



Proyecto IoT: ILUMINET

Integrantes:

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

Docente:

- GONZÁLEZ Mario

Índice

Descripción breve del proyecto:	4
1. Nombre del proyecto:	4
2. Tipo de proyecto:	4
3. Problemática:	4
4. Justificación:	6
5. Objetivo general:	6
6. Objetivos específicos:	7
7. Plan de Acción: Acciones, Recursos y Tiempo Estimado (semanas):	8
8. Producto final (descripción del sistema ILUMINET):	9
9. Arquitectura del Sistema:	9
10. Tecnologías y sensores:	11
11. Funcionalidades del sistema:	12
12. Investigación técnica:	12
Variables físicas de las luminarias y el entorno:	12
Variables de gestión y mantenimiento:	13
Variables de integración Smart City:	13
Especificaciones luminarias:	13
Opciones de alimentación:	14
Robustez y montaje:	14
13. Dudas Técnicas Resueltas:	14
Contenedores / Docker:	14
MQTT:	14
InfluxDB:	15
Node-RED:	15
NGINX:	15
Certificados ESP32:	15
Seguridad de datos:	15
SIM800L:	15
14. Backend y despliegue:	16
MQTT:	16
Estructura del proyecto:	16
Contenedores:	16
Pruebas de despliegue:	17
15. Visualización y pruebas:	17
Dashboards mínimos en Grafana:	17
Prueba end-to-end:	17
16. Beneficios sociales del proyecto ILUMINET:	17
17. Conclusión:	20
18. Bibliografía:	20
6.3 Diagrama de conexiones Gateway:	22

Descripción breve del proyecto:

El alumbrado público tradicional representa un alto costo energético y operativo para los municipios, además de generar zonas de inseguridad por su mantenimiento ineficiente. El proyecto ILUMINET aborda esta problemática mediante el desarrollo de un sistema de alumbrado público inteligente basado en IoT. A través de una red de nodos sensores (ESP8266) y gateways de comunicación (ESP32), el sistema ajusta la intensidad lumínica en tiempo real según la presencia de peatones o vehículos, logrando un ahorro energético de hasta un 80%. Toda la red es gestionada desde una plataforma centralizada que monitorea el estado de las luminarias, predice fallos y optimiza el mantenimiento, mejorando la seguridad ciudadana y sentando las bases para el desarrollo de futuras aplicaciones de Smart City.

1. Nombre del proyecto:

"ILUMINET – Sistema de Alumbrado Público Inteligente basado en IoT".

2. Tipo de proyecto:

Es un proyecto **tecnológico** porque utiliza microcontroladores, sensores, comunicación IoT y software de monitoreo para transformar un sistema tradicional en uno inteligente, integrable y escalable. Además, contribuye al desarrollo de ciudades sostenibles y conectadas, mejorando la calidad de vida y seguridad ciudadana.

3. Problemática:

El alumbrado público tradicional presenta múltiples problemáticas que afectan la eficiencia, los costos y la seguridad urbana. Entre ellas se destacan:

- **Consumo energético elevado:** Las luminarias permanecen encendidas toda la noche sin considerar la presencia de personas ni el nivel de luz ambiental,

lo que incrementa el gasto energético, los costos económicos y la huella de carbono.

- **Falta de seguridad en espacios públicos:** Calles y parques mal iluminados aumentan la probabilidad de accidentes y situaciones de inseguridad.
- **Mantenimiento ineficiente:** Los sistemas de alumbrado tradicionales requieren inspecciones físicas periódicas o realizar reclamos vía aplicaciones móviles, lo que conlleva que un sector de la sociedad no pueda colaborar con el aviso de reparación de alguna luminaria, lo que implica costos elevados y retrasos en la reparación de artefactos averiados. Además, estos sistemas convencionales requieren inspecciones físicas periódicas, lo que implica costos elevados y tiempos prolongados de reparación.
- **Escasa integración con Smart Cities:** La iluminación convencional funciona de manera aislada, sin posibilidad de conectarse con otros sistemas urbanos como cámaras de seguridad, sensores ambientales o gestión de tráfico.



