

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN:**

Modelo de Gestión de la Energía en el Hotel Courtyard by Marriott Escazú basado en la Norma ISO  
50001:2018

**ÁREA DE CONOCIMIENTO:**

ÁREA DE GESTIÓN

**REALIZADO POR:**

ANDRES ESTEBAN ALVARADO CASTILLO #2020038222

I SEMESTRE 2025



**Carrera evaluada y acreditada por:**

Agencia de Acreditación de programas de Ingeniería y de Arquitectura

## **Datos Personales**

Nombre Completo: Andrés Esteban Alvarado Castillo

Número de Cédula: 118490822

Número de Carné: 2020038222

Número de Teléfono: 8326-4176

Correos Electrónicos: [andresealvaradoc2002@estudiantec.cr](mailto:andresealvaradoc2002@estudiantec.cr),  
[andresealvaradoc2002@gmail.com](mailto:andresealvaradoc2002@gmail.com)

Dirección Exacta de Domicilio: San Roque de Barva, Heredia. 50 m. Sur Clínica de Barva.

## **Datos de la Empresa**

Nombre: Courtyard by Marriott, San José Escazú

Actividad Principal: Servicios de Alojamiento y Hotelería

Dirección: Calle Marginal Norte, Plaza Itskatzu, San José, Costa Rica, 10203

Contacto: Hugo Zamora Salas

Teléfono: 7026-8786

# Carta de Aceptación de la Empresa

**COURTYARD**  
BY MARRIOTT

San Jose Escazu

13 de setiembre de 2024

Señor

Ing. Sebastián Mata Ortega, Coordinador  
Trabajo Final de Graduación  
Escuela de Ingeniería Electromecánica

Estimado Señor:

Respetuosamente le saludo y a la vez le comunico la aceptación de parte de **Courtyard Marriot San José Escazú**, para que el estudiante **Andrés Esteban Alvarado Castillo**, número de cédula **1-1849-0822** y carné **2020038222**, realice su proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Mantenimiento Industrial y que lleva como nombre **Desarrollo de un Modelo de Gestión de la Energía en la Industria Hotelera Basándose en la Norma ISO 50001:2018**.

La propuesta del proyecto del estudiante Andrés Esteban Alvarado Castillo busca elaborar un plan de gestión de la energía basado en la norma ISO 50001, determinar los usos significativos de energía mediante un balance energético, proponer indicadores energéticos para la futura toma de decisiones basándose en la norma ISO 50006, desarrollar un prototipo de un sistema de monitoreo en tiempo real de consumo energético para el equipo que consuma más energía y valorar el impacto financiero de la implementación del modelo de gestión de la energía propuesto, mediante indicadores financieros.

Es por eso por lo que Courtyard Marriot San José Escazú y mi persona Karla de Pass, Gerente de Recursos Humanos otorga la aprobación para que el estudiante Andrés Esteban Alvarado Castillo realice su proyecto de graduación en la empresa.

Esto puede realizarse sin necesidad de confidencialidad; se solicita y agradece una vez finalizado, remitir una copia del documento final a esta dirección.

Saludos Cordiales,

 Digitally signed  
by Karla de Pass  
Date:  
2024.09.13  
13:34:58 -06'00'

Karla de Pass

Gerente de Recursos Humanos

Hotel Courtyard San Jose Escazú

# ÍNDICE GENERAL

<b>Datos Personales</b> .....	2
<b>Datos de la Empresa</b> .....	2
<b>Carta de Aceptación de la Empresa</b> .....	3
<b>Palabras Clave:</b> Gestión de la Energía, Uso Significativo de la Energía, Internet de las Cosas, Dióxido de Carbono, Consumo Energético. ....	10
<b>Capítulo I. Información General del Proyecto</b> .....	10
Introducción .....	10
Reseña de la Empresa .....	11
Antecedentes .....	12
Planteamiento del Problema .....	13
Objetivo General .....	15
Objetivos Específicos.....	15
Justificación .....	16
Alcance .....	17
Viabilidad.....	17
Administración del Riesgo.....	18
Marco Teórico.....	19
Metodología .....	23
<b>Capítulo II. Balance Energético</b> .....	24
Contexto Operativo.....	25
Habitaciones de Huéspedes.....	25
Zona de Extractores e Inyectores de Aire .....	25
Zona de Bombeo Constante .....	26
Zona de Calentadores de Agua .....	26
Lavandería.....	26
Cocina .....	26
Iluminación Fachada .....	27
Áreas Comunes .....	27
Horarios de Operación .....	28
Consumos.....	29
Consumo Gas LP .....	29
Consumo Eléctrico.....	29
Energías Críticas .....	35
Auditoría Energética .....	35

Auditoría Financiera .....	36
Consumo Total.....	37
Identificación de Sumideros Críticos .....	38
Oportunidades de Conservación de la Energía .....	40
Monitoreo en Tiempo Real .....	40
Instalación de Sensores de Movimiento en las Habitaciones.....	41
Instalación de Sensores de Movimiento en Áreas Comunes .....	42
<b>Capítulo III. Indicadores de Desempeño Energético .....</b>	<b>44</b>
Indicadores de Desempeño Energético .....	44
Consumo Mensual (kWh) / Habitaciones Ocupadas Mensualmente (habitaciones ocupadas).....	44
Demanda (kW) / Habitaciones Ocupadas Mensualmente (habitaciones ocupadas) .....	46
Líneas Base Energéticas .....	47
Consumo Mensual (kWh) / Habitaciones Ocupadas Mensualmente .....	48
Demanda Máxima Punta (kW) / Habitaciones Ocupadas Mensualmente .....	48
<b>Capítulo IV. Prototipo de Monitoreo en Tiempo Real Utilizando el IOT .....</b>	<b>50</b>
Resumen de Funcionamiento del Prototipo .....	50
Desarrollo del Prototipo .....	51
Lectura de la corriente.....	51
Conexión del Microcontrolador a Internet.....	54
Envío y Manejo de los Datos .....	54
Control General del Sistema .....	56
Aplicación para Visualizar Datos .....	56
Construcción Dispositivo Físico .....	59
Costo Total Construcción Prototipo.....	60
Comprobación de la Precisión del Prototipo.....	61
Oportunidades de Mejora del Sistema de Monitoreo.....	64
Instalación de una pantalla de tipo LCD.....	64
Desbalance de fases .....	64
Cálculo de la potencia .....	64
Circuito Impreso .....	65
<b>Capítulo V. Análisis Financiero de la Implementación del Sistema de Gestión de la Energía. ...</b>	<b>66</b>
Inversión Inicial .....	66
Consideraciones .....	66
Inflación .....	66
Tasa de Descuento .....	67
Tasa de Descuento Inflacionaria .....	67

Flujo de Efectivo.....	67
Costos Variables .....	67
Costos Fijos.....	68
Análisis Financiero .....	68
Conclusiones.....	69
Objetivo I.....	69
Objetivo II.....	69
Objetivo III.....	69
Objetivo IV .....	70
Recomendaciones .....	70
<b>Bibliografía .....</b>	<b>71</b>
<b>Apéndice A. Balance Energético.....</b>	<b>75</b>
<b>Apéndice B. Indicadores de Desempeño Energéticos .....</b>	<b>81</b>
<b>Apéndice C. Sistema de Monitoreo en Tiempo Real.....</b>	<b>84</b>

## ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. ESP32.

Figura 2. Diagrama de proceso de hotel Marriott Courtyard.

Figura 3. Gráfico de barras auditoría energética año 2024.

Figura 4. Gráfico tipo pastel auditoría energética año 2024.

Figura 5. Gráfico de barras auditoría financiera año 2024.

Figura 6. Gráfico tipo pastel auditoría financiera año 2024.

Figura 7. Consumo mensual energético por tipo de energía.

Figura 8. Análisis de Pareto para la demanda energética.

Figura 9. Análisis de Pareto para el consumo energético.

Figura 10. Indicador de desempeño energético Consumo Mensual / Habitaciones Ocupadas Mensualmente.

Figura 11. Indicador de desempeño energético Demanda (kW) / Habitaciones Ocupadas Mensualmente.

Figura 12. Línea Base Consumo Mensual por Habitaciones Ocupadas.

Figura 13. Línea Base Demanda Máxima Punta por Habitaciones Ocupadas.

Figura 14. Sistema de Monitoreo en Tiempo Real.

Figura 15. Configuración sensor SCT013.

Figura 16. Configuración de sensor SCT013 con resistencia de carga.

Figura 17. Conexión sensor SCT013.

Figura 18. Resultados de la función para conectar el microcontrolador a la red WiFi.

Figura 19. Base de datos configurada en Supabase.

Figura 20. Diagrama de comunicación entre el dispositivo, cliente y servidor.

Figura 21. Pantalla de inicio aplicación Marriott CourtYard.

Figura 22. Pantalla de autenticación aplicación Marriott CourtYard.

Figura 23. Pantalla de visualización aplicación Marriott CourtYard.

Figura 24. Mensaje de error al obtener un error de autenticación.

Figura 25. Mensaje de error al cargar datos.

Figura 26. Circuito implementado para el dispositivo físico.

Figura 27. Circuito físico implementado preliminarmente.

Figura 28. Implementación física circuito.

Figura 29. Instalación del prototipo de monitoreo y amperímetro de gancho.

Figura 30. Comprobación funcionamiento del prototipo de monitoreo y aplicación de visualización.

Figura 31. Equipo calibrado utilizado para validar el prototipo.

Figura 32. Comparación de los datos entre el prototipo y el equipo calibrado.

Figura 33. Placa circuito impreso.

Figura 34. Placa circuito impreso visión 3D.

Figura 35. Análisis Financiero del Sistema de Gestión de la Energía

## ÍNDICE TABLAS

Tabla 1. Análisis de Viabilidad del Proyecto.

Tabla 2. Metodología de Trabajo Proyecto

Tabla 3. Horarios de trabajo por zonas hotel Courtyart Marriott.

Tabla 4. Demanda eléctrica iluminación fachada.

Tabla 5. Demanda eléctrica área presión constante.

Tabla 6. Demanda eléctrica área habitaciones.

Tabla 7. Demanda eléctrica zona calentadores.

Tabla 8. Demanda eléctrica área cocina.

Tabla 9. Demanda eléctrica áreas comunes.

Tabla 10. Demanda eléctrica área de lavandería.

Tabla 11. Demanda eléctrica área de lavandería.

Tabla 12. Balance Energético por Zonas Hotel Courtyard Marriott.

Tabla 13. Costo de Materiales Propuesta de Conservación de la Energía.

Tabla 14. Estimación de Consumo al Instalar Sensores de Movimiento en las Habitaciones.

Tabla 15. Costo de Implementación Oportunidad de Mejora Habitaciones

Tabla 16. Estimación de Consumo al Instalar Sensores de Movimiento en Áreas Comunes.

Tabla 17. Costo de Implementación Oportunidad de Mejora Áreas Comunes.

Tabla 18. Indicador de Desempeño, Consumo Total por Habitaciones Ocupadas.

Tabla 19. Indicador de Desempeño, Demanda Máxima Punta por Habitaciones Ocupadas Mensualmente.

Tabla 20. Costo de Materiales Prototipo.

**Palabras Clave:** Gestión de la Energía, Uso Significativo de la Energía, Internet de las Cosas, Dióxido de Carbono, Consumo Energético.

## **Capítulo I. Información General del Proyecto**

### **Introducción**

El presente texto tiene como objetivo plantear la propuesta de un modelo de Gestión de la Energía para la Industria Hotelera Costarricense. El modelo energético por plantear se basa en el uso de la familia de normas ISO 50000; las mismas se utilizarán para analizar la gestión y manejo de la energía de un edificio perteneciente a la industria hotelera, con el fin de mejorar los indicadores de manejo de la energía si estos existen y proponerlos en caso de que no existan.

La gestión de la energía debe ser un punto de interés a tratar y manejar dentro de la industria hotelera y del turismo. Para 2015 se estima que el consumo energético dentro de los hoteles correspondía al 60% (por ciento) de las emisiones totales de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) de estos edificios. De igual manera, se estima que los costos totales respecto a la energía rondaban el 6% de los gastos operacionales de los hoteles (Upadhyay & Vadam, 2015).

Se utilizará la norma ISO 50001:2018 como guía para realizar el modelo de gestión energética; esta norma establece los requerimientos básicos de los Sistemas de Gestión Energética. De igual manera, para conocer el estado de la empresa con respecto al manejo de la energía se propone realizar un balance energético basándose en la norma ISO 50002: 2014; esta norma establece los requisitos mínimos para la realización de auditorías energéticas. Esto con el fin de establecer indicadores de desempeño para la toma de futuras decisiones en el marco energético, basándose en la norma ISO 50006:2014.

El proyecto contempla el desarrollo de un prototipo de un sistema de monitoreo en tiempo real de consumo energético basándose en principios de la industria 4.0 como lo es el internet de las cosas (Internet of Things, IoT), para el equipo que posee el mayor impacto financiero, este equipo se logrará identificar mediante el balance energético.

Finalmente, cabe resaltar que la realización del proyecto se puede ver afectada por factores externos que dependen de la organización particular donde se lleve a cabo el mismo, como lo son: recursos económicos disponibles, equipos de medición disponible y capacitación y experiencia del personal.

## **Reseña de la Empresa**

Marriott es una organización hotelera dueña de más de 30 marcas diferentes de hoteles. Esta organización ofrece una amplia gama de hoteles que se adecúan de acuerdo con el tipo de viaje y las necesidades del cliente, ofreciendo desde hoteles de lujo hasta hoteles de estancia prolongada. Con un portafolio con nombres como The Ritz-Carlton, JW Marriott, Residence INN, Courtyard, AC Hotels y Aloft, Marriott garantiza un servicio superior al cliente cuidando cada detalle del día a día.

Courtyard by Marriott San José Escazú, se encuentra ubicado en una de las zonas más exclusivas de San José. El establecimiento ofrece a sus huéspedes una experiencia moderna y acogedora. Recientemente renovado, lo que asegura que sus habitaciones y áreas comunes estén equipadas con las últimas comodidades. Las habitaciones, se encuentran decoradas con un estilo contemporáneo y nuevo. El hotel ofrece una amplia gama de comodidades como lo son acceso a Wi-Fi gratuito, televisores de pantalla plana, escritorios amplios y áreas de descanso. Además, el hotel cuenta con un gimnasio completamente equipado y una piscina al aire libre.

El hotel destaca por su conveniente ubicación, ya que se encuentra cerca de importantes centros comerciales como Multiplaza Escazú, así como de varios restaurantes y opciones de entretenimiento. Además, su cercanía al aeropuerto y su fácil acceso a los principales destinos turísticos de San José. Courtyard San José Escazú también ofrece servicios adicionales como un restaurante de cocina internacional, estacionamiento gratuito, y salas de reuniones, haciendo que tanto las estancias de negocios como las de placer sean cómodas y sin complicaciones.

## Antecedentes

Costa Rica es una nación que se encuentra comprometida en la lucha contra el cambio climático y apoya las políticas en favor de la conservación del medio ambiente.

El 12 de diciembre del 2015 en París, los países pertenecientes a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), por primera vez en la historia alcanzan un acuerdo global para combatir dicho fenómeno; de igual manera, se establece una intensificación en las acciones e inversiones necesarias de las partes involucradas con el fin de disminuir las emisiones de carbono y aumentar la sostenibilidad. Básicamente, se establece una nueva línea en el rumbo a nivel mundial contra el cambio climático.

“El Acuerdo de París exige a todas las partes que hagan todo lo que esté en su mano por medio de contribuciones determinadas a nivel nacional” (UNFCC, 2024). Costa Rica desde la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) el 30 de septiembre de 2015, presentó su plan de acción contra el cambio climático, previo a la posterior rectificación por medio del acuerdo de París en diciembre del mismo año.

La industria hotelera y el sector turismo corresponden a uno de los principales sectores económicos del país, sin embargo, al mismo tiempo a un sector con alto consumo energético.

De igual manera, Costa Rica con respecto al manejo de la energía en el marco regulatorio posee dos planes vigentes: el Plan Nacional de Descarbonización y el Plan Nacional de la Energía. El primero establece los lineamientos y políticas a seguir para que Costa Rica se convierta en una economía de tipo verde, moderna y, lo más importante: libre de emisiones. Por otra parte, el Plan Nacional de la Energía se enfoca en establecer y fomentar las acciones en contra del cambio climático garantizando el suministro óptimo y continuo mediante una matriz energética sostenible.

Se ha logrado observar una reducción en el consumo energético y los costos debidos a energía por medio de la implementación y estandarización de la norma ISO 50001 en las instituciones.

Toscano, Eras, Viviente, Gutiérrez y Gómez. (2019) en su estudio en un hotel de Barranquilla, Colombia, analizaron los resultados de la implementación de un modelo basado en la norma ISO 50001; se logró identificar las áreas de mayor consumo energético, de igual manera se observó que el hotel carecía de gestión de la energía al igual que no contaba con registros de energía, ni indicadores, ni políticas energéticas sólidas o un control de los recursos energéticos. Una vez implementado el modelo, se estima que se logró ahorrar en los costos totales de energía aproximadamente un 19,37%.

Asimismo, como indica el Lawrence Berkeley National Laboratory (2019) en su informe sobre las oportunidades debidas a la norma ISO 50001, los beneficios de la implementación de la norma ISO 50001 van más allá de solamente un ahorro en energía directo. Según datos de Alschuler, E., & Finch,

P. (2015) los edificios que poseen algún tipo de “etiqueta verde” tienen un valor de renta aproximadamente del 7%-17% mayor y una ocupación del 10%-18% mayor en comparación con los edificios que no lo poseen.

Un ejemplo directo de los beneficios de la implementación de la norma ISO 50001 se puede observar con la cadena Hilton. Desde la publicación preliminar de la norma en el año 2011, la cadena se interesó en ella; en 2013 se empezó a implementar la norma a nivel institucional y en 2014 se logró alcanzar la certificación en la mayoría de los hoteles del portafolio, es decir, más de 5100 hoteles en más de 103 países distintos. El resultado, un ahorro en energía del 18,6% aproximadamente y más de 700 millones de dólares.

### Planteamiento del Problema

		Dato Suministrado	Referencias Bibliográficas
Debiera	Los edificios comerciales del sector hotelero que poseen un sistema de Gestión de la Energía logran reducir su consumo energético y tener un mejor manejo de los gastos asociados con el consumo energético	La experiencia muestra que al institucionalizar la gestión de la energía dentro de una organización se ha logrado reducir el consumo energético de un 5% a un 20%.	[1]

Desviación: Desconocimiento del impacto del rendimiento energético en la industria, lo cual limita la capacidad de toma de decisiones basadas en datos y el establecimiento de indicadores para el cumplimiento de metas relacionadas con la gestión de la energía.

		Dato Suministrado	Referencias
Realidad	Un alto porcentaje de los hoteles del país carecen de una gestión integral de la energía.	El hotel Courtyard Ezcacú carece de una Modelo de la Gestión de la Energía Basado en la norma ISO 50001.	Hotel Courtyard Ezcacú

Costa Rica es un país que está comprometido con el medio ambiente y el desarrollo sostenible. Desde décadas atrás el país ha implementado políticas nacionales en pro del medio ambiente y la conservación de los recursos. Actualmente como se establece en el VII Plan Nacional de Energía 2015-

2030; “se espera que para 2030 el país haya logrado un nivel superior respecto a eficiencia” (MINAE, 2015).

De igual manera, el consumo energético corresponde a uno de los principales gastos dentro de la industria hotelera; este rubro ronda aproximadamente el 6% de los costos totales de operación. Sumado a que el consumo energético es equivalente a un aproximado del 60% de las emisiones de dióxido de carbono totales de los hoteles. Este corresponde a uno de los principales gases de efecto invernadero. Según datos de la ONU los gases de efecto invernadero que atrapan calor en la atmósfera alcanzaron una concentración récord en 2022. De modo que es necesaria la gestión energética desde un punto de vista económico y ambiental.

La realidad corresponde a que la gran mayoría de hoteles de Costa Rica no poseen una gestión integral ni indicadores del manejo de los recursos energéticos, limitando su capacidad de cuantificar elementos como la eficiencia y consumo total. De igual manera, esto genera que las organizaciones pertenecientes a este sector económico tengan un alto impacto ambiental sobre la comunidad.

Al no existir un manejo integral de los recursos energéticos, la capacidad de toma de decisiones dentro de los hoteles se ve fuertemente afectada y se limita a acciones cualitativas basadas en opiniones más que en datos cuantificables e indicadores.

De esta forma, el hotel Courtyard Escazú by Marriott, debería poseer un sistema de gestión energético que incluya indicadores de demanda como la eficiencia energética y el consumo de la energía para lograr medir, controlar y mejorar en el desempeño de la energía y el alineamiento con los objetivos energéticos.

## **Objetivo General**

- Desarrollar un modelo de gestión de energía para el hotel Courtyard by Marriott Escazú, que permita la gestión integral del rendimiento energético, tomando como referencia la Norma ISO 50001:2018.

## **Objetivos Específicos**

1. Determinar los U.S.E. (Usos significativos de la Energía) de la empresa por medio de un balance energético basado en la Norma ISO 50002:2014; para la identificación del equipo que consume más energía.

Indicador: Balance energético que muestro los USE (Usos Significativos de la Energía).

2. Proponer indicadores energéticos y de desempeño, para la toma de decisiones que permitan el seguimiento y mejora continua del rendimiento energético, basándose en la Norma ISO 50006:2014.

Indicador: Indicadores de desempeño energético.

3. Desarrollar un prototipo de un sistema de monitoreo en tiempo real para el equipo con mayor consumo energético, tomando en cuenta conceptos de la industria 4.0 como el internet de las cosas (IOT).

Indicador: Prototipo físico de un sistema de monitoreo en tiempo real del equipo con mayor consumo energético.

4. Elaborar un análisis financiero que refleje el impacto en la rentabilidad del negocio, mediante el uso de indicadores financieros.

Indicador: Reporte de indicadores financieros.

## Justificación

El consumo energético en los hoteles corresponde aproximadamente a un 6% de los costos operacionales totales y a un 60% de las emisiones totales de dióxido de carbono (Upadhyay, A., & Vadam, C., 2015). Lo cual se traduce en uno de los principales generadores de gastos y emisiones.

La implementación de un modelo de gestión energético utilizando la norma ISO 50001 como base; plantea y busca mejorar la eficiencia energética y la sostenibilidad de las operaciones en el sector hotelero, por medio de la ejecución de políticas empresariales, destinadas a institucionalizar las prácticas sostenibles y de ahorro. Como lo indica el (L. Berkeley National Laboratory, 2018), la adopción de un modelo basado en la norma ISO 50001 facilita el enfoque empresarial sobre las tareas de ahorro y gestión energética, lo que propicia una mayor organización y compromiso, por tanto, ahorros de energía significativos al igual que de dinero y emisiones de gases contaminantes.

La adopción de un modelo de la gestión de la Energía en la industria hotelera favorece tanto a los ofertantes del servicio como a los consumidores. De manera directa, los colaboradores y dueños de los hoteles se benefician de la reducción de los gastos relacionados al consumo de energía (Alschuler & Finch, 2015). De forma indirecta, la adopción e implementación de políticas de sostenibilidad en los hoteles beneficia a los huéspedes, al promover un entorno más consciente con el medio ambiente. Al igual que la comunidad mediante la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (MINAE, 2015). Por último, cabe destacar que la implementación de estas políticas favorece el alineamiento con los objetivos y estrategias de sostenibilidad global (ONU, 2023).

Los resultados obtenidos de la adopción del modelo basado en la norma ISO 50001 y los resultados de las auditorías energéticas son de alto interés para guiar las tareas de gestión en edificios comerciales y enfocar los recursos tanto humanos como económicos en los principales consumidores de energía (L. Berkeley National Laboratory, 2018), lo que permitirá a los hoteles optimizar los costos operativos, mejorar el uso de energía y reducir de forma significativa el impacto ambiental. Ello aumenta la competitividad del negocio y su resiliencia en el mercado.

El modelo y la generación de políticas empresariales busca complementar la falta de criterio científico a la hora de tomar decisiones y enfocar los recursos en tareas relacionadas con temas energéticos. Upadhyay y Vadam (2015) son enfáticos en rol significativo que posee el consumo energético en las operaciones de los hoteles y la importancia de que las estrategias de gestión energética estén constantemente bajo un proceso de revisión y mejora. Con la adopción de un modelo basado en la norma ISO 50001, los hoteles podrían complementar esta falta de criterio a la hora de tomar decisiones relacionadas con consumo energético, al crear áreas de enfoque para el manejo de la energía, por medio de la realización de auditorías energéticas y al establecer indicadores de desempeño medibles (Clean Energy Ministerial, 2022).

## Alcance

Mediante este proyecto se pretende identificar los USE (Usos Significativos de Energía) dentro de la empresa para poder tomar decisiones futuras y determinar parámetros con criterio que ayuden a impactar la competitividad del negocio. Al igual que reducir el impacto en el medio ambiente de las operaciones de la organización y generar una mentalidad consciente. Con respecto a la determinación de los USE, este posee un alcance explicativo.

