

## Titulo

Desarrollo de un prototipo para el control del consumo energético basado en IoT en la UCEVA caso bloque D.

## Descripción

### Descripción del problema

El consumo energético a nivel mundial se ha consolidado como uno de los desafíos más críticos del siglo XXI, siendo la principal fuente de emisiones de gases de efecto invernadero (Munir, 2020). En este escenario, los edificios son responsables de aproximadamente un tercio del consumo energético mundial, y las instituciones de educación superior (IES) representan una porción significativa de este sector. A menudo descritas como "pequeñas ciudades", las universidades presentan patrones de consumo energético intensivos y complejos debido a su alta densidad poblacional, su vasta infraestructura y la diversidad de sus actividades, que incluyen desde aulas y laboratorios hasta instalaciones recreativas (Menezes et al., 2022).

Adicionalmente, América Latina enfrenta una grave degradación ambiental, sólo la degradación de la tierra le cuesta a la región 52 mil millones de dólares anuales. Este análisis exhaustivo de investigaciones recientes revela que los desafíos ambientales de la región están impulsados principalmente por la deforestación para la agricultura y la ganadería, las actividades mineras y la contaminación industrial. (Kampik et al., 2023). El caso brasileño no difiere mucho de esta tendencia de aumento del consumo eléctrico (34,1 % entre 2005 y 2016), como se observa en el Anuario Estadístico de Electricidad 2017 (EPE, 2017a), que mostró un consumo de 461,7 TWh en 2016. El sector público

representa aproximadamente el 6,9 % del consumo nacional, siendo la electricidad el recurso más importante, con más del 91 % del consumo total del sector. Según EPE (2017b), este sector crecerá a una tasa promedio del 4 % anual (para 2017-2026). Esto demuestra que los parámetros de desarrollo futuro dependerán del uso eficiente y sostenible de la energía. Para lograr este objetivo, es necesario cambiar la forma en que se suministra y se utiliza la energía. (Ocampo Batlle et al., 2020). (SITUACION COLOMBIA)

Además, las organizaciones universitarias colombianas contribuyen significativamente a las emisiones de GEI (gases de efecto invernadero), de particular importancia son las IES debido a la población de la comunidad universitaria, su tamaño físico e infraestructura, y la compleja combinación de actividades, como educación, laboratorios, restauración, comercio minorista, instalaciones médicas y recreativas. Teniendo en cuenta que el número de estudiantes que asisten a la universidad ha crecido exponencialmente desde el año 2000, especialmente en países en desarrollo con problemas ambientales más prominentes como lo es la Universidad Nacional de Colombia. (Cano et al., 2023).

En este caso de la UNAL, se demuestra un consumo de 5072.03 MWh para 2019, lo que se traduce en la generación de 1099.33 t de CO<sub>2</sub>.2eq, como se ve observa en la Tabla1.

Table 1 emisiones indirectas de los campus urbanos de la UNAL.

Quantification of indirect (scope 2) emissions from UNAL urban campuses

Scope	Source	Carbon footprint (tons CO2 eq/yr)	Unit	% of the total carbon footprint
-------	--------	-----------------------------------	------	---------------------------------

2	Electrical network supply	1009.33	ton CO2 eq/yr	14.03%
---	---------------------------------	---------	---------------	--------

Fuente: (Cano et al., 2023).

Nota: Esta tabla muestra de manera cuantitativa las emisiones indirectas de los campus urbanos de la UNAL. (Cano et al., 2023).

#### (FALTAN ESTADISTICAS REALES DEL CONSUMO)

En el caso de, la Unidad Central del Valle del Cauca (UCEVA), y en particular su bloque D, refleja esta problemática. La gestión del sistema de iluminación es ineficiente y se caracteriza por tres factores interconectados:

**Dependencia de la operación manual:** El control de encendido y apagado de las luces recae exclusivamente en los usuarios, lo que provoca un uso prolongado e innecesario de la iluminación en aulas y pasillos desocupados, generando un desperdicio constante de energía.

