residuos radiactivos)

### Reloj y Ritmo circadiano natural

Se define como circadiano a los cambios físicos, mentales y conductuales que siguen un ciclo de 24 horas. Estos procesos naturales responden, principalmente, a la luz y la oscuridad, y afectan a la mayoría de seres vivos, incluidos los animales, las plantas y los microbios. La cronobiología es el estudio de los ritmos circadianos (NIH, 2009).

## RESULTADOS

### Eficiencia Energética

**Luminarias de Sodio:** Las lámparas de sodio, especialmente las de baja presión, han sido tradicionalmente eficientes en términos de lúmenes por vatio. Sin embargo, su eficiencia ha sido superada por tecnologías más recientes.

**Luminarias Fotosensibles:** Las luminarias circadianas, diseñadas para ajustar la temperatura de color a lo largo del día, pueden variar en eficiencia, pero las versiones LED suelen ofrecer una alta eficiencia energética.

### Calidad del Color

**Luminarias de Sodio:** Tienen un rendimiento deficiente en la reproducción del color, ya que emiten luz principalmente en una longitud de onda amarilla. Esto puede afectar la percepción de los colores.

**Luminarias Fotosensibles:** Ofrecen la posibilidad de ajustar la temperatura de color para replicar la luz natural, mejorando la reproducción del color y la percepción visual.

### Impacto en el Ciclo Circadiano

**Luminarias de Sodio:** Su luz amarilla no proporciona el espectro completo necesario para estimular adecuadamente el ritmo circadiano, lo que puede afectar el sueño y el estado de alerta.

**Luminarias Fotosensibles:** Están diseñadas para modular la temperatura de color a lo largo del día, imitando la luz natural y favoreciendo la regulación del ciclo circadiano.

### Sostenibilidad y Vida Útil

**Luminarias de Sodio:** Tienen una vida útil moderada, pero suelen contener materiales y componentes que pueden ser perjudiciales para el medio ambiente.

**Luminarias Fotosensibles:** Las versiones LED de luminarias circadianas son más sostenibles, con una vida útil prolongada y menor impacto ambiental.

### **Iluminación en Sitios de Patrimonio Cultural**

**Luminarias de Sodio:** Han sido utilizadas en entornos históricos debido a su tono cálido, pero su rendimiento en términos de preservación del patrimonio puede ser cuestionable.

**Luminarias Fotosensibles:** Ofrecen una mayor flexibilidad para adaptarse a las necesidades específicas de iluminación en sitios de patrimonio, proporcionando opciones de color ajustables.

Las luminarias pueden afectar significativamente la conservación de espacios culturales, como museos, galerías de arte, teatros y sitios históricos. A continuación, se muestran algunas formas en las que las luminarias pueden tener un impacto:

**Daño por luz ultravioleta:** Las fuentes de luz, especialmente las lámparas incandescentes y halógenas, emiten radiación ultravioleta que puede causar daño irreversible a objetos y artefactos sensibles, como pinturas, textiles, fotografías y documentos. Para evitar este tipo de daño, es esencial utilizar luminarias con filtros UV o lámparas de baja radiación UV en estos entornos.

**Daño por calor:** Las luminarias que generan demasiado calor pueden afectar negativamente a objetos delicados y a la estructura misma del espacio cultural. Las lámparas LED, en comparación con las lámparas incandescentes, tienden a ser más eficientes en términos de emisión de calor, lo que las hace más amigables con la conservación.

**Control de la intensidad de la luz:** La exposición continua a niveles altos de iluminación puede causar decoloración y deterioro en materiales sensibles. Es fundamental tener sistemas de control de iluminación que permitan ajustar la intensidad según las necesidades específicas de cada área o exposición.

**Temperatura de color:** La temperatura de color de las luminarias puede afectar la percepción de los objetos expuestos. La elección de la temperatura de color adecuada es esencial para resaltar los detalles y colores originales de las obras de arte. Se prefiere generalmente una luz más cálida y suave para crear un ambiente acogedor.

**Diseño de iluminación:** La disposición de las luminarias y la dirección de la luz son cruciales para resaltar aspectos específicos de una exposición sin causar daño. Es importante utilizar técnicas de iluminación que minimicen las sombras, destacan las texturas y proporcionen una iluminación uniforme en todo el espacio.