De igual manera los antecedentes de la implementación SGE (Sistemas de Gestión de la Energía) basados en la norma ISO 50001 en Costa Rica son limitados, de modo que el proyecto en cierta medida posee un alcance exploratorio.

## Viabilidad

Se realiza un análisis de la viabilidad del proyecto, como se muestra a continuación:

Tabla #1. Análisis de Viabilidad del Proyecto

Fuente: Elaboración propia.

<b>Enfoque</b>	<b>Realidad</b>
<b>Disponibilidad Tecnológica</b>	Desde el punto de vista tecnológico, los dispositivos necesarios para la realización del proyecto como controladores, sensores y dispositivos de medición son de fácil acceso tanto en el país como en tiendas virtuales.
<b>Disponibilidad Financiera</b>	Para el cumplimiento de los objetivos se cuenta con los recursos económicos necesarios. Cabe recalcar que no se contempla una etapa de implementación.
<b>Disponibilidad de Recursos Humanos</b>	Con respecto al recurso humano, se poseen los conocimientos necesarios en programación y control eléctrico para la implementación de un prototipo de medición en tiempo real. De igual manera, se espera que el personal del hotelXX esté comprometido con la implementación de un modelo de gestión de la energía y con cambiar su cultura de consumo energético.
<b>Disponibilidad de Materiales</b>	Desde el punto de vista de los materiales necesarios, los mismos son de fácil acceso dentro del mercado nacional. De igual manera, se posee acceso a las normas necesarias para la implementación del modelo y establecimiento de indicadores.

## **Administración del Riesgo**

Al momento de inicio del proyecto se desconoce la matriz energética de la organización y la situación de la empresa respecto a equipos, por tanto, se desconoce los equipos requeridos para el monitoreo y obtención de datos de consumo. De igual manera, no se conoce la situación actual de la organización con respecto a equipos de medición. Lo que puede conllevar conflictos durante el proyecto si se necesitara contratar un servicio de medición o adquirir algún equipo. En caso de que exista carencia de equipos se planea subcontratar algún servicio de medición externo.

Se desconoce el presupuesto que la organización destinaría para la realización del proyecto. Por tanto, en el caso de requerir la compra de algún equipo o la tercerización de algún servicio para el desarrollo del proyecto, esto podría generar algún tipo de conflicto. De modo que se analizan diferentes ofertantes de este servicio y diferentes metodologías de adquisición de datos.

Por último, se desconoce el saber y la experiencia que posee el personal de ingeniería sobre los equipos y los procesos requeridos para el cumplimiento de las operaciones.

## Marco Teórico

### Términos Relacionados con la Energía:

**Potencia Eléctrica:** El término de potencia hace referencia a la tasa con la cual se realiza trabajo o la tasa de incremento de trabajo por unidad de tiempo (Chapman, S. J. , 2015). Las unidades de medida común son los watts (W) y los caballos de fuerza (hp). Esta, matemáticamente se puede expresar de la siguiente manera:

$$P = \frac{dW}{dt} \quad (1)$$

**Corriente Eléctrica:** Se refiere al movimiento de cargas de una región específica hacia otra. Cuando este movimiento de cargas tiene lugar en una trayectoria de conducción que forma una espira, se conoce como circuito eléctrico. (Young, H. D., Freedman, R. A., Sears, F. W., & Zemansky, M. W. ,2008).

**Voltaje:** Se refiere a la diferencia de potencial entre dos puntos. (Young, H. D., Freedman, R. A., Sears, F. W., & Zemansky, M. W. ,2008).

**Usos Significativo de Energía (USE):** Sistema, instalación, proceso o equipo que representa un consumo significativo de energía y que posee oportunidad considerable de mejora. INTE/ISO. (2018).

**Índice de Desempeño Energético (IDEn):** Unidad o medida del desempeño energético definido por la organización. (INTE/ISO, 2018).

**Línea de base Energética:** Valor de referencia que se utiliza para la comparación cuantitativa del desempeño energético. (INTE/ISO, 2018).

**Eficiencia Energética:** Relación entre un resultado de producto, desempeño o servicio y una entrada de energía especificada por la organización

**Sistema de Gestión de la Energía (SGEn):** Sistema de gestión que se utiliza con el fin de establecer y definir metas, políticas, objetivos y planes con el fin de alcanzar los objetivos energéticos definidos por la organización (INTE/ISO, 2018). Cabe resaltar que los objetivos del sistema de gestión van enfocados en alcanzar los objetivos organizacionales y no son los mismos.

**Balance Energético:** Cuantificación de la energía ingresada o generada con respecto a las salidas energéticas. Basadas en el consumo de energía por el uso (INTE/ISO, 2018).

### Términos Relacionados con el Prototipo:

**ESP32:** El ESP32 es un microcontrolador con gran número de capacidades integrado con conectividad Wi-Fi y Bluetooth. Estos ofrecen la posibilidad de programarse en distintos lenguajes de programación como Python y C para un amplio rango de aplicaciones (Espressif Systems, 2023).

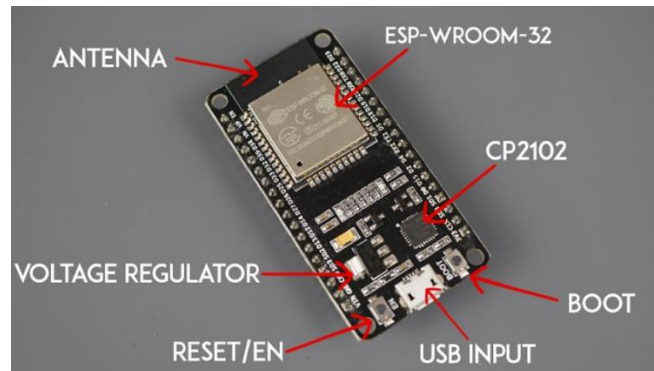


Figura 1. ESP32

Fuente: [19]

**Sensores:** Los sensores son dispositivos que se encargan de detectar cambios en el entorno, equipo o una fuente en particular y traducir esas variaciones del entorno en forma de una señal eléctrica (Javaid, Mohd, et al, 2021). Los sensores captan estas distorsiones en una forma poco significativa y los convierten en impulsos eléctricos que pueden ser analizados. Existen muchas fuentes de señal que se pueden traducir en impulsos eléctricos como lo son: luz, temperatura, distancias.

**Sistema de Monitoreo:** Integración de dispositivos físicos y software que toman datos y los transfieren para su visualización y análisis en tiempo real. En el análisis Energético, la instalación de un sistema de monitoreo y recolección de datos puede facilitar tareas de planificación y organización mediante la toma de datos periódicos que facilitan la toma de decisiones (T. Akhtar, A. U. Rehman, M. Jamil, and S. O. Gilani, 2020).

**Python:** Python es un lenguaje de programación de alto nivel con semánticas dinámicas orientado a objetos (Python Software Foundation, 2023). Debido a su facilidad de sintaxis al igual que la gran cantidad de librerías que tiene a disposición lo vuelve uno de los lenguajes de programación más utilizados.

**IoT:** La internet de las Cosas (IoT) es un concepto que describe a la red de objetos que poseen tecnologías capaces de conectarse a internet, enviar datos y comunicarse con otros elementos de la red por medio de internet (ORACLE, 2014). Estos elementos van desde sensores, controladores celulares hasta electrodomésticos.

**Tailwind CSS:** Tailwind CSS es un marco de trabajo que simplifica el desarrollo web mediante clases de CSS inmersas en la estructura de manera automática (tailwind, 2025). Esto simplifica el desarrollo web sin la necesidad de implementar un archivo dedicado para las clases de CSS.

**Next JS:** Next.js es un marco de trabajo de React que extiende sus capacidades al proporcionar herramientas para el renderizado del servidor, generación de sitios estáticos y desarrollo full stack (Vercel, 2024).

**API:** Los API o Interfaz de Programación de Aplicaciones son mecanismos que permiten que dos componentes de software se comuniquen entre sí por medio de un conjunto de definiciones y protocolos (Amazon Web Services, 2024).

**JSON:** JSON o Notación de Objetos JavaScript es un formato de intercambio de datos liviano que puede ser analizado por máquinas y leído por humanos (JSON.org, 2023). Principalmente es utilizado en envío de datos en aplicaciones web.

**Bases de Datos Relacionales:** Una base de datos relacional, es una base de datos que organiza su información en columnas y filas (IBM, 2021).

**Llave primaria:** La llave primaria de una base de datos corresponde a la columna que contiene los valores únicos que identifican los datos de otros (IBM, 2024).

**Tipo de dato float4:** Tipo de dato de precisión simple de 4 bytes (IBM, 2021).

**ISO 8601:** Estandar internacionalmente aceptado para representar fecha y hora (ISO, 2017).

**Protocolo NTP:** El Protocolo de Tiempo de Red es un protocolo que utiliza para lograr una precisión de sincronización en redes de milisegundos (Winkler, 2011).

**Flip Flop RS:** Un Flip Flop RS corresponde a un circuito lógico fundamental que se encarga para almacenar un bit de información (TOHIBA, 2024).

#### Términos Financieros:

**Sensores de movimiento de tipo dual:** Un sensor de movimiento dual corresponde a un sensor que utiliza tecnología infrarroja y de microondas que no se active a menos que ambas tecnologías tengan un resultado positivo, con el fin de evitar falsos positivos (Honeywell, 2025)

**Valor Actual Neto (VAN):** El Valor Actual Neto (VAN) corresponde al valor presente o actual de los flujos de efectivo netos de un proyecto, idea o propuesta (Mete, 2014). Los flujos netos de efectivo corresponden a la diferencia entre los ingresos y egresos en un determinado periodo de tiempo.

**Tasa Interna de Retorno (TIR):** La Tasa Interna de Retorno (TIR), también conocida como tasa de descuento es un valor porcentual que indica el porcentaje de pérdida o beneficio que conlleva un proyecto (Mete, 2014). En otras palabras, indica el rendimiento esperado del proyecto o inversión en base a los flujos de caja.

**Retorno Sobre la Inversión (ROI):** El Retorno Sobre la Inversión (ROI) corresponde a una razón que relaciona el ingreso entre la inversión o recursos utilizados para generar esos ingresos (Cuevas, 2001).

**Costos Fijos:** Los costos fijos, básicamente son costos que no dependen del volumen de producción o venta de un producto o servicio de una empresa (Santa Clara University, 2020).

**Costos Variables:** Los costos variables, son costos que dependen del volumen de bienes, servicios o productos vendidos por una organización o empresa (Santa Clara University, 2020).

## Metodología

Se plantea la siguiente metodología de trabajo.

Tabla 2. Metodología de Trabajo Proyecto

Fuente: Elaboración propia.

Objetivo Específico Planteado	Actividad por Realizar	Fuente Información	Análisis de Datos con Criterios Estadísticos	Resultados Esperables
1	Medir el consumo energético de los equipos, realizar análisis de Pareto.	Datos de placa de equipos, medición directa, documentos históricos de consumo, tarifa eléctrica.	Creación de gráfico de pastel y gráfico de barras por zonas y equipos que muestre las zonas con un consumo más significativo.	Balance energético que muestro los USE (Usos Significativos de la Energía).
2	Analizar los resultados históricos de la organización y los obtenidos durante el balance energético.	Balance energético e información histórica	Establecimiento de las líneas base de energía y ajuste de los indicadores de desempeño energético.	Indicadores de desempeño energético.
3	Recopilar datos del equipo más significativo energéticamente con el prototipo y con un equipo de medición calibrado.	Prototipo y equipo de medición por definir.	Comparación entre los datos medidos con el prototipo de monitoreo en tiempo real y un equipo calibrado, con el fin de verificar la veracidad de las mediciones.	Prototipo físico de un sistema de monitoreo en tiempo real del equipo con mayor consumo energético.
4	Realizar estudio de costo de la implementación del SGE (Sistema de Gestión de la Energía).	Informe de Indicadores Financieros	Análisis de resultados arrojados por los indicadores financieros.	Reporte de indicadores financieros.

## Capítulo II. Balance Energético

**Resumen.** En el presente capítulo se muestra la auditoría energética realizada en el hotel Courtyard Marriott. El balance se basa en los parámetros establecidos en las normas ISO 50001:2018 e ISO 50002:2014. Este se realiza con el fin de cuantificar los consumos de Energía Eléctrica y Gas LP que corresponden a las principales fuentes de energía para el cumplimiento del proceso y entrega de servicios a los huéspedes.

Se subdivide el hotel en zonas de acuerdo con los servicios ofrecidos, dichas zonas son: cocina, habitaciones, zona calentadores, lavandería, áreas comunes e iluminación externa. Esto con el fin de evaluar el consumo energético actual de la organización, identificar sumideros críticos de energía y generar información valiosa que ayude con la generación de indicadores y futuras tomas de decisiones con respecto a la energía.

En la Figura 1 se puede observar las principales zonas encargadas de proveer los servicios a los huéspedes con sus respectivas energías distribuidas.

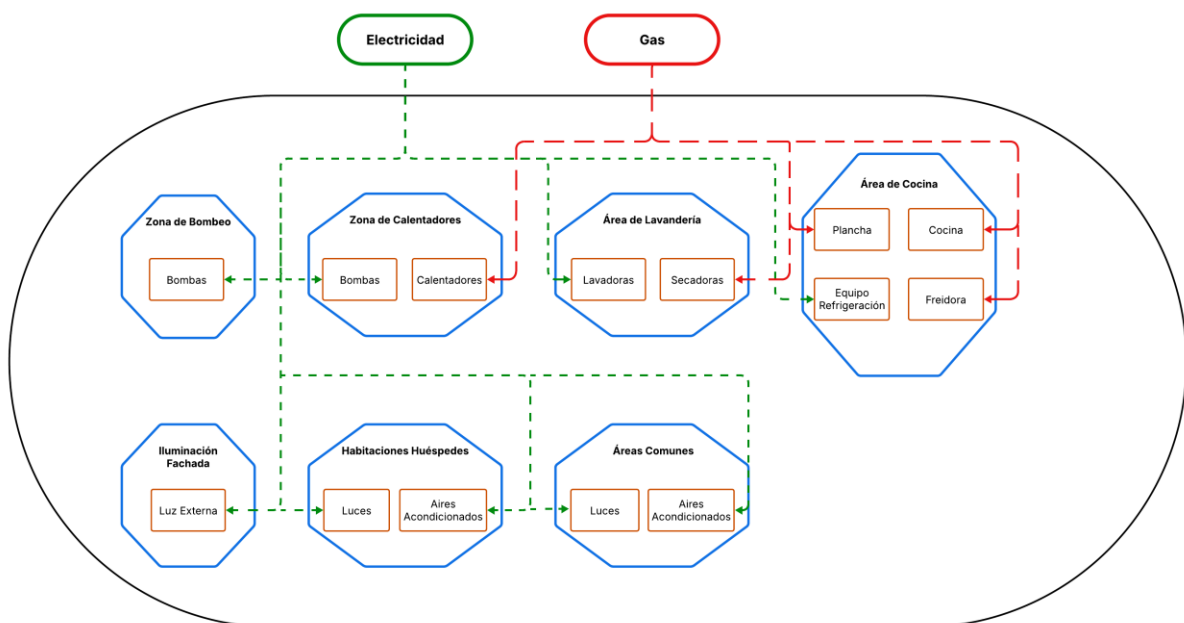


Figura 2. Diagrama de proceso de hotel Marriott Courtyard.

Fuente: Elaboración propia.

## **Contexto Operativo**

El hotel Marriott Courtyard es un hotel de tipo corporativo, el cual utiliza Gas LP al igual que electricidad para poder satisfacer los servicios y necesidades de sus huéspedes. Cabe resaltar que toda la información presentada en este capítulo respecto al contexto operativo es obtenida por medio de la gerencia de ingeniería, la cual lleva recuento de los consumos históricos del hotel y sus facturas.

En base a los servicios ofrecidos y la distribución de las cargas la organización se puede dividir el proceso en 7 zonas de consumo principales:

### **Habitaciones de Huéspedes**

El hotel posee un total de 123 habitaciones distribuidas en 4 pisos. Estas se dividen en 4 bloques, el primero de 9 habitaciones regulares ubicado en el piso numero1 y 3 bloques iguales que abarcan del piso 2 al 4 conformados por 38 habitaciones regulares. Cabe resaltar que 2 habitaciones de cada piso se pueden combinar para formar una habitación tipo suite.

Cada habitación regular posee un aire acondicionado tipo “mini split”, 2 para cada una de las suites, para un total de 123 unidades tipo “mini split” en total. De igual manera, cada una de estas habitaciones posee un televisor, una caja fuerte, y una máquina de café pequeña. Cabe mencionar que dentro de las habitaciones no hay un calentador de agua por resistencias, ya que existe un sistema de calentamiento de agua por medio de gas. Tampoco los pasillos de las habitaciones son aclimatados, por tanto, la carga de mayor tamaño para cada habitación es el aire acondicionado.

### **Zona de Extractores e Inyectores de Aire**

Esta área se encarga de proporcionar ventilación ininterrumpida en ciertas zonas que son medianamente cerradas o que requieren un flujo de aire constante como lo son la cocina, los baños comunes y los baños de las habitaciones.

Todos los equipos de esta zona se encuentran operando de manera constante a plena carga las 24 horas del día, los 7 días de la semana durante todo el año y no poseen ningún tipo de variador ni controlador que regule sus ciclos de encendido. De igual manera, es importante mencionar que todos estos equipos están conectados a un único tablero como se muestra en el diagrama unifilar de la figura, el cual es independiente del circuito de las habitaciones, por eso se deciden tomar los equipos como una zona de cargas específicas en lugar de ser tomadas como parte de las cargas de las habitaciones.

Los equipos corresponden a dos inyectores de aire, cuatro extractores de marca GreenHeck modelo CSP-9, cuatro extractores modelo TD-500 de la marca Soler & Palau, un extractor de tipo CUBE-200-15 de la marca GreenHeck y veintitrés extractores de la marca GeenHeck modelo CSP-226.

## **Zona de Bombeo Constante**

Esta zona se encarga de proporcionar una presión constante para el agua fría que circula por todo el edificio para sus diversos usuarios, como lo son la cocina, la lavandería y los baños. Esta se encuentra conformada por 2 bombas de la marca Grundfos modelo ML100BC 85900713. Es importante mencionar que a pesar de que se encuentran instaladas dos bombas, solamente una de ellas opera en forma constantemente, ya que para alcanzar la presión requerida por el sistema es suficiente la operación de nada más una de ellas.

Cabe resaltar que esta bomba se encuentra en operación constante durante las veinticuatro horas del día, los siete días de la semana.

## **Zona de Calentadores de Agua**

El hotel cuenta con una zona de calentamiento de agua, la cual se encuentra conformada por dos calentadores de gas de la marca Lochinvar modelo AWH0500, que incluye una bomba por calentador. Estos equipos tienen como objetivo mantener una temperatura constante en los dos tanques de agua caliente, una vez estos tanques disminuyen un delta  $-5\text{ C}^\circ$  de la temperatura previamente establecida por mantener, los equipos entran en operación a plena carga hasta que la temperatura nuevamente alcance el valor establecido. Se estima que los calentadores realizan dos ciclos de 10 minutos cada hora según datos de fabricante y observación de su operación.

De igual manera, hay dos bombas una por cada tanque de agua caliente. Estos equipos se encargan de la recirculación del agua caliente, cada una funciona constantemente las 24 horas del día. Los modelos de las bombas respectivamente son 3siek 80-a2 de Bevi y el modelo ML80BA 85900704 de Grundfos.

## **Lavandería**

La zona de lavandería opera todos los días de 8:00 a 18:00, es decir un total de 10 horas de manera ininterrumpida. Esta funciona con el fin de lavar y secar los paños, sábanas y fundas de las habitaciones de los huéspedes. Según información provista por los operadores del equipo, la cantidad de lavados y secados es independiente de la cantidad de paños, sábanas y fundas; esto indica que hay lavados que se realizan con menor carga de la máxima carga posible de las lavadoras.

Las cargas principales de esta zona corresponden a dos lavadoras de la marca Milnor modelo 36021V7Z modelo eléctrico al igual que dos secadoras M-120p de gas de Milnor.

## **Cocina**

Esta zona opera todos los días de 6:00 a 22:00 y posee una combinación de equipos eléctricos y de gas. Los equipos de gas se utilizan para cocinar los alimentos principalmente y corresponden a una

plancha, una cocina, un horno “turbochef”, una freidora y la lavadora de platos. Por otra parte, los equipos eléctricos corresponden principalmente a los equipos de refrigeración para los alimentos y bebidas entre los que se encuentran tres muebles fríos, dos cámaras de congelados, una cámara de helados, dos cámaras de vegetales, una máquina de hielo, dos cámaras del bar al igual que una cámara y dispensador de cerveza.

Cabe resaltar que los equipos de refrigeración y las cámaras de congelado son independientes del horario de la cocina.

### **Iluminación Fachada**

Estas cargas comprenden todas las luces exteriores. Entre las que se encuentran tres lámparas circulares ubicadas en la terraza, dieciocho luces led ubicadas en la terraza, cuarenta y ocho faroles de pared ubicados en la fachada, veinte faroles de poste ubicados en el parqueo y tres rótulos; dos de ellos localizados en la fachada mientras uno de ellos en el parqueo. El horario de funcionamiento de esta iluminación es de 18:00 a 6:00, lo que es equivalente doce horas diarias.

### **Áreas Comunes**

Las áreas comunes se pueden dividir en dos grupos principales de cargas; por un lado, las luces de estas y, por otra parte, los aires acondicionados de las zonas de empleados.

Las cargas de luces incluyen: las luces de los pasillos de habitaciones de los pisos 2,3 y 4, las luces del pasillo de habitaciones/baños del primer piso, las luces del lobby/gimnasio al igual que las luces del sector del bar/restaurante. Este bloque de iluminación se encuentra encendido durante todo el día.

Por otra parte, en el primer piso hay seis aires acondicionados de tipo “split” que funcionan en las diferentes oficinas, entre ellas: oficina de ingeniería, oficina de finanzas, comedor de empleados, caja general, gerencia general y el cuarto de TI. Para las oficinas del hotel se estiman cinco horas de uso diarias basadas en los ciclos de encendido observados. Por otra parte, en el cuarto de TI se encuentran los servidores del hotel, se estima dieciséis horas de uso diario a plena carga, ya que se encuentra encendido durante todo el día. Si se compara respectivamente con el número total de aires ubicados en las habitaciones (123) es un número bastante reducido.

De igual manera, a diferencia del bloque de habitaciones estos aires se encuentran distribuidos por los diferentes tableros del primer piso, no conectados a un único tablero, razón por la cual se toma como parte de las áreas comunes.

## Horarios de Operación

A continuación, se muestran los horarios de consumo de las zonas anteriormente mencionadas, esto con el fin de obtener las horas totales de uso mensualmente. Cabe mencionar que las cargas funcionan de manera similar durante todo el año.

De igual manera, es importante resaltar que las habitaciones no se incluyen dentro de los horarios ya que no existe un horario constante establecido para el uso de los aires. Si no que su consumo se ve altamente afectado por el uso que le dé el huésped.

Tabla 3. Horarios de trabajo por zonas hotel Courtyart Marriott  
Fuente: Elaboración propia.

Área del Hotel	Horas de Uso Diarias (h)	Horas Promedio de Uso Mensualmente (h/mes)	Comentarios
Zona Bombeo	24	720	Uso continuo las 24 horas del día todos los días
Zona Calentadores (Calentadores)	8	240	Uso continuo las 24 horas del día todos los días
Zona Calentadores (Bombas Recirculación)	24	720	Uso continuo las 24 horas del día todos los días
Área de Lavandería	10	300	8:00 hora de inicio, 18:00 hora de fin todos los días
Área de Cocina	16	480	6:00 hora de inicio, 22:00 hora de fin todos los días
Área de Cocina (Equipos de Refrigeración)	24	720	Uso continuo las 24 horas del día todos los días
Iluminación Fachada	12	360	18:00 hora de inicio, 6:00 hora de fin todos los días
Áreas Comunes (Iluminación)	24	720	Uso continuo las 24 horas del día todos los días
Áreas Comunes (Aires Oficinas)	4	120	8:00 hora de inicio, 18:00 hora de fin todos los días
Áreas Comunes (Aires IT)	16	480	Uso continuo las 24 horas del día todos los días

## **Consumos**

### **Consumo Gas LP**

Con respecto al gas LP, las áreas que consumen este tipo de energía son: la lavandería, calentadores y la cocina. Para el alcance de este proyecto el análisis se limita al uso mensual total del hotel respecto a este tipo de energía, teniendo en cuenta el histórico de consumo de los últimos dos años (2023 y 2024). Esto debido a que la facturación total por gas para el período de estudio corresponde únicamente a un 17% del total, como se observa en la figura 5. Por tanto, no se justifica la instalación de gasómetros en cada punto de consumo y la organización actualmente desea centrar la inversión económica en la energía más crítica para su proceso.

### **Consumo Eléctrico**

Para la obtención del consumo eléctrico total, se analizan todos los equipos que conforman las diferentes áreas que son necesarias para prestar los distintos servicios primarios del hotel como agua caliente, agua fría y aire acondicionado; al igual que todos los equipos que están presentes en procesos secundarios como la refrigeración de los alimentos de la cocina o iluminación general. Entre los equipos tomados en cuenta para el balance energético se encuentran las lavadoras, secadoras, aires acondicionados y cámaras frías de la cocina.

