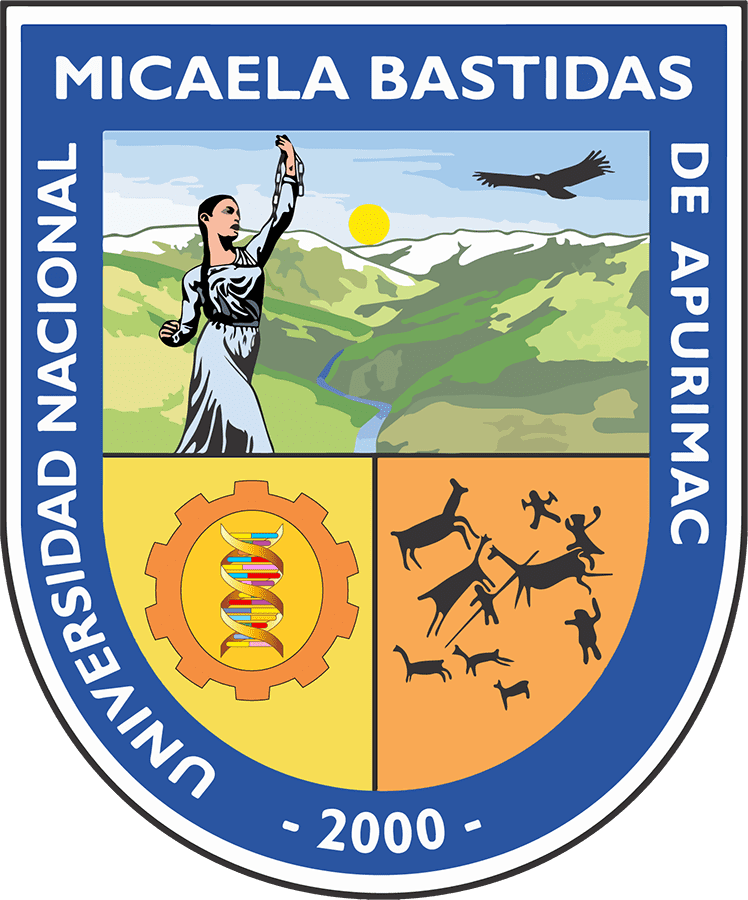
UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INFORMÁTICA Y SISTEMAS

Desarrollo de un sistema de supervisión de alumbrado público basado en modelos de ciudad inteligente, IoT e inteligencia artificial en el Distrito de Tamburco

CURSO:

* Computación en la Nube

DOCENTE:

* Mag. Virgilio Martinez Duran

PRESENTADO POR:

* Christian Daniel Mejía Peña

SEMESTRE: 2024-II

ABANCAY-PERÚ

Contenido

[**1.** **Aspectos Generales** 2](#_Toc184740608)

[**1.1.** **Nombre del Proyecto** 2](#_Toc184740609)

[**1.2.** **Resumen** 2](#_Toc184740610)

[**1.3.** **Razón Social** 2](#_Toc184740611)

[**1.4.** **Dedicación de la Empresa** 2](#_Toc184740612)

[**1.5.** **RUC** 2](#_Toc184740613)

[**1.6.** **Representante Legal** 2](#_Toc184740614)

[**1.7.** **Actividades que Realiza** 2](#_Toc184740615)

[**1.8.** **Ubicación Geográfica** 2](#_Toc184740616)

[**2.** **Problema de Investigación** 2](#_Toc184740617)

[**2.1.** **Identificación del Problema** 2](#_Toc184740618)

[**2.2.** **Problema en la infraestructura de TI** 3](#_Toc184740619)

[**2.3.** **Problema General** 3](#_Toc184740620)

[**2.4.** **Problemas Específicos** 3](#_Toc184740621)

[**2.5.** **Objetivo General** 3](#_Toc184740622)

[**2.6.** **Beneficios de Implementación** 3](#_Toc184740623)

[**3.** **Marco Referencial** 4](#_Toc184740624)

[**3.1.** **Antecedentes Internacionales** 4](#_Toc184740625)

[**3.2.** **Antecedentes Nacionales** 5](#_Toc184740626)

[**3.3.** **Marco Teórico** 7](#_Toc184740627)

[**3.3.1.** **Sistema** 7](#_Toc184740628)

[**3.3.2.** **Sistema de Supervisión** 8](#_Toc184740629)

[**3.3.3.** **IoT** 9](#_Toc184740630)

[**3.3.4.** **Sensores Inteligentes** 10](#_Toc184740631)

[**3.3.5.** **Inteligencia Artificial (IA)** 11](#_Toc184740632)

[**3.3.6.** **Gestión Energética** 13](#_Toc184740633)

[**3.3.7.** **Modelo de Ciudad Inteligente** 14](#_Toc184740634)

[**3.3.8.** **Marco Normativo** 16](#_Toc184740635)

[**4.** **Justificación de la Investigación** 17](#_Toc184740636)

[**4.1.** **Justificación Teórica** 17](#_Toc184740637)

[**4.2.** **Justificación Práctica** 17](#_Toc184740638)

[**4.3.** **Justificación Social** 18](#_Toc184740639)

[**Bibliografía** 18](#_Toc184740640)

# **Aspectos Generales**

## **Nombre del Proyecto**

Desarrollo de un sistema de supervisión de alumbrado público basado en modelos de ciudad inteligente, IoT e inteligencia artificial en el Distrito de Tamburco.

## **Resumen**

Este proyecto busca implementar un sistema avanzado para la supervisión y gestión eficiente del alumbrado público en el distrito de Tamburco, empleando tecnologías IoT e inteligencia artificial. La iniciativa forma parte de un modelo de ciudad inteligente, orientado a mejorar la sostenibilidad y la calidad de vida de los ciudadanos.

## **Razón Social**

Municipalidad Distrital de Tamburco.

## **Dedicación de la Empresa**

La Municipalidad Distrital de Tamburco es una entidad gubernamental encargada de la gestión administrativa, desarrollo económico y social, y promoción de la infraestructura y servicios públicos en el distrito de Tamburco.

## **RUC**

20100070399

## **Representante Legal**

Raúl Silva Campos, alcalde del distrito de Tamburco

## **Actividades que Realiza**

* Gestión de servicios públicos (agua, saneamiento, alumbrado público).
* Desarrollo de proyectos de infraestructura y urbanización.
* Promoción de actividades culturales y turísticas.
* Gestión ambiental y ordenamiento territorial.
* Atención y soporte a la comunidad en áreas sociales, educativas y de salud.

## **Ubicación Geográfica**

El distrito de Tamburco está en la provincia de Abancay, región Apurímac, Perú, a 2,581 msnm. Sus coordenadas son 13°37'05" latitud sur y 72°52'18" longitud oeste.

