



TECNICATURA SUPERIOR EN
Telecomunicaciones

Desarrollo de Aplicaciones IoT

Proyecto Final ABP

Profesora: GONZÁLEZ Mario

Estudiantes:

- MÁRQUEZ José Luis
- PAEZ Tiziano
- GONZÁLEZ A. Juan Diego
- CARBALLO Macarena
- GUZMÁN Lilen
- PANTOJA Paola

1. NOMBRE DEL PROYECTO: ILUMINET – Sistema de Alumbrado Público Inteligente basado en IoT.

Qué: Un Sistema de Alumbrado Público Inteligente, que moderniza una infraestructura urbana esencial.

Cómo: Basado en la tecnología del Internet de las Cosas (IoT), utilizando una arquitectura de sensores, microcontroladores, protocolos de comunicación y una plataforma de software para la gestión remota.

Cuándo: En el marco del proyecto académico del módulo "Desarrollo de Aplicaciones IoT" para el ciclo 2025, con una visión de implementación futura en entornos urbanos reales.

2. TIPO DE PROYECTO: Tecnológico.

3. ESPACIO CURRICULAR O ESPACIOS PARTICIPANTES EN EL MÓDULO: Desarrollo de Aplicaciones IoT.

4. EJES TEMÁTICOS/RED DE CONCEPTOS:

- a. IoT aplicado a la Movilidad y la Gestión Urbana.
- b. IoT en Energía, Medioambiente y Servicios Públicos.
- c. Interacción Ciudadana y Servicios Inteligentes.

Competencias desarrolladas:

- Diseño y configuración de sistemas conectados.
- Implementación de sensores y redes IoT.
- Monitoreo remoto y análisis de datos.
- Pensamiento sistémico orientado a Smart Cities

5. PROBLEMÁTICAS/NECESIDADES: El punto de partida del proyecto ILUMINET es un análisis crítico de las deficiencias inherentes a los sistemas de alumbrado público tradicionales. Estas infraestructuras, diseñadas bajo un paradigma tecnológico obsoleto, presentan una serie de problemáticas interconectadas que

impactan negativamente en las finanzas municipales, la seguridad pública y la sostenibilidad ambiental.

- a. **Consumo Energético Elevado:** La principal deficiencia es la falta de inteligencia en la operación. Los sistemas convencionales operan bajo una lógica binaria de "encendido/apagado", manteniendo las luminarias a su máxima potencia durante toda la noche, independientemente del nivel de tráfico peatonal o vehicular. Este enfoque de "talla única" genera un desperdicio masivo de energía durante las horas de baja actividad y no se adapta a las variaciones de luz ambiental al amanecer o atardecer, resultando en costos económicos elevados y una huella de carbono innecesariamente grande.
- b. **Falta de Seguridad en Espacios Públicos:** La iluminación es un factor crucial en la percepción y la realidad de la seguridad urbana. Las fallas en el sistema (luminarias quemadas o intermitentes) crean "zonas oscuras" que aumentan el riesgo de actividades delictivas y accidentes de tráfico o peatonales. La ineficiencia del modelo de mantenimiento actual agrava este problema, ya que las fallas pueden persistir durante largos períodos antes de ser reparadas, deteriorando la calidad de vida y limitando el uso seguro de los espacios públicos durante la noche.
- c. **Mantenimiento Ineficiente y Costoso:** El modelo operativo de mantenimiento es fundamentalmente reactivo y manual. Depende de inspecciones físicas periódicas o de los reportes de los ciudadanos para identificar las fallas. Este proceso es intrínsecamente ineficiente, generando altos costos operativos asociados al desplazamiento de cuadrillas para realizar diagnósticos en sitio, y largos tiempos de inactividad del

servicio desde que ocurre la falla hasta que es finalmente solucionada. La falta de datos en tiempo real sobre el estado de cada luminaria impide cualquier tipo de planificación proactiva o mantenimiento predictivo.

- d. **Escasa Integración con Smart Cities:** Los sistemas de alumbrado público convencionales funcionan como "silos tecnológicos": sistemas aislados, sin capacidad de comunicación o interoperabilidad con otras infraestructuras urbanas. Esta falta de conectividad representa una oportunidad estratégica perdida. Un sistema de alumbrado inteligente podría compartir datos con sistemas de gestión de tráfico, cámaras de seguridad o sensores de calidad del aire, permitiendo una gestión urbana coordinada y holística. La infraestructura de alumbrado, por su ubicuidad, es una plataforma ideal para el despliegue de una red de sensores multifuncional, pero su naturaleza analógica y desconectada lo impide.

