

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**PROYECTO**

Modelo de gestión de energía para Griffith Foods, en Costa Rica, basado en la  
norma ISO 50001:2018.

**INFORME DE PRÁCTICA DE ESPECIALIDAD PARA OPTAR POR EL  
TÍTULO DE**

Ingeniero en Mantenimiento Industrial, grado Licenciatura

**REALIZADO POR:**

Darío Alberto Cedeño Martínez

**COORDINADOR DE PRÁCTICA:**

Ing. Sebastián Mata Ortega

**II SEMESTRE 2024**



**Carrera evaluada y acreditada por:**

**Agencia de Acreditación de programas de Ingeniería y de  
Arquitectura.**

***Profesor Guía***

Ing. Manuel Centeno López

***Asesor Industrial***

Ing. Vianey Solano Araya

***Tribunal Examinador***

Ing. Juan Pablo Arias Cartín

Ing. Francisco Bonilla Guido

## **Página de Información**

### **Datos del estudiante**

Nombre completo: Darío Alberto Cedeño Martínez.

Número de cédula: 305220039.

Número de carné: 2018160174.

Número de teléfono: +506 8758 3712.

Correos electrónicos: [dacedeno@estudiantec.cr](mailto:dacedeno@estudiantec.cr) / [cedenomartinezdario@gmail.com](mailto:cedenomartinezdario@gmail.com)

Dirección exacta del domicilio: Dulce Nombre, Cartago, Urbanización Lankaster 2, casa 19D.

### **Datos de la empresa**

Nombre: Griffith Foods

Actividad principal: Griffith Foods se dedica principalmente al desarrollo de productos a nivel global, especializándose en una amplia gama de ingredientes alimenticios, que incluyen condimentos, salsas, empanizados, recubrimientos, sabores, productos de panadería y otros.

Dirección: 1.5 km al Oeste de Jardines del Recuerdo, Lagunilla de Heredia.

### **Datos del asesor industrial**

Contacto: Vianey Solano.

Cargo: Ingeniero en facilidades.

Correo electrónico: [vsolano@griffithfoods.com](mailto:vsolano@griffithfoods.com)

Teléfono: +506 7118-4101.

## Carta de aceptación

Heredia, 30 abril de 2024

Señor

Ing. Sebastián Mata Ortega

Escuela de Ingeniería Electromecánica Tecnológico de Costa Rica

Yo German Espinoza Jimenez portador del documento de identidad 0603540332 en calidad de Planeador de Mantenimiento - CSCR – Maintenance de la empresa Griffith Foods, hago constar que hemos aceptado al estudiante:

Nombre: Darío Alberto Cedeño Martínez.

Número de cédula: 305220039.

Carné estudiantil: 2018160174.

Para que realice la práctica profesional en nuestra empresa Griffith Foods S.A. requerida en su carrera, esto por medio del proyecto de:

*“Modelo de gestión de energía para Griffith Foods, en Costa Rica, Basado en la norma ISO 50001:2018.”*

Este, tiene como objetivo principal, desarrollar un modelo de gestión de energía basado en la norma ISO 50001:2018, estableciendo indicadores y métricas de uso, eficiencia y consumo, para la determinación del rendimiento energético de la empresa.

##No confidencial ##

Sin más por el momento.

Saludos cordiales,



603540332

## **Dedicatoria**

A mi madre, Lilliam Martínez Monge, por su amor incondicional y todo el apoyo que me ha brindado a lo largo de los años. Gracias a su sacrificio y dedicación, soy la persona que soy, hoy en día. Sin ella, no habría sido posible.

A mi padre, Luis Cedeño Flores, por su constante apoyo y guía en mi vida, siempre intentando sacar lo mejor de mí en cada momento. Sin él, no habría sido posible.

A mis hermanos, quienes han sido un apoyo incondicional y una fuente de motivación, impulsándome en los momentos difíciles.

A toda mi familia, que me animó a seguir adelante en los momentos de duda y me respaldó durante todo este proceso.

## **Agradecimiento**

Primeramente, agradezco a Dios, quien nunca me abandonó y siempre me colmó de bendiciones, mostrándome el camino y siendo mi fortaleza en los momentos más difíciles.

A mis padres, quienes desde niño me inculcaron los valores del esfuerzo y la disciplina, siempre buscando la superación personal.

A mi tía, Patricia Martínez, quien me abrió las puertas de su casa durante esta etapa de mi vida y me apoyó en todo momento.

A mi abuela, con quien compartí mis primeros años de estudio y quien fue un gran apoyo durante ese periodo de transición.

A mi novia, Mariana, por ser un apoyo incondicional y una motivación constante para superarme. Gracias por exigirme un poco más, por amarme y apoyarme en todo momento.

A toda mi familia, por estar siempre unida y apoyándose mutuamente en cada necesidad.

Finalmente, agradezco a todo el equipo de colaboradores de Griffith Foods, Maynor Carranza y María Ramírez, quienes me dieron la oportunidad de llevar a cabo mi proyecto; al ingeniero Vianey Solano, por su apoyo en el desarrollo; y al departamento de mantenimiento, por su ayuda y cálida bienvenida.

## Tabla de Contenido

Página de información .....	3
Datos del estudiante .....	3
Datos de la empresa.....	3
Datos del asesor industrial.....	3
Carta de aceptación .....	4
Dedicatoria.....	5
Agradecimiento.....	6
Índice de Tablas .....	13
Índice de Figuras.....	15
Resumen.....	17
Introducción .....	18
Reseña de la empresa .....	19
Antecedentes .....	20
Planteamiento del problema.....	23
Objetivo General.....	25
Objetivos Específicos.....	25
Justificación .....	26
Alcance .....	28
Viabilidad.....	29
Disponibilidad tecnológica.....	29
Disponibilidad de tiempo .....	29
Disponibilidad de recursos financieros .....	29
Disponibilidad de humanos.....	29
Disponibilidad de materiales.....	29
Administración del riesgo.....	30
Metodología .....	31

Cronograma.....	33
Marco Teórico.....	34
Términos relacionados con facturación energética .....	34
Energía.....	34
Potencia .....	34
Demanda.....	34
Términos Relacionados con la familia de normas ISO 50000 .....	34
Política Energética.....	34
Sistema de Gestión de Energía .....	34
Auditoría.....	35
Desempeño Energético .....	35
Indicador de Desempeño Energético (IDEn).....	35
Línea de Base Energética (LBEn) .....	35
Consumo de Energía.....	35
Eficiencia Energética.....	35
Uso de la Energía.....	35
Uso Significativo de la Energía (USE).....	35
Balance Energético .....	36
Oportunidad de Conservación de Energía (OCE) .....	36
Norma INTE/ISO 50001:2018 .....	36
Norma INTE/ISO 50002:2018 .....	36
Norma ISO 50006:2014.....	36
Modelos Tarifarios .....	36
Tarifa Comercial (T-CO).....	36
Tarifa de Media Tensión b (T-MTb) .....	37
Tarifa de Media Tensión (T-MT) .....	37

Prototipo de Monitoreo En Tiempo Real .....	37
Arduino MEGA 2560 REV3 .....	37
Sensor de Corriente Alterna No Invasivo SCT-013 .....	37
Ethernet Shield W5100.....	38
General .....	38
Cuadro de Mando Integral (CMI).....	38
Periodo de recuperación de la inversión (PRI).....	38
Valor actual neto (VAN) .....	38
Tasa Interna de Retorno (TIR).....	38
Ratio de eficiencia energética (EER).....	39
Valor de carga parcial integrado (IPLV) .....	39
Potencial de calentamiento global (GWP).....	39
Objetivo I. Auditoria Energética.....	40
Resumen .....	40
Alcance y límites Establecidos.....	41
Descripción del Uso de la Energía .....	41
Líquidos .....	41
Polvos .....	42
Sistema de Compresores.....	42
Cuarto de Calderas.....	43
Equipo de Bombeo .....	43
Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).....	43
Horarios de operación .....	44
Descripción del consumo de energía.....	44
Consumo de Gas Licuado de Petróleo .....	47
Balances de energía.....	49

Balance de energías primarias .....	49
Balance energético por áreas de la compañía .....	51
Usos significativos de la energía (USE).....	54
Identificación de oportunidades de mejora .....	56
Cambio de Chiller.....	56
Sustitución de equipos de aire acondicionado .....	56
Objetivo II. Indicadores de desempeño energético, líneas base y cuadro de mando integral..	58
Resumen .....	58
Establecimiento de los IDEn .....	58
Energía total por toneladas producidas (kWh/t) .....	58
Energía eléctrica consumida por toneladas producidas (kWh/t) .....	59
Litros GLP por toneladas de líquido producidas (L/t).....	60
Dólares de ventas por consumo energético total (\$/kWh).....	61
Toneladas producidas por toneladas de CO <sub>2</sub> emitidas (t producción/t CO <sub>2</sub> ).....	62
Establecimiento de las LBEn .....	63
Energía total por toneladas producidas (kWh/t) .....	64
Energía eléctrica consumida por toneladas producidas (kWh/t) .....	64
Litros GLP por toneladas de líquido producidas (L/t).....	65
Dólares de ventas por consumo energético total (\$/kWh).....	66
Toneladas producidas por toneladas de CO <sub>2</sub> emitidas (t producción/t CO <sub>2</sub> ).....	67
Cuadro de mando integral .....	68
Perspectiva Cliente .....	69
Perspectiva Financiera.....	69
Aprendizaje y crecimiento.....	69
Perspectiva de procesos internos .....	70
Objetivo III. Prototipo de sistema de monitoreo en tiempo real.....	72

Resumen .....	72
Diseño del prototipo .....	72
Construcción del prototipo .....	74
Selección de resistencia de carga.....	74
Circuito de acondicionamiento de la señal .....	75
Calibración del sensor SCT-013.....	76
Etapa de medición con prototipo .....	77
Oportunidades de mejora en el prototipo de sistema de monitoreo en tiempo real .....	80
Incorporar el Internet de las Cosas .....	80
Medición del voltaje en tiempo real .....	81
Adición de componentes para medición trifásica.....	81
Protección física del prototipo.....	81
Objetivo IV. Análisis técnico financiero .....	82
Resumen.....	82
Análisis de oportunidades de mejora .....	82
Cambio de chiller.....	82
Sustitución de equipos de aire acondicionado .....	84
Ahorro en la facturación eléctrica por cambio de tarifa .....	87
Conclusiones .....	91
Objetivo 1 .....	91
Objetivo 2.....	91
Objetivo 3.....	91
Objetivo 4.....	91
Recomendaciones .....	93
Referencias bibliográficas.....	94
Apéndices.....	100

Apéndice A: Propuesta de política energética.....	100
Apéndice B: Tabla de requerimientos legales que afectan al MGEN.....	101
Apéndice C: Tablas utilizadas para definir los usos significativos de la energía. ....	102
Apéndice D: Tablas utilizadas para confección de indicadores. ....	107
Apéndice E: Aspectos relacionados prototipo del sistema de monitoreo en tiempo real. .	110
Apéndice F: Metas energéticas propuestas. ....	113
Anexos .....	114
Anexo A: Productos manufacturados por Griffith Foods. ....	114
Anexo B: Especificaciones técnicas de los equipos de medición. ....	117
Anexo C: Precios de la electricidad por modelo tarifario .....	118

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Ahorro por sector económico.....	21
<b>Tabla 2.</b> Metodología.....	31
<b>Tabla 3.</b> Cronograma.....	33
<b>Tabla 4.</b> Datos de Acometida Eléctrica.....	45
<b>Tabla 5.</b> Datos de los tanques de GLP .....	47
<b>Tabla 6.</b> Estimación del porcentaje de consumo de GLP en cada equipo .....	49
<b>Tabla 7.</b> Consumo eléctrico por área en la compañía y número de equipos.....	51
<b>Tabla 8.</b> Comparación consumo eléctrico auditado contra el real .....	52
<b>Tabla 9.</b> Consumo eléctrico por ubicación de Griffith Foods, en Costa Rica.....	52
<b>Tabla 10.</b> Consumo eléctrico y gasto económico de los usos significativos de la energía de Griffith Foods, en Costa Rica .....	55
<b>Tabla 11.</b> Lista de componentes para el prototipo .....	72
<b>Tabla 12.</b> Porcentaje de error ente Fluke 325 y prototipo.....	77
<b>Tabla 13.</b> Comparativa entre chillers .....	82
<b>Tabla 14.</b> Costos cambio de chiller.....	83
<b>Tabla 15.</b> Análisis financiero de cambio de chiller.....	83
<b>Tabla 16.</b> Equipos actuales de aire acondicionado .....	84
<b>Tabla 17.</b> Equipos VRF.....	85
<b>Tabla 18.</b> Costo sustitución de equipos de aire acondicionado.....	86
<b>Tabla 19.</b> Análisis financiero de equipos de aire acondicionado.....	86
<b>Tabla 20.</b> Consumos y demandas en junio y julio de Griffith Foods.....	88
<b>Tabla 21.</b> Evaluación de tarifas T-MT y T- MTb .....	89
<b>Tabla 22.</b> Comparación por tarifas y meses.....	90
<b>Tabla 23.</b> Requerimientos legales que afectan al MGen.....	101
<b>Tabla 24.</b> Tiempos de operación mensual de los equipos de producción de la compañía....	102
<b>Tabla 25.</b> Consumo de los equipos del área de líquidos .....	103
<b>Tabla 26.</b> Consumo de los equipos del área de polvos .....	104
<b>Tabla 27.</b> Consumo de los equipos del área de cuarto de máquinas .....	105
<b>Tabla 28.</b> Consumo de los equipos del área de PTAR.....	106
<b>Tabla 29.</b> Consumo de los equipos del área de HVAC.....	106
<b>Tabla 30.</b> IDEn, Energía total utilizada por tonelada producida.....	107
<b>Tabla 31.</b> IDEn, Energía eléctrica utilizada por tonelada producida .....	107

<b>Tabla 32.</b> IDEn, Litros de GLP consumidos por tonelada producida .....	108
<b>Tabla 33.</b> IDEn, dólares de ventas por consumo energético total.....	108
<b>Tabla 34.</b> IDEn, toneladas de producción por toneladas de CO2 emitidas.....	109
<b>Tabla 35.</b> Cargos por demanda y energía, tarifa T-MT .....	118
<b>Tabla 36.</b> Cargos por demanda y energía, tarifa T-MTb .....	118

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Consumo energético Griffith Foods [kWh] por tipo de energía .....	40
<b>Figura 2.</b> Diagrama de procesos productivos planta Griffith Foods en Costa Rica.....	43
<b>Figura 3.</b> Gasto energético de Griffith por tipo de energía.....	44
<b>Figura 4.</b> <i>Comportamiento del consumo eléctrico en la planta de Griffith Foods, desde el año fiscal 2021, hasta junio del 2024, en Costa Rica.....</i>	45
<b>Figura 5.</b> Comportamiento de la demanda eléctrica en la planta de Griffith Foods, desde el año fiscal 2021, hasta junio del 2024, en Costa Rica.....	46
<b>Figura 6.</b> Comportamiento del factor de potencia de Griffith Foods, desde octubre del 2023, hasta junio del 2024, en Costa Rica .....	46
<b>Figura 7.</b> Comportamiento del consumo de GLP de la planta de Griffith Foods, desde el año fiscal 2021 hasta junio del 2024.....	48
<b>Figura 8.</b> Balance de energías primarias de Griffith Foods, utilizando el kWh como unidad base, julio 2023- junio 2024 (estructuras porcentuales) .....	50
<b>Figura 9.</b> Balance de energías primarias de Griffith Foods, utilizando millones de colones como unidad base, julio 2023 – junio 2024 (Estructuras porcentuales) .....	50
<b>Figura 10.</b> Balance de energía eléctrica por área de Griffith Foods, en Costa Rica .....	52
<b>Figura 11.</b> Diagrama de Pareto del consumo de energía por ubicación .....	54
<b>Figura 12.</b> Diagrama de Pareto del consumo por equipo de las áreas de mayor consumo.....	55
<b>Figura 13.</b> IDEn, Energía total utilizada por tonelada producida, julio 2023 – junio 2024....	59
<b>Figura 14.</b> IDEn, Energía eléctrica utilizada por tonelada producida, enero 2023 – junio 2024 .....	60
<b>Figura 15.</b> IDEn, Litros de GLP consumidos por tonelada producida, julio 2023 – junio 2024 .....	61
<b>Figura 16.</b> IDEn, dólares de ventas por consumo energético total, julio 2023 – junio 2024..	62
<b>Figura 17.</b> IDEn, toneladas de producción por toneladas de CO2 emitidas, julio 2023 – junio 2024.....	63
<b>Figura 18.</b> LBen, Energía total utilizada por tonelada producida .....	64
<b>Figura 19.</b> LBen, Energía eléctrica utilizada por tonelada producida.....	65
<b>Figura 20.</b> LBen, Litros de GLP consumidos por tonelada producida.....	66
<b>Figura 21.</b> LBen, dólares de ventas por consumo energético total .....	67
<b>Figura 22.</b> LBen, toneladas de producción por toneladas de CO2 emitidas .....	68
<b>Figura 23.</b> Organigrama del equipo de gestión energética .....	68

<b>Figura 24.</b> Cuadro de mando integral .....	71
<b>Figura 25.</b> Diagrama de conexión del prototipo .....	73
<b>Figura 26.</b> Armado de prototipo de monitoreo en tiempo real .....	74
<b>Figura 27.</b> Circuito acondicionador de la señal analógica .....	76
<b>Figura 28.</b> Comparación entre Fluke 325 y prototipo.....	77
<b>Figura 29.</b> Datos del Split medido con el prototipo.....	78
<b>Figura 30.</b> Conexión del prototipo al tablero eléctrico .....	78
<b>Figura 31.</b> Perfil de demanda de equipo split con prototipo.....	79
<b>Figura 32.</b> Perfil de demanda de un equipo tipo Split .....	80
<b>Figura 33.</b> Perfil de demanda diario de la empresa del mes de junio .....	87
<b>Figura 34.</b> Perfil de demanda diario de la empresa del mes de julio .....	88
<b>Figura 35.</b> Primera parte del código de programación en la interfaz de Arduino.....	110
<b>Figura 36.</b> Segunda parte del código de programación en la interfaz de Arduino .....	111
<b>Figura 37.</b> Amperímetro de gancho Fluke 325 .....	112
<b>Figura 38.</b> Salsa Pizza.....	114
<b>Figura 39.</b> Salsa Especial .....	114
<b>Figura 40.</b> Salsa Mostaza Miel .....	115
<b>Figura 41.</b> Salsa Mayonesa .....	115
<b>Figura 42.</b> Salsa con Tomate.....	116
<b>Figura 43.</b> Especificaciones técnicas del Fluke 325, para medición de corriente .....	117
<b>Figura 44.</b> Especificaciones técnicas del sensor SCT-013 100A, para medición de corriente .....	117

## **Resumen**

Este proyecto analiza la situación energética actual de Griffith Foods en Costa Rica, por tanto, utiliza la norma ISO 50002, se identifican los usos significativos de la energía y se proponen oportunidades de mejora para cada uno de ellos. A continuación, siguiendo las pautas de la norma ISO 50006, se desarrollan indicadores de desempeño energético y se establecen sus respectivas líneas base, considerando tanto los usos significativos de la energía en la empresa como variables de producción relevantes.

Se construyó un prototipo de monitoreo en tiempo real utilizando un microcontrolador Arduino UNO, que permitió obtener el perfil de demanda de uno de los equipos asociados a un uso significativo de la energía, el cual se comparó con el comportamiento esperado de la demanda. Finalmente, se llevó a cabo un análisis técnico-financiero de las oportunidades de mejora identificadas para evaluar su viabilidad, así como un estudio sobre el impacto de los cambios tarifarios.

## Introducción

El crecimiento constante de la demanda energética plantea desafíos significativos para las empresas, en la actualidad. En este contexto, mejorar la eficiencia energética se presenta como una estrategia fundamental para reducir el impacto ambiental, social y económico de este aumento en el consumo.

Este proyecto se enfoca en el desarrollo de un sistema de gestión de energía para Griffith Foods S.A, basado en la norma ISO 50001:2018. El objetivo es asesorar a la empresa en la mejora de su eficiencia energética y competitividad, mediante la implementación de prácticas y tecnologías más sostenibles.

En la actualidad, existen normativas nacionales e incentivos gubernamentales orientados a la mejora del consumo energético que como lo plantea el VII Plan Nacional de Energía 2015-2030 (2015), tienen por objetivo “Generar condiciones favorables para el aumento de la eficiencia energética por parte de los macro consumidores” (p. 67).

Por medio de una serie de objetivos específicos, se pretende evaluar el estado energético actual de la empresa, establecer indicadores de desempeño energético, proponer un sistema de monitoreo en tiempo real y evaluar la viabilidad financiera de las oportunidades de conservación de la energía del proyecto.

Sin embargo, se reconocen limitaciones tales como la falta de información sobre el rendimiento energético de la empresa, la necesidad de contar con sistemas de medición del rendimiento energético adecuados, apoyo del personal técnico para realizar las mediciones y equipo para la construcción del prototipo.

Este estudio no solo busca plantear posibles mejoras del consumo energético de la empresa, sino también contribuir a la mitigación del cambio climático y alinearse con los objetivos de desarrollo sostenible.

## **Reseña de la empresa**

Griffith Foods es una empresa fundada en 1919, en Chicago, la compañía nació de la visión de Enoch Luther y Carroll Ladd Griffith, quienes reconocieron la importancia de incorporar la ciencia de los alimentos en la industria, por tanto, establecieron relaciones personales con los clientes como piedra angular de su enfoque comercial.

En 1971, Griffith Foods estableció su presencia, en Costa Rica, con la fundación de una planta en el barrio La Pitaya frente a Cenada. Esta planta sirvió como base para la operación en el país hasta 2003, cuando se adquirieron las nuevas instalaciones en Lagunilla, Heredia, donde se encuentra la planta actual.

La misión de Griffith Foods se centra en fusionar las artes culinarias con el conocimiento de vanguardia en restaurantes y alimentos, así como el desarrollo de productos alimenticios. Con una integración meticulosa de las artes culinarias, la ciencia de los alimentos, la ciencia sensorial y el conocimiento del consumidor, la empresa se destaca en la creación de productos y soluciones de alta calidad.

Bajo el lema "Creating Better Together", Griffith Foods abraza un enfoque de innovación colaborativa. Aunado a lo anterior, trabaja estrechamente con sus clientes, la empresa ofrece soluciones personalizadas para abordar desafíos específicos, desde la conceptualización hasta la producción. Con instalaciones de fabricación de última generación y más de 100 años de experiencia, Griffith Foods se compromete a proporcionar alimentos deliciosos, nutritivos y de calidad superior que satisfagan las necesidades cambiantes del mercado y los consumidores.

## Antecedentes

En la actualidad, el crecimiento de la demanda energética implica nuevos retos en diferentes aristas que afectan a la sociedad, según el VII Plan Nacional de Energía 2015-2030 (2015), “Este incremento en el consumo originará en el futuro impactos ambientales, sociales y económicos, sobre los cuales se requiere tomar acciones políticas a fin de minimizarlos” (p. 17).

Uno de los métodos planteados para minimizar estos impactos negativos en la sociedad es modernizar la “eficiencia energética, la cual mejora la competitividad del sistema productivo del país, evita el desperdicio y, por ende, disminuye las inversiones e impactos sociales y ambientales del desarrollo energético” VII Plan Nacional de Energía 2015-2030 (2015), (p. 17).

Esta eficiencia energética planteada, anteriormente, para mejorar la competitividad del sistema productivo, el VII Plan Nacional de Energía 2015-2030 (2015), propone como objetivo “Asesorar en eficiencia energética a los macro consumidores para esto se proponen acciones como: la adopción de la norma ISO 50001 de Gestión Energética en los macro consumidores. Mediano plazo” (p. 67).

Los sistemas de gestión de energía, en la actualidad, son la principal herramienta para la disminución del gasto energético y los gases de efecto invernadero, según Sornoza Bravo y Sabando Piguabe, (2021):

La revisión y análisis de la información permiten aseverar que los SGEN son una herramienta muy importante para alcanzar una reducción simultánea y sostenible del consumo de energía y de las emisiones de GEI y de otros gases contaminantes en la industria. Bajo estos postulados podemos inferir que el objetivo fundamental de la gestión energética es sacar el mayor aprovechamiento posible a las cantidades de energía que la empresa necesita (p. 798).

Al aplicar esta norma, existe una gran versatilidad de la misma, pudiendo aplicarse en lugares como plantas industriales, o en otros tan diferentes como centros de educación superior, (Universidades), obteniendo resultados muy favorables como lo muestra la investigación realizada por, Meza-Alcívar et al. (2023), “La disminución del 11% en el consumo energético demuestra el impacto positivo de las medidas técnicas, conductuales y de concientización aplicadas. Se logró inculcar una cultura de responsabilidad energética en estudiantes y personal”.

En Costa Rica, la implementación de SGEN, basados en la norma ISO 50001, han tenido resultados provechosos, al aplicarla en una planta de conservas, donde, Araya (2020), determina que por medio de un análisis de “costos-beneficios que con las oportunidades de mejora y la implementación del SGEN se logra obtener una reducción en la factura anual de 7,48 %, lo cual supera la meta de 7 % y representa beneficios anuales de USD 175,137.09” (p.89).

