

# Sistema de Iluminación Fotovoltaico en el Alumbrado Público Gestionado a través de una Plataforma Cloud/GIS

Vargas Carlos<sup>1</sup>; Guamán Jesús<sup>1</sup>; Rodríguez Katherine<sup>1</sup>; Ríos Alberto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, Ambato, Ecuador

**Resumen:** El artículo propuesto describe las características del diseño e implementación de una plataforma Cloud Computing, integrada en un sistema de referenciación geográfica, SIG. La plataforma Cloud permitirá la adquisición, almacenamiento y visualización de la información obtenida de los sistemas fotovoltaicos de alumbrado público. Asimismo, la plataforma realizará el control de la luminosidad de las lámparas LEDs, integradas en los sistemas de iluminación fotovoltaica, en función de las condiciones meteorológicas y de presencia de personas y vehículos en las vías públicas. En el estudio, se presenta un análisis comparativo de las diversas técnicas y experiencias existentes en la gestión y operación de diferentes sistemas de telegestión de alumbrado público, implementado en países industrializados. Además, se describen en detalle las funcionalidades de las innovadoras técnicas de control de los sistemas de iluminación. Finalmente, se mencionan los beneficios económicos y ambientales, asociados a la implementación de una plataforma de gestión, operación y control.

**Palabras clave:** Cloud Computing, iluminación fotovoltaica, alumbrado público.

## Photovoltaic Lighting System in Public Lighting Managed through a Cloud/GIS Platform

**Abstract:** The proposed article describes the features of the design and implementation of a Cloud Computing platform, integrated into a geographic referencing system, GIS. The Cloud platform will allow the acquisition, storage and display of information obtained from photovoltaic street lighting systems. The platform also performs control the brightness of the LED lamps, integrated photovoltaic lighting systems, depending on weather conditions and the presence of people and vehicles on public roads. In the study, a comparative analysis of the various existing techniques and experiences in the management and operation of different systems of remote management of public lighting, implemented in industrialized countries is presented. Also, described in detail the features of the innovative techniques control lighting systems. Finally, they describe the economic and environmental benefits associated with the implementation of a management platform, operation and control.

**Keywords:** Cloud Computing, photovoltaic lighting, street lighting.

### 1. INTRODUCCIÓN

El servicio de Cloud Computing como plataforma informática es una tecnología que permite al usuario disponer de aplicaciones informáticas propias y personalizadas en la infraestructura de la nube, sin necesidad de grandes y costosas instalaciones, y un acceso seguro a la información desde cualquier parte del mundo, únicamente, con una conexión a internet. La aplicación de las tecnologías Cloud Computing a la gestión de los sistemas de iluminación en el alumbrado público es un tema que despierta un gran interés tanto en las empresas desarrolladoras de software como en las compañías eléctricas y los organismos públicos.

Las plataformas Cloud Computing son herramientas que permiten la gestión, el control y operación de los sistemas de iluminación, con el objetivo de optimizar el consumo de

energía en el alumbrado público y reducir las emisiones contaminantes asociadas.

Los Sistemas de Información Geográfica o Sistemas de Información Geoespacial (SIG) agrupan una colección de herramientas que permiten la captura, almacenamiento, análisis, gestión y presentación de información asociada a localizaciones geográficas. SIG es habitualmente empleado como un sistema de apoyo para la toma de decisiones en función de la información geográfica registrada y procesada. En las últimas décadas, se han realizado importantes esfuerzos para que los sistemas SIG proporcionen un amplio espectro de servicios.

Las plataformas Cloud Computing se consideran como el siguiente paso en la evolución de los servicios y productos de las tecnologías de información y pueden ser empleadas para optimizar las funcionalidades de las aplicaciones SIG. En este artículo se describe la integración entre plataformas Cloud Computing y Sistemas de Referenciación Geográfica,

SIG, en una arquitectura multitareas y multipropósitos denominada Cloud/GIS en términos anglosajones.

Una plataforma Cloud/GIS consiste de un conjunto de herramientas y entornos que proporcionan múltiples aplicaciones y funcionalidades (Bhat, et al., 2011):

- Provee servicios de web y aplicaciones de hosting para acceder de forma sencilla a los datos geográficos.
- Proporciona a los usuarios la ventaja de aprovechar recursos virtualizados de hardware y software con acceso completo a la gestión, recopilación, organización e intercambio de datos.
- Ofrece a los usuarios y organizaciones una avanzada infraestructura geo-tecnológica de servicios y tratamiento de datos geo-espaciales.
- Permite la reducción en costes de implementación y mantenimiento.

Una de las posibles aplicaciones Cloud/GIS es la implementación de plataformas de gestión, operación y control de sistemas inteligentes de iluminación del alumbrado público. Existen experiencias de implementación de plataformas Cloud Computing para la monitorización de sistemas de alumbrado público (Bhat, et al., 2011). Los sistemas de iluminación del alumbrado público presentan un excesivo consumo de energía eléctrica, elevados costes económicos y graves impactos ambientales.

En Europa, el consumo energético de obsoletos e ineficientes sistemas públicos de iluminación representa entre el 30-50% del consumo total eléctrico en los municipios, existiendo un enorme potencial de ahorro energético, entre el 30-70% (Christiane Egger, 2014).

En España, en algunos municipios, el consumo de energía en el alumbrado público puede alcanzar el 80% del consumo total de electricidad, debido a los ineficientes sistemas de iluminación (Gutierrez-Escolar, et al., 2015). Se estima que alrededor del 40% del presupuesto municipal de una ciudad europea está destinado a la iluminación pública (Lau, S. et al., 2014).