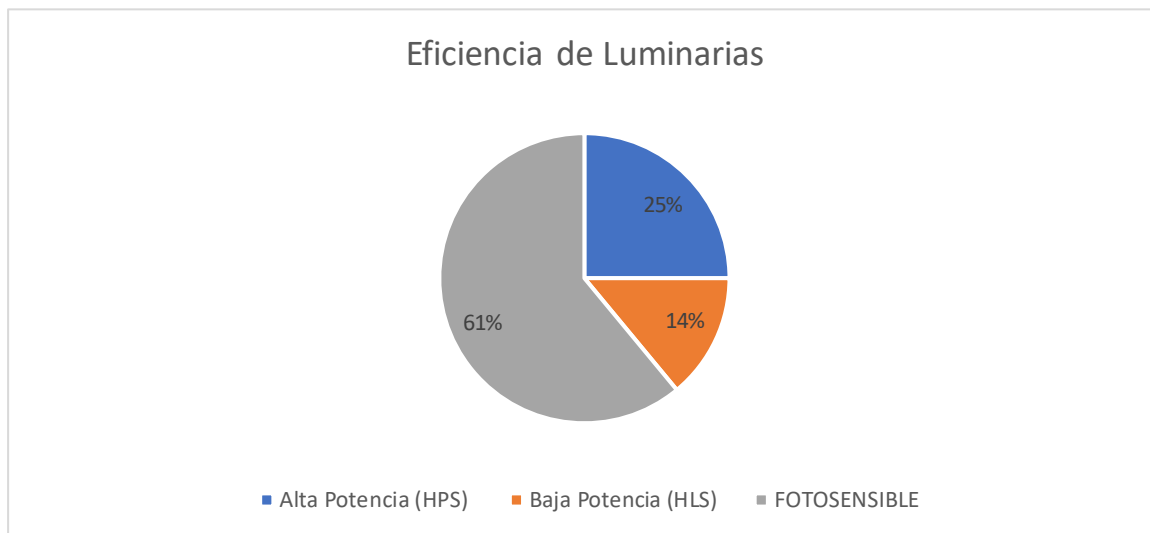
**Eficiencia energética:** Además de considerar la conservación de objetos, también es relevante tener en cuenta la eficiencia energética de las luminarias. La implementación de tecnologías de iluminación más eficientes, como LED, no solo ayuda a reducir el impacto ambiental, sino que también disminuye los costos operativos a largo plazo.

En resumen, mientras que las luminarias de sodio han sido históricamente comunes, las luminarias circadianas, especialmente las basadas en tecnología LED, presentan ventajas en términos de eficiencia, calidad del color y su capacidad para influir positivamente en el ciclo circadiano, haciendo que sean una opción más versátil y sostenible en muchos casos. (Garrido & Piderit-Moreno, 2020)

Como un resultado de los datos anteriormente Analizados se obtuvo el siguiente gráfico:

## Gráfico 2

Comparación entre luminarias Fuente: Ayuntamiento de Catalunya, 2023



A parte de la comparación se analizó los datos y se obtuvo la siguiente tabla:

### Tabla 5

Tiempo de retorno de inversión

Escenario	IRR (internal rate of return)	Periodo de retorno
Sistema de iluminación Fotosensible	5.5%	10.5 años
Reemplazo de HPS	13.5%	7.2 años
Reemplazo de LPS	23.8%	5.0 años

**Fuente:** Int. Symp. Ind. Electron, 2018.

En la tabla se muestra la tabulación y resultado de datos con respecto a una simulación de implementación y los costos en cuanto tiempo serán recuperados, a parte de la línea de costeo de retorno normal.

### Eficacia de iluminación

El alumbrado público es uno de los principales causantes de la contaminación lumínica, es por ello por lo que es importante que la luz ilumine donde debe iluminar y con la intensidad que debe iluminar. En la página de la International Darksky Association (IDA), que es la asociación internacional de referencia contra la contaminación lumínica, habla de que a veces las farolas están mal diseñadas o instaladas incorrectamente y terminan por iluminar lo que no deben. Para ello es importante seguir una serie de requisitos:

- Usar luminarias que no emiten luz al hemisferio superior.
- Usar proyectores asimétricos.
- Evitar inclinar las luminarias y dirigir la luz en su posición horizontal.

- Usar tonalidades de temperatura de color inferiores a los 3000k.