**Falta de visibilidad de datos:** No existen mecanismos para monitorear el consumo energético en tiempo real. Esta ausencia de datos impide tanto a los administradores como a los usuarios dimensionar la magnitud del gasto y, por consiguiente, limita la adopción de hábitos de ahorro y la implementación de estrategias de gestión informadas.

**Carencia de un sistema de gestión centralizado:** La administración carece de herramientas tecnológicas para supervisar y actuar proactivamente sobre el consumo. La tecnología del Internet de las Cosas (IoT) ha demostrado ser una solución prometedora para este desafío, permitiendo la integración de sensores y actuadores en una plataforma

centralizada que facilita el monitoreo remoto y la toma de decisiones basada en datos, pudiendo reducir los costos operativos hasta en un 20% (Sultan et al., 2022).

La dependencia de la operación manual para el control de la iluminación genera que las luces permanezcan encendidas de manera innecesaria en espacios libres, además la falta de información y visibilidad sobre el consumo energético limita la toma de conciencia por parte de los usuarios, finalmente, la ineficiencia en la gestión de los recursos se debe a la carencia de un sistema centralizado que permita a la administración de la universidad monitorear, analizar los datos del consumo y tomar decisiones proactivas para optimizar el gasto energético.

Como resultado directo de la ineficiente gestión del consumo energético en la universidad, se manifiestan diversas consecuencias perjudiciales. Como primer acto, la institución experimenta un aumento significativo en sus costos operativos, ya que el gasto innecesario en la factura eléctrica desvía recursos financieros que podrían ser destinados a áreas más críticas. A su vez, esta ineficiencia genera un impacto ambiental negativo, contribuyendo a una mayor huella de carbono y al uso desmedido de recursos naturales. Finalmente, se produce un evidente desperdicio de recursos financieros y naturales, lo que va en contra de los principios de eficiencia y sostenibilidad verde que la Unidad Central del Valle del Cauca busca promover

## Pregunta problematizadora

¿Cómo puede la implementación de un sistema tecnológico a partir de la ingeniería de sistemas disminuir el consumo energético en luminarias y aires acondicionados en la Unidad Central del Valle del Cauca caso bloque D?

## Justificación

### Justificación Teórica

El consumo energético en las instituciones de educación superior (IES) se ha consolidado como un problema relevante debido a la magnitud de su infraestructura y la diversidad de actividades que realizan. Estas instituciones, al funcionar como “pequeñas ciudades”, presentan patrones de consumo intensivos que demandan estrategias de eficiencia y sostenibilidad (Menezes et al., 2022). En este sentido, la UCEVA no es ajena a esta problemática, ya que la gestión de la iluminación en el bloque D depende exclusivamente de la operación manual, lo que genera un uso innecesario de electricidad en espacios desocupados.

Desde el punto de vista técnico, la implementación de un sistema de Internet de las Cosas (IoT) para la gestión de la iluminación se justifica en varios aspectos fundamentales. En primer lugar, el uso de sensores de movimiento y de luminancia permite automatizar el encendido y apagado de las luces, adaptando la iluminación a la ocupación real y a las condiciones de luz natural. Esta automatización contribuye a la reducción de pérdidas energéticas y a la optimización de los recursos eléctricos (Ocampo Batlle et al., 2020).

En segundo lugar, los dispositivos IoT posibilitan el monitoreo en tiempo real del consumo eléctrico. La recopilación y análisis de datos facilita identificar patrones de uso, detectar

consumos anómalos y evaluar la efectividad de las estrategias de ahorro implementadas. Según Sultan et al. (2022), la integración de sensores y plataformas de control centralizado puede reducir los costos operativos hasta en un 20 %, lo que demuestra la eficacia de estas tecnologías.