Estas limitaciones demandan una solución tecnológica que aporte eficiencia, sostenibilidad y seguridad en la gestión del alumbrado público.

El proyecto “**ILUMINET**” surge como solución a varias problemáticas presentes en la iluminación urbana tradicional y en sistemas de alumbrado convencionales.

4. Justificación

El proyecto “**ILUMINET**” busca responder a estas problemáticas a través de un sistema de alumbrado urbano basado en IoT. Su implementación permitirá:

- **Reducir el consumo energético y los costos asociados**, gracias al control automático de intensidad según la luz ambiental y la detección de presencia.
- **Incrementar la seguridad ciudadana**, ya que las luminarias se encienden o ajustan su brillo solo cuando son necesarias.
- **Optimizar el mantenimiento**, con la monitorización remota del estado y consumo de cada luminaria, permitiendo un mantenimiento predictivo más eficiente.
- **Integrar el alumbrado con plataformas de Smart Cities**, facilitando la coordinación con otros sistemas urbanos para una gestión más sostenible.

En conclusión, este proyecto aporta una solución integral que combina eficiencia energética, seguridad, reducción de costos y conectividad, alineándose con los principios de ciudades inteligentes y sostenibles.

5. Objetivo general

Desarrollar un sistema de luminarias inteligentes basadas en IoT que optimice el consumo energético, incremente la seguridad en espacios públicos, facilite el mantenimiento mediante monitorización remota y permita su integración con plataformas de Smart Cities.

6. Objetivos específicos

Objetivo Específico	Alcance
Implementar un sistema de control automático de intensidad lumínica según luz ambiental y horarios programados.	- Reduce el consumo energético evitando encendidos innecesarios.
Integrar sensores de presencia para activar o regular la intensidad de las luminarias en tiempo real.	- Mejora la seguridad en calles y parques al garantizar visibilidad sólo cuando se detecta tránsito peatonal o vehicular.
Diseñar una plataforma de monitorización remota con Node-RED, InfluxDB y Grafana.	- Visualización en tiempo real del estado, consumo y funcionamiento de cada luminaria.
Configurar un sistema de alertas y mantenimiento predictivo (futura mejora).	- Permite detectar fallas tempranamente y optimizar los tiempos de reparación.
Simular el comportamiento del sistema con generación de datos (sensores virtuales).	- Valida prototipo sin necesidad de hardware físico
Integrar la solución con un broker MQTT (Mosquitto) para la comunicación de datos.	- Garantiza escalabilidad y compatibilidad con otras plataformas urbanas.
Documentar la arquitectura, tecnologías utilizadas y procesos de implementación.	- Proporciona guía para réplica, ampliación o integración futura en proyectos reales.



C
UPERIOR
RODOBA

7. Plan de Acción: Acciones, Recursos y Tiempo Estimado (semanas)

Objetivo Específico	Acciones	Recursos	Tiempo
Control automático de intensidad	Programar ajuste de luminarias según BH1750 y horarios	ESP32, sensores de luz, LEDs	2
Sensor de presencia	Instalar PIR, configurar alertas	Sensor PIR, ESP32, software Node-RED	1
Monitorización remota	Configurar Node-RED, InfluxDB, Grafana	Servidor local/virtual, Docker, software	2
Alertas y mantenimiento predictivo	Definir reglas de fallas y notificaciones	Node-RED, Grafana, scripts Python	2
Simulación de sensores	Crear scripts generadores de datos.	Python/Node.js, MQTT	1

Integración con MQTT	Configurar broker, definir tópicos y esquemas.	Mosquitto, ESP32, Node-RED	1
Documentación	Crear manual de usuario, repositorio.	Drive, GitHub, gráficos	1