En la siguiente imagen vemos la importancia de seguir los requisitos y de que no por poner más farolas se ilumina mejor (Memòria\_GuillenJoseph, 2023.):

**Figura 6**

*Simulación de iluminación óptima*



**Fuente:** Darksky, 2021

### **Comparacion entre iluminacion actual e iluminación fotosensible (circadiana)**

El caso de iluminación actual en el Centro de Quito es complicado, ya que existen dos tipos de luminarias de sodio de instaladas que son: Alta Presión de Sodio (HPS) 400 vatios y Baja Presión de Sodio (LPS) 18 vatios, entonces se realizará la comparación de ambos tipos de luminarias con las luminarias fotosensibles (circadianas).

A continuación, se muestra un cuadro comparativo:

**Tabla 6**

*Comparación entre Luminarias de Alta Potencia de Sodio y Luminarias Fotosensibles Circadianas*

<b>Características</b>	<b>Luminaria de Alta Potencia de Sodio (400 vatios)</b>	<b>Luminaria Fotosensible Automática</b>
Emisión de luz	Luz Amarilla – Anaranjada	Luz Dinámica respecto a la natural
Intensidad Lumínica	50 000 – 60 000 lúmenes	50 – 1000 lúmenes
Temperatura de Color	2 000 – 2 200 K	2 700 – 5 000 K
Eficiencia Energética	80 – 150 lm/w	100 – 250 lm/w
Vida Útil	24 000 – 36 000 horas	50 000 – 60 000 horas

**Fuente:** (Pinto et al., 2015).

Los datos mostrados anteriormente muestran los niveles que tiene cada luminaria y diferentes características precisas, entonces podemos decir que, la iluminación de sodio tiene niveles altos en su intensidad los mismos que con el pasar de las horas se vuelve irritable para la vista, en cambio la luminaria Fotosensible tiene mayor temperatura del color lo que ayuda a la apreciación del color natural de los elementos que nos rodean, en la eficiencia vemos que las fotosensibles son un 25% más eficientes al igual que la vida útil que son el doble. (Ellis et al., n.d.).

Ahora se mostrará una tabla similar a la anterior, pero con luminarias de baja potencia de sodio, que tienen características similares a las de alta potencia, los datos obtenidos son los siguientes:

**Tabla 7**

*Comparación entre Luminarias de Baja Potencia de Sodio y Luminarias Fotosensibles Circadianas*

<b>Características</b>	<b>Luminaria de Baja Potencia de Sodio (18 vatios)</b>	<b>Luminaria Fotosensible Automática</b>
Emisión de luz	Luz Monocroma Amarilla	Luz Dinámica respecto a la natural
Intensidad Lumínica	1 500 – 2 000 lúmenes	50 – 1000 lúmenes
Temperatura de Color	1 7000 – 2 000 K	2 700 – 5 000 K
Eficiencia Energética	50 – 100 lm/w	100 – 250 lm/w
Vida Útil	18 000 – 24 000 horas	50 000 – 60 000 horas

**Fuente:** (Pinto et al., 2015).

En esta tabla se muestran los datos obtenidos entre las características generales de cada luminaria, por lo que se puede denotar las luminarias fotosensibles son superiores en muchos aspectos, pero eso no quiere decir que estas luminarias de baja potencia de sodio sean más dañinas que las de alta potencia, es al contrario son mejores en muchos aspectos, sin embargo, por el hecho de tener sodio en su interior puede producir varios enfermedades e inclusive cáncer si llegase a romperse a la altura de los ojos de las personas. (Pauley, 2004)

### **DISCUSIÓN**

La recolección de datos anteriormente recopilados, se tienen varios puntos a favor y en contra del cambio y modernización tecnológica en iluminación de espacios abiertos enfocados a la Preservación de Patrimonios Culturales. Teniendo como lugar focal la Basílica del Voto Nacional, se concluye que este cambio de iluminación será un gran avance en términos tecnológicos al ser el primer país en el continente americano en implementar la tecnología propuesta.

**Figura 7**

*Basílica del Voto Nacional*



**Fuente:** DMQ, 2019.

## Discusión sobre la Factibilidad de Aplicación de Luminarias Fotosensibles

### Beneficios para el Ahorro Energético

**A favor:** Las luminarias fotosensibles, que responden a la luz ambiental, pueden optimizar el consumo de energía al ajustar su nivel de iluminación según las condiciones naturales. Esto puede resultar en un ahorro significativo de energía, especialmente en áreas donde la demanda de iluminación varía a lo largo del día.