La recopilación de los datos se da de diferentes maneras, principalmente por medición directa en los tableros y recopilación de datos de placa. Para las mediciones en los tableros se utilizó un analizador de calidad de energía AMPROBE DM-III MultiTest. Se realizan mediciones en la lavandería, la cocina y las habitaciones del piso 2 cuando hay una ocupación del 80% durante un periodo de 3 días, esto con el fin de obtener la curva de carga de varios puntos de interés donde se identificó que existe la mayor carga instalada. La demanda eléctrica de cada equipo por zona se muestra a continuación.

Tabla 4. Demanda eléctrica iluminación fachada.  
Fuente: Elaboración propia.

Número de Equipo	Equipo	Cantidad	Demanda (kW)
1	Luces Circulares Terraza	3	0,03
2	Luces Terraza	18	0,012
3	Luces Fachada	48	0,02
4	Luces Postes Parqueo	20	0,05
5	Rótulos	3	0,1

Tabla 5. Demanda eléctrica área presión constante.  
Fuente: Elaboración propia.

Número de Equipo	Equipo	Cantidad	Demanda (kW)
1	Bomba Presión Constante #1	1	2,01

Tabla 6. Demanda eléctrica área habitaciones.  
Fuente: Elaboración propia.

Número de Equipo	Equipo	Cantidad	Demanda Total (kW)
1	Aires Acondicionados	123	94,0

Tabla 7. Demanda eléctrica zona calentadores  
Fuente: Elaboración propia.

Número de Equipo	Equipo	Cantidad	Demanda (kW)
1	Calentador #1	1	0,792
2	Calentador #2	1	2,01
3	Bomba Recirculación #1	1	1,10
4	Bomba Recirculación #2	1	0,750

Tabla 8. Demanda eléctrica área cocina.  
Fuente: Elaboración propia.

Número de Equipo	Equipo	Cantidad	Demanda (kW)
1	Máquina de Hielo	1	2,5
2	Cámara Vertical Congelados Cocina	1	0,4255
3	Cámara Vertical Helados	1	0,506
4	Cámara Vertical Cervezas	1	0,506
5	Cámara Vertical Vegetales	1	0,4255
6	Cámara Vertical Vegetales	1	0,4255
7	Mesa fría Postres #1	1	0,804
8	Mesa fría Postres #2	1	0,804
9	Cámara horizontal bar	1	0,2415
10	Mini Refrigerador Bar	1	0,23
11	Dispensadora de cerveza draft	1	0,161
12	Horno Tostador	1	2,7
13	Mueble congelado #1	1	0,368
14	Mueble frío #1	1	0,368
15	Mueble frío #1	1	0,368
16	Baño María	1	1,5
17	Máquina de Hielo	1	0,56

Tabla 9. Demanda eléctrica áreas comunes.  
Fuente: Elaboración propia.

Número de Equipo	Equipo	Cantidad	Demanda (kW)
1	Luces Pasillo Primer Piso y Baños	52	0,012
2	Luces Lobby, Pasillo TAPEZCO y Gimnasio	52	0,012
3	Luces Bar / Restaurante	48	0,012
4	Luces Pasillo Segundo Piso	82	0,012
5	Luces Pasillo Tercer Piso	82	0,012
6	Luces Pasillo Cuarto Piso	82	0,012
7	Aire Acondicionado Ingeniería	1	1,2
8	Aire Acondicionado Finanzas	1	2,19
9	Aire Acondicionado TI	1	2,20
10	Aire Acondicionado Comedor	1	2,06
12	Aire Acondicionado Caja General	1	0,913
13	Aire Acondicionado Gerencia General	1	0,1

Tabla 10. Demanda eléctrica área de lavandería.  
Fuente: Elaboración propia.

Número de Equipo	Equipo	Cantidad	Demanda (kW)
1	Lavadora #1	1	3,808
2	Lavadora #2	1	3,808
3	Secadora #1	1	3,73
4	Secadora #2	1	3,73

Tabla 11. Demanda eléctrica área de lavandería.  
Fuente: Elaboración propia.

Número de Equipo	Equipo	Cantidad	Demanda (kW)
1	Extractor CSP-226	23	0,022
2	Extractor CSP-9	4	0,019
3	Extractor TD-500	4	0,054
4	Extractor TD-500	1	1,12
5	Secadora #2	2	2,2

## Energías Críticas

### Auditoría Energética

Para la comparación del consumo eléctrico y de gas GLP se utilizan los datos de facturación de los últimos dos años (2023 y 2024), provistos por la organización. De igual manera, para su comparación se utiliza como unidad en común kWh, el consumo eléctrico mensual ya está dado en esta unidad por parte del proveedor. Al contrario, para el consumo de gas licuado petróleo se necesita realizar la conversión a la unidad en común, ya que el proveedor factura el consumo total en litros (L), como indica L. Jayamaha (2016) 1 L de gas es equivalente a 7,25 kWh.

Los resultados obtenidos muestran que el consumo eléctrico es el más significativo energéticamente y que este ha sido mayor durante los últimos dos años en comparación con el consumo de gas GLP, siendo un 61% y un 39% respectivamente. Este comportamiento se puede observar claramente en las Figuras 3 y 4.

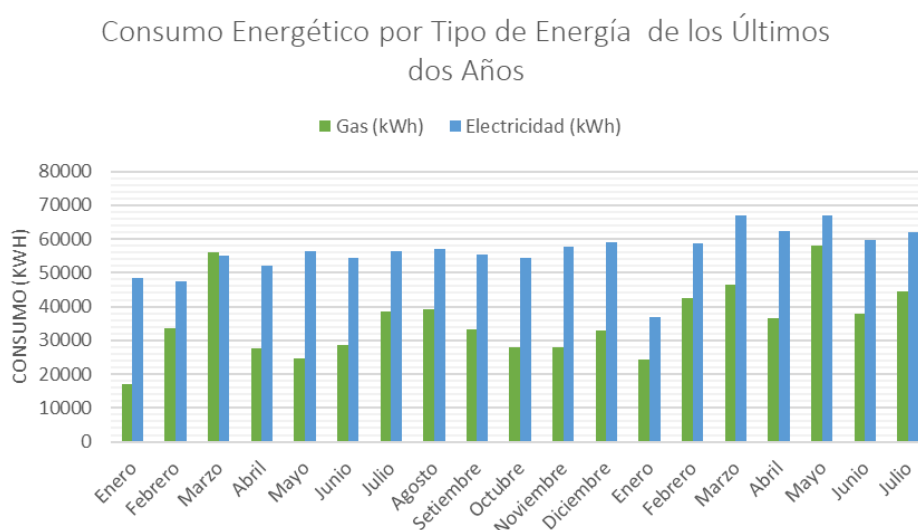


Figura 3. Gráfico de barras auditoría energética año 2024.

Fuente: Elaboración propia.

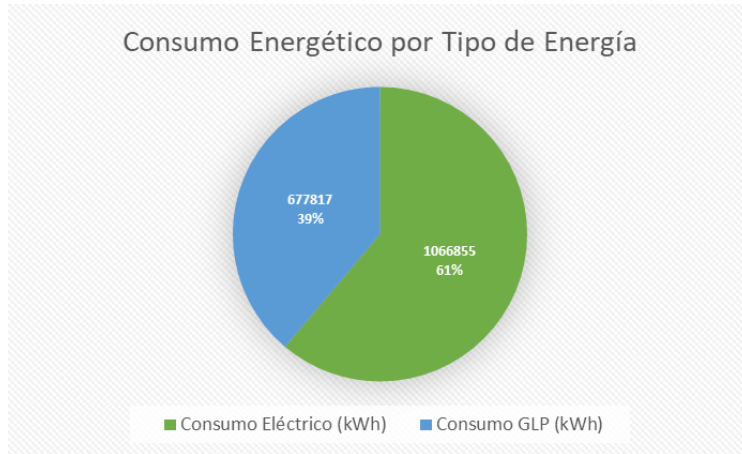


Figura 4. Gráfico tipo pastel auditoría energética año 2024.

Fuente: Elaboración propia.

### Auditoría Financiera

De manera similar a la auditoría energética, el estudio financiero de los últimos dos años muestra un comportamiento parecido con respecto a la facturación. El consumo de energía más crítica económicamente corresponde al consumo eléctrico, este implicó un gasto del 83% mientras que el consumo de gas GLP en los últimos dos años solamente un 17%, esto sugiere la eliminación del gas GLP de los análisis posteriores y de las oportunidades de mejora, ya que no representa un impacto económico significativo. Los resultados del análisis económico se pueden observar en las figuras 5 y 6.

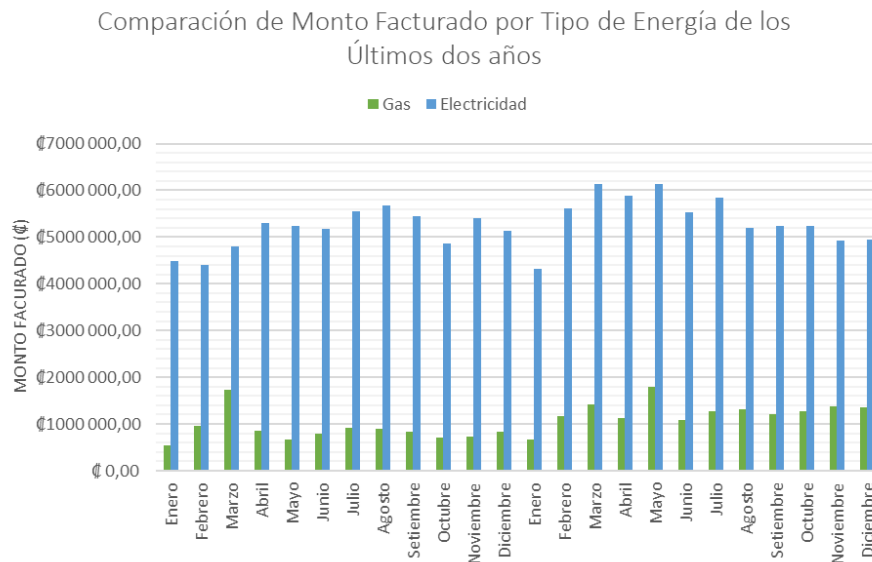


Figura 5. Gráfico de barras auditoría financiera año 2024.

Fuente: Elaboración propia.

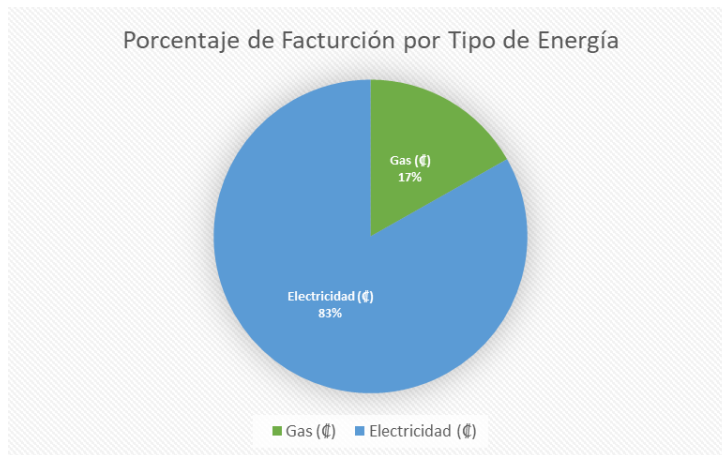


Figura 6. Gráfico tipo pastel auditoría financiera año 2024.

Fuente: Elaboración propia.

## Consumo Total

Una vez que se obtuvo que la energía con mayor criticidad en términos financieros y de necesidad del proceso es la electricidad, se realiza un balance energético de la misma. Cabe resaltar que se excluye cualquier otro tipo de energía que no sea la electricidad.

Como se mencionó anteriormente, los datos de consumo de las áreas con mayor demanda instalada (lavandería, cocina y habitaciones) se corroboran mediante mediciones directas en los tableros Cocina, Lavandería, Tablero 21 y Tablero 22, estos tableros se pueden identificar en las imágenes del diagrama unifilar del Apéndice A. Las mismas se realizan con un medidor de calidad de la energía AMPROBE DM-III MultiTest, el equipo entrega el valor de consumo total de las cargas durante el periodo de estudio al igual que el comportamiento de la demanda durante el periodo de estudio como se muestra en el Apéndice A.

La instalación eléctrica es alimentada por medio de un transformador principal de tipo pedestal de 750 KVA para pasar de 34,5 kV en el primario a 480V en el secundario y cuatro transformadores secundarios de tipo seco de 300 KVA, 112,5 KVA, 112,5 KVA y 150 KVA respectivamente ubicados en cada uno de los pisos del hotel para alimentar las cargas conectadas a 208V / 120V aguas abajo. El detalle de la instalación eléctrica de la organización se muestra en el diagrama unifilar del Apéndice A.

El detalle del balance energético se observa a continuación en la Tabla X y la Figura X.

Tabla 12. Balance Energético por Zonas Hotel Courtyard Marriott  
Fuente: Elaboración propia.

Zona	Demanda Instalada (kW)	Consumo Mensual (kW-hr/mes)	Porcentaje
Extractores/Inyectores	6,318	4 548,96	8,49%
Áreas Comunes	14,50	5 397,49	10,0%
Iluminación Fachada	2,566	215,544	0,40%
Lavandería	15,076	1 745,58	3,19%
Calentadores	3,434	1 712,16	3,26%
Bombeo Constante	2,01	1 447,20	2,70%
Cocina	16,18855556	7 657,68	14,3%
Habitaciones	94,095	30 876,00	57,6%
Total	154,1847956	53 600,62	100%
Consumo Promedio Facturado Durante Periodo de Estudio		57 153,07	
Porcentaje de Error %		6,2%	

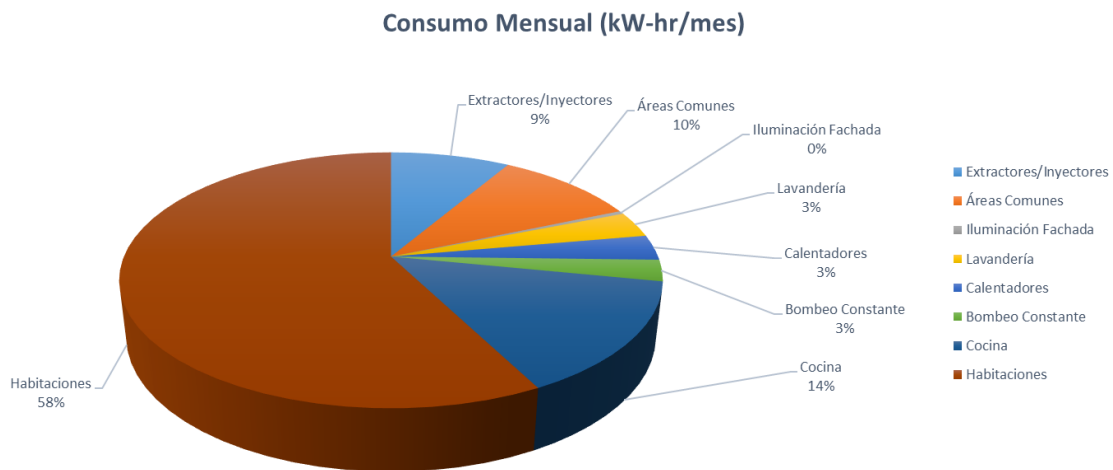


Figura 7. Consumo mensual energético por tipo de energía.  
Fuente: Elaboración propia.

### Identificación de Sumideros Críticos

Se aplica el principio de Pareto tanto para la demanda como para el consumo. Esto con el fin de identificar los sumideros críticos y áreas que impactan significativamente el consumo o demanda para el establecimiento de indicadores.

Como se observa en la figura 7, aplicando el principio de Pareto para la demanda se observa que el área de las habitaciones posee el 61% de la carga instalada seguido de la cocina y lavandería con un 10 % cada una. En total, sumando un 81% entre las 3 áreas, un valor bastante elevado el cual debe tomarse en consideración.

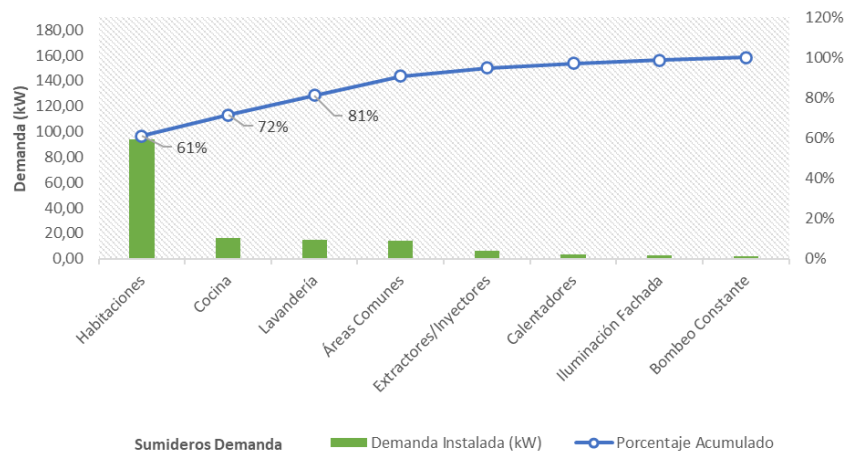


Figura 8. Análisis de Pareto para la demanda energética.

Fuente: Elaboración propia.

De manera similar en la figura 8, aplicando el principio de Pareto para el consumo energético, se observa que de igual manera el área de las habitaciones posee el mayor consumo, un total de 57,6% seguido de la cocina con un 14,2% y a diferencia de la demanda, le siguen las áreas comunes con un 10,07%. En total, sumando un 82% entre las 3 áreas, un valor bastante elevado que se concentra principalmente en 3 puntos.

Se observa un uso alto en el área de las habitaciones con respecto al resto de áreas del hotel. Esto se puede explicar desde el punto de vista de la forma de uso de los aires por parte de los usuarios y del tipo de equipos presentes. Según datos de la gerencia de ingeniería, la mayoría de los usuarios una vez se hospedan mantienen estos equipos encendidos ininterrumpidamente, a pesar de que no se encuentren en las habitaciones. De igual forma, cada habitación posee una unidad individual tipo “minisplit” en lugar de un sistema de aire que utilice otra tecnología más eficiente.

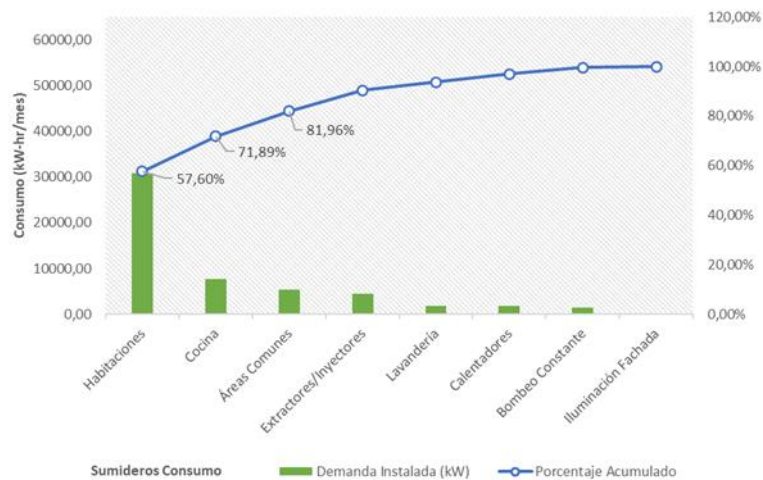


Figura 9. Análisis de Pareto para el consumo energético.

Fuente: Elaboración propia.

## Oportunidades de Conservación de la Energía

Una vez se obtuvo el consumo eléctrico por cada una de las zonas, mediante el balance energético y la revisión de la instalación y las cargas, se logra la identificación de oportunidades de mejora las mismas se enfocan principalmente en las zonas de mayor consumo, las habitaciones y áreas comunes.

### Monitoreo en Tiempo Real

Es recomendable la instalación de sistemas de monitoreo en tiempo real en los puntos de mayor consumo. Esto con el fin de obtener datos del comportamiento de las cargas en tiempo real y observar la curva de estas a lo largo del día con el fin de determinar picos o comportamientos anómalos. Se sugiere la instalación de un sistema de monitoreo de bajo costo como el que se detalla en el Capítulo 4 en tres de los puntos de mayor consumo (habitaciones del primero piso, cocina y lavandería), adicionalmente un equipo de toma de datos para cada uno de los bloques de habitaciones en cada piso, como son dos tableros serían dos por piso, seis en total. Para un total de nueve equipos de monitoreo.

El monitoreo de las cargas puede evidenciar e identificar operaciones anómalas al igual que tiempos operativos innecesarios, la administración de estos consumos resulta en eventuales ahorros (V. Wittig, 2019). Los consumos innecesarios inciden directamente en la facturación mensual de la energía. La toma de datos y administración del monitoreo de forma automatizada facilita la toma de decisiones y reducción del consumo y facturación de manera directa.

El costo de la implementación de la oportunidad de mejora se muestra en la Tabla 20.

Tabla 13. Costo de Materiales Propuesta de Conservación de la Energía.  
Fuente: Elaboración propia.

Número Equipo	Descripción	Cantidad	Costo Individual (€)
1	Sistema de Monitoreo en Tiempo Real	9	€34 909,62
Total			€314 186,58

### Instalación de Sensores de Movimiento en las Habitaciones

Con respecto a las habitaciones, la gerencia de ingeniería indicó que existe un uso ininterrumpido de los aires acondicionados por parte del usuario en la mayoría de los casos durante su ocupación. Por lo que se sugiere la instalación de sensores de movimiento junto con un temporizador en cada habitación. Esto con el fin de apagar los aires acondicionados una vez se detecte que no ha existido movimiento en la habitación durante un periodo considerable de tiempo. La implementación de esta mejora facilitaría el control del consumo del área más crítica que es la zona de habitaciones.

En su estudio (L. Jong-Won & Y. Il, 2020) obtuvo que mediante la instalación de sensores de detección de movimiento en un edificio universitario de habitaciones se logró reducir el consumo energético en los aires acondicionados en un porcentaje del 27.9%. El consumo de las habitaciones corresponde al 58% del consumo total de energía mensual como se obtuvo en el balance energético, esto equivale a €10 478 802,00 aproximadamente al año. En caso de que se dé un ahorro del 27% anualmente, se reduciría el consumo eléctrico en €2 829 276,54 cada año. Esto se puede observar en la Tabla 14.

Tabla 14. Estimación de Consumo al Instalar Sensores de Movimiento en las Habitaciones.  
Fuente: Elaboración propia.

Zona	Consumo Mensual (kWh)	Posible Ahorro Mensual (kWh)	Facturación Consumo Anual (€)	Posible Ahorro Anual (€)
Habitaciones sin sensores de movimiento	30 876,00		€10 478 802,00	
Estimación habitaciones con sensores de movimiento	22 848,24	8 027,76	€7 649 525,46	€2 829 276,54

Se propone un sensor de movimiento de tecnología dual de la marca Honeywell modelo DT8035, al igual que un temporizador de la marca INTERMATIC modelo ST01 para el análisis de la oportunidad de conservación de energía. El resumen de los costos de la implementación de la propuesta se puede observar en la tabla 14.

Tabla 15. Costo de Implementación Oportunidad de Mejora Habitaciones.  
Fuente: Elaboración propia.

Número Equipo	Descripción	Cantidad	Costo Individual (€)
1	Sensores de Movimiento (DT8035)	123	€47 606,80
2	Temporizadores (ST01)	123	€24 900,00
Total			€8 918 336,40

### Instalación de Sensores de Movimiento en Áreas Comunes

Con respecto a las áreas comunes. Estas se ubican en tercer lugar de las áreas con mayor consumo a pesar de tener una menor carga instalada en comparación con la lavandería, esto es debido a que la mayoría de las cargas corresponden a luces de áreas comunes que se encuentran encendidas durante todos los días del año, todas las horas del día. De manera similar a la oportunidad de mejora anterior se sugiere instalar sensores de movimiento en los pasillos de las habitaciones, esto con el fin de evitar un consumo durante periodos que no se requieren las luces y que el consumo sea lo mayor eficiente posible.

De igual manera (L. Jong-Won & Y. Il, 2020) obtuvieron una reducción del 32,4% del consumo energético mediante la instalación de sensores de detección de movimiento en un edificio universitario de habitaciones en las áreas comunes. Se propone la utilización del mismo sensor y temporizador que para la oportunidad de conservación anterior, el cálculo del posible ahorro utilizando un estimado del 32% se puede observar en la tabla 15.

Tabla 16. Estimación de Consumo al Instalar Sensores de Movimiento en Áreas Comunes.  
Fuente: Elaboración propia.