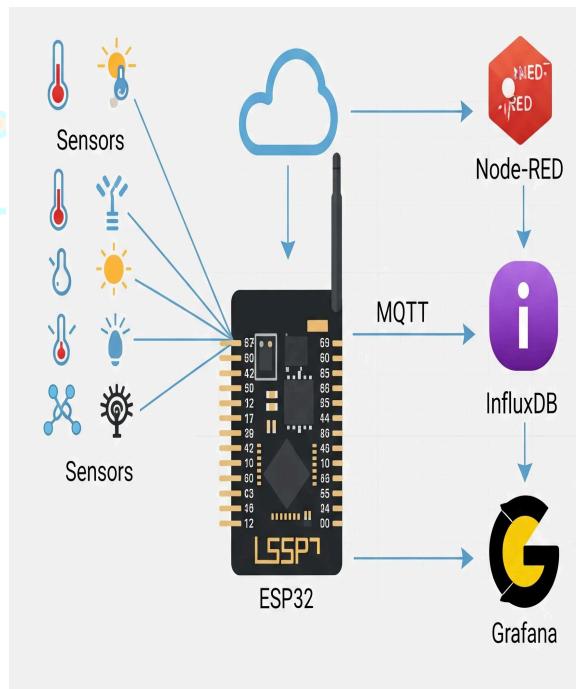
8. Producto final (descripción del sistema ILUMINET)

El proyecto “ILUMINET” consiste en un sistema de iluminación urbana que optimiza el consumo energético, mejora la seguridad y permite monitorización remota. Cada luminaria cuenta con sensores que detectan presencia (opcional), nivel de luz ambiental y consumo energético, y está controlada por un microcontrolador ESP32/ESP8266 o similar que envía los datos a una plataforma IoT centralizada.

9. Arquitectura del Sistema

Descripción:

Cada luminaria está equipada con sensores de presencia y luminosidad, controlada por un microcontrolador ESP8266 (nodo) y ESP32 (gateway) que envía datos al broker MQTT. Node-RED orquesta los datos hacia InfluxDB para almacenamiento histórico y Grafana para visualización en dashboards.



Explicación del Diagrama:

- **Capa de Nodos (Sensores)**: Compuesta por múltiples ESP8266. Cada uno controla una luminaria y se comunica de forma inalámbrica y segura (usando encriptación y claves compartidas) vía Radiofrecuencia (RF) con su gateway asignado.
- **Capa de Gateway (Controlador Local)**: El ESP32 o la Raspberry Pi Zero 2 W actúa como el cerebro de una "célula" de luminarias. Recibe los datos por RF, los procesa y se conecta a internet a través de la red celular (GPRS) con el módulo SIM800L.
- **Canal de Comunicación Seguro**: La conexión entre el Gateway y el Backend se realiza a través de un túnel seguro (TLS), autenticación del dispositivo mediante usuario y contraseña para enviar datos vía MQTT al puerto 8883.
- **Capa de Backend (Servidor en la Nube)**: Un conjunto de servicios orquestados por Docker que reciben, procesan, almacenan y visualizan los datos. Los administradores interactúan con el sistema a través de los dashboards.



ISPC

10. Tecnologías y sensores

Elemento	Modelo / Ejemplo	Función
Microcontrolador	ESP32/ESP8266	Procesa sensores y envía datos por MQTT
Fuente alimentación conmutada MCU	Mean Well LRS-35-5 (marca opcional)	Alimentación del microcontrolador 5v - 3a Hay opciones un poco más económicas.
Sensor de presencia	PIR	Detecta movimiento en el área iluminada
Sensor de luminosidad	BH1750	Mide nivel de luz ambiental
Sensor de corriente DC	ACS712/WCS2702	Monitorea consumo entrada DC a la lámpara WCS2702 No invasivo
Sensor de corriente AC (N/I)	SCT013-005	Monitorea la corriente de entrada al driver
Luminaria	LED 50-240 W, 220 V Dimerizable por PWM	Iluminación de acuerdo a ubicación. Excluyente para regulación luminosa debe ser <u>dimerizable</u> .
Módulo de comunicación RF	TX-RX-RF433MHZ	Envía estado de las luces en puntos nodo al "gateway" del procesador.
Módulo comunicación 2G	SIM800L	Envío de datos a través de internet, en los nodos "maestros".
Broker MQTT	Mosquitto	Comunicación entre nodos y plataforma
Base de datos	InfluxDB	Almacenamiento histórico de datos
Visualización	Grafana	Dashboards de consumo, estado y detección
Procesamiento de flujos	Node-RED	Orquestación de datos y conexión con DB
Proxy inverso	NGINX	Gestiona la seguridad y conexiones.