**En contra:** La factibilidad de ahorro energético puede depender de la eficiencia de las tecnologías utilizadas y de la disponibilidad de luz natural. En entornos donde la luz natural es limitada, la contribución al ahorro energético podría ser menos significativa.

### Impacto en el Confort Visual y Bienestar

**A favor:** Las luminarias fotosensibles pueden contribuir al confort visual al adaptarse a las condiciones de luz ambiente, reduciendo el deslumbramiento y proporcionando niveles de iluminación más adecuados. Esto puede mejorar la calidad del entorno visual y el bienestar de las personas.

**En contra:** La respuesta de las luminarias a la luz natural puede generar fluctuaciones en la iluminación que algunas personas podrían encontrar molestas. Además, en entornos donde la luz natural es escasa, la adaptación puede ser limitada.

### Aplicación en Áreas Urbanas y de Patrimonio Cultural

**A favor:** En entornos urbanos y sitios de patrimonio cultural, las luminarias fotosensibles pueden ser beneficiosas al proporcionar iluminación adaptativa que respeta el entorno y contribuye a la conservación del patrimonio.

**En contra:** La aplicación puede ser desafiante en áreas con obstrucciones que limitan la entrada de luz natural, como rascacielos o construcciones densas. Además, la necesidad de coordinación en la instalación y programación de estas luminarias puede ser un desafío logístico.

### Costos de Implementación y Mantenimiento

**A favor:** A medida que la tecnología avanza, los costos de las luminarias fotosensibles han disminuido. Además, el ahorro a largo plazo en costos de energía puede compensar los gastos iniciales.

**En contra:** La inversión inicial puede ser un obstáculo para algunas organizaciones o municipalidades. Además, la necesidad de mantenimiento y actualización de tecnología podría ser un costo continuo.

### Consideraciones ambientales

**A favor:** Las luminarias fotosensibles pueden contribuir a la sostenibilidad al reducir el consumo innecesario de energía, disminuyendo la huella ambiental.

**En contra:** La producción y eliminación de componentes electrónicos de estas luminarias pueden tener impactos ambientales negativos, y se debe considerar cuidadosamente la gestión de residuos.

La factibilidad de aplicar luminarias fotosensibles depende de varios factores, incluyendo las características del entorno, los objetivos específicos de iluminación, la disponibilidad de luz natural y los recursos financieros. La adopción exitosa de estas luminarias requiere una evaluación cuidadosa de estos aspectos para determinar si cumplen con las necesidades y prioridades específicas de la ubicación en consideración (Rosete, n.d.).

## CONCLUSIÓN

**Eficiencia energética:** Las luminarias de sodio, aunque han sido eficientes en términos de lúmenes por vatio, han sido superadas por tecnologías más recientes, como las luminarias fotosensibles, especialmente las basadas en tecnología LED. Las luminarias fotosensibles ofrecen una mayor eficiencia energética, contribuyendo al ahorro de energía y reduciendo la huella ambiental.

**Calidad del Color:** Las luminarias de sodio tienen un rendimiento deficiente en la reproducción del color, mientras que las fotosensibles permiten ajustar la temperatura de color para replicar la luz natural, mejorando la percepción visual.

**Impacto en el Ciclo Circadiano:** Las luminarias de sodio no estimula adecuadamente el ritmo circadiano, afectando el sueño y el estado de alerta. Las luminarias fotosensibles están diseñadas para modular la temperatura de color a lo largo del día, imitando la luz natural y favoreciendo la regulación del ciclo circadiano.

**Sostenibilidad y Vida Útil:** Las luminarias de sodio tienen una vida útil moderada y pueden contener componentes perjudiciales para el medio ambiente. Las versiones LED de luminarias fotosensibles son más sostenibles, con una vida útil prolongada y menor impacto ambiental.

**Aplicación en Sitios de Patrimonio Cultural:** Las luminarias fotosensibles ofrecen mayor flexibilidad para adaptarse a las necesidades específicas de iluminación en sitios de patrimonio cultural, proporcionando opciones de color ajustables. La conservación del patrimonio cultural se ve beneficiada por la capacidad de estas luminarias para destacar aspectos específicos sin causar daño.

**Comparación económica:** Las luminarias fotosensibles presentan un retorno de inversión en un periodo razonable, con ventajas económicas a largo plazo en comparación con las luminarias de sodio.

## RECOMENDACIONES

### Implementación gradual

Se recomienda una implementación gradual de luminarias fotosensibles, comenzando por áreas prioritarias, como sitios de patrimonio cultural y zonas urbanas estratégicas.