Zona	Consumo Mensual (kWh)	Posible Ahorro Mensual (kWh)	Facturación Consumo Anual (€)	Posible Ahorro Anual (€)
Habitaciones sin sensores de movimiento	5 397,49	1 727,20	€1 806 690,00	€578 140,80

Estimación habitaciones con sensores de movimiento	3 670,29	€1 228 549,20
---	----------	---------------

Cabe resaltar que se asume la instalación de cinco sensores por cada bloque de habitaciones de los pisos 2, 3 y 4. Para el primer piso se toman 10 sensores tomando en cuenta el área de habitaciones y las secciones de terraza y gimnasio. El resumen de los costos de la implementación de la propuesta se puede observar en la tabla 16.

Tabla 17. Costo de Implementación Oportunidad de Mejora Áreas Comunes.  
Fuente: Elaboración propia.

Número Equipo	Descripción	Cantidad	Costo Individual (€)
1	Sensores de Movimiento (DT8035)	25	€47 606,80
2	Temporizadores (ST01)	25	€24 900,00
Total			€1 812 670,00

## Capítulo III. Indicadores de Desempeño Energético

**Resumen.** En el siguiente capítulo se presentan los indicadores de desempeño energético IDE al igual que las líneas base energéticas LBE. Para ello se utilizan los datos brindados por la gerencia de ingeniería, que corresponden a los datos de facturación por tipo de energía, consumo energético y demanda, al igual que los datos de las principales variables que afectan en el desempeño energético como lo es la ocupación mensual de los últimos 12 meses.

Así mismo, es importante mencionar que los indicadores, al igual que las líneas base, se seleccionan utilizando como referencia la norma ISO 50006:2014, la cual establece los lineamientos y requerimientos mínimos para su selección y establecimiento.

Para monitorear el consumo y el uso de la energía se establecen cuatro indicadores de desempeño energéticos a nivel de sistema, en el área más crítica para el consumo, la cual corresponde a las habitaciones como se obtuvo en el Objetivo I.

### Indicadores de Desempeño Energético

#### **Consumo Mensual (kWh) / Habitaciones Ocupadas Mensualmente (habitaciones ocupadas)**

De igual manera, resulta conveniente el establecimiento de indicadores en los cuales se observe el comportamiento y la relación entre las variables principales del proceso como lo son la ocupación y el consumo energético. Se establece un indicador al nivel de sistema con el fin de tener control sobre el área más crítica y de mayor consumo la cual corresponde a las habitaciones y observar su relación con el cambio en el consumo total.

En la figura 10 se puede observar el comportamiento del indicador en los últimos doce meses, de igual forma, el indicador se calcula aplicando la fórmula 2 con los datos de la tabla 18.

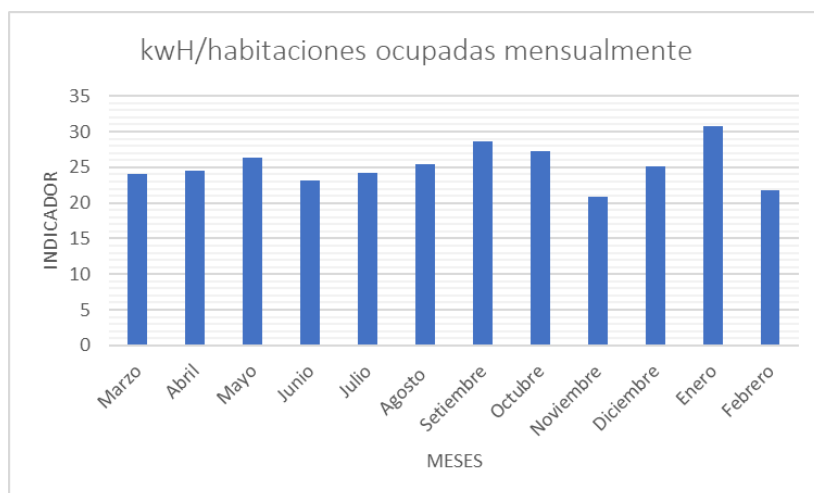


Figura 10. Indicador de desempeño energético Consumo Mensual / Habitaciones Ocupadas Mensualmente.

Fuente: Elaboración propia.

$$IDE = \frac{\text{Consumo Total (kWh)}}{\text{Habitaciones Ocupadas Mensualmente}} * 100 \quad (2)$$

Tabla 18. Indicador de Desempeño, Consumo Total por Habitaciones Ocupadas

Fuente: Elaboración propia.

Meses	Consumo Mensual (kWh)	Habitaciones Ocupadas Mensualmente	Indicador
Marzo	66 821,00	2771	24,11
Abril	62 443,00	2553	24,46
Mayo	66 814,00	2540	26,30
Junio	59 797,00	2589	23,10
Julio	61 989,00	2559	24,22
Agosto	62 598,00	2464	25,41
Setiembre	59 739,00	2085	28,66
Octubre	60 692,00	2222	27,31
Noviembre	57 585,00	2768	20,80
Diciembre	60 239,00	2401	25,09
Enero	59 590,00	1941	30,70
Febrero	58 682,00	2693	21,79

## **Demanda (kW) / Habitaciones Ocupadas Mensualmente (habitaciones ocupadas)**

Por último, la demanda eléctrica de igual forma corresponde a una variable significativa para el proceso de la organización, esto debido a que es equivalente a un aproximado del 40% del total de la factura eléctrica mientras que el consumo tan solo a un 27% del total como se observa en la figura A.. Este valor se compara con la variable del proceso que posee mayor implicación en dicho valor, la ocupación

Se establece un indicador a nivel de sistema con el fin de monitorear el valor de la demanda máxima en los tres periodos de cobro horarios (valle, punta y noche); cabe resaltar que en este capítulo solo se muestran los valores de la demanda máxima punta para no realizar cálculos redundantes. El indicador para los periodos valle y nocturno se pueden consultar en el Apéndice B.

En la figura 10 se observa el comportamiento del indicador en los últimos doce meses, de igual forma, el indicador se calcula aplicando la fórmula 3 con los datos de la tabla 19.

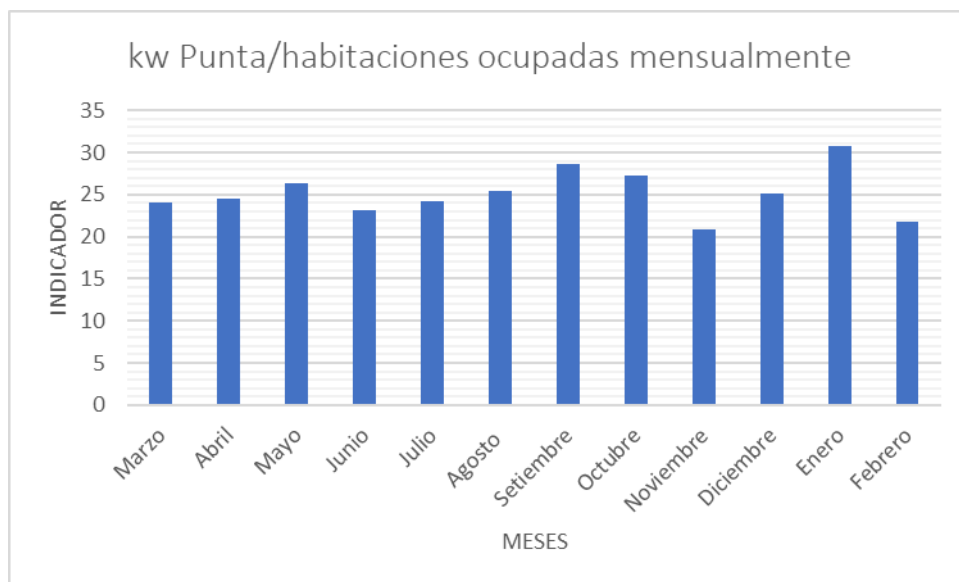


Figura 11. Indicador de desempeño energético Demanda (kW) / Habitaciones Ocupadas Mensualmente.

Fuente: Elaboración propia.

$$IDE = \frac{\text{Demanda Máxima Punta (kW)}}{\text{Habitaciones Ocupadas Mensualmente}} * 100 \quad (3)$$

Tabla 19. Indicador de Desempeño, Demanda Máxima Punta por Habitaciones Ocupadas Mensualmente  
Fuente: Elaboración propia.

Meses	Demanda Máxima Punta (kW)	Habitaciones Ocupadas Mensualmente	Indicador
Marzo	129,12	2771	4,66
Abril	130,08	2553	5,10
Mayo	133,01	2540	5,24
Junio	124,9	2589	4,82
Julio	126,72	2559	4,95
Agosto	123,31	2464	5,01
Setiembre	133,39	2085	6,40
Octubre	127,25	2222	5,73
Noviembre	122,16	2768	4,41
Diciembre	123,98	2401	5,16
Enero	119,71	1941	6,17
Febrero	133,44	2693	4,96

## Líneas Base Energéticas

Para el establecimiento de las líneas base energéticas y comparación se utiliza un modelo de regresión lineal simple del tipo  $y = mx + b$  como indica la Norma ISO 50006:2014. Como método de verificación del modelo se obtiene el valor del coeficiente de regresión lineal  $R^2$  con el fin de observar la variabilidad en las predicciones del modelo y la precisión de este.

Un valor de  $R^2$  alto cercano a 1 indica que las variables seleccionadas son significativas y existe una alta relación entre ellas. Por otra parte, un valor cercano a 0,7 indica que existe relación entre las variables, pero la misma es menos significativa y su poder predictivo más reducido. Por último, un valor cercano a 0,3 o menor indica una baja relación entre las variables y un bajo poder predictivo del modelo.

Es importante mencionar que el coeficiente de determinación lineal  $R^2$  no debe ser el único parámetro para evaluar la precisión del modelo; la norma ISO 50006:2014 indica que es más determinante la alineación de los datos con la línea base en comparación con el valor de  $R^2$ .

## Consumo Mensual (kWh) / Habitaciones Ocupadas Mensualmente

Como se observa en la figura 10 al comparar el indicador de desempeño con la variable principal del proceso, la ocupación. El modelo posee un coeficiente de determinación lineal de  $R^2 = 0,85$ . Lo que indica una relación lineal fuerte entre las variables comparadas y un buen poder predictivo por parte del modelo.

Cabe resaltar que una baja correlación entre el consumo y la ocupación del hotel puede ser indicativo de una baja administración de la carga base del hotel en periodos de baja ocupación como indica Fidel, Osvaldo, (2023).

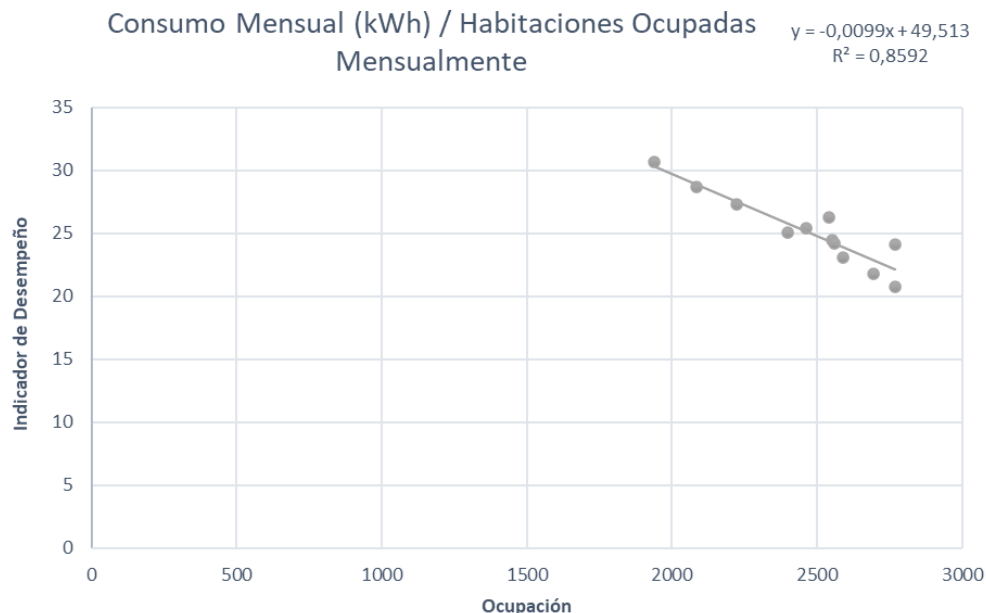


Figura 12. Línea Base Consumo Mensual por Habitaciones Ocupadas.

Fuente: Elaboración propia.

## Demanda Máxima Punta (kW) / Habitaciones Ocupadas Mensualmente

De igual manera como se observa en la figura 11 al comparar la demanda máxima y su respectivo indicador de desempeño con la variable principal del proceso, la ocupación. El modelo al igual que para el consumo posee un coeficiente de determinación lineal alto, para este caso  $R^2 = 0,89$ . Lo que es indicativo de que existe relación lineal entre las variables comparadas y el modelo posee buen poder predictivo para la futura toma de decisiones.

Es importante mencionar que solamente se presenta la línea base para el valor de demanda en horario punta. Las líneas base para la demanda valle y nocturna se pueden consultar en el Apéndice.

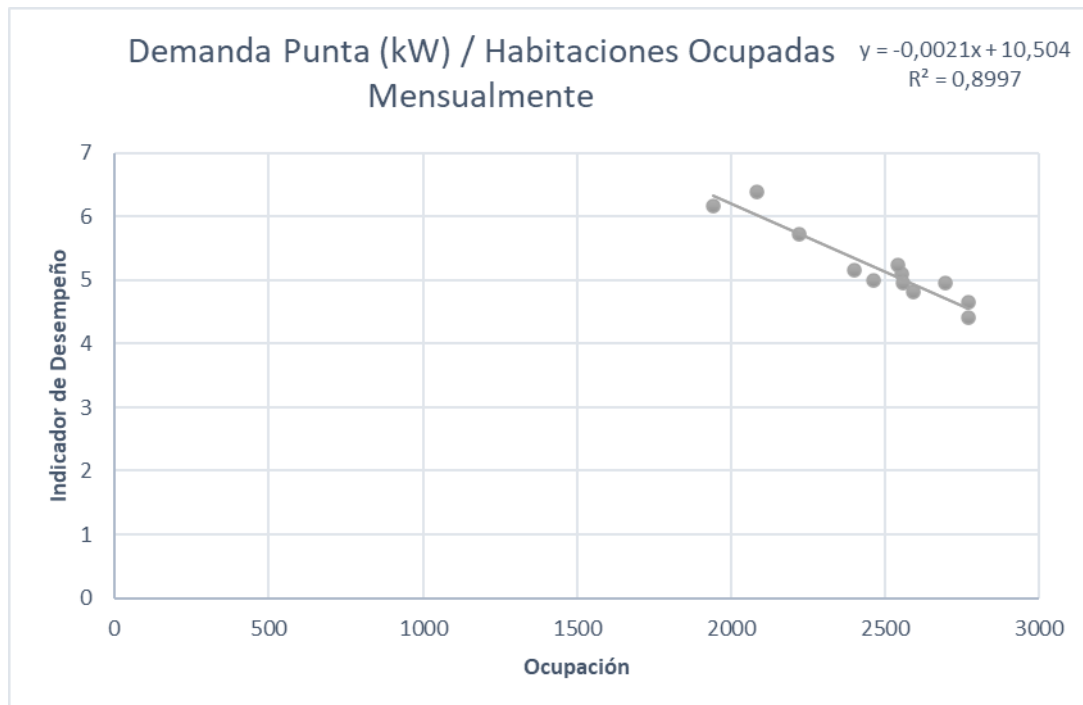


Figura 13. Línea Base Demanda Máxima Punta por Habitaciones Ocupadas.

Fuente: Elaboración propia.

## **Capítulo IV. Prototipo de Monitoreo en Tiempo Real Utilizando el IOT**

**Resumen.** En el capítulo a continuación se expone el desarrollo del sistema de monitoreo en tiempo real, incluyendo el sensor de los datos, utilizando un transformador de corriente no invasivo SCT013 100/50mA, sistema de comunicación entre el microcontrolador ESP-32 y la aplicación basada en Supabase, para la visualización de los datos.

De igual manera, se expone la comprobación de la exactitud de los datos medidos por el sistema de monitoreo. Esto se realiza comparando los datos medidos por el sistema de monitoreo respecto a un equipo profesional calibrado; para este caso se utilizó un amperímetro profesional de gancho de la marca Steren, modelo MUL-110. Las mediciones para la comprobación se realizan en la lavandería, específicamente en una de las lavadoras a un voltaje de 208V. Este punto se selecciona en base a lo obtenido en los capítulos II y III.

### **Resumen de Funcionamiento del Prototipo**

El prototipo de monitoreo en tiempo real está controlado por un microcontrolador ESP32, el cual se encarga de recibir todas las señales de entrada para realizar las rutinas y activar las salidas respectivamente.

El sistema se alimenta mediante 120V por medio un cable adaptador, el mismo en su salida entrega un voltaje DC de 7V; este voltaje luego es transformado mediante la placa adaptadora a 3.3V para alimentar el controlador y el circuito.

Una vez se alimenta el controlador, el mismo se conecta a internet sin enviar datos hasta que se active la toma de datos, por medio del botón verde como se muestra en la figura 12. Una vez se presiona el botón verde, se activa la toma de datos y cada 10 segundos se envía un promedio de todos los valores de corriente y potencia medidos durante los 10 segundos previos. Esto continúa hasta que se presione el botón rojo o se desenergice el equipo.

Estos valores son almacenados en la base de datos en el servicio de nube Supabase, para su visualización en tiempo real desde la aplicación que se encuentra conectada al servicio.

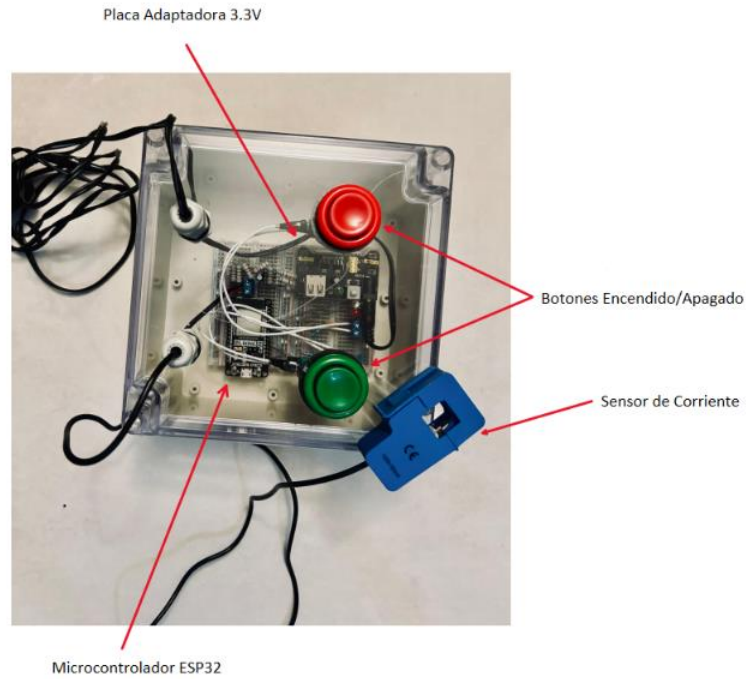


Figura 14. Sistema de Monitoreo en Tiempo Real.

Fuente: Elaboración propia.

## Desarrollo del Prototipo

### Lectura de la corriente

La medición de la corriente se realiza utilizando un sensor de corriente SCT013 de un rango máximo y relación de lectura de 100A / 50mA y la lectura de los datos utilizando un microcontrolador ESP-32 al cual se le instala micropython como lenguaje de programación.

El SCT013 corresponde a un sensor de corriente, con una configuración como la que se observa en la figura 12.

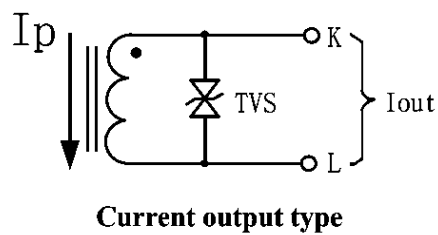


Figura 15. Configuración sensor SCT013.

Fuente: YHDC.

Sin embargo, las entradas analógicas del ESP-32 únicamente leen valores de voltaje positivos, no de corriente. Por tanto, es necesaria la instalación de una resistencia de carga como se observa en la figura 13, al igual que de un divisor de voltaje. Esto con el fin de obtener un voltaje entre una resistencia conocida y omitir la parte negativa de la onda respectivamente para cumplir los requerimientos para medir con el microcontrolador. El cálculo de la resistencia de carga se realiza de acuerdo con la corriente máxima de carga a medir.

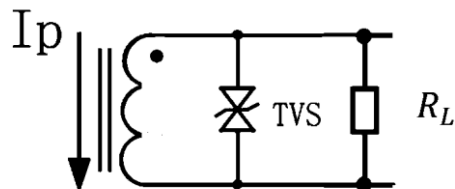


Figura 16. Configuración de sensor SCT013 con resistencia de carga.

Fuente: YHDC.

Este valor corresponde a la corriente máxima teórica del equipo de mayor consumo, en este caso las lavadoras. Las mismas poseen una demanda máxima de 3,808 kW y se conectan a 208V, por tanto, como se observa en la ecuación X la corriente máxima por medir con el sistema de monitoreo es de 18,3A.

$$\frac{3\,808\text{ W}}{208\text{ V}} = 18,3\text{ A} \quad (4)$$

Cabe resaltar que, aunque la corriente máxima por medir es 18,3 A, para el cálculo de la resistencia de carga se utiliza una corriente máxima de 50,0 A para tener un rango de mediciones más alto. Inicialmente se calcula la corriente RMS.

$$I_{RMS} = \sqrt{2} * I_{Máx} \quad (5)$$

$$\sqrt{2} * 50\text{ A} = 70,7\text{ A} \quad (6)$$

Seguidamente, se calcula la corriente máxima en el secundario del transformador, es decir la corriente que sale a través de los conductores del sensor. La misma se obtiene dividiendo la multiplicación de la corriente máxima en el primario por el número de vueltas en el secundario entre el número de vueltas en el primario. Este número de vueltas se obtiene en base a la relación del sensor 100 A / 50 mA, la cual es una relación de 2000:1.

$$\text{Corriente Máxima Secundario} = \frac{\text{Corriente Máxima Primario}}{N_o \text{Espiras Primario}} = 35,35\text{ mA} \quad (7)$$

Una vez se obtuvo la corriente máxima en el secundario, para obtener la resistencia de carga se divide la mitad del AREF que en este caso al usar un ESP-32 es 3,3V entre la corriente máxima en el secundario.

$$Resistencia\ de\ Carga = \frac{\left(\frac{AREF}{2}\right)}{Corriente\ Máx.\ Secundario} \quad (8)$$

$$Resistencia\ de\ Carga = \frac{\left(\frac{3,3V}{2}\right)}{0,03535A} = 46,67\Omega \quad (9)$$

Por último, es importante mencionar que la onda de voltaje debe ser corregida para que el microcontrolador sea capaz de medir los voltajes ya que si se conectan ambos pines del sensor con respecto al negativo del dispositivo existirá un componente negativo en la onda de voltaje medida entre los dos pines de la resistencia de carga. Este se corrige mediante un divisor de voltaje compuesto por dos resistencias de 10 kΩ, esto con el fin de que el voltaje oscile entre 1,65 V como se observa en la figura 14. De igual manera, se coloca un capacitor de 10 μF con el fin de generar un camino de baja impedancia para que la señal sea leída por el pin conectado al microcontrolador sin mayor atenuación.

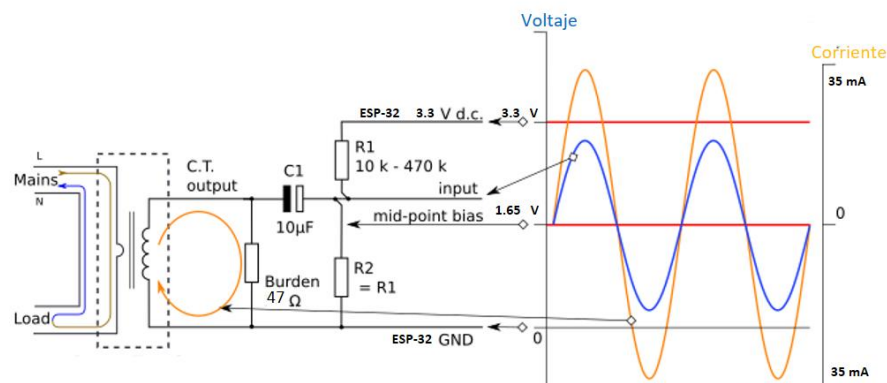


Figura 17. Conexión sensor SCT013.

Fuente: OpenEnergyMonitor.

Con respecto al código implementado para la lectura del sensor de corriente al igual que el cálculo de la potencia aparente se puede consultar en el Apéndice C.

## Conexión del Microcontrolador a Internet

Para el envío de los datos medidos por parte del sensor hacia el servicio de nube, es necesario que el Microcontrolador se encuentre conectado a internet. El ESP32, es un microcontrolador con un módulo de wifi integrado de manera predeterminada.