Nota importante: El proyecto está orientado a luminarias dimerizables, pero es totalmente adaptable a distintos tipos de lámparas y sistemas de alumbrado existentes.

Según las características de cada luminaria, se define el tipo de control a implementar: si no posee driver regulable, solo podrá encenderse y apagarse; si es phase-cut dimmable, se podrá regular el brillo mediante un módulo RobotDyn AC Dimmer (\approx 40 USD) o un circuito propio con MOC3021, H11AA1 y TRIAC/MOSFET.

En luminarias con drivers 0–10 V o DALI, el control de intensidad se realiza directamente desde el microcontrolador, sin necesidad de un dimmer externo.

Finalmente, si cuentan con zócalo NEMA o Zhaga, el nodo o gateway puede ajustar la luminosidad utilizando directamente el conector externo, sin abrir la luminaria.

11. Funcionalidades del sistema

- Control automático de intensidad: Ajusta el brillo según la luz ambiental o programación (alterna intensidad lumínica entre 50% / 70% / 100%).
- Detección de presencia: Enciende/apaga o aumenta intensidad cuando detecta movimientos de distintos tipos.
- Programación horaria: Encendido/apagado según horario predefinido.
- Ahorro energético: Optimiza consumo, apagando luces innecesarias.
- Mejora en mantenimiento predictivo y compra de insumos.
- Monitorización remota: Estado de cada luminaria y consumo en tiempo real.

12. Investigación técnica

Variables físicas de las luminarias y el entorno

Estas son las que toman directamente los sensores:

- **Nivel de luminosidad ambiental (lux):**

Para ajustar la intensidad de la luminaria según la luz natural disponible.

- **Detección de presencia (booleano: sí/no):**
Registro de tránsito peatonal o vehicular en la zona.
- **Estado de la luminaria (encendida/apagada):**
Indica si la lámpara está operativa o fuera de servicio.
- **Intensidad lumínica de salida (%):**
Nivel de brillo al que trabaja la luminaria (ej. 50%, 70%, 100%).
- **Consumo energético instantáneo (W):**
Energía demandada por cada luminaria en tiempo real.
- **Energía acumulada (kWh):**
Medición del consumo total en un período de tiempo (día/semana/mes).
- **Temperatura de operación del sistema (°C) [opcional]:**
Para prevenir sobrecalentamiento en los LEDs o en la electrónica.

Variables de gestión y mantenimiento:

Son procesadas a partir de los datos anteriores:

- **Horas de uso acumuladas (h):** Tiempo total en funcionamiento de cada luminaria (útil para mantenimiento predictivo).
- **Índice de fallas (número de fallos detectados):** Conteo de apagados inesperados, cortes o mal funcionamiento.
- **Disponibilidad del sistema (% uptime):** Tiempo en que la luminaria estuvo operativa respecto al total esperado.
- **Alertas generadas (eventos):** Notificaciones de fallas, consumo anormal o desconexiones.
- **Vida útil estimada de la luminaria (horas / % restante):** Proyectada con machine learning o en base a desgaste por horas de uso y consumo.

Variables de integración Smart City:

(Para cuando se integre con otros sistemas):

- **Eventos de tráfico detectados (conteo de presencia):** Puede integrarse con el flujo vehicular.
- **Eventos de seguridad (detección de anomalías):** Presencia en horarios inusuales o zonas de riesgo.
- **Datos ambientales adicionales [opcional]:** Ejemplo: calidad del aire, humedad o temperatura ambiente (si se integran más sensores IoT)

Especificaciones luminarias:

INSTITUTO SUPERIOR
POLITÉCNICO CÓRDOBA

- Voltaje entrada: 220 V AC.
- Voltaje salida lámpara (driver): 24 o 48v DC.
- Potencia: LED ~70 – 100 W (ejemplo de referencia: 50 W).
- Seleccionar luminarias LED con estas especificaciones como punto de partida:
 - Para calles residenciales: ~ 50-80 W, entre 5.000-8.000 lúmenes, temperatura de color ~ 4000 K, CRI ≥ 70 o 80, IP65/IP66, IK08.
 - Para avenidas principales: ~ 100-150 W o más, flujo lumínico proporcional, óptica para distribuir luz hacia carriles, evitar desperdicio.