Entre el 2011 y el 2050, se estima que la población urbana aumentará en unos 2.600 millones. Actualmente, las ciudades albergan aproximadamente al 50% de la población mundial, pero consumen entre el 60- 80 % de la electricidad total y emiten alrededor del 75% de los gases de efecto invernadero, GEI (Del Agua, T. F. M., 2003). Se estima que el consumo de electricidad en todo tipo de iluminación representa el 15% del total de energía eléctrica mundial y el 5% de las emisiones GEI según The United Nations Environment Programme, UNEP – Global Environment Facility, GEF (United Nations Environment Programme, 2010). En el mundo existen alrededor de 300 millones de farolas instaladas y se espera que superen los 330 millones en el año 2025 (Elejoste, P. et al., 2012). En el año 2014, según la Administración de Información de Energía de Estados

Unidos, EIA, se estima que Estados Unidos consumió alrededor de 412 TWh de electricidad para la iluminación del sector residencial y el sector comercial.

En Estados Unidos, el consumo eléctrico en iluminación representa el 15% del consumo total de electricidad en los sectores residencial y comercial, y alrededor del 11% del consumo total de electricidad. En el sector comercial que incluye edificios, vías públicas y carreteras se consumió aproximadamente 262 TWh de electricidad en sistemas de iluminación (Loor, R., 2012).

Europa cuenta con aproximadamente 56 millones de luminarias que representan un consumo eléctrico de 35 TWh (Christiane Egger, 2014). El alumbrado público en España representa el 10% del consumo total de energía eléctrica en sistemas de iluminación, equivalente a 116 kW por año y por habitante (ARCONEL, 2015). Además, España cuenta con más de 4 millones 800 mil luminarias, la tercera parte de las cuales son tecnologías obsoletas e ineficientes (Loor, R, 2012).

En la India existen alrededor 4 millones 400 mil luminarias con un consumo de 699 TWh, que equivalen a 2,3 millones de toneladas de emisiones contaminantes de CO<sub>2</sub> (Crowther, J., Herzog, C., & Feller, G, 2012).

En el Ecuador, a finales del año 2012, existían alrededor de 1 millón 104 mil luminarias, con una demanda de potencia consumida equivalente a 176 MW (Harvey L, 2014). En la Figura 1, se muestra el número de luminarias por tipo. En el año 2012, el consumo de energía eléctrica en el alumbrado público fue de 913 GWh, que representó el 5,8% de la demanda del Sistema Nacional Interconectado con una facturación de 103 millones de dólares (Krames M, et al, 2007).

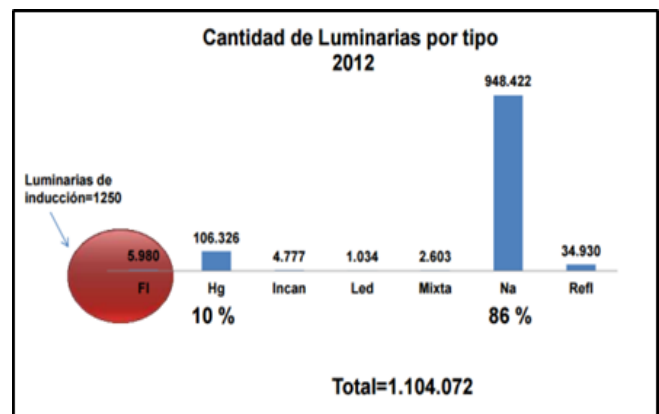


Figura 1. Total de luminarias por tipo en Ecuador, año 2012 (Harvey L, 2014)

De acuerdo a datos proporcionados por la Agencia de Control y Regulación de Electricidad, ARCONEL, en la Figura 2, se puede observar que la demanda de energía eléctrica del alumbrado público presenta un crecimiento constante en los últimos nueve años. En los últimos dos años, se aprecia que el consumo de energía en el alumbrado público presentó un incremento promedio de 5,9% anual. Se pronostica un

crecimiento promedio anual del consumo eléctrico en el sistema de alumbrado del 7% entre el año 2016 y 2021.

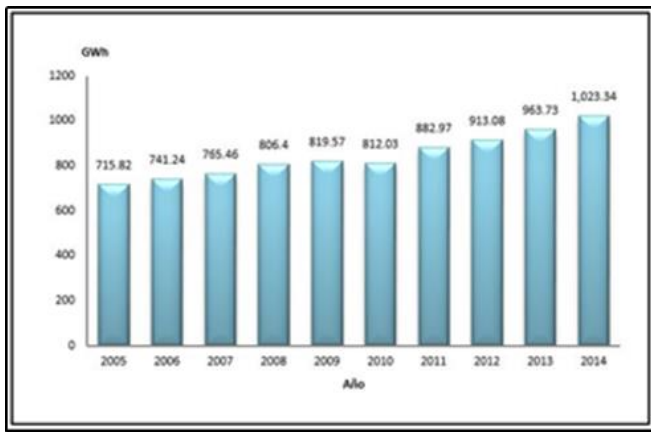


Figura 2. Evolución de la demanda de consumo eléctrico en el alumbrado público del Ecuador entre el año 2005 y 2014 (Krames M, et al, 2007).

