

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO INTELIGENTE BASADO
EN INTERNET DE LAS COSAS PARA EL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE
POPAYÁN

PAULITA FLOR SALAZAR

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA -UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS DE TECNOLOGÍA E INGENIERÍA-ECBTI
INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

2018



UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA -UNAD

Escuela De Ciencias Básicas De Tecnología E Ingeniería-ECBTI

Desarrollo de Proyecto Aplicado-Cadena de Formación ETR

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO INTELIGENTE BASADO
EN INTERNET DE LAS COSAS PARA EL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE
POPAYÁN

PAULITA FLOR SALAZAR

CÓDIGO: 1061773123

Trabajo de Grado realizado para optar al título de Ingeniera de Telecomunicaciones

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA -UNAD

ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS DE TECNOLOGÍA E INGENIERÍA-ECBTI

INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

2018



UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA -UNAD

Escuela De Ciencias Básicas De Tecnología E Ingeniería-ECBTI

Desarrollo de Proyecto Aplicado-Cadena de Formación ETR

NOTA DE ACEPTACIÓN:

Firma del presidente del Jurado



UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA -UNAD

Escuela De Ciencias Básicas De Tecnología E Ingeniería-ECBTI

Desarrollo de Proyecto Aplicado-Cadena de Formación ETR

Ante ti señor están todos mis sueños, conoces todos mis anhelos



AGRADECIMIENTOS

A mi familia porque siempre han sido mi mayor motivación, mi mamá quien me ha enseñado que lo más valioso de la vida es el aprendizaje que logramos y quien hizo que desde niña iniciará este camino académico en el campo de la tecnología, mi papá quién siempre será mi mejor ejemplo a seguir de valores y principios y a mi hermano por ser mi mayor admirador.

Al ingeniero Harold Fernández por convencerme de que la mejor manera de mostrar mis conocimientos adquiridos en mi carrera era la realización de este proyecto.

A la ingeniera Nancy Guaca por todo el apoyo brindado durante mis estudios, por su asesoría en el desarrollo de este proyecto, por su motivación, su amistad y su incondicionalidad.

Al ingeniero Edinson Rendon Gerente del Concesionario de Alumbrado Público de Popayán, por compartir sus conocimientos para definir el enfoque técnico de este proyecto.

A mis compañeros de carrera Dayan Stiven Solarte y Edwin Dario Sotelo por haber compartido este camino académico, haber apoyado la iniciativa del desarrollo de este proyecto y por haberme brindado su amistad en todo este proceso.



TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO 1 – GENERALIDADES	1
1.1. Tema y título.....	5
1.1.1. Tema.....	5
1.1.2. Título	6
1.2. Planteamiento del Problema	6
1.3. Justificación y Alcance del proyecto	7
1.3.1. Justificación Sociocultural.....	7
1.3.2. Justificación Socioeconómica.....	7
1.3.3. Justificación Ambiental	8
1.3.4. Justificación Tecnológica	9
1.3.5. Alcance	10
1.4. Objetivos.....	11
1.4.1. Objetivo General.....	11
1.4.2. Objetivos específicos	11
CAPITULO 2– Metodología.....	12
2.1. Metodología tipo Exploratorio (Aplicada al Proyecto)	12



2.1.1.	Técnicas para la recolección de información	12
2.2.	Metodología en Cascada (Aplicada al diseño)	13
2.2.1.	Fase1-Analisis	14
2.2.2.	Fase2-Diseño	15
2.2.3.	Fase3-Evaluación.....	15
CAPITULO 3 – ESTADO DEL ARTE		16
3.1.	Sistemas de alumbrado público inteligente en Europa	16
3.1.1.	Smartcity Málaga-España.....	17
3.2.	Sistemas de alumbrado público inteligente en Asia	20
3.2.1.	Sistema energético inteligente IES de Singapur.....	20
3.3.	Sistemas de alumbrado público inteligente en Estados Unidos.....	21
3.3.1.	Alumbrado público inteligente LightGrid de San Diego.....	21
3.4.	Sistemas de alumbrado público inteligente en América Latina.....	22
3.4.1.	Alumbrado inteligente para ciudad universitaria-UNAM	22
3.5.	Sistemas de alumbrado público inteligente en Colombia.....	23
3.5.1.	Modelo de telegestión del alumbrado público EPM	23
CAPITULO 4 – MARCO REFERENCIAL.....		25
4.1.	Marco Teórico.....	25
4.1.1.	Sistema de Alumbrado Público	25



4.1.2.	Servicio de Alumbrado Público.....	25
4.1.3.	Sistema de alumbrado público inteligente:.....	26
4.1.4.	Sistema de Telegestión del servicio de Alumbrado Público	26
4.1.5.	Internet de las cosas (IoT por sus siglas en inglés Internet of Things).....	29
4.2.	Marco Legal.....	32
4.2.1.	Normas Internacionales Alumbrado Público.....	32
4.2.2.	Normas Nacionales Alumbrado Público	32
4.2.3.	Normatividad para Internet de Las Cosas.....	36
CAPITULO 5 – DISEÑO DEL NUEVO SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO.....		38
5.1.	Caracterización del lugar piloto y de la infraestructura existente.....	38
5.1.1.	Popayán La Ciudad Blanca	38
5.1.2.	Concesionario de alumbrado público de Popayán.....	39
5.1.3.	Infraestructura de alumbrado público del Centro Histórico	40
5.2.	Componentes IoT del nuevo Sistema de Alumbrado	46
5.2.1.	Sensores	47
5.2.2.	Conectividad e Interconexión.....	48
5.2.3.	Aplicaciones IoT.....	49
5.2.4.	Estándares y protocolos	51
5.2.5.	Seguridad y Privacidad.....	51



5.2.6.	Dispositivos IoT	52
5.3.	Arquitectura del sistema de alumbrado	54
5.3.1.	Subsistema de control.....	54
5.3.2.	Subsistema de Gestión.....	55
5.3.3.	Red de comunicación.....	55
5.4.	Diseño del Prototipo	56
5.4.1.	Componentes del prototipo.....	57
6.	CONCLUSIONES	65
7.	RECOMENDACIONES	67
8.	REFERENCIAS	68
9.	ANEXOS.....	72



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de Servicios Cloud para IoT. 49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Delimitación Centro Histórico.	10
Figura 2. Definición de Smart Grid.	18
Figura 3. Despliegue de Dispositivos IoT Conectados.....	31
Figura 4. Responsabilidades en la prestación del servicio de alumbrado público.	33
Figura 5. Procesos de suministro de energía en Colombia.	33
Figura 6. Mantenimiento, modernización y expansión del servicio de alumbrado público en Colombia.	34
Figura 7. Farol Colonial 6 lados de pared.	40
Figura 8. Farol de pared de 4 lados rústico.	41
Figura 9. Luminaria urbana lateral.	41
Figura 10. Luminaria esférica LED.	42
Figura 11. Foto Panorámica 1 del lugar piloto.	43
Figura 12. Foto panorámica 2 del lugar piloto.	43
Figura 13. Foto panorámica 3 del lugar piloto.	43
Figura 14. Zona Wifi Parque Caldas.	44
Figura 15. Infraestructura IoT del Nuevo Sistema de Alumbrado.	47
Figura 16. Subsistemas del Sistema de Alumbrado.	54
Figura 17. Arquitectura del Sistema de Alumbrado.	55
Figura 18. Funcionamiento del Sistema de Alumbrado.	56
Figura 19. Diseño del Prototipo.....	57



Figura 20. Modulo Sensor Luz FOTOCELDA ARD-MSLUZJ.	58
Figura 21. Modulo Sensor Corriente ACS712.	59
Figura 22. Placa Arduino ATMEGA 2560.	60
Figura 23. Relé 5 voltios.	61
Figura 24. Modulo Conexión Wifi ESP8266.	62
Figura 25. Placa de Iluminación LED Rectangular 8x12.....	62
Figura 26. Página Web Concesionario de Alumbrado Público.....	63
Figura 27. Dominio Ubidots del sistema de alumbrado.....	64
Figura 28. Dispositivos IoT en Ubidots.	64



RESUMEN

La optimización de la energía eléctrica, el uso eficiente y el consumo responsable son algunos de los objetivos principales en las ciudades inteligentes. El presente estudio exploratorio se enfoca en el diseño de un sistema de alumbrado público inteligente para el centro histórico de la ciudad de Popayán, haciendo uso de las nuevas tecnologías como son el Internet de las cosas (IoT). La zona elegida como lugar piloto es el centro histórico por su arquitectura colonial, atractivo turístico y gran afluencia de personas. Este estudio brinda la posibilidad de realizar un monitoreo permanente de la infraestructura a fin de que el sistema de alumbrado público sea eficiente y de calidad, así como propiciar en la ciudad la protección del medio ambiente. El presente proyecto va a permitir el control y gestión de cada una de las luminarias LED con las que cuenta la zona, con el uso de tecnologías inalámbricas para conservar la estética del lugar y ofrecer movilidad al usuario final del sistema. Se entrega, el diseño de la red de conexión de los dispositivos IoT (luminarias), el diseño de la red de telecomunicaciones que soporta la interconexión de sensores y controladores hasta la plataforma de control y gestión, documento del funcionamiento del sistema de gestión para la realización del monitoreo y un prototipo que valide el diseño con uso de sensores y controladores. Esta propuesta es una iniciativa para convertir a Popayán en una ciudad sostenible y llevarla hacia un modelo de ciudad inteligente.



ABSTRACT

The optimization of electric energy, efficient use and responsible consumption are some of the main objectives in smart cities. This exploratory study focuses on the design of an intelligent public lighting system for the historic center of the city of Popayán, making use of new technologies such as the Internet of Things (IoT). The area chosen as a pilot place is the historic center for its colonial architecture, tourist attraction and large influx of people. This study provides the possibility of a permanent monitoring of the infrastructure in order that the public lighting system is efficient and of quality, as well as to promote in the city the protection of the environment. This project will allow the control and management of each of the LED luminaires that the area has, using wireless technologies to preserve the aesthetics of the place and provide mobility to the end user of the system. The design of the connection network of the IoT devices (luminaires), the design of the telecommunications network that supports the interconnection of sensors and controllers to the control and management platform, document of the operation of the management system for the realization of the monitoring and a prototype that validates the design with the use of sensors and controllers. This proposal is an initiative to turn Popayan into a sustainable city and take it to an intelligent city model.



INTRODUCCIÓN

El internet de las cosas es una tecnología innovadora que está siendo implementada alrededor del mundo en los últimos años siendo actualmente una realidad que permite tener acceso a los dispositivos que utilizamos en la vida cotidiana a través de internet, en esta tecnología se basa la creación de ciudades inteligentes (Smart Cities) las cuales han evidenciado grandes beneficios en cuanto a sostenibilidad ambiental, ahorro del consumo energético, disminución de la contaminación electromagnética, desarrollo socioeconómico y mejoramiento de la calidad de vida en general. El aprovechamiento de esta tecnología se ha visto principalmente en el mejoramiento de la infraestructura de servicios públicos como lo es el alumbrado público con el objetivo de aportar al ahorro energético y la implementación de energías renovables, así mismo en el territorio colombiano se busca aportar a la Ley de Uso Racional y Eficiente de Energía establecida por el Ministerio de Minas y Energía haciendo uso de estas tecnologías para crear entornos tecnológicos que aporten al desarrollo ambiental, cultural y socioeconómico de las regiones.

Por este motivo los actuales gobiernos promueven el uso de las Tecnologías de la Información y las comunicaciones con el propósito de crear entornos seguros y atractivos para los habitantes del territorio Colombiano es así que en Popayán se apoyan estas iniciativas a pesar de no contar con recursos suficientes para la implementación, en este proyecto se elige el centro histórico de la ciudad de Popayán como lugar piloto teniendo en cuenta el compromiso misional de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia de formar profesionales que aporten al desarrollo regional, se realiza el diseño de un sistema de



alumbrado público inteligente para el centro histórico donde se respete la arquitectura colonial que caracteriza la zona sin dejar de ser una apuesta innovadora en la gestión de la infraestructura de alumbrado público del sector, el diseño utiliza internet de las cosas y una red de sensores inalámbricos que envíen información sobre los parámetros eléctricos de cada luminaria y que se tenga acceso a la información desde cualquier lugar en tiempo real y para la evaluación y validación del diseño se crea un prototipo que cumpla con todas las variables del entorno real aplicando metodología de tipo exploratorio para la investigación y metodología en cascada para cada una de las fases del diseño.



CAPITULO 1 – GENERALIDADES

1.1.Tema y título

1.1.1. Tema

En la Línea de investigación Infraestructura tecnológica y seguridad en redes de la Cadena Ingeniería Electrónica, Telecomunicaciones y Redes, el proyecto sobre el Diseño de un sistema de alumbrado público inteligente basado en internet de las cosas, se relaciona con las sub-líneas: Gestión de redes de telecomunicaciones y Arquitectura, protocolos y plataformas; ya que el desarrollo de la presente propuesta permite cumplir cada uno de los objetivos de esta línea de investigación planteados en el Marco de La Investigación en la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería-ECBTI de la UNAD (ECBTI-UNAD, 2011)

- ✓ Hacer uso de las herramientas software disponibles que permitan el diseño, administración, operación, seguridad y mantenimiento de redes para su correcto funcionamiento.
- ✓ Transferir y apropiar conocimientos y habilidades para el diseño, instalación, operación y mantenimiento de redes de última tecnología (NGN)
- ✓ Aplicar los diferentes protocolos en la infraestructura para la provisión de servicios telemáticos a los sitios desprovistos de los mismos, dirigidos a la población con mayores necesidades.



1.1.2. Título

Diseño de un sistema inteligente de alumbrado público, basado en internet de las cosas para el centro histórico de la ciudad de Popayán.