Opciones de alimentación:

- Red eléctrica del poste.
- Batería o UPS (considerar mantenimiento y autonomía).

Robustez y montaje:

- Altura: accesible para mantenimiento, sugerido en 3 a 4 metros de altura (sin necesidad de grúa si es posible).
- Protección: contra vandalismo y clima (IP65 o similar para sensores).

13. Dudas Técnicas Resueltas

Contenedores / Docker:

Es una plataforma que permite empaquetar aplicaciones y sus dependencias en contenedores, asegurando que se ejecuten de manera consistente en cualquier entorno.

- Permiten ejecutar servicios independientes (Node-RED, Grafana, InfluxDB) de manera aislada y reproducible en cualquier sistema.
- Facilitan el despliegue y mantenimiento.

MQTT:

- Protocolo de mensajería ligero para IoT.
- Envía datos de sensores a la plataforma central con baja latencia.

InfluxDB:

- Base de datos orientada a series de tiempo.
- Guarda históricos de consumo, presencia y estado de luminarias.

Node-RED:

- Herramienta de flujo visual para procesar datos IoT.
- Conecta sensores, bases de datos y visualización sin programar desde cero.

NGINX:

Servidor web y proxy inverso.

- Gestionar el tráfico web y mejorar el rendimiento del sistema.
- Gestiona y redirige peticiones web a diferentes servicios internos.
- Mejora seguridad y administración de la plataforma.

Certificados ESP32:

- Usados para autenticación segura en redes IoT.
- Pueden actualizarse manualmente mediante puerto USB.
- Tipos: X.509, certificados auto-firmados o emitidos por CA.

Seguridad de datos:

- Cifrado MQTT (TLS/SSL) durante transmisión.
- Bases de datos protegidas con usuarios y contraseñas.
- Datos críticos pueden almacenarse en servidor local o nube segura.

SIM800L:

- Módulo 2G para transmitir datos vía GSM.
- Ideal para nodos remotos sin acceso a Wi-Fi.

Más información [enlace al repositorio del proyecto](#): [CLICK AQUI](#)

14. Backend y despliegue

MQTT:

- Definir tópicos y esquema de mensajes, por ejemplo:

luminaria/<id>/estado -> { "on": true, "intensidad": 80 }

luminaria/<id>/sensor -> { "presencia": true, "luminosidad": 120 }

luminaria/<id>/consumo -> { "energia": 45 }

- Definir frecuencia de envío de datos: cada 5-10 segundos para pruebas.

Estructura del proyecto:

```
projecto_iluminet/  
└── device-simulator/  
└── backend/  
└── node-red/  
└── grafana/  
└── docs/
```



INSTITUTO SUPERIOR
POLITÉCNICO CÓRDOBA

Contenedores:

- MQTT: Mosquitto.
- Base de datos: InfluxDB.
- Visualización: Grafana.
- Orquestación y flujo: Node-RED.
- Proxy inverso: NGINX

Pruebas de despliegue:

- Verificar comunicación del simulador con broker MQTT y backend.

15. Visualización y pruebas

Dashboards mínimos en Grafana:

- Consumo vs tiempo: Línea de consumo de cada luminaria.
- Estado de luminarias: Mapa o lista con luces encendidas/apagadas.
- Detección de presencia: Indicador de eventos recientes.

Prueba end-to-end:

- Simulador envía datos al broker.
- Node-RED procesa y guarda en la base de datos.
- Grafana muestra dashboards en tiempo real.