Entre el año 2005 y 2014, el porcentaje del consumo eléctrico de los sistemas de alumbrado público del Ecuador se redujo del 7 al 5% en el total de la energía eléctrica consumida en el país, Figura 3. A pesar del incremento del número de luminarias en el alumbrado público, se observa una reducción en el porcentaje del consumo eléctrico, en relación a la demanda total, debido al significativo crecimiento de otros sectores de la economía nacional. El consumo de energía eléctrica del alumbrado público en Ecuador presenta elevados costes económicos. En el año 2014, se facturó 129 millones de dólares por el servicio de alumbrado público, representando un incremento del 6,3% en relación al año anterior (Vargas C. et al 2014; Vargas C. et al 2015, Vargas C. et al 2016).

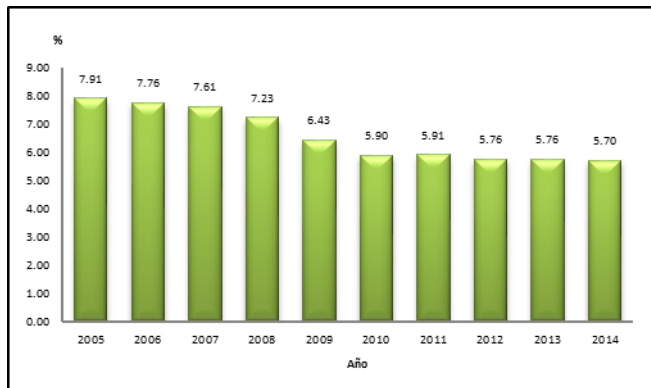


Figura 3. Porcentaje de consumo de energía eléctrica del alumbrado público en Ecuador entre el año 2005 y 2014 (Krames M, et al, 2007).

## 2. ASPECTOS TÉCNICOS Y ECONÓMICOS DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

Desde finales de los años 90, la irrupción de la tecnología LED ha condicionado el diseño y dimensionado de los sistemas de iluminación. La evolución de las diferentes tecnologías de iluminación está dada en función del flujo luminoso emitido por vatio, lm/W. En el año 2010, las tecnologías LED presentaban valores de flujo luminoso superiores a 100 lm/W (Task, 2015).

Actualmente, diferentes fabricantes ofrecen luminarias basadas en tecnologías LED con valores de flujo luminoso por vatio iguales a 140-150 lm/W (Albornoz E., 2012). La tecnología LED presenta una evolución tecnológica muy acelerada en comparación con otras tecnologías. Así, la eficacia de los tubos fluorescentes se ha duplicado en 60 años mientras que la eficacia de la tecnología LED se ha decuplicado en 10 años, entre el año 2000 y 2010. El Departamento de Energía de los Estados Unidos estima que la eficacia de las luminarias LED podría alcanzar los 250 lm/W en el año 2020, con un ahorro de energía de hasta un 90% al sustituir luminarias obsoletas e ineficientes en diversas aplicaciones (Task, 2015). En la Figura 4, se muestra la previsible evolución de eficacia de las luminarias LEDs en lm/W, hasta el año 2025. Se observa que, en el año 2020, las tecnologías LED proporcionarán más de 100 lm/W en comparación con las luminarias Fluorescentes Lineales (LFL) y las luminarias de Descarga de Alta Intensidad (HID), que no superarán un valor máximo de flujo luminoso por vatio igual a 115 lm/W (Martínez-Verdú, F. M., 2011).

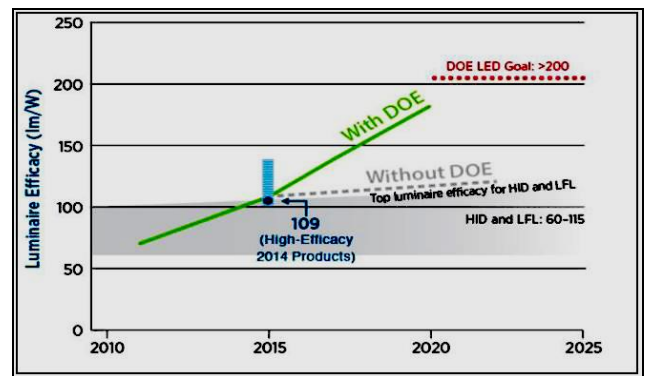


Figura 4. Evolución de la eficiencia de la tecnología LED en comparación con otras tecnologías al año 2025 (Martínez-Verdú, F. M., 2011).

En Estados Unidos, el Departamento de Energía prevé que para el año 2030 la mayoría de sistemas de iluminación cuenten con tecnología LED, que proporcionarán el 88% de lúmenes por hora de la iluminación total. Asimismo, se estima que para el año 2030, la tecnología LED puede ahorrar hasta 261 TWh por año, equivalente a una reducción del 40% del consumo de electricidad en un escenario sin luminarias LED.

Proyecciones más optimistas, consideran que el ahorro anual de energía se podría incrementar hasta 395 TWh en el año 2030, equivalente a una reducción del 60% del consumo de electricidad en los Estados Unidos de Norteamérica en un escenario sin luminarias LED (Martínez-Verdú, F. M., 2011).

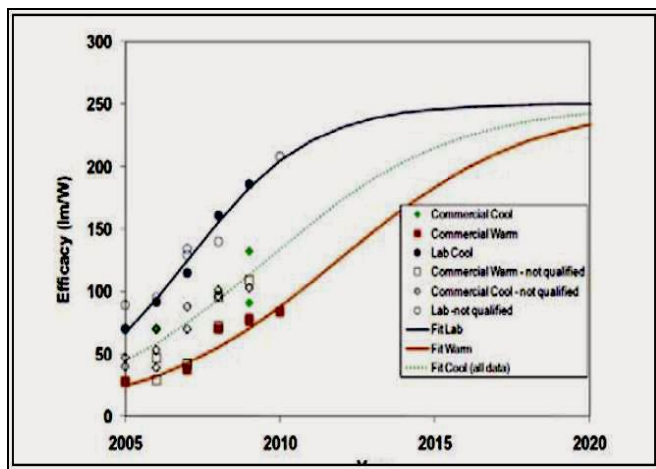
Las luminarias LED presentan mejores características técnicas que otras tecnologías de iluminación como las lámparas incandescentes, halógenas, fluorescentes compactas y la mayoría de las fluorescentes lineales. En la Tabla 1, se observa una comparativa de las características técnicas de los diferentes tipos de sistemas de iluminación existentes (Martínez-Verdú, F. M., 2011).