Para la configuración de la red, se utiliza la librería network de micropython. Se programa una función redundante, esta función intenta conectarse a la red de manera repetitiva con los parámetros de red configurados por el usuario. En caso de que la conexión sea exitosa, se imprime en la terminal (en caso de estar alimentado el dispositivo mediante computadora) un mensaje de que la conexión se realizó de manera exitosa junto con la configuración de la red, como se observa en la figura 15.

```
MPY: soft reboot
Conectando a la Red...
Conexión Establecida Correctamente
Configuración de la Red: ('172.20.10.13', '255.255.255.240')
```

Figura 18. Resultados de la función para conectar el microcontrolador a la red WiFi.

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al código implementado para la conexión del microcontrolador se puede consultar en el Apéndice C.

## Envío y Manejo de los Datos

El envío de los datos desde el microcontrolador al servidor de la nube se realiza utilizando las librerías ujson y urequests. Estas se utilizan junto con el API (Application Programming Interface) propio de Supabase. El mismo es un conjunto de diferentes reglas y protocolos que permite que diferentes dispositivos y aplicaciones se logren conectar y comunicar con la base de datos ubicada en un servicio de nube (Amazon Web Services, 2024).

Previo al envío de los datos es necesario el diseño de la base de datos, con el fin de estructurar la ubicación donde los datos van a ser enviados para su posterior visualización. Se crea una base de datos de tipo relacional y momentáneamente una tabla con el nombre de “sensor\_data” con 3 columnas de información: corriente (datos tipo float4), potencia (datos tipo float4) y fecha (datos tipo timestamp, formatios ISO 8601). La tabla se puede observar en la figura 16.

id	corriente	potencia	fecha
228	0.100472	20.8982	2025-05-04 13:04:15
229	0.0929234	19.3281	2025-05-04 13:08:34
230	0.0893028	18.575	2025-05-04 13:08:47
231	0.0868972	18.0746	2025-05-04 13:08:59
232	0.0963207	20.0347	2025-05-04 13:09:11
233	0.0988557	20.562	2025-05-04 13:09:23
234	0.102773	21.3768	2025-05-04 13:09:35
235	0.10622	22.0937	2025-05-04 14:48:14
236	0.104874	21.8138	2025-05-04 14:49:27
237	0.103023	21.4289	2025-05-04 14:50:27

Figura 19. Base de datos configurada en Supabase.

Fuente: Elaboración propia.

A nivel del microcontrolador la librería ujson se encarga de convertir a formato .json la información del valor promedio de potencia y corriente tomada previamente por el sensor SCT013. Seguidamente, utilizando la librería urequests y los valores de referencia del API de Supabase se envían los datos a la tabla especificada anteriormente. De igual manera, cabe resaltar que se crea una función que se conecta a internet, sincroniza el tiempo del microcontrolador utilizando protocolo NTP (Network Time Protocol). Esto se realiza con el fin de sincronizar el reloj del controlador para tener precisión de cuando se envió cada una de las mediciones, para la correcta visualización de los datos como se observa más adelante. Esto es fundamental para calibrar el reloj interno del controlador cuando el dispositivo no se encuentra alimentado por computadora.

El proceso de manejo, lectura y comunicación de los datos de manera resumida se puede observar en la figura 18.

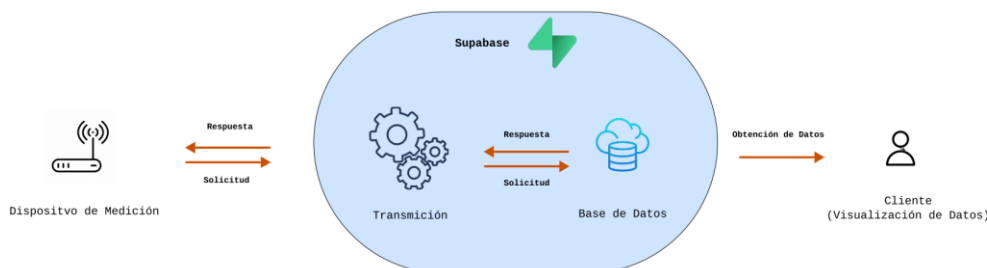


Figura 20. Diagrama de comunicación entre el dispositivo, cliente y servidor.

Fuente: Elaboración propia.

El código implementado para enviar los datos del microcontrolador a la base de datos se puede verificar en el Apéndice X.

### **Control General del Sistema**

Para el control del sistema con las botoneras se programa un “Flip Flop SR” al igual que un “Clock”. Las botoneras se encargan de activar la toma de datos mientras que el “Clock” controla el cambio de estado del “Flip Flop SR”. Ambas funciones se programan y son controladas por el microcontrolador con sus entradas digitales.

En el caso de que se presione la entrada de “Set”, es decir el botón verde. El código llama las funciones anteriormente explicadas para leer los datos del sensor y enviar datos a la base de datos. De igual forma se enciende una luz de color azul.

Caso contrario, si se presiona la entrada digital “Reset”, es decir el botón rojo. El código interrumpe la toma y envío de datos por parte del equipo y solamente lo mantiene conectado a internet y energizado.

El código implementado para enviar activar el cambio de estado se puede consultar en el Apéndice X.

### **Aplicación para Visualizar Datos**

Con el fin de visualizar los datos obtenidos en tiempo real, se diseña una aplicación. La misma se programa utilizando Next.js para la estructuración de la página y realizar tareas como renderizado y comunicación con el servidor. Por otra parte, el diseño visual y estilizado se realiza utilizando TailwindCSS.

La aplicación consiste en 3 pantallas principales, las cuales son la pantalla de inicio, pantalla de autenticación y la pantalla de visualización de datos. Es importante mencionar que la aplicación se encuentra conectada a la base de datos de Supabase, esto con el fin de realizar la autenticación al igual que para la visualización de datos. La pantalla acomoda los datos por fecha y hora y muestra el último dato tomado filtrado por fecha y hora, de ahí la función para obtener la fecha sincronizada y tomarla como una columna de la base de datos.

Las pantallas de la aplicación se muestran a continuación en las figuras 19, 20 y 21.

# Aplicación de Monitoreo Marriott Court Yard Escazú

Aplicación Creada con el fin de Monitorear el Consumo  
de Energía

Log in

Figura 21. Pantalla de inicio aplicación Marriott CourtYard.

Fuente: Elaboración Propia.

## Log In

E-mail

Password

Log in

Sign up

Figura 22. Pantalla de autenticación aplicación Marriott CourtYard.

Fuente: Elaboración Propia.

## Dashboard

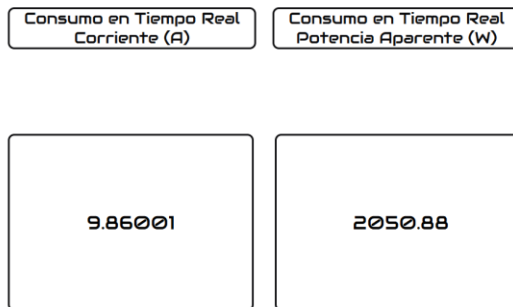


Figura 23. Pantalla de visualización aplicación Marriott CourtYard.

Fuente: Elaboración Propia.

Por último, es importante mencionar que de igual forma se programan dos mensajes de error, uno en el caso de que exista error de autenticación y otro error en caso de que exista error a la hora de cargar los datos. Los mismo se pueden observar en las figuras 22 y 23 respectivamente.

Sorry, something went wrong

Figura 24. Mensaje de error al obtener un error de autenticación.

Fuente: Elaboración Propia.

## Dashboard

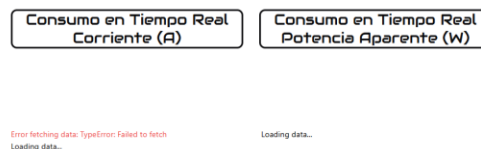


Figura 25. Mensaje de error al cargar datos.

Fuente: Elaboración propia.

El código implementado para la aplicación se puede consultar completo en el Apéndice C.

## Construcción Dispositivo Físico

Una vez diseñadas las interfaces de visualización, realizados los cálculos teóricos de resistencia de cargas y las funcionalidades probadas de forma independiente por ejemplo enviar datos y conectarse a internet se procede con la construcción física del circuito.

En el circuito que se utiliza para el prototipo mostrado en la figura 24, cabe resaltar que J5, J6, J7 y J8 corresponden a los pines de salida de la placa adaptadora de 3.3V, las terminales J1, J2 y J3 son las terminales pensadas para los botones y el sensor de corriente respectivamente. Y se utilizan 6 resistencias en paralelo para aproximar este valor de resistencia lo más cercano posible al calculado teóricamente.

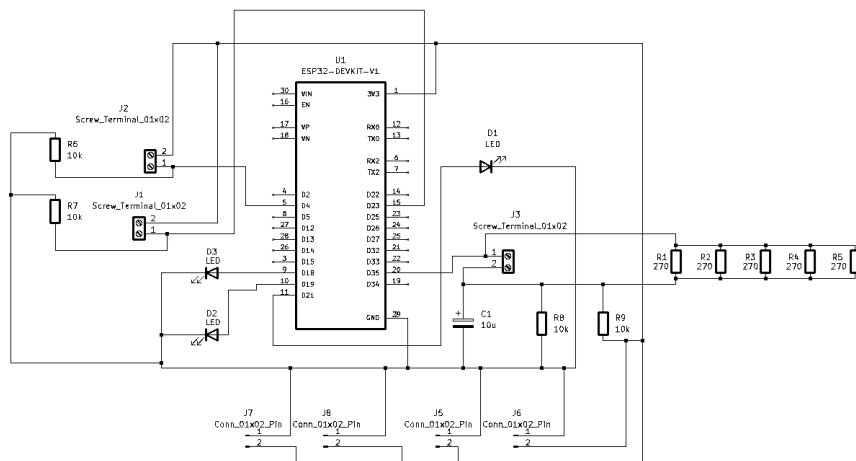


Figura 26. Circuito implementado para el dispositivo físico.

Fuente: Elaboración propia mediante KiCad.

Una vez diseñado el circuito, el mismo se implementa de manera preliminar para verificar la precisión y la funcionalidad de este, previo al acabado final como se observa en la figura 25.

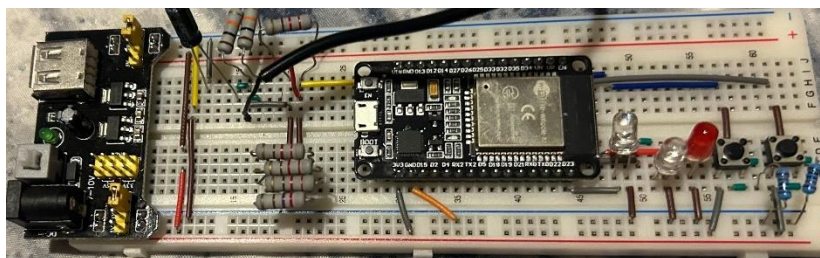


Figura 27. Circuito físico implementado preliminarmente.

Fuente: Elaboración propia.

Por último, una vez se comprobó la funcionalidad del circuito se procede a instalar los equipos en una caja protectora junto con dos botoneras más grandes con su respectivo código de colores. De igual manera, el cable de alimentación y el del sensor se les hace una salida ajustable en la tapa de la caja. Esto se puede observar en la figura 26 y el acabado final en la figura 12.

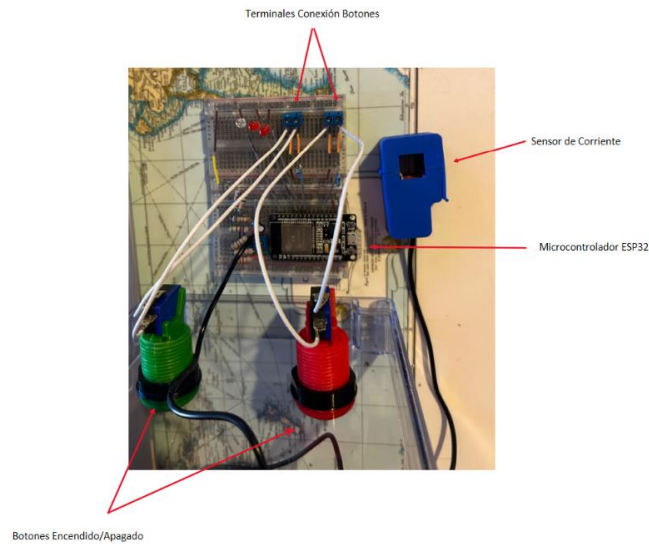


Figura 28. Implementación física circuito.

Fuente: Elaboración propia.

### **Costo Total Construcción Prototipo**

Por último, con respecto a la construcción del dispositivo, se realiza un análisis de los costos de construcción e implementación del dispositivo. Todos los componentes necesarios para la implementación de este se obtuvieron con un mismo distribuidor, CR Cibernética.

El resumen de los costos de implementación se detalla en la tabla XX

Tabla 20. Costo de Materiales Prototipo.  
Fuente: Elaboración propia.

Número Equipo	Descripción	Cantidad	Costo Total (€)
1	ESP 32 Microcontrolador	1	7 580,43
2	Breadboard (8,3 x 5,5 cm)	2	3 016,96
3	Placa Adaptadora 3.3V	1	3 016,96
4	Sensor de Corriente SCT013	1	7 580,43
5	Botón Tipo Arcade Rojo	1	1 064,81
6	Botón Tipo Arcade Verde	1	1 064,81
7	Terminales con Tornillo	3	481,70
8	Conectores	10	4 031,07
9	Caja Protectora	1	7 073.38
Total			€34 909,62

### Comprobación de la Precisión del Prototipo

Con el fin de comprobar la precisión del prototipo al igual que su funcionalidad en operación continua, es necesaria la validación mediante mediciones de campo. Para el alcance del proyecto, se procede con la validación y la toma de datos en la lavandería, específicamente en las lavadoras como se observa en las figuras 26 y 27. Las lavadoras como se obtuvo en el capítulo X corresponden al equipo con la mayor demanda individual de todo el hotel y el área de lavandería a la tercera zona con mayor consumo del hotel.



Figura 29. Instalación del prototipo de monitoreo y amperímetro de gancho.  
Fuente: Elaboración propia.



Figura 30. Comprobación funcionamiento del prototipo de monitoreo y aplicación de visualización.  
Fuente: Elaboración propia.

Los datos obtenidos por medio del prototipo se comparan contra un equipo calibrado, en este caso se utiliza un amperímetro de gancho profesional Steren, modelo MUL-110 como se observa en la figura 28. El prototipo se pone en operación durante un periodo de 30 minutos, el mismo envía datos a la base de datos cada 10 segundos, es decir durante el período se envían un total de 180 mediciones. Durante los primeros 10 minutos, se registra el valor medido por el amperímetro de gancho para obtener la precisión y exactitud del equipo.



Figura 31. Equipo calibrado utilizado para validar el prototipo.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de las mediciones realizadas se pueden observar en la figura 29. Como se observa existe bastante precisión en el prototipo de medición en comparación con el equipo calibrado.

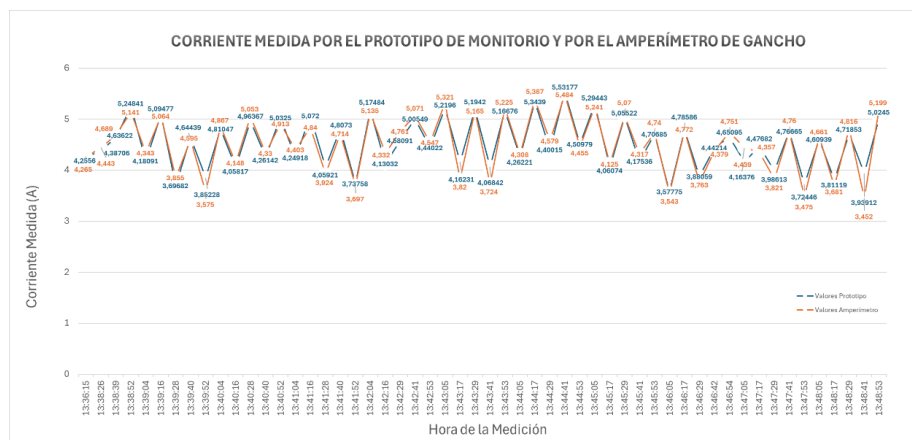


Figura 32. Comparación de los datos entre el prototipo y el equipo calibrado.

Fuente: Elaboración propia.

El error promedio de las mediciones es 2,74%. Este se calcula descargando los datos de las horas en las que se realizó las mediciones desde Supabase para los datos del prototipo y mediciones directas obtenidas desde el amperímetro. La tabla de resumen que incluye estos valores se puede consultar en el Apéndice C.

## **Oportunidades de Mejora del Sistema de Monitoreo**

### **Instalación de una pantalla de tipo LCD**

Actualmente el dispositivo carece de una pantalla para que el usuario observe los datos medidos y la potencia calculada. En el caso de que el usuario del sistema de monitoreo desee visualizar los datos, el mismo debe conectarse a internet e iniciar sesión en la aplicación. Lo mismo es útil en casos donde se desee tener control del dispositivo y no necesariamente se puede estar cerca de la carga o cuando la misma es de difícil acceso, sin embargo, es negativo en casos donde se desee realizar una medición puntual sin acceder a la aplicación.

Como oportunidad de mejora se propone la instalación de una pantalla de tipo LCD con el fin de visualizar los datos medidos sin la necesidad de iniciar sesión en la aplicación. La misma se conectaría y sería controlada por el microcontrolador ESP32.

### **Desbalance de fases**

El sensor que se utiliza es de tipo monofásico y se asume que las 3 fases del equipo se encuentran balanceadas. Esto se asume debido al tipo de carga que se mide, sin embargo, la realidad es que pueden existir cargas con las fases desbalanceadas y, por tanto, consumos desbalanceados y diferentes.

Como oportunidad de mejora se propone la instalación de 2 sensores de corriente adicionales para tener datos de las 3 fases. De igual manera, el cálculo de la potencia con datos medidos en las 3 fases permitiría un cálculo más preciso.

### **Cálculo de la potencia**

Con respecto al cálculo de la potencia, esta se estima en base a la corriente monofásica medida y asumiendo un valor de voltaje constante ajustado por el usuario. La realidad es que el voltaje varía constantemente.

En caso de que se desee obtener una medida de la potencia más precisa, es recomendable adicionar un sensor de voltaje con el fin de medir el voltaje al que se alimenta la carga y cálculos más precisos.

## Circuito Impreso

El circuito físico actualmente se encuentra montado sobre una protoboard. Conectar los componentes mediante una protoboard en operaciones continuas puede generar falsos contactos o desconectar algún componente en cuando se hale el cable alimentador o el cable del sensor de corriente.

Se propone la impresión del circuito en una placa PCB. Esto con el fin de evitar falsos contactos y conectar de manera precisa cada uno de los componentes del circuito. Se realiza un diseño de la placa preliminarmente, utilizando el programa KiCad y los datos de placa de los componentes físicos, como se muestra en las figuras 30 y 31.

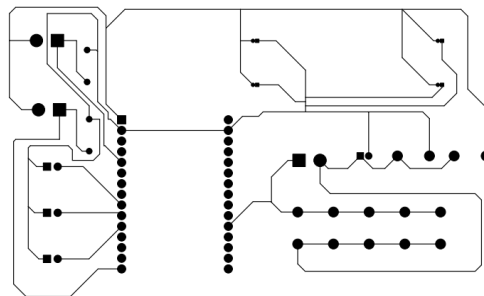


Figura 33. Placa circuito impreso.

Fuente: Elaboración propia mediante KiCad.

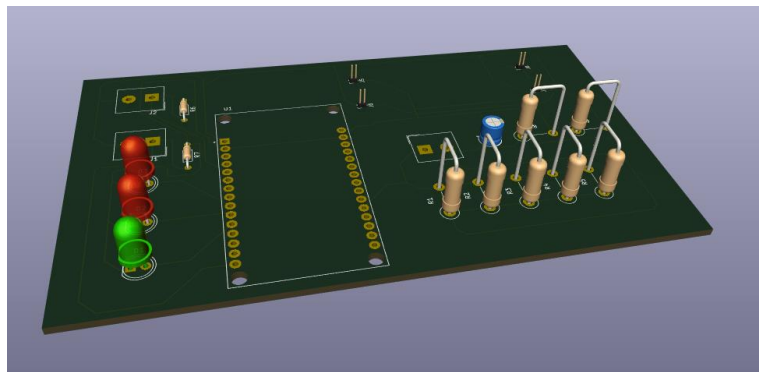


Figura 34. Placa circuito impreso visión 3D.

Fuente: Elaboración propia mediante KiCad.

## **Capítulo V. Análisis Financiero de la Implementación del Sistema de Gestión de la Energía.**

**Resumen.** En el presente capítulo se muestra el análisis financiero de la implementación del sistema de gestión de la energía. Esto con el fin de justificar el proyecto económicamente ante la organización y determinar si el proyecto es rentable o no para la empresa en un periodo de inversión de cinco años.

Para analizar la viabilidad del proyecto se utilizan los datos obtenidos en la sección de las oportunidades de conservación de la energía para los ingresos y el costo de inversión inicial. Ello con el fin de aplicar indicadores financieros como el VAN o la TIR y determinar la factibilidad de la implementación del proyecto desde un punto de vista financiero.

### **Inversión Inicial**

El valor de la inversión inicial se calcula en base a los costos obtenidos de la sección de las oportunidades de conservación de la energía. Para la implementación de los equipos de monitoreo, se calcula la instalación de nueve en total; el costo total componente por componente para un equipo de monitoreo se puede observar en la tabla 20. De igual manera, el costo total de los sensores para las oportunidades de conservación restantes se puede verificar en las tablas 14 y 16.

### **Consideraciones**

#### **Inflación**

Al realizar el análisis financiero es de suma importancia considerar el porcentaje de inflación presente en el país durante los últimos años y el valor actual a la fecha de realizar el proyecto. Esto debido a que este porcentaje puede afectar los costos de material y servicios a lo largo del tiempo, generando un coste mayor total por la implementación del proyecto.

Como menciona (Santander, 2020), la inflación corresponde al aumento generalizado de los precios de los productos y materia prima al igual que de los bienes y servicios. Este es un fenómeno constante que tiende a disminuir el poder adquisitivo de individuos y negocios. En el contexto del proyecto es necesaria su consideración debido a que el valor de los ingresos es un monto fijo obtenido del ahorro de cada OCE; este ingreso debido a la inflación tiende a disminuir a lo largo del tiempo.

Para el alcance del proyecto, se toma como porcentaje de inflación el valor meta indicado por el Banco Central de Costa Rica para el año presente 2025. Este porcentaje es equivalente a un porcentaje de 3%.

### **Tasa de Descuento**

La tasa de descuento corresponde al porcentaje de interés que los bancos centrales o reservas estatales utilizan en préstamos de corto y mediano plazo. En el contexto de análisis de inversiones mediante el flujo de caja, este porcentaje se utiliza con el objetivo de calcular a valor presente el valor de futuros ingresos.

Para el alcance del proyecto, se utiliza este valor para cuantificar los ingresos futuros a valor presente, los cuales corresponden a una cantidad fija que disminuye su valor a lo largo del tiempo. Respecto a la tasa de descuento, se puede asumir que el proyecto es viable si el mismo posee un valor presente positivo.

Según datos de X (DatosMacro, 2025) para el año 2025 la tasa de descuento del Banco Central de Costa Rica es de aproximadamente el 4%. Este valor se toma para el alcance del proyecto y el cálculo de los indicadores.

### **Tasa de Descuento Inflacionaria**

La tasa de descuento inflacionaria, también conocida como tasa de descuento nominal o  $k$ -inflacionaria, corresponde a la tasa de interés modificada para tomar en consideración los efectos de la inflación (Newcastle University, 2020).

El resultado de la tasa de descuento inflacionaria se utiliza para el cálculo del VAN. El cálculo de este valor se detalla en la fórmula 11 utilizando los valores de inflación y tasa de descuento de 3% y 4%. Cabe resaltar que este valor se asume para todo el quinquenio.

$$K_{inf} = (1 + 3\%) * (1 + 4\%) - 1 \quad (11)$$

Se obtiene un valor de  $K_{inf} = 7,12\%$  para la tasa de descuento nominal.

## **Flujo de Efectivo**

### **Costos Variables**

Con el fin de dar mantenimiento al modelo de gestión energética y continuidad a las oportunidades de conservación, se propone la creación de una comisión para el manejo energético. La misma estaría compuesta por el gerente general, gerente de operaciones, gerente de ingeniería, la jefa

del departamento de “house keeping”, el encargado de la cocina y el encargado de los técnicos de mantenimiento.

Esta junta estaría integrada por un total de 6 integrantes, la misma toma en cuenta los encargados de las áreas donde existe mayor consumo y demanda en el hotel. Dentro del análisis financiero se toma un rubro para la capacitación de la comisión en la norma ISO 50001; se propone que cada uno de los integrantes se capacite en caso de que no posea conocimiento previo sobre la norma. Como referencia se utiliza el curso Implicaciones e interpretación - Sistemas de gestión de la energía según la norma INTE/ISO 50001:2018 de INTECO, el cual tiene un costo unitario de ¢186 000,00.

Este costo se toma como variable debido a que la capacitación depende directamente del conocimiento de los integrantes de la junta conformada sobre la norma.