16. Beneficios sociales del proyecto ILUMINET

La implementación de un sistema de alumbrado público inteligente basado en IoT aporta **múltiples beneficios sociales a la comunidad**. En primer lugar, mejora significativamente la **seguridad ciudadana**, ya que las luminarias ajustan su intensidad o se encienden cuando detectan movimiento, lo que reduce zonas oscuras, previene delitos y disminuye el riesgo de accidentes en calles, veredas, plazas y avenidas. Además, el monitoreo remoto permite detectar rápidamente fallas, evitando que sectores queden sin iluminación por largos períodos.

Desde el **aspecto ambiental**, el sistema contribuye a la sustentabilidad, gracias al uso eficiente de la energía. Al regular la intensidad según la presencia y la luz ambiental, se disminuye el consumo eléctrico y, por lo tanto, la huella de carbono. A esto se suma el uso de tecnología LED y mantenimiento predictivo, lo cual extiende la vida útil de los equipos y reduce residuos y reemplazos innecesarios.

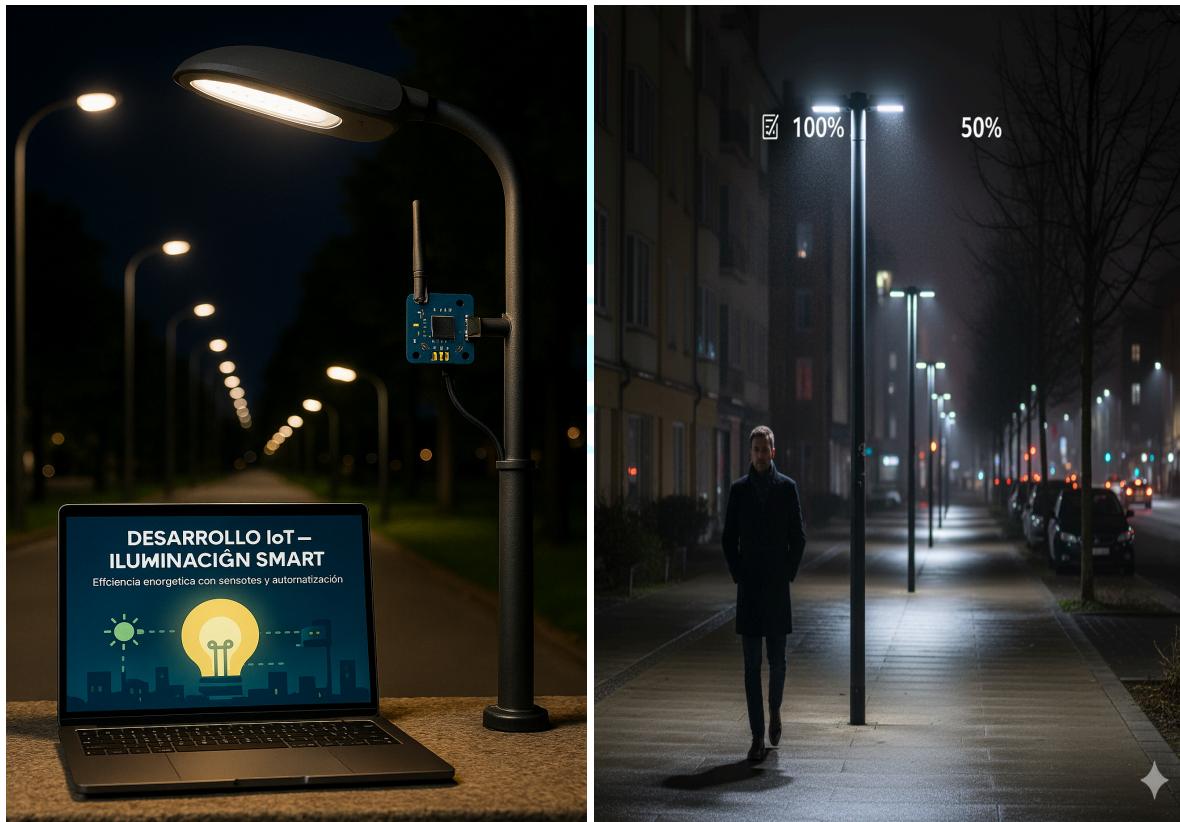
En cuanto al **impacto económico**, el proyecto permite un ahorro considerable para municipios, cooperativas o entes encargados del alumbrado. El consumo eléctrico disminuye al evitar que las luminarias permanezcan encendidas en horarios sin tránsito, y el mantenimiento predictivo reduce los costos operativos al evitar inspecciones innecesarias y reparaciones tardías. Esto optimiza los recursos públicos y mejora la gestión presupuestaria.