### Educación y Concientización

Es importante llevar a cabo campañas educativas para informar a la población sobre los beneficios de las nuevas luminarias y fomentar su aceptación.

### Colaboración interinstitucional

Se sugiere la colaboración entre entidades gubernamentales, organismos de conservación y expertos en iluminación para garantizar una implementación efectiva y sostenible.

### Monitoreo continuo

Es fundamental establecer un sistema de monitoreo continuo para evaluar el impacto de las luminarias fotosensibles en la salud, el bienestar y la conservación del patrimonio.

### Consideraciones ambientales

Se deben realizar evaluaciones ambientales detalladas para abordar los posibles impactos ambientales de la producción y eliminación de componentes electrónicos de las luminarias.

### **Perspectivas Futuras**

#### **Investigación Continua**

Se sugiere continuar la investigación para evaluar nuevas tecnologías emergentes y sus posibles aplicaciones en la iluminación de espacios patrimoniales.

#### **Adaptación a Avances Tecnológicos**

Dada la rápida evolución tecnológica, se debe estar preparado para adaptarse a futuros avances y mejoras en las luminarias fotosensibles.

#### **Participación Ciudadana**

Involucrar a la comunidad en el proceso de toma de decisiones y recibir retroalimentación constante puede ser crucial para el éxito a largo plazo de la implementación.



## REFERENCIAS

Al-Hadithi, B. M., Cena, C. E. G., León, R. C., & Loor, C. L. (2016). Desarrollo de un Sistema de Iluminación Artificial Inteligente para Cultivos Protegidos. *RIAI - Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, 13(4), 421–429. <https://doi.org/10.1016/j.riai.2016.07.005>

Alumbrado, E. L., & Lara, P. P. (n.d.). PROYECTO FIN DE MÁSTER: ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN LÚMINICA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN.

Darksky. (2016, December 22). ¿Por qué la luz azul por la noche es mala? Darksky.

Galvis, V., Tello, A., Camacho, P. A., Parra, M. M., & Merayo-Lloves, J. (2017). Los factores bioambientales asociados a la miopía: una revisión actualizada. In *Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología* (Vol. 92, Issue 7, pp. 307–325). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.ofal.2016.11.016>

Garrido, C., & Piderit-Moreno, M. B. (2020). Lighting design factors contributing to circadian stimulation in offices. *AUS*, 2020(27), 59–65. <https://doi.org/10.4206/aus.2020.n27-08>

Harvard Health Publishing. (2017, July 12). Blue light has a dark side. Harvard Health.

Hermoso Orzáez, M. J. (2014). Hacia la gestión eficiente de los servicios de alumbrado público: resultados de los estudios comparativos sobre eficiencia energética y lumínica aplicados a las nuevas tecnologías en iluminación urbana. <http://hdl.handle.net/10630/7860>

Institute of Electrical and Electronics Engineers. (n.d.). 2015 12th China International Forum on Solid State Lighting (SSLCHINA) : 2-4 November 2015, Shenzhen, China.

Julián, D., Patarroyo, R., Felipe, I., Garzón, C., Alexander, C., & Forero, L. (n.d.). Revisión del alumbrado público inteligente LED. <https://orcid.org/0000-0001-8232-4444>

Kim, L., & Shin, M. W. (2007). Implementation of side effects in thermal characterization of RGB full-color LEDs. *IEEE Electron Device Letters*, 28(7), 578–580. <https://doi.org/10.1109/LED.2007.899327>

Moreno, V., & Stella, L. (2010). Ciencia e Ingeniería Universidad de los Andes. *Ciencia e Ingeniería*, 31(2), 109–117. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=507550788007>

Pauley, S. M. (2004). Lighting for the human circadian clock: Recent research indicates that lighting has become a public health issue. *Medical Hypotheses*, 63(4), 588–596. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2004.03.020>

Rea, M. S., Smith, A., Bierman, A., & Figueiro, M. G. (2012). The potential of outdoor lighting for stimulating the human circadian system.

Rosete, G. (n.d.). Universidad Autónoma del estado de México. Programa de Doctorado en Diseño.

Staff Darksky. (2018, June 18). Study Links Artificial Light at Night and Cancer Risk. Darksky.

Zuo, M. J., IEEE Reliability Society, & Institute of Electrical and Electronics Engineers. (n.d.).