### Costos Fijos

De manera similar a los costos fijos, se propone que el líder de la comisión para el manejo energético se capacite en como realizar auditorías energéticas cada dos años. Como referencia se utiliza el curso Auditor interno en sistemas de gestión de la energía según las normas INTE/ISO 50001:2018 e INTE/ISO 19011:2018 de INTECO, el cual tiene un costo unitario de ¢158 100,00.

### Análisis Financiero

El análisis financiero tomando los datos y consideraciones mencionadas se puede observar en la figura 32.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión Inicial	¢11 045 192,98					
OCE Habitaciones		¢2 829 276,54	¢2 829 276,54	¢2 829 276,54	¢2 829 276,54	¢2 829 276,54
OCE Áreas Comunes		¢578 140,80	¢578 140,80	¢578 140,80	¢578 140,80	¢578 140,80
Ingresos		¢3 407 417,34	¢3 407 417,34	¢3 407 417,34	¢3 407 417,34	¢3 407 417,34
Gastos Variables		¢1 116 000,00				
Gastos Fijos		¢158 100,00		¢158 100,00		¢158 100,00
Gastos		¢1 274 100,00	¢0,00	¢158 100,00	¢0,00	¢158 100,00
Flujo Neto Efectivo	-¢11 045 192,98	¢2 133 317,34	¢3 407 417,34	¢3 249 317,34	¢3 407 417,34	¢3 249 317,34
Valor Presente		¢2 051 266,67	¢3 150 348,87	¢2 888 631,28	¢2 912 674,62	¢2 670 702,00
Retorno Inversion Flujo Descontado		-¢8 993 926,31	-¢5 843 577,43	-¢2 954 946,15	-¢42 271,53	¢2 628 430,47

Datos Generales		
Inversión Inicial	Sistemas de Monitoreo	¢314 186,58
	OCE Habitaciones	¢8 918 336,40
	OCE Áreas Comunes	¢1 812 670,00
	Total	¢11 045 192,98
Tasa de Descuento	4%	
Tasa Nominal de Descuento	7,12%	

Flujos Descontados	¢11 116 124,31
Inversión Inicial	-¢11 045 192,98
Valor Actual Neto	¢70 931,33
Tasa Interna de Retorno	12%
Retorno de la Inversión	4 años y 2 meses

Inversión Inicial	-¢11 045 192,98
Año 1	¢2 051 266,67
Año 2	¢3 150 348,87
Año 3	¢2 888 631,28
Año 4	¢2 912 674,62
Diferencia	-¢42 271,53
Porcentual	1%
12 meses	0,174155513 2 meses

Figura 35. Análisis Financiero del Sistema de Gestión de la Energía

Fuente: Elaboración propia mediante Excel.

Como se observa en la figura 32 el valor actual neto corresponde a un valor positivo; como indica la (AFP, 2024) un valor del VAN positivo o mayor a cero indica que es esperable que el proyecto en análisis genere mayor flujo de caja positivo que negativo haciendo el proyecto financieramente favorable.

De igual manera, se observa una tasa interna de retorno del 12%. Si se compara este valor con respecto a la tasa de descuento la cual es de 4%, se observa que la tasa interna de retorno es un indicador de que el proyecto es rentable, como menciona el Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (2019).

Por último, si se analiza el periodo de recuperación de la inversión, el mismo corresponde aproximadamente a cuatro años y dos meses. Este nuevamente es un indicador positivo ya que se cumple con el tiempo deseado establecido para el retorno por parte la organización.

## **Conclusiones**

### **Objetivo I**

Se determinó que el mayor consumidor de energía en el hotel son los aires acondicionados de las habitaciones, los cuales representan el 58% del consumo total, a pesar de equivaler al 62% de la carga instalada. La auditoría energética basada en la norma ISO 50002:2014 permitió identificar estos Usos Significativos de Energía (USE), facilitando la propuesta de mejoras en áreas clave.

### **Objetivo II**

Se calcularon los indicadores de desempeño energético para 2024, confirmando que las variables independientes del proceso tienen una correlación significativa con el consumo energético, validado mediante el coeficiente de determinación dentro de los rangos aceptables.

### **Objetivo III**

Se demostró que un sistema de monitoreo de bajo costo, basado en un microcontrolador con conexión a internet, es viable para medir y controlar el consumo energético en tiempo real. Las pruebas mostraron un error promedio de solo 2%, comparable con equipos comerciales calibrados.

## **Objetivo IV**

El estudio financiero confirmó la rentabilidad del sistema de gestión energética, con un VAN positivo, una TIR del 12% (superior a la tasa de descuento) y un periodo de recuperación de 4 años y 2 meses, dentro del plazo máximo de 5 años establecido por la organización.

## **Recomendaciones**

Se recomienda la instalación de sensores de movimiento de tipo dual, al igual que un temporizador en cada habitación. Esto con el fin de reducir el consumo del área más significativa económicamente, mediante el control del encendido y apagado de las cargas más grandes.

Es recomendable la instalación de equipos de monitoreo en cada bloque de habitaciones al igual que en los tableros donde se ubican las cargas principales y las áreas donde se identificó un mayor consumo. Esto con el fin de determinar gastos anómalos y no planeados e identificar comportamientos poco comunes en las cargas previo a que se conviertan en problemas mayores.

Se recomienda el almacenamiento, análisis y gestión de los datos obtenidos mediante los sistemas de monitoreo que se planean instalar. El análisis de datos permite identificar patrones presentes, relaciones y comportamientos, con el fin generar indicadores para la toma de futuras decisiones.

Es recomendable la instalación de sensores de movimiento de tipo dual junto con temporizadores en áreas comunes. Los espacios comunes son el tercera área con mayor consumo y corresponden a una carga base que opera de manera continua durante todo el día, por lo cual resulta conveniente su manejo mediante la implementación de la propuesta para manejar los equipos cuando no son utilizados.

## Bibliografía

- [1] Jingjing, L., Aghajanzadeh, A., Sheaffer, P. (2024). Accelerating the Uptake of ISO 50001 in Commercial Buildings: Two Early Adopters Utilizing an “Enterprise-wide” Approach to Save Energy and Beyond.
- [2] Upadhyay, A., & Vadam, C. (2015). The role of energy consumption in Hotel Operations. The University of Brighton. <https://research.brighton.ac.uk/en/publications/the-role-of-energy-consumption-in-hotel-operations#:~:text=Energy%20consumption%20represents%20between%203,the%20development%20of%20electronic%20equipment>.
- [3] Khanal, A., Rahman, M. M., Khanam, R., & Velayutham, E. (2021). Are Tourism and Energy Consumption Linked? Evidence from Australia. *Sustainability (Basel)*, 13(19), 10800. <https://doi.org/10.3390/su131910800>
- [4] Estadísticos, C. (n.d.-a). Publicaciones de la CEPAL Páginas Selectas Libros de la CEPAL Manuales de la CEPAL Notas de Población. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/b48db711-ed23-4b6f-a926-7edfb32cf922/content>
- [5] MINAE. (2015). Plan Nacional de Energía. [https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2018/08/VII\\_Plan\\_Nacional\\_de\\_Energia\\_2015-2030.pdf](https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2018/08/VII_Plan_Nacional_de_Energia_2015-2030.pdf)
- [6] La concentración de gases de efecto invernadero alcanza otro récord. (2023, December 6). Noticias ONU. [https://news.un.org/es/story/2023/11/1525662#:~:text=La%20Organizaci%C3%B3n%20Meteorol%C3%B3gica%20Mundial%20\(OMM,por%20encima%20del%20nivel%20preindustrial](https://news.un.org/es/story/2023/11/1525662#:~:text=La%20Organizaci%C3%B3n%20Meteorol%C3%B3gica%20Mundial%20(OMM,por%20encima%20del%20nivel%20preindustrial).
- [7] UNFCC. (2024). ¿Qué es el acuerdo de París? Unfccc.int. <https://unfccc.int/es/most-requested/ques-el-acuerdo-de-paris#:~:text=El%20Acuerdo%20de%20Par%C3%ADs%20se>
- [8] UNFCC. (2024). Costa Rica presenta su plan de acción climática para acuerdo de París 2015. Unfccc.int. <https://unfccc.int/es/news/costa-rica-presenta-su-plan-de-accion-climatica-para-acuerdo-de-paris-2015#:~:text=Con%20la%20de%20la%20Rep%C3%ABlica>
- [9] Gobierno de Costa Rica. (2018). Plan Nacional de Descarbonización. <https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2019/11/PLAN-NACIONAL-DESCARBONIZACION.pdf>
- [10] Toscano, A. R., Eras, J. J. C., Viviente, F. G., Gutierrez, A. S., & Gomez, Y. P. (2019). Energy Planning Implementation in Hotels. Case Study in a Hotel in the City of Barranquilla-Colombia. *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 12(5), 91–97. <https://doi.org/10.25103/jestr.125.10>
- [11] MINAE. (2019). Actualización (2019-2030) VII Plan Nacional de Energía. San José Costa Rica. <https://minae.go.cr/organizacion/vicegestionestrategica/SEPLASA/Documentos/PLAN-NACIONAL-DE-ENERGIA-JUNIO-FINAL.pdf>
- [12] Lawrence Berkeley National Laboratory. (2018). LBL Publications Title ISO 50001 for US Commercial Buildings -Current Status and Opportunities Permalink: <https://escholarship.org/content/qt6485p4rx/qt6485p4rx.pdf?t=pa06kz>

- [13] Alschuler, E., & Finch, P. (2015). ENERGY EFFICIENCY & FINANCIAL PERFORMANCE: A Review of Studies in the Market. [https://betterbuildingsolutioncenter.energy.gov/sites/default/files/attachments/Energy%20Efficiency%20and%20Financial%20Performance\\_12\\_2015.pdf](https://betterbuildingsolutioncenter.energy.gov/sites/default/files/attachments/Energy%20Efficiency%20and%20Financial%20Performance_12_2015.pdf)
- [14] Clean Energy Ministerial. (2022). Global Energy Management System Implementation: Case Study Global, Hilton. <https://www.cleanenergyministerial.org/content/uploads/2022/03/cem-em-casestudy-hilton-global.pdf>
- [15] Mudaliar, Mani Dheeraj, and N. Sivakumar. "IoT Based Real Time Energy Monitoring System Using Raspberry Pi." *Internet of Things*, Sept. 2020, p. 100292, <https://doi.org/10.1016/j.iot.2020.100292>.
- [16] Chapman, S. J. (2015). *Máquinas Eléctricas* (6th ed.). McGraw-Hill Interamericana Editores.
- [17] Young, H. D., Freedman, R. A., Sears, F. W., & Zemansky, M. W. (2008). *Física universitaria. Volumen 2: Con física moderna* (12th ed.). Pearson Educación.
- [18] International Organization for Standardization. (2018). INTE/ISO 50001:2018 Sistemas de gestión de la energía - Requisitos con orientación para su uso.
- [19] Espressif. "ESP32 Overview Espressif Systems." [Www.espressif.com](http://www.espressif.com), 2023, [www.espressif.com/en/products/socs/esp32](http://www.espressif.com/en/products/socs/esp32).
- [20] Javaid, Mohd, et al. "Sensors for Daily Life: A Review." *Sensors International*, vol. 2, 2021, p. 100121, <https://doi.org/10.1016/j.sintl.2021.100121>.
- [21] T. Akhtar, A. U. Rehman, M. Jamil, and S. O. Gilani, "Impact of an energy monitoring system on the energy efficiency of an automobile factory: A case study," *Energies*, vol. 13, no. 10, pp. 1–20, 2020, doi: 10.3390/en13102577.
- [22] Python Software Foundation. "What Is Python? Executive Summary." *Python*, 2023, [www.python.org/doc/essays/blurb/](http://www.python.org/doc/essays/blurb/).
- [23] ORACLE. "¿Qué Es Internet of Things (IoT)?" *Oracle.com*, 2014, [www.oracle.com/mx/internet-of-things/what-is-iot/](http://www.oracle.com/mx/internet-of-things/what-is-iot/).
- [24] tailwindcss. "Tailwind CSS - Rapidly Build Modern Websites without Ever Leaving Your HTML." *Tailwindcss.com*, 2025, [tailwindcss.com/](http://tailwindcss.com/).
- [25] Vercel. "Next.js by Vercel - the React Framework." *Nextjs.org*, 2024, [nextjs.org/](http://nextjs.org/).
- [26] Amazon Web Services. "What Is an API? - API Beginner's Guide - AWS." *Amazon Web Services, Inc.*, 2024, [aws.amazon.com/what-is/api/](http://aws.amazon.com/what-is/api/).
- [27] JSON.org. "JSON." *Www.json.org*, 2023, [www.json.org/json-en.html](http://www.json.org/json-en.html).
- [28] IBM. "Relational Databases." *Ibm.com*, 20 Oct. 2021, [ibm.com/think/topics/relational-databases](http://ibm.com/think/topics/relational-databases). Consultado el 18 May 2025.
- [29] IBM. "IBM InfoSphere Optim Data Growth Solution." *Ibm.com*, 16 Feb. 2024, [www.ibm.com/docs/he/iodg/11.3.0?topic=reference-primary-keys](http://www.ibm.com/docs/he/iodg/11.3.0?topic=reference-primary-keys).
- [30] IBM. "Z/OS." *Ibm.com*, 12 Apr. 2021, [www.ibm.com/docs/en/zos/2.4.0?topic=definitions-cc-data-type](http://www.ibm.com/docs/en/zos/2.4.0?topic=definitions-cc-data-type). Consultado el 18 May 2025.
- [31] ISO. "ISO - ISO 8601 — Date and Time Format." *ISO*, 2017, [www.iso.org/iso-8601-date-and-time-format.html](http://www.iso.org/iso-8601-date-and-time-format.html).

- [32] Winkler, J.R. “Network Time Protocol - an Overview | ScienceDirect Topics.” Www.sciencedirect.com, 2011, www.sciencedirect.com/topics/computer-science/network-time-protocol.
- [33] TOSHIBA. “Logic Circuit: RS Flip-Flop Circuit | Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation | Asia-English.” Semicon-Storage.com, 2024, toshiba.semicon-storage.com/ap-en/semiconductor/knowledge/e-learning/micro-intro/chapter1/logic-circuit-rs-flip-flop-circuit.html.
- [34] Honeywell. “DUAL TEC Motion Sensor | Motion Detectors | Sensors | Motion Detectors | Honeywell Building Solutions.” Honeywell.com, 2025, buildings.honeywell.com/gb/en/products/by-category/sensors/motion-detectors/dual-tec-motion-sensor. Recuperado el 18 May 2025.
- [35] Cuevas, Carlos Fernando. “Medición Del Desempeño: Retorno Sobre Inversión, ROI; Ingreso Residual, IR; Valor Económico Agregado, EVA; Análisis Comparado.” 2001.
- [36] Mete, Marcos Roberto. “Valor Actual Neto Y Tasa de Retorno: Su Utilidad Como Herramientas Para El Análisis Y Evaluación de Proyectos de Inversión.” Fides et Ratio - Revista de Difusión Cultural Y Científica de La Universidad La Salle En Bolivia, vol. 7, no. 7, 2014, pp. 67–85, www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\_arttext&pid=S2071-081X2014000100006.
- [37] Santa Clara University. (2020). Costos - costos fijos, costos variables y volumen [PDF]. Recuperado de <https://www.scu.edu/media/mobi/Costos--costos-fijos-costos-variables-y-volumen.pdf>.
- [38] Fidel, Osvaldo, (2023). “Determinación Y Comportamiento de Línea Base Energética Y de Indicadores de Desempeño Energético En Hoteles de Varadero, Cuba.” Revista Universidad Y Sociedad, vol. 15, no. 5, 2023, pp. 85–92, scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202023000500085&script=sci\_abstract&tlng=en. Accessed 14 Apr. 2025.
- [39] YHDC SCT013\_Dechang Electronic Co.,Ltd. (n.d.). <http://en.yhdc.com/product/SCT013-401.html>.
- [40] OpenEnergyMonitor. “CT Sensors - Interfacing with an Arduino — OpenEnergyMonitor 0.0.1 Documentation.” Docs.openenergymonitor.org, 2023, docs.openenergymonitor.org/electricity-monitoring/ct-sensors/interface-with-arduino.html.
- [4] Amazon Web Services. “What Is an API? - API Beginner’s Guide - AWS.” Amazon Web Services, Inc., 2024, aws.amazon.com/what-is/api/.
- [42] Vianna, Vinicius Wittig, et al. “Energy Efficiency in the Context of Industry 4.0.” International Journal of Advanced Engineering Research and Science, vol. 6, no. 12, 2019, pp. 1–16, <https://doi.org/10.22161/ijaers.612.1>. Accessed 13 Jan. 2022.
- [43] Lee, Jong-Won, and Young Il Kim. “Energy Saving of a University Building Using a Motion Detection Sensor and Room Management System.” Sustainability, vol. 12, no. 22, 14 Nov. 2020, p. 9471, <https://doi.org/10.3390/su12229471>.
- [44] Santander, Banco. “Inflación.” Banco Santander, Banco Santander, 2023, www.bancosantander.es/glosario/inflacion.
- [45] DatosMacro. “Costa Rica - Tipos de Interés Banco Central.” Datosmacro.com, 2025, datosmacro.expansion.com/tipo-interes/costa-rica.

- [46] Newcastle University. "Numeracy, Maths and Statistics - Academic Skills Kit." Wwww.ncl.ac.uk, 2020, [www.ncl.ac.uk/webtemplate/ask-assets/external/maths-resources/finance/effective-and-nominal-interest-and-discount-rates.html](http://www.ncl.ac.uk/webtemplate/ask-assets/external/maths-resources/finance/effective-and-nominal-interest-and-discount-rates.html).
- [47] AFP. "Net Present Value vs. Internal Rate of Return." AFP, 19 Mar. 2024, [www.afponline.org/training-resources/resources/articles/Details/net-present-value-vs.-internal-rate-of-return](http://www.afponline.org/training-resources/resources/articles/Details/net-present-value-vs.-internal-rate-of-return).

## Apéndice A. Balance Energético

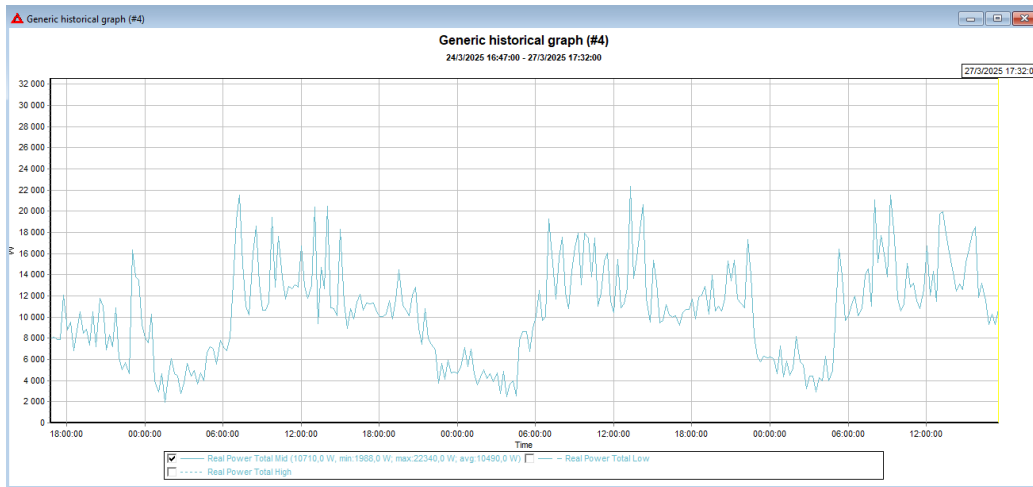


Figura A.1 Curva de carga cocina.

Fuente: Elaboración propia mediante Amprobe Software.

Parameter	Phase	Value	Time
Interval: Total measurement			
Real Energy	Total	765768.0 kWh	

Figura A.2 Consumo total cocina durante periodo de estudio.

Fuente: Elaboración propia mediante Amprobe Software.

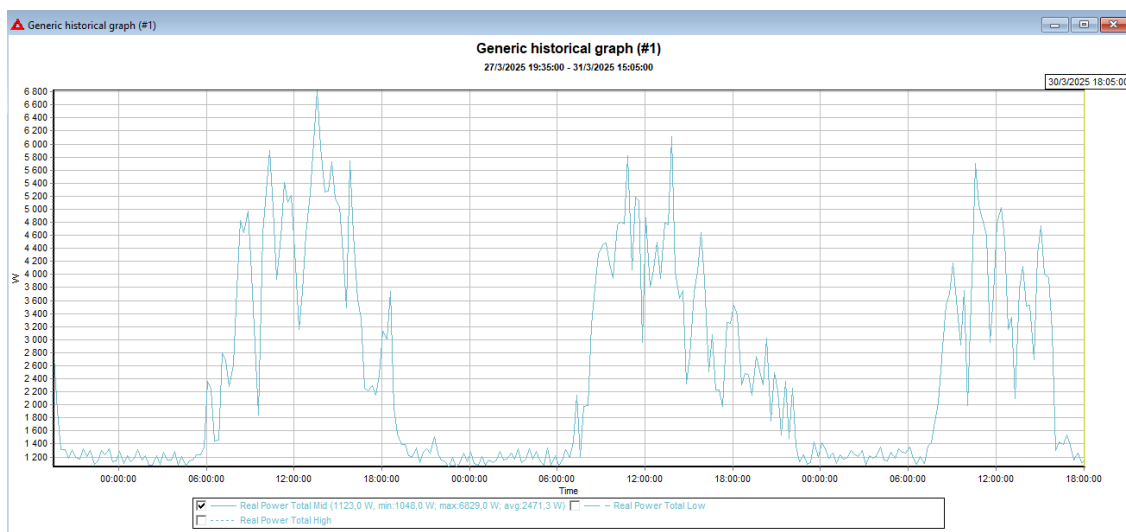


Figura A.3 Curva de carga lavandería.

Fuente: Elaboración propia mediante Amprobe Software.

Parameter	Phase	Value	Time
Interval: Total measurement			
Real Energy	Total	232744,5 w/h	

Figura A.4 Consumo total lavandería durante periodo de estudio.  
Fuente: Elaboración propia mediante Amprobe Software.

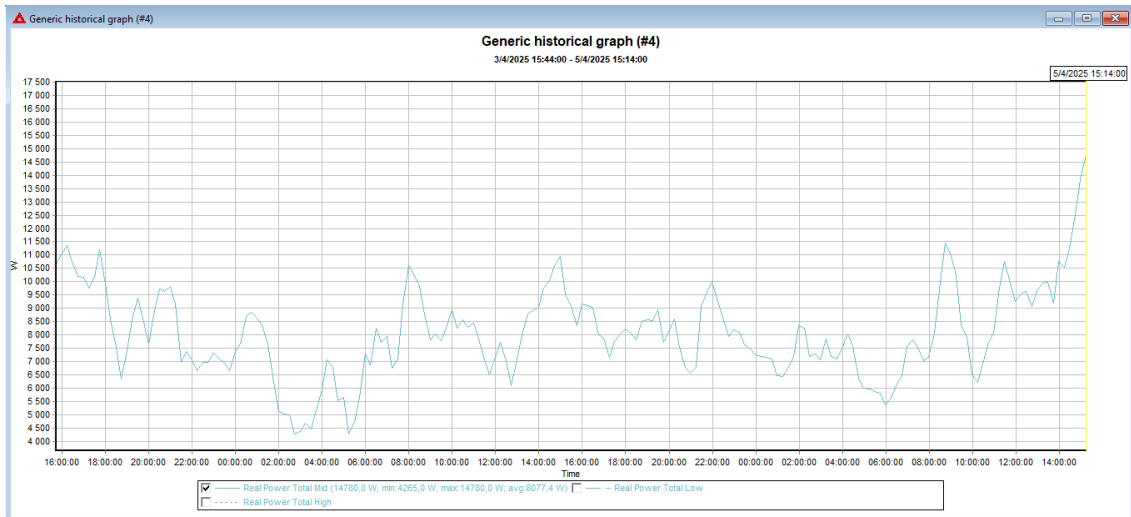


Figura A.5 Curva de carga habitaciones bloque 1.  
Fuente: Elaboración propia mediante Amprobe Software.

Parameter	Phase	Value	Time
Interval: Total measurement			
Real Energy	Total	385697,3 w/h	

Figura A.6 Consumo total habitaciones bloque 1 durante periodo de estudio.  
Fuente: Elaboración propia mediante Amprobe Software.