# **Problema de Investigación**

## **Identificación del Problema**

El aumento acelerado de la demografía y la masificación urbana han llevado a un incremento de pedidos de servicios públicos capaces, sabiendo que el alumbrado público es uno de los aspectos principales para garantizar la calidad de vida y seguridad de la ciudadanía. Existen muchas imperfecciones que afectan el consumo de energía y la capacidad del servicio, lo cual lleva a generar problemas económicos, sociales y ambientales, así como también, las fallas no detectadas a tiempo y costos operativos altos a causa de la falta de monitoreo y mantenimiento predictivo (Caro-Pedreros et al., 2021).

El alumbrado público del distrito de Tamburco es mayormente obsoleto y se manipula manualmente. No tiene ningún dispositivo que ayude a las luminarias en tiempo real, lo cual nos lleva a problemas importantes de ineficiencia, generalmente las luminarias que están encendidas en el día o que tienen fallas por las noches no se llegan a detectar ni reparar a tiempo. Esto genera un alto consumo energético, aumentando el costo operativo para el gobierno local, esto también afecta de manera negativa a los moradores de la zona, los cuales están expuestos a problemas de seguridad y visibilidad en las zonas públicas del distrito por la deficiencia de la iluminación.

## **Problema en la infraestructura de TI**

La nula inversión en tecnología avanzada ha prolongado y desnudado los problemas de eficiencia energética, lo cual nos lleva a la generación de un golpe negativo en el ámbito económico y ambiental. Actualmente, el sistema no permite detectar ni corregir a tiempo las fallas en las luminarias, lo cual implica esperar mucho tiempo las reparaciones respectivas, en especial en zonas rurales o alejadas, También, debido a la inexistencia de monitoreo en tiempo real impide el monitoreo implementar estrategias de ahorro energético, a causa de ello se nota un incremento innecesario en el consumo de electricidad, así como también, el costo operativo del servicio público (Anual, 2023).

## **Problema General**

¿Cómo se puede implementar un sistema de supervisión de alumbrado público basado en IoT, modelos de ciudad inteligente e inteligencia artificial para mejorar la eficiencia de la energía, la operabilidad y el mantenimiento de alumbrado público en el distrito de Tamburco?

## **Problemas Específicos**

* ¿De qué forma la implementación de IoT puede mejorar la eficiencia del consumo energético del alumbrado público de Tamburco?
* ¿Cómo el uso de modelos inteligencia artificial puede detectar la detección de fallas el mantenimiento predictivo de las luminarias?
* ¿Qué impacto económico y ambiental tendría el implementar este sistema de alumbrado público en el distrito de Tamburco?

## **Objetivo General**

Implementar un sistema de supervisión inteligente de alumbrado público basado en IoT e IA para mejorar la eficiencia energética, la operatividad y el mantenimiento de las luminarias en el distrito de Tamburco.

## **Beneficios de Implementación**

* El uso de inteligencia artificial e internet de las cosas reducirá el consumo energético y mejorará la detección de fallos en el sistema de alumbrado público del distrito de Tamburco.
* La implementación de IoT permitirá la recopilación de datos en tiempo real, mejorando la capacidad de monitoreo de las luminarias.
* La optimización del sistema mediante algoritmos de IA reducirá el consumo de energía en al menos un 20%.
* El mantenimiento predictivo implementado reducirá los tiempos de reparación de fallos en al menos un 30%, mejorando la eficiencia operativa y reduciendo costos.

# **Marco Referencial**

## **Antecedentes Internacionales**

1. (Rodríguez Rodríguez et al., 2023), en su proyecto “Conectando el Futuro: Ciudades Inteligentes, IoT y la Transformación de la Sociedad Urbana”, publicada por la universidad de Málaga, se hace énfasis en tecnologías emergentes como internet de las cosas (IoT) e inteligencia artificial (IA), lograron cambian la gestión de urbana de diversas ciudades del mundo, se destaca que dichas tecnologías aplicadas a la infraestructura del alumbrado público, permite optimizar los recursos energéticos y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. Estas tecnologías aplicadas a los proyectos de alumbrado publico inteligente permite la detección de modelos de uso y el ajuste automático de la intensidad lumínica de acuerdo a la hora del día o a la presencia de personas. El estudio muestra como Barcelona ha implementado proyectos experimentales donde el alumbrado publico inteligente forma parte de una red de sensores que optimizan la iluminación y se conectan a su vez con otros servicios. La conectividad de estos sistemas genera datos importantes y también da a los ciudadanos el poder de interactuar con su entorno a través de aplicaciones móviles.
2. (Rodríguez et al., 2022), en el proyecto de investigación llamado, “Ciudades Inteligentes e Internet de las Cosas: Propuestas y casos de uso”, publicada por el Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Durango, el objetivo de la investigación fue explorar distintos proyectos de aplicación de internet de las cosas (IoT) para ciudades inteligentes. Cuyos enfoques centrales son: la implementación de tecnologías IoT en alumbrado publico inteligente, sistemas de monitoreo de tráfico, gestión de recurso, etc., el objetivo fue optimizar los recursos energéticos y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. La investigación da soluciones innovadoras para la ciudad de Durango, como la automatización de sistemas de alumbrado público basado en sensores inteligentes, que optimizan el consumo energético, la disminución de emisiones contaminantes y una mejora en la seguridad ciudadana. Esta investigación es el esfuerzo de un conjunto de docentes por mejorar los servicios públicos urbanos y crear una infraestructura que de facilidades en la toma de decisiones en tiempo real.
3. (LAMEGO, 2017), en su proyecto de investigación para obtener el titulo de maestro en sistemas inteligentes titulada: “Desarrollo de un Sistema Inteligente de Control de Tráfico con Software de Código Abierto en Sistemas Embebidos”, sustentada en el Tecnológico de Monterrey, Jalisco, México, quien desarrollo un sistema de control de tráfico vehicular basado en cámaras de video y procesamiento de imágenes mediante la librería OpenCV. El principal objetivo fue diseñar un prototipo de control inteligente para semáforos, con la capacidad de detectar vehículos y peatones en tiempo real y ajustar los tiempos de las señales de tráfico para optimizar el tránsito vehicular y disminuir el tiempo de espera en los cruces. Esta investigación demostró que el uso de sistemas embebidos y software de código abierto es técnicamente viable y también económico, lo cual facilita su implementación en comunidades de bajos recursos. El sistema fue probado exitosamente en entornos simulados y eventos de presentación, como en el “Open House” del Centro de Tecnología de Código Abierto (OTC).
4. (Nurul, 2013), en su proyecto de investigación para optar al título de ingeniero de Telecomunicaciones titulada “Diseño de un Sistema de Alumbrado Público Inteligente Basado en Internet de las Cosas para el Centro Histórico de la ciudad de Popayán”, sustentada en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Colombia, quien tuvo como objetivo diseñar un sistema de alumbrado público inteligente usando tecnologías de internet de las cosas (IoT). El sistema propuesto permitió el monitoreo y control de luminarias LED, optimizando el consumo energético y mejorando la calidad del servicio de iluminación en el centro histórico de la ciudad. El proyecto aplico una metodología de exploración, usando sensores para medir parámetros eléctricos y tecnología inalámbrica para gestionar el sistema sin cambiar la estética colonial de la zona. Se llego a la conclusión que la implementación de este sistema aporta a la sostenibilidad de la ciudad y a la creación de un modelo de ciudad inteligente.
5. (CARO MORENO, 2021), en su proyecto de tesis para optar el titulo de ingeniero Civil titulada “Estudio de Aplicaciones de la Inteligencia Artificial en el Desarrollo de Proyectos de Ingeniería Civil”, sustentada en la Universidad de Chile, exploro el uso de algoritmos de inteligencia artificial (IA) en el sector de la construcción. El objetivo central fue optimizar la planificación, gestión y monitoreo de proyectos de ingeniería civil por medio de la implementación de inteligencia artificial (IA), especialmente en tareas como previsión de costos y plazos, control de seguridad en obra y detección de daños estructurales. La investigación llego a la conclusión que la inteligencia artificial (IA) ya esta siendo implementada en distintas áreas y proyectos de ingeniería civil, donde se destacan aplicaciones como la visión artificial para monitoreo de obras y el uso de gemelos digitales para mejorar la eficiencia en la construcción.
6. (Rizwan et al., 2019), en su proyecto de tesis para optar el titulo de Doctor en Filosofía titulada “Big Data Management and Analytics Framework for IoT-Enabled Smart Buildings”, sustentada en la University of Technology Sydney, Australia, tuvo como principal objetivo desarrollar un marco de gestión y análisis de grandes volúmenes de datos generados por sensores de internet de las cosas (IoT), algunos de ellos son sensores de oxígeno, detectores de humo y luminosidad en edificios inteligentes. El énfasis principal que se le dio a la investigación fue proponer una arquitectura de referencia para la toma de decisiones, almacenamiento y análisis de los datos procedentes de los sensores IoT, así como también el control automático de diversas instalaciones dentro de los edificios inteligentes. Este proyecto también incluye un metamodelo que detalla los elementos principales de los edificios inteligentes y como interactúan entre ellos. El estudio empírico del proyecto con expertos del rubro concluyo que el sistema propuesto es óptimo para la gestión eficiente de los datos y el control autónomo de los edificios, mejorando la comodidad y eficiencia del consumo energético.