**Tabla 1.** Características técnicas de las diferentes tecnologías de iluminación (Vargas C. et al, 2016; Rahim F. et al, 2015; Halonen L. et al, 2010, Martínez-Verdú F. M., 2011)

Fuente de Luz	Eficacia Luminosa (lm/W)	Vida útil (h.)	Precio (\$/klm)	Potencia (W)
Incandescentes	15	1,000	\$0,6	25-100
Halógenas	12-35	2,000-4,000	\$2,5	20-50
Vapor de mercurio	40-60	12,000	\$5,76	250-700
CFL	40-65	6,000-12,000	\$2	5-20
Inducción	60-90	60,000-100,000	-	55-200
Fluorescentes	50-100	10,000-16,000	\$4	10-71
Sodio de alta presión	80-120	24,000-30,000	\$6	35-400
LED 2015	70-150	30,000-100,000	\$50	55-300
LED 2020	70-250	30,000-100,000	\$20-40	55-500

El 90% de la energía que proporcionan las luminarias incandescentes se transforma en calor y únicamente el 10% se destina al flujo luminoso. Mientras las bombillas incandescentes de 100 vatios presentan una eficacia de 15 lúmenes por vatio, las luminarias fluorescentes compactas, CFL, y la tecnología LED presentan un flujo luminoso de 65 y 120 lúmenes por vatio, respectivamente (Task, 2015).

Se espera que la eficacia luminosa de las luminarias LED se incremente significativamente hasta el año 2020, Figura 5. Así, la tecnología LED de luz blanca fría presentará valores de eficacia luminosa cercanos a 250 lm/W en el año 2020. Por otro lado, se estima que la eficacia luminosa de las luminarias LED de luz blanca cálida supere los 230 lm/W, aproximadamente, en el año 2020 (Albornoz E.,2012).



**Figura 5.** Evolución de la eficacia luminosa de las luminarias LED entre el año 2005 y 2020 (Albornoz E.,2012).

### 3. INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍA LED EN EL ALUMBRADO PÚBLICO

En la actualidad, la tecnología LED es considerada como la mejor alternativa para incrementar la eficiencia energética en los sistemas de iluminación. Es posible reducir el consumo de energía hasta un 85% con ayuda de las luminarias LED.

Además, presentan reducidas emisiones de calor, mantenimiento mínimo y una prolongada vida útil en comparación con las tecnologías de iluminación existentes. En muchas ciudades del mundo se han implementado proyectos de sustitución de luminarias convencionales en sistemas de alumbrado público por luminarias con tecnología LED.

En los Estados Unidos, en más de una docena de ciudades se han implementado proyectos de modernización del sistema de alumbrado público o se encuentran en la actualidad en proceso de sustitución de las luminarias convencionales por luminarias eficientes con tecnología LED. En ciudades como Los Ángeles, Houston, Atlanta, Austin, Baltimore, Boise, Chicago, Washington DC, Dallas y Seattle, se han reemplazado un total de 600 mil luminarias del alumbrado público, con una reducción de aproximadamente 198 millones de kWh y 126 mil toneladas de CO<sub>2</sub> al año (Task, 2015). En enero de 2015, la Autoridad de Investigación y Desarrollo de Energía del Estado de Nueva York, NYSERDA, presentó un informe que analiza el ahorro potencial tanto energético como económico gracias a la sustitución las luminarias convencionales del alumbrado público de Nueva York por luminarias con tecnología LED. El mencionado informe presenta las siguientes conclusiones:

- El ahorro de energía resultante de la sustitución de las luminarias convencionales por tecnología LED sería aproximadamente de 524 GWh al año.
- Se estima un ahorro económico de energía equivalente a \$28 millones por año.
- El ahorro por mantenimiento se reduciría aproximadamente en \$ 67 millones por año.
- Controles avanzados permitirían obtener un ahorro adicional de \$2.2 millones.
- El ahorro total por año, suponiendo la sustitución de todas las luminarias existentes en Nueva York, se estima aproximadamente de \$97 millones de dólares anuales.

En Ecuador, desde el año 2009, el Ministerio de Electricidad y Energías Renovables, MEER, ejecuta el proyecto denominado "Alumbrado Público Eficiente", con el objetivo de sustituir un total de 61.610 luminarias de vapor de mercurio de 175W por luminarias de vapor de sodio de 100W, que permitirá reducir el consumo de energía eléctrica en el sistema de alumbrado público en aproximadamente 20 GWh al año (Albornoz E.,2012; Empresa Eléctrica Quito S.A., 2014).

En el año 2015, la Universidad Industrial de Santander, Colombia, propuso un sistema híbrido de control de iluminación en algunas de sus oficinas administrativas (He H. et al, 2014). El sistema de control híbrido dispone de un sensor de presencia, una fotocelda y un balastro electrónico de atenuación del flujo luminoso, que permiten el encendido y apagado de las luminarias. El análisis de los datos adquiridos y de las curvas de luz diaria permite calcular el ahorro de energía consumida y la reducción del coste económico.