6. FUNDAMENTACIÓN: La concepción del proyecto ILUMINET se sustenta en una justificación multidimensional que responde a las preguntas fundamentales del marco ABP, demostrando su relevancia, potencial, pertinencia profesional e impacto comunitario.

¿Por qué elegimos este problema/necesidad?

La elección del alumbrado público como objeto de estudio y mejora se basa en su condición de infraestructura urbana crítica. Su gestión impacta directamente en tres áreas de alta sensibilidad: el presupuesto municipal, la seguridad ciudadana y la sostenibilidad ambiental. La ineficiencia del sistema actual representa un problema tangible, de alto impacto y de solución tecnológicamente viable, lo que lo convierte en un candidato ideal para un proyecto de aplicación de IoT. La decisión del equipo de abordar esta problemática, surgida de debates internos,

refleja un interés genuino en aplicar las competencias tecnológicas a la resolución de desafíos cívicos reales y visibles en su propio entorno.

¿Cuál es el potencial del mismo?

El potencial de ILUMINET trasciende la simple modernización de un servicio. Su verdadero potencial radica en la capacidad de transformar un gasto operativo pasivo y constante en un activo urbano inteligente y dinámico. El sistema tiene el potencial de generar ahorros económicos sustanciales para los municipios, con estimaciones de reducción del consumo energético de hasta un 80%. Más allá del ahorro, el proyecto establece una red de sensores distribuida por toda la ciudad. Esta red, inicialmente dedicada a la iluminación, constituye la infraestructura base sobre la cual se pueden construir futuras aplicaciones de Smart City, como el monitoreo de la calidad del aire, la gestión inteligente del estacionamiento o el análisis de flujos de movilidad, multiplicando el retorno de la inversión inicial.

¿Qué relevancia tiene este proyecto en relación al perfil profesional?

El proyecto ILUMINET es un ejercicio de integración de competencias de alto valor profesional. Permite aplicar y consolidar conocimientos en áreas fundamentales del perfil de egreso, tales como el diseño de redes de sensores inalámbricas, la implementación de protocolos de comunicación IoT (MQTT, RF), la configuración de arquitecturas de red (LAN/WAN), la gestión de datos en tiempo real y la implementación de sistemas en la nube. Como se destaca en la conclusión del documento técnico, el proyecto fortalece las competencias al vincular la teoría con la práctica en un contexto real, demostrando cómo la tecnología de las telecomunicaciones puede transformar infraestructuras tradicionales en soluciones innovadoras y funcionales.

¿Qué impacto tiene en la sociedad/comunidad?

El impacto social y comunitario de ILUMINET es directo y multifacético, mejorando significativamente la calidad de vida urbana:

- a. **Seguridad:** La iluminación adaptativa y el mantenimiento proactivo reducen las zonas oscuras, disuadiendo la delincuencia y

disminuyendo el riesgo de accidentes, lo que crea un entorno urbano más seguro para todos.

- b. **Sustentabilidad:** La drástica reducción del consumo energético disminuye la huella de carbono de la ciudad, contribuyendo a las metas de sostenibilidad ambiental.
- c. **Ahorro Económico:** La optimización del uso de la energía y de los recursos de mantenimiento libera fondos públicos que pueden ser reasignados a otras áreas de necesidad comunitaria.
- d. **Calidad de Vida e Inclusión:** Se generan espacios públicos mejor iluminados y más seguros, fomentando su uso nocturno para la recreación y el tránsito. El sistema de detección automática de fallas garantiza un servicio de alta calidad para toda la población, incluyendo a aquellos sin acceso a herramientas digitales para realizar reclamos, promoviendo así la inclusión y la equidad

7. VISIÓN DEL PROYECTO: La visión del proyecto ILUMINET es la de una ciudad donde la infraestructura de alumbrado público evoluciona de ser una red pasiva y unidireccional a convertirse en una plataforma inteligente, autónoma y adaptable que contribuye activamente a la seguridad, la sostenibilidad y la eficiencia de la gestión urbana.