## **Antecedentes Nacionales**

1. (Ascue & Espinoza, 2023), en su proyecto de investigación para optar al titulo de ingeniero informático y de sistemas titulado “Diseño de un Sistema de Alumbrado Público Basado en los Modelos de Ciudad Inteligente e Internet de las Cosas para la Ciudad de Sicuani”, sustentada en la Universidad Nacional e San Antonio Abad del Cusco, desarrollaron un sistema que permite monitorear y supervisar el alumbrado publico en tiempo real, optimizando el consumo energético y detectando fallos en las luminarias. El sistema emplea sensores para medir el voltaje, amperaje y otras variables, los cuales envían datos a un servidor central que permite gestionar de manera eficiente el alumbrado público de la ciudad. Esta investigación, de tipo aplicada y diseño experimental, concluyó que el uso de tecnologías IoT no solo mejora la eficiencia energética de la ciudad, sino que también reduce los costos operativos y contribuye a la sostenibilidad de la ciudad de Sicuani.
2. (Tapia Meza, 2020), en su proyecto de investigación para optar el grado Académico de Maestra en Negocios Internacionales titulado **“Tecnologías y Servicios en Ciudades Inteligentes desde una Perspectiva de Negocios”,** sustentada en la **Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú**, cuyo objetivo fue reconocer las preferencias emergentes en las **tecnologías disruptivas** aplicadas a ciudades inteligentes, como el **Internet de las Cosas (IoT), big data, blockchain** e **inteligencia artificial**, enfocado en los productos y servicios que generan nuevas oportunidades de negocio en estas ciudades. La investigación fue de tipo aplicada, con un diseño descriptivo y enfoque exploratorio, utilizando un análisis sistemático de la literatura y redes bibliográficas de la base científica **Scopus**. Se concluyó que el uso de tecnologías avanzadas en las ciudades inteligentes mejora significativamente la gestión de recursos urbanos, como la energía y la movilidad, y representa una oportunidad clave para la innovación en sectores como el medio ambiente y el transporte publico de las ciudades donde se aplicaron dichas tecnologías.
3. (Romo & Benites, 2021), en su proyecto de tesis para optar el grado de Magister en Ingeniería de las Telecomunicaciones titulado **“Diseño de un Sistema de Parqueo Inteligente y Calidad del Aire Visualizado en Tiempo Real en una Aplicación Android para el Distrito de La Punta”**, sustentado en la **Pontificia Universidad Católica del Perú**, tuvo como principal objetivo diseñar e implementar un sistema de parqueo inteligente en basado en el modelo de ciudades inteligentes. El sistema se basó en el uso de **sensores infrarrojos** y de **calidad del aire** conectados a una plataforma que brinda información en tiempo real sobre la disponibilidad de estacionamientos y la calidad del aire, todo visualizado a través de una aplicación Android. El proyecto de tesis se enmarca dentro de un diseño experimental y concluyó que la implementación del sistema propuesto optimiza la eficiencia en la gestión de estacionamientos y reduce el tiempo y el consumo de energía de los usuarios, al tiempo que brinda datos útiles para mejorar la calidad ambiental del distrito de La Punta en el Callao.
4. (Carrera Soria, n.d.), en su proyecto de tesis para optar el título de Ingeniero Electrónico titulado **“Diseño de un Sistema de Iluminación Inteligente Aplicado al Primer Piso del Pabellón V de la PUCP”**, sustentado en la **Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP),** tuvo como objetivo central implementar un sistema de iluminación inteligente usando sensores de luz y de movimiento, con el fin de optimizar el consumo de energía eléctrica en el primer piso del pabellón V. La investigación se centró en desarrollar un sistema que automatizara el encendido y apagado de las lámparas, así como regular la intensidad lumínica según las condiciones de luz natural. El sistema fue diseñado con un enfoque en la reducción de costos energéticos y la prolongación de la vida útil de los equipos de iluminación. El estudio concluyó que el sistema propuesto permitió un ahorro significativo en el consumo energético del pabellón, mejorando la eficiencia del sistema de iluminación​ del primer piso del pabellón V de la Universidad Católica del Perú.
5. (FUENTES, 2021), en su proyecto de tesis para optar el Grado Académico de Magister en Ingeniería de Sistemas e Informática titulada: “Sistema de Medición Inteligente de Consumo de Agua en Hogares Usando IoT y Cloud Computing”, sustentada en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú. El objetivo principal de esta investigación fue diseñar e implementar un sistema inteligente basado en IoT para medir el consumo de agua en tiempo real, con el fin de detectar fugas y reducir el desperdicio de agua en Lima. El tipo de investigación fue aplicada, de nivel explicativo y diseño experimental. La gestión del proyecto se basó en el modelo PMBOK, y para el desarrollo se usó la metodología ágil Scrum. Como resultado, el sistema permitió recopilar datos de medidores inteligentes, procesarlos localmente mediante un gateway y luego enviarlos a la nube para su análisis. El uso del algoritmo propuesto para detectar fugas logró una precisión del 98%, mejorando la gestión del consumo de agua en los hogares en los que se implementó este sistema.