La implementación del sistema de control permitió una reducción del consumo eléctrico, gracias al uso de luz natural, entre el 50% y 70%. Se obtuvo un ahorro adicional del 20%, debido a la coordinación con el sistema de automatización. La Figura 6, muestra el sistema de control híbrido de las luminarias implementado en (He H. et al, 2014).

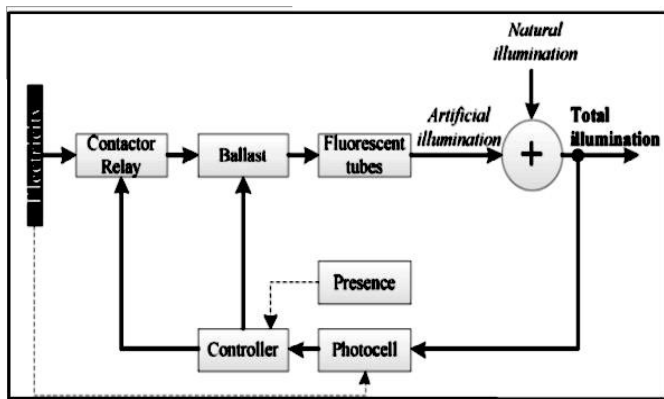


Figura 6. Diagrama de bloques del hardware del sistema de control de la iluminación (He H. et al, 2014).

#### 4. CRITERIOS DE DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA PLATAFORMA CLOUD/GIS

Las plataformas Cloud Computing representan un nuevo concepto informático asociado al uso de recursos tanto de hardware y software en forma distribuida o virtualizada. En este sentido, existen varias plataformas informáticas de código abierto que integran diferentes servicios como infraestructura, plataforma y software.

Entre los criterios de diseño e implementación de la plataforma Cloud/GIS destacan:

- Selección de la arquitectura Cloud Computing.
- Selección de la aplicación SIG.

##### 4.1 Selección de la arquitectura Cloud Computing.

Se realizó un análisis entre las principales arquitecturas de infraestructura como servicio, comparando los siguientes parámetros: seguridad, almacenamiento y escalabilidad principalmente, Tabla 2 (Sefraoui O. et al, 2012).

Tabla 2. Comparación de las plataformas Cloud (Sefraoui O. et al, 2012).

Criterios	Soluciones Cloud Computing IaaS		
	Eucalyptus	OpenNebula	OpenStack
Almacenamiento	+++++	+++	+++++
Red	++++	++++	+++++
Seguridad	++++	+++	+++++
Supervisor	++++	+++	++++
Escalabilidad	+++	++++	+++++
Instalación	++	+++	++++
Documentación	+++	+++	+++++
Código y Licencia	+++	+++++	+++++

Se seleccionó la arquitectura Open Stack, en función del control de grandes volúmenes de recursos informáticos como: almacenamiento, recursos de red, cómputo virtual, que son gestionados en forma rápida desde un dashboard, Figura 7.

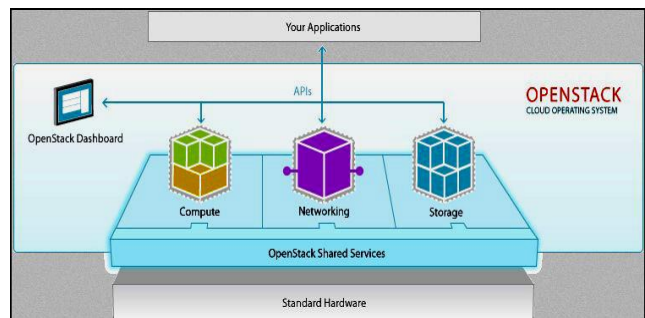


Figura 7. Servicios de plataforma inteligente Sensus (Open Stack, 2014).

Los componentes de la plataforma Open Stack sustentan la implementación de un modelo informático con elevadas prestaciones desarrollado en la Universidad Técnica de Ambato (Manzano S. et al, 2014; Manzano S. et al 2014; Manzano S. et al, 2016; Manzano S. et al, 2015; Ríos A. et al, 2015; Ayala R. et al, 2016; Molina J. I. G., 2016; Guamán J. et al, 2017, Vargas C. et al, 2017).

La topología de red desarrollada en la plataforma Cloud se presenta en forma sencilla. Así, el módulo de almacenamiento, en términos anglosajones storage, permite la inclusión de aplicaciones de sistemas de referenciación geográfica, SIG, Figura 8.