Se proyecta un futuro en el que cada poste de luz no solo cumple su función de iluminar, sino que también actúa como un nodo sensorial y de comunicación. En esta visión, la red de alumbrado "siente" su entorno a través de sensores de presencia y luminosidad, "comunica" su estado y los datos recolectados en tiempo real, y "actúa" de manera inteligente para optimizar su rendimiento. Este sistema se convierte en la columna vertebral de la emergente Smart City, una infraestructura ubicua y conectada que habilita una nueva generación de servicios urbanos que van mucho más allá de la simple iluminación, sentando las bases para una ciudad más conectada, segura y sostenible.

DISEÑO DE LOS OBJETIVOS

- **Objetivo general:** Implementar un sistema inteligente de alumbrado público basado en IoT que optimice el consumo energético, mejore la gestión operativa y aumente la seguridad ciudadana mediante el uso de sensores y una plataforma de monitoreo remoto.
- **Objetivos específicos:** Para alcanzar el objetivo general, se han definido cuatro logros intermedios, claros y medibles, que guiarán el desarrollo del proyecto:
 - Automatizar el encendido y la regulación de las luminarias.
 - Monitorear en tiempo real el estado operativo del sistema.
 - Reducir el consumo eléctrico global de la red de alumbrado.
 - Facilitar y optimizar el mantenimiento preventivo de la infraestructura.

8. SELECCIÓN DE ACCIONES: Para materializar cada uno de los objetivos específicos, se ha definido un conjunto de acciones técnicas concretas. La siguiente tabla desglosa esta relación, traduciendo los objetivos estratégicos en un plan de trabajo ejecutable y verificable, que demuestra la capacidad del equipo para desglosar un problema complejo en tareas manejables.

OBJETIVO ESPECÍFICO	ACCIONES
1. Automatizar el encendido y regulación de luminarias.	<ul style="list-style-type: none"> • Instalar sensores de presencia (PIR) y luminosidad (LDR) en los nodos de campo para capturar datos del entorno en tiempo real. • Programar la lógica de control dinámico de intensidad (dimming) en el firmware del microcontrolador (ESP8266/ESP32) para ajustar el brillo según las condiciones detectadas.
2. Monitorear en tiempo real el estado del sistema.	<ul style="list-style-type: none"> • Configurar la transmisión de datos de estado, consumo y lecturas de sensores desde el gateway al broker central, utilizando el protocolo MQTT sobre tópicos definidos. • Diseñar y desarrollar dashboards de visualización en la plataforma Grafana para mostrar de forma intuitiva el estado operativo de las luminarias (ej. en un mapa), el consumo energético histórico y las alertas activas.
3. Reducir el consumo eléctrico.	<ul style="list-style-type: none"> • Implementar y validar el algoritmo de encendido adaptativo, que combina datos de los sensores de presencia y luminosidad con horarios predefinidos para minimizar el consumo innecesario.

	<ul style="list-style-type: none"> • Instalar y configurar sensores de corriente (ej. SCT013-005) para registrar métricas precisas de uso y eficiencia energética, almacenándolas en la base de datos InfluxDB para su posterior análisis.
4. Facilitar el mantenimiento o preventivo.	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar flujos de trabajo en Node-RED para analizar los datos entrantes en tiempo real y detectar patrones anómalos que indiquen una posible falla (ej. consumo errático, desconexiones frecuentes, fin de vida útil estimada). • Configurar un sistema de notificaciones automáticas (ej. vía Telegram o email) y un registro centralizado de eventos para alertar de forma inmediata al personal de mantenimiento sobre cualquier incidencia detectada, incluyendo la ubicación exacta de la luminaria afectada.

9. CRONOGRAMA: La ejecución del proyecto se ha planificado en un cronograma de 8 semanas, distribuyendo las acciones de manera lógica para asegurar un avance progresivo y ordenado. El siguiente cronograma, presentado en formato de tabla, asigna bloques de tiempo a cada conjunto de acciones, basándose en el plan de acción detallado en la documentación técnica del proyecto. Esta planificación temporal demuestra una comprensión de la gestión del tiempo y las dependencias entre las distintas fases del desarrollo.