## **Marco Teórico**

### **Sistema**

Un sistema se define como un **conjunto de elementos relacionados entre sí** que funcionan de forma coordinada para alcanzar un objetivo en común. Según Bertalanffy, un sistema se caracteriza por la dependencia mutua de sus componentes, lo que nos dice que no puede entenderse simplemente como la suma de sus partes, sino que debe considerarse como un organismo en constante movimiento y a su vez organizado, donde los vínculos entre los elementos son tan importantes como los elementos en sí mismos (Bertalanffy, 1950).

También cabe mencionar que, **un sistema debe tener un propósito claro y especifico**. Este propósito define la dirección del sistema, y las interacciones entre los elementos están diseñadas para lograr ese fin. Los sistemas también tienen la capacidad de **mantener su estabilidad a través de la adaptación a su entorno,** lo que se denomina viabilidad. En este sentido, un sistema viable es aquel que, a través de mecanismos de regulación y control, es capaz de mantenerse y desarrollarse en un entorno en constante transformación (Badillo et al., 2008).

También, se pueden identificar dos principios fundamentales en los sistemas: **globalismo** o totalitarismo y **propósito u objetivo**. El globalismo se refiere al hecho de que los cambios en una parte del sistema afectan al conjunto en su totalidad, debido a la interrelación e interacción entre los componentes (Bertalanffy, 1950). En cuanto al propósito, es la razón de ser del sistema, y todo el sistema trabaja de manera coordinada para alcanzar ese fin (Badillo et al., 2008).

En conclusión, **los sistemas están ligados a los fenómenos de entropía y homeostasis**. La entropía representa el proceso natural de desorden que tiene un impacto directo en los sistemas cerrados, mientras que la homeostasis es el estado de equilibrio dinámico que los sistemas abiertos, como los organismos vivos, mantienen con su entorno para mantener su viabilidad (Bertalanffy, 1950).

Este enfoque señala la importancia del funcionamiento dentro del sistema, así como la capacidad de adaptación y regulación que tienen los sistemas viables para mantenerse en funcionamiento frente a los cambios a su alrededor.

### **Sistema de Supervisión**

Un sistema de supervisión se define como “la implementación de arquitecturas diseñadas para la monitorización y control continuo de procesos mediante tecnologías avanzadas” (Wellstead, 1986). Estos sistemas recopilan y procesan datos en tiempo real para mantener el funcionamiento del proceso dentro de los parámetros de operación predefinidos.

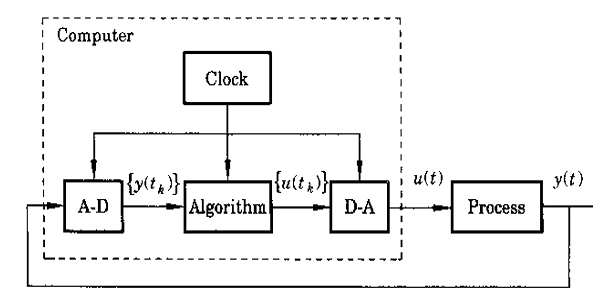


Figura 1. Diagrama esquemático de un sistema controlado por computadora.

(Wellstead, 1986)

En la figura 1. “*Diagrama esquemático de un sistema controlado por computadora*”, se presenta un esquema típico de un sistema controlado por computadora, donde se destacan los siguientes componentes principales:

1. **Sensores:** Dispositivos encargados de la recolección de datos físicos del entorno. Estos datos pueden incluir variables como temperatura, presión, flujo, o cualquier otro parámetro relevante. Los sensores convierten estas magnitudes físicas en señales eléctricas, que luego son procesadas.
2. **Conversores A-D (Analógico-Digital):** Convierte las señales analógicas obtenidas de los sensores en datos digitales que puedan ser interpretados por los sistemas computacionales. Este proceso es crítico para permitir que los algoritmos de control reciban y procesen la información en tiempo real​.
3. **Algoritmo de Control:** Se trata de un software que, usando la información recopilada por los sensores, determina las acciones correctivas necesarias para mantener el proceso dentro de los rangos operativos. Este algoritmo puede incluir técnicas de control clásicas como PID (Proporcional-Integral-Derivativo), control predictivo, o basarse en inteligencia artificial​.
4. **Conversores D-A (Digital-Analógico):** Transforma los comandos digitales del algoritmo de control en señales analógicas que los actuadores puedan interpretar y ejecutar sobre el proceso supervisado​.
5. **Actuadores:** Son los elementos encargados de llevar a cabo las acciones correctivas físicas en el proceso, como abrir válvulas, modificar la velocidad de un motor o cambiar el flujo de un sistema. Su función es implementar las órdenes del algoritmo de control para ajustar el proceso en función de los datos monitoreados​.
6. **Reloj o Temporizador:** Sincroniza la secuencia de lectura de los sensores y la ejecución de las órdenes de control, sincronizando la recolección de datos y la respuesta del sistema en intervalos de tiempo definidos.

En conclusión, el objetivo principal de un sistema de supervisión es mantener el control automático de un proceso, asegurando que los parámetros de operación se mantengan dentro de los límites deseados. Esto se logra mediante la recolección constante de los datos y la toma de decisiones en tiempo real.

Los sistemas de supervisión pueden clasificarse en dos tipos principales:

1. **Supervisión de lazo abierto:** Donde las acciones correctivas se toman sin considerar la salida del proceso, basándose únicamente en las condiciones iniciales del sistema.
2. **Supervisión de lazo cerrado:** En este caso, las acciones se ajustan continuamente con base en la comparación entre la salida real del sistema y una referencia predefinida, permitiendo un control más preciso y adaptativo (Wellstead, 1986).

### **IoT**

El **Internet de las Cosas (IoT)** representa la interconexión de dispositivos físicos mediante Internet, permitiendo que recopilen, compartan y procesen datos en tiempo real sin intervención humana. Según recientes estudios, IoT no solo integra sensores y dispositivos, sino que se encuentra en el núcleo de soluciones avanzadas como ciudades inteligentes, automatización industrial y atención médica personalizada.

El IoT puede definirse como un ecosistema de dispositivos que interactúan mediante protocolos estándar y redes fijas o inalámbricas, integrando tecnologías emergentes como **5G**, **inteligencia artificial** y **computación en la nube** para mejorar la toma de decisiones y la eficiencia operativa (World Economic Forum, 2022). Esto refuerza la idea de que IoT es un habilitador clave para la automatización, promoviendo operaciones autónomas y contextualmente inteligentes (Shafique et al., 2020).