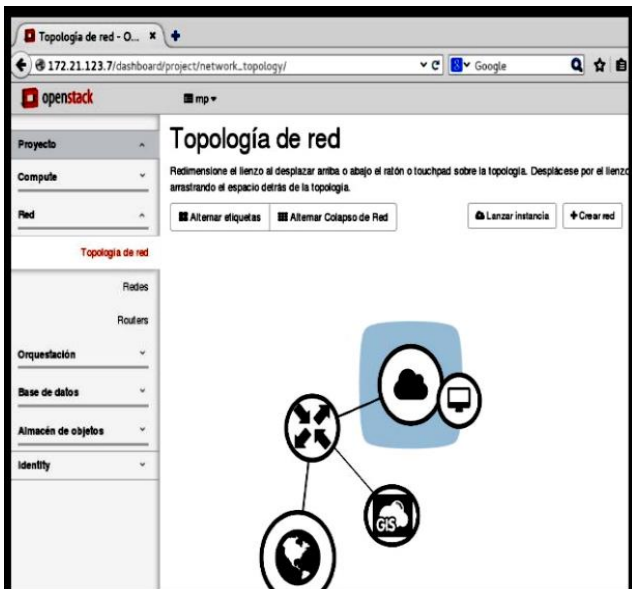


Figura 8. Topología de la plataforma Cloud/GIS.

```

1 <!DOCTYPE HTML>
2
3 <? <html>
4   <title>gis Lighting</title>
5   <meta charset="utf-8">
6   <center>
7     <h1>Sistema de Iluminación Fotovoltaico en el Alumbrado Público Gestionado a través de una Plataforma Cloud/GIS</h1>
8   </center>
9   <head>
10    <center>
11      <script type="text/javascript" src="https://www.gstatic.com/charts/loader.js"></script>
12      <script type="text/javascript" src="https://www.google.com/jsapi"></script>
13      <script type="text/javascript">
14        google.charts.load("current", {packages:["map"]});
15        google.charts.setOnLoadCallback(drawChart);
16        function drawChart() {
17          var data = google.visualization.arrayToDataTable([
18            ["Lat", "Long", "Name"],
19            [-1.2781025, -78.6251292, "Campus Huachi UTA"],
20            [-1.2369454, -78.6193604, "Campus Ingahurco UTA"],
21            [-1.3557611, -78.6187323, "Campus Querochoca UTA"]
22          ]);
23          var map = new google.visualization.Map(document.getElementById("map_div"));
24          map.draw(data, {showIP: true});
25        }
26      </script>
27    </center>
28  </head>
29  <center>
30  <body>
31    <div id="map_div" style="width: 600px; height: 450px"></div>
32  </body>
33  </html>
34
35  
36
37 </center>
38 </html>

```

Figura 9. Código de programación y visualización SIG.

#### 4.2 Selección de la aplicación SIG.

La integración de sistemas SIG en plataformas Cloud Computing permite el acceso a servicios en línea a través del enlace de red. Así, en el proceso de integración de aplicaciones SIG en las plataformas Cloud Computing se deben considerar características como: elasticidad de recursos informáticos, escalabilidad de almacenamiento automático, soporte multiplataforma. La elasticidad de los recursos informáticos permite que las actualizaciones de software sean instaladas de forma rápida y fácil sin ocasionar molestias a los usuarios.

En el presente trabajo se ha empleado la API de Google Maps, permitiendo integrar el gráfico de un mapa en la plataforma Cloud Computing empleando diferentes formatos como: Json, Javascript y plugins que se pueden integrar con varios lenguajes de programación. Así, en el código de programación se ingresan los valores de las coordenadas que se visualizarán en la plataforma Cloud/GIS, Figura 9.

Las funcionalidades de la aplicación son muy amplias, desplegando imágenes tomadas desde el satélite o un dibujo lineal en función de la programación realizada. Asimismo, el soporte multiplataforma de Google permite el trabajo compartido de varios usuarios que utilicen diferentes sistemas operativos, permitiendo una correcta visualización de la información en diversos terminales informáticos, Figura 10.

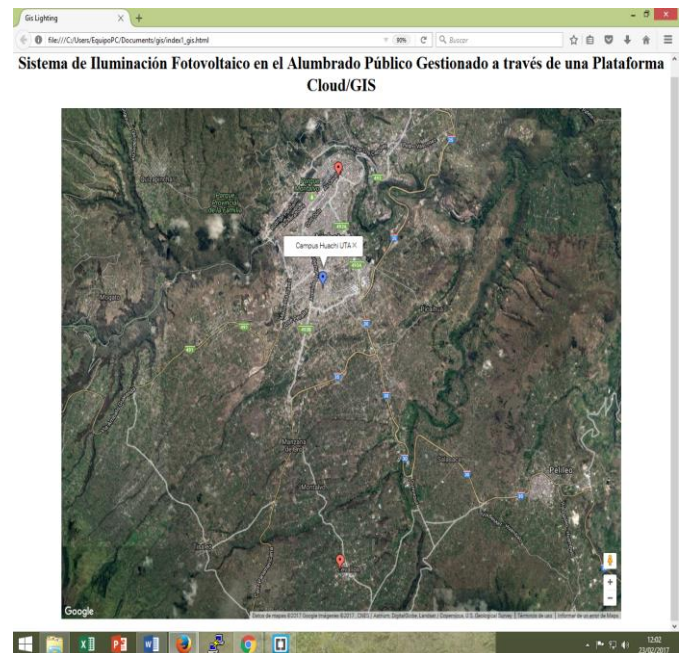


Figura 10. Visualización SIG de los puntos de control de iluminación.

## 5. CONCLUSIONES

Los sistemas de iluminación del alumbrado público presentan un excesivo consumo de energía eléctrica, elevados costos económicos e irreversibles impactos ambientales. En consecuencia, la sustitución de las luminarias convencionales de vapor de sodio existentes en Ecuador, por luminarias con tecnología LED, es una alternativa eficiente para el sistema de alumbrado público del país. Adicionalmente, un sistema de control inteligente del alumbrado público permitirá controlar el flujo luminoso de las luminarias del alumbrado público y obtener un ahorro adicional del consumo energético.