1.2. Planteamiento del Problema

El artículo 66 de la Ley 143 de 1994, establece que el ahorro de la energía, así como su conservación y uso eficiente, es uno de los objetivos prioritarios en el desarrollo de las actividades del sector eléctrico (Ministerio de Minas y Energía, 2007). Las ciudades que han migrado de un sistema de alumbrado público convencional a uno inteligente han evidenciado el ahorro energético como el principal beneficio (Medina, 2012), las ciudades como Popayán que aún cuentan con sistemas de alumbrado público convencionales carecen de control sobre la infraestructura de alumbrado. Siendo el centro histórico de la ciudad de Popayán uno de los lugares con más afluencia de personas tanto de día como de noche se propone como lugar piloto para que cuente con un nuevo sistema de alumbrado público inteligente que haga de la zona un sitio seguro y atractivo. Por tal razón, se debe buscar una solución basada en tecnologías innovadoras como lo es el IoT¹, para crear un sistema de alumbrado público inteligente que se comporte de acuerdo a las condiciones ambientales de la zona y que permita el control, gestión, planificación y mantenimiento de la infraestructura de alumbrado y así lograr un consumo energético eficiente y aportar al cumplimiento de los requerimientos para que Popayán sea una ciudad sostenible.

¹ Internet de las Cosas



1.3. Justificación y Alcance del proyecto

1.3.1. Justificación Sociocultural

El centro histórico de Popayán es un símbolo de identidad para cada uno de sus habitantes, es el signo cultural más importante de la ciudad, además de ser albergue de importantes eventos locales, nacionales e internacionales; su atractivo turístico no solo se da en épocas determinadas, si no que perdura en cualquier temporada del año, dada por sus imponentes estructuras coloniales que le dan una belleza exclusiva al sector, que además de ser un lugar preferido por los turistas, también lo es para los habitantes de la ciudad. Por eso se elige como lugar piloto para el desarrollo de la presente propuesta. Es importante resaltar que a pesar de que el diseño es innovador, respeta la estética colonial de la ciudad ya que desde el año 2009 cuando las procesiones de Semana Santa de Popayán fueron declaradas por la UNESCO como Obra Maestra del Patrimonio Oral e Inmaterial de la Humanidad no está permitido modificar la arquitectura colonial del centro histórico de la ciudad.

1.3.2. Justificación Socioeconómica

La creación de un sistema inteligente de alumbrado público es una apuesta clara para la mejora del atractivo y la habitabilidad de la ciudad de Popayán, apoyándose en un modelo de gestión más eficiente y sostenible gracias al ahorro energético que este sistema permite alcanzar, pues donde ha sido implementado se ha evidenciado hasta un setenta por ciento en las facturas de energía eléctrica. (Medina, 2012)



Santiago Olivares en el libro blanco de SMART Cities (Enerlis, Ernst and Young, Ferrovial and Madrid Network, 2012), afirma que “el éxito de la construcción de una ciudad inteligente vendrá del talento que nuestra sociedad tenga para sumar las capacidades de nuestras ciudades, nuestros ciudadanos y nuestras empresas”. Teniendo en cuenta que Popayán es una ciudad de pocos habitantes el proceso de adaptación a un ambiente inteligente puede tener más probabilidades de éxito ya que la educación y capacitación para las personas se puede realizar de una manera más sencilla y rápida sabiendo que la actual propuesta también puede aportar a que Popayán comience a ser una ciudad inteligente.

1.3.3. Justificación Ambiental

Mientras la población mundial aumenta y el crecimiento de las ciudades es completamente evidente, la sociedad no piensa en el medio ambiente ni tampoco en un consumo responsable de energía. Con el despliegue de las ciudades inteligentes (Smart Cities) se puede lograr un medio ambiente inteligente, donde se implementan nuevos sistemas de iluminación para ayudar a las poblaciones al ahorro energético y a la disminución de emisiones, ya que el alumbrado supone el 19% del consumo eléctrico mundial. En Colombia la Ley 697 de 2001 fomenta el URE². La Ley considera “el URE como asunto de interés social, público y de conveniencia nacional y fundamental para asegurar el abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad de la economía colombiana, la protección al consumidor y la promoción del uso de energías no

² *Uso Racional y Eficiente de Energía*



convencionales de manera sostenible con el medio ambiente y los recursos naturales.”

(Ministerio de Minas y Energía, 2014)

1.3.4. Justificación Tecnológica

El plan de gobierno ejecutado actualmente en la ciudad de Popayán, Viva el Cambio (2016-2019), tiene como propósito principal crear una ciudad sostenible, y uno de sus objetivos es “mejorar la calidad y cobertura de los servicios públicos para crear entornos seguros haciendo uso de las nuevas tecnologías disponibles”. Para convertir al sector histórico en un lugar mucho más atractivo y seguro se propone que la zona cuente con un nuevo sistema de alumbrado público, porque el actual carece de un sistema de control sobre sus instalaciones, que permita un monitoreo permanente para que el alumbrado sea eficiente y de calidad. Por tal razón se propone buscar una solución basada en tecnologías innovadoras ya implementadas como lo es el Internet de las cosas, para crear un sistema que permita el control, gestión, planificación y mantenimiento en tiempo real de la infraestructura y así lograr un consumo energético eficiente y comenzar a crear una ciudad sostenible. Roberto Tovar Medina maestro del IIMAS³ de la UNAM⁴ afirma que “Migrar de un sistema de iluminación tradicional a un sistema de alumbrado inteligente permitiría ahorros en la factura de energía eléctrica de hasta 70 por ciento, ya sea que este sistema se instale en una casa, en una fábrica o en la vía pública” Además señala que entre las principales ventajas están; un sustancial ahorro de energía, la reducción de los costos de

³ Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas

⁴ Universidad Nacional Autónoma de México

mantenimiento, además de los beneficios de hacer un uso más racional de los recursos, aprovechando la tecnología existente (Medina, 2012).

Países como Noruega, La India, Estados Unidos, Dinamarca, Holanda entre otros ya cuentan con sistemas de alumbrado público inteligente y reportan estos beneficios.

1.3.5. Alcance

En el diseño propuesto se propone como lugar piloto el centro histórico de la ciudad de Popayán (Figura1) comprendido entre la Calle segunda hasta la Calle octava y entre la Carrera tercera hasta la Carrera novena, abarcando los principales parques, iglesias, museos, hoteles, teatros, entidades gubernamentales, bancos y sitios comerciales de la ciudad.

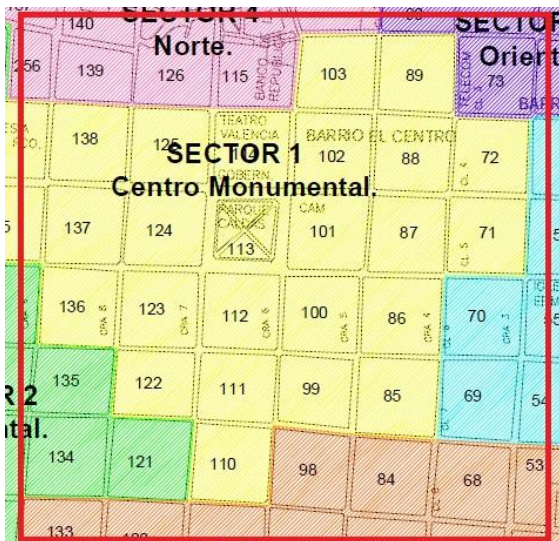


Figura 1. Delimitación Centro Histórico.

Fuente: (Secretaria de Planeación, Municipio de Popayán, 2017)

Se entregará documentado el diseño del subsistema de control y gestión de acuerdo con los requerimientos que permita la implementación de la solución por parte del

Concesionario de alumbrado público de Popayán, entidad responsable de la incorporación de los avances tecnológicos para lograr la eficiencia energética y la calidad de iluminación en la ciudad.

El prototipo a entregar tendrá las condiciones de simulación del entorno real y la respuesta del sistema, con capacidad de adaptación frente al cambio de variables.

1.4.Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Diseñar un sistema inteligente de alumbrado público, basado en Internet de las Cosas, para el centro histórico de la ciudad de Popayán.

1.4.2. Objetivos específicos

- Analizar el estado del arte del alumbrado público, revisión de las tecnologías disponibles para el diseño del nuevo sistema de alumbrado.
- Diseñar la arquitectura del sistema inteligente de alumbrado para el centro histórico de la ciudad de Popayán, que incluya el subsistema de control y de gestión.
- Proponer un prototipo de la solución planteada en el proyecto que permita validar la solución propuesta.

CAPITULO 2– Metodología

2.1. Metodología tipo Exploratorio (Aplicada al Proyecto)

La metodología aplicada al proyecto de investigación, teniendo en cuenta que el tema hay pocas experiencias documentadas sobre el diseño, se aborda una investigación de tipo exploratorio, se pretende “examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se han abordado antes” (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006)

La metodología de tipo exploratorio contempla esencialmente 2 tipos de acciones:

Primero el estudio de la documentación, que se refiere a la construcción del trabajo realizado por otros: revisión de archivos, informes, estudios y otro tipo de documentos o publicaciones. Segundo los contactos directos con la problemática a estudiar que se pueden realizar después o simultáneamente con la revisión de la documentación. Probablemente, solo una pequeña parte del conocimiento y la experiencia existente se encuentre en forma escrita. (Cauas, 2015)

2.1.1. Técnicas para la recolección de información

Teniendo en cuenta la delimitación y alcance de la presente propuesta se hace necesario realizar una visita de campo a la zona por eso se recurre a los métodos observacionales, los niveles de análisis de la técnica de observación necesaria son de artefactos, sistemas y de organizaciones. “La observación configura una de las técnicas más habitualmente usadas en la investigación, pero, al igual que otras estrategias, emplea instrumentos propios para el registro de los datos” (León y Montero, 1993)



Con la visita de campo se conoce el estado de la infraestructura del sistema de alumbrado público de la ciudad, además se deja un registro fotográfico para determinar las características propias del estado actual del sistema de alumbrado. También se observa al personal de la organización encargada en el momento en que realizan labores de la gestión del sistema de alumbrado para poder inferir sobre el estado y modo de trabajo de dicha organización.

Para conocer más información de distintas fuentes sobre el estado actual de la infraestructura del sistema de alumbrado se recurre al método de la entrevista; Según Palencia M; la entrevista es una técnica muy utilizada como estrategia para la recolección de la información. Se define como la reunión concertada entre dos o más personas que ocurre al establecer un diálogo, a través del cual se identifica y reconoce de la opinión, postura o conocimiento sobre un cierto fenómeno tema determinado. (Palencia, 2009)

Se diseña un cuestionario (ANEXO A) con preguntas específicas que permitan conocer las características y estado del sistema de alumbrado público en el centro histórico de Popayán, esta entrevista va dirigida al gerente del Concesionario de Alumbrado Público de Popayán, entidad encargada de la gestión y mantenimiento de las instalaciones de alumbrado en la Ciudad, quien tiene todo el conocimiento sobre el funcionamiento de la entidad y sobre las actividades que debe desarrollar.

2.2. Metodología en Cascada (Aplicada al diseño)

Para el diseño de la presente propuesta se utilizó la metodología de tipo Cascada (INTECO, 2009) por su gran facilidad de aplicación, siguiendo un modelo lineal

secuencial, ajustándose y permitiendo gestionar, controlar y abordar cada una de las fases propuesta en el proyecto. Esta metodología se adapta perfectamente en escenarios donde se encuentren claramente definidos los requerimientos y las herramientas a utilizar, de igual manera es utilizada en casos donde no se presente simultaneidad durante las fases y cambios significativos que provoquen retroceder de una a otra.

La metodología de tipo cascada está orientada comúnmente en abordar procesos de desarrollo de software, sin embargo, no significa que solo pueda ser utilizada para este tipo de escenarios, teniendo en cuenta el gran potencial que este tipo de metodología permite y por su gran sencillez se tomó la decisión de utilizarla como referencia para la presente propuesta. Aunque la metodología de tipo cascada genera signos poco visibles hasta que no se realice una entrega final, no es motivo para indicar que no es la adecuada, por su gran rigidez durante el desarrollo de cada fase permite disminuir la presencia de errores, logrando pasar de una fase a otra cumpliendo con lo requerido.

Las fases y tareas a realizar para el diseño de la presente propuesta son las siguientes:

2.2.1. Fase1-Analisis

En esta fase se realiza una consulta bibliográfica sobre las temáticas que abarcan el proyecto, la normatividad correspondiente además del diagnóstico de la infraestructura con la que cuenta la ciudad actualmente.

F1A1: Elaborar el estado del arte del contexto tecnológico del proyecto.

F1A2: Diagnosticar el estado actual de la infraestructura de alumbrado público del centro histórico de la ciudad de Popayán



F1A3: Consultar las tecnologías disponibles para el diseño del nuevo sistema de alumbrado

F1A4: Estudiar la normatividad vigente que aplica al diseño del nuevo sistema de alumbrado.

F1A5: Consultar tipos de herramientas hardware y software que permitan la creación de un prototipo para validar la solución planteada

2.2.2. Fase2-Diseño

En esta fase se realizan todas las actividades que corresponden al diseño de los elementos que componen el nuevo sistema de alumbrado público.

F2A1: Seleccionar los componentes tecnológicos más adecuados para el diseño del nuevo sistema de alumbrado de acuerdo con los hallazgos de la fase anterior.

F2A2: Diseñar la red de telecomunicaciones que soporta la conectividad del proyecto.

F2A3: Diseñar el subsistema de control de la solución.

F2A4: Diseñar el subsistema de gestión de la solución.

F2A5: Proponer un prototipo que permita verificar el funcionamiento de la arquitectura del nuevo sistema de alumbrado.

2.2.3. Fase3-Evaluación

En esta fase se realiza la validación del diseño del sistema propuesto mediante un prototipo.