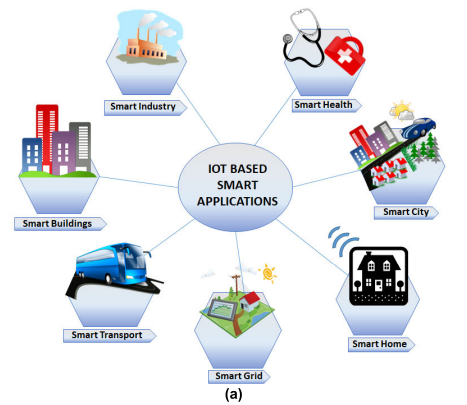


Figura 2. Aplicaciones de ciudades inteligentes basadas en iot.

(Shafique et al., 2020)

#### **Componentes Fundamentales**

1. **Dispositivos conectados**: Incluyen sensores, actuadores y objetos inteligentes diseñados para recopilar datos del entorno y ejecutar acciones automatizadas.
2. **Tecnologías de red**: Redes como **LPWAN**, **LoRa**, y **5G** garantizan conectividad confiable, de bajo consumo y escalabilidad.
3. **Plataformas IoT**: Sistemas como **Big Data** y **Cloud Computing** permiten procesar grandes volúmenes de datos, optimizando la toma de decisiones.
4. **Aplicaciones de usuario final**: Incluyen dashboards visuales para el monitoreo en tiempo real, actuadores remotos y software interactivo (Ogbodo et al., 2022).

#### **Arquitectura IoT**

De acuerdo con Ogbodo (2018), la arquitectura IoT consta de tres capas:

1. **Dominio de sensores**: Redes de sensores inalámbricos (WSN) que registran cambios físicos en el entorno.
2. **Dominio de red**: Gestiona la comunicación entre sensores y plataformas IoT mediante gateways y protocolos estándar como MQTT y CoAP.
3. **Dominio de aplicación**: Procesa y presenta la información al usuario mediante sistemas de almacenamiento y análisis de datos.

El IoT, en conjunto con la tecnología **6G**, apunta hacia un modelo más distribuido y autónomo, donde los dispositivos actúan no solo como nodos de recopilación de datos, sino también como unidades de procesamiento avanzado, mejorando la eficiencia y reduciendo la latencia (Shafique et al., 2020).

### **Sensores Inteligentes**

Los sensores inteligentes son dispositivos que integran un elemento sensor, un microprocesador y un módulo de comunicación, permitiendo no solo la medición de parámetros físicos, sino también su procesamiento y transmisión en tiempo real. Estos sensores son fundamentales en sistemas avanzados de monitoreo, como el alumbrado público inteligente, ya que permiten la recolección y análisis de datos del entorno, facilitando decisiones informadas y optimizando operaciones.

Un sensor inteligente se define como un dispositivo que combina varias tecnologías para transformar variables físicas en señales eléctricas. Esto permite su interpretación por sistemas computacionales. Además, los sensores inteligentes tienen capacidades de procesamiento local, comunicación y autodiagnóstico, lo que les otorga una ventaja sobre los sensores tradicionales (Muyudumbay et al., 2023).

**Tipos de Sensores**

1. **Sensor de Corriente (A):**

Función: Mide el flujo eléctrico en el sistema.

Importancia: Detecta sobrecargas y pérdidas de energía, crucial para la eficiencia operativa (SHELEMO, 2023).

1. **Sensor de Voltaje (V):**

Función: Registra la diferencia de potencial.

Importancia: Asegura que el voltaje se mantenga dentro de rangos seguros para evitar daños (Trimestre, 2023).

1. **Sensor de Temperatura (°C):**

Función: Detecta la temperatura ambiente o interna.

Importancia: Previene condiciones de sobrecalentamiento que podrían dañar equipos (SHELEMO, 2023).

1. **Sensor de Humedad (%):**

Función: Mide el nivel de humedad.

Importancia: Ayuda a prevenir la corrosión y problemas relacionados con la condensación (Trimestre, 2023).

1. **Sensor de Luz Ambiental (lx):**

Función: Mide la intensidad de la luz natural.

Importancia: Permite ajustar la iluminación pública para maximizar el ahorro energético (SHELEMO, 2023).

**Diagrama Conceptual**

Los sensores inteligentes operan en un ciclo continuo de recolección, procesamiento y transmisión de datos. Este proceso incluye:

* Procesamiento en el sensor: Filtrado y análisis local de datos.
* Conectividad IoT: Transmisión de datos a plataformas analíticas mediante protocolos como LoRa o ZigBee.

**Clasificación y Operación**

**Los sensores pueden clasificarse según su operación:**

* Lazo abierto: Recopilan datos y ejecutan comandos preprogramados.
* Lazo cerrado: Ajustan dinámicamente el sistema según la retroalimentación obtenida, permitiendo un control más preciso (Muyudumbay et al., 2023).

### **Inteligencia Artificial (IA)**

Es un campo de la informática que desarrolla sistemas capaces de realizar tareas que requieren inteligencia humana, como aprendizaje, razonamiento, percepción, procesamiento del lenguaje y toma de decisiones. Técnicamente, incluye áreas como:

* Aprendizaje Automático (ML): Algoritmos que aprenden de datos.
* Redes Neuronales: Modelos inspirados en el cerebro humano.
* Procesamiento de Lenguaje Natural (NLP): Entender y generar lenguaje humano.
* Visión por Computadora: Interpretar datos visuales como imágenes.
* Algoritmos de Optimización: Resolver problemas complejos.

Se aplica en vehículos autónomos, diagnósticos médicos, asistentes virtuales, sistemas de recomendación, y más. La IA combina datos, modelos, algoritmos y hardware avanzado para automatizar y mejorar procesos en diversas áreas (Latorre et al., 2024).

**Aplicaciones de la IA en Sistemas de Supervisión de Alumbrado Público**

1. **Detección de anomalías**

La IA utiliza modelos como redes neuronales y máquinas de soporte vectorial (SVM) para identificar comportamientos atípicos en los datos recopilados por los sensores. Por ejemplo, si un sensor de voltaje registra valores fuera del rango esperado, un modelo de IA puede detectar esta anomalía y generar alertas en tiempo real. Esto permite a los operadores tomar acciones correctivas antes de que se produzcan fallos más graves, mejorando así la fiabilidad del sistema (Molina, 2024).

1. **Predicción de fallos**

Los algoritmos de aprendizaje supervisado analizan históricos de datos operativos para prever cuándo es probable que ocurra un fallo en el sistema. Por ejemplo, si se detecta un aumento gradual en el consumo energético a través de los sensores, la IA puede prever posibles fallos eléctricos y recomendar mantenimiento preventivo. Esto no solo ayuda a evitar interrupciones en el servicio, sino que también optimiza los recursos destinados al mantenimiento (Molina, 2024).