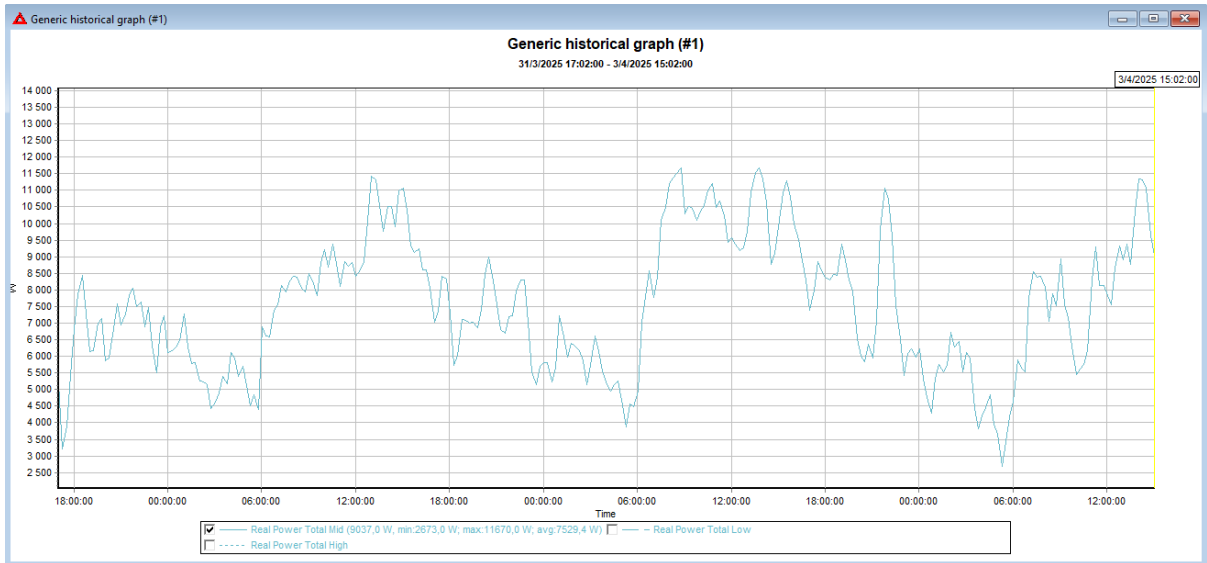


Figura A.7 Curva de carga habitaciones bloque 2.  
Fuente: Elaboración propia mediante Amprobe Software.

Parameter	Phase	Value	Time
Interval: Total measurement			
Real Energy	Total	528943.5 kWh	

Figura A.8 Consumo total habitaciones bloque 2 durante periodo de estudio.  
Fuente: Elaboración propia mediante Amprobe Software.

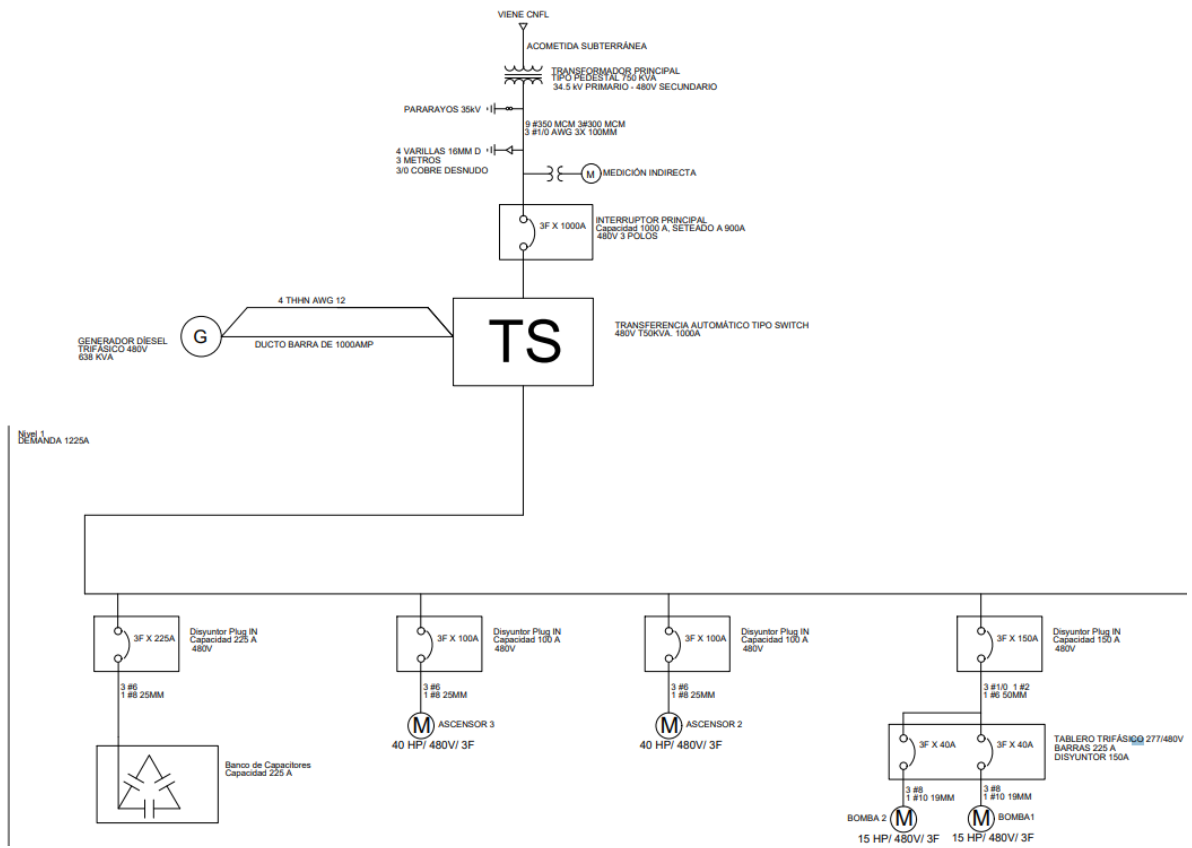


Figura A.9 Diagrama unifilar piso 1.

Fuente: Elaboración propia mediante AutoCad.

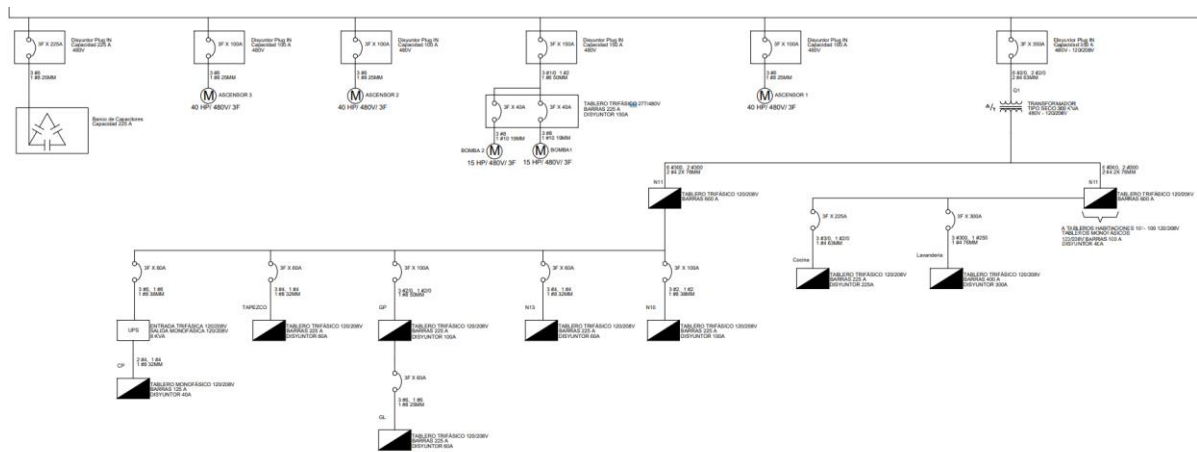


Figura A.10 Diagrama unifilar piso 1 continuado.

Fuente: Elaboración propia mediante AutoCad.

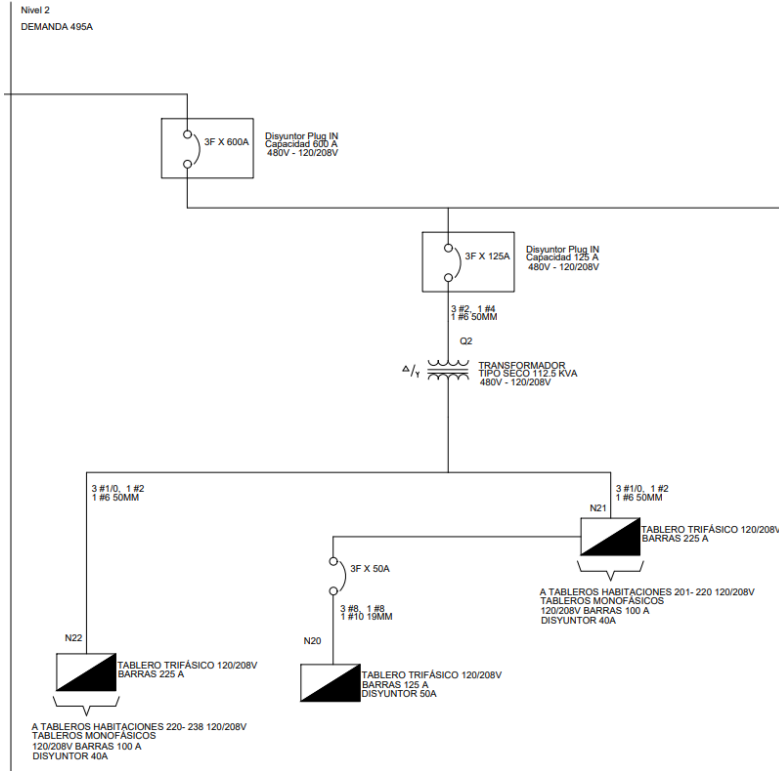


Figura A.11 Diagrama unifilar piso 2.  
Fuente: Elaboración propia mediante AutoCad.

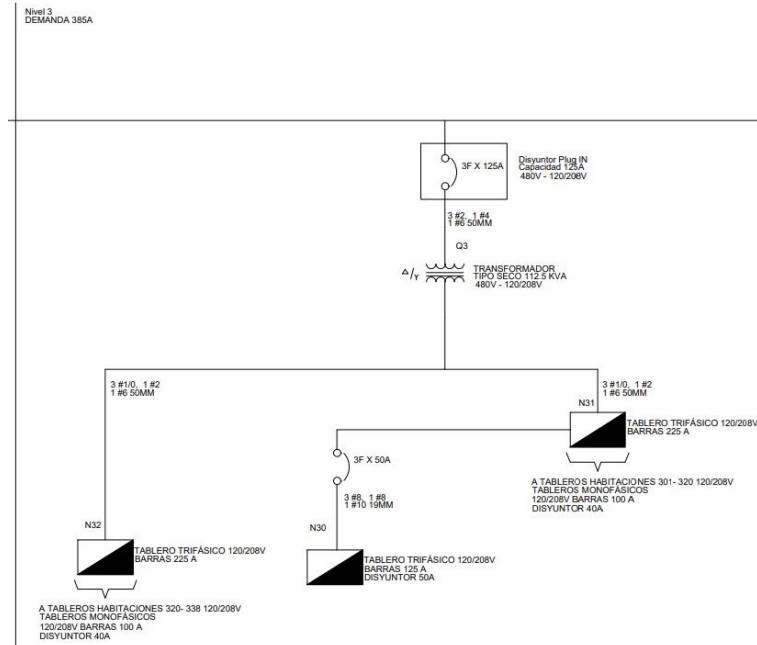


Figura A.12 Diagrama unifilar piso 3.  
Fuente: Elaboración propia mediante AutoCad.

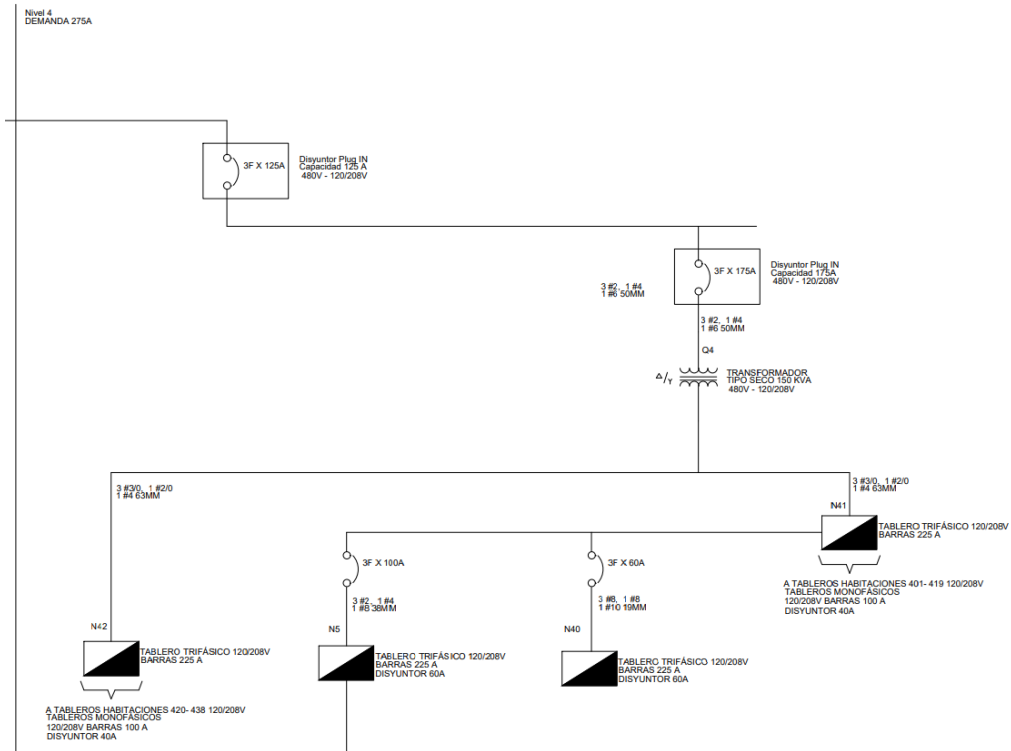


Figura A.13 Diagrama unifilar piso 4.

Fuente: Elaboración propia mediante AutoCad.

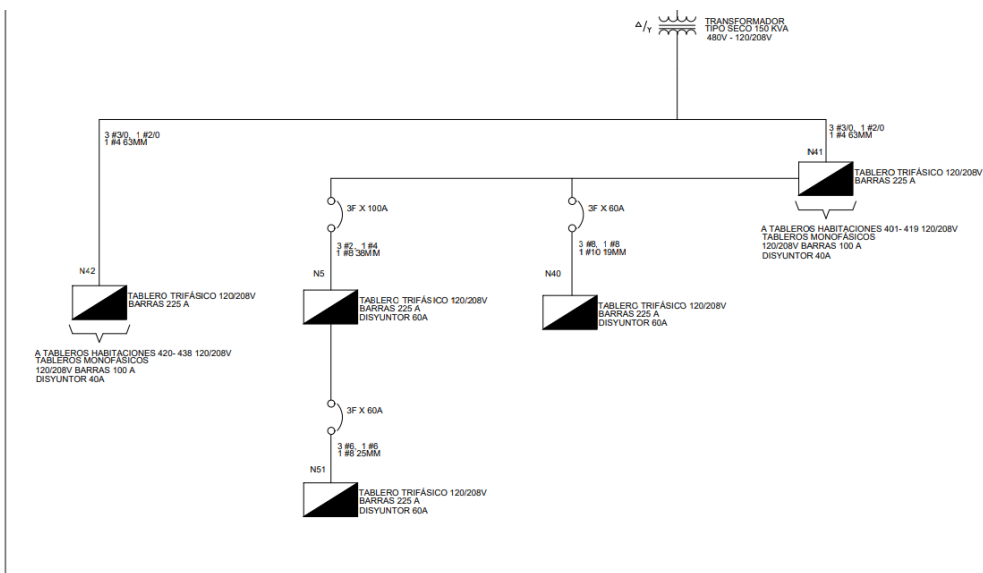


Figura A.14 Diagrama unifilar piso 4.

Fuente: Elaboración propia mediante AutoCad.

## Apéndice B. Indicadores de Desempeño Energéticos

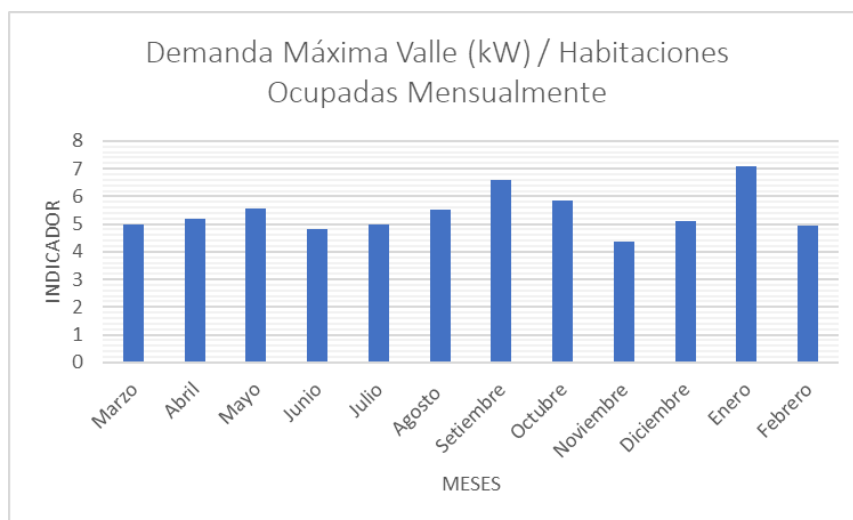


Figura B.1 Indicador de desempeño demanda valle vs habitaciones ocupadas.

Fuente: Elaboración propia mediante Excel.

Tabla B1. Indicador de Desempeño, Demanda Máxima Valle por Habitaciones Ocupadas Mensualmente

Fuente: Elaboración propia.

Meses	Demanda Máxima Valle (kW)	Habitaciones Ocupadas Mensualmente	Indicador
Marzo	138,00	2771	4,98
Abril	132,10	2553	5,17
Mayo	140,98	2540	5,55
Junio	125,14	2589	4,83
Julio	127,25	2559	4,97
Agosto	135,65	2464	5,51
Setiembre	137,57	2085	6,60
Octubre	129,98	2222	5,85
Noviembre	120,29	2768	4,35
Diciembre	122,98	2401	5,12
Enero	137,42	1941	7,08
Febrero	132,86	2693	4,93

$$IDE = \frac{\text{Demanda Máxima Valle (kW)}}{\text{Habitaciones Ocupadas Mensualmente}} * 100 \text{ (B1)}$$

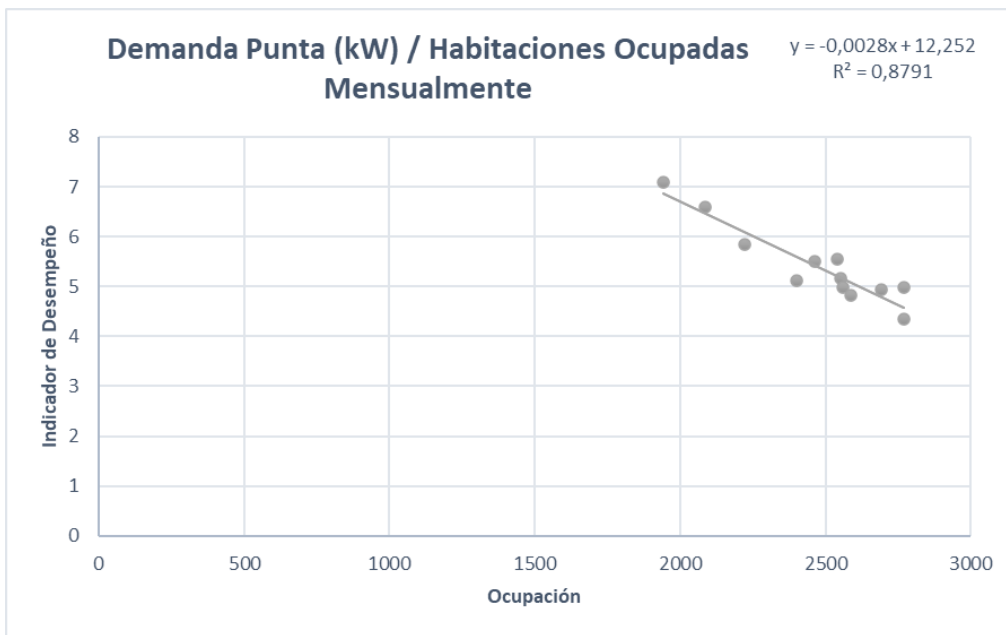


Figura B.2. Línea base demanda vs habitaciones ocupadas.

Fuente: Elaboración propia mediante Excel.

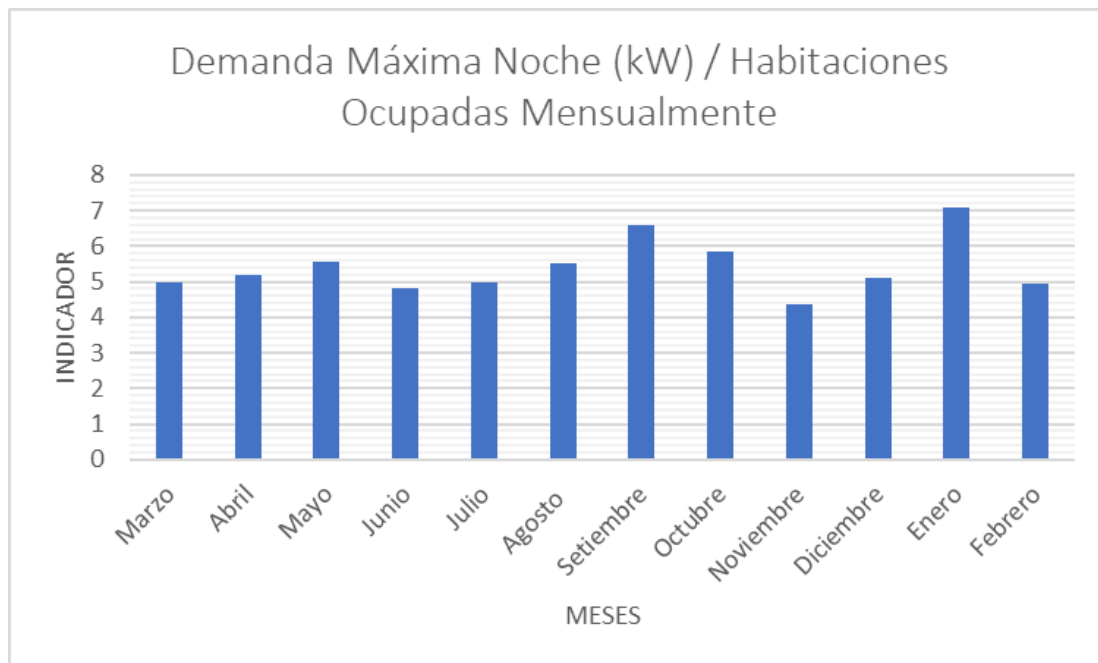


Figura B.3 Indicador de desempeño demanda noche vs habitaciones ocupadas.

Fuente: Elaboración propia mediante Excel.

Tabla B.2. Indicador de Desempeño, Demanda Máxima Valle por Habitaciones Ocupadas Mensualmente  
Fuente: Elaboración propia.

Meses	Demanda Máxima Noche (kW)	Habitaciones Ocupadas Mensualmente	Indicador
Marzo	124,18	2771	4,48
Abril	116,88	2553	4,58
Mayo	109,82	2540	4,32
Junio	93,46	2589	3,61
Julio	112,80	2559	4,41
Agosto	114,38	2464	4,64
Setiembre	106,94	2085	5,13
Octubre	106,99	2222	4,81
Noviembre	110,11	2768	3,98
Diciembre	105,36	2401	4,39
Enero	98,40	1941	5,07
Febrero	94,04	2693	3,49

$$IDE = \frac{\text{Demanda Máxima Noche (kW)}}{\text{Habitaciones Ocupadas Mensualmente}} * 100 \quad (\text{B.2})$$

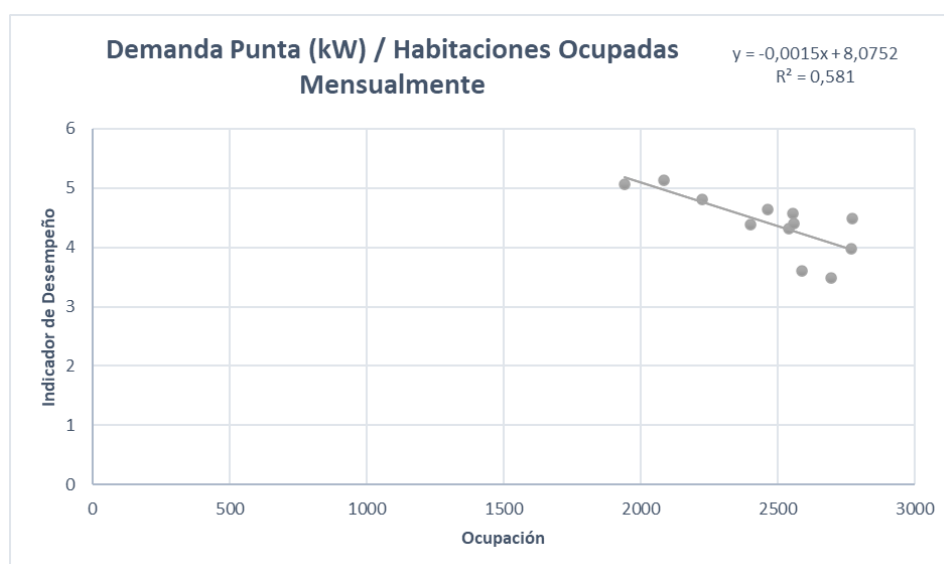


Figura B.4. Línea base demanda Valle vs habitaciones ocupadas.