F3A1: Evaluar el funcionamiento del prototipo creado para determinar las posibles falencias y realizar las correcciones pertinentes de la fase de diseño

CAPITULO 3 – ESTADO DEL ARTE

En el reporte de la UIT del año 2005 se define al internet de las cosas como “Una promesa de un mundo de dispositivos interconectados que proveen contenido relevante a los usuarios” (International Telecommunication Union, 2005); así el contenido relevante que se debe entregar en el sistema de alumbrado público inteligente es la información que recogen cada uno de los sensores que poseen las luminarias, el tener acceso a esta información de manera remota y en tiempo ha traído grandes beneficios para las ciudades que los han implementado principalmente el ahorro energético; convirtiéndolas en territorios pioneros en implementar sistemas para transformarse en ciudades inteligentes.

3.1.Sistemas de alumbrado público inteligente en Europa

(ENDESA, 2010)En el año 2007 la Unión Europea en pro de la lucha por el cambio climático y por lograr la eficiencia energética sostenible, establece el plan energético 20-20-20 con los siguientes objetivos:

- Disminuir los gases de efecto invernadero en un 20% en relación con los niveles en 1990
- Lograr la eficiencia energética, con un ahorro del 20% en el consumo energético para el año 2020
- Lograr que el 20% de la energía tenga origen de fuentes renovables

Para conseguir alcanzar estos objetivos la Unión Europea lanza el SET Plan en donde se establecen las hojas de ruta para las distintas tecnologías necesarias en este proyecto. En necesidad de la consecución de los objetivos 2020 distintas ciudades en el

continente europeo comienzan a implementar las nuevas tecnologías que principalmente permitan el ahorro energético y la incorporación de fuentes de energía renovables. A continuación, se describen algunos de los proyectos de sistemas de alumbrado público inteligente más importantes en Europa.

3.1.1. Smartcity Málaga-España

(ENDESA, 2010)Málaga es uno de los mejores ejemplos de implementación de nuevas tecnologías para la eficiencia energética y un verdadero modelo de ciudad inteligente y sostenible ya que el principal objetivo de este proyecto es reducir las 6000 toneladas de emisiones de CO2 anuales y la disminución del consumo energético en un 20%; en cumplimiento de los retos 20-20-20 de la Unión Europea la empresa Endesa opta por el uso de las tecnologías Smart Grid que se describen en la figura 2.

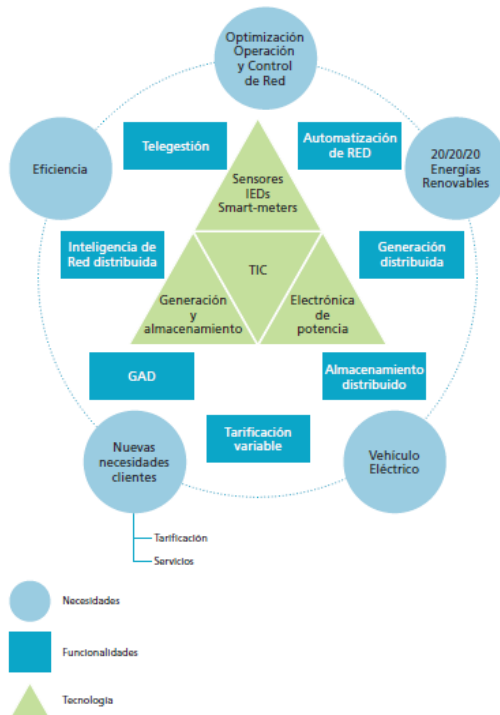


Figura 2. Definición de Smart Grid.

Fuente: (ENDESA, 2010)

La red Smart Grid del proyecto SmartCity Málaga se caracteriza por:

- Ser automatizada y monitoreada.
- Fiable y robusta
- Telemetría y telegestión
- Interactiva con los usuarios
- Permitir el uso de tarifas dinámicas
- Óptimo funcionamiento para el correcto aprovechamiento de los recursos
- Predictiva antes que reactiva
- Gestión descentralizada y en tiempo real



- Sistemas y servicios integrales
- Seguridad para ataques físicos y cibernéticos
- Flujos energéticos multidireccionales

Principales resultados del proyecto SmartCity Malaga

Aumento del uso de energías renovables: la utilización de fuentes de energía limpias contribuye al aprovechamiento de la nueva infraestructura de distribución y a la disminución de las pérdidas de energía. Entre los años 2012 y 2013 el uso de fuentes de energías renovables aumento mensualmente en un 15% promedio.

Disminución de emisiones de CO₂: El proyecto ha logrado una reducción del 20% de las emisiones cumpliendo con su objetivo de reducir 6000 toneladas anuales de CO₂ estos resultados son la evidencia clara del aporte que genera este proyecto al medio ambiente para construir un territorio sostenible.

Mejora de la eficiencia energética: la tecnología SmartGrid y las fuentes de energía renovables han permitido una disminución del consumo eléctrico en el sistema de alumbrado público, disminución de la demanda por parte de las pequeñas empresas que accedieron a tener fuentes de energía limpias, la telegestión y el permanente monitoreo ha contribuido a evaluar el ahorro energético logrado gracias a toda la información que entrega a los usuarios del sistema.

3.2. Sistemas de alumbrado público inteligente en Asia

Una de las mayores inversiones que se ha realizado en este continente para lograr un territorio sostenible ha sido la del gobierno de Singapur para así generar una mejor calidad de vida para sus habitantes.

3.2.1. Sistema energético inteligente IES de Singapur

(Pozas, 2017) El IES de la ciudad de Singapur permite una reducción del consumo energético en un 3% a través del flujo bidireccional en la red eléctrica y tiene como objetivo principal probar y desarrollar nuevas tecnologías en soluciones de redes inteligentes.

La infraestructura de este proyecto cuenta con más de 4500 contadores inteligentes que están ubicados en espacios residenciales, comerciales e industriales, cuenta con redes de comunicaciones inteligentes de fibra óptica de alta velocidad y es un sistema de infraestructura AMI que permite la medición remota para la caracterización de los hábitos de consumo de los usuarios para que así aprenda a adoptar nuevos hábitos para lograr una eficiencia energética y sostenible.

El proyecto piloto también cuenta con integración DER, para lograr reducir al máximo las pérdidas técnicas debidas al transporte y a la distribución, gracias al acercamiento de los puntos de generación a los consumidores. La integración DER también permite mitigar el efecto de la intermitencia de las fuentes de generación renovables al combinar de forma equilibrada multitud de fuentes diversas y una de sus principales ventajas es la

optimización para las inversiones futuras de las redes eléctricas al desplegar alta tecnología en redes de media y baja tensión.

3.3.Sistemas de alumbrado público inteligente en Estados Unidos

(Serre, 2017)San Diego, California será la primera ciudad de Estados Unidos en conectar su infraestructura de alumbrado público a internet gracias a un sistema de iluminación inteligente además de ser la ciudad con más tecnología IoT por su sistema de alumbrado público inteligente.

3.3.1. Alumbrado público inteligente LightGrid de San Diego

El gobierno de esta localidad del estado de California en asocio con la empresa GE Lighting quien desarrollara el nuevo sistema donde se van a reemplazar 14000 puntos de luz por luminarias LED que cuentan con GPS y tecnologías inalámbricas que permitan calcular y gestionar el consumo energético.

LightGrid es un sistema que permite controlar de manera remota y mediante comunicaciones inalámbricas, la iluminación de las calles, carreteras y espacios exteriores mediante un sistema de gestión central vía web para administrar cada luminaria de manera individual. Se desplegarán 3200 sensores los cuales recogerán la información del entorno y la enviaran al sistema integral de hardware y software para su análisis correspondiente y así las luminarias actúen de acuerdo con (EPM-Empresas Públicas de Medellín, 2017) (EPM-Empresas Públicas de Medellín, 2017) ciertas condiciones, como el tráfico, condiciones meteorológicas, el sistema también permitirá medir de manera precisa y exacta la energía consumida por cada luminaria y se pagará por el consumo real.

Algunos de los principales resultados que se esperan, son lograr una reducción del 60% del consumo energético y la disminución total de gases de efecto invernadero, reducción de la contaminación lumínica y el aumento de la vida útil de cada una de las luminarias.

3.4.Sistemas de alumbrado público inteligente en América Latina

(Medina, 2012)Un grupo de ingenieros del IIMAS de la UNAM trabajan en el desarrollo de un sistema de alumbrado público inteligente en la ciudad universitaria, el costo de inversión económica del proyecto es considerablemente y equivale al costo anual del consumo energético del campus universitario.

3.4.1. Alumbrado inteligente para ciudad universitaria-UNAM

El equipo encargado del proyecto inicio con un circuito de prueba llamado C192A que cuenta con 5 luminarias y permite dotar de un sistema de alumbrado público inteligente a todo el campus, cuenta con una página web donde se puede ver el estado de cada una de las luminarias y un mapa georreferenciado. En este sistema, las luminarias se comunican entre sí de forma inalámbrica, por medio de señales de radio, y después se conectan a Internet, por lo que es posible la administración remota del sistema. Las luminarias se comunican mediante radios de baja potencia, cuyo costo es muy económico por ser de uso común.

Estaría equipado con un sistema de diagnóstico, que permita identificar la operación de sus propios componentes. El propósito es que cada uno de éstos envíe una señal a un centro de control para diagnosticar cualquier falla.



Las líneas de diagnóstico, utilización y ahorro de energía prevén la creación de una base de datos para analizar los patrones de consumo en los edificios de CU y buscar un ahorro de entre 20 y 30 por ciento.

3.5.Sistemas de alumbrado público inteligente en Colombia

En Colombia aún no se tenían pilotos de ciudades inteligentes a pesar de que los planes de gobierno han dado prioridad a la implementación de nuevas soluciones tecnológicas, solo hasta ahora cuando EPM decide adelantar un prototipo piloto de telegestión del alumbrado público en la ciudad de Medellín

3.5.1. Modelo de telegestión del alumbrado público EPM

(EPM-Empresas Públicas de Medellín, 2017)EPM realiza el piloto de telegestión de alumbrado público controlando 4000 luminarias siendo el más grande de Colombia y avanzando hacia la construcción de una ciudad inteligente. El Gerente General de EPM, Jorge Londoño De la Cuesta, indicó que “entre los beneficios de la telegestión se encuentran: la reducción de costos en mantenimiento, la operación y control del sistema en tiempo real, la disponibilidad del servicio, el acceso a reportes e históricos y el uso eficiente de la energía”.

Este proyecto de telegestión posibilita, por ejemplo, el prendido y apagado de zonas de la ciudad de manera remota, cuando se requiera menor iluminación, siempre y cuando se cumpla con la legislación y las normas en materia de alumbrado público. También se puede disminuir la intensidad de la luz en un sector en el que se tenga autorizada determinada actividad o espectáculo público. Haciendo una comparación, opera de la misma forma



como cuando se tiene un regulador de intensidad luminosa en el hogar. Todo esto se enfoca a la eficiencia energética y a un consumo racional de energía.

La telegestión es, además, una herramienta valiosa para el mantenimiento de las luminarias, ya que se pueden anteceder los sostenimientos, al conocer en tiempo real el estado de la bombilla LED y su vida útil.

Igualmente, el sistema envía alertas cuando detecta una falla en la iluminación y de esta manera se pueden programar las cuadrillas para una pronta atención del incidente, disminuyendo los posibles impactos en la comunidad. Este sistema de alertas tempranas ayuda a agendar labores de mantenimiento y reparación de día para que, en la noche, cuando deba encenderse el alumbrado público la infraestructura funcione correctamente.

Este piloto se convierte en un paso importante en la integración del alumbrado público a los sistemas de redes de distribución eléctrica inteligentes (smartgrid).

CAPITULO 4 – MARCO REFERENCIAL

4.1. Marco Teórico

4.1.1. Sistema de Alumbrado Público

(Ministerio de Minas y Energía, 2010)El RETILAP⁵ define el sistema de alumbrado público como el conjunto de luminarias, redes eléctricas, transformadores de uso exclusivo y en general, todos los equipos necesarios para la prestación del servicio de alumbrado público, que no formen parte de las redes de uso general del sistema de distribución de energía eléctrica.

Así mismo el RETILAP también describe que es el Servicio de alumbrado público como uno de los servicios públicos con los que se cuenta en la mayoría del territorio colombiano.

4.1.2. Servicio de Alumbrado Público

(Ministerio de Minas y Energía, 2010)Es el servicio público no domiciliario que se presta para proporcionar exclusivamente la iluminación de los bienes de uso público y demás espacios de libre circulación con tránsito vehicular o peatonal, dentro del perímetro urbano y rural de un Municipio o Distrito. El servicio de alumbrado público comprende las actividades de suministro de energía al sistema de alumbrado público, la administración, la operación, el mantenimiento, la modernización, la reposición y la expansión del sistema de alumbrado público.

⁵ *Reglamento Técnico de Instalaciones de Alumbrado Público*



4.1.3. Sistema de alumbrado público inteligente:

(Medina, 2012) Roberto Tovar Medina investigador del IIMAS de la UNAM un sistema de alumbrado público inteligente es un sistema donde se tiene control y gestión remota de las luminarias que lo conforman, es decir el usuario tiene la posibilidad de administrar cada una de las luminarias de manera remota gracias a la telegestión del sistema. Esto conlleva a tener en cuenta otros conceptos.

(Acevedo, 2010) Jose Suarez Acevedo en su artículo titulado “Marco Teórico de la Telegestión del Servicio de Alumbrado Público” define algunos de los conceptos más importantes que se deben tener en cuenta para el diseño de la presente propuesta, descritos a continuación:

4.1.4. Sistema de Telegestión del servicio de Alumbrado Público

(Acevedo, 2010) Este sistema permite gestionar automáticamente, cumpliendo con unos protocolos de operación y estándares de calidad, la supervisión y control de forma remota, y facilita la programación de trabajos que requieren la prestación de un servicio. Para realizar la telegestión de un sistema de alumbrado público, es necesario conocer el estado de las instalaciones, de las bases de datos de la información de la infraestructura y de la información de la prestación del servicio.