1. **Optimización del consumo energético**

Mediante técnicas de aprendizaje por refuerzo, la IA ajusta dinámicamente la intensidad del alumbrado según las condiciones ambientales medidas por los sensores de luz y temperatura. Esto maximiza la eficiencia energética y reduce costos operativos. Las ciudades pueden ahorrar energía al reducir la iluminación en áreas poco transitadas o durante horas con suficiente luz natural (Mouzakitis, 2024).

1. **Clasificación y priorización de alertas**

La IA puede clasificar las alertas generadas por el sistema según su criticidad, utilizando técnicas de procesamiento de lenguaje natural (NLP) para interpretar comentarios o registros del sistema. Esto permite diferenciar entre alertas menores, como fluctuaciones en la luz ambiental, y alertas críticas, como fallos en el suministro eléctrico. Esta priorización asegura que los problemas más serios se aborden primero.

**Técnicas y Modelos Usados en IA**

* Modelos Predictivos: Incluyen regresiones lineales y redes neuronales recurrentes (RNN), utilizados para prever tendencias de consumo energético o fallos potenciales.
* Clustering: Algoritmos como k-means agrupan datos similares para identificar comportamientos recurrentes que podrían ser señales tempranas de anomalías.
* Redes Convolucionales (CNN): Se utilizan para procesar imágenes capturadas por cámaras instaladas en el entorno del alumbrado, identificando posibles obstrucciones o daños físicos (Municipales, 2024).

### **Gestión Energética**

La gestión energética es un conjunto de estrategias, tecnologías y prácticas que buscan el uso eficiente y sostenible de la energía. En el contexto del alumbrado público, una gestión adecuada no solo reduce costos operativos, sino que también minimiza el impacto ambiental y mejora la calidad del servicio. Este apartado se centra en los conceptos fundamentales relacionados con el consumo energético, los rangos de operación ideales y la importancia de las alertas preventivas (FENERCOM, 2013).

**Consumo Energético en Alumbrado Público**

El consumo energético en sistemas de alumbrado público está influido por diversos factores clave:

* **Tecnología de las Luminarias:** Las luminarias LED son mucho más eficientes que las tradicionales, como las incandescentes o de vapor de sodio, ya que consumen menos energía para proporcionar el mismo nivel de iluminación. Esto no solo reduce la factura eléctrica, sino que también disminuye la huella de carbono asociada al alumbrado.
* **Condiciones Ambientales**: Factores como la luz ambiental y la temperatura pueden afectar tanto el tiempo de encendido como la intensidad necesaria para las luminarias. Por ejemplo, en noches claras, es posible que se requiera menos iluminación.
* **Estado de los Componentes:** El envejecimiento o fallos en componentes eléctricos, como balastos o transformadores, pueden incrementar el consumo energético sin que se perciba inmediatamente. Un mantenimiento regular es esencial para garantizar que todos los elementos funcionen correctamente.
* **Estrategias de Control:** La implementación de sistemas de regulación, tales como atenuadores o sensores de luz ambiental, permite ajustar la intensidad de la iluminación según las necesidades del entorno. Esto optimiza el uso de energía y mejora la eficiencia general del sistema (FENERCOM, 2013).

**Rangos de Operación de Voltaje y Corriente**

Los sistemas de alumbrado público operan eficientemente dentro de rangos específicos de voltaje y corriente:

**Rangos Ideales:**

* + **Voltaje:** Generalmente entre 220 V y 240 V en sistemas de corriente alterna (CA).
  + **Corriente:** Dependiendo de la carga conectada, típicamente oscila entre 3 A y 7 A por luminaria.
* **Consecuencias de Operar Fuera de los Rangos:**
  + **Voltaje Bajo (<220 V):** Puede resultar en una reducción de la eficiencia lumínica y un aumento del riesgo de parpadeo o apagado intermitente.
  + **Voltaje Alto (>240 V):** Puede causar daños a los componentes eléctricos, reduciendo su vida útil e incrementando el consumo energético innecesario.
  + **Corriente Elevada:** Puede provocar sobrecargas en los circuitos, lo que aumenta el riesgo de cortocircuitos o incendios y acelera el desgaste de cables y conectores.

Mantener estos rangos dentro de límites adecuados garantiza un funcionamiento óptimo del sistema y evita costos adicionales asociados con reparaciones o interrupciones en el servicio (FENERCOM, 2013).

**Importancia de la Gestión Energética**

La gestión energética es crucial para maximizar la eficiencia a lo largo del ciclo de vida del alumbrado público. Esto implica no solo la instalación inicial, sino también un monitoreo continuo para adaptar las características del sistema a las condiciones cambiantes. La implementación de tecnologías avanzadas permite un control centralizado del consumo energético desde plataformas digitales, facilitando ajustes basados en datos recopilados en tiempo real.

Además, al adoptar sistemas inteligentes para el alumbrado público, se puede mejorar significativamente la sostenibilidad ambiental. Por ejemplo, al integrar sensores que ajustan automáticamente la iluminación según el tráfico o las condiciones climáticas, se logra no solo un ahorro energético considerable sino también una reducción en la contaminación lumínica.

La modernización del alumbrado público mediante tecnologías como IoT y análisis avanzado permite a las ciudades ser más eficientes y responsables con el medio ambiente. Esto no solo beneficia a los operadores del sistema sino también a los ciudadanos al mejorar su calidad de vida mediante una iluminación adecuada y segura (Municipales, 2024).

### **Modelo de Ciudad Inteligente**

El modelo de ciudad inteligente busca aprovechar tecnologías avanzadas, como el Internet de las Cosas (IoT) y la inteligencia artificial, para optimizar la gestión de recursos urbanos, mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y promover la sostenibilidad. En este contexto, un sistema de monitoreo de alumbrado público desempeña un papel crucial al alinearse con los tres pilares fundamentales: sostenibilidad. Eficiencia operativa e interoperabilidad.

1. **Sostenibilidad**

El monitoreo del alumbrado público está íntimamente relacionado con la reducción del consumo energético y la huella de carbono.

* **Reducción del Consumo Energético:**
  + **Optimización del Uso:** Gracias a sensores de luz ambiental y algoritmos de regulación automática, las luminarias pueden ajustarse según las necesidades reales. Esto evita el consumo innecesario durante horas con suficiente luz natural.
  + **Identificación de Desperdicios:** La supervisión continua permite detectar luminarias defectuosas o ineficientes, facilitando su reemplazo por alternativas más eficientes, como la tecnología LED (Municipales, 2024).
* **Disminución de la Huella de Carbono:**

Al reducir el consumo energético, se disminuye proporcionalmente la generación de emisiones de dióxido de carbono asociadas con la producción de electricidad, especialmente en sistemas que dependen de fuentes fósiles. Este enfoque sostenible contribuye a alcanzar objetivos globales para mitigar el cambio climático, alineándose con compromisos establecidos en acuerdos internacionales como el Acuerdo de París (Weinert, 2024).