El proyecto también fortalece la **inclusión y accesibilidad urbana**, ya que genera espacios mejor iluminados para personas mayores, mujeres, estudiantes,

trabajadores nocturnos y peatones en general, sin depender de reportes ciudadanos para detectar fallos. Al mismo tiempo, **mejora la calidad de vida**, permitiendo un uso más seguro y prolongado de espacios públicos durante la noche, como parques, ciclovías y veredas, sin generar contaminación lumínica innecesaria.

INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO CÓRDOBA

Categoría	Beneficio	Impacto en la comunidad
- Seguridad	Iluminación activa por presencia.	- Reduce delitos y accidentes.
- Sustentabilidad	Menor consumo energético.	- Disminuye huella de carbono.
- Ahorro económico	Optimización del uso eléctrico y mantenimiento.	- Reduce gastos municipales.
- Calidad de vida	Espacios públicos más seguros y accesibles.	- Favorece el tránsito peatonal y la recreación.
- Inclusión	Iluminación automática sin depender de reclamos.	- Beneficia a toda la población.
- Smart Cities	Integración con otros sistemas urbanos.	- Mejora la gestión y planificación.



17. Conclusión:

El proyecto ILUMINET representa una solución tecnológica eficiente y sostenible para los desafíos actuales del alumbrado público. Al integrar sensores, microcontroladores y comunicación IoT, permite optimizar el consumo energético, mejorar la seguridad urbana y reducir los costos operativos mediante monitoreo remoto y mantenimiento predictivo.

Desde nuestra formación como estudiantes de la carrera de Telecomunicaciones, este desarrollo no solo aplica los conocimientos adquiridos en conectividad, redes y sistemas inteligentes, sino que también demuestra cómo la tecnología puede emplearse para transformar infraestructuras tradicionales en soluciones

innovadoras y funcionales. El proyecto fortalece nuestras competencias técnicas y profesionales al vincular teoría con práctica en un contexto real.

Además, ILUMINET no solo moderniza el alumbrado público, sino que sienta las bases para la integración con plataformas de Smart Cities, promoviendo ciudades más conectadas, seguras y sostenibles. Su impacto social se refleja en el ahorro energético, la mejora de la calidad de vida, la seguridad comunitaria y la eficiencia en la gestión urbana. En conjunto, este proyecto demuestra cómo la tecnología y la formación académica pueden converger en soluciones concretas para el bienestar colectivo.

En conclusión, el proyecto “ILUMINET” responde de manera integral a la necesidad de eficiencia energética, seguridad, mantenimiento optimizado y conectividad urbana, transformando la iluminación pública en un sistema automatizado, inteligente y sostenible.

18. Bibliografía

- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2020). *Ciudades inteligentes, infraestructura y sostenibilidad urbana*. Naciones Unidas.
- Hernández, J., & Gutiérrez, L. (2019). *Aplicaciones del Internet de las Cosas en servicios urbanos: iluminación, seguridad y movilidad*. Revista Iberoamericana de Tecnología, 12(3), 45–58.
- Ministerio de Energía de Argentina. (2022). *Eficiencia energética en alumbrado público y transición tecnológica a sistemas LED*. Dirección Nacional de Energía.
- Villalba, M., & Ríos, E. (2018). *Implementación de sensores IoT para monitoreo energético en espacios públicos*. Revista de Innovación Tecnológica, 6(2), 22–30.
- **Material de estudio obligatorio del módulo “Desarrollo de Aplicaciones IoT”. (2024).** Instituto Superior Politécnico Córdoba. Apunte académico interno no publicado.



**INSTITUTO SUPERIOR
POLITÉCNICO CÓRDOBA**

6.3 Diagrama de conexiones Gateway