Beneficios de la telegestión del servicio de alumbrado público: (Acevedo, 2010)

- Optimización de los costos de mantenimiento
- Uso Racional y Eficiente de Energía
- Valor agregado para la atención al Cliente



- Mejora de la percepción de la ciudadanía sobre la calidad del servicio

Procedimientos de operación del servicio de Alumbrado Público que se modifican con la Telegestión

Teniendo en cuenta los beneficios de la telegestión del servicio de alumbrado público, algunos procedimientos deben cambiar y ya no se realizan de la forma tradicional, debido a estos nuevos servicios:

Gestión centralizada y controlada: (Acevedo, 2010)

Con el monitoreo permanente de las luminarias se puede supervisar y controlar en tiempo real de la infraestructura de manera centralizada. El sistema permite la obtención y elaboración de datos sobre instalaciones, fichas técnicas, e infraestructura en general entregando información gráfica, archivos históricos e informes sobre:

- Fallas técnicas del servicio.
- Información que permite programar las labores de mantenimiento preventivo o correctivo.
- Niveles de consumo de energía.
- Programación de los niveles de iluminación deseados en las zonas teniendo en cuenta las condiciones del entorno y requerimientos previamente establecidos.

Con esto se puede dar cumplimiento a lo que se establece el RETILAP en la sección 210.1.c: “En los proyectos nuevos o remodelaciones de sistemas de iluminación de avenidas, grandes áreas o parques deportivos, donde se tienen altos consumos de energía, se debe considerarla posibilidad de reducir los consumos en las horas de baja circulación de



personas o vehículos, mediante la instalación de tecnologías o prácticas apropiadas de control” (Ministerio de Minas y Energía, 2010)

Seguimiento del estado de los elementos del sistema de alumbrado (Acevedo, 2010)

Con la telegestión se puede disponer de información en tiempo real sobre el estado de los elementos que componen el sistema de alumbrado público esto permite aprovechar al máximo la vida útil de los mismos, con un seguimiento de cada luminaria podemos conocer las fechas en que deben cambiarse las luminarias por la disminución de su eficacia o por el final de su vida útil, facilitando así las labores de mantenimiento.

Módulos para la telegestión de un sistema de alumbrado público (Acevedo, 2010)

Cada módulo que conforma este sistema se puede considerar como un nivel, se agrupan 3 niveles:

Nivel 1 – Puntos de Luz: Corresponde al dispositivo de control que es instalado dentro de cada una de las luminarias y que proporciona información sobre el estado de las luminarias, eventuales fallas, todos estos datos que hacen que las labores de mantenimiento, la calidad del servicio, el ahorro energético y la seguridad del alumbrado sean más eficientes.

Nivel 2 – Módulo de control: En el segundo nivel se realiza el control de los circuitos de las instalaciones del servicio, se recibe la información de cada una de las luminarias, son analizados los datos de los parámetros eléctricos, gestiona el ahorro energético, y se registran todas estas acciones realizadas. Cada módulo debe controlar hasta 250 luminarias y debe almacenar hasta 2500 eventos.

Nivel 3 – Centro de control: Se ubica en el centro o sala de control y es donde se puede realizar la gestión de cada una de las luminarias, debe contar con la infraestructura de hardware y software para poder tener comunicación con los niveles inferiores, a través de los protocolos de comunicación establecidos, el equipo computador que se encuentre aquí debe ser el servidor principal que recibe toda la información del sistema y debe tener comunicación permanente con los otros 2 niveles, debe almacenar el software de gestión, conformando así el core principal del sistema.

4.1.5. Internet de las cosas (IoT por sus siglas en inglés Internet of Things)

(Evans, 2011) Dave Evans realizó un informe técnico sobre el Internet de las cosas (IoT), como la próxima evolución de internet que lo cambia todo donde se destacan los siguientes conceptos.

Características del Internet de las Cosas (International Telecommunication Union, 2005)

- Uso de mecanismos centralizados y descentralizados según la aplicación.
- La gestión de identidad, entendiéndola como identidad de las personas, los objetos o grupos de objetos.
- Aplicaciones basadas en el contexto, según la identidad, ubicación e instante donde es compartida o usada la información.
- La movilidad tanto de dispositivos como de personas u objetos.

Principios de Internet de las Cosas (International Telecommunication Union, 2005)



UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA -UNAD

Escuela De Ciencias Básicas De Tecnología E Ingeniería-ECBTI

Desarrollo de Proyecto Aplicado-Cadena de Formación ETR

- La seguridad de las aplicaciones tanto a nivel de información como de los mecanismos habilitadores.
- Asequibilidad, relacionada con los costos de infraestructura, las posibilidades de competencia, estándares abiertos y aspectos de Propiedad Intelectual definidos.
- Previsibilidad tanto como elemento de confianza de la red como de privacidad de la información y el contexto.
- Resiliencia, entendida como la capacidad de recuperación y adaptación ya sea ante fallo o modificaciones del contexto.
- Escalabilidad, entendida como la capacidad de aumentar sus capacidades ya sea en objetos o mecanismos habilitadores.

¿Qué es y cómo funciona el IoT?

El internet de las cosas se refiere a la interconexión digital de una variedad de objetos cotidianos, basados en el principio de que cada objeto posee conexión directa a Internet, en términos técnicos consiste en integrar una serie de componentes electrónicos que permitan la conectividad a internet.

Los objetos inteligentes funcionan bajo tres pilares fundamentales:

- Componentes Computacionales que permitan procesar la información
- Sensores que permitan obtener la información física del entorno y convertirla en información procesable digitalmente.
- Actuadores que son dispositivos electrónicos que permiten modificar o generar un efecto sobre la información física del entorno.

Aplicaciones del IoT

- Sostenibilidad ambiental
- Salud y medicina
- Agroindustria
- Movilidad
- Seguridad

El avance del Internet de las cosas desde sus inicios cuando Kevin Aston creó esta tecnología ha sido muy evidente, es así que una estadística de Cisco Systems muestra que desde el año 2006 la cantidad de dispositivos conectados es superior a la población mundial, y que para el año 2020 se tendrá aproximadamente 50 mil millones de dispositivos conectados.

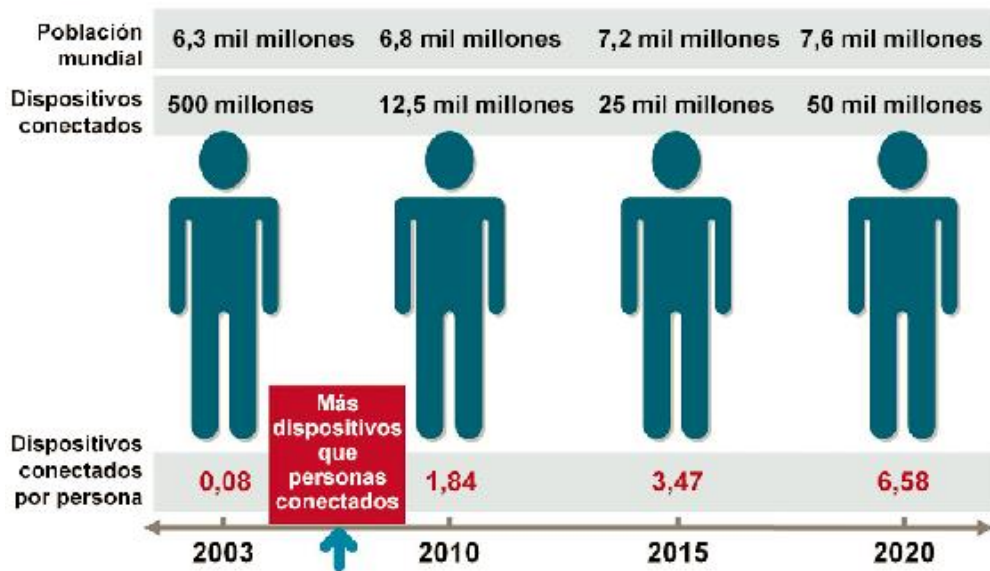


Figura 3. Despliegue de Dispositivos IoT Conectados.

Fuente: Cisco Systems



4.2.Marco Legal

4.2.1. Normas Internacionales Alumbrado Público

A nivel internacional existen distintas entidades que establecen normatividad para las instalaciones del servicio de alumbrado público y son comprendidas por las Directivas y Reglamentos de la Unión Europea, la legislación española, las normas UNE y publicaciones de la Comisión Internacional de Iluminación (CIE), así como las normas de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), entre otras como la mayoría de esta normatividad es Europea las normas nacionales existentes en Colombia no se basan directamente sobre estos estatutos.

4.2.2. Normas Nacionales Alumbrado Público

Toda la normatividad que rige la prestación del servicio de alumbrado público es controlada por el Ministerio de Minas y Energía y es quien establece las responsabilidades en cuanto a administración, operación, mantenimiento, modernización y expansión del servicio le corresponden a cada municipio, es decir deben ser las alcaldías municipales quienes establezcan el desarrollo de la prestación del servicio de una manera eficaz y eficiente cumpliendo con la normatividad que rige estos servicios, así se describe en la figura 6.



Figura 4. Responsabilidades en la prestación del servicio de alumbrado público.

Fuente: (Unidad de Planeación Minero Energética UPME, 2007)

De la misma manera el Ministerio de Minas y Energía establece los procedimientos para el suministro de energía, el mantenimiento, modernización y expansión del servicio y finalmente el cobro del mismo, tal como se describe a continuación:

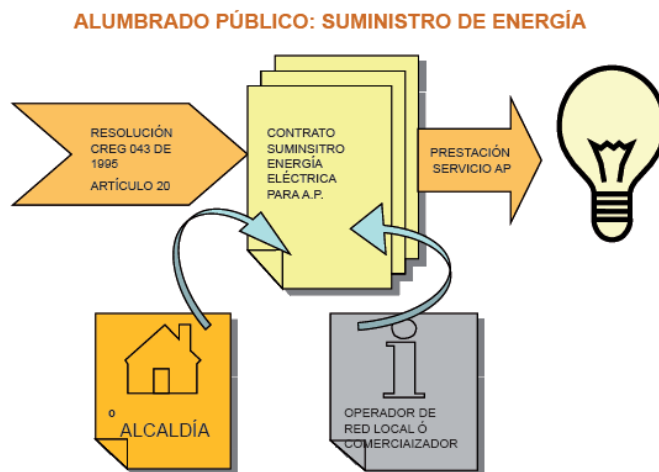


Figura 5. Procesos de suministro de energía en Colombia.

Fuente: (Unidad de Planeación Minero Energética UPME, 2007)

ALUMBRADO PÚBLICO: MANTENIMIENTO-MODERNIZACIÓN-EXPANSIÓN

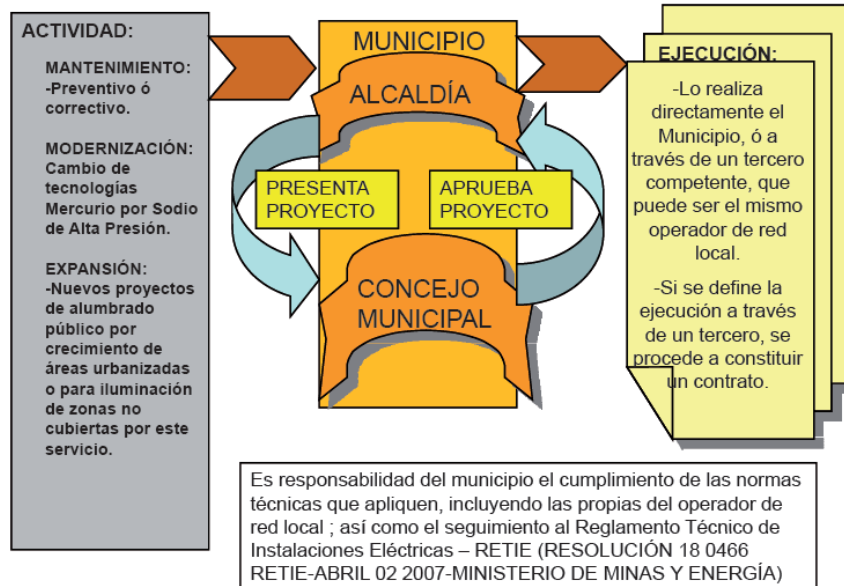


Figura 6. Mantenimiento, modernización y expansión del servicio de alumbrado público en Colombia.

Fuente: (Unidad de Planeación Minero Energética UPME, 2007)

Teniendo en cuenta lo descrito anteriormente la alcaldía de la ciudad de Popayán a través de su departamento de planeación lleva a cabo la administración del servicio con el Concesionario de Alumbrado Público de Popayán y el suministro eléctrico está a cargo del operador local, Compañía Energética de Occidente, estas entidades acogen toda la normatividad establecida en el Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público RETILAP, expedido por el Ministerio de Minas y Energía, mediante resolución 18-1331 del 6 de agosto de 2009 y posteriormente complementado por el anexo general de la resolución 18-0540 del año 2010; la cual tiene por objeto fundamental establecer los requisitos y medidas que deben cumplir los sistemas de iluminación y alumbrado público,

tendientes a garantizar: los niveles y calidades de la energía lumínica requerida en la actividad visual, la seguridad en el abastecimiento energético, la protección del consumidor y la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos originados por la instalación y el uso de sistemas de iluminación. (Ministerio de Minas y Energía, 2010)

El Reglamento establece las reglas generales que se deben tener en cuenta en los sistemas de iluminación interior y exterior, y dentro de estos últimos, los de alumbrado público en el territorio colombiano, inculcando el uso racional y eficiente de energía (URE) en iluminación. En tal sentido señala las exigencias y especificaciones mínimas para que las instalaciones de iluminación garanticen la seguridad y confort con base en su buen diseño y desempeño operativo, así como los requisitos de los productos empleados en las mismas.