Además, en otros países, como, por ejemplo, Ecuador, la implementación de modelos de gestión de la energía en plantas de producción se obtienen resultados positivos, como lo expone Guamán Batallas (2022), “mediante la implementación del sistema SGEN descrito anteriormente, se podría alcanzar el 10% de mejora en consumo eléctrico y consumo de diésel, al igual que se ha evidenciado en empresas que han trabajado sobre este sistema de eficiencia energética”.

La agencia de sostenibilidad energética (ASE), realizó una tabla comparativa, (**Tabla 1**), en la cual se enumeran los diferentes sectores económicos con sus respectivos ahorros anuales y ahorros acumulados para empresas chilenas, estos ahorros representan alrededor de USD 87,000,000.

**Tabla 1.** Ahorro por sector económico

Sector Económico	Ahorros Anuales	Ahorros acumulados
Industria manufacturera no metálica	2.6%	10.1%
Minas, Petróleo, Canteras	5.4%	16.1%
Suministro de electricidad, gas y agua	8.9%	24.7%
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	3.4%	8.7%
Servicios sociales y de salud	2.5%	5.3%
Hoteles y restaurantes	4.2%	12.5%
Intermediación financiera	3.0%	3.0%
Industria manufacturera metálica	12.5%	25.0%
Act. Inmobiliarias, empresariales y de alquiler	3.5%	8.4%

Agencia de sostenibilidad energética, 2018. Recuperado de: <https://www.guiaiso50001.cl/mercado-sge/>.

Existen incentivos en Costa Rica, para disminuir el consumo energético, considerando que los costos relacionados con el consumo de la energía eléctrica son los más significativos para la mayoría de las empresas, como se enuncia en La República (2021):

El experto señaló que aquellas organizaciones que tengan la certificación ISO 50001 pueden optar por una tarifa diferenciada con su proveedor de electricidad. Esto debido a que existe una resolución del ICE publicada en el Alcance 72 de La Gaceta del 29 de marzo de 2019, la cual permite una reducción de aproximadamente entre un 15% y un 25% de la facturación eléctrica actual.

El encargado de la dirección de energía del MINAE, R. Zúñiga, comentó para INTECO (2021), “Además de reducir hasta un 20% su factura eléctrica, las organizaciones que cuenten con estas certificaciones, obtendrán una mayor valoración a la hora de participar en una licitación o compras del Estado”. Esto destaca la importancia de las certificaciones en eficiencia energética en las organizaciones, al afirmar que no solo pueden lograr un ahorro significativo en su factura eléctrica, sino también mejorar su posición en procesos de licitación y adquisiciones gubernamentales.

Otras fuentes nacionales mencionan ahorros mayores en el consumo eléctrico para los abonados a la categoría de media tensión b, (TMT-b), en la cual se agrupan las empresas que son grandes consumidores de energía, más de un millón de kWh anuales, “Los abonados en este grupo tarifario que cuentan con certificación ISO 50001, presentaron un ahorro en la factura eléctrica, muchos incluso, alcanzaron un 53% de disminución en su factura, significando un ahorro de más de ¢20.000.000 millones de colones al mes.” INTECO (2021).

El impacto financiero de la implementación de modelos de energía ha sido cuantificado en un gran número de casos, no solo nacionalmente, sino también internacionalmente, como lo es el caso de una empresa irlandesa, la cual, según el artículo científico de Trubetskaya et al. (2023), “Los resultados produjeron beneficios significativos, incluida una reducción del 36% en el uso de energía térmica y una disminución del 46% en la huella de CO<sub>2</sub>. También generó impactos financieros al lograr una reducción anual del 35% del costo energético” (p. 21). Esto muestra que no solo se lograron mejoras ambientales, sino también beneficios económicos tangibles, lo que refuerza la viabilidad y la importancia de los modelos de gestión de energía, que adoptaron en este contexto empresarial.

## Planteamiento del problema

		Dato Suministrado	Referencias bibliográficas
Debiera	De acuerdo con la ASE (2018), las empresas que han certificado (ISO 50001) de manera exitosa su SGE han obtenido mejoras tanto en su desempeño energético, seguridad y control operacional en procesos clave.	La implementación de SGE en la industria chilena han generado mejoras desde el 3% al 25% en su desempeño energético.	ASE. (2018). Sistemas de Gestión de la Energía ISO 50001. Agencia de Sostenibilidad Energética.
Desviación	La falta de información sobre el rendimiento energético de una organización conlleva a tomar decisiones en proyectos de energía sin tener una visión clara de la situación. Esta falta de claridad puede desembocar en pérdidas económicas innecesarias debido al desconocimiento del consumo energético de la planta.		
		Dato Suministrado (Lugar)	Referencias lugar de estudio
Realidad	La empresa carece de sistemas de medición para evaluar el rendimiento energético de sus procesos productivos, lo que impide tomar decisiones que impacten la rentabilidad.	Rendimiento energético desconocido	Datos propios de la empresa

Según Repsol (2024), “La eficiencia energética rebaja las emisiones de gases de efecto invernadero. Con el uso responsable de la energía se consumen menos recursos, lo que contribuye a reducir la huella de carbono.” Esto resalta la esencial relación entre la eficiencia energética y la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero. Al promover un uso responsable de la energía, se logra no solo reducir el consumo de recursos, sino también disminuir la huella de carbono.

Al adoptar prácticas más eficientes en el uso de la energía, las organizaciones no solo reducen su consumo de energía y, por lo tanto, sus costos asociados, sino que también minimizan su huella de carbono al disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero como lo menciona, Unibio Salcedo (2022), “Se identificaron los beneficios que percibieron tras la implantación de un SGE acorde a la ISO 50001. Entre ellos destacan el ahorro en costos asociados al consumo de energía, mejora del desempeño energético y reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>”.

“El aumento de la temperatura terrestre, debido a emisiones de GEI, conlleva múltiples consecuencias: deshielo de glaciares, inundaciones costeras, huracanes, migraciones de especies, desertificación de zonas fértiles y efectos negativos en la agricultura y la ganadería.” (Iberdrola, 2024). La aplicación de un Sistema de Gestión de la Energía (SGE) adquiere una relevancia social crucial en el contexto descrito. Este sistema puede desempeñar un papel fundamental en la mitigación de los efectos del cambio climático al ayudar a las organizaciones a reducir su consumo energético y, por ende, sus emisiones de gases de efecto invernadero.

Estos aspectos, sociales como ambientales, se alinean con diversos objetivos de desarrollo sostenible (ODS) propuestos por la ONU, para alcanzar en quince años una serie de metas mundiales con el objetivo de mejorar las vidas de las personas. Los SGen se alinean con los objetivos de “ODS 7: Energía Asequible y No Contaminante, ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura, ODS 12: Producción y Consumo Responsables y ODS 13: Acción por el Clima” (ONU, 2015). Al disminuir emisiones de gases de efecto invernadero y disminuir la huella de carbono, se promueve energía más limpia, además de aspectos como la industrialización sostenible, la producción sostenible y responsable, por ello, también se considera como una acción inmediata para intentar contrarrestar la crisis climática.

La norma ISO 50001 plantea sistema de gestión de energía que le permitirá lograr una reducción significativa de los costos operativos, lo que tiene un impacto directo en el área financiera, de acuerdo con, LL-C Certification (2024), enuncia, se puede “reducir su impacto en el consumo de recursos energéticos no renovables y aumentar su competitividad además de reducir los costos de energía hasta en un 25%, minimizar los riesgos de sanciones y mejor reputación entre el público”.

Costa Rica posee la ley 40509 sobre el plan intersectorial para el establecimiento de una tarifa eléctrica preferencial para la conservación y mejora del empleo en empresas electro-intensivas (2017), la cual establece beneficios en la tarifa eléctrica para empresas que cumplan los siguientes puntos:

La tarifa de media tensión (TMT) se creó con el objeto de dar a estas empresas una tarifa que refleja el menor costo de suministro en relación con los otros tipos de consumidores. El requisito actual para esta tarifa es consumir al menos 120 000 kWh por año. Posteriormente se creó la tarifa de media tensión b (TMTb), la cual es aplicable solamente a aquellos abonados que cumplan con la condición de demostrar de forma sostenida al menos durante tres meses, un factor de carga de 0,90.

## **Objetivo General**

- Desarrollar un modelo de gestión de energía basado en la norma ISO 50001:2018, estableciendo indicadores y métricas de uso, eficiencia y consumo, para la determinación del rendimiento energético de la empresa.

## **Objetivos Específicos**

1. Evaluar el estado energético actual de la empresa, por medio de una auditoría energética basada en la norma ISO 50002:2018, estableciendo el balance energético e identificando oportunidades de mejora.

Indicador de logro: Auditoría energética y balances de energía.

2. Establecer líneas de base energéticas e indicadores de acuerdo con la norma ISO 50006 para la determinación del desempeño energético y la posterior evaluación y sensibilización mediante un cuadro de mando integral que busque la mejora continua de la empresa.

Indicador de logro: Líneas de base de energía e indicadores energéticos.

Cuadro de Mando Integral.

3. Proponer un prototipo de sistema de monitoreo en tiempo real para la medición del consumo de energía eléctrica en el equipo identificado como el de mayor impacto técnico y financiero según el balance energético.

Indicador de logro: Construcción del prototipo.

4. Evaluar mediante un análisis técnico financiero basado en indicadores, la rentabilidad del modelo de gestión energético considerando la factibilidad de su futura implementación.

Indicador de logro: Análisis financiero.

## Justificación

En Costa Rica, en los últimos años, debido a diversos factores, el consumo de la energía eléctrica ha ido en aumento. Según datos de la Cámara de Empresas de Distribución de Energía y Telecomunicaciones (CEDET), (2023), “el consumo promedio de electricidad de los asociados a las cooperativas eléctricas: COOPELESCA R.L, COOPEGUANACASTE R.L, COOPEALFARORUIZ R.L y COOPESANTOS R.L aumentó en un 6.34% a noviembre del 2022, si se compara con el año 2021 y JASEC aumento 5.66%”.

Además del incremento en el consumo de electricidad, también se observa un alza en los costos de las tarifas eléctricas, según la empresa, SELÉCTRICA (2023), “La subida del 31% del costo de la electricidad desde diciembre del 2022 hasta Julio del 2023, ha sido motivo de preocupación en Costa Rica. Múltiples factores han contribuido, desde dependencia de las hidroeléctricas hasta el aumento de la demanda.”

Para mitigar esta alza en los precios, además de promover un consumo responsable de la energía, el gobierno de Costa Rica, con el plan nacional de descarbonización 2018-2050 (2019), planea:

Impulsar la eficiencia energética en los procesos industriales: Promover buenas prácticas en la gestión de la energía (por ejemplo, ISO 50001) y actualizar, mediante la inclusión de nuevos equipos y tecnologías, la lista oficial de bienes exonerados conforme al artículo 38 de la Ley de Regulación del Uso Racional de la Energía, Ley N°7447 del 03 de noviembre de 1994 y sus reformas de acuerdo con el artículo 10 del decreto ejecutivo N°41121 del 5 de abril del 2018.

La norma ISO 50001 ayuda a implementar, a nivel empresarial, un modelo de gestión de energía, por tanto, es “una herramienta que permite que cada organización desarrolle e implemente su política energética. De manera que la empresa puede gestionar todos los procesos, productos o servicios que hacen uso de la energía, reducir el consumo y aumentar la eficiencia energética” (REPSOL, 2024). Esto destaca la importancia de los Sistemas de Gestión Energética (SGE), como una herramienta fundamental para que las organizaciones desarrollen y ejecuten sus políticas energéticas, por tanto, permite a las empresas gestionar de manera integral todos los aspectos relacionados con el uso de la energía, incluidos los procesos, productos y servicios. El objetivo principal es reducir el consumo de energía y mejorar la eficiencia energética en todas las áreas operativas de la organización.

La aplicación de esta norma presenta una serie de ventajas competitivas como las siguientes:

Impulsar una política energética real y continua de la empresa, Reducir los problemas ambientales y la huella de carbono, Ahorrar energía, y en consecuencia reducir costos, a través de un uso más adecuado y eficiente de nuestros recursos, Incentivar el uso de energías renovables, otra de las metas propuestas por la ONU para lograr alcanzar el ODS7, Reforzar la reputación de la organización respecto a las cuestiones ambientales, Acceder a concursos y subvenciones públicas. Emin Energy, (2020).

Existe una relevancia crucial de entender el consumo energético en una empresa. Esta información permite identificar áreas de mejora y optimización, lo que no solo reduce costos operativos, sino que también impulsa la sostenibilidad al disminuir las emisiones de carbono y conservar recursos. En última instancia, invertir en la gestión eficiente de la energía no solo beneficia la rentabilidad de la empresa, sino que también contribuye, significativamente a un futuro más sostenible, como lo menciona el Centro Europeo de Empresas e Innovación de Valencia, (2023):

Esta información es esencial para comprender cómo se utiliza la energía en la empresa o industria y a partir de este análisis, se pueden identificar áreas específicas donde se pueden implementar medidas de mejora. Las empresas no solo pueden reducir sus gastos en energía, sino también contribuir de manera significativa a la conservación de recursos y la reducción de emisiones de carbono. Es una inversión que vale la pena para un futuro más sostenible.

## **Alcance**

El desarrollo del proyecto se considera exploratorio, busca establecer la situación energética actual de la empresa, la cual desconocen, mediante una auditoría energética basada en la norma ISO 50002:2018, compara los procesos productivos por el tipo y la cantidad de consumo energético que posee cada uno de ellos mediante un balance de energía, logrando así identificar los equipos más críticos, los cuales serían los de mayor consumo energético.

Conforme la norma ISO 50006:2014 se desarrollarán indicadores coherentes y representativos que ayuden en la determinación del desempeño energético de la empresa, además, se establecerán las líneas base energéticas, que posean coeficientes de correlación aceptable para el análisis y comparación.

Se desarrollará un prototipo que puede medir indirectamente en tiempo real, el consumo del equipo identificado como el de mayor impacto financiero, según el balance energético realizado con anterioridad, para identificar su comportamiento y mostrar a la empresa la importancia de sistemas de monitoreo en tiempo real en estrategias de reducción del gasto energético.

Finalmente, se resumieron los datos técnicos y económicos en un cuadro de mando integral, considerando diferentes indicadores para representar la situación y posible evolución integral de la empresa, si se aplicara un modelo de gestión de la energía.

## **Viabilidad**

La viabilidad del proyecto, en cuestión, se fundamenta principalmente en cuatro factores clave que se detallan a continuación, que son fundamentales para su exitosa realización.

### **Disponibilidad tecnológica**

Los artículos tecnológicos que se utilizarán para el desarrollo de este proyecto serán, principalmente, una computadora, la cual se empleará para la recopilación de la información, análisis de datos y, posteriormente, la redacción del informe final, además de un analizador de energía que mida la potencias, el factor de potencia, el consumo energético, entre otros.

### **Disponibilidad de tiempo**

Se le debe permitir al estudiante, por parte de la empresa, el acceso a la zona donde recolectar la información y hacer mediciones cinco días de la semana, como mínimo 36 horas semanales.

### **Disponibilidad de recursos financieros**

La empresa llegará a un acuerdo con el estudiante sobre la cantidad de recursos que estarán dispuestos a invertir en el desarrollo del proyecto, en dado caso de que estos recursos sean limitados o nulos, en la sección de administración del riesgo se propondrán alternativas para el correcto desarrollo del proyecto.

### **Disponibilidad de humanos**

La empresa deberá asignar a un asesor, de la misma empresa, para solventar dudas y hacer de intermediario con los sectores productivos. Además, en dado caso de ser necesaria la intervención de algún equipo, deberá de ser realizada por algún técnico capacitado.

### **Disponibilidad de materiales**

El estudiante deberá de tener acceso a los equipos y procesos que sean necesarios para realizar el modelo de gestión de energía. La empresa también deberá de adquirir las normas ISO 50001:2018, 50002:2018 y 50006:2014 para el desarrollo del MGEN.

### **Administración del riesgo**

Referente a las limitaciones de los recursos financieros como la adquisición de las normas, en dado caso que la empresa no esté dispuesta a adquirirlas, se utilizarán las normas pertenecientes al Instituto Tecnológico de Costa Rica. Si no fuera posible realizarlo con las normas del ITCR, el estudiante incurriría en los gastos relacionados a la adquisición de estas normas.

Si la empresa no contara con los recursos financieros para adquirir o subcontratar un analizador de energía, se harán mediciones indirectas del consumo energético, mediante el uso de un amperímetro de gancho. Si no se p con el mismo se recurrirá a los datos de placa de los equipos. Para el diseño del prototipo, si no se contará con los recursos para su implementación en físico, se realizará de manera virtual en la aplicación TinkerCad.

En dado caso de que la empresa solicite confidencialidad al estudiante, este deberá de informar al coordinador de trabajos finales de graduación para que se le dé un trato confidencial a la defensa del proyecto, además de que el estudiante deberá de aplicar un factor que solo él conoce a los datos utilizados para el desarrollo del modelo de gestión energético.

## Metodología

**Tabla 2. Metodología**

<b>Objetivo específico planteado</b>	<b>Actividad por realizar</b>	<b>Fuente de información</b>	<b>Análisis de datos con criterios estadísticos</b>	<b>Resultados esperados (Indicador de logro)</b>
<p>Objetivo específico # 1: Evaluar el estado energético actual de la empresa, por medio de una auditoría energética basada en la norma ISO 50002:2014, estableciendo el balance energético e identificando oportunidades de mejora.</p>	<p>Solicitar información energética a la empresa, en caso de que se requiera, medir valores de consumo. Realizar balance energético por procesos y equipos. Identificar y proponer OCEs.</p>	<p>Personal de la organización. Diagramas de procesos productivos. Planos de procesos e instalaciones. Recibos de facturación energética. Datos de placa de equipos.</p>	<p>Criterios de la norma ISO 50002. Elaboración de gráficos para la visualización de los balances energéticos.</p>	<p>Auditoría energética y balances de energía.</p>
<p>Objetivo específico # 2: Establecer líneas de base energéticas e indicadores de acuerdo con la norma ISO 50006 para la determinación del desempeño energético.</p>	<p>Desarrollo de las líneas de base energética. Identificar equipos de mayor consumo energético. Plan de sensibilización. Cuadro de mando Integral.</p>	<p>Balance de energía. Norma ISO 50006.</p>	<p>Criterios establecidos en la norma ISO 50006.</p>	<p>Líneas de base de energía e indicadores energéticos. Cuadro de Mando Integral.</p>
<p>Objetivo específico # 3: Proponer un prototipo de sistema de monitoreo en tiempo real para</p>	<p>Definir el equipo a ser sometido a la medición. Programación y construcción del prototipo.</p>	<p>Ficha técnica del sensor. Balance en ergético.</p>	<p>La discrepancia entre el resultado del prototipo y una medición manual con equipo</p>	<p>Construcción del prototipo.</p>

<p>medir el consumo y la demanda de energía eléctrica en el equipo identificado como el de mayor impacto técnico y financiero según el balance energético.</p>			<p>comercial, expresada como porcentaje de error.</p>	
<p>Objetivo específico # 4: Evaluar mediante un análisis técnico financiero basado en indicadores, la rentabilidad del modelo de gestión energético considerando la factibilidad de su futura implementación .</p>	<p>Análisis técnico financiero de las principales OCEs. Elección de los indicadores pertinentes.</p>	<p>Bases de datos científicas. Registros de información históricos de la empresa.</p>	<p>Indicadores financieros y de eficiencia operativa.</p>	<p>Análisis financiero.</p>

Fuente: Elaboración propia.

## Cronograma

**Tabla 3.** Cronograma

Actividad	Semana																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	16	17		
Inducción a la empresa y conocimiento de procesos y equipos.																	
Solicitud de información energética a la empresa y confección de diagramas de procesos																	
Medición de consumo energético de los procesos productivos de la empresa.																	
Desarrollo de balances de energía y establecer oportunidades de conservación																	
Conclusión del Objetivo específico #1																	
Desarrollo de LBEn e identificación de equipos de mayor consumo.																	
Planteamiento del plan de sensibilización.																	
Desarrollo del Cuadro de Mando Integral.																	
Conclusión del Objetivo específico #2																	
Programación y prueba digital del prototipo.																	
Mediciones y construcción del prototipo.																	
Mediciones y construcción del prototipo.																	
Conclusión del Objetivo específico #3																	
Planteamiento de indicadores financieros y de eficiencia operativa.																	
Análisis financiero de OCEs.																	
Conclusión del Objetivo específico #4																	
Redacción del informe.																	
Entrega del Informe a los lectores																	
Entrega del informe final																	
Defensa del TFG																	

Fuente: Elaboración propia.

## Marco Teórico

### Términos relacionados con facturación energética

#### *Energía*

La energía es la capacidad de realizar trabajo. La energía eléctrica se relaciona directamente con la producción y las horas de operación de máquinas en empresas, Su símbolo es la letra E. (CNFL, s.f.). Ecuación:

$$E = Potencia [kW] \cdot Tiempo[h] \quad (1)$$

#### *Potencia*

La potencia mide la rapidez con que se consume la energía. Un equipo con mayor potencia gastará más energía que uno con menor potencia, si ambos operan durante el mismo tiempo. Su símbolo es la letra P. (CNFL, s.f.).

#### *Demanda*

La demanda eléctrica se calcula promediando la potencia consumida por un equipo, durante un intervalo de 15 minutos. La ecuación para determinarla usa el consumo total de energía y el tiempo en horas. (CNFL, s.f.). Ecuación:

$$Demanda = \frac{Energía [kWh]}{Intervalo [h]} \quad (2)$$

### Términos Relacionados con la familia de normas ISO 50000

#### *Política Energética*

La declaración de la organización sobre sus intenciones, dirección y compromisos relacionados con el desempeño energético, según lo formalizado por la alta dirección (INTECO, 2018).

#### *Sistema de Gestión de Energía*

Sistema de gestión para definir una política energética, objetivos, metas, planes de acción y procesos para alcanzar las metas energéticas (INTECO, 2018).

### ***Auditoría***

Proceso sistemático, independiente y documentado para obtener y evaluar objetivamente evidencia de auditoría, con el objetivo de determinar el cumplimiento de los criterios de auditoría (INTECO, 2018).

### ***Desempeño Energético***

Resultados medibles sobre eficiencia energética, uso de la energía y consumo de energía (INTECO, 2018).

### ***Indicador de Desempeño Energético (IDEn)***

Medida o unidad de desempeño energético según la definición establecida por la organización (INTECO, 2018).

### ***Línea de Base Energética (LBE)***

Referencia cuantitativa que sirve como base para comparar el desempeño energético (INTECO, 2018).

### ***Consumo de Energía***

Cantidad de energía utilizada (INTECO, 2018).

### ***Eficiencia Energética***

Proporción o relación cuantitativa entre un resultado de desempeño, servicio, producto, materia prima o energía, así como una entrada de energía (INTECO, 2018).

### ***Uso de la Energía***

Aplicación de la energía (INTECO, 2018).

### ***Uso Significativo de la Energía (USE)***

Uso de la energía que representa un consumo significativo o que tiene un gran potencial para mejorar el desempeño energético (INTECO, 2018).

### ***Balance Energético***

Cuantificación de entradas y generación del suministro de energía en comparación con las salidas, basada en el consumo de energía y el uso de la energía (INTECO, 2018).

### ***Oportunidad de Conservación de Energía (OCE)***

Se refieren a las acciones posibles que pueden mejorar el desempeño energético de la organización.

### ***Norma INTE/ISO 50001:2018***

Establece los requisitos para crear, implementar y mejorar un sistema de gestión de la energía, promoviendo la mejora continua del desempeño energético. Es aplicable a cualquier organización y sus actividades energéticas, sin importar el tipo o uso de energía, y se puede usar solo o en combinación con otros sistemas de gestión (INTECO, 2018).

### ***Norma INTE/ISO 50002:2018***

Define los requisitos y principios para realizar auditorías energéticas en diversos establecimientos y organizaciones, con el fin de abarcar los usos de la energía. Establece los procesos comunes y los entregables necesarios para las auditorías energéticas (INTECO, 2018).

### ***Norma ISO 50006:2014***

Esta norma internacional ofrece orientación práctica para cumplir con los requisitos de ISO 50001 sobre el establecimiento, uso y mantenimiento de indicadores de desempeño energético (IDEn) y las líneas base energética (LBEn). Estos elementos claves permiten medir y gestionar el desempeño energético en relación con el consumo, uso y eficiencia de la energía (ISO, 2014).

## **Modelos Tarifarios**

### ***Tarifa Comercial (T-CO)***

Para el suministro de energía y potencia a servicios de baja tensión clasificados en el sector comercial o de servicios, de acuerdo con la clasificación de actividades económicas empleada por el Banco Central de Costa Rica (ESPH, 2020).

### ***Tarifa de Media Tensión b (T-MTb)***

Para el suministro de energía y potencia a servicios eléctricos en media tensión, se requiere un contrato de al menos un año, prorrogable anualmente. El cliente debe comprometerse a consumir 1,000,000 kWh y 2,000 kW mensuales en al menos 10 de los últimos 12 meses y mantener el consumo histórico. También podrán optar por esta tarifa los clientes con certificación ISO 50001 en eficiencia energética, quienes podrán ser eximidos del requisito mínimo de consumo, sujeto a evaluación según el consumo histórico (ESPH, 2020).