1. **Eficiencia Operativa**

El sistema de monitoreo propuesto mejora significativamente la eficiencia en la operación y el mantenimiento del alumbrado público mediante diversas prácticas:

* **Automatización del Monitoreo:** La recopilación en tiempo real de parámetros clave (como corriente, voltaje y temperatura) elimina la necesidad de inspecciones manuales frecuentes. Esto reduce costos laborales y tiempos de respuesta.
* **Mantenimiento Predictivo:** Basándose en análisis de datos históricos y actuales, el sistema puede anticipar fallos en luminarias o componentes eléctricos, permitiendo planificar mantenimientos preventivos y reducir interrupciones en el servicio.
* **Reducción de Costos Operativos:** La detección temprana de anomalías minimiza las reparaciones de emergencia, mientras que el ajuste dinámico de la intensidad lumínica prolonga la vida útil de las luminarias.
* **Mejora del Servicio:** Un sistema eficiente reduce incidencias, mejorando la experiencia ciudadana y aumentando la percepción de seguridad en espacios públicos (Municipales, 2024).

1. **Interoperabilidad**

Un componente esencial del modelo de ciudad inteligente es la capacidad de integración entre diferentes infraestructuras y sistemas. El sistema de monitoreo del alumbrado público puede interoperar con otras tecnologías para maximizar sus beneficios:

* **Integración con Redes de Transporte:** Los datos sobre iluminación pueden sincronizarse con sistemas de gestión del tráfico para mejorar la visibilidad en vías transitadas. Esto permite adaptar la intensidad luminosa durante horarios de alta congestión.
* **Conexión con Sistemas de Seguridad:** Cámaras de vigilancia y sensores de movimiento pueden integrarse con las luminarias para aumentar su intensidad al detectar actividades sospechosas, mejorando así la seguridad ciudadana.
* **Compatibilidad con Redes Inteligentes:** La información recopilada puede enviarse a plataformas de gestión energética municipales, optimizando el consumo global y facilitando decisiones informadas.
* **Uso en Iniciativas Ambientales:** El sistema puede compartir datos sobre consumo energético y huella de carbono con plataformas dedicadas a la sostenibilidad, contribuyendo al monitoreo del impacto ambiental en las ciudades (Iluminación, 2018).

### **Marco Normativo**

1. **Normativas Nacionales**

* **Eficiencia Energética en el Alumbrado Público**
  + **Ley N.ª 27345: Ley de Promoción del Uso Eficiente de la Energía:** Establece disposiciones para la optimización del consumo energético en sectores clave, incluyendo el alumbrado público. Promueve la adopción de tecnologías de bajo consumo, como luminarias LED, y la incorporación de sistemas inteligentes para la gestión energética.
  + **Decreto Supremo N.º 053-2007-EM:** Reglamenta las medidas de eficiencia energética obligatorias en instituciones públicas, incorporando requisitos técnicos para optimizar el consumo y reducir las emisiones de gases contaminantes.
* **Normativa Técnica para Alumbrado Público**
  + **Norma Técnica Peruana NTP 350.043:** Define los parámetros técnicos para el diseño, instalación y operación de sistemas de alumbrado público, garantizando niveles adecuados de iluminación, seguridad y eficiencia. Especifica aspectos como los rangos de intensidad luminosa, los niveles de uniformidad y los estándares de mantenimiento.
  + **Plan Nacional de Electrificación Rural:** Establece directrices para extender la cobertura de alumbrado eficiente en áreas rurales, incorporando soluciones sostenibles como sistemas solares y tecnologías de control remoto.
* **Gestión de Datos en IoT**
  + **Ley N.ª 29733: Ley de Protección de Datos Personales:** Regula la recolección, almacenamiento y uso de datos personales en sistemas tecnológicos, asegurando la privacidad de los usuarios en soluciones IoT.
  + **Decreto Legislativo N.º 1512:** Establece lineamientos para la transformación digital en servicios públicos, incluyendo el uso de tecnologías inteligentes para la supervisión y optimización del alumbrado público.

#### **Normativas Internacionales**

* **Estándares para Alumbrado Público**
  + **IEC 60598-2-3:** Norma internacional que especifica los requisitos técnicos de seguridad y desempeño para luminarias utilizadas en alumbrado público, con énfasis en la resistencia a condiciones ambientales adversas.
  + **IES RP-8:** Proporciona lineamientos técnicos sobre los niveles de iluminación adecuados para carreteras, áreas peatonales y espacios públicos, considerando factores como el confort visual y la seguridad vial.
* **Gestión Energética y Sostenibilidad**
  + **ISO 50001:** Estándar para la implementación de sistemas de gestión energética que optimicen el uso de la energía en instalaciones públicas. Su aplicación asegura la identificación de áreas de mejora y la reducción de costos operativos.
  + **ISO 14064:** Especifica directrices para la cuantificación y verificación de emisiones de gases de efecto invernadero, promoviendo la sostenibilidad en sistemas de alumbrado público.
* **Estándares de IoT y Seguridad de la Información**
  + **ISO/IEC 30141:** Proporciona una arquitectura de referencia para el diseño de sistemas IoT, asegurando su interoperabilidad, escalabilidad y seguridad.
  + **ISO/IEC 27001:** Norma enfocada en la gestión de la seguridad de la información, aplicable a sistemas IoT que recopilan y procesan datos sensibles en tiempo real.
* **Acuerdos Globales de Sostenibilidad**
  + **Acuerdo de París:** Promueve la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero mediante el uso de tecnologías eficientes en sectores clave, incluyendo el alumbrado público.
  + **Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas:** Establecen metas específicas para garantizar el acceso a energías asequibles, sostenibles y modernas, con énfasis en la implementación de soluciones inteligentes en infraestructura urbana.

# **Justificación de la Investigación**

## **Justificación Teórica**

La implementación de un sistema de supervisión de alumbrado público basado en tecnologías IoT e inteligencia artificial ofrece una solución tecnológica avanzada que permite el monitoreo en tiempo real del estado de las luminarias, el consumo de energía y la detección automática de fallas. Este enfoque teórico se sustenta en la capacidad de las tecnologías IoT e IA para optimizar el uso de los recursos energéticos, permitiendo una gestión predictiva y preventiva. Asimismo, se genera un aporte significativo al conocimiento técnico sobre la integración de estas tecnologías en sistemas públicos esenciales, abordando las ineficiencias de los modelos manuales actuales y promoviendo un modelo sostenible de ciudad inteligente.