El diseño de iluminación se define como la búsqueda de soluciones que permitan optimizar la relación visual entre el usuario y su medio ambiente; partiendo de esto y constituyendo el documento, encontramos en el capítulo 2, sección 200 y 210, algunos de los aspectos más relevantes para llevar a cabo el presente proyecto, el cual habla sobre los requisitos, requerimientos y sus generalidades para el diseño de un sistema de iluminación; siendo guía en cada etapa sobre el proceso de diseño de iluminación, como son: Análisis de proyecto, Planificación básica y el Diseño detallado, el cual es obligatorio para un área mayor a 500 m². (Ministerio de Minas y Energía, 2010)

Desde el punto de vista técnico, y considerando el diseño, construcción, mantenimiento y gestión del alumbrado público, una importante referencia técnica es la Norma Técnica Colombiana NTC 900 “Reglas generales y especificaciones para el

alumbrado público 2006-10-25”); la cual contiene información detallada respecto a los requisitos de niveles de iluminación, y las metodologías para medir y evaluar. (Unidad de Planeación Minero Energética UPME, 2007)

Además de las normas técnicas de alumbrado público se debe resaltar que la secretaría del deporte y la cultura del municipio de Popayán desde la resolución 2433 de 2009 a razón de que las procesiones de Semana Santa de Popayán fueron declaradas por la UNESCO como Obra Maestra del Patrimonio Oral e Inmaterial de la Humanidad, se establece las normas y las salvaguardas que establecen que las fachadas y los inmuebles del centro histórico de la ciudad no pueden ser modificadas y eso incluye las luminarias de alumbrado público de la zona. (MINISTERIO DE CULTURA, 2009)

4.2.3. Normatividad para Internet de Las Cosas

En cuanto a normatividad para hacer uso del Internet de las cosas IoT, se debe mencionar que en el año 2015 los miembros de la UIT (Union International Telecommunications) han creado una nueva Comisión de Estudio del UIT-T StudyGroup 20 (SG20) que estudiará las necesidades de normalización de las tecnologías de la Internet de las cosas, centrando su intención inicialmente en aplicaciones IoT en ciudades inteligentes.

La nueva Comisión se llama "Comisión de Estudio 20 del UIT-T: IoT y sus aplicaciones, incluidas ciudades y comunidades inteligentes". Será responsable de las normas internacionales que facilitarán el desarrollo coordinado de tecnologías IoT, incluidas las comunicaciones de máquina a máquina y redes de sensores ubicuos. La



Comisión desarrollará normas que permitirán aprovechar las tecnologías IoT para afrontar las dificultades del desarrollo Urbano. Una parte fundamental de este estudio será la normalización de arquitecturas de extremo a extremo para IoT y mecanismos para la interoperabilidad de aplicaciones IoT y conjuntos de datos empleados por diversos sectores industriales orientados verticalmente.

En Colombia aún no existe normatividad que regule este tipo de tecnología puesto que no hay normas internacionales establecidas para poder acogerse a esos lineamientos y crear la normatividad nacional al respecto.

CAPITULO 5 – DISEÑO DEL NUEVO SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO

5.1.Caracterización del lugar piloto y de la infraestructura existente

5.1.1. Popayán La Ciudad Blanca

La ciudad de Popayán siendo la capital del departamento del Cauca, está ubicada al suroccidente del país, precisamente en el Valle de Pubenza, entre la cordillera occidental y la cordillera central; a una altura de 1.760 metros sobre el nivel del mar, con una población urbana de 280.000 habitantes aproximadamente y una temperatura promedio anual de 16°C, fue fundada un sábado 13 de enero del año 1537 por el conquistador Sebastián de Belalcázar.

Popayán es reconocida por contar con muchos eventos culturales, pero sin duda es la devoción religiosa quien expresa la mayor tradición de esta ciudad, llevando cada año a su evento más importante: las procesiones de Semana Santa, que nacieron con la ciudad y que se han preservado hasta nuestros días. Tanto así que el 28 de septiembre del año 2009, las procesiones de Semana Santa de Popayán fueron declaradas por la UNESCO como Obra Maestra del Patrimonio Oral e Inmaterial de la Humanidad.

Caminar por el Centro Histórico es encontrarse a cada paso edificaciones imponentes, con detalles arquitectónicos en las fachadas, las puertas, las ventanas y los balcones que hablan de los gustos de las familias españolas de la época, que llegaron atraídas por el oro, la minería y el comercio. El atractivo del Centro Histórico radica también en que la mayoría de las edificaciones están pintadas de blanco, de ahí el apelativo de “Ciudad Blanca”. En el Centro hay ocho iglesias y el Museo Arquidiocesano de Arte

Religioso, asociado con la historia de la tradicional celebración de la Semana Santa en Popayán, por la cual es famosa.

En el Centro se destacan también el Puente del Humilladero, que data de 1783; el Parque Caldas, donde están la Catedral Basílica Nuestra Señora de la Asunción, la Torre del Reloj y la Gobernación del Cauca.

A principios del siglo XX (1920-1950), se da inicio a la nueva planificación urbana, crecimiento y transformación de la ciudad la cual incluía la implementación de la pavimentación, electrificación, alumbrado público, movilidad, ampliación de las calles, entre otras obras.

5.1.2. Concesionario de alumbrado público de Popayán

El sistema de alumbrado público de la ciudad de Popayán es operado por el Concesionario de Alumbrado Público Popayán, el cual se encarga de la gestión y mantenimiento de las instalaciones de alumbrado en la Ciudad.

En el año 2000, se da inicio a la concesión del alumbrado Público de Popayán, gestión realizada por el entonces alcalde Felipe Fabián Orozco Vivas, equipo de trabajo encargado de realizar trabajos de mantenimiento, expansión y cada año los trabajos de alumbrado navideño. Esta entidad inició sus labores en la ciudad con el cambio de bombillas de mercurio por luminarias de sodio con el objetivo de lograr un mayor ahorro de energía y eficiencia del servicio. El trabajo que se viene realizando desde esa época consiste en el mantenimiento correctivo de las luminarias en mal estado y la ampliación de

las redes para llegar a toda la comunidad de la zona urbana y rural del municipio, mejorando la seguridad de los habitantes de los diferentes sectores.

Las labores de mantenimiento del concesionario consisten en la revisión y reparación periódica de todos los dispositivos y redes del sistema de alumbrado público con el fin de garantizar un servicio eficiente y eficaz a todos los usuarios.

Además, la entidad es responsable de la incorporación de los avances tecnológicos para lograr la eficiencia energética y la calidad de iluminación.

5.1.3. Infraestructura de alumbrado público del Centro Histórico

En el diseño propuesto se propone como lugar piloto el centro histórico de la ciudad de Popayán comprendido entre la Calle segunda hasta la Calle octava y entre la Carrera tercera hasta la Carrera novena, abarcando los principales parques, iglesias, museos, hoteles, teatros, entidades gubernamentales, bancos y sitios comerciales de la ciudad.

Esta zona se caracteriza por su estética las lámparas son de diferentes tipos, este factor es muy importante a la hora de realizar el diseño pues con el nuevo sistema no se debe ver afectada la estética de cada una de las luminarias de la zona. A continuación, los diferentes tipos de luminarias que se encuentran en la zona:



Figura 7. Farol Colonial 6 lados de pared.

Fuente: Elaboración propia



Figura 8. Farol de pared de 4 lados rústico.

Fuente: Elaboración propia



Figura 9. Luminaria urbana lateral.

Fuente: Elaboración propia



Figura 10. Luminaria esférica LED.

Fuente: Elaboración propia

Otra de las características del lugar que se puede apreciar con la visita al lugar, es que la estética del sitio hace que no posea cables a la vista, los cables existentes están ocultos tras las fachadas; como se puede apreciar en las siguientes imágenes. Por esta razón se debe pensar en medios de interconexión inalámbricos para la red de comunicación.



Figura 11. Foto Panorámica 1 del lugar piloto.

Fuente: Elaboración propia



Figura 12. Foto panorámica 2 del lugar piloto.

Fuente: Elaboración propia



Figura 13. Foto panorámica 3 del lugar piloto.

Fuente: Elaboración propia

Otro aspecto que destacar es que el parque principal, Plaza Caldas cuenta con una zona WiFi gratuita de la Empresa de Telecomunicaciones de Popayán, EMTEL S.A. E.S.P. Este aspecto debe ser tenido en cuenta a la hora de elegir las tecnologías de interconexión que soportaran la red de comunicación del nuevo sistema de alumbrado.



Figura 14. Zona Wifi Parque Caldas.

Fuente: Elaboración propia

En la zona delimitada hay aproximadamente novecientas luminarias, en su totalidad de tipo LED, luz blanca. Los faroles anteriormente descritos cuentan con un módulo LED que fue diseñado especialmente para estas luminarias, por ser un diseño específico carecen de eficiencia y eficacia; los demás módulos LED ya cuentan con tecnología de conexión a sistemas de tele gestión para esto solo se hace necesario actualizar el driver que poseen. Para el nuevo sistema de alumbrado se conservarán las luminarias tipo LED gracias a las ventajas que ofrecen en cuanto a ciclo de vida, ahorro energético, encendido, calidad de iluminación y disminución de la contaminación electromagnética.



Se realiza mantenimiento preventivo y correctivo de la infraestructura actual. En el mantenimiento preventivo se realiza limpieza de cada una de las luminarias de acuerdo con los cronogramas establecidos. La detección de fallas para realizar el mantenimiento correctivo se hace con recorridos nocturnos y con los reportes de los usuarios, una vez reportada la falla por el usuario hay un plazo de 72 horas para dar solución a la solicitud, pero el 90% se realizan en un plazo no mayor a 24 horas.

La infraestructura no cuenta con sistemas de medición del consumo de energía de las luminarias, únicamente existe un contador por cada transformador de energía, por tanto, no hay un dato exacto del consumo de energía de las luminarias, este aspecto es destacado por el Gerente del Concesionario quien hace énfasis en que es un requerimiento muy importante con el que no se cuenta actualmente.

Actualmente la infraestructura de alumbrado público de la ciudad es totalmente convencional pues no hay ningún sistema de control que permita que la infraestructura sea automatizada, esto debido a los altos costos que los nuevos sistemas implican, por lo que el diseño de un nuevo sistema de alumbrado público inteligente tiene grandes beneficios.

5.2.Componentes IoT del nuevo Sistema de Alumbrado

Para cumplir con las funciones de gestión y control del nuevo sistema inteligente de alumbrado público se deben integrar distintos elementos, de los cuales existen varias opciones de implementación, pero se han seleccionado los más adecuados teniendo en cuenta las necesidades del lugar piloto pues para el Concesionario de alumbrado público de Popayán es más importante los servicios de gestión del sistema de alumbrado que permitirán mejorar los servicios WEB con los que cuenta actualmente cumpliendo con lo establecido en la sección 580 del RETILAP *“Los municipios que tengan registrados en su base de datos de infraestructura del Servicio de Alumbrado Público más de cinco mil (5.000) puntos luminosos, deberán disponer de un sistema de consulta a través de la WEB con la información de Alumbrado Público, en las áreas operativa y de atención al Cliente.*

Esta herramienta deberá permitir la sistematización de la información de manera ordenada y funcional, garantizar la conservación de la base estadística, respondiendo a las necesidades de información, tanto de las entidades municipales como de terceros autorizados, derivada de la ejecución de actividades del operador y de la interventoría.” (Ministerio de Minas y Energía, 2010).

En la Figura 15 se muestran los componentes del nuevo sistema de alumbrado público que integrados permitirán la gestión de la actual infraestructura de alumbrado.



Figura 15. Infraestructura IoT del Nuevo Sistema de Alumbrado.

Fuente: Elaboración Propia

5.2.1. Sensores

Los sensores serán parte fundamental del nuevo sistema, determinarán el estado de magnitudes eléctricas, corriente y voltaje y sus variaciones para que sean recibidas en un centro de control y así conocer los consumos eléctricos de las luminarias, además de sensores de corriente y voltaje se tendrán sensores de luminosidad para controlar el encendido y apagado de las luminarias.

Sensor de Corriente

El sensor de corriente permite medir corriente alterna o corriente continua, para este diseño se utilizará un sensor de corriente lineal que entrega medidas precisas de corriente en señales analógicas y digitales.

Sensor de voltaje

El nuevo sistema debe contar con un módulo sensor de voltaje que permita medir la tensión en valores exactos que se está utilizando.

Sensor de Luminosidad

El sensor de luminosidad en el nuevo sistema tendrá la misma función que las actuales fotoceldas de la infraestructura, determinará el encendido y apagado de las luminarias según el nivel de luz detectado cumpliendo estableciendo el comportamiento del sistema de acuerdo a las condiciones meteorológicas y ambientales del lugar.

5.2.2. Conectividad e Interconexión

La WSN estará conectada mediante tecnología WiFi aprovechando que existe infraestructura de este tipo en la zona. La tecnología WiFi es basada en el estándar IEEE 802.11, es una tecnología que ya viene integrada en los diferentes dispositivos móviles. La potencia de la señal es bastante amplia un solo punto de acceso inalámbrico puede abarcar una gran área de cobertura. Opera en la banda de 2.4 GHz aunque también puede operar en los 5GHz, alcanza una tasa de transferencia de hasta 100MBps. Proporciona energía a algunos dispositivos IoT que funcionan con baterías recargables. Actualmente WiFi es la tecnología de conectividad inalámbrica más ubicua, los nuevos dispositivos IoT han reducido las barreras para habilitar a la tecnología WiFi con las aplicaciones de IoT.

5.2.3. Aplicaciones IoT

El principal requisito de este nuevo sistema es la telegestión de allí la necesidad de que la infraestructura pueda ser supervisada en tiempo real en el momento que sea necesario. Este tipo de servicio es ofrecido por varias plataformas y se diferencian de acuerdo a aspectos como costos, dispositivos conectados, bases de datos, número de datos enviados y sectores a los que van enfocadas.

En la tabla 1 se presentan algunas de las principales plataformas existentes comparando aspectos de infraestructuras y costos.