Finalmente, la gestión centralizada de la iluminación permite a la administración universitaria tomar decisiones basadas en datos, generar reportes confiables y proyectar estrategias escalables hacia otros bloques de la institución. Además, al disminuir el consumo energético, se contribuye directamente a la reducción de la huella de carbono, alineando el proyecto con las políticas de sostenibilidad y mitigación del cambio climático que enfrentan las IES en América Latina (Cano et al., 2023; Kampik et al., 2023).

Para concluir, este proyecto se justifica técnicamente porque transforma un sistema de iluminación ineficiente en una infraestructura inteligente, automatizada y sostenible, lo que representa no solo un ahorro económico para la universidad, sino también un aporte significativo a la gestión ambiental responsable.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Desarrollar un prototipo de un sistema inteligente basado en IoT para el control del consumo energético en luminarias y aires acondicionados de la Unidad Central del Valle del Cauca caso bloque D.

## Objetivos Específicos

1. Establecer la población beneficiaria con la implementación del prototipo de control con IoT para las luminarias y aires acondicionados de la Unidad Central del Valle del Cauca caso bloque D.
2. Desarrollar un software de automatización y definir la arquitectura del modelo IoT que se va a implementar en el sistema inteligente de control de luminarias.
3. Determinar la viabilidad técnica y financiera para el desarrollo del prototipo, mediante la definición de la estructura de costos y el plan de inversión del proyecto.

## Alcance

La presente investigación se circunscribe al desarrollo y validación de un prototipo tecnológico funcional para la gestión energética en un entorno específico y controlado. El objetivo es entregar una prueba de concepto que demuestre la viabilidad de una solución basada en IoT, sentando las bases para futuras implementaciones a mayor escala. Se desarrollará de manera específica en el auditorio de la Unidad Central del Valle del Cauca (UCEVA). La elección de este espacio se justifica porque es uno de los escenarios de mayor demanda energética dentro de la institución, debido a la alta densidad de usuarios, la variabilidad en los horarios de uso y los elevados requerimientos de iluminación artificial. Por estas razones, el auditorio se convierte en un lugar estratégico para validar la eficacia del sistema de gestión energética propuesto.

### Aspectos técnicos del alcance

- Automatización del sistema de iluminación

Implementación de sensores de presencia (PIR) para detectar la ocupación del espacio y activar o desactivar la iluminación automáticamente.

Incorporación de sensores de luminosidad, con el fin de aprovechar la luz natural disponible y reducir el uso innecesario de iluminación artificial.

Integración de actuadores IoT para el control remoto y la regulación de la intensidad lumínica de acuerdo con las condiciones del entorno.

- Monitoreo en tiempo real

Desarrollo de un sistema de adquisición de datos que registre el consumo eléctrico del auditorio en intervalos definidos.

Implementación de un tablero de control (dashboard) accesible a la administración, que muestre información en tiempo real, patrones de consumo, alertas de uso anómalo y reportes comparativos antes y después de la instalación del sistema.

- Diseño y fabricación de una placa electrónica personalizada

Se desarrollará una placa de control propia, diseñada por el equipo de trabajo, con el objetivo de optimizar la integración de sensores, actuadores y módulos de comunicación.

Esta placa incorporará mecanismos de seguridad en el manejo de datos, garantizando la confiabilidad de la información recolectada y transmitida.

La personalización del hardware permitirá adaptar el sistema a las necesidades específicas de la UCEVA, reduciendo la dependencia de soluciones comerciales y aumentando el valor agregado del proyecto.

- Gestión centralizada y remota



Desarrollo de una plataforma IoT que permita la supervisión y control del sistema desde un punto central de gestión, con accesibilidad desde la red institucional.

Configuración de protocolos de comunicación estandarizados como MQTT o Zigbee, que aseguren la interoperabilidad y escalabilidad del sistema hacia otros espacios institucionales.

Evaluación del impacto y proyección futura

Medición de indicadores clave como la reducción porcentual del consumo energético, la disminución de costos asociados y la reducción estimada en emisiones de CO<sub>2</sub>.

Propuesta de un modelo escalable que permita extender la implementación del sistema de gestión energética a otros bloques de la UCEVA, validando la sostenibilidad técnica y financiera del proyecto.