SEMANA	OBJETIVO 1: Control Automático	OBJETIVO 2: Monitoreo Remoto	OBJETIVO 3: Reducción de Consumo	OBJETIVO 4: Mantenimiento Preventivo	Tareas Transversales (Documentación, Simulación)
Semana 1-2	Programar lógica de control y sensores (LDR, horarios)				Crear scripts de simulación de datos (device-simulator)
Semana 3	Integrar sensor de presencia (PIR) en la lógica de control	Configurar Broker MQTT y definir la estructura de tópicos			Documentar la arquitectura inicial del sistema y los componentes de hardware
Semana 4-5		Configurar el stack del backend (Node-RED, InfluxDB,	Integrar la simulación del sensor de		

		Grafana) en contenedores Docker	corriente		
Semana 6-7		Diseñar los dashboards básicos en Grafana (mapa de estado, gráficos de consumo)	Implementar el registro de métricas de consumo en InfluxDB	Definir las reglas de detección de fallas y configurar las alertas en Node-RED	Documentar la arquitectura de software, el flujo de datos y las APIs
Semana 8		Realizar pruebas integrales End-to-End del flujo de datos	Validar los cálculos de ahorro energético con datos simulados	Probar el sistema de alertas generando eventos de falla simulados	Finalizar el informe técnico, el manual de usuario y el póster del proyecto

10. PRODUCTO FINAL: El producto final del proyecto ILUMINET es un sistema integral de telegestión para el alumbrado público, diseñado como una solución tecnológica completa que, aunque validada mediante simulación, está concebida para una implementación física real. Este sistema se compone de tres capas interconectadas que trabajan en conjunto para optimizar la eficiencia, seguridad y mantenimiento de la infraestructura de iluminación urbana.

a. Componentes del Sistema:

- i. *Capa de Nodos (Sensores):* Consiste en unidades de hardware compactas diseñadas para ser instaladas en cada luminaria. Cada nodo está equipado con un microcontrolador de bajo consumo (ESP8266), un sensor de luminosidad (LDR) para detectar la luz ambiental, un sensor de presencia opcional (PIR) para detectar movimiento, y un sensor de corriente para medir el consumo energético. Estos nodos se comunican de forma inalámbrica con un gateway local.

- ii. *Capa de Gateway (Controlador Local)*: Un dispositivo con mayor capacidad de procesamiento (ESP32) actúa como un concentrador de datos para un grupo de luminarias ("célula"). Recibe la información de múltiples nodos a través de un protocolo de radiofrecuencia de corto alcance (RF 433MHz) y es responsable de transmitir estos datos agregados a la plataforma central en la nube, utilizando la red celular (GPRS/4G) a través de un módulo SIM800L.
 - iii. *Plataforma IoT Centralizada (Backend)*: Es el cerebro del sistema, compuesto por un conjunto de microservicios orquestados en contenedores Docker. Esta plataforma recibe los datos de todos los gateways, los procesa aplicando reglas de negocio en Node-RED, los almacena de forma persistente en una base de datos de series temporales (InfluxDB) y los presenta a los operadores a través de dashboards interactivos en Grafana.
- b. **Funcionalidad Principal**: El sistema en su conjunto permite optimizar el consumo energético mediante el control inteligente y remoto de la intensidad lumínica de cada farola, mejora la seguridad al garantizar una iluminación adecuada y adaptativa según la presencia de personas, y revoluciona el mantenimiento al pasar de un modelo reactivo a uno predictivo, gracias a la monitorización constante y la generación de alertas automáticas ante fallas.
- c. **Vinculación con la Comunidad**: Siendo un proyecto de naturaleza académica y de validación por simulación, la

vinculación directa con la comunidad se materializa a través de la creación de un entregable de alto valor estratégico. El producto final no es solo el diseño técnico, sino también la generación de un informe técnico completo y una propuesta de implementación detallada. Este documento, destinado a potenciales interesados como autoridades municipales, cooperativas eléctricas o empresas de servicios públicos, incluirá dashboards de ejemplo (creados en Grafana y poblados con los datos generados por el simulador) que demuestren visualmente los beneficios del sistema: ahorros potenciales, reducción de tiempos de respuesta a fallas y mejora en la eficiencia operativa. De esta manera, el proyecto se convierte en una herramienta tangible para la socialización de la tecnología y la toma de decisiones informadas, mostrando el impacto positivo que la implementación de ILUMINET podría tener en la comunidad.

11. BIBLIOGRAFÍA: Normas APA, 7ma edición.