Tabla 1. Comparación de Servicios Cloud para IoT.

Servicio	Protocolos	Características	Política de precios	Servicios de facturación
AWS IoT	MQTT, HTTP, Web- Socket	Reglas que permiten interactuar con el resto de los servicios disponibles en AWS	Por mensajes	Almacenamiento, procesamiento, Big Data, etc.
Google Cloud	MQTT, HTTP	Reglas que permiten interactuar con el resto de los servicios disponibles en Google Cloud	Por mensajes	Almacenamiento, procesamiento, Big Data, etc.

Oracle IoT	HTTP	Reglas que permiten interactuar con el resto de los servicios disponibles en Oracle Cloud Service	Por dispositivo	Procesamiento, conectividad empresarial, Big Data, etc.
Temboo	MQTT, HTTP, CoAP	Interconexión con diversos servicios	Por transferencia de datos + uso de reglas	Servicios de terceros con los que se opera

Teniendo en cuenta que se tiene menos de mil dispositivos conectados en te nuevos sistema se opta por elegir una plataforma acorde a estas necesidades por eso se establece como mejor opción a UBIDOTS una startup que permite conectar gran cantidad de datos y ofreciendo sus planes de costos más bajos para proyectos de máximo novecientos dispositivos conectados, adicional cuenta con una plataforma de objetivo educativo es decir que permitirá realizar las pruebas con el diseño del prototipo del sistema. Esta plataforma de gestión permite gran variedad de acciones como:

- Creación de un dominio web para la organización
- Creación y asignación de privilegios de diferentes usuarios
- Seguimiento de dispositivos con distintas variables de medición
- Generación de informes
- Aplicación para acceder desde distintos dispositivos móviles.

5.2.4. Estándares y protocolos

Se tendrán en cuenta protocolos para la conexión de redes de datos como:

- TCP/IP⁶
- IPv4⁷
- IPv6⁸
- DHCP⁹
- HTTPS/HTTP¹⁰

No se especificarán estándares para la implementación de tecnologías IoT debido a la escasa normatividad existente.

5.2.5. Seguridad y Privacidad

La seguridad en las tecnologías IoT es uno de los aspectos más cuestionados actualmente debido a la falta de normatividad, y a las grandes vulnerabilidades que genera la conexión de dispositivos comunes a internet. Para este nuevo sistema solo se garantizará aspectos de seguridad como:

- Cifrado de datos
- Autenticación
- Disponibilidad
- Seguridad perimetral

⁶ *Protocolo de control de Transferencia/Protocolo de Internet*

⁷ *Protocolo de internet versión 4*

⁸ *Protocolo de Internet versión 6*

⁹ *Protocolo de configuración dinámica de direcciones de host*

¹⁰ *Protocolo de transferencia de hyper texto*

5.2.6. Dispositivos IoT

Dispositivo de control

De acuerdo con los requerimientos de este sistema se elige como dispositivo de control la placa electrónica Arduino, la cual es totalmente de código abierto lo que permite adaptarla a las necesidades particulares y construir proyectos independientemente, pues es capaz de leer cualquier entrada de sensores y convertirla en una acción de salida.

Ventajas de la utilización de Arduino

- Las placas Arduino son muy económicas en comparación con otras plataformas de microcontroladores.
- El software Arduino (IDE) se ejecuta en sistemas operativos Windows, Macintosh OSX y Linux. La mayoría de los sistemas de microcontroladores están limitados a Windows.
- El software Arduino se publica como herramientas de código abierto, disponibles para la extensión por programadores experimentados.

Luminarias

Las luminarias se conservarán de tipo LED, en la actualidad el sistema de iluminación por LED es el más versátil del mercado ya que se puede adaptar a la mayoría de los casos, ya que consiste en la incorporación de los chips LED en una placa, la cual se integra en la luminaria requerida para cada aplicación. Se emplean, por tanto, en el alumbrado de interiores como focos, bombillas, tubos, etc., en alumbrado decorativo al permitir la posibilidad de ser regulable en intensidad o bien atender a las funciones especificadas por sistemas de control. Para el caso del alumbrado público, características

que se enumeran a continuación hacen que se encuentren en la forma de alumbrado que se está imponiendo en la actualidad:

- Ciclo de vida elevado, entorno a las 50.000 horas, lo que conlleva menos sustituciones, recambios y ahorra costes de mantenimiento.
- Alto ahorro energético, lo que produce mayor número de lm/W. actualmente, está alrededor de los 100 lm/W aunque las primeras marcas tienen modelos con valores de 130 lm/W.
- El LED son un sistema de iluminación direccional, esto es, concentra el haz luminoso de forma que se ilumina lo que se quiere. Esto favorece la eficiencia energética y no produce contaminación luminosa.
- Encendido instantáneo. El LED está totalmente preparado para encenderse instantáneamente y no se ve afectado por el número de encendidos al día, como sí le ocurre con otros sistemas donde el encendido depende del calentamiento de un gas y puede tardar 10 minutos en alcanzar su máxima intensidad luminosa. Por tanto, el nivel de vida, no se ve afectado por el encendido.
- A diferencia de los modelos anteriores, no contienen mercurio ni otros gases, de forma que no son contaminantes y favorece la huella de carbono.
- No emiten radiaciones UV ni IR.
- Las características cromáticas del LED (el IRC suele ser de 80) permiten el cumplimiento de la normativa de eficiencia energética en el alumbrado público, pues cada vez son más exigentes con la calidad de la luz.
- Baja tensión de funcionamiento.

- No necesitan circuitos adicionales para aprovechar toda la energía suministrada por la red eléctrica (factor de potencia > 0,9).

5.3.Arquitectura del sistema de alumbrado

El nuevo sistema de alumbrado va a contar con dos subsistemas uno de control y otro de gestión y la conexión entre estos se logra mediante una red de comunicación.

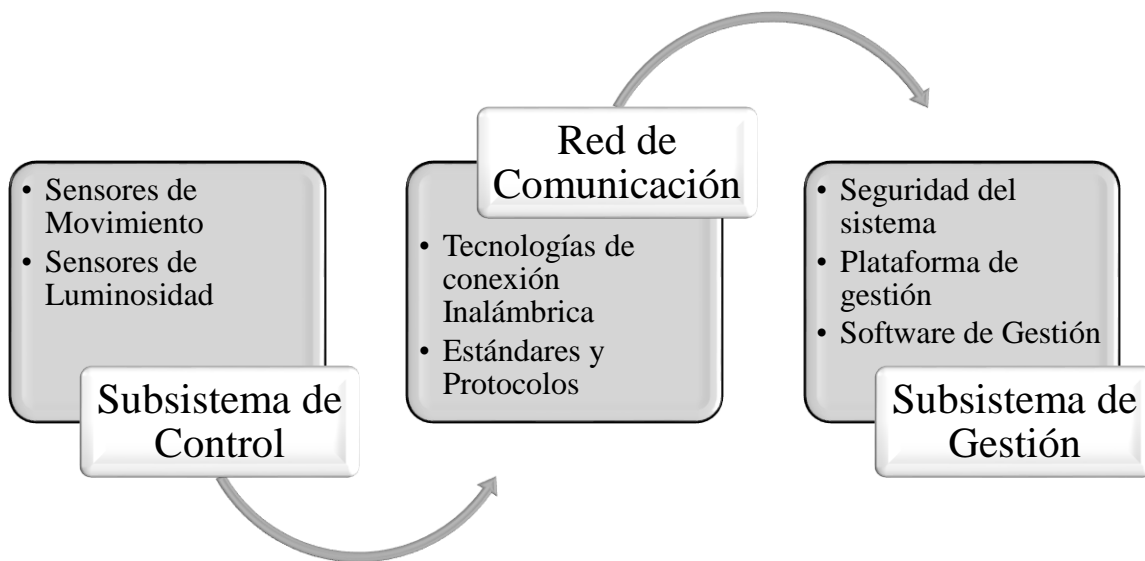


Figura 16. Subsistemas del Sistema de Alumbrado.

Fuente: Elaboración Propia

5.3.1. Subsistema de control

En este subsistema se comprende la lectura de cada uno de los datos y señales que envían los sensores instalados en las luminarias, para que un controlador de la orden de

cómo deben actuar las luminarias de acuerdo a la configuración realizada según los requerimientos y necesidades establecidas en la presente propuesta.

5.3.2. Subsistema de Gestión

La función principal de este subsistema es permitir el acceso a la información sobre los dispositivos en tiempo real desde internet, con el fin de que se pueda controlar y gestionar el sistema de manera remota desde cualquier lugar; para eso se hace necesario contar con una plataforma y un software de gestión.

5.3.3. Red de comunicación

Es la red que permite la comunicación entre el subsistema de control y el subsistema de gestión para así consolidar el sistema inteligente de alumbrado público.

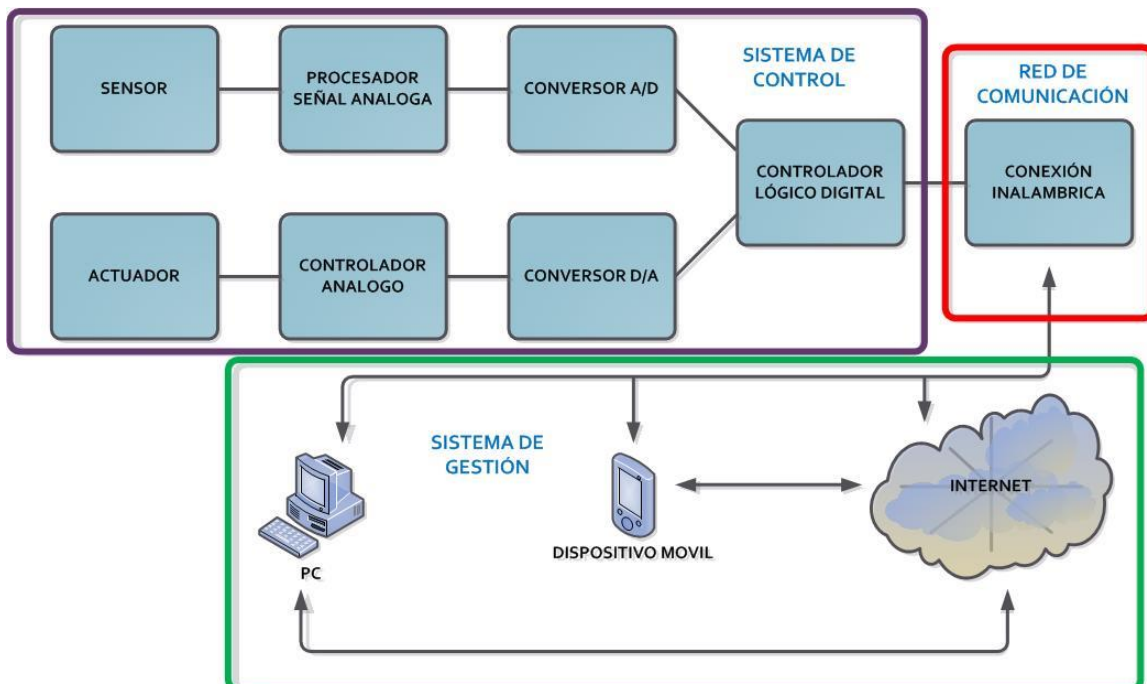


Figura 17. Arquitectura del Sistema de Alumbrado.

Fuente: Elaboración Propia

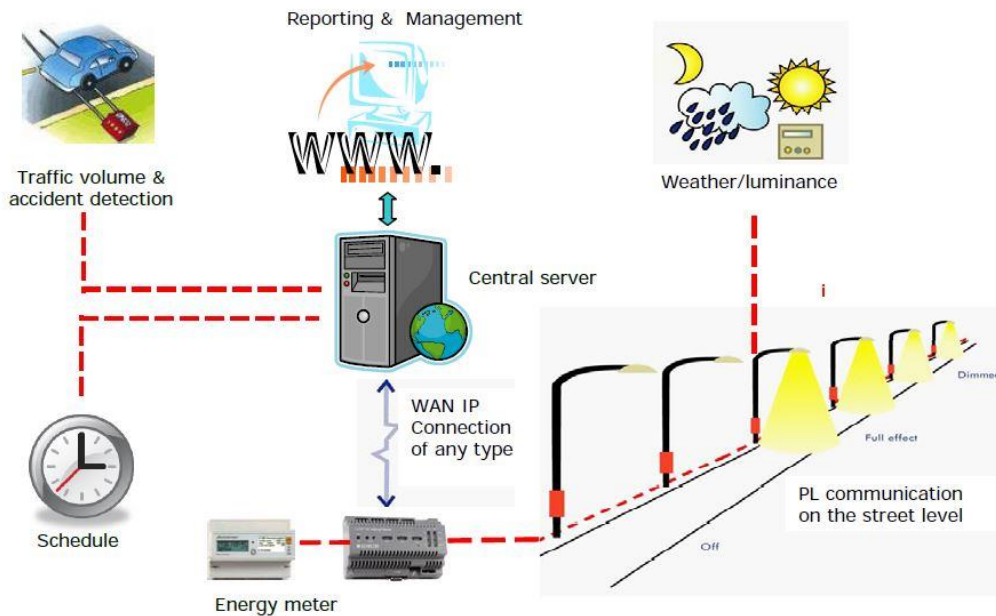


Figura 18. Funcionamiento del Sistema de Alumbrado.

Fuente: Soluciones Inteligentes Luminext

5.4.Diseño del Prototipo

El prototipo a entregar tendrá las condiciones de simulación del entorno real y la respuesta del sistema, con capacidad de adaptación frente al cambio de variables.