Además, la implementación de un sistema de control del alumbrado público permitiría obtener una reducción muy considerable en las pérdidas eléctricas de los sistemas de distribución. El monitoreo remoto de los sistemas de alumbrado, con ayuda de una plataforma Cloud/GIS, permitirá a los operarios acceder al sistema desde cualquier localización únicamente con un acceso a internet. Se obtienen beneficios adicionales tales como, facilidad de acceso a las herramientas y aplicaciones informáticas de la plataforma Cloud, en cualquier momento y desde cualquier lugar, permitiendo la virtualización de los recursos informáticos, optimizando su uso y disminuyendo los costos de infraestructura y mantenimiento. Además, la implementación de un editor SIG en la nube permitirá la modificación online de mapas e información referenciada por parte de grupos de trabajo.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación, SENESCYT, y al Consorcio Ecuatoriano para el Desarrollo de Internet Avanzado, CEDIA, por su especial apoyo en el desarrollo de la presente propuesta, gracias a la financiación del proyecto PROMETEO: “Evaluación Técnico-Económica y Medioambiental de la Integración de Energías Renovables y Técnicas de Diseño y Gestión Eficiente en Sistemas de Edificación y Transporte Sostenibles, Aplicación Práctica a la Ciudad de Ambato”, y del proyecto CEPRA VIII-2014- 05: “Diseño e Instalación de un Sistema Remoto de Monitoreo de Evaluación y Análisis del Comportamiento de Instalaciones Fotovoltaicas en el Ecuador”, respectivamente, de la misma manera se extiende un agradecimiento a la Dirección de Investigación y Desarrollo de la Universidad Técnica de Ambato por su apoyo al proyecto “Diseño e Implementación de un Sistema de Monitoreo Remoto de Evaluación para las Instalaciones Fotovoltaicas Aisladas de las Comunidades Amazónicas del Ecuador” .

### REFERENCIAS

Albornoz E. MEER. (2012). Instrumentos e incentivos para la promoción de eficiencia Energética. 22/10/2016, de Ministerio de Electricidad y Energía Renovable Sitio web: <http://ftp.eeq.com.ec/upload/empresas-publicas-eficientes/Eficiencia%20Energ%20E9tica%20-%20D%201/Esteban%20Albonoz%20-%20MEER.pdf>

ARCONEL Agencia de Regulación y Control de Electricidad. (2015). Estadística Anual y Multianual del sector Eléctrico Ecuatoriano. Quito: Ministerio de Electricidad y Energías Renovables.

Ayala, R., Llerena, J., Parra, P., Vega Ureta, N., Hernández, A., Romero, I., ... & Cueva, J. (2016). Segundo Congreso Salesiano de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad.

Bhat, M. A., Shah, R. M., & Ahmad, B. (2011). Cloud Computing: A solution to Geographical Information Systems(GIS). *International Journal on Computer Science and Engineering*, 3(2), 594-600.

Christiane Egger. (2014). Energy Performance Contracting for street lighting. 2014, de Energiesparverband Sitio web: [http://www.managenergy.net/lib/documents/1119/original\\_07\\_OO-ESV\\_Christiane\\_Egger\\_Streetlight\\_EPC.pdf?1404114870](http://www.managenergy.net/lib/documents/1119/original_07_OO-ESV_Christiane_Egger_Streetlight_EPC.pdf?1404114870).

Crowther, J., Herzig, C., & Feller, G. (2012). The time is right for connected public lighting within smart cities. Philips and Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG).

Del Agua, T. F. M. (2003). Informe de las Naciones Unidas, sobre el Desarrollo de los recursos hídricos en el mundo: “Agua para todos, agua para la vida”. Kioto (Japón).

Elejoste, P., Perallos, A., Chertudi, A., Angulo, I., Moreno, A., Azpilicueta, L., ... & Villadangos, J. (2012, December). Easily deployable streetlight intelligent control system based on wireless communication. In *International Conference on Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence* (pp. 334-337). Springer Berlin Heidelberg.

Empresa Eléctrica Quito S.A. (2014). Empresa Eléctrica instala iluminación LED en el Centro Histórico en su segunda fase. 22/10/2016, de PP Digital Sitio web: <http://www.ppdigital.com.ec/noticias/ciudadania/4/empresa-electrica-instala-iluminacion-led-en-el-centro-historico-en-su-segunda-fase>

Guamán, J. I., Vargas, C. L., García, M. G., & Ríos, A. (2017). Plataformas de Control Inteligente de Iluminación Interior integrados en Sistemas de Distribución LVDC. *Revista Técnica Energía*, (13).

Gutierrez-Escolar, A., Castillo-Martinez, A., Gomez-Pulido, J. M., Gutierrez-Martinez, J. M., Stacic, Z., & Medina-Merodio, J. A. (2015). A study to improve the quality of street lighting in Spain. *Energies*, 8(2), 976-994.

Halonen, L., Tetri, E., & Bhusal, P. (2010). Guidebook on energy efficient electric lighting for buildings. Espoo, Finland: Department of Electrical Engineering, Aalto University.

Harvey, L. D. (2014). Global climate-oriented building energy use scenarios. *Energy Policy*, 67, 473-487.

He, H., Zhang, F. L., & Zhang, Z. H. (2014). Adjustable Multi-Light Wireless Remote Control System Designed LED Light. In *Applied Mechanics and Materials* (Vol. 543, pp. 1250-1253). Trans Tech Publications.

Krames, M. R., Shchekin, O. B., Mueller-Mach, R., Mueller, G. O., Zhou, L., Harbers, G., & Craford, M. G. (2007). Status and future of high-power light-emitting diodes for solid-state lighting. *Journal of display technology*, 3(2), 160-175.

Lau, S. P., Weddell, A. S., Merrett, G. V., & White, N. M. (2014, November). Energy-neutral solar-powered street lighting with predictive and adaptive behaviour. In *Proceedings of the 2nd International Workshop on Energy Neutral Sensing Systems* (pp. 13-18). ACM.