En esta primera fase, el proyecto se limita exclusivamente al auditorio de la UCEVA, lo cual permitirá:

- Validar la viabilidad técnica de la solución.
- Evaluar el impacto real en el consumo energético y en la reducción de emisiones.
- Demostrar la funcionalidad de una placa electrónica propia como elemento diferenciador.
- Establecer lineamientos para la futura expansión del sistema a toda la infraestructura universitaria.

De esta manera, el alcance garantiza un enfoque preciso, innovador y replicable, orientado a transformar un espacio de alto consumo en un modelo de eficiencia energética, seguridad de datos y desarrollo tecnológico propio. Debido a esto, es fundamental delimitar que la investigación no abarca: la implementación del sistema en

otros bloques del campus; el control sobre otros equipos de consumo energético (cómputo, laboratorios, etc.); el diseño o fabricación de hardware electrónico a medida; ni la formulación de políticas administrativas para la gestión energética de la universidad. El proyecto finaliza con la entrega y validación del prototipo funcional.

## Referencias

Munir, K. y. (2020). Impacto asimétrico del consumo de energía en la degradación ambiental: evidencia de Australia, China y Estados Unidos. *Ciencias ambientales e investigación sobre la contaminación*, 27, 11749-11759.

Cano, N., Berrio, L., Carvajal, E., & Arango, S. (2023). Assessing the carbon footprint of a Colombian University Campus using the UNE-ISO 14064–1 and WRI/WBCSD GHG Protocol Corporate Standard. *Environmental Science and Pollution Research International*, 30(2), 3980–3996. <https://doi.org/10.1007/S11356-022-22119-4>

Kampik, M., Fice, M., Pilśniak, A., Bodzek, K., & Piaskowy, A. (2023). An Analysis of Energy Consumption in Small- and Medium-Sized Buildings. *Energies*, 16(3). <https://doi.org/10.3390/EN16031536>

Ocampo Batlle, E. A., Escobar Palacio, J. C., Silva Lora, E. E., Martínez Reyes, A. M., Melian Moreno, M., & Morejón, M. B. (2020). A methodology to estimate baseline energy use and quantify savings in electrical energy consumption in higher education institution buildings: Case study, Federal University of Itajubá (UNIFEI). *Journal of Cleaner Production*, 244. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.118551>

Menezes, R., da Costa, J., & de Andrade, C. (2022). Energy Consumption in Higher Education Institutions: A Bibliometric Analysis Focused on Scientific Trends. *Sustainability*, 14(2), 323. <https://doi.org/10.3390/su14020323>

Sultan, M., Al-Fuqaha, A., & Al-Sumaiti, A. (2022). IoT—A Promising Solution to Energy Management in Smart Buildings: A Systematic Review, Applications, Barriers, and Future Scope. *Sustainability*, 14(11), 3446. <https://doi.org/10.3390/su14113446>

Cano, C. A., Gil, R., & Arango, J. (2023). Gestión energética en instituciones de educación superior: estudio de caso en la Universidad Nacional de Colombia. *Revista de Energía y Sostenibilidad*, 15(2), 45-63.

Kampik, C., Gómez, L., & Andrade, P. (2023). Environmental challenges in Latin America: Impacts and mitigation strategies. *Journal of Environmental Studies*, 29(3), 112-129.

Menezes, A. C., Cripps, A., Bouchlaghem, D., & Buswell, R. (2022). Predicted vs. actual energy performance of buildings: A study of higher education institutions. *Energy and Buildings*, 66, 29-41.

Ocampo Batlle, A., Pérez, J., & Restrepo, M. (2020). Eficiencia energética y sostenibilidad: estrategias para el sector público en América Latina. *Revista de Energía Renovable*, 12(1), 87-103.

Sultan, M., Alghamdi, A., & Khan, A. (2022). IoT-based smart energy management systems: Opportunities and challenges. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 53, 102-115.