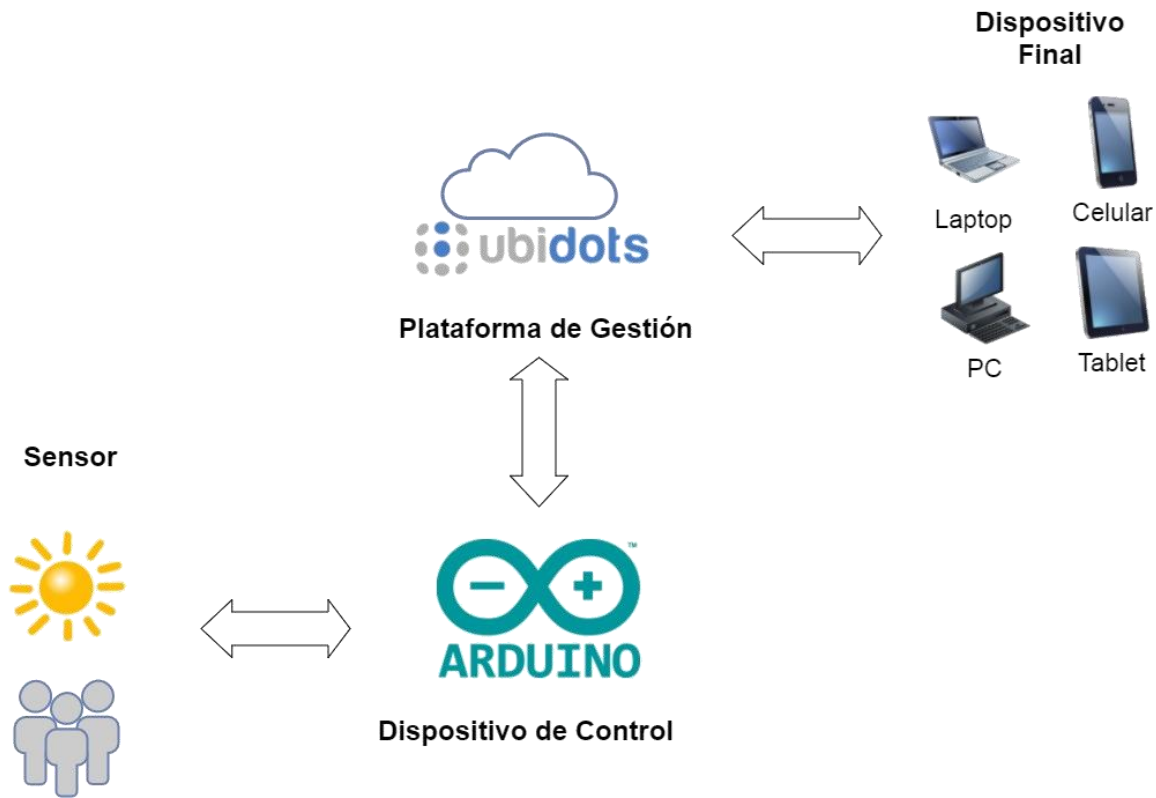


Figura 19. Diseño del Prototipo.

Fuente: Elaboración Propia

5.4.1. Componentes del prototipo

Modulo Sensor Luz FOTOCELDA ARD-MSLUZJ

- Alimentación: 3.3 VDC-6 VDC
- Tamaño pequeño placa PCB: 3,2 cm x 1,4 cm
- Salida: Digital y analógica
- Comparador de tensión LM393 Un agujero de perno fijo.

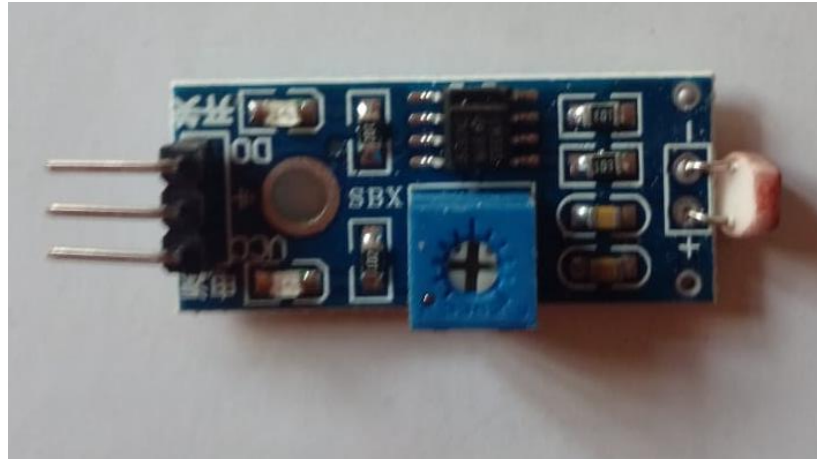


Figura 20. Modulo Sensor Luz FOTOCELDA ARD-MSLUZJ.

Fuente: Elaboración propia

Modulo Sensor Corriente ACS712

- Voltaje de alimentación 5V
- Máximo voltaje inverso 0.1V
- Corriente de salida 3mA (Fuente) 10mA (inversa)
- Voltaje de salida 0V~5V
- Rangos disponibles (Capacidad de corriente) 5A-30A
- Sensibilidad · 5A (a una salida de 180mV/A) 30A (a una salida de 66mV/A)
- Salida cuando no detecta corriente $VCC / 2$
- Aislamiento eléctrico total Entre el sensor de efecto Hall y la salida de voltaje
- Error máximo de linealidad a la salida 1.5% a 25°C



Figura 21. Modulo Sensor Corriente ACS712.

Fuente: Elaboración propia

Placa Arduino ATMEGA 2560

- Microcontrolador ATmega2560.
- Voltaje de entrada de – 7-12V.
- 54 pines digitales de Entrada/Salida (14 de ellos son salidas PWM).
- 16 entradas análogas.
- 256k de memoria flash.

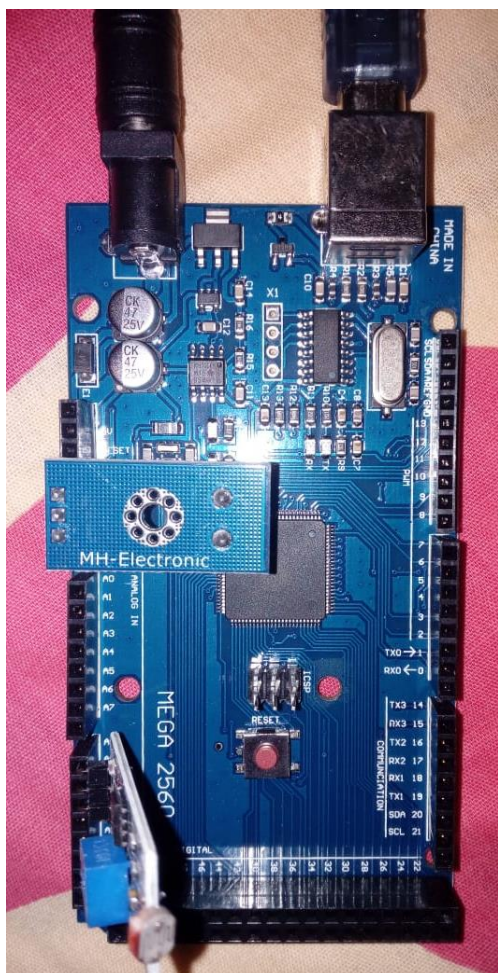


Figura 22. Placa Arduino ATMEGA 2560.

Fuente: Elaboración propia

Relé 5 voltios

- Voltaje Nominal Bobina: 5VDC
- Numero de pines: 5
- 1 Polo - 2 Contactos (SPDT)
- Corriente Soportada: 10A 125VAC - 7A 250VAC
- Medidas: 19.0x15.5x15.0 mm



Figura 23. Relé 5 voltios.

Fuente: Elaboración propia

Modulo Conexión Wifi ESP8266

- Protocolos soportados: 802.11 b/g/n.
- Wi-Fi Direct (P2p), Soft Access Point.
- Stack TCP/IP integrado.
- PLL, reguladores y unidades de manejo de energía integrados.
- Potencia de salida: +19.5dBm en modo 802.11b.
- Sensor de temperatura integrado.
- Consumo en modo de baja energía: <10 uA.



Figura 24. Modulo Conexión Wifi ESP8266.

Fuente: Elaboración propia

Placa de iluminación LED



Figura 25. Placa de Iluminación LED Rectangular 8x12.

Fuente: Elaboración Propia

Plataforma de gestión

Actualmente en cumplimiento de la normatividad vigente el concesionario de alumbrado público posee una página web donde se encuentra la información de la ubicación geográfica de las luminarias para que los usuarios puedan identificarla y reportar las respectivas fallas ya sea a través de la misma página o por línea telefónica, también se encuentran publicadas las mejoras y actividades de mantenimiento de la infraestructura.

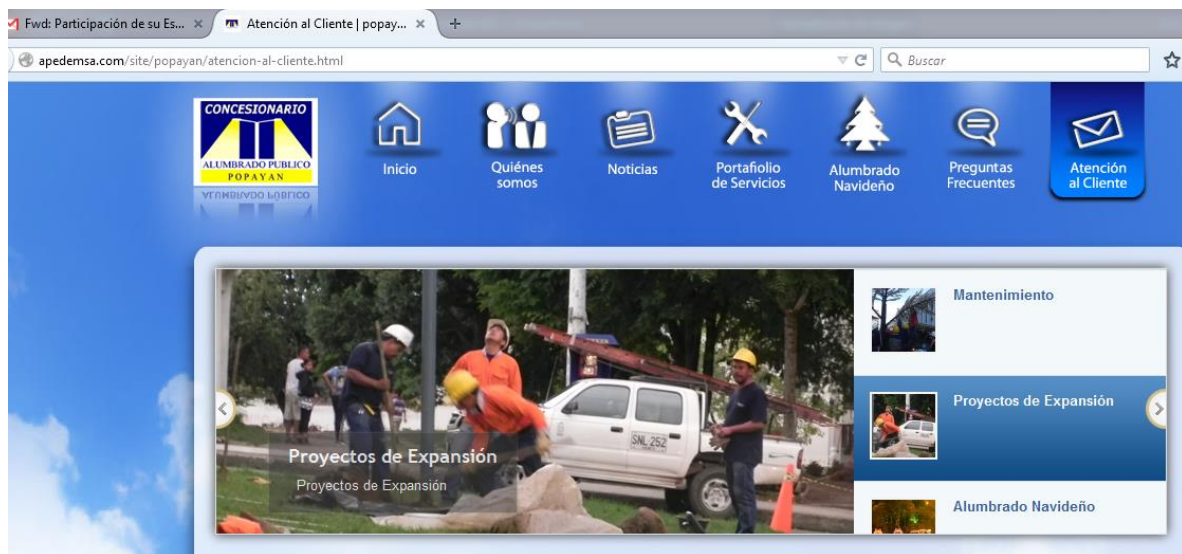


Figura 26. Página Web Concesionario de Alumbrado Público.

Fuente: (ADEMPSA, 2018)

Uso de la plataforma Ubidots

Creación del dominio individual para el concesionario de alumbrado público,

<https://alumbradopopayaniot.ubidots.com> junto con la creación de la organización y de los usuarios que tendrán acceso a esta plataforma.

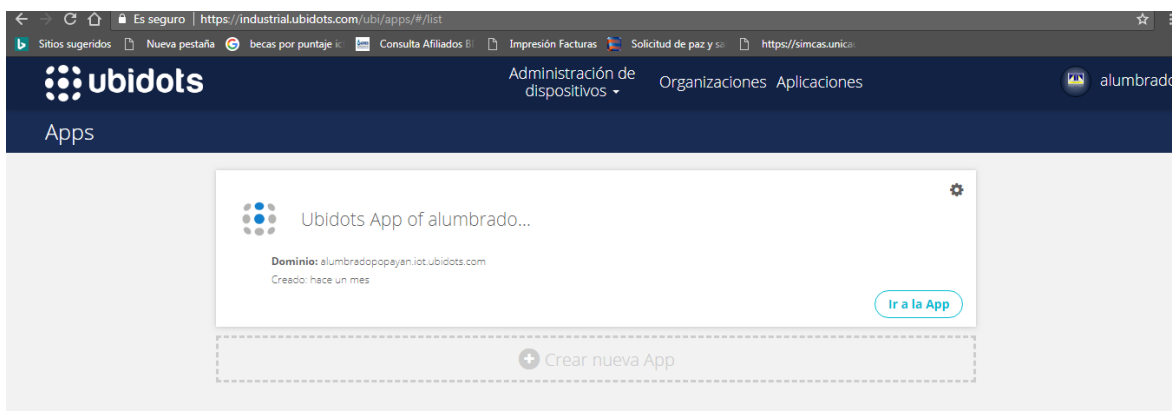


Figura 27. Dominio Ubidots del sistema de alumbrado.

Fuente: Elaboración Propia

Creación de los dispositivos y configuración de sus variables a monitorear.

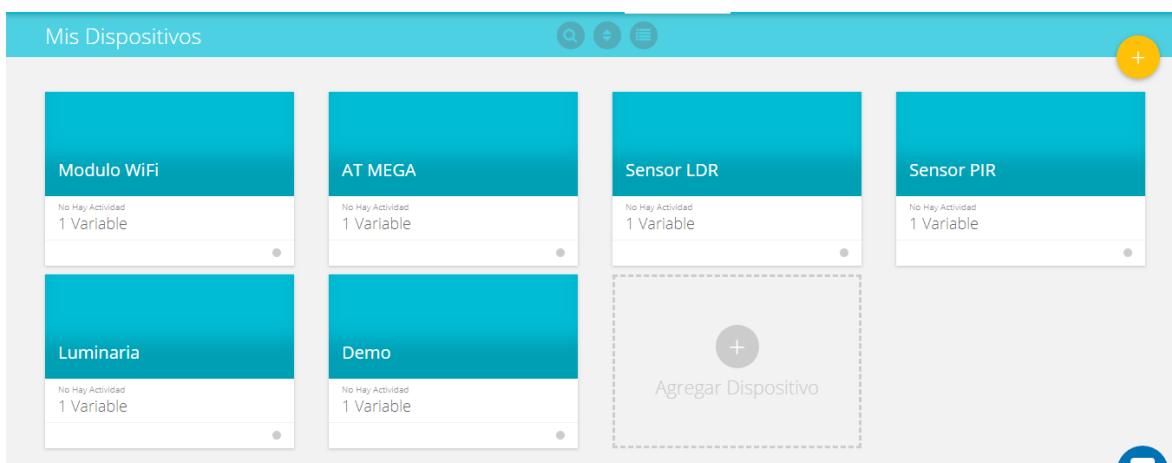


Figura 28. Dispositivos IoT en Ubidots.