## **Justificación Práctica**

En la actualidad, el sistema de alumbrado público del distrito de Tamburco presenta ineficiencias notorias debido a su carácter anticuado y la falta de automatización. La propuesta de este sistema inteligente permitirá superar estas limitaciones mediante el monitoreo constante, la detección inmediata de fallas y el ajuste automatizado de las luminarias según las condiciones del entorno (como luminosidad o presencia de transeúntes). Además, al recopilar datos en tiempo real, se optimizarán las intervenciones del personal de mantenimiento, reduciendo los tiempos de respuesta y los costos asociados a las reparaciones. Este enfoque práctico permitirá lograr una mejora en la eficiencia energética del sistema, con ahorros estimados de hasta un 30% en el consumo de energía.

## **Justificación Social**

La mejora de la eficiencia del alumbrado público tendrá un impacto positivo directo en la seguridad ciudadana al reducir crímenes, accidentes e incidentes en zonas con escasa iluminación. Asimismo, fomentará el comercio y las actividades recreativas nocturnas, mejorando la calidad de vida de los habitantes del distrito de Tamburco. Adicionalmente, el proyecto contribuirá a la sostenibilidad ambiental al reducir la huella de carbono del distrito mediante un uso más eficiente de la energía, alineándose con los objetivos globales de desarrollo sostenible y el respeto al medio ambiente.

# **Bibliografía**

Anual, M. (2023). Memoria anual 2023. *Revista Espanola de Orientacion y Psicopedagogia*, *34*(3), 165–171. https://doi.org/10.5944/reop.vol.34.num.3.2023.39302

Ascue, A., & Espinoza, A. (2023). Universidad Nacional De San Antonio Abad Del Cusco Secretaría General. *Pagina Repositorio UNSAAC*, 133. http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/5181/253T20201002.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Badillo, I., Tejeida, R., & Morales, O. (2008). A Viable Systems Model approach to Enterprise Resources Planning systems. *52nd Annual Conference of the International Society for the Systems ScInternational Society for the Systems Sciences - 52nd Annual Conference of the International Society for the Systems Sciences 2008*, *1*, 309–322.

Bertalanffy, L. Von. (1950). An outline of general system theory. *British Journal for the Philosophy of Science*, *1*(2), 134–165. https://doi.org/10.1093/bjps/I.2.134

Caro-Pedreros, J. Y., Lesmes-Ortiz, L. V., Preciado-Trujillo, E. A., & Bernal-Caro, O. A. (2021). Smart cities model for the management of emerging cities. A look at tunja Boyacá. *Aibi, Revista de Investigacion Administracion e Ingenierias*, *9*(1), 30–53. https://doi.org/10.15649/2346030X.883

CARO MORENO. (2021). *ESTUDIO DE APLICACIONES DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL DESARROLLO DE PROYECTOS DE INGENIERÍA CIVIL*. *4*(1), 6.

Carrera Soria, W. (n.d.). *PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA Tesis para optar el Título de Ingeniero Electrónico, que presenta el bachiller: VICTOR RAINIERO MONTALVO GONZALES*.

FENERCOM. (2013). Guia de Gestion Energetica en el Alumbrado Público. *Fenercom*. www.fenercom.com

FUENTES, H. G. (2021). Sistema de medición inteligente de consumo de agua en hogares usando IoT y Cloud Computing. In *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/17259

Iluminación, C. E. de. (2018). *Guía Técnica de la Smart City desde el Alumbrado Exterior*. 1–52.

LAMEGO. (2017). *Tesis Maestro En Sistemas Inteligentes Multimedia Presenta Ing. José Andrés Lamego Castro*.

Latorre, L., Muro, V., & Rego, E. (2024). *REPORTE DE TECNOLOGÍA : INTELIGENCIA*.

Molina, J. D. (2024). *IA en el sistema eléctrico colombiano State of Observability for Energy and Utilities*.

Mouzakitis, S. (2024). *Arti fi cial Intelligence for Next Generation Energy Energía de nueva generación impulsada por inteligencia arti fi cial*.

Municipales, E. Y. S. (2024). *LA REVOLUCIÓN “ INTELIGENTE .”*

Muyudumbay, A., Gabriel, O., Idrovo, M., & Patricia, L. (2023). *Gestión inteligente de un sistema de iluminación exterior para eficiencia energética*.

Nurul, mas’ud waqiah. (2013). Diseño De Un Sistema De Alumbrado Público Inteligente Basado En Internet De Las Cosas Para El Centro Histórico De La Ciudad De Popayán. *Persepsi Masyarakat Terhadap Perawatan Ortodontik Yang Dilakukan Oleh Pihak Non Profesional*, *53*(9), 1689–1699.

Ogbodo, E. U., Abu-Mahfouz, A. M., & Kurien, A. M. (2022). A Survey on 5G and LPWAN-IoT for Improved Smart Cities and Remote Area Applications: From the Aspect of Architecture and Security. *Sensors*, *22*(16). https://doi.org/10.3390/s22166313

Rizwan, M., Qumer, A., & Beydoun, G. (2019). *Big Data Management and Analytics Framework for IoT- enabled Smart Buildings Big Data Management and Analytics Framework for IoT-enabled Smart Buildings*. *October*.

Rodríguez, J., Pizarro rubén, Calzada, J., & Rodríguez Marco. (2022). *Ciudades inteligentes e Internet de las cosas: Propuestas y casos de uso Coordinadores* (Vol. 1).

Rodríguez Rodríguez, I., Campo Valera, M., & Calderón Fajardo, V. (2023). Conectando el Futuro: Ciudades Inteligentes, IoT y la Transformación de la Sociedad Urbana. In *Conectando el Futuro: Ciudades Inteligentes, IoT y la Transformación de la Sociedad Urbana*. https://doi.org/10.24310/mumaedmumaed.27

Romo, A., & Benites, F. (2021). *Diseño De Un Sistema De Parqueo Inteligente Y Calidad Del Aire Visualizado En Tiempo Real En Una Aplicación Android En El Marco De Una Ciudad Inteligente Para El Distrito De La Punta - Callao*. http://hdl.handle.net/20.500.12404/21383

Shafique, K., Khawaja, B. A., Sabir, F., Qazi, S., & Mustaqim, M. (2020). Internet of things (IoT) for next-generation smart systems: A review of current challenges, future trends and prospects for emerging 5G-IoT Scenarios. *IEEE Access*, *8*, 23022–23040. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2970118

SHELEMO, A. A. (2023). No Titleیلیب. *Nucl. Phys.*, *13*(1), 104–116.

Tapia Meza, P. V. (2020). Tecnologias y servicios en ciudades intelignetes desde una perspectiva de negocios. *Repositorio Académico USMP*.

Trimestre, P. (2023). *LED , SENSORES Y DATOS*.

Weinert, J. (2024). *Alumbrado público inteligente y ciudades sostenibles*. https://www.signify.com/es-es/blog/sostenibilidad/alumbrado-publico-inteligente-y-ciudades-sostenibles

Wellstead, P. E. (1986). Book Review: Computer Controlled Systems: Theory and Design. *The International Journal of Electrical Engineering & Education*, *23*(4), 376–376. https://doi.org/10.1177/002072098602300430