### ***Tarifa de Media Tensión (T-MT)***

La tarifa de media tensión se aplica a usuarios de suministro de energía y potencia que están conectados a la red en media tensión y que tienen consumos mensuales superiores a 20,000 kWh. Esta categoría tarifaria define precios, mediante una banda, es decir, establece un rango de precios entre valores mínimos y máximos. Los precios dentro de este rango pueden ser aplicados al consumo de energía y potencia de los usuarios, según lo requiera cada caso específico (ESPH, 2020).

## **Prototipo de Monitoreo En Tiempo Real**

### ***Arduino MEGA 2560 REV3***

Arduino Uno es una placa de microcontrolador basada en el ATmega328P que incluye 14 pines digitales (6 con salida PWM) y 6 entradas analógicas. Tiene un resonador de 16 MHz, conexión USB, entrada de alimentación, conector ICSP y botón de reinicio. Es fácil de usar y configurar; solo necesitas conectarla a un ordenador o alimentarla con una batería o adaptador. Si cometes errores, puedes reemplazar el chip sin grandes costos. Ideal para experimentos y proyectos electrónicos. *Arduino Uno Rev3*, (s. f.).

### ***Sensor de Corriente Alterna No Invasivo SCT-013***

Los sensores de la serie SCT-013 funcionan como transformadores, donde la corriente del cable medido actúa como el devanado primario y el sensor tiene un devanado secundario con hasta más de 2000 espiras. La relación entre la corriente del cable y la salida del sensor varía según el modelo, algunos incluyen una resistencia de carga que convierte la corriente en una salida de voltaje. (Sensores SCT-013, s. f.).

### ***Ethernet Shield W5100***

El Shield Ethernet W5100 es un accesorio para Arduino que permite conectar y controlar el microcontrolador a través de Internet o una red LAN. Es útil para aplicaciones como domótica, automatización y monitoreo remoto. Compatible con Arduino Uno, Mega y Leonardo, el shield incluye un slot para tarjetas micro-SD y un controlador de reset para asegurar un inicio correcto del módulo. Utiliza una interfaz SPI, lo que requiere atención a los pines específicos en cada modelo de Arduino. Además, el shield tiene un conector RJ45 para Ethernet y es apilable, permitiendo el uso de otros shields simultáneamente. Incorpora el chip Wiznet W5100, soporte para protocolos TCP/IP, y LEDs de estado para facilitar la monitorización de la conexión. Naylamp Mechatronics, (s. f.)

### **General**

#### ***Cuadro de Mando Integral (CMI)***

Es una herramienta de gestión que evalúa la situación y evolución de una empresa desde una perspectiva global. Proporciona indicadores numéricos y gráficos en áreas como finanzas y control de inventarios, ofreciendo una visión clara y actualizada para apoyar la toma de decisiones (Montaño (s. f.)).

#### ***Periodo de recuperación de la inversión (PRI)***

El periodo de recuperación de la inversión se refiere al tiempo que tarda una empresa en recuperar el importe original invertido en un proyecto, cuando el flujo fijo neto es igual a cero (GoCardless, 2021).

#### ***Valor actual neto (VAN)***

Es el valor que expresa todos los flujos de efectivo futuros (positivos y negativos) al momento presente para analizar una inversión (BMF Business School, 2024).

#### ***Tasa Interna de Retorno (TIR)***

Es una medida financiera que se utiliza para evaluar la rentabilidad de una inversión. Se expresa como un porcentaje y representa la tasa de rendimiento esperada de una inversión a lo largo de su vida útil (BMF Business School, 2024).

### ***Ratio de eficiencia energética (EER)***

Expresa la relación entre la refrigeración proporcionada por una unidad en relación con la cantidad de entrada eléctrica necesaria para generarla (Daikin, (s. f.). Ecuación:

$$EER = \frac{\text{Capacidad de refrigeración [BTUh]}}{\text{Consumo eléctrico [kW]}} \quad (3)$$

### ***Valor de carga parcial integrado (IPLV)***

El IPLV se utiliza para describir la eficiencia energética práctica de los chillers y aires acondicionados en diferentes cargas (más realistas). El IPLV se calcula no solo al 100% de la capacidad, sino también al 25%, 50% y 75% de la capacidad (LearnMetrics, 2021).

### ***Potencial de calentamiento global (GWP)***

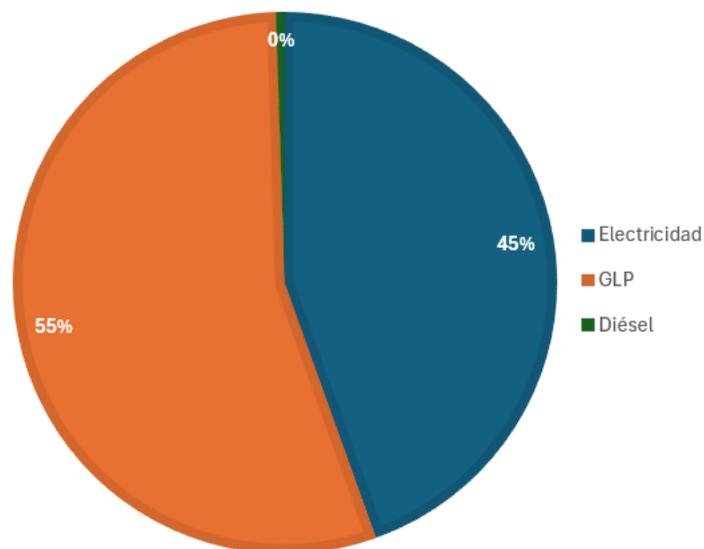
El GWP de un refrigerante indica su capacidad relativa para contribuir al calentamiento global en comparación con el CO<sub>2</sub> (conocido también como equivalente de CO<sub>2</sub>). Este valor refleja el impacto en el calentamiento global a lo largo de un período de 100 años. A mayor valor de GWP de una sustancia, mayor será su efecto negativo sobre el clima (JULABO, 2024).

## Objetivo I. Auditoría Energética

### Resumen

En este capítulo, se lleva a cabo una auditoría energética para Griffith Foods, con el fin de considerar sus dos principales fuentes de energía primaria: la energía eléctrica y el gas licuado de petróleo (GLP). Aunque la planta dispone de luminarias que funcionan con energía fotovoltaica, esta energía no se distribuye a otras áreas de la planta, por lo tanto, no se toma en cuenta en el análisis. Además, se omite el consumo de diésel debido a que su uso es mínimo y no representa un gasto energético ni monetario significativo para la compañía.

**Figura 1.** Consumo energético Griffith Foods [kWh] por tipo de energía



**Fuente:** Elaboración propia con datos suministrados por el departamento de calidad.

La auditoría incluye un análisis detallado del consumo energético de la compañía, así como su balance energético y el uso de la energía. Estos elementos sirven como base para la toma de decisiones futuras que buscan mejorar el desempeño energético. Este proceso se lleva a cabo siguiendo las pautas establecidas en la norma INTE/ISO 50002:2018.

Se presenta una propuesta de política energética que se ajusta a los objetivos de la empresa. Esta política establece un marco para definir y revisar objetivos y metas energéticas, con el objetivo de demostrar un compromiso con la mejora continua. Además, asegura la disponibilidad de la información y los recursos necesarios para optimizar la eficiencia energética, la cual se detalla en el apéndice A. También se recopilaron todas las leyes, normas,

códigos y reglamentos que afectan el uso de las fuentes de energía en el complejo, los cuales están en el apéndice B.

### **Alcance y límites Establecidos**

Se establece que el alcance del sistema de gestión de energía comprende todas las facilidades que requieran el uso de energía primaria; es decir, electricidad y gas licuado de petróleo. Además, se incluyen los procesos realizados en la planta de producción (áreas de líquidos, polvos), a su vez, contemplando también los departamentos administrativos y cualquier departamento fuera del área de producción.

Las secciones físicas dentro de los límites de la planta de producción, la planta de tratamiento de aguas residuales, Investigación y desarrollo, TI, y la sección administrativa dentro de las instalaciones de la planta de producción.

### **Descripción del Uso de la Energía**

Griffith Foods realiza múltiples tipos productos para el sector alimentario, variedad de tipo de salsas, aderezos y condimentos, como se aprecia en Anexo A. Dichos productos son sometidos a procesos productivos como: mezclado, cocinado, porcionado, envasado, empaquetado, emulsionado. Aunado a lo anterior, el uso de energía en sala de máquinas, ya sea en el cuarto de compresores como en el área de calderas y área de chiller.

### ***Líquidos***

- **Ferrari**

En esta área productiva se cuenta con tres tanques, uno que se utiliza para almacenamiento de producto y los otros dos para la limpieza CIP (Clean in Place). De este tanque se inyecta la materia prima a una embotelladora, la cual se rellena de botellas manualmente colocándolas en una tolva, estas botellas en esta máquina son llenadas, etiquetadas y selladas, además empacadas y listas para ser almacenadas en la bodega de producto terminado.

Dicho equipo requiere el uso de un compresor para mover los brazos robóticos, además de la energía eléctrica para el uso de múltiples motores de inducción que esta posee.

- **Cocina**

En la sección de cocina se encuentran seis marmitas, en las cuales se cocina la materia prima, a través de energía en forma de calor, esto se consigue mediante vapor, estas marmitas poseen una mezcladora cada una que funciona mediante energía eléctrica; una vez cocinada la materia prima, por la chaqueta de las marmitas se hace pasar un flujo de agua fría, para disminuir la temperatura de las mezclas. Por tanto, depende del producto y sus especificaciones se le hace atravesar por diferentes equipos de homogenización y después es impulsado a tanques de llenado.

También se cuenta con dos emulsionadoras, las cuales poseen tanques de mezclado previo al emulsionado.

- **Porcionado**

En la sección de porcionado se posee una embotelladora manual, además de dos tanques para materias primas, unidos a cintas empacadoras, también se cuenta con un equipo de llenado manual, On-Pack, y cinco porcionadoras, además de una paletizadora.

### ***Polvos***

En la sección de polvos se cuenta con seis mezcladoras, de 100, 250, 300, 1000, 2000, 3000 kilogramos, respectivamente; las cuales se añade materia prima en forma de polvo, la cual es mezclada y tamizada por un tiempo establecido y por gravedad el producto se extrae de las mismas. Además, se cuenta con dos empacadoras automatizadas y una línea manual para los productos del área de polvos.

### ***Sistema de Compresores***

En el sistema de aire comprimido se incluyen tres compresores, dos secadoras de aire y dos tanques pulmón, por lo general, dos de los tres compresores entran en operación constantemente, en dado caso de que no den abasto estaría entrando el tercero. Estos compresores brindan aire comprimido a la planta de tratamiento de aguas residuales, además de todas las áreas de producción como la Ferrari, líquidos y polvos.

### **Cuarto de Calderas**

En el cuarto de calderas, existen dos, solo una de ellas se encuentra en operación, además, está rota cada quince días. La producción de vapor que generan las calderas es utilizada por las marmitas en el área de líquidos de la planta de producción.

### **Equipo de Bombeo**

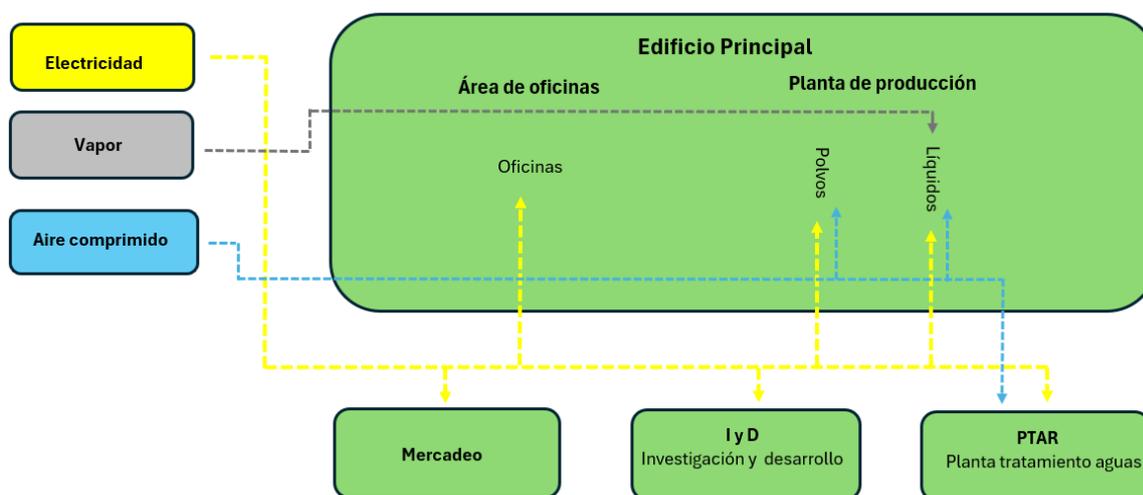
En esta sección se contemplan dos bombas para el trasiego de agua potable en toda la planta, una de las cuales funciona continuamente y la otra se encuentra lista por si la primera falla.

### **Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)**

La planta de tratamiento de aguas residuales incluye equipos como bombas de desplazamiento positivo, bombas dosificadoras, motores agitadores, sopladores, bombas sumergibles y equipo DAF, para la descontaminación y procesado del agua del proceso.

En la Figura 2, se observa el diagrama de proceso con las energías que intervienen en cada una de las áreas.

**Figura 2.** Diagrama de procesos productivos planta Griffith Foods en Costa Rica



Fuente: Elaboración propia.

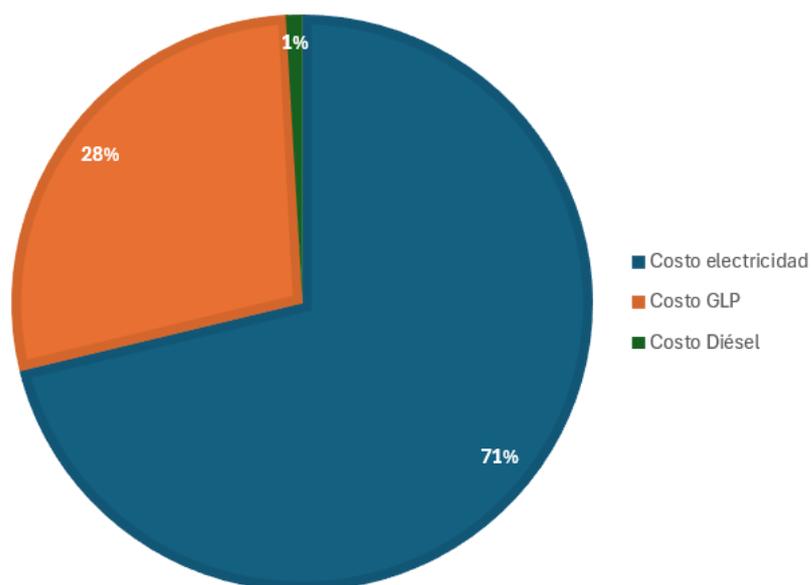
## Horarios de operación

Para el análisis del consumo energético de la compañía, se registran los tiempos de utilización de todos los equipos que consumen energía. En el caso de las áreas administrativas, como oficinas, TI, bodegas, investigación y desarrollo, calidad, ingeniería, mercadeo, así como la parte administrativa de producción y mantenimiento, se considera el horario administrativo. Para el área de producción, se evalúa la eficacia general del equipo (OEE, por sus siglas en inglés), información proporcionada por el departamento de ingeniería y mejora continua, lo cual se puede observar en la Tabla 23.

## Descripción del consumo de energía

Aunque el gas LP constituye la mayor parte del consumo energético de la empresa, como se muestra en la Figura 1, el mayor costo económico está asociado al consumo de energía eléctrica. Esta información se detalla en la Figura 3, que ilustra el impacto económico del consumo eléctrico en comparación con otras fuentes de energía.

**Figura 3.** Gasto energético de Griffith por tipo de energía



**Fuente:** Elaboración propia con datos suministrados por el departamento de calidad.

La empresa distribuidora que suministra la energía eléctrica a la compañía es la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH). La facturación se realiza conforme a los

montos establecidos por ARESEP para la Tarifa Comercial. Los datos del medidor se pueden consultar en la Tabla 4.

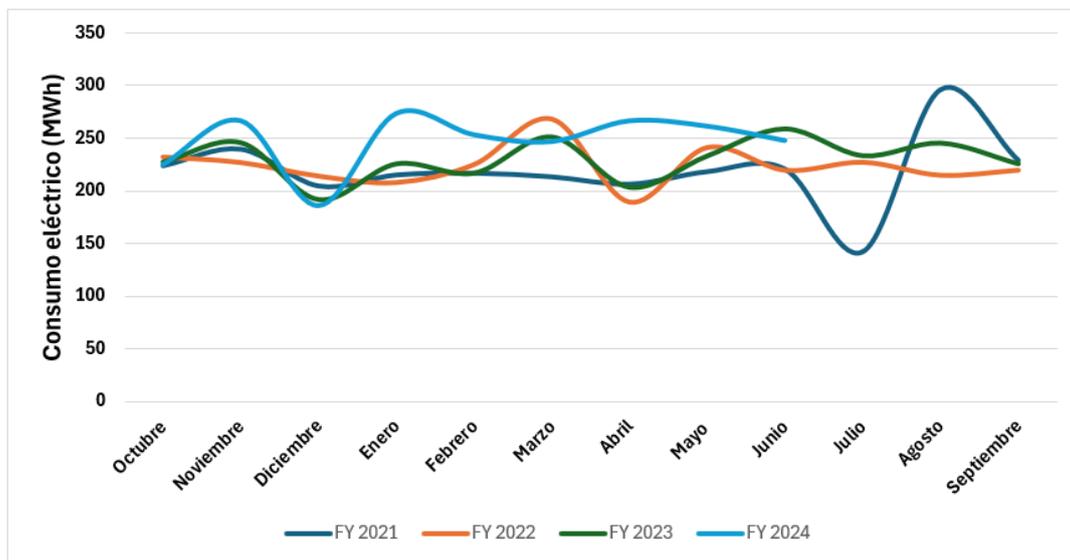
**Tabla 4.** *Datos de Acometida Eléctrica*

Cliente	Localización	Número de Medidor	Tarifa Vigente
Griffith Foods SA	DM-17-415	161100	T-CO

Fuente:Elaboración propia con datos suministrados por el departamento de calidad.

La Figura 4, ilustra el comportamiento del consumo de energía eléctrica durante los años fiscales 2021, 2022, 2023 y hasta junio de 2024.

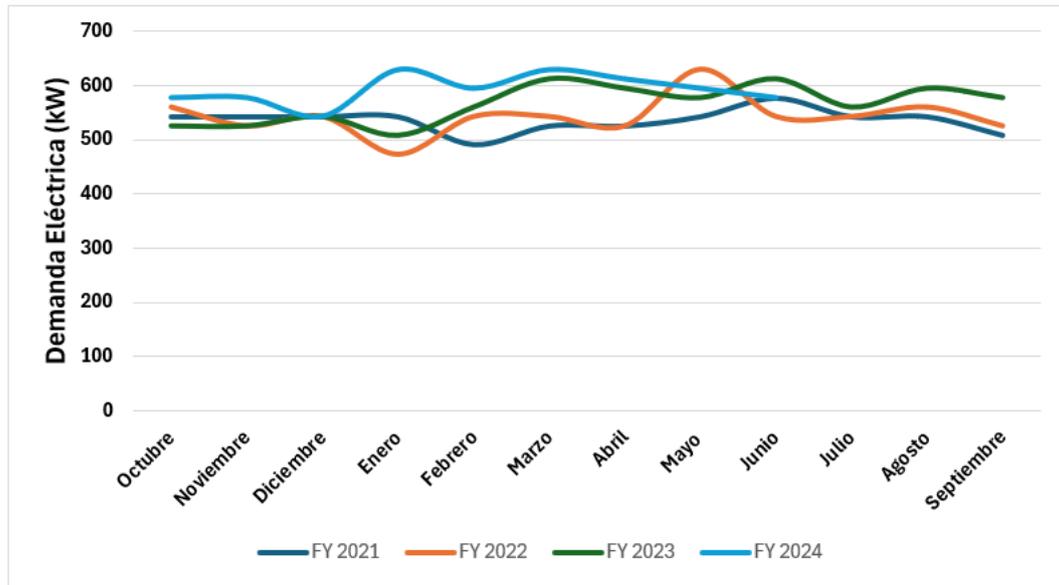
**Figura 4.** *Comportamiento del consumo eléctrico en la planta de Griffith Foods, desde el año fiscal 2021, hasta junio del 2024, en Costa Rica*



Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el departamento de calidad.

El análisis revela un comportamiento uniforme en el consumo de energía eléctrica a lo largo de los años, con una notable disminución en diciembre. Esta reducción se debe a que la planta detiene sus operaciones durante una semana para las vacaciones de los operarios.

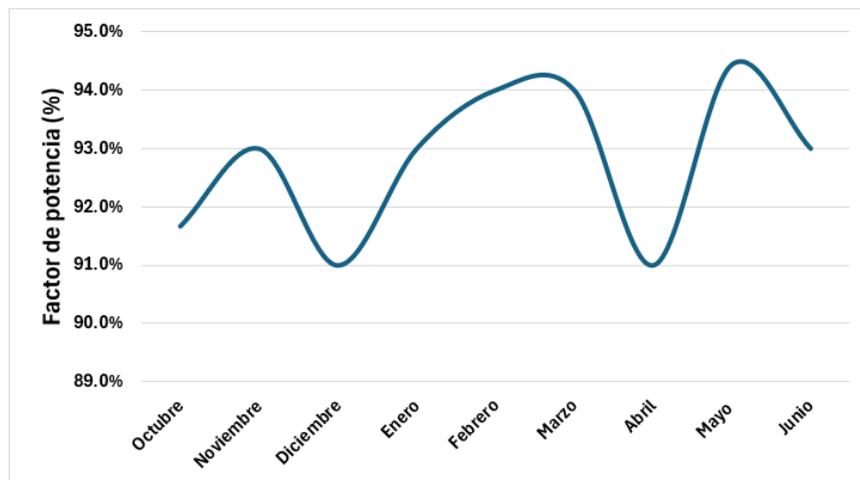
**Figura 5.** Comportamiento de la demanda eléctrica en la planta de Griffith Foods, desde el año fiscal 2021, hasta junio del 2024, en Costa Rica



Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el departamento de calidad.

La demanda eléctrica, al igual que el consumo, muestra un comportamiento uniforme a largo plazo. Esta consistencia se debe a la ausencia de grandes paros o imprevistos durante el periodo analizado, lo que ha permitido mantener una estabilidad en los datos.

**Figura 6.** Comportamiento del factor de potencia de Griffith Foods, desde octubre del 2023, hasta junio del 2024, en Costa Rica



Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el departamento de calidad.

El factor de potencia se ha mantenido en valores óptimos, oscilando entre el 91% y el 94%. Estos valores están por encima del mínimo requerido por la compañía eléctrica, que es del 90%, lo cual ayuda a evitar posibles multas.

### **Consumo de Gas Licuado de Petróleo**

El gas licuado de petróleo (gas LP), se utiliza, predominantemente, en la planta de producción para la generación de vapor en las calderas. Este vapor es esencial para alimentar las marmitas en el área de cocina, específicamente, en la sección de líquidos de producción. La importancia del gas LP en esta función es significativa, dado que proporciona la energía necesaria para el proceso de producción.

Además de su papel principal en la generación de vapor, el gas LP también se emplea en menor medida para los montacargas, aunque su uso en este aspecto representa un porcentaje menor en comparación con el de las calderas. Por otro lado, en los laboratorios y la cocina de investigación y desarrollo, el gas LP se utiliza en cantidades muy reducidas, menos del 0.05%, por lo que estas aplicaciones se excluyen del análisis general.

Para el almacenamiento del gas licuado de petróleo, la planta cuenta con una capacidad máxima de 7,570 litros, distribuida en dos tanques con una capacidad individual de 3,785 litros cada uno. A pesar de esta capacidad, los tanques nunca se llenan más del 90% de su capacidad máxima, garantiza así un margen de seguridad en su almacenamiento. El suministro del combustible es proporcionado por la empresa Gas Zeta S.A. A continuación, se presenta la Tabla 5 que detalla los datos de los tanques.