Fuente: Elaboración Propia

6. CONCLUSIONES

La implementación de dispositivos inteligentes y tecnología basada en el Internet de las cosas contribuye para que Popayán sea una ciudad sostenible con eficiencia energética gracias al evidente ahorro de energía que se logra con la gestión inteligente de los sistemas de alumbrado público.

Las ciudades que hoy día han implementado proyectos de Smart Cities lo han hecho con el objetivo de convertirse en espacios inteligentes para beneficio de la calidad de vida de los ciudadanos, y todas las ciudades deben apostarle a convertirse en entornos urbanos más tecnológicos y sostenibles, ya que la mayor parte de la población mundial se encuentra en el sector urbano, con el diseño de un sistema de alumbrado público, Popayán le apostaría a convertirse en una ciudad inteligente y mejorar la calidad de vida de los habitantes de este territorio porque contribuye al desarrollo social y económico en todos los aspectos.

En el desarrollo de este proyecto se mantiene siempre el propósito de mantener la arquitectura colonial de la ciudad sabiendo que es el principal atractivo y que como habitantes de Popayán se tiene la obligación de preservar el centro histórico y sus tradiciones.

Para el control y automatización del sistema de alumbrado solo se tiene en cuenta el encendido y apagado de la luminaria debido a que el Concesionario de alumbrado público específico que sus necesidades están encaminadas a la gestión remota y en tiempo real y a conocer el consumo energético además de que los conocimientos técnicos necesarios para realizar el control debido a la cantidad de iluminación del ambiente no son propios del área de telecomunicaciones.



El uso de tecnologías de código abierto como Arduino permite crear nuevos prototipos que se ajusten a necesidades específicas como es el caso de este proyecto donde los dispositivos que existen en el mercado no se ajustan a los requerimientos del usuario.

En el desarrollo del proyecto se sigue la normatividad establecida en el RETILAP para infraestructuras de alumbrado público, para la implementación de la tecnología IoT se tienen en cuenta todos los estándares aplicables a infraestructuras de redes de datos inalámbricas debido a la escasez de normatividad para estas nuevas tecnologías.

La implementación de tecnologías IoT conllevan a grandes vulnerabilidades de seguridad por eso no se pueden garantizar todos los pilares de la seguridad de la información solo los especificados dentro de los componentes del nuevo sistema.

7. RECOMENDACIONES

Si bien es difícil llegar a la implementación de un sistema inteligente de alumbrado para la ciudad de Popayán es importante buscar nuevas tecnologías no solo para el lugar piloto del proyecto sino para toda la infraestructura de alumbrado del municipio que permita aportar al cumplimiento de la ley de URE y al desarrollo ambiental, social y económico para convertir a Popayán en una ciudad inteligente y sostenible como meta a mediano plazo.

Es importante llevar a cabo nuevas investigaciones sobre seguridad de la información para este tipo de nuevas tecnologías como el IoT que permitan mitigar amenazas y eliminar las vulnerabilidades que conllevan su implementación.

Además de Ubidots existen otras plataformas para IoT con diferentes funcionalidades y ventajas el proyecto se puede implementar con cualquiera de las nombradas en este documento se elige Ubidots por las licencias de tipo educativo que ofrece para realizar las pruebas necesarias.

En el desarrollo del proyecto se puede vislumbrar la tendencia mundial hacia la implementación de ciudades inteligentes y el uso de tecnologías basadas en el IoT por lo que en el pensum del programa de Ingeniería de Telecomunicaciones se debe incluir una línea de profundización que haga énfasis en estas tecnologías con el propósito de obtener conocimientos básicos-intermedios en esta área que desde ya están siendo requeridos en el campo laboral.



8. REFERENCIAS

Acevedo, J. A. (2010). Marco Teórico de la Telegestión del servicio de Alumbrado Público.

Universidad Nacional de Colombia, 6.

ADEMPSA. (20 de Julio de 2018). *Concesionario de Alumbrado Público de Popayán*.

Obtenido de Concesionario de Alumbrado Público de Popayán:

<http://apedemsa.com/site/popayan/atencion-al-cliente.html>

Cauas, D. (2015). *biblioteca electrónica de la universidad Nacional de Colombia*. Obtenido

de biblioteca electrónica de la universidad Nacional de Colombia.:

<https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/36805674/1->

[Variables.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1507](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/36805674/1-Variables.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1507)

[496361&Signature=RqPxsmMzAFAG5SYOI4QA0oqRSpo%3D&response-](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/36805674/1-Variables.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1507)

[content-disposition=inline%3B%20filename%3Dvariables_de_Daniel_Cauas.pdf](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/36805674/1-Variables.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1507)

ECBTI-UNAD. (2011). *Marco de la Investigación en la Escuela de Ciencias Básicas,*

Tecnología e Ingeniería. Bogotá.

ENDESA. (2010). *endesa.com*. Obtenido de endesa.com:

<https://www.endesa.com/content/dam/enel->

[es/home/prensa/publicaciones/otraspublicaciones/documentos/SMARTCITY%20M](https://www.endesa.com/content/dam/enel-es/home/prensa/publicaciones/otraspublicaciones/documentos/SMARTCITY%20M)

[ALAGA%20UN%20MODELO%20DE%20GESTION%20ENERGETICA%20SO](https://www.endesa.com/content/dam/enel-es/home/prensa/publicaciones/otraspublicaciones/documentos/SMARTCITY%20M)

[STENIBLE.pdf](https://www.endesa.com/content/dam/enel-es/home/prensa/publicaciones/otraspublicaciones/documentos/SMARTCITY%20M)



Enerlis, Ernst and Young, Ferrovial and Madrid Network. (2012). *Libro Blanco Smart Cities*. Madrid.

EPM-Empresas Públicas de Medellín. (27 de Septiembre de 2017). *EPM*. Obtenido de EPM: <https://www.epm.com.co/site/home/sala-de-prensa/noticias-y-novedades/epm-adelanta-piloto-de-telegestion-del-alumbrado-publico-en-medellin>

Evans, D. (2011). *Internet de las cosas, como la evolución de internet que lo cambia todo*. San José-CA.

INTECO. (Marzo de 2009). *incibe.es*. Obtenido de [incibe.es](https://www.incibe.es): https://www.incibe.es/file/N85W1ZWFHifRgUc_oY8_Xg

International Telecommunication Union. (2005). *ITU Internet Reports 2005: The internet of things*. Geneva: I.T.U.

Medina, R. T. (7 de Julio de 2012). *Divulgación de la Ciencia-DGDC-UNAM*. Obtenido de Universidad Nacional Autonoma de Mexico: http://ciencia.unam.mx/leer/96/Un_alumbrado_inteligente_para_Ciudad_Universitaria

MINISTERIO DE CULTURA. (24 de Noviembre de 2009). <http://www.mincultura.gov.co>. Recuperado el 5 de Agosto de 2018, de <http://www.mincultura.gov.co>: <http://www.mincultura.gov.co/prensa/noticias/Documents/Patrimonio/06-Resolucion%20%202433%20S.Sta.Popay.pdf>



UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA -UNAD

Escuela De Ciencias Básicas De Tecnología E Ingeniería-ECBTI

Desarrollo de Proyecto Aplicado-Cadena de Formación ETR

Ministerio de Minas y Energía. (22 de Junio de 2007). *Secretaría del Senado*. Obtenido de

Secretaría del Senado:

http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc_ant/ley_0164_1994.html

Ministerio de Minas y Energía. (30 de Marzo de 2010). Reglamento Técnico de

Iluminación y Alumbrado Público. Bogotá, Bogotá DC, Colombia.

Ministerio de Minas y Energía. (1 de Junio de 2014). *Alianza Internacional de Desarrollo*

Territorial. Obtenido de Alianza Internacional de Desarrollo Territorial:

<http://www.upme.gov.co/ure/index-ley.html>

Palencia, M. L. (2009). *Universidad Nacional Abierta y a Distancia-UNAD*. Obtenido de

Universidad Nacional Abierta y a Distancia-UNAD:

http://www.academia.edu/26669099/Metodolog%C3%ADa_de_la_Investigaci%C3%B3n_MODULO_1_METODOLOG%C3%8DA_DE_LA_INVESTIGACI%C3%93N_M%C3%93DULO_Elaborado_por_MAR%C3%8DA_LUISA_PALENCIA_AVENDA%C3%91O_Metodolog%C3%ADa_de_la_Investigaci%C3%B3n_MODULO_2

Pozas, J. L. (3 de Julio de 2017). *Ciudades del Futuro*. Obtenido de Ciudades del Futuro:

<https://ciudadesdelfuturo.es/planificacion-urbana-sostenible-el-caso-de-singapur.php>

Secretaria de Planeación, Municipio de Popayán. (25 de Septiembre de 2017). Cartografía

Centro Histórico. Popayán, Cauca, Colombia.



Serna, I. d. (2012). *Monográfico El Camino Hacia las Smart Cities*. Santander.

Serre, B. D. (9 de Marzo de 2017). *En Smart Cities*. Obtenido de En Smart Cities:

<http://smart-lighting.es/san-diego-se-convertira-la-mayor-ciudad-basada-iot-traves-del-alumbrado-publico-inteligente-gracias-ge/>

Unidad de Planeación Minero Energética UPME. (2007). Guía didáctica para el buen uso de la energía. *Guía didáctica para el buen uso de la energía*. Bogotá, Bogotá DC, Colombia: Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad Nacional de Colombia.



ANEXOS

Anexo A

Cuestionario tipo entrevista dirigido al Concesionario de Alumbrado Público de Popayán, entidad encargada de la gestión y mantenimiento de las instalaciones de alumbrado en la Ciudad.

Introducción: Este cuestionario se realiza para desarrollar la Tarea N°2

“Diagnosticar el estado actual de la infraestructura de alumbrado público del centro histórico de la ciudad de Popayán”; de la Fase 1 del desarrollo del proyecto titulado “Diseño de un Sistema de Alumbrado Público Inteligente Basado en Internet de las Cosas para el Centro Histórico de la Ciudad de Popayán”. Este proyecto es desarrollado como opción de grado del programa de Ingeniería de Telecomunicaciones de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia-UNAD.

- 1. ¿Qué tipo de luminarias se encuentran implementadas en el centro histórico?**

Las luminarias en el centro histórico son en su totalidad de tipo LED

- 2. ¿Cómo miden el consumo energético de las luminarias?**

No se conoce el consumo energético de las luminarias, no existen dispositivos de medida para estas.

- 3. ¿Cuántas luminarias aproximadamente hay instaladas en el centro histórico?**

En el centro histórico hay 1425 luminarias.

- 4. ¿Se realiza mantenimiento preventivo de la infraestructura o únicamente mantenimiento correctivo?**

Se programan mantenimientos preventivos que consisten en la limpieza de las luminarias y reemplazo de luminarias que terminan su vida útil que se realiza aproximadamente cada 6 meses.

5. ¿Cómo se detectan las fallas en la infraestructura del sistema de alumbrado?

Se realizan recorridos nocturnos para detectar las luminarias que no están funcionando y mediante los reportes de los usuarios.

6. ¿Cuánto se tarda el personal del concesionario en solucionar los incidentes reportados por los usuarios finales?

El concesionario establece un plazo de setenta y dos horas para dar solución a las fallas reportadas por los usuarios, sin embargo, actualmente le están dando solución en un plazo máximo de 24 horas.

7. ¿Qué tan automatizada está la infraestructura de alumbrado público en el centro histórico?

La infraestructura actual carece de automatización.

8. ¿Qué normatividad rige las instalaciones e infraestructura del sistema actual de alumbrado?

Las instalaciones del sistema de alumbrado público de Popayán están implementadas bajo la normatividad establecida en el Reglamento Técnico de Instalaciones de Alumbrado Público, RETILAP.

9. ¿Que considera que le hace falta al sistema actual de alumbrado público?

Hace falta un sistema que permita conocer los parámetros eléctricos de cada luminaria y así saber el consumo real de cada una de ellas, además de un sistema que permita la gestión de manera remota de la infraestructura.

10. ¿Qué está haciendo el concesionario en cuanto a la implementación de nuevas tecnologías?

El concesionario siguiendo las directrices que establece la normatividad colombiana trabaja en la mejora continua de la infraestructura de alumbrado público con la que cuenta la ciudad es por eso por lo que, con fin de contribuir al Uso Racional y Eficiente de Energía, las luminarias de toda la ciudad son en su totalidad de tipo LED.

11. ¿Qué opina sobre el diseño de un nuevo sistema de alumbrado público inteligente basado en las nuevas tecnologías para el centro histórico de Popayán?

Es un muy buen proyecto que visualiza una solución a los requerimientos actuales de la infraestructura que en un futuro debe ser implementada con el uso de las nuevas tecnologías.

12. De acuerdo con su experiencia, ¿Cuáles cree que son los aspectos más importantes para tener en cuenta para este diseño siendo que el lugar piloto es el centro histórico de la ciudad?

Lo más importante es conocer los consumos de las luminarias y tener un sistema de gestión en tiempo real al que se pueda acceder de manera remota.

13. ¿Qué tan viable es la implementación de este sistema de alumbrado público inteligente para el concesionario?



La implementación de nuevos sistemas depende solamente de los recursos que destina la administración municipal para el concesionario por lo que es difícil que se destinen recursos tan grandes para este tipo de proyectos innovadores, pero en un futuro va a ser necesario y la alcaldía se verá obligada a conseguir los recursos necesarios para