Fuente: Elaboración propia mediante Excel.

## Apéndice C. Sistema de Monitoreo en Tiempo Real

```
# -----  
# SCT-013 Configuración Sensor y Función para la Letura de la Corriente  
# -----  
PIN_AC = 35 #Asignación del PIN de Lectura del ESP32, se utiliza el 35 para la lectura analógica  
ATENUACION_ADC= ADC.ATTN_11DB #Rango Completo: 0 - 3.3V de lectura  
ADC_BITS = ADC.WIDTH_12BIT # 12-bit  
ADC_RESOL = 4095  
V_REF = 3.3 #Voltaje Referencia  
MUESTRAS = 300 #Número de muestras para el calulo de la corriente RMS  
CONST_CALIBRACION = 20.5 #Constante de Calibración, depende de la carga a medir y  
#la resistencia de carga.  
VOLTAGE_CARGA = 208 # Voltaje de Carga  
  
# Initialize ADC  
adc = ADC(Pin(PIN_AC))  
adc.atten(ATENUACION_ADC)  
adc.width(ADC_BITS)  
  
# Función para leer la corriente RMS  
def leer_irms(muestras):  
    mediciones = []  
    for _ in range(muestras):  
        valorbits = adc.read()  
        voltage = (valorbits / ADC_RESOL) * V_REF  
        mediciones.append(voltage)  
        time.sleep_us(100)  
    offset = sum(mediciones) / len(mediciones)  
  
    # Cálculo de de diferencias al cuadrado  
    dif_cuadrados = [(v - offset) ** 2 for v in mediciones]  
    # Calculate RMS voltage  
    voltaje_rms = math.sqrt(sum(dif_cuadrados) / len(dif_cuadrados))  
    # Cálculo de la corriente utilizando la constante de calibración  
    corriente = voltaje_rms * CONST_CALIBRACION  
    return corriente
```

Figura C.1. Código para la lectura del sensor SCT013 100A/50mA.

Fuente: Elaboración propia mediante micropython.

```
29 def conectar_red():  
30     import network  
31     sta_if = network.WLAN(network.STA_IF) #Creación de una variable que almacene el estado de conexión  
32     if not sta_if.isconnected(): #Verificación de estado de conexión, en caso de tener un estado fallido  
33                                     #intenta nuevamente la conexión con los parámetros de red  
34         print('Conectando a la Red...')  
35         sta_if.active(True)  
36         sta_if.connect('iPhone (3)', 'Cambio14') #Parámetros de la red  
37         while not sta_if.isconnected():  
38             pass  
39         print("Conexión Establecida Correctamente",'\n','Configuración de la Red:', sta_if.ipconfig('addr4'))  
40         # Se imprime la configuración de la red  
41     conectar_red()
```

Shell

```
>>> %Run -c $EDITOR_CONTENT  
  
MPY: soft reboot  
Conectando a la Red...  
Conexión Establecida Correctamente  
Configuración de la Red: ('172.20.10.13', '255.255.255.240')
```

Figura C.2. Código para la conexión del ESP32 a internet.

Fuente: Elaboración propia mediante micropython.

```

def sync_time():
    import ntptime
    ntptime.settime() #Sincroniza el Temporizador del Controlador mediante Wifi.
    print("Tiempo Sincronizado Correctamente")

sync_time()

def get_date():
    import utime
    # Obtiene el valor del tiempo epoch, valor de referencia interno del dispositivo
    # razón por la cuál se sincroniza mediante protocolo NTP
    epoch_time = utime.time()
    tiempo_actual = utime.localtime(epoch_time)

    # Convierte el formato de la fecha obtenida a formato ISO 8601 para que sea compatible con Supabas
    tiempo_formatoISO = "{:04d}-{:02d}-{:02d} {:02d}:{:02d}:{:02d}".format(
        tiempo_actual[0], tiempo_actual[1], tiempo_actual[2],
        tiempo_actual[3], tiempo_actual[4], tiempo_actual[5]
    )
    return tiempo_formatoISO

```

Figura C.3. Código para obtener los valores de la fecha sincronizada por medio de protocolo NTP.

Fuente: Elaboración propia mediante micropython.

```

# Enviar Datos a Supabase

def enviar_Datos(valor_corriente, valor_potencia, valor_fecha):
    import urequests
    import ujson

    # Configuración Parámetros de Supabase en Variables Independientes
    SUPABASE_URL = "https://gicxaiunkvsthuecgepp.supabase.co"
    SUPABASE_API_KEY = "eyJhbGciOiJIUzI1NiIsInR5cCI6IkpXVCJ9"
    NOMBRE_TABLA = "sensor_data"
    # Datos que se van a enviar almacenados en un diccionario
    datos = {
        "corriente": valor_corriente,
        "potencia": valor_potencia,
        "fecha": valor_fecha,
    }
    # Parámetros de Supabase en una tabla que se van a enviar almacenados en un diccionario
    info_tabla = {
        "Content-Type": "application/json",
        "apikey": SUPABASE_API_KEY,
        "Authorization": f"Bearer {SUPABASE_API_KEY}",
    }

    # URL de la ubicación de la Tabla
    url = f"{SUPABASE_URL}/rest/v1/{NOMBRE_TABLA}"

    # Funcion que envía los datos, en caso de que no se logre enviar imprime el número de error
    try:
        response = urequests.post(url, headers=info_tabla, data=ujson.dumps(datos))
        print(f"Response: {response.status_code}, {response.text}")
        response.close()
    except Exception as e:
        print(f"Error: {e}")

```

Figura C.4. Código para enviar datos a Supabase. (No se agrega el API KEY completo por seguridad).

Fuente: Elaboración propia mediante micropython.

```

# -----
# Configuración Variables FlipFlop SR y Clock
# -----
t = 10
estado_Q_previo = False
tiempo_inicio = None
valores_irms = []
valores_potencia = []

clock_pin = Pin(23, Pin.OUT) # Pin de Salida del Clock
S_pin = Pin(4, Pin.IN, Pin.PULL_DOWN) # Pin Input Set
R_pin = Pin(18, Pin.IN, Pin.PULL_DOWN) # Pin Input Reset
Q_pin = Pin(21, Pin.OUT) # Q output
nQ_pin = Pin(19, Pin.OUT) # Q Negada output

```

Figura C.5. Código para controlar el Flip Flop SR y el Clock.

Fuente: Elaboración propia mediante micropython.

```

# Función Flip Flop SR

def flipflop_SR():
    global estado_Q
    S = S_pin.value()
    R = R_pin.value()
    # Lógica Flip Flop SR
    if S and not R:
        estado_Q = True
    elif not S and R:
        estado_Q = False
    elif not S and not R:
        pass
    else:
        pass
    #Actualizar Q y Q Negada
    Q_pin.value(estado_Q)
    nQ_pin.value(not estado_Q)

```

Figura C.6. Código para controlar el Flip Flop SR y el Clock.

Fuente: Elaboración propia mediante micropython.

```

146 # Función Timer, se encarga de llamar al Clock y las Respektivas Fucniones
147
148 def timer_callback(timer):
149     global estado_Q, estado_Q_previo, tiempo_inicio, valores_irms, valores_potencia
150
151
152     clock_pin.value(not clock_pin.value())
153
154     # llamada función Flip Flopp SR
155     flipflop_SR()
156
157     # Detección de cambio de estado de la salida Q a encendido para iniciar el timer de los 10 segundos
158     if estado_Q and not estado_Q_previo:
159         tiempo_inicio = time.time()
160         valores_irms = []
161         valores_potencia = []
162         print("Se Inició la Recolección de Datos","\n")
163
164     # Detección de cambio de estado de la salida Q a apagado para llevar las variables a sus valores iniciales
165     elif not estado_Q and estado_Q_previo:
166         tiempo_inicio = None
167         valores_irms = []
168         valores_potencia = []
169         print("Se Detuvo la Recolección de Datos","\n")
170
171     # En caso de que Q se encuentre en estado encendido, se obtiene la corriente irms en base al valor medido por el sensor,
172     # durante un tiempo especificado, en este caso 10 segundos
173     if estado_Q:
174         irms = leer_irms(MUESTRAS)
175         potencia_aparente = irms * VOLTAGE_CARGA
176
177     # Los valores de irms y potencia se almacenan en dos listas independientes para calcular el promedio de medición
178     # durante el tiempo especificado
179     valores_irms.append(irms)
180     valores_potencia.append(potencia_aparente)
181
182     print("Corriente Medida: {:.2f} A".format(irms))
183     print("Potencia Aparente: {:.2f} W".format(potencia_aparente))
184     print("-----")
185
186     # Verificación del tiempo transcurrido
187

```

Figura C.7. Código para controlar el Flip Flop SR y el Clock.

Fuente: Elaboración propia mediante micropython.

```

186 # Verificación del tiempo transcurrido
187
188 if tiempo_inicio is not None and (time.time() - tiempo_inicio) >= t:
189
190     # En el caso de que ya transcurrieron los 10s se calcula el valor promedio de los últimos 10s
191     irms_promedio = sum(valores_irms) / len(valores_irms) if valores_irms else 0
192     potencia_promedio = sum(valores_potencia) / len(valores_potencia) if valores_potencia else 0
193
194     # Se llama la función de obtener fecha
195     timestamp = get_date()
196
197     # Print and send data
198     print("Corriente Promedio: {:.2f} A".format(irms_promedio))
199     print("Potencia Promedio: {:.2f} W".format(potencia_promedio))
200     print("Fecha Medición:", timestamp)
201
202     enviar_Datos(irms_promedio,potencia_promedio,timestamp)
203
204     # Se reinicia las listas y el timer para el siguiente ciclo de 10 s
205     tiempo_inicio = time.time()
206     valores_irms = []
207     valores_potencia = []
208
209     estado_Q_previo = estado_Q
210
211 # -----
212 # Se inicializa el Clock, el cual gobierna el código
213 # -----
214 timer = Timer(0)
215 timer.init(period=350, mode=Timer.PERIODIC, callback=timer_callback) |
216

```

Figura C.8. Código para controlar el Flip Flop SR y el Clock.

Fuente: Elaboración propia mediante micropython.

Código para desarrollo de la aplicación.

Next.js permite la función de generar componentes como botones o pantallas de autenticación generales para ser llamados en otras pantallas como variables modificables. Se programan los componentes de los botones al igual que la pantalla de inicio para posteriormente ser llamados en las pantallas dashboard y login. El código entre comillas después de "className" en los componentes de html corresponde a las clases; esta funcionalidad es posible gracias a Tailwind CSS.

- Componentes

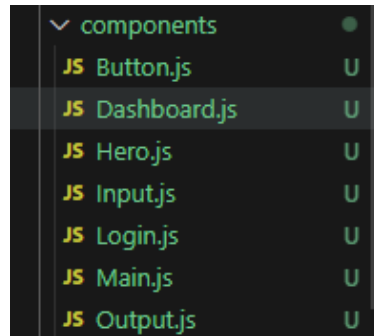


Figura C.9. Componentes aplicación

Fuente: Elaboración propia mediante Next.js.

### Button.js

```

1  import React from 'react';
2  import { Poppins } from 'next/font/google';
3  import { Audiowide } from 'next/font/google';
4
5
6  const audio = Audiowide({subsets:['latin'],weight:'400'})
7  const poppins = Poppins({subsets:['latin'],weight:'100'})
8
9
10 export default function Button(props) {
11   const {text,dark,full} = props
12   return (
13     <button className={`rounded-full overflow-hidden duration-200 hover:opacity-60 border-4 border-solid border-zinc-950 ${dark ? 'text-white bg-orange-400' : 'text-zinc-950'}
14       `} className={`${audio.className} px-6 sm:px-10 whitespace-normal py-2 sm:py-2`}>{text}</button>
15   )
16 }
17
18

```

Figura C.10. Componente botón.

Fuente: Elaboración propia mediante Next.js.

### Dashboard.js

```

1  'use client';
2  import React from 'react';
3  import { Audiowide } from 'next/font/google';
4  import Output from '@app/components/Output';
5  import Input from '@app/components/Input';
6  import supabase from '@app/supabase';
7  import { useEffect, useState } from 'react';
8
9  const audio = Audiowide({subsets:['latin'],weight:'400'})
10
11
12
13 export default function Dashboard() {
14   const [lastRecord, setLastRecord] = useState(null);
15   const [error, setError] = useState(null);
16
17   useEffect(() => {
18     const fetchLastRecord = async () => {
19       try {
20         const { data, error } = await supabase
21           .from('sensor_data') // Recolección de datos y filtrado por fecha
22           .select('*')
23           .order('fecha', { ascending: false })
24           .limit(1);
25
26         if (error) {
27           setError('Error fetching data: ' + error.message);
28           setLastRecord(null);
29         } else {
30           setLastRecord(data[0]);
31           setError(null);
32         }
33       } catch (err) {
34         setError('An unexpected error occurred.');
```

Figura C.11. Componente dashboard.

Fuente: Elaboración propia mediante Next.js.

```

43   }, []);
44
45
46   return (
47     <div className='flex flex-col flex-1 justify-center items-center gap-y-20'>
48       <h3 className={`text-5xl sm:text-text-6xl md:text-7xl justify-center text-center ${audio.className}`}>Dashboard</h3>
49       <div className='w-full flex grid grid-cols-2 flex-col mx-auto gap-x-10 md:py-10 sm:gap-8'>
50         <input text="Consumo en Tiempo Real Corriente (A)"/>
51         <input text="Consumo en Tiempo Real Potencia Aparente (W)"/>
52       </div>
53       <div className='grid grid-cols-2 flex-col max-w-[1000px] w-full mx-auto gap-x-10 md:py-10'>
54         {error && <p className="text-red-500">{error}</p>}
55         {lastRecord ? (
56           <Output text={lastRecord.corriente} />
57         ) : (
58           <p>Loading data...</p>
59         )}
60         {lastRecord ? (
61           <Output text={lastRecord.potencia} />
62         ) : (
63           <p>Loading data...</p>
64         )}
65       </div>
66     </div>
67   )
68 }
69

```

Figura C.12. Componente dashboard.  
Fuente: Elaboración propia mediante Next.js.

## Hero.js

```

1  'use client'
2
3  import React from 'react'
4
5  import { Audiowide } from 'next/font/google'
6  import { Fugaz_One } from 'next/font/google'
7  import { useRouter } from 'next/navigation';
8
9
10 const audio = Audiowide({subsets:['latin'],weight:['400']})
11 const fugaz = Fugaz_One({subsets:['latin'],weight:['400']})
12
13 export default function Hero() {
14   const router = useRouter()
15
16   return (
17     <div className="py-4 md:py-10 flex flex-col gap-4 sm:gap-8">
18       <h1 className={`text-5xl sm:text-text-6xl md:text-7xl text-center ${audio.className}`}>Aplicación de Monitoreo<span className="text-gradient"> Marriott Court Yard Escazú</span></h1>
19       <p className="text-lg sm:text-xl md:text-2xl text-center w-full mx-auto max-w-[600px]">Aplicación Creada con el fin de Monitorear el <span className="font-semibold">Consumo de Energía</span>
20     </p>
21     <div className="grid grid-cols-1 gap-4 w-fit mx-auto">
22       <button className={`rounded-full overflow-hidden duration-200 hover:opacity-60 border-4 border-solid border-zinc-950`} onClick={()=>{router.push("/login")}}><p className={` ${audio.className}`>Log In</p></button>
23     </div>
24   )
25 }
26

```

Figura C.13. Componente hero.  
Fuente: Elaboración propia mediante Next.js.

```

18  <span className="font-semibold">Consumo de Energía</span></p>
19  <div className="grid grid-cols-1 gap-4 w-fit mx-auto">
20    <button className={`rounded-full overflow-hidden duration-200 hover:opacity-60 border-4 border-solid border-zinc-950`} onClick={()=>{router.push("/login")}}><p className={` ${audio.className}`>Log In</p></button>
21  </div>
22
23
24
25
26

```

Figura C.14. Componente hero.  
Fuente: Elaboración propia mediante Next.js.

## Input.js

```
src > app > components > JS Inputs > Input
1 import React from 'react'
2 import { Audiowide } from 'next/font/google'
3
4 const audio = Audiowide({subsets:["latin"],weight:["400"]})
5
6 export default function Input(props) {
7   const {text} = props
8   return (
9     <p className="text-zinc-950 sm:text-text-3xl md:text-3xl text-center rounded-xl overflow-hidden duration-200 hover:opacity-60 border-4 border-solid border-zinc-950 ${audio.className}"
10    >
11   )
12 }
```

Figura C.15. Componente input.  
Fuente: Elaboración propia mediante Next.js.

## Main.js

```
src > app > components > JS Mainjs > ...
1 import React from 'react'
2
3 export default function Main(props) {
4   const { children } = props
5   return (
6     <main className="flex-1 flex flex-col p-4 sm:p-8">
7       {children}
8     </main>
9   )
10 }
11 }
```

Figura C.16. Componente main.  
Fuente: Elaboración propia mediante Next.js.

## Output.js

```
src > app > components > JS Outputjs > ...
1 import React from 'react'
2 import { Audiowide } from 'next/font/google';
3
4 const audio = Audiowide({subsets:["latin"],weight:["400"]})
5
6 export default function Output(props) {
7   const {text} = props
8   return (
9     <output className="rounded-xl overflow-hidden duration-200 hover:opacity-60 border-4 border-solid border-zinc-950 grid place-items-center w-full">
10       <p className={`${audio.className} px-20 sm:px-36 whitespace-nowrap py-10 sm:py-36 lg:text-4xl sm:text-text-3xl md:text-3xl`}>{text}</p>
11     </output>
12   )
13 }
14 }
```

Figura C.17. Componente output.  
Fuente: Elaboración propia mediante Next.js.

Luego, como se mencionó los componentes se llaman en las tres pantallas (inicio, autenticación y visualización).

```
src > app > dashboardd > JS pagejs > @metadata
1 import Main from "@app/components/Main";
2 import Dashboard from "@app/components/Dashboard";
3 import { logout } from "../logout/actions";
4 import { Audiowide } from 'next/font/google';
5
6
7 const audio = Audiowide({subsets:["latin"],weight:["400"]})
8
9
10 export const metadata = {
11   title: "Monitoreo CourtYard",
12   description: "Resumen Monitoreo Sensores",
13 };
14
15 export default function DashboarddPage() {
16   return(
17     <Main>
18       <button className="md:top-36 md:absolute right-20 md:h-12 md:w-36 md:text-center lg:h-12 lg:w-48 lg:top-6 lg:absolute right-6 sm:h-12 sm:w-36 sm:top-40 sm:absolute right-2 sm:te
19     </Form>
20     <Dashboard/>
21   </Main>
22 )
23
24
25
26
```

Figura C.18. Pantalla dashboard.  
Fuente: Elaboración propia mediante Next.js.

En la pantalla de autenticación es necesaria un archivo de acciones, ya que esta necesita comunicarse con la base de datos para autenticar el usuario. Y una vez autenticado debe reenviarlo a la pantalla de visualización de datos.

```
src > app > loginn > JS actionsjs > signup
1 'use server'
2
3 import { revalidatePath } from 'next/cache'
4 import { redirect } from 'next/navigation'
5
6 import { createClient } from '../utils/supabase/server'
7
8 export async function login(formData) {
9   const supabase = await createClient()
10
11
12   const data = {
13     email: formData.get('email'),
14     password: formData.get('password'),
15   }
16
17   const { error } = await supabase.auth.signInWithPassword(data)
18
19   if (error) {
20     redirect('/error')
21   }
22
23   revalidatePath('/', 'layout')
24   redirect('/dashboardd')
25 }
26
27 export async function signup(formData) {
28   const supabase = await createClient()
29
30
31   const data = {
32     email: formData.get('email'),
33     password: formData.get('password'),
34   }
35
36   const { error } = await supabase.auth.signUp(data)
37
38   if (error) {
39     redirect('/error')
40   }
41
42   revalidatePath('/', 'layout')
43   redirect('/')
44 }
```

Figura C.19. Pantalla dashboard.  
Fuente: Elaboración propia mediante Next.js.

```

src > app > login > .js pagejs > @LoginPage
1 import Main from "@app/components/Main";
2 import React from "react";
3 import { AudioWave } from "next/font/google";
4 import Button from "@app/components/Button";
5 import { login, signup } from "@app/login/actions";
6
7 const audio = AudioWave({ subsets: ["latin"], weight: ["400"] });
8
9
10 export const metadata = {
11   title: "Monitoreo CourtVard",
12   description: "Resumen Monitoreo Sensores",
13 };
14
15 export default function LoginPage() {
16   return (
17     <Main #!Llamado Componente Main
18       <div className="flex flex-col flex-1 justify-center items-center gap-20">
19         <div className="text-5xl sm:text-text-6xl md:text-7xl text-center ${audio.className}>Log In</div>
20         <div className="w-full mx-auto flex-col flex gap-4">
21           <input className="max-w-[400px] w-full mx-auto px-4 duration-200 hover:border-zinc-950 focus:border-zinc-950 py-2 sm:py-3 border border-solid border-zinc-950 outline-none" type="text" />
22           <input className="max-w-[400px] w-full mx-auto px-4 duration-200 hover:border-zinc-950 focus:border-zinc-950 py-2 sm:py-3 border border-solid border-zinc-950 outline-none" type="password" />
23         </div>
24         <div className="max-w-[400px] w-full mx-auto grid grid-cols-2">
25           <button formAction={login} text="Submit" />
26           <button formAction={signup} text="Sign Up" dark />
27         </div>
28       </div>
29     </Main>
30   );
31 }
32

```

Figura C.20. Pantalla login.  
Fuente: Elaboración propia mediante Next.js.

Página de Inicio



```

src > app > .js pagejs > ...
1 import Main from "@app/components/Main"
2 import Hero from "@app/components/Hero"
3
4
5 export default function Homepage() {
6   return (
7     <Main className="">
8       <Hero />
9     </Main>
10   );
11 }
12










```

Figura C.21. Pantalla inicio.  
Fuente: Elaboración propia mediante Next.js.

Tabla B1. Indicador de Desempeño, Demanda Máxima Valle por Habitaciones Ocupadas Mensualmente  
Fuente: Elaboración propia.










Hora Medición	Corriente Medida Prototipo (A)	Corriente Medida Amperímetro (A)	Error (%)	Foto
13:36:15	4,2556	4,265	0,22%	
13:38:26	4,38706	4,443	1,26%	

---

13:38:39	4,63622	4,689	1,13%	
13:38:52	5,24841	5,141	2,09%	
13:39:04	4,18091	4,343	3,73%	
13:39:16	5,09477	5,064	0,61%	
13:39:28	3,69682	3,855	4,10%	
13:39:40	4,64439	4,595	1,07%	
13:39:52	3,85228	3,575	7,76%	
13:40:04	4,81047	4,867	1,16%	
13:40:16	4,05817	4,148	2,17%	










---

---

13:40:28	4,96367	5,053	1,77%	
13:40:40	4,26142	4,33	1,58%	
13:40:52	5,0325	4,913	2,43%	
13:41:04	4,24918	4,403	3,49%	
13:41:16	5,072	4,84	4,79%	
13:41:28	4,05921	3,924	3,45%	
13:41:40	4,8073	4,714	1,98%	
13:41:52	3,73758	3,697	1,10%	
13:42:04	5,17484	5,135	0,78%	










---

---

13:42:16	4,13032	4,332	4,66%	
13:42:29	4,58091	4,761	3,78%	
13:42:41	5,00549	5,071	1,29%	
13:42:53	4,44022	4,547	2,35%	
13:43:05	5,2196	5,321	1,91%	
13:43:17	4,16231	3,82	8,96%	
13:43:29	5,1942	5,165	0,57%	
13:43:41	4,06842	3,724	9,25%	
13:43:53	5,16676	5,225	1,11%	










---

---

13:44:05	4,26221	4,308	1,06%	
13:44:17	5,3439	5,387	0,80%	
13:44:29	4,40015	4,579	3,91%	
13:44:41	5,53177	5,484	0,87%	
13:44:53	4,50979	4,455	1,23%	
13:45:05	5,29443	5,241	1,02%	
13:45:17	4,06074	4,125	1,56%	
13:45:29	5,05522	5,07	0,29%	
13:45:41	4,17536	4,317	3,28%	








---

---

13:45:53	4,70685	4,74	0,70%	
13:46:05	3,57775	3,543	0,98%	
13:46:17	4,78586	4,772	0,29%	
13:46:29	3,88059	3,763	3,12%	
13:46:42	4,44214	4,379	1,44%	
13:46:54	4,65095	4,751	2,11%	
13:47:05	4,16376	4,439	6,20%	
13:47:17	4,47682	4,357	2,75%	
13:47:29	3,98613	3,821	4,32%	

---

---

13:47:41	4,76665	4,76	0,14%	
13:47:53	3,72446	3,475	7,18%	
13:48:05	4,60939	4,661	1,11%	
13:48:17	3,81119	3,681	3,54%	
13:48:29	4,71853	4,816	2,02%	
13:48:41	3,93912	3,452	14,11%	
13:48:53	5,0245	5,199	3,36%	

---