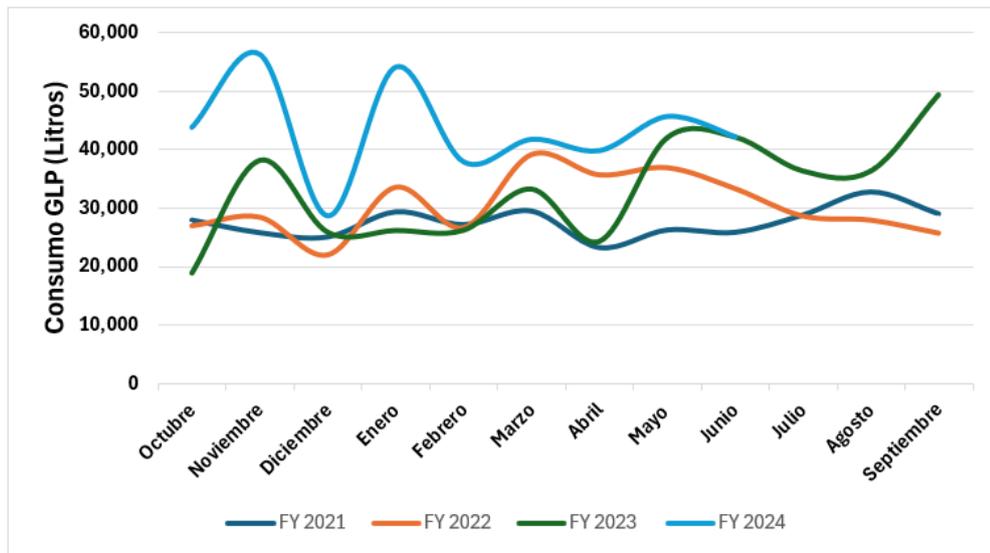
**Tabla 5.** *Datos de los tanques de GLP*

Cliente	Número de Tanque	Capacidad del tanque [L]
Griffith Foods	2995	3,785.00
	2996	3,785.00

**Fuente:** Elaboración propia.

El consumo de gas LP en la planta se estima, a partir de las facturas emitidas por el proveedor, que realiza la operación de llenado del tanque tres veces por semana, los lunes, miércoles y viernes.

**Figura 7.** Comportamiento del consumo de GLP de la planta de Griffith Foods, desde el año fiscal 2021 hasta junio del 2024



**Fuente:** Elaboración propia con datos suministrados por el departamento de calidad.

A partir de mayo de 2023, se ha observado un incremento en el consumo de gas LP en la planta. Este aumento se debe a que, en abril, se retiraron los tanques de agua caliente del CIP de la planta de producción debido a problemas de espacio en la misma. Además, se cambió la configuración del CIP, incorporando un intercambiador de calor que funciona de manera continua para mantener el agua del tanque a 85°C. Esta nueva configuración, que antes no existía, ha generado un aumento significativo en el consumo y la facturación de gas LP.

Por otro lado, se pueden observar valles en el consumo de gas LP, los cuales corresponden a caídas en la producción. Uno de los descensos más notorios se produce en el mes de diciembre, lo anterior, debido a que la planta cierra durante una semana por vacaciones. Este período de inactividad se refleja en un notable decremento en el consumo de gas LP.

En relación con el consumo de gas LP en cada caldera, la planta ha instalado medidores de gas desde mayo de 2023, momento en el que se registró un aumento considerable en el consumo. Con estos medidores, se calcula un consumo promedio mensual para cada caldera. Con respecto a la parte de investigación y desarrollo y los laboratorios, el consumo anual es de 180 litros de gas, que se distribuye mensualmente. El resto del gas LP se asume que es utilizado por los montacargas, ya que para estos equipos no se lleva un control específico del consumo.

**Tabla 6.** Estimación del porcentaje de consumo de GLP en cada equipo

Equipo	Capacidad calorífica GLP [MJ/L]	Consumo mensual [L]	Porcentaje del consumo [%]
Caldera 60 BHP	25.68	19,826.00	40.5%
Caldera 80 BHP	25.68	22,085.00	45.1%
Montacargas I+D, Laboratorios	25.68	7,027.00	14.4%
	25.68	15.00	0.0%
Total		48,953.00	100.0%

Fuente: Elaboración propia.

### Balances de energía

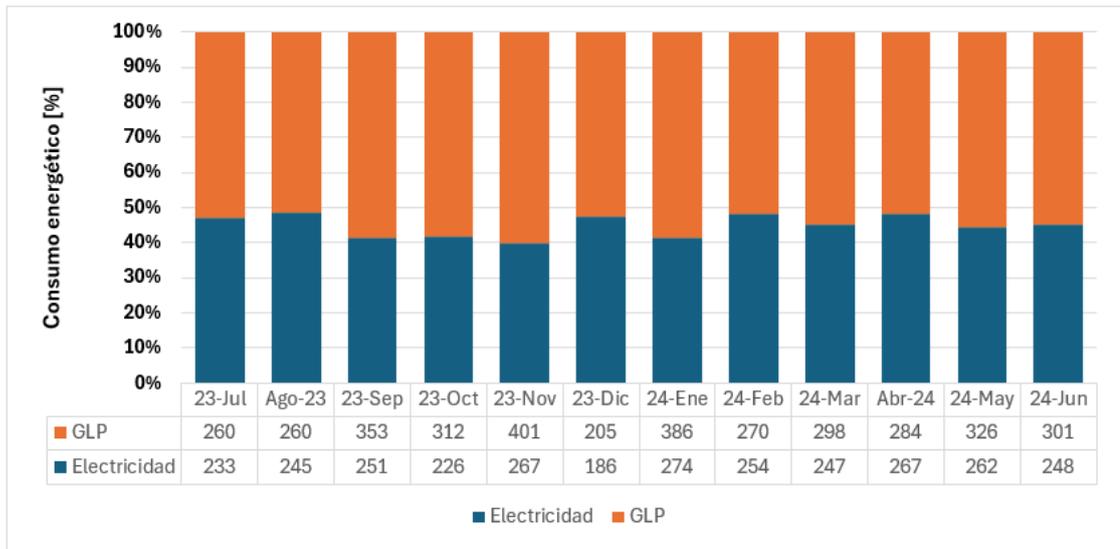
A partir de los datos de consumo de las secciones anteriores, se elaboran los balances energéticos correspondientes. Estos balances permiten conocer en detalle el uso y consumo de la energía en la empresa, por tanto, facilitan una comprensión más precisa de cómo se distribuye y utiliza la energía en las distintas áreas de la planta.

#### *Balance de energías primarias*

Desde un punto de vista general, se compara el consumo de dos energías primarias: la energía eléctrica y el gas LP. Para realizar esta comparación, es necesario convertir ambos valores de energía a la misma unidad. Se utilizan dos unidades de conversión para ello. La primera proviene de RECOPE (2021), que establece que el poder calórico del GLP es de 25.68 MJ por litro. La segunda unidad de conversión se basa en los datos de The Carbon Trust (2024), que indican que 1 MJ equivale a 0.2778 kWh. Al multiplicar estos dos factores de conversión, se puede convertir el volumen de litros de GLP a kWh, por tanto, se obtiene así el valor correspondiente en términos de energía eléctrica.

$$\text{Consumo de GLP [kWh]} = \text{Consumo GLP [l]} * 25.68 \left[ \frac{\text{MJ}}{\text{l}} \right] * 0.2778 \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{MJ}} \right] \quad (4)$$

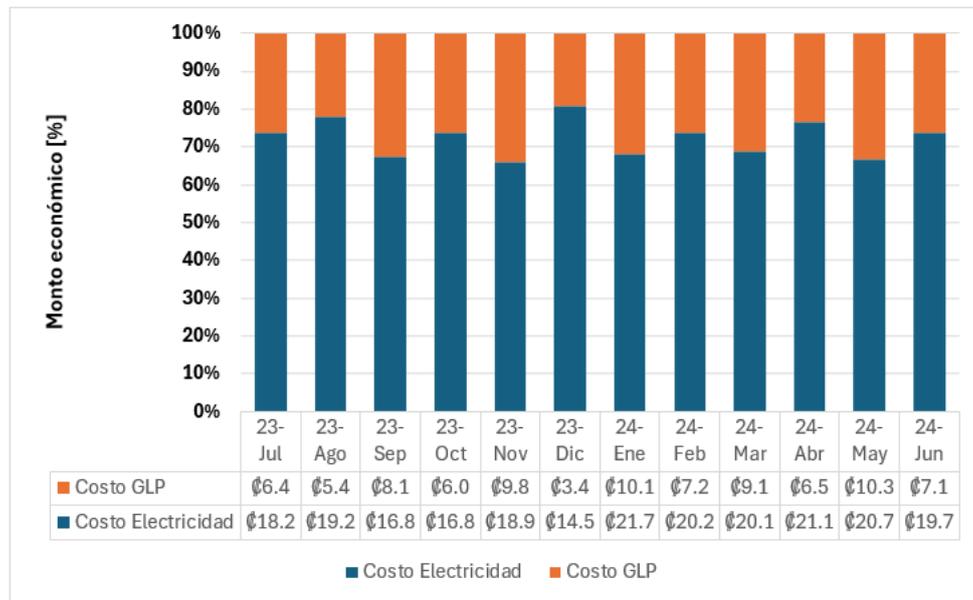
**Figura 8.** Balance de energías primarias de Griffith Foods, utilizando el kWh como unidad base, julio 2023- junio 2024 (estructuras porcentuales)



Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el departamento de calidad.

De la Figura 8, se puede destacar que, en todos los meses, la energía primaria que representa el mayor consumo energético es el gas LP, el cual abarca entre un 50% y un 60% del total. Esto se debe a su alto poder calórico.

**Figura 9.** Balance de energías primarias de Griffith Foods, utilizando millones de colones como unidad base, julio 2023 – junio 2024 (Estructuras porcentuales)



Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el departamento de calidad.

Contrastando el aspecto económico con el consumo energético de cada tipo de energía primaria, se puede observar que, aunque el gas LP proporciona el mayor aporte energético a la planta, la energía eléctrica representa el mayor coste económico para la compañía. En promedio, la energía eléctrica constituye el 72% de la facturación energética mensual, con un valor aproximado de 19 millones de colones.

### ***Balance energético por áreas de la compañía***

Dado que la energía eléctrica representa el mayor impacto económico, es fundamental analizar su consumo de manera sectorizada en las diferentes áreas de la planta.

Con respecto a la red trifásica de distribución eléctrica, la planta cuenta con 39 centros de carga para llevar a cabo la distribución. La diferencia de potencial de línea suministrada a los equipos conectados al tablero principal es de 460 V. Los equipos conectados a los tableros secundarios se dividen en dos grupos: aquellos que funcionan a 208 V y los destinados a alimentar el área de oficinas, que operan a 240 V.

**Tabla 7.** *Consumo eléctrico por área en la compañía y número de equipos*

Área	Consumo [kWh]	Porcentaje del total	Cantidad de equipos
Producción	102,056.75	39.7%	202.00
Mantenimiento	58,527.14	22.8%	109.00
Calidad	36,241.03	14.1%	270.00
HVAC	24,420.46	9.5%	75.00
Áreas de soporte	18,430.62	7.2%	712.00
Bodegas	13,914.40	5.4%	211.00
Investigación y Desarrollo	2,713.17	1.1%	278.00
Zonas Exteriores	521.70	0.2%	200.00
Total teórico	256,825.26	100.0%	2,057.00

**Fuente:** *Elaboración propia.*

Estos consumos se contrastaron con la facturación eléctrica para analizar la diferencia entre los datos de consumo reportados por la compañía distribuidora y los obtenidos, a partir de la auditoría energética. A continuación, se presenta la información en la Tabla 8.

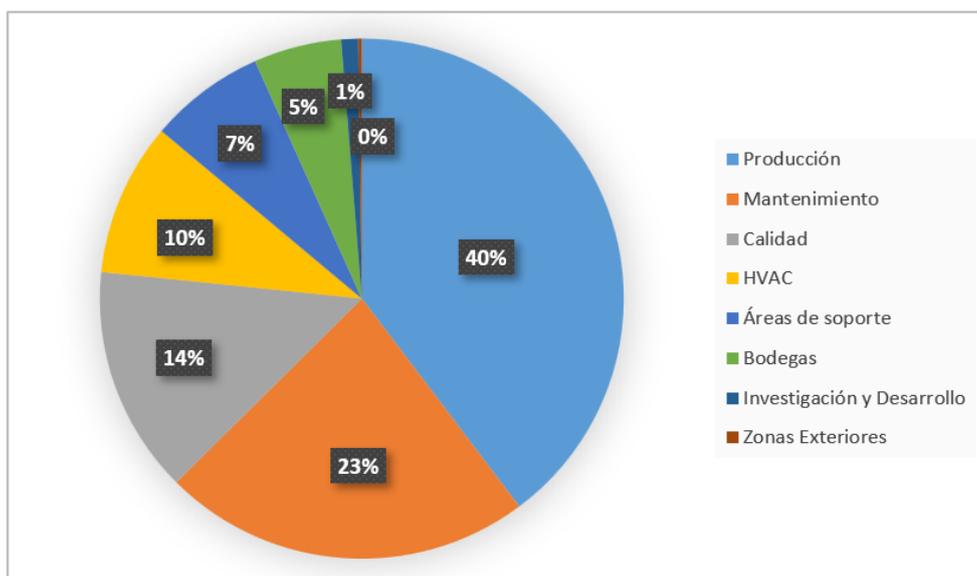
**Tabla 8.** Comparación consumo eléctrico auditado contra el real

	Consumo [kWh]
Consumo eléctrico mensual (auditoria)	256,825.26
Consumo eléctrico promedio (real)	258,632.83
Error	0.70%

Fuente: Elaboración propia.

Los consumos de la planta se pueden observar de manera más clara en el siguiente gráfico, que muestra el balance de energía eléctrica distribuida por áreas de la compañía. Además, es importante señalar que el consumo energético del área de mantenimiento es elevado, ya que incluye equipos de facilidades como el chiller.

**Figura 10.** Balance de energía eléctrica por área de Griffith Foods, en Costa Rica



Fuente: Elaboración propia.

Para ofrecer un mayor detalle del consumo eléctrico, las áreas, previamente contempladas, se dividieron en ubicaciones adicionales, lo que permite una visualización más precisa del consumo.

**Tabla 9.** Consumo eléctrico por ubicación de Griffith Foods, en Costa Rica

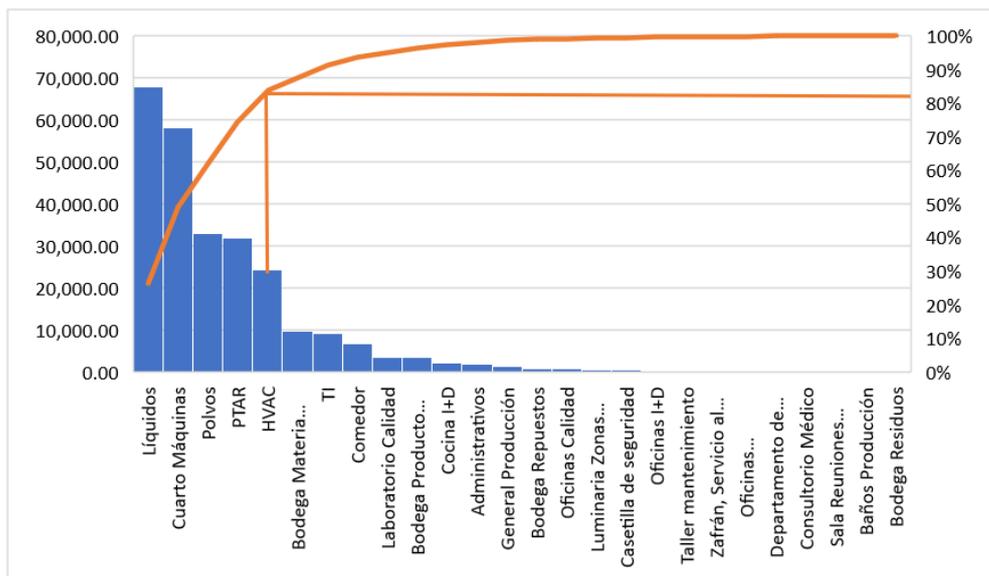
Ubicación	Consumo [kWh]	Porcentaje del total
Líquidos	67,757.84	26.4%
Cuarto Máquinas	58,157.41	22.6%

Polvos	32,987.47	12.8%
PTAR	31,950.88	12.4%
HVAC	24,420.46	9.5%
Bodega Materia Prima	9,589.23	3.7%
TI	9,161.22	3.6%
Comedor	6,686.42	2.6%
Laboratorio Calidad	3,534.49	1.4%
Bodega Producto Terminado	3,508.23	1.4%
Cocina I+D	2,182.34	0.8%
Administrativos	1,963.24	0.8%
General Producción	1,311.44	0.5%
Bodega Repuestos	816.93	0.3%
Oficinas Calidad	755.66	0.3%
Luminaria Zonas Verdes	521.70	0.2%
Casetilla de seguridad	401.30	0.2%
Oficinas I+D	353.95	0.1%
Taller mantenimiento	250.76	0.1%
Zafrán, Servicio al cliente, Ventas	128.70	0.1%
Oficinas mantenimiento	118.97	0.0%
Departamento de Ingeniería	114.67	0.0%
Consultorio Médico	60.96	0.0%
Sala Reuniones (Degustación)	48.18	0.0%
Baños Producción	42.82	0.0%
Bodega Residuos	0.00	0.0%

**Fuente: Elaboración propia.**

Con esta nueva tabla, se procede a elaborar un diagrama de Pareto para analizar en qué ubicaciones se registran los mayores consumos de la compañía. Este diagrama posibilita identificar las áreas en las que se debe enfocar el análisis para optimizar el consumo energético.

**Figura 11.** Diagrama de Pareto del consumo de energía por ubicación



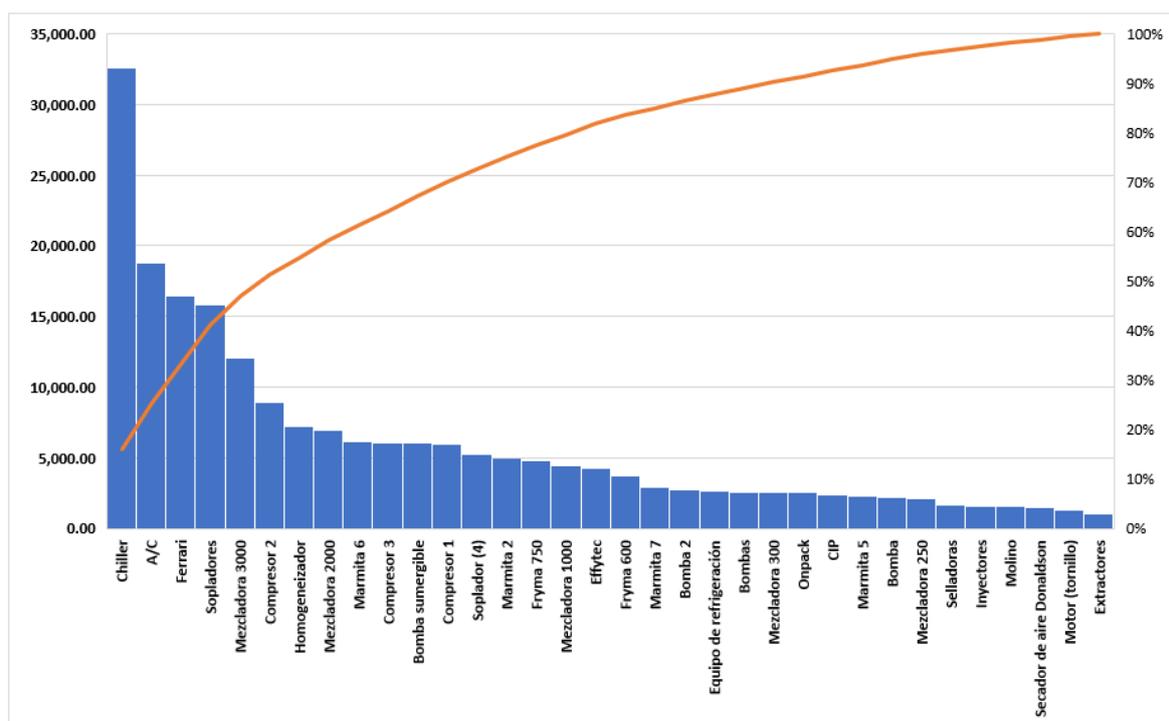
**Fuente:** Elaboración propia.

Del diagrama de Pareto se puede observar que las ubicaciones con mayor consumo son: el área de Líquidos y Polvos en Producción, el cuarto de máquinas en Mantenimiento, la planta de tratamiento de aguas residuales y los equipos HVAC. Estas cuatro ubicaciones representan, aproximadamente, el 84% del consumo total de energía eléctrica de la compañía.

### Usos significativos de la energía (USE)

Para identificar los usos significativos de la energía, se analizaron las cinco ubicaciones de mayor consumo de la planta previamente mencionadas: el área de Líquidos, Polvos, el Cuarto de Máquinas, la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) y los equipos HVAC. Para este análisis, se elaboró una lista de todos los equipos consumidores en estas áreas. Esta información se encuentra en las Tablas del Apéndice C.

**Figura 12.** Diagrama de Pareto del consumo por equipo de las áreas de mayor consumo



Fuente: Elaboración propia.

En el diagrama de Pareto, presentado anteriormente, que compara el consumo de los equipos en las cinco ubicaciones identificadas como las de mayor consumo, se observa que el equipo con mayor consumo es el chiller, ubicado en el cuarto de máquinas, que consume el 56% de la energía eléctrica de esta ubicación. Le siguen los minisplits, situados en el área de HVAC, que representan el 77% del consumo de energía en esa área. Por lo tanto, estos dos equipos se consideran los principales consumidores de energía.

Una vez identificados los principales usos de la energía, se presenta en la Tabla 10 un resumen del consumo de estos equipos y su coste económico asociado al consumo eléctrico.

**Tabla 10.** Consumo eléctrico y gasto económico de los usos significativos de la energía de Griffith Foods, en Costa Rica

Equipo	Consumo [kWh]	Costo en colones	Porcentaje del total
Chiller	32,575.99	¢2,613,430.79	12.7%
A/C	18,724.78	¢1,502,208.25	7.3%
Total de USE	51,300.77	¢4,115,639.03	20.0%

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 10, muestra el consumo de energía eléctrica de los equipos identificados. El chiller, es el equipo con mayor consumo, utiliza el 12.7% de la energía total de la compañía, con un coste económico superior a dos millones y medio de colones. Por su parte, los equipos de aire acondicionado (A/C) consumen el 7.3% del consumo eléctrico total, lo que se traduce en un millón y medio de colones. En conjunto, estos dos equipos, el chiller y los A/C, representan el 20% del consumo energético de la compañía.

### **Identificación de oportunidades de mejora**

Por lo tanto, equipos como los chillers y los aires acondicionados representan un uso significativo de la energía, es fundamental concentrar las oportunidades de mejora en estos equipos.

#### ***Cambio de Chiller***

En la compañía hay dos chillers que se encargan de suministrar agua fría a las marmitas y emulsionadoras. Por tanto, operan de manera alternada y, en caso de picos de producción, podrían funcionar simultáneamente durante ciertos periodos. Cabe destacar que ambos chillers, uno de la marca Carrier y el otro de York, son enfriados por aire.

Otra información importante para considerar es que el chiller York tiene menos de 10 años de funcionamiento, mientras que el Carrier ha superado los 20 años de operación. De acuerdo con el manual de instalación, operación y mantenimiento del chiller Carrier indica que esta unidad “Pueden tener una vida útil de alrededor de 15 años, o 452 000 ciclos de operación” (Carrier, s. f.).

De la cita anterior se puede deducir que uno de los dos chillers ha superado su vida útil, lo que proporciona una orientación sobre cuál de los dos sería más beneficioso reemplazar. Sin embargo, para una evaluación más precisa, se considerarán criterios técnicos habituales de los equipos, tales como la capacidad de enfriamiento, la potencia de entrada, la eficiencia de enfriamiento, la ratio de eficiencia energética (EER), el valor de carga parcial integrado (IPLV) y el potencial de calentamiento global (GWP).

#### ***Sustitución de equipos de aire acondicionado***

Además del cambio de chiller, se plantea la sustitución de los equipos de aire acondicionado existentes, que incluyen unidades Split, Minisplit y sistemas de aire

acondicionado en paquete ubicados en el cuarto de condensadores. Estos equipos son responsables de la climatización de diversas áreas dentro de las instalaciones, tales como:

- Áreas de Negociaciones
- Seguridad Ocupacional
- Recursos Humanos
- Finanzas
- Asociación Solidarista
- Sala de Reuniones Principal
- Departamento de Bodegas
- Comedor

La sustitución de estos equipos busca mejorar la eficiencia energética y el rendimiento del sistema de climatización en estas áreas, optimizando el confort y las condiciones laborales en cada espacio. Se propone reemplazar el equipo actual con un sistema VRF, el cual se define como: “sistemas de climatización de gran eficiencia idóneos para la climatización de edificios y grandes locales comerciales, ya que permiten regular el caudal de flujo de refrigerante que se envía desde una misma unidad exterior a distintas unidades interiores” (Arnabat, 2016).

## **Objetivo II. Indicadores de desempeño energético, líneas base y cuadro de mando integral**

### **Resumen**

En el Objetivo II, se desarrollan los Indicadores de Desempeño Energético (IDEn) y las Líneas de Base Energética (LBE) como parte del proceso de medición del desempeño energético de la empresa. Para ello, se utilizan variables como las cantidades de producción, ventas y toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas, desde enero de 2023 hasta junio de 2024. El establecimiento de estos parámetros se basa en las pautas de la Norma ISO 50006:2014. Los datos utilizados en el desarrollo de este capítulo fueron proporcionados por los departamentos de ventas, producción y medio ambiente de la compañía.

### **Establecimiento de los IDEn**

Griffith Foods produce una variedad de productos, algunos se detallan en el Anexo A. Dado que la mayoría de estos productos son similares y difieren solo en algunos ingredientes, el volumen de producción en toneladas se considera uno de los parámetros principales para la evaluación de los indicadores de desempeño energético. Además de este parámetro, se toman en cuenta otras variables correlacionadas con la producción, como las ventas, el consumo de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas.

Es importante destacar que los indicadores de desempeño energético relacionados con el consumo de gas LP se basan en datos a partir de julio de 2023. Esto se debe a que, como se menciona en el Objetivo I, ha habido un cambio significativo en el patrón de consumo de GLP debido a una modificación en la disposición de la planta. Este cambio ha generado un aumento en la varianza de los datos.

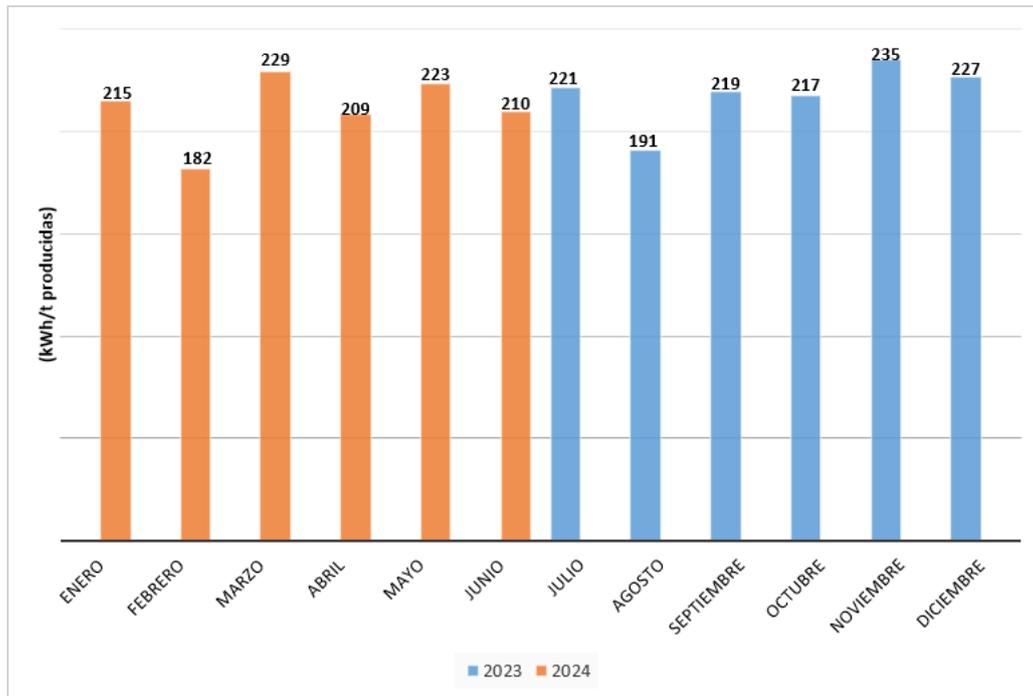
### ***Energía total por toneladas producidas (kWh/t)***

En este caso, se busca reflejar el desempeño energético de la compañía de manera global a través de este indicador. Los parámetros energéticos utilizados son el consumo de electricidad y GLP, medidos en kWh. El dato de producción a considerar serán las toneladas producidas en las áreas de líquidos y polvos durante los meses pertinentes. Para calcular el desempeño energético, se emplea la siguiente ecuación:

$$IDEn_1 = \frac{E_1 + E_2}{t} \quad (5)$$

Donde  $E_1$  corresponde al consumo eléctrico mensual (kWh),  $E_2$  es el consumo mensual de GLP convertido a kWh, y  $t$  son las toneladas totales producidas en un mes calendario. Para obtener el consumo de GLP en kWh, se utiliza la conversión descrita en el Objetivo I.

**Figura 13.** IDEn, Energía total utilizada por tonelada producida, julio 2023 – junio 2024



*Fuente: Elaboración propia.*

La Figura 13, ilustra el comportamiento del indicador desarrollado. Los resultados revelan un gasto energético inferior al promedio de 375 kWh mencionado por el Kaizen Institute Consulting Group (2023), considerando tanto la energía eléctrica como la energía generada a partir del consumo de combustible.

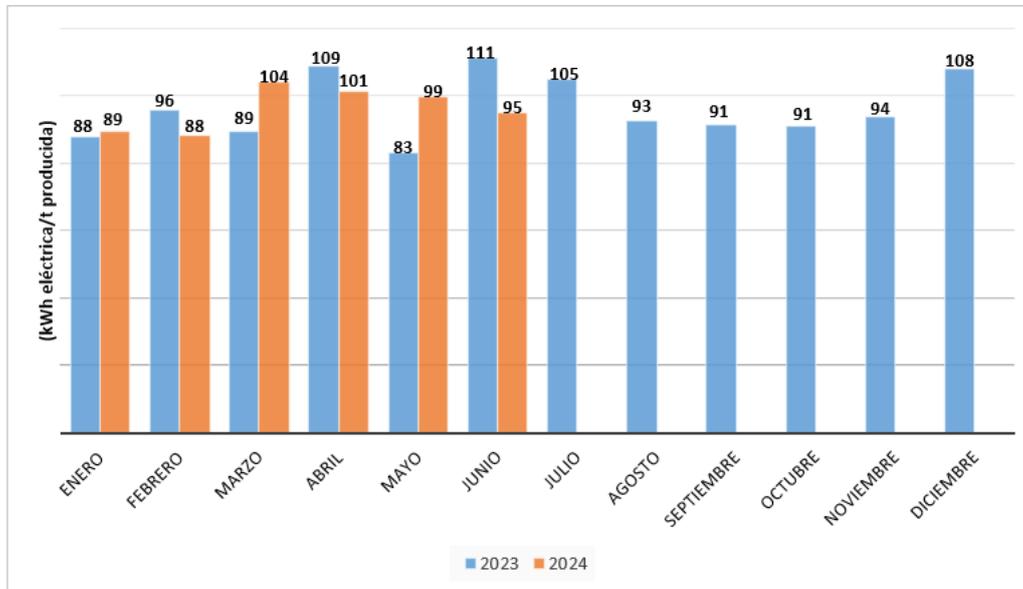
### ***Energía eléctrica consumida por toneladas producidas (kWh/t)***

Para evaluar qué tipo de energía muestra una mayor dependencia del volumen de producción, se ha desarrollado este indicador. Este indicador considera la energía eléctrica consumida en kWh en relación con las toneladas de producción mensuales, tanto en el área de líquidos como en la de polvos, desde enero de 2023 hasta junio de 2024. A continuación, se presenta la ecuación que ejemplifica el cálculo del indicador.

$$IDEn_2 = \frac{E_1}{t} \quad (6)$$

Donde  $E_1$  corresponde al consumo eléctrico mensual (kWh), y  $t$  son las toneladas totales producidas en un mes calendario.

**Figura 14.** *IDEn, Energía eléctrica utilizada por tonelada producida, enero 2023 – junio 2024*



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 14 muestra el comportamiento del consumo eléctrico por tonelada producida. Aunque el indicador de consumo energético total, que incluye tanto electricidad como combustible, se encuentra por debajo del promedio, al considerar únicamente la energía eléctrica, el valor promedio sería de 41 kWh, según Kaizen Institute Consulting Group (2023). Esto sitúa los valores obtenidos por encima de la referencia consultada.

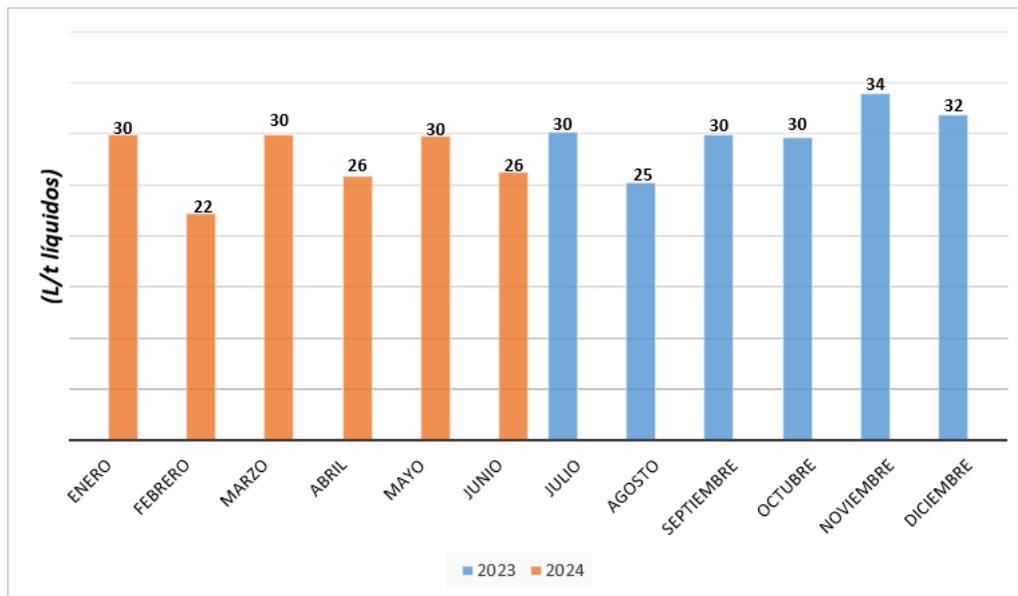
#### ***Litros GLP por toneladas de líquido producidas (L/t)***

Aunque el consumo de gas LP no es el foco principal de este trabajo, por su impacto significativo en el consumo energético, también es crucial monitorear este consumo. El gas LP se utiliza, principalmente, en la planta para la generación de vapor en el área de cocina de líquidos y para el sistema de limpieza de equipos CIP. En este contexto, se compara el consumo energético de gas LP (en litros) con la producción de toneladas de productos. La ecuación para obtener el indicador es la siguiente:

$$IDEn_3 = \frac{L_{GLP}}{t} \quad (7)$$

Donde  $L_{GLP}$  representa los litros de GLP consumidos por mes y  $t$  la cantidad de producto producido en toneladas.

**Figura 15.** *IDEn, Litros de GLP consumidos por tonelada producida, julio 2023 – junio 2024*



**Fuente:** Elaboración propia.

La Figura 15, ilustra el comportamiento del consumo de GLP por tonelada de producto producida, revelando una notable variabilidad entre meses, como febrero de 2024 y noviembre de 2023. Esta variabilidad sugiere la necesidad de implementar un control más riguroso del consumo de gas.

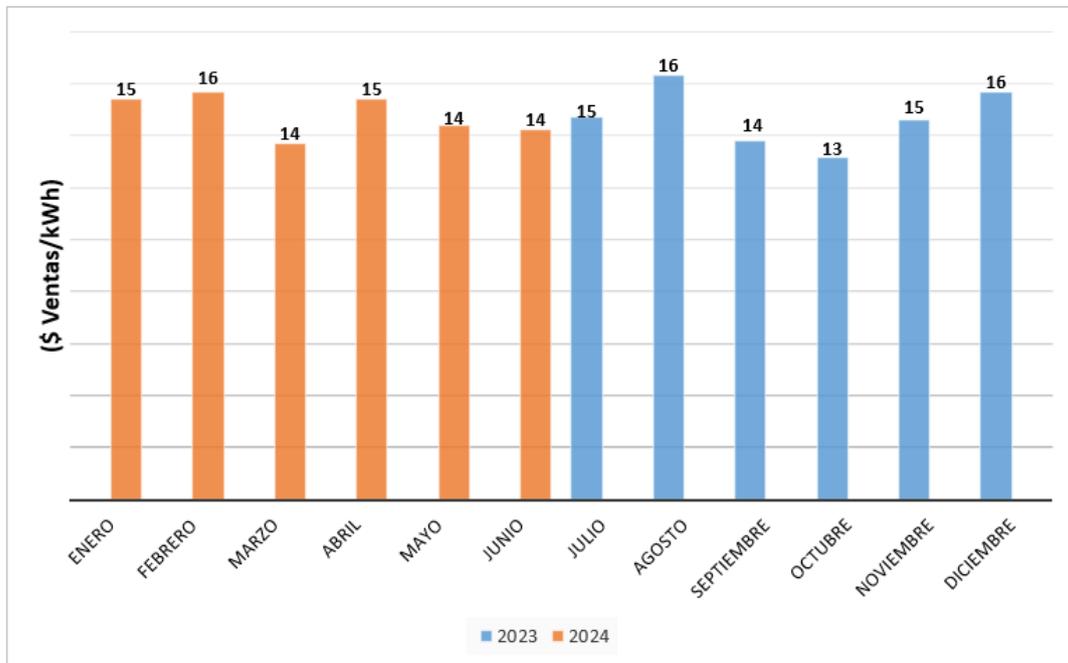
#### ***Dólares de ventas por consumo energético total (\$/kWh)***

Para este indicador, se comparan los valores de ventas en dólares con el consumo eléctrico total, con el objetivo de relacionar los ingresos mensuales de la empresa derivados de las ventas con el consumo energético mensual. La ecuación para calcular el indicador es la siguiente:

$$IDEn_4 = \frac{V}{E_1 + E_2} \quad (8)$$

En este caso  $V$  son los ingresos debido a las ventas de la empresa en dólares,  $E_1$  corresponde al consumo eléctrico mensual (kWh) y  $E_2$  es el consumo mensual de GLP convertido a kWh.

**Figura 16.** *IDEn, dólares de ventas por consumo energético total, julio 2023 – junio 2024*



**Fuente:** Elaboración propia.

La Figura 16, muestra que la compañía genera entre 13 y 16 dólares por cada kWh consumido debido al funcionamiento de la planta. Además, se observa una baja variación mensual en estos ingresos debido a las ventas.

***Toneladas producidas por toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas (t producción/t CO<sub>2</sub>)***

En el reporte de sostenibilidad 2020, Griffith Foods establece diversos objetivos y metas para 2023. Entre estos objetivos se incluyen: “Alcanzar cero emisiones de carbono en nuestras propias operaciones para 2030 y asociarnos con los proveedores para reducir su impacto climático, logrando una reducción científica del 42% en las emisiones” (Griffith Foods, 2020).

Además de estos objetivos de sostenibilidad y considerando las emisiones producidas por el consumo energético de la planta, se establece un indicador de emisiones de dióxido de carbono, que se relaciona con las toneladas de producto producido. Para calcular este indicador, se utiliza la siguiente ecuación:

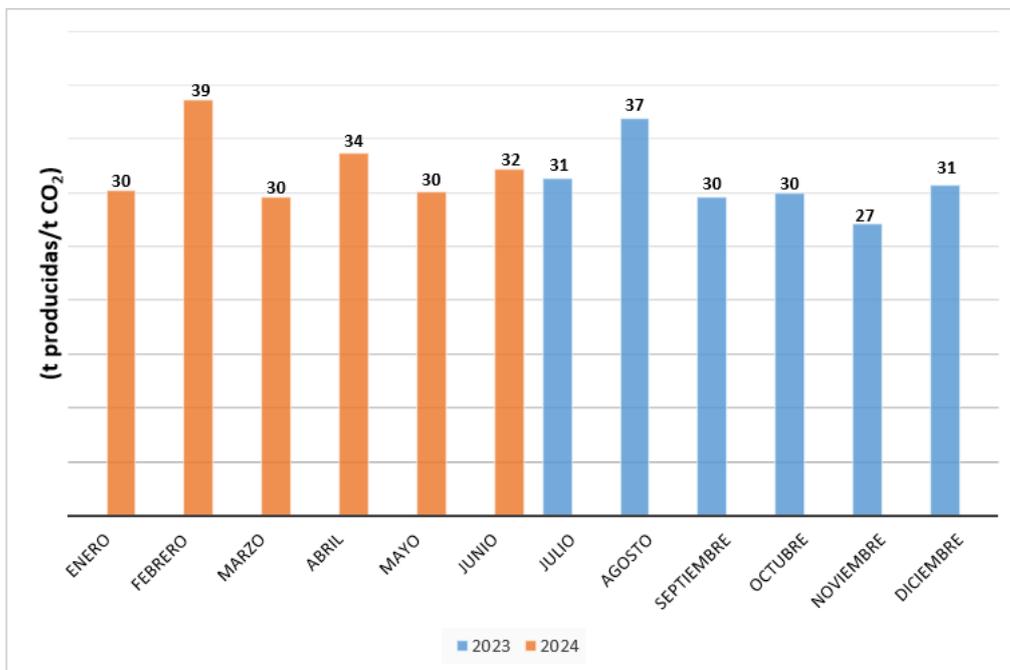
$$IDEn_5 = \frac{t}{EM_1 + EM_2} \tag{9}$$

Donde  $t$  son las toneladas producidas,  $EM_1$  representa las emisiones de dióxido de carbono debido al consumo de energía eléctrica,  $EM_2$  son las emisiones debido al consumo del gas LP, ambas en toneladas métricas. Para el cálculo de  $EM_1$  y  $EM_2$  se utilizaron los siguientes factores de conversión presentados en el Instituto Meteorológico Nacional (2023).

$$\text{Factor de emisión por electricidad} = 0,0000534 \frac{tCO_2}{kWh}$$

$$\text{Factor de emisión por GLP} = 0,001611 \frac{tCO_2}{L}$$

**Figura 17.** IDEn, toneladas de producción por toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas, julio 2023 – junio 2024



**Fuente:** Elaboración propia.

La Figura 17, muestra que la cantidad de toneladas de producto producidas varía entre 27 y 39 toneladas por cada tonelada de CO<sub>2</sub> emitida. En febrero, se registran las menores emisiones por producto terminado, mientras que en noviembre se observa una mayor contaminación por el mismo volumen de producto terminado.

### Establecimiento de las LBEn

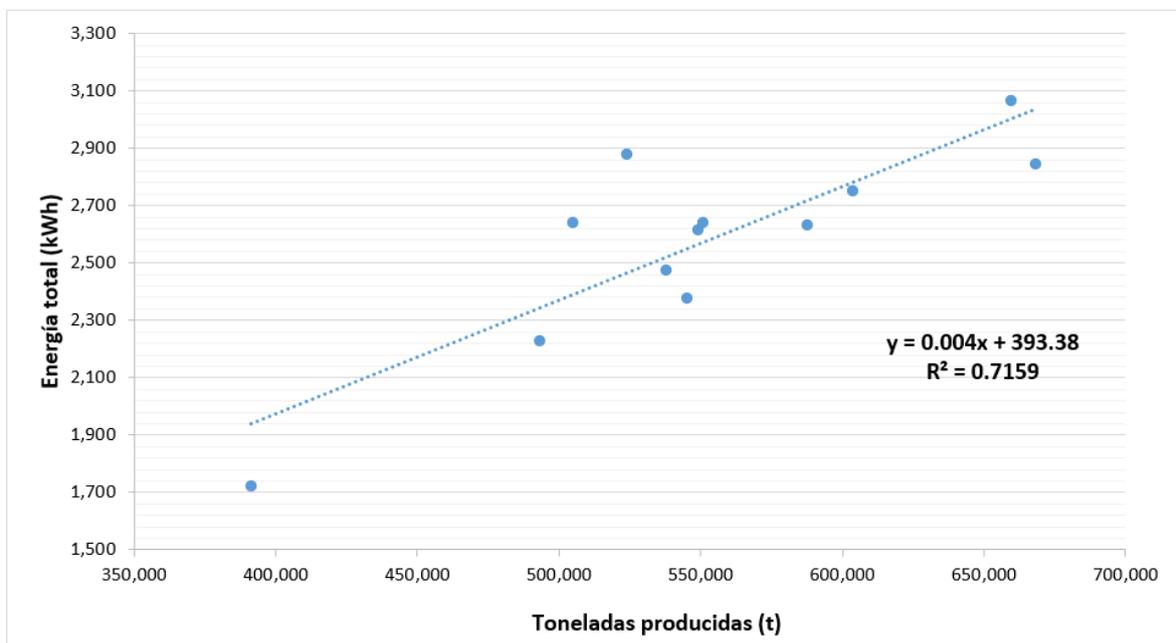
En este caso, las líneas base energéticas (LBEn) se obtienen al aplicar un modelo de regresión lineal a los indicadores previamente desarrollados. Esto permite evaluar la

significancia de los parámetros energéticos en relación con los parámetros de producción, ventas o ambientales. Para evaluar cada LBEn, se utiliza el coeficiente de determinación  $R^2$ . De acuerdo con el departamento de energía de los estados unidos Department of Energy US, (2019), un coeficiente superior a 0.5 indica una fuerte dependencia. Por lo tanto, en esta ocasión se considerará un  $R^2$  mayor a 0.5 como indicativo de una dependencia significativa.

### ***Energía total por toneladas producidas (kWh/t)***

En este caso, el coeficiente de determinación supera el valor de referencia, lo que sugiere una buena correlación entre las variables analizadas. Este coeficiente indica que la línea base energética es aceptable, ya que las variables involucradas muestran una fuerte correlación.

**Figura 18.** LBEn, Energía total utilizada por tonelada producida



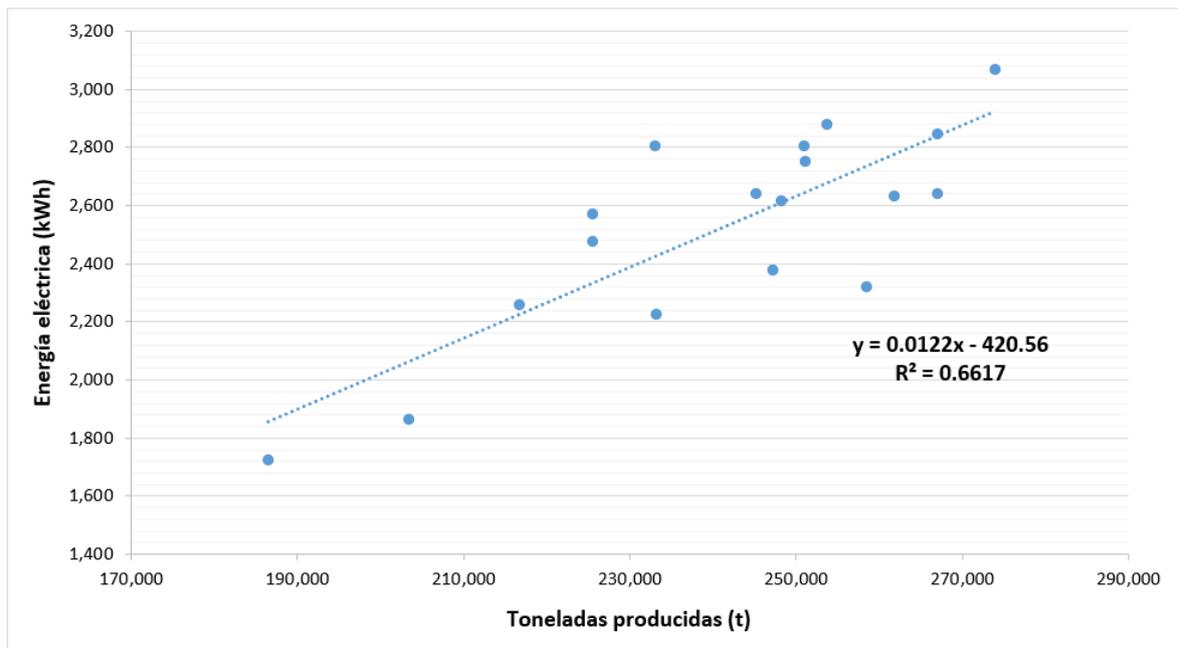
Fuente: Elaboración propia.

### ***Energía eléctrica consumida por toneladas producidas (kWh/t)***

Aunque la línea base energética (LBEn) anterior muestra una buena correlación entre las variables, se propone una nueva línea base, exclusivamente, de la energía eléctrica. Esto se debe a que los usos significativos de energía (USE) son los mayores consumidores de este tipo de energía, por lo tanto, su comportamiento y consumo se reflejan más claramente en esta línea base.

Es importante señalar que, para elaborar esta línea base y su indicador de desempeño, se utilizaron datos de consumo a partir de enero de 2023. En contraste, para las otras líneas base se emplearon datos desde julio de 2023, debido a la variación en el consumo de gas LP mencionada al inicio del capítulo. Esta variación en el intervalo de tiempo en que se considera la línea base genera que el coeficiente de correlación disminuya, sin embargo, sigue teniendo un valor superior al de referencia por lo que se considera aceptable.

**Figura 19.** *LBE<sub>n</sub>, Energía eléctrica utilizada por tonelada producida*

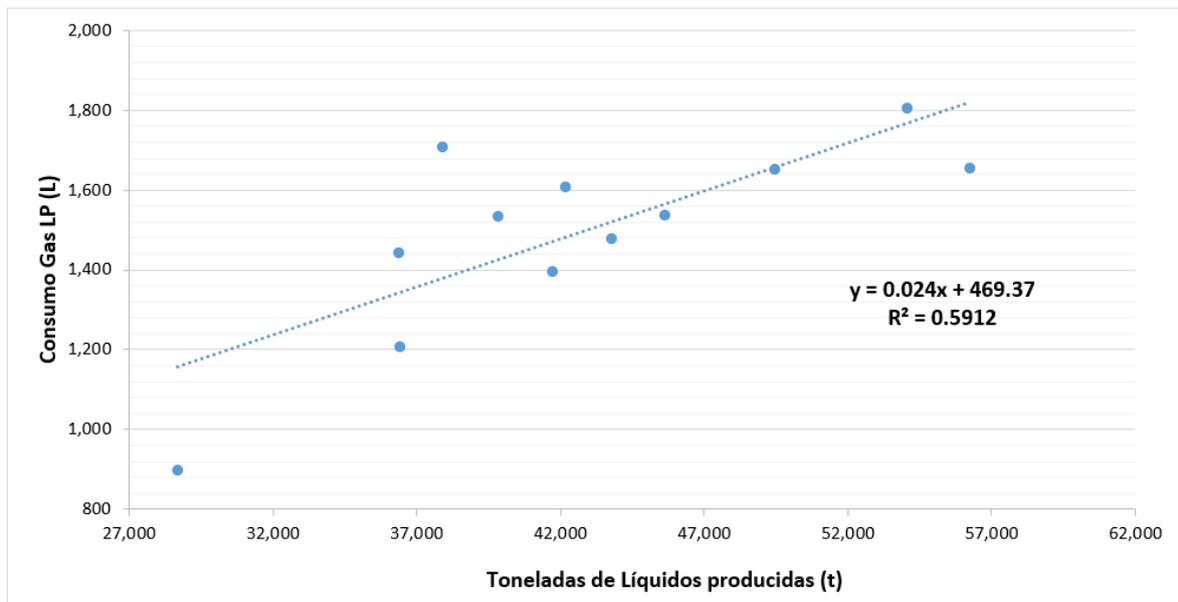


Fuente: Elaboración propia.

***Litros GLP por toneladas de líquido producidas (L/t)***

En la Figura 20, se ilustra la relación significativa entre el consumo de GLP (Gas Licuado de Petróleo) y la producción de líquidos en toneladas. En este análisis, se considera únicamente la producción de líquidos, ya que son los productos que requieren vapor para su preparación. Aunque el coeficiente de determinación es el más bajo en comparación con otras líneas base, sigue siendo superior al valor de referencia.

**Figura 20.** *LBE<sub>n</sub>, Litros de GLP consumidos por tonelada producida*

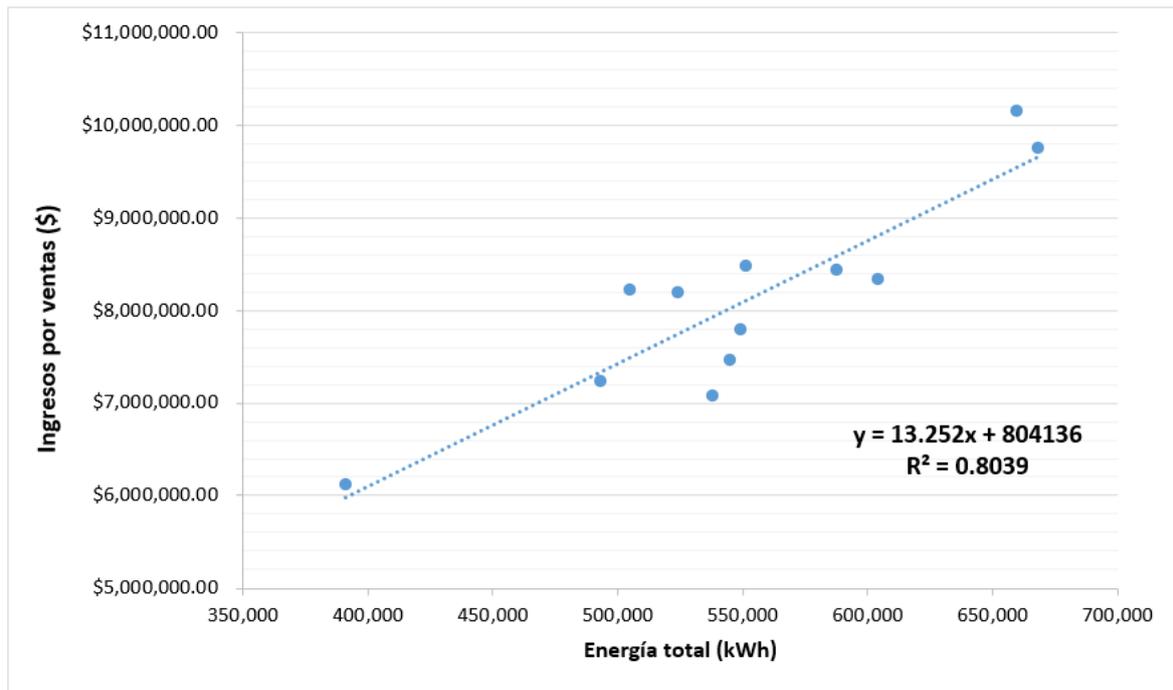


**Fuente:** Elaboración propia.

#### ***Dólares de ventas por consumo energético total (\$/kWh)***

Para la línea base siguiente, se compara la cantidad de ingresos generados por las ventas de los productos producidos con la energía total utilizada por la empresa en el mismo período. Se observa un coeficiente de determinación significativamente superior al valor de referencia. Sin embargo, dado que la variable de ingresos en dólares puede fluctuar y no es constante, esto puede llevar a la consideración de un falso positivo en el análisis.

**Figura 21.** *LBE*n, dólares de ventas por consumo energético total

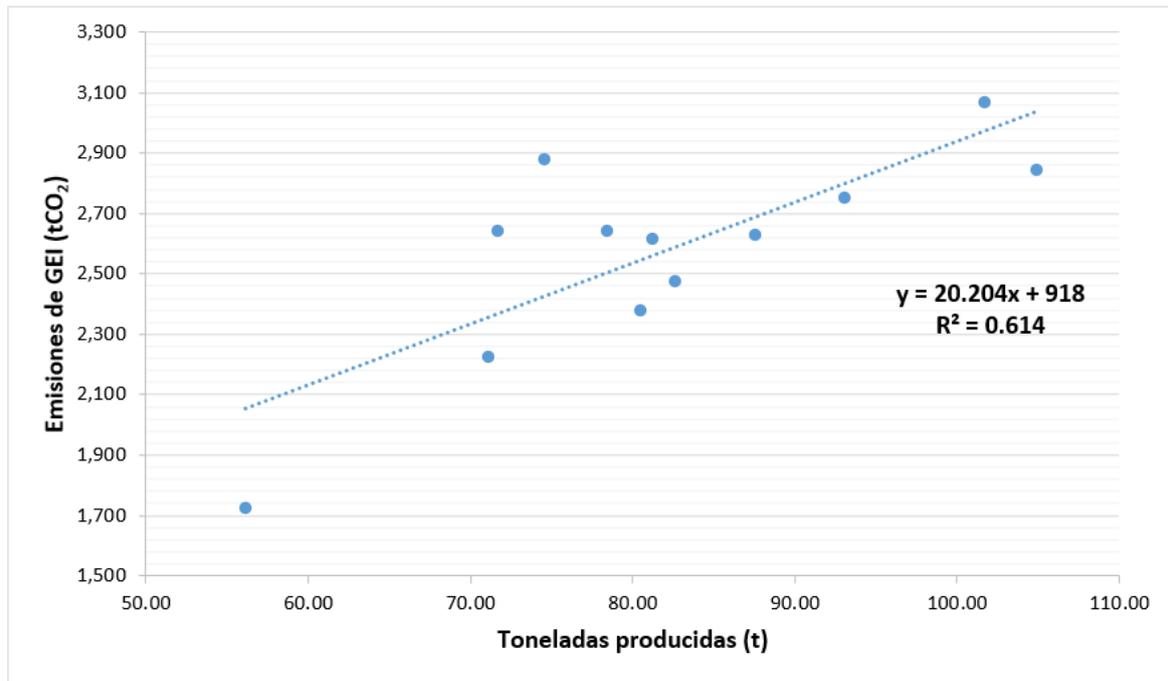


Fuente: Elaboración propia.

### ***Toneladas producidas por toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas (t producción/t CO<sub>2</sub>)***

En la siguiente línea base se observa un coeficiente de determinación aceptable, superior al valor de referencia. En este análisis, se compara el volumen de producción con las toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas, un parámetro importante para la compañía, según lo indicado en el reporte de sostenibilidad 2020. Por lo tanto, es crucial controlar y monitorear este indicador de manera continua.

**Figura 22.** *LBE<sub>n</sub>, toneladas de producción por toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas*

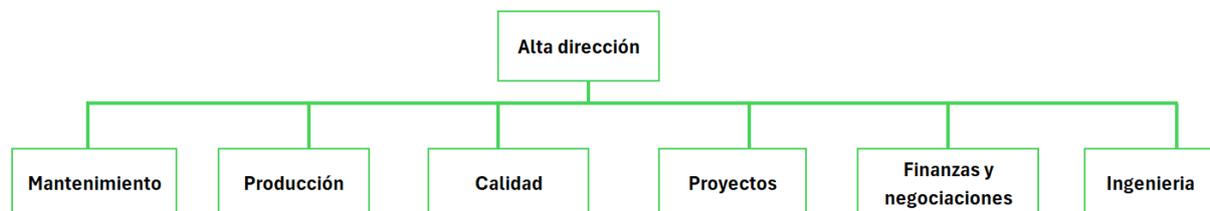


Fuente: Elaboración propia.

### Cuadro de mando integral

De acuerdo con punto 5.1 de la ISO 50001, (2018), “La alta dirección debe demostrar liderazgo en la mejora continua del desempeño energético, estableciendo el alcance y límites del SGE<sub>n</sub>, asegurando que la política energética, objetivos y se alineados con la estrategia y que los requisitos del SGE<sub>n</sub>.” De acuerdo con esto, se formó un equipo interdepartamental para gestionar la energía.

**Figura 23.** *Organigrama del equipo de gestión energética*



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, con los departamentos definidos en la comisión energética, se procede a elaborar el Cuadro de Mando Integral, considerando las perspectivas, metas, indicadores y frecuencia, además de asignar responsables para cada meta establecida.

### ***Perspectiva Cliente***

La meta estratégica de esta perspectiva es mejorar la imagen de la empresa, mediante prácticas responsables de gestión de energía, con el objetivo de hacerla más atractiva para los clientes. Para alcanzar esta meta, se ha establecido el siguiente indicador.

- **Visibilidad de las iniciativas de eficiencia energética en los canales de comunicación con los clientes**

Si se visibilizan los esfuerzos de la empresa para mejorar la eficiencia energética, se podrá renovar la imagen de la misma ante los clientes, y así, demostrar la responsabilidad ambiental y de consumo. Por lo tanto, para lograrlo, se propone emitir al menos cuatro comunicados anuales sobre las iniciativas de ahorro de Griffith Foods. El departamento de marketing será el responsable de elaborar estas notificaciones, basándose en la información proporcionada por el departamento de proyectos.

### ***Perspectiva Financiera***

En esta perspectiva, se propone implementar proyectos de ahorro energético en la planta, con el objetivo de reducir al menos un 3% la facturación eléctrica. Por lo tanto, está alineado con los objetivos de sostenibilidad de la empresa y busca una disminución en el gasto operativo. Para medir su cumplimiento se establece el siguiente indicador.

- **Consumo energético de la planta**

Este indicador mide el impacto directo de los proyectos en el consumo de energía de la empresa. Se controlará anualmente, mediante el uso de la información de la facturación eléctrica. El departamento de proyectos, encargado de la ejecución de los proyectos, será responsable de gestionar este indicador.

### ***Aprendizaje y crecimiento***

La perspectiva de aprendizaje y crecimiento busca aumentar la motivación y el sentido de pertenencia del personal de cada departamento para fortalecer el compromiso con la gestión

energética. Cambiar la cultura organizacional es crucial para cumplir eficazmente con las políticas de energía. Para llevar a cabo esta meta, se plantean los siguientes indicadores.

- **Capacitaciones en energía del personal**

Este indicador medirá la sensibilización del personal, a través de capacitaciones realizadas en la plataforma virtual de Alchemy, accesible para todos los colaboradores. Se llevará a cabo una hora de capacitación trimestral y el departamento de mejora continua supervisará el proceso.

- **Sugerencias de proyectos en ahorro de energía**

Este indicador medirá los aportes e innovaciones en proyectos de energía. Las reuniones se llevarán a cabo mensualmente y el equipo de gestión será responsable de supervisarlas. Cada representante de las áreas, tras evaluar con sus colaboradores, presentará aportes, de los cuales se espera que al menos tres sean viables para una futura evaluación por el departamento de proyectos.

### ***Perspectiva de procesos internos***

Esta perspectiva busca reducir el consumo energético de la compañía para lograr ahorros y disminuir el impacto ambiental. Para cumplir con esta meta, se utilizará el siguiente indicador para su evaluación.

- **Disminuir el consumo energético de la compañía**

Para evaluar la disminución del consumo energético, se realizará anualmente una auditoría energética interna por un auditor de Griffith Foods. Este proceso consistirá en comparar los datos del equipo de gestión de energía con los recopilados por el auditor para identificar oportunidades de mejora.

**Figura 24. Cuadro de mando integral**

Perspectiva	Meta Estratégica	Indicador	Frecuencia	Fuente de información	Responsable	Ecuación	Unidad	Escala de medición		
								Alta	Media	Baja
Cliente	Mejorar la imagen de la empresa a través de prácticas responsables de gestión de energía	Visibilidad de las iniciativas de eficiencia energética en los canales de comunicación con los clientes	Anual	Departamento de proyectos	Departamento de Marketing	comunicados sobre prácticas de eficiencia energética y sostenibilidad	Unidad	>4	4	<4
Financiera	Implementar proyectos de ahorro en la planta que permitan reducir como mínimo un 3% la facturación eléctrica de la planta	Consumo energético de la planta	Anual	Recibo eléctrico de la empresa	Departamento de proyectos	Tomado directamente del recibo eléctrico	kWh	>3%	3%	<3%
Aprendizaje y Crecimiento	Aumentar la motivación y sentido de pertenencia del personal de cada departamento	Capacitaciones en energía del personal	Trimestral	Departamento de Mejora continua	Departamento de Mejora continua	Horas de entrenamiento	Horas	1	NA	0
		Sugerencias de proyectos en ahorro de energía	Mensual	Reuniones realizadas por todos los representantes de áreas	Equipo de gestión de energía	Cantidad de sugerencias	Unidad	>3	3	<3
Procesos Internos	Disminuir el consumo energético de la compañía	Auditorías energéticas internas	Anual	Equipo de gestión de energía	Auditor energético interno de Griffith Foods	Cantidad de auditorías realizadas	Unidad	>1	1	0

**Fuente: Elaboración propia**

### Objetivo III. Prototipo de sistema de monitoreo en tiempo real

#### Resumen

En el presente capítulo se propone un sistema de monitoreo en tiempo real, que incluye su diseño, construcción y puesta a prueba. Para el desarrollo del prototipo, se utilizó un sensor de corriente no invasivo que envía señales analógicas a un microcontrolador Arduino. Este microcontrolador, mediante un código de programación, muestra los datos en tiempo real en un Display LCD y almacena la información en una memoria microSD, a través de un shield Ethernet.

Para la puesta a prueba del equipo, se realizó una medición en un aire acondicionado, que es considerado uno de los principales consumidores de energía. Se eligió medir en uno de estos equipos en lugar de en el chiller, ya que este último puede generar corrientes que superan la capacidad del sensor (100A).

Las mediciones realizadas permitieron conocer el perfil de demanda del equipo durante su uso diario. Además, se compararon las mediciones de corriente obtenidas con el prototipo con las de un amperímetro de gancho digital, con el fin de verificar el funcionamiento correcto del prototipo. Finalmente, se identificaron oportunidades de mejora para la futura implementación del equipo.

#### Diseño del prototipo

Para la fabricación del prototipo, es necesario utilizar todos los componentes enumerados en la Tabla 11. Esta tabla detalla el nombre, la cantidad y la función de cada componente.

**Tabla 11.** *Lista de componentes para el prototipo*

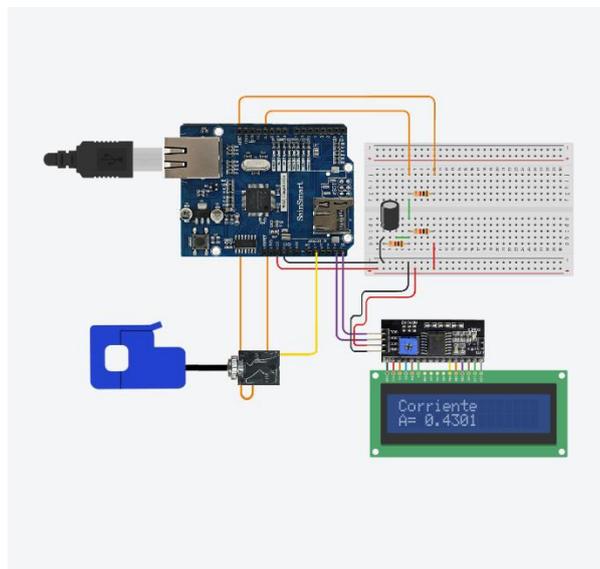
Componente Electrónico	Cantidad	Función
Microcontrolador Arduino UNO	1	Procesamiento del código de programación como las señales analógicas del sensor
Pantalla LCD 16x2	1	Muestra el consumo de corriente eléctrica
Ethernet Shield	1	Permite la conexión de una microSD al Arduino

Módulo de conexión i2c	1	Conexión entre pantalla y microcontrolador
Sensor de corriente SCT-013 (100A)	1	Mide el valor de la corriente alterna de manera ni invasiva
Tarjeta MicroSD	1	Almacena las mediciones
Protoboard 400pts	1	Medio de conexión
Condensador 10 $\mu$ F 50 V	1	Offset en DC
Resistencia 10 k $\Omega$	2	Offset en DC
Resistencia 33k $\Omega$	1	Resistencia de Carga
Jumper macho-macho	11	Conexión entre componentes
Jack Hembra 3.5mm	1	Conexión del sensor al circuito
Cable USB macho-B macho impresora	1	Conectar circuito a corriente
<b>Travel adapter (1.2A)</b>	<b>1</b>	<b>Conectar circuito a corriente</b>

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 25, presenta el diagrama de conexión del prototipo del sistema de monitoreo en tiempo real. En ella se pueden observar los componentes mencionados anteriormente, así como sus respectivas conexiones dentro del circuito.

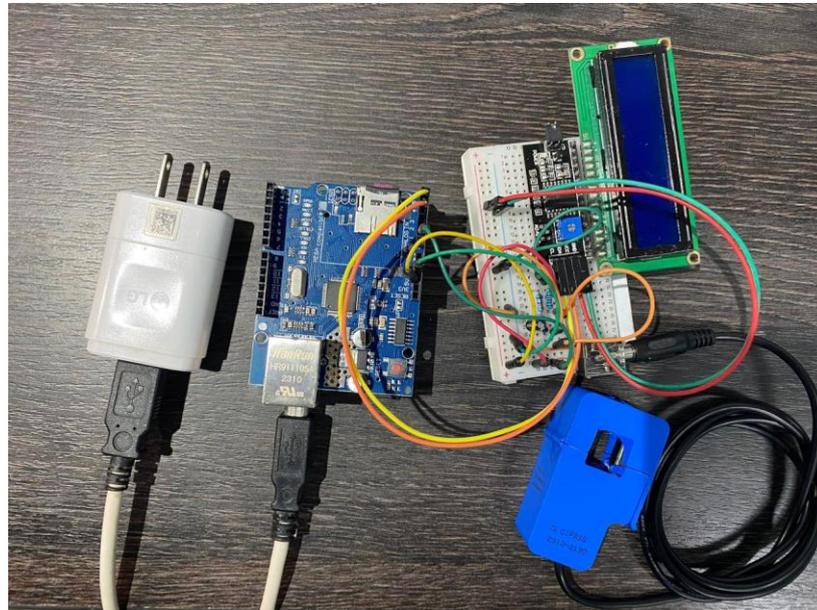
**Figura 25.** Diagrama de conexión del prototipo



Fuente: Elaboración propia.

Al utilizar el diagrama anterior como guía, se llevó a cabo el ensamblaje físico de los componentes. Es importante destacar que, durante las mediciones, el prototipo se coloca dentro de una caja de plexiglás con dimensiones de 220 x 170 x 190 mm.

**Figura 26.** *Armado de prototipo de monitoreo en tiempo real*



**Fuente:** Elaboración propia.

El código de programación responsable de la recolección, procesamiento, almacenamiento y envío de los datos de corriente a la pantalla LCD se encuentra en el Apéndice E.

## **Construcción del prototipo**

### ***Selección de resistencia de carga***

Según UNIT Electronics (s.f.), "La resistencia de carga se utiliza para convertir la señal de corriente de salida en voltaje". Por lo tanto, el cálculo de esta resistencia es una parte crucial en la construcción de este prototipo.

La selección de la resistencia de carga se realiza con base en la corriente máxima que se medirá con el sensor. En este caso, se supone que se medirá la corriente máxima que el sensor puede medir es de 100A, por lo tanto, la resistencia de carga debe ser elegida en función de esta capacidad.

$$I_{pico\ primario} = I_{rms} * \sqrt{2} \quad (10)$$

$$I_{pico\ primario} = 100A * \sqrt{2} = 141.4 A$$

$$I_{pico\ secundario} = \frac{I_{pico\ primario}}{\text{número de vueltas}} \quad (11)$$

$$I_{pico\ secundario} = \frac{141.4 A}{2000} = 0.0707A$$

$$R_{carga\ ideal} = \frac{\left(\frac{AREF}{2}\right)}{I_{pico\ secundario}} \quad (12)$$

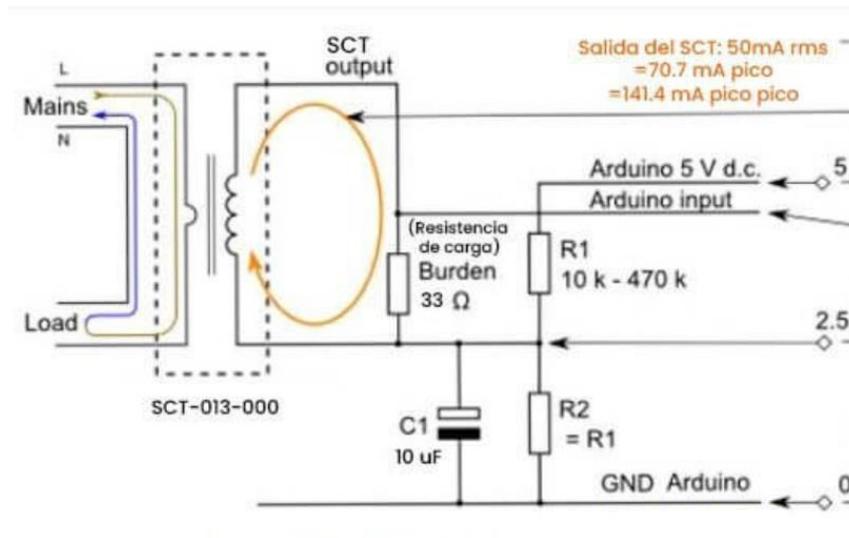
$$R_{carga\ ideal} = \frac{\left(\frac{5V}{2}\right)}{0.0707 A} = 35.4\Omega$$

Para el cálculo de la resistencia de carga, se debe considerar que el sensor de corriente es un transformador de núcleo partido, por tanto, el número de vueltas del secundario es de 2000, así como la tensión analógica de referencia del Arduino (AREF), que tiene un valor de 5V. Según los cálculos anteriormente presentados, la resistencia óptima de carga es de 35.4  $\Omega$ . Sin embargo, como esta resistencia no es comúnmente disponible en el mercado, se utiliza la resistencia estándar más cercana, que es de 33  $\Omega$ .

### ***Circuito de acondicionamiento de la señal***

El circuito del prototipo debe incluir un divisor de voltaje que permita añadir un offset de 2.5V. Este offset es necesario para que la señal del sensor sea compatible con la entrada analógica del Arduino. El circuito de acondicionamiento que implementa esta función se presenta en la Figura 27.

**Figura 27.** Circuito acondicionador de la señal analógica



Fuente: UNIT Electronics (s.f.).

### Calibración del sensor SCT-013

Con el valor de la resistencia de carga establecido en  $33 \Omega$ , se procede de la siguiente manera:

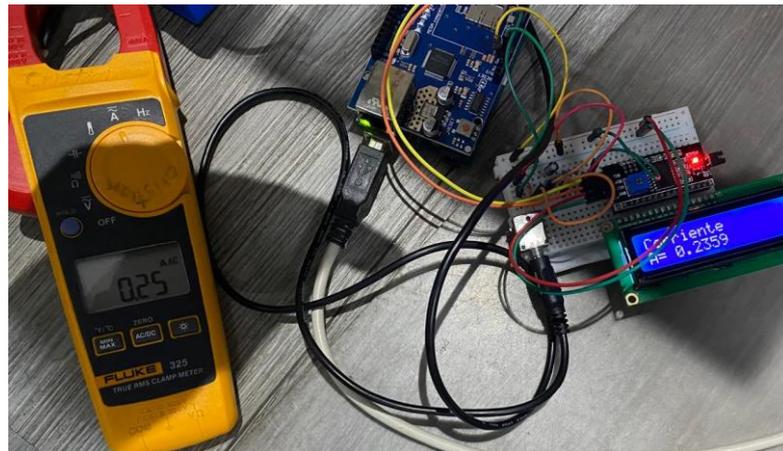
$$Constante = \frac{\left(\frac{I_{rms \text{ primario}}}{I_{rms \text{ secundario}}}\right)}{R_{Carga}} \quad (13)$$

$$Constante = \frac{\left(\frac{100 \text{ A}}{0.05 \text{ A}}\right)}{35.4 \Omega}$$

$$Constante = 56.5$$

A continuación, se llevó a cabo una comparación práctica entre los datos obtenidos por el prototipo y las mediciones realizadas con un amperímetro de gancho Fluke 325. Se observaron pequeñas variaciones con un bajo porcentaje de error, por tanto, se continuará utilizando esta constante de calibración.

**Figura 28.** Comparación entre Fluke 325 y prototipo



**Fuente:** Elaboración propia.

A partir de la Figura 28, se obtienen los valores de las mediciones. A continuación, se presenta la Tabla 12 que muestra el porcentaje de error entre ambas mediciones. Las especificaciones técnicas del Fluke y del sensor del prototipo se encuentran en el Anexo B.

**Tabla 12.** Porcentaje de error entre Fluke 325 y prototipo

Equipo	Medición
Prototipo	0.2359
Fluke 325	0.2500
Error	5.6%

**Fuente:** Elaboración propia.

### ***Etapa de medición con prototipo***

Una vez construido y calibrado el prototipo, se procede a seleccionar el equipo a medir. Esta elección se basa en la corriente a plena carga que el equipo puede soportar. Dado que el sensor SCT-013 tiene una capacidad máxima de 100 A, es necesario buscar un equipo cuya corriente a plena carga sea inferior a este valor. Aunque se consideró la medición del chiller, su corriente a plena carga superaba los 100 amperios. Por lo tanto, se optó por medir un equipo de segundo uso significativo de la energía: un equipo de aire acondicionado tipo split.

**Figura 29.** Datos del Split medido con el prototipo



**Fuente:** Elaboración propia.

Aunado a lo anterior, al tener en cuenta los datos de corriente eléctrica, se procedió a medir el condensador, para ello, se colocó la dona en el tablero del cuarto de condensadores.

**Figura 30.** Conexión del prototipo al tablero eléctrico

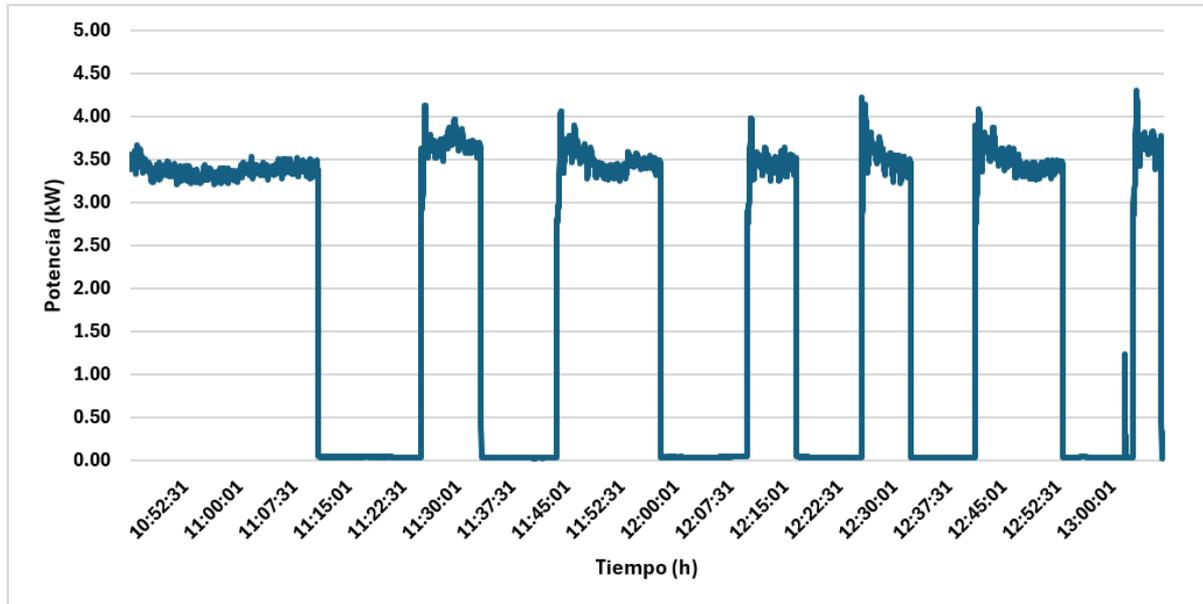


**Fuente:** Elaboración propia.

Con los datos obtenidos de las mediciones del prototipo, que registra la corriente cada segundo, se procedió a graficar el comportamiento de la demanda del condensador del equipo tipo split. Para elaborar la siguiente gráfica, se consideró la diferencia de potencial que alimenta

al condensador, que es de 208V, y un factor de potencia de 0.91 (correspondiente a agosto 2024). A continuación, se presenta el perfil de demanda en la Figura 31.

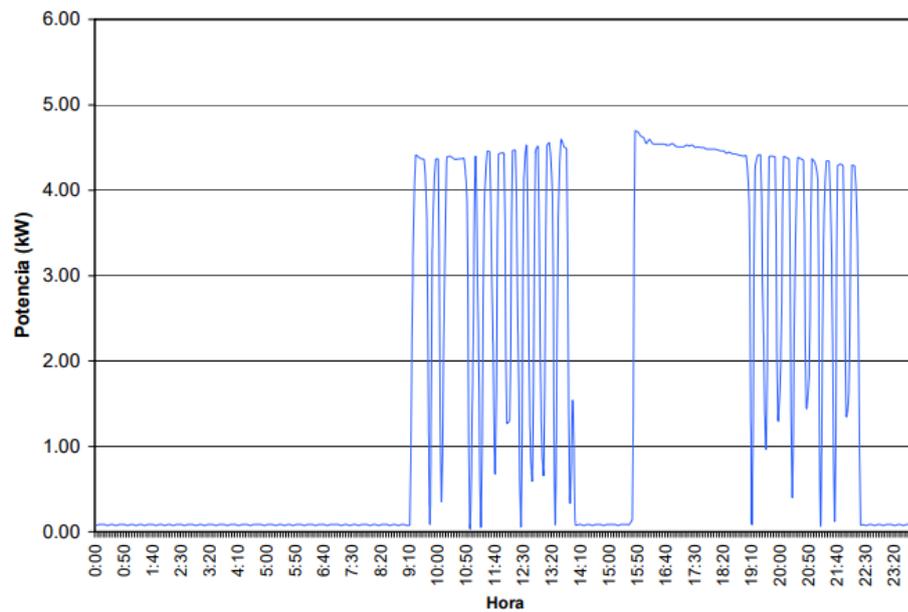
**Figura 31.** Perfil de demanda de equipo split con prototipo



**Fuente:** Elaboración propia.

En la gráfica anterior, se observa el patrón de demanda de un equipo de aire acondicionado tipo split. Se pueden identificar intervalos en los que la potencia demandada alcanza aproximadamente 3.5 kW, así como momentos en los que la demanda es mínima. Los picos de alta demanda se producen cuando el condensador del equipo se activa para llevar a cabo el intercambio de calor necesario para su funcionamiento. Por otro lado, los períodos de baja demanda se deben a que el condensador se encuentra inactivo.

**Figura 32.** Perfil de demanda de un equipo tipo Split



**Fuente:** Comisión Nacional de Energía Eléctrica, (2010).

La Figura 32, ilustra la demanda eléctrica de un equipo tipo split, según un informe de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica de Guatemala (2010). Al utilizar esta gráfica como referencia para comparar con los datos obtenidos, se puede notar un comportamiento similar: se presentan periodos de alta demanda, cuando el condensador está encendido y periodos de baja demanda, donde la demanda se vuelve residual.

### **Oportunidades de mejora en el prototipo de sistema de monitoreo en tiempo real**

En esta sección se presentan sugerencias para mejorar el prototipo de monitoreo en tiempo real. El objetivo es optimizar tanto su diseño constructivo como la precisión en la lectura de datos, además, reducir el margen de error en las mediciones obtenidas.

#### ***Incorporar el Internet de las Cosas***

Al emplear un Shield Ethernet W5100, es posible automatizar la lectura en tiempo real de los datos del prototipo de monitoreo gracias a su capacidad de conexión a Internet. Esto facilitaría la visualización de las mediciones desde cualquier lugar, eliminando la necesidad de consultar la pantalla LCD o extraer la tarjeta microSD (Naylamp Mechatronics, s. f.).

### ***Medición del voltaje en tiempo real***

El prototipo desarrollado para el cálculo de energía asume un voltaje constante, ya que actualmente solo puede medir corriente a través del sensor que posee. Para integrar la medición de voltaje, se puede utilizar el sensor ZMPT101B, el cual es capaz de manejar entradas de hasta 250V en corriente alterna.

### ***Adición de componentes para medición trifásica***

El prototipo actual está equipado, únicamente, con un sensor SCT-013 para la medición de corriente, lo que limita la capacidad de medir a una sola fase a la vez. Por esta razón, se recomienda incorporar dos sensores adicionales de corriente, por ello, permitiría evaluar la estabilidad o desbalance entre las distintas fases. Por lo tanto, se sugiere incluir el sensor mencionado anteriormente para la medición de voltaje para cada una de las fases.

### ***Protección física del prototipo***

A pesar de que se utilizó una caja plexo para proteger el prototipo, no cuenta con un soporte para la pantalla LCD, lo que impide visualizar los datos sin abrir la caja. Por lo tanto, se recomienda diseñar una nueva carcasa a medida que permita integrar la pantalla en la tapa, lo que facilita el acceso a la información.

## Objetivo IV. Análisis Técnico Financiero

### Resumen

En el presente capítulo, se realiza un análisis técnico-financiero con la finalidad de evaluar la viabilidad de las oportunidades de conservación de energía descrita en el objetivo 1. Este análisis incluye una comparación técnica entre los equipos actuales que serán reemplazados y los nuevos equipos que los sustituirán, así como el cálculo de indicadores financieros para valorar estas oportunidades de mejora. Estos cálculos se realizaron utilizando información proporcionada, tanto por el departamento de proyectos como por el corporativo, incluyendo una tasa de descuento del 10.5%, establecida por la sede corporativa en Estados Unidos.

### Análisis de oportunidades de mejora

#### *Cambio de chiller*

Para el análisis del cambio de chiller, se compararon las características técnicas de los chillers actuales de la compañía con las de un modelo adicional cotizado por el departamento de proyectos de la empresa. Esta tabla comparativa proporciona una visión más clara sobre cuál de los chillers debería ser reemplazado, complementando la información presentada en el objetivo 1.

**Tabla 13.** *Comparativa entre chillers*

Marca	LG	Carrier	York
Modelo	ACAH110HETB (Tipo Inverter)	30GXR106	YLAA0136SE
Tipo de compresor	Scroll	Semi-Hermetic	Scroll
Cantidad de compresores	6.00	2.00	6.00
Capacidad de enfriamiento (kW)	368.00	343.00	440.00
Potencia de entrada (kW)	105.46	114.30	154.90
Eficiencia de enfriamiento	3.49	3.00	2.84
EER (BTUh/kW)	11.96	9.90	9.70
IPLV (BTUh/kW)	18.26	12.10	16.60
Cantidad de refrigerante (kg)	75.00	124.00	66.00
Tipo de refrigerante	R32	HFC-134a	R-410A
GWP	657.00	1,430.00	2,088.00
Cantidad de agua (gpm)	251.00	251.00	625.00
Costo mensual de funcionamiento	€1,692,243.35	€2,553,749.06	€1,861,467.69

**Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla comparativa se puede observar que, entre los dos chillers de la compañía (Carrier y York), el chiller York presenta mejores características, como un IPLV superior, que refleja de manera más realista la eficiencia del equipo al considerar varias cargas parciales. Aunque el Carrier tiene un EER mayor, lo que indica una mejor eficiencia en condiciones de carga total, el York demuestra una mayor eficiencia global en condiciones más variadas.

Sin embargo, al considerar el impacto ambiental, el York utiliza un refrigerante con un GWP más alto, lo que significa que tiene un mayor potencial de calentamiento global. Por otro lado, el chiller Carrier, aunque más eficiente en términos de EER, incurre en un mayor gasto monetario debido a su mayor consumo energético.

En resumen, el chiller York ofrece una mejor eficiencia general, pero con un impacto ambiental más negativo. El Carrier, aunque menos eficiente en términos de IPLV, representa un mayor costo operativo debido a su mayor consumo de energía. Por lo tanto, el costo monetario asociado al uso de cada equipo es un factor crítico en la decisión sobre cuál chiller reemplazar.

**Tabla 14.** *Costos cambio de chiller*

Precio de Chiller LG	\$76,978.00
Costo de instalación	\$13,000.00
Total	\$89,978.00
Total colones	₡47,315,831.08

**Fuente:** Elaboración propia.

Para el análisis financiero del cambio de chiller, se decidió enfocarse en el reemplazo del chiller Carrier. Este análisis incluyó un aumento anual promedio del costo de la electricidad del 1.75% en la ESPH, según Aresep (2024), así como el tipo de cambio del dólar, fijado en 525.86 colones, BCCR, (2024). Con base en estos factores, se elaboró la Tabla 15 de análisis.

**Tabla 15.** *Análisis financiero de cambio de chiller*

Tasa de descuento		10.50%	
Años	Ahorro	Recuperación de la inversión	Flujo Neto Efectivo (FNE)
0		-₡47,315,831.08	-₡47,315,831.08
1	₡14,978,269.97	-₡32,337,561.11	₡14,978,269.97

2	€15,159,186.17	-€17,178,374.94	€15,159,186.17
3	€15,343,268.40	-€1,835,106.53	€15,343,268.40
4	€15,530,572.07	€13,695,465.54	€15,530,572.07
5	€15,721,153.56	€29,416,619.10	€15,721,153.56
Indicadores Financieros		TIR	18%
		VAN	€9,985,778.86

**Fuente: Elaboración propia.**

En la evaluación de la viabilidad del proyecto de cambio de chiller, la TIR del 18% supera la tasa de descuento del 10.5%, por ello, sugiere que el proyecto ofrece una rentabilidad considerablemente mayor que el costo del capital. Además, el VAN positivo de €9,985,778.86 indica que el proyecto no solo cubre su inversión inicial, sino que también contribuye positivamente al valor económico de la empresa.

La recuperación de la inversión en el año 4 resalta la eficiencia del proyecto en términos de generación de flujo de caja, permitiendo que la empresa recupere su inversión antes del final del período de evaluación. Esto minimiza el riesgo financiero y maximiza el potencial de beneficios futuros.

### ***Sustitución de equipos de aire acondicionado***

Para evaluar la viabilidad del cambio de los equipos de aire acondicionado, se recopiló información sobre los equipos actuales que serán sustituidos. Se tomó en cuenta el consumo mensual de todos los equipos para compararlo con el consumo de los nuevos equipos VRF. La información recopilada se presenta en la Tabla 16.

**Tabla 16.** *Equipos actuales de aire acondicionado*

Equipo	Marca	Toneladas de refrigeración	Refrigerante
50tj-012---511--	Carrier	5	R-22
38ckc048300	Carrier	4	R-22
38ckc048300	Carrier	4	R-22
mov-48cn1-n	Midea	4	R-22
mov-48cn1-n	Midea	4	R-22
38ckc060	Carrier	5	R-22
38ckc060300	Carrier	5	R-22

38ckc024330	Carrier	2	R-22
38ckc036340	Carrier	3	R-22
KCHJ018-C2RK-17	Klimaie	2	R-22
LS-K1822CM	LG	2	R-22
Consumo mensual [kWh]	10,945.04		
Costo mensual de funcionamiento	€625,180.50		

**Fuente: Elaboración propia.**

Un dato importante de la Tabla 16, es que los equipos actuales utilizan el refrigerante R-22, que, según Naturgy (s.f.),

Es un hidroclorofluorocarbono (HCFC), un tipo de compuesto que contribuye al deterioro de la capa de ozono. Por esta razón, la Unión Europea, a través del Reglamento 1005/2009 sobre sustancias que agotan la capa de ozono, ha implementado un plan para la eliminación completa del refrigerante R22.

Lo anterior, es de gran relevancia, ya que subraya el impacto ambiental negativo asociado con el uso de este refrigerante. Además, debido a la prohibición de su uso por parte de la Unión Europea, la disponibilidad de R-22 se está volviendo cada vez más difícil y costosa.

**Tabla 17. Equipos VRF**

Equipo	Marca	Características
Planta 1		
Unidad Interna	Unidad Externa	
ARNU48GM3A4		Btu/h 384,000.00
ARNU48GTAB4		Capacidad de enfriamiento (kW) 112.50
ARNU48GTAB4		Potencia de enfriamiento (kW) 29.52
ARNU76GB8A4	ARUV384DTES	EER 3.88
ARNU76GB8A4		Eficiencia de enfriamiento (kWR/kW) 3.81
ARNU76GB8A4		Cantidad de refrigerante (kg) 29.00
		Tipo de refrigerante R410
Planta 2		
Unidad Interna	Unidad Externa	
ARNU36GTAB4		Btu/h 240,000.00
ARNU76GB8A4		Capacidad de enfriamiento (kW) 70.30
ARNU76GB8A4	ARUV241DTES	Potencia de enfriamiento (kW) 19.20
ARNU48GM3A4		EER 3.66
		Eficiencia de enfriamiento (kWR/kW) 3.66
		Cantidad de refrigerante (kg) 16.00
		Tipo de refrigerante R410
Consumo mensual [kWh]	7,130.87	
Costo mensual de funcionamiento	€407,315.35	

**Fuente: Elaboración propia.**

En la Tabla 17, se presentan diversas características de los equipos, como la potencia de entrada, la capacidad de enfriamiento y la eficiencia a carga nominal, entre otras. Al comparar ambas tablas, se observa que los sistemas VRF tienen un consumo energético menor. Esta reducción de 45,770.04 kWh al año en comparación con los equipos actuales representa una disminución anual de 2.44 toneladas métricas de CO<sub>2</sub>, lo que conlleva una reducción significativa en el impacto ambiental negativo.

**Tabla 18.** *Costo sustitución de equipos de aire acondicionado*

Precio de VRF	\$103,000.00
Costo de instalación	\$0.00
Total	\$103,000.00
Total colones	₡54,163,580.00

**Fuente:** Elaboración propia.

Considerar el tipo de cambio del dólar se considera de 525.86 colones según el Banco Central de Costa Rica, (2024), la Tabla 18, muestra el costo de la sustitución de los equipos de aire acondicionado. A continuación, se presentan los indicadores financieros correspondientes a este proyecto en la Tabla 19.

**Tabla 19.** *Análisis financiero de equipos de aire acondicionado*

Años	Ahorro	Recuperación de la inversión	Flujo Neto Efectivo (FNE)
0		-₡54,163,580.00	-₡54,163,580.00
1	₡18,390,181.81	-₡35,773,398.19	₡18,390,181.81
2	₡18,435,933.49	-₡17,337,464.71	₡18,435,933.49
3	₡18,482,485.82	₡1,145,021.12	₡18,482,485.82
4	₡18,529,852.83	₡19,674,873.94	₡18,529,852.83
5	₡18,578,048.75	₡38,252,922.69	₡18,578,048.75
		TIR	21%
		VAN	₡14,981,862.77

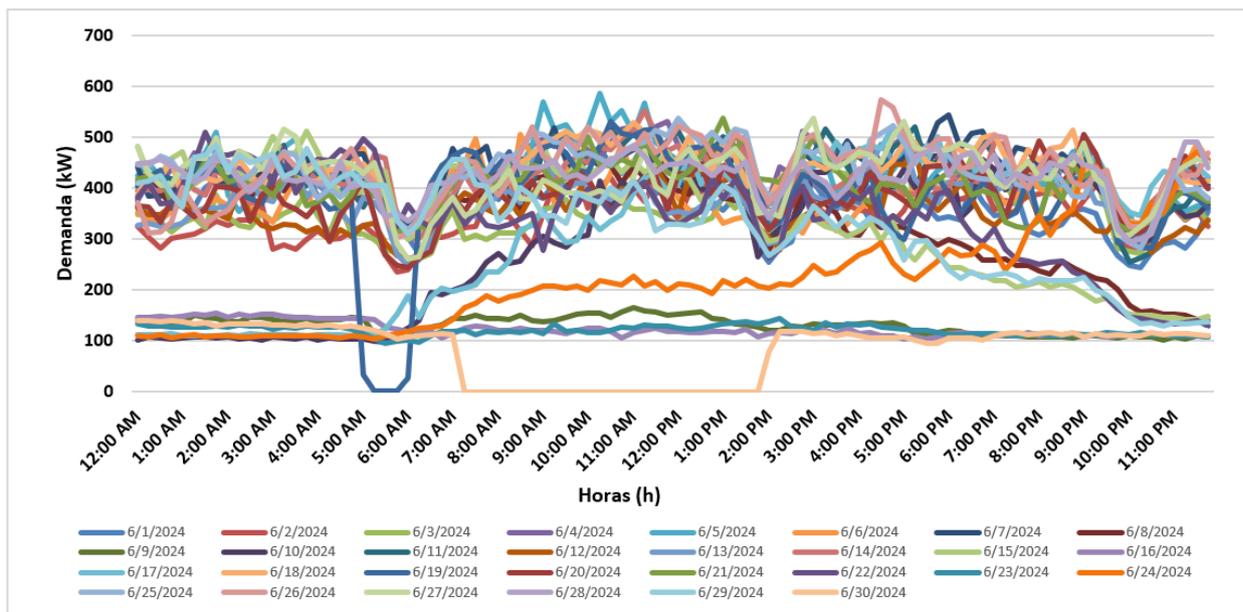
**Fuente:** Elaboración propia.

Los resultados financieros del proyecto de sustitución de los equipos de aire acondicionado por sistemas VRF muestran que, bajo las condiciones evaluadas, el proyecto es viable. La TIR de 21% indica que el proyecto es potencialmente rentable, y el VAN positivo de ₡14,981,862.77 confirma que el proyecto debería de generar un valor adicional significativo sobre el costo de la inversión. Además, el período de recuperación de la inversión hasta el año 3 sugiere que el proyecto presenta una viabilidad a corto plazo alta, el flujo de efectivo generado por el proyecto será suficiente para cubrir la inversión inicial realizada.

### Ahorro en la facturación eléctrica por cambio de tarifa

La empresa se encuentra, actualmente, bajo la tarifa comercial (T-CO) de la ESPH. Se llevó a cabo un análisis con el objetivo de determinar la viabilidad de migrar de este modelo tarifario a las tarifas T-MT y T-MTb. Para realizar dicho análisis, se examinó el perfil de demanda de la empresa, proporcionado por la distribuidora de energía, correspondiente a los meses de junio y julio de 2024. Esto se debió a que el medidor de Griffith Foods solo conserva los datos de los últimos 90 días.

**Figura 33.** Perfil de demanda diario de la empresa del mes de junio

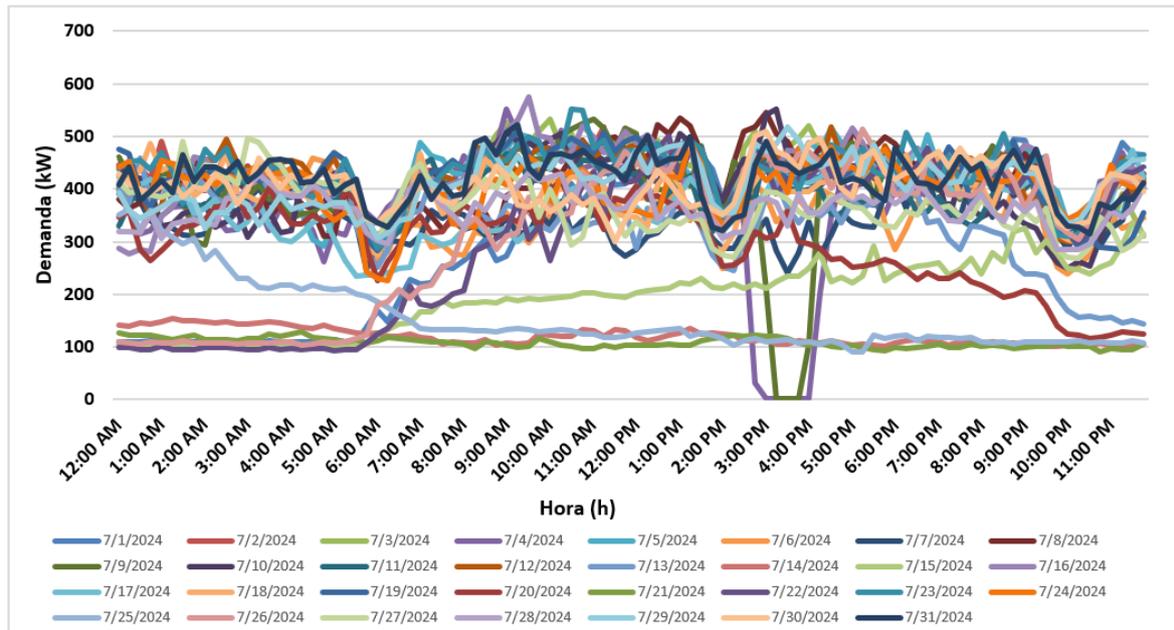


Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 33, se puede observar el perfil de carga de la empresa para el mes de junio. Es evidente, el patrón de consumo en los domingos, durante los cuales no se realiza producción,

salvo que sea absolutamente necesario. Además, se observa un aumento drástico en el consumo a partir de las 6:00 de la mañana de los lunes, cuando inicia el turno 1. También se aprecian disminuciones significativas en el consumo durante los cambios de turno, que ocurren a las 6:00 am, 2:00 pm y 10:00 pm. Este comportamiento se repite en la Figura 34 correspondiente al mes de julio.

**Figura 34.** Perfil de demanda diario de la empresa del mes de julio



Fuente: Elaboración propia.

Con base en la información proporcionada y utilizando el factor de conversión del medidor de 1750, se obtuvo los datos de demanda y energía para cada uno de los períodos: valle, punta y nocturno. Los periodos se definen de la siguiente manera: “el periodo punta es de 10:01 a 12:30 y de 17:31 a 20:00 horas; el periodo nocturno va de 20:01 a 6:00 horas del día siguiente; y el periodo valle abarca de 6:01 a 10:00 horas y de 12:31 a 17:30 horas.” ICE, (2023).

**Tabla 20.** Consumos y demandas en junio y julio de Griffith Foods

Junio		
Periodo	Energía [kWh]	Demanda [kW]
Punta	55,174.70	586.25
Valle	95,526.38	574.18

Nocturno	97,455.23	517.30
Total	248,156.30	586.25
Julio		
Periodo	Energía [kWh]	Demanda [kW]
Punta	57,356.43	551.78
Valle	97,970.25	574.18
Nocturno	99,223.78	504.53
Total	254,550.45	574.18

**Fuente: Elaboración propia.**

A partir de los valores obtenidos y considerando los precios publicados por la ARESEP en 2024 para los distintos modelos tarifarios de la ESPH, se calcularon las tarifas correspondientes para ambos períodos de estudio. Los precios de las tarifas están detallados en el Anexo C.

**Tabla 21. Evaluación de tarifas T-MT y T- MTb**

Junio				
Periodo	T-MTb Máxima		T-MT Máxima	
	Consumo	Demanda	Consumo	Demanda
Punta	€6,527,718.76	€2,037,148.40	€4,188,311.48	€4,715,824.31
Valle	€3,882,191.88	€1,392,822.23	€3,694,960.19	€3,209,167.43
Nocturna	€2,541,632.27	€804,132.50	€3,070,814.14	€1,926,890.77
Tributo Cuerpo de Bomberos	€1,749.30		€1,749.30	
Alumbrado Público	€136,000.00		€136,000.00	
Total	€17,323,395.34		€20,943,717.62	
Julio				
Periodo	T-MTb Máxima		T-MT Máxima	
	Consumo	Demanda	Consumo	Demanda
Punta	€6,785,838.64	€1,917,351.91	€4,353,926.22	€4,438,505.69
Valle	€3,981,510.96	€1,392,822.23	€3,789,489.27	€3,209,167.43
Nocturna	€2,587,756.05	€784,274.02	€2,993,581.29	€1,879,305.17
Tributo Cuerpo de Bomberos	€1,749.30		€1,749.30	
Alumbrado Público	€136,000.00		€136,000.00	
Total	€17,587,303.11		€20,801,724.37	

**Fuente: Elaboración propia.**

En la Tabla 21, se presentan los costos de la energía eléctrica para cada modelo tarifario. Se observa que la tarifa T-MTb representa el costo más bajo asociado a la electricidad. No obstante, es crucial comparar estos costos con los de la tarifa comercial que, actualmente, tiene la compañía.

**Tabla 22.** *Comparación por tarifas y meses*

Tarifa	Mes	Costo
T-CO	Junio	¢19,709,923.00
	Julio	¢20,142,127.00
T-MT	Junio	¢20,943,717.61
	Julio	¢20,801,724.37
T-MTb	Junio	¢17,323,395.34
	Julio	¢17,587,303.12
Ahorro mensual	Junio	¢2,386,527.66
T-MTb	Julio	¢2,554,823.88
Promedio de Ahorro Anual T-MTb		¢29,648,109.24
Promedio de Ahorro Anual T-MTb		\$56,380.23

**Fuente:** Elaboración propia.

La Tabla 22, muestra que el modelo tarifario T-MTb, en comparación con la tarifa actual T-CO, generaría una disminución sustancial en la facturación eléctrica. Por tanto, el tipo de cambio del dólar se considera de 525.86 colones según el Banco Central de Costa Rica, (2024), la migración a la tarifa T-MTb representaría un ahorro significativo de hasta \$56,380.23 anuales, es necesario obtener la certificación ISO 50001, ya que la compañía no cumple, actualmente, con los requisitos de consumo para dicha migración.

## Conclusiones

### Objetivo 1

Los balances energéticos desarrollados en Griffith Foods, bajo la norma INTE/ISO 50002:2018, permitieron descubrir que el 55% de la energía proviene del gas LP, pero el consumo eléctrico representa el 71% del costo energético total. Las áreas de mayor consumo identificadas fueron Cuarto de máquinas, líquidos, polvos, PTAR y HVAC. Dentro de estas áreas, los equipos de mayor consumo, denominados USE, fueron el Chiller y los equipos de aire acondicionado, para los cuales se identificaron oportunidades de mejora.

### Objetivo 2

Los indicadores de desempeño energético y líneas base de energía desarrollados para Griffith Foods, bajo la norma ISO 50006:2014, mostraron una buena significancia, como kWh totales por toneladas producidas ( $R^2$  de 0.71), kWh de electricidad por toneladas producidas ( $R^2$  de 0.66), y toneladas producidas por toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas ( $R^2$  de 0.61). Otros indicadores, como litros de gas LP por toneladas de líquido producidas ( $R^2$  de 0.59), aunque aceptables, tienen un coeficiente de determinación más bajo. También se definió el equipo de gestión de energía y se estableció un cuadro de mando integral centrado en la mejora continua y la sensibilización de los colaboradores en temas energéticos.

### Objetivo 3

El prototipo desarrollado permitió el monitoreo en tiempo real, mediante la construcción de un dispositivo que registró el perfil de demanda de un equipo de aire acondicionado, facilita el análisis de su potencia y consumo. Los datos obtenidos con el prototipo mostraron un porcentaje de error promedio del 5.6% en comparación con un medidor de corriente de la marca Fluke.

### Objetivo 4

El análisis técnico-financiero evaluó las mejoras, tanto en el cambio de chiller como en la implementación de sistemas VRF, lo que evidencia un significativo cambio en la eficiencia energética, junto con una reducción en el consumo y el gasto asociado. La recuperación de la inversión es rápida, con TIR y VAN positivos que respaldan la viabilidad de ambas opciones. En cuanto a tarifas, la T-MTb presenta resultados favorables, mientras que la T-MT resulta

negativa, lo que sugiere que migrar a la T-MTb generaría un ahorro sustancial para la compañía.

## Recomendaciones

- Se recomienda realizar el cambio de chiller y de los equipos de aire acondicionado, con el objetivo de lograr un ahorro energético del 3% anual y una disminución en las emisiones de CO<sub>2</sub> de 7 toneladas métricas por año.
- Además, se sugiere aislar térmicamente el tanque del CIP para evitar la pérdida de calor en el tanque de agua caliente y limitar el flujo de vapor, lo que permitirá un ahorro en el consumo de gas LP, mediante el empleo por la caldera para la generación de vapor.
- También es importante reparar las fugas de vapor en el tanque del CIP, así como las fugas de aire comprimido a lo largo de la planta, porque estas pérdidas no solo incrementan los costos operativos, sino que también afectan la eficiencia del sistema.
- Al abordar estas fugas, se espera una mejora en la eficiencia energética y una reducción significativa en los gastos, lo que, a su vez, contribuirá a un funcionamiento más sostenible de la planta.
- Es necesario analizar la viabilidad de instalar variadores de frecuencia en los motores de los sopladores de la planta de tratamiento de aguas residuales. Esto permitirá regular el consumo de energía según la concentración de aire en los tanques, contribuyendo así a la reducción del consumo eléctrico de los sopladores.
- Se recomienda realizar auditorías periódicas para dar trazabilidad a los usos significativos de la energía y poder desarrollar proyectos que mejoren continuamente la eficiencia energética de la compañía.
- Finalmente, se debe continuar con el proceso para obtener una futura certificación en ISO 50001:2018, ya que esto supondrá, desde una perspectiva financiera, una reducción sustancial en la facturación energética actual al migrar a la tarifa T-MTb, de ¢29,648,109.24.

## Referencias bibliográficas

- alldatasheet.com. (s. f.). SCT013 PDF. <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1159366/YHDC/SCT013.html>
- Araya, G. V. (2020). Sistema de Gestión de la Energía para una planta de conservas. *Yulök*, 4(1), 81-89. <https://doi.org/10.47633/yulk.v4i1.263>
- Arduino uno rev3. (s. f.). Arduino Official Store. [https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3?srsItd=AfmBOorRbjwKed1X4VY1x4RrPahgEw\\_h83mg7BAj3ggTSID-RT4zHPb1](https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3?srsItd=AfmBOorRbjwKed1X4VY1x4RrPahgEw_h83mg7BAj3ggTSID-RT4zHPb1)
- Arnabat, I. A. (2016). Sistemas VRF, la climatización eficiente para edificios y locales. caloryfrio.com. <https://www.caloryfrio.com/aire-acondicionado/aire-acondicionado-comercial/sistemas-vrf-climatizacion-eficiente-edificios-locales-comerciales-infografia.html>
- Aresep. (2024). Tarifas vigentes electricidad. ARESEP. <https://aresep.go.cr/electricidad/tarifas/>
- ASE. (2018). *Sistemas de Gestión de la Energía ISO 50001*. Agencia de Sostenibilidad Energética. <https://www.guiaiso50001.cl/mercado-sge/>
- BCCR. (2024). Tipo cambio de compra y de venta del dólar de los Estados Unidos de América. Banco Central de Costa Rica. <https://gee.bccr.fi.cr/indicadoreseconomicos/Cuadros/frmVerCatCuadro.aspx?idioma=1&CodCuadro=%20400>
- BMF Business School. (2024). Tasa Interna de Retorno (TIR): Guía completa para inversiones rentables. bmfschool.com. [https://bmfschool.com/2024/04/24/tasa-interna-retorno-guia-completa/#:~:text=La%20Tasa%20Interna%20de%20Retorno%20\(TIR\)%20es%20una%20medida%20financiera,largo%20de%20su%20vida%20%C3%BAtil.](https://bmfschool.com/2024/04/24/tasa-interna-retorno-guia-completa/#:~:text=La%20Tasa%20Interna%20de%20Retorno%20(TIR)%20es%20una%20medida%20financiera,largo%20de%20su%20vida%20%C3%BAtil.)
- BMF Business School. (2024b). Valor actual neto: qué es y cómo calcularlo. bmfschool.com. [https://bmfschool.com/2023/01/10/valor-actual-neto-que-es-y-como-calcularlo/#:~:text=El%20valor%20actual%20neto%20\(VAN, presente%20para%20analizar%20una%20inversi%C3%B3n.](https://bmfschool.com/2023/01/10/valor-actual-neto-que-es-y-como-calcularlo/#:~:text=El%20valor%20actual%20neto%20(VAN, presente%20para%20analizar%20una%20inversi%C3%B3n.)
- Carrier. (s. f.). 30GX 082-358 30HXC 080-375 Screw Compressor Water-Cooled liquid chillers an Air-Cooled liquid chiller. [https://www.carrier.com/marine-offshore/en/worldwide/media/13050-76-IOM-30GX-HXC\\_tcm104-48033.pdf](https://www.carrier.com/marine-offshore/en/worldwide/media/13050-76-IOM-30GX-HXC_tcm104-48033.pdf)

- Castro, J. (2021). Empresas pueden optar por rebajo de un 15 a 25% en tarifas eléctricas si se certifican bajo norma ISO 50001. *La Republica*. <https://www.larepublica.net/noticia/empresas-pueden-optar-por-rebajo-de-un-15-a-25-en-tarifas-electricas-si-se-certifican-bajo-norma-iso-50001>
- CEDET. (2023). *Consumo eléctrico de los usuarios de cooperativas y empresas municipales subió en el 2022*. <https://cedetcostarica.com/index.php/2023/01/23/consumo-electrico-de-los-usuarios-de-cooperativas-y-empresas-municipales-subio-en-el-2022/>
- CNFL. (s. f.). TERMINOS ELÉCTRICOS Y DE FACTURACION GENERALES. [https://www.cnfl.go.cr/contenido/documentos/eficiencia/terminos%20electricos\\_y\\_de\\_facturacion.pdf](https://www.cnfl.go.cr/contenido/documentos/eficiencia/terminos%20electricos_y_de_facturacion.pdf)
- Comisión Nacional de Energía Eléctrica. (2010). *AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO*. [https://www.cnee.gob.gt/EficienciaEnergetica/FIDE/005%20M%C3%B3dulo%20V%20\(AEE%20Aire%20Acondicionado\).pdf](https://www.cnee.gob.gt/EficienciaEnergetica/FIDE/005%20M%C3%B3dulo%20V%20(AEE%20Aire%20Acondicionado).pdf)
- Custom Culinary - PRODUCTOS LISTOS PARA SERVIR y PARA COCINAR. (s. f.). <https://www.customculinary.global/CASA/CENAM/Productos/Zafran/Salsa-y-aderezos>
- Daikin. (s. f.). ¿Qué significan los términos COP y EER? [https://www.daikin.es/es\\_es/faq/que-significan-los-terminos-cop-y-eer.html](https://www.daikin.es/es_es/faq/que-significan-los-terminos-cop-y-eer.html).
- Department of Energy US. (2019). Superior Energy Performance 50001. Office Of Energy Efficiency & Renewable Energy. [https://betterbuildingssolutioncenter.energy.gov/sites/default/files/attachments/SEP\\_50001\\_MV\\_Protocol\\_2019\\_0.pdf](https://betterbuildingssolutioncenter.energy.gov/sites/default/files/attachments/SEP_50001_MV_Protocol_2019_0.pdf)
- Emin Energy. (2020). *ISO 50001 Ventajas de implantar un sistema de gestión energética en tu empresa*. <https://www.emin.energy/iso-50001-ventajas-de-implantar-un-sistema-de-gestion-energetica-en-tu-empresa/>
- ESPH. (2020). Servicio de Energía Eléctrica Tarifas Vigentes. <https://www.esph.sa.com/energia-electrica/tarifas-vigentes>
- Fluke. (2012). Pinza amperimétrica RMS Fluke 325. <https://www.fluke.com/es-cr/producto/comprobacion-electrica/pinzas-amperimetricas/fluke-325#>
- Griffith Foods. (2020). Sustainability Report 2020. <https://griffithfoods.com/casa/wp-content/uploads/sites/8/2021/09/Griffith-Foods-Informe-de-Sostenibilidad-2020.pdf>

GoCardless. (2021). Cómo calcular el PRI. GoCardless.

<https://gocardless.com/es/guias/consejos/como-calculiar-el-pri/#:~:text=de%20inversi%C3%B3n%20futuros,-,%C2%BFQu%C3%A9%20es%20el%20periodo%20de%20recuperaci%C3%B3n%20de%20la%20inversi%C3%B3n%3F,neto%20es%20igual%20a%20cero.>

Gobierno de Costa Rica. (2019). Plan Nacional de Descarbonización 2018-2050. Cambioclímico. <https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2019/11/PLAN-NACIONAL-DESCARBONIZACION.pdf>

Guamán Batallas, A. E. (2022, 1 octubre). Diseño del Sistema de Gestión Energética según la Norma ISO 50001:2018 de eficiencia energética en Productos Minerva Cía. Ltda. <http://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/4821>

Iberdrola. (2024). Las consecuencias del efecto invernadero: desde la desertificación a las inundaciones. <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/consecuencias-efecto-invernadero>

ICE. (2023). Rige para los consumos que se originen a partir del 01 de enero y hasta el 31 de diciembre 2024. Grupo ICE. <https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/669c79e9-84c9-4682-b63b-136238ebc7e2/Tarifas+enero+2024+Alcance+N%C2%B0257+Gaceta+N%C2%B0237+3.pdf?MOD=AJPERES&CVID=p2pxzoN#:~:text=de%20periodos%20horarios,-,Per%C3%ADodo%20punta%3A%20Se%20define%20como%20per%C3%ADodo%20punta%20al%20comprendido%20entre,y%20las%2017%3A30%20horas.&text=6%3A00%20horas%20del%20d%C3%ADa%20siguiente.,-3.%2DOperaci%C3%B3n%20en>

INTECO. (2018). INTE/ISO 50001:2018 Sistemas de gestión de la Energía - Requisitos con orientación para su uso.

INTECO. (2018). INTE/ISO 50002:2018 Auditorías energéticas - Requisitos con orientación para su uso.

Instituto meteorológico nacional. (2023). Factores de emisión de gases de efecto invernadero. Instituto Meteorológico Nacional. <http://cglobal.imn.ac.cr/documentos/publicaciones/factoresemision/factoresemision2023/FactoresEmission-GEI-2023.pdf>

- ISO. (2014). *ISO 50006 Energy Management Systems — Measuring Energy performance using Energy Baselines (ENB) and Energy Performance Indicators (ENPI) — General principles and guidance*.
- JULABO. (2024). *Aspectos básicos sobre el control de temperatura: Refrigerante*. JULABO GmbH. <https://www.julabo.com/es/servicio/asesoramiento-y-planificacion-proyectos/aspectos-basicos-control-temperatura-refrigerante>
- Kaizen Institute Consulting Group. (2023). *A3 Eficiencia de Energía en la Industria de Alimentos*. <https://kaizen.com/es/insights-es/caso-de-estudio-eficiencia-de-energia-en-la-industria-de-alimentos/>
- LearnMetrics. (2021). *Understanding IPLV: Integrated Part Load Value explained (AC, chillers)*. LearnMetrics. <https://learnmetrics.com/iplv-or-integrated-part-load-value/>
- Ley 40509 Plan intersectorial para el establecimiento de una tarifa eléctrica preferencial para la conservación y mejora del empleo en empresas electro-intensivas. (2017). Sistema Costarricense de Información Jurídica. [http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=84622&nValor3=110386&strTipM=TC](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=84622&nValor3=110386&strTipM=TC)
- LL-C Certification. (2024). *ISO 50001*. <https://ll-c.co.cr/certificacion/iso-50001/#:~:text=La%20norma%20ISO%2050001%20incluye,renovables%20y%20aumentar%20su%20competitividad.>
- Meza-Alcívar, B., Alemán-García, M., & Herrera-Suárez, M. (2023). IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICO PARA INSTITUTOS DE EDUCACIÓN SUPERIOR. *INGENIAR*, 6(12), 15. <https://www.journalingeniar.org/index.php/ingeniar/article/view/157/226>
- Ministerio de Ambiente y Energía MINAE. (2015). *VII Plan Nacional de Energía 2015-2030*. Cambioclimate, 67. [https://cambioclimate.go.cr/wp-content/uploads/2018/08/VII\\_Plan\\_Nacional\\_de\\_Energia\\_2015-2030.pdf](https://cambioclimate.go.cr/wp-content/uploads/2018/08/VII_Plan_Nacional_de_Energia_2015-2030.pdf)
- Ministerio de Ambiente y Energía MINAE. (2015). *VII Plan Nacional de Energía 2015-2030*. Cambioclimate, 17. [https://cambioclimate.go.cr/wp-content/uploads/2018/08/VII\\_Plan\\_Nacional\\_de\\_Energia\\_2015-2030.pdf](https://cambioclimate.go.cr/wp-content/uploads/2018/08/VII_Plan_Nacional_de_Energia_2015-2030.pdf)
- Montaño, N. (s. f.). ¿Qué es y para qué sirve un cuadro de mando? <https://www.ambitbst.com/blog/qu%C3%A9-es-y-para-qu%C3%A9-sirve-un-cuadro-de-mando>

- Naturgy. (s. f.). Prohibición de recarga de refrigerante R22 | Naturgy. [https://www.naturgy.es/negocios\\_y\\_autonomos/fnt\\_negocios\\_y\\_autonomos/prohibicion\\_de\\_recarga\\_de\\_refrigerante\\_r22](https://www.naturgy.es/negocios_y_autonomos/fnt_negocios_y_autonomos/prohibicion_de_recarga_de_refrigerante_r22)
- Naylamp Mechatronics. (s. f.). Shield Ethernet W5100. <https://naylampmechatronics.com/ardusystem-shields/12-shield-ethernet-w5100.html>
- ONU. (2015). *Objetivos y metas de desarrollo sostenible - Desarrollo Sostenible*. Naciones Unidas. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Poder Ejecutivo. (2017). *Decreto N° 41121-MINAE-H — Lista oficial de bienes exonerables conforme a la Ley de Regulación del Uso Racional de la Energía*. Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura. [https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC185857/#:~:text=Rica%20\(Nivel%20nacional\)-Decreto%20N%C2%BA%2041121%2DMINAE%2DH%20E2%94%80%20Lista%20oficial%20de%20bienes,Us%20Racional%20de%20la%20Energ%C3%ADa.](https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC185857/#:~:text=Rica%20(Nivel%20nacional)-Decreto%20N%C2%BA%2041121%2DMINAE%2DH%20E2%94%80%20Lista%20oficial%20de%20bienes,Us%20Racional%20de%20la%20Energ%C3%ADa.)
- ¿Por qué es tan importante la auditoría energética para empresas e industrias? (2023). Centro Europeo de Empresas E Innovación de Valencia. <https://ceeivalencia.emprenemjunts.es/?op=8&n=30904>
- ¿Qué es la eficiencia energética y qué ventajas tiene? | Repsol. (2024). REPSOL. <https://www.repsol.com/es/sostenibilidad/ejes-sostenibilidad/cambio-climatico/eficiencia-energetica/que-es-la-eficiencia-energetica/index.cshtml>
- ¿Qué es la gestión energética? (2024). REPSOL. <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/futuro-planeta/que-es-la-gestion-energetica/index.cshtml#:~:text=El%20Sistema%20de%20Gesti%C3%B3n%20Energ%C3%A9tica,y%20aumentar%20la%20eficiencia%20energ%C3%A9tica.>
- Reducir la factura eléctrica y aplicar acciones de eficiencia energética a nivel empresarial ahora es una realidad*. (2021). INTECO. [https://erp.inteco.org/en\\_US/blog/recent-news-2/reducir-la-factura-electrica-y-aplicar-acciones-de-eficiencia-energetica-a-nivel-empresarial-ahora-es-una-realidad-280](https://erp.inteco.org/en_US/blog/recent-news-2/reducir-la-factura-electrica-y-aplicar-acciones-de-eficiencia-energetica-a-nivel-empresarial-ahora-es-una-realidad-280)
- RECOPE. (2021). Poder calórico. <https://www.recope.go.cr/productos/calidad-y-seguridad-de-productos/poder-calorico/>

- Selétrica. (2023). *La Subida de Precios en la Electricidad en Costa Rica: Un Análisis desde el Enfoque Energético*. Selétrica - Sistemas Eléctricos. <https://selectrica.net/la-subida-de-precios-en-la-electricidad-en-costa-rica-un-analisis-desde-el-enfoque-energetico/>
- Sensores SCT-013. (s. f.). Naylamp Mechatronics - Perú. [https://naylampmechatronics.com/blog/51\\_tutorial-sensor-de-corriente-ac-no-invasivo-sct-013.html](https://naylampmechatronics.com/blog/51_tutorial-sensor-de-corriente-ac-no-invasivo-sct-013.html)
- Sensor de Corriente SCT-013-000 100A/50mA. (2023). UNIT Electronics. <https://uelectronics.com/producto/sensor-de-corriente-sct-013-000-100a-50ma/?srsltid=AfmBOoqKrpGxiBRLcfx-w-MiK6quJ1WnDSftLUumPxXZRkmlqhpNDth>
- Sornoza Bravo, J. C., & Sabando Piguabe, L. F. (2021). *Estado del arte de la gestión energética en la industria*. Dialnet, 798. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8229671>
- The Carbon Trust. (2024). Energy and carbon conversion guide for reporting. <https://www.carbontrust.com/our-work-and-impact/guides-reports-and-tools/energy-and-carbon-conversion-guide-for-reporting>
- Trubetskaya, A., McDermott, O., & McGovern, S. M. (2023). Implementation of an ISO 50001 energy management system using Lean Six Sigma in an Irish dairy: a case study. *The Tqm Journal*, 35(9), 1-24. <https://doi.org/10.1108/tqm-08-2022-0252>
- Unibio Salcedo, M. T. (2022). *ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE ENERGÍA BASADO EN LA NORMA ISO 50001 EN ORGANIZACIONES DE LATINOAMÉRICA*. Fundación Universidad de América. <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8908/1/551757-2022-I-GC.pdf>
- Zúñiga, R. (2021). *Reducir la factura eléctrica y aplicar acciones de eficiencia energética a nivel empresarial ahora es una realidad*. INTECO. [https://erp.inteco.org/en\\_US/blog/recent-news-2/reducir-la-factura-electrica-y-aplicar-acciones-de-eficiencia-energetica-a