Loor, R. (2012). Alumbrado público en el Ecuador. INER Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables.

Manzano, S., Peña, R., Guevara, D., & Ríos, A. (Agosto 2014). A cloud scalable platform for monitoring isolated PV systems using wireless remote sensors in Ecuador. *Proceedings ExtremeCom 2014*, ACM 978-1-4503-2929-3,4-8.

Manzano, S., Peña, R., Guevara, D., & Ríos, A. (2014, November). An Overview of Remote Monitoring PvSystems: Acquisition, Stages, Processing and Publication of Real-Time Data Based on Cloud Computing. In *13th International Workshop on Large-Scale Integration of Wind Power into Power Systems as well as on Transmission Networks for Offshore Wind Power Plants & 4th Solar Integration Workshop which will be held from*.

Manzano, S., Guevara, D., & Ríos, A. (2015). A new architecture proposal for PV remote monitoring based on IoT and cloud computing. *Renewable Energy & Power Quality Journal, RE&PQJ*.

Manzano, S., Peña-Ortiz, R., Guevara, D., & Ríos, A. (2016). Plataforma Cloud para monitoreo remoto de sistemas fotovoltaicos aislados en el Ecuador. *Maskana*, 65(Supl.).

Martínez-Verdú, F. M. (2011). Tema 3. Luminotecnia. *Ergonomía Visual*.

Molina, J. I. G. (2016). Solar Manager: Plataforma Cloud De Adquisición, Tratamiento Y Visualización De Información De Sistemas Fotovoltaicos Aislados. *Ingenius: Revista de Ciencia y Tecnología*, (15), 5-16.

OpenStack. (2014). What is OpenStack? 23/10/2016, de OpenStack project Sitio web: <https://www.openstack.org/software/>

Rahim F. Benekohal, C. Gregerson y J. Medina. (January 2015). LED Street Lighting Evaluation -Phase II: LED Specification and Life-Cycle Cost Analysis. *Illinois Center for Transportation, ICT-R27-123*, 8-72.

Ríos, A., Manzano, S., & Guevara, D. (2015). Evolución Tecnológica de los Sistemas Remotos de Monitoreo en las Instalaciones Fotovoltaicas. *Revista Politécnica*, 36(1), 78

Sefraoui, O., Aissaoui, M., & Eleuldj, M. (2012). OpenStack: toward an open-source solution for cloud computing. *International Journal of Computer Applications*, 55(3).

Task 1A. (January 31, 2015). Texas and Oklahoma Sreet Lighting Barriers Report. The South-central Partnership for Energy Efficiency as a Resource, 0, 1-8.

United Nations Environment Programme. (2010). Efficient Lighting for developing and emerging countries. 24/10/2016, de United Nations Environment Programme Sitio web: <http://www.enlighten-initiative.org/>

Vargas, C., Guevara, D., & Ríos, A. (2014). Viabilidad económica del control de la iluminación fotovoltaica en autopistas del Ecuador. *Maskana*, 37-52

Vargas Guevara, C. L. (2015). Control inteligente de iluminación fotovoltaica para autopistas en Ecuador (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones).

Vargas, C., García, M., Guevara, D., & Ríos, A. (2016). Escenarios de Integración de Sistemas Inteligentes de Iluminación Fotovoltaica en las Autopistas del Ecuador. *Revista Técnica Energía*, (12).

Vargas, C., Guamán J., Nogales R., Ríos A. (2017) "Photovoltaic Lighting System With Intelligent Control Based On Zigbee And Arduino". *International Journal of Renewable Energy Research. Journal of Energy Engineering and Power Technology Renewable Energy, IJREER*, Artículo aceptado para su publicación en el Vol. 7, Número 1, Febrero 2017.



**Katherine Rodríguez Mora.** - Nació en Ambato, Ecuador, el 26 de julio de 1992. Se graduó como bachiller en el Colegio "La Inmaculada" en el 2010. Egresada de la carrera de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, UTA.



**Carlos Luis Vargas Guevara.** - Nació en Ambato, Ecuador en 1991. Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones por la Universidad Técnica de Ambato, 2015. Desde el año 2015, trabaja en calidad de Asistente de Investigación en la Unidad Operativa de Investigación y Desarrollo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato.



**Jesús Guamán Molina.** - Nació en Latacunga, Ecuador en 1990. Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones por la Universidad Técnica de Ambato, 2015. Desde el año 2015, trabaja en calidad de Asistente de Investigación en la Unidad Operativa de Investigación y Desarrollo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato.



**Alberto Ríos Villacorta.** - Dr. Ingeniero Eléctrico por Universidad Carlos III de Madrid, 2007. Master en Energías Renovables por la Universidad Europea de Madrid, 2004. Ingeniero Eléctrico en Sistemas y Redes Eléctricas por el Instituto Politécnico de Bielorrusia, 1993. Profesor Ayudante de la Universidad Carlos III de Madrid, 1998-2001. Profesor Adjunto de la Universidad Europea de Madrid, 2001- 2014. Director Técnico del Laboratorio de Ensayos de Turbinas Eólicas y Simulaciones de parques Eólicos, Energy to Quality, 2005-2006. Director del Master Oficial de Energías Renovables de la Universidad Europea de Madrid, 2007-2011. Investigador Postdoctoral en la Universidad Técnica de Ambato desde el año 2014, Beca Prometeo, SENESCYT, Ecuador. Consultor Internacional, Especialista en Energías Renovables y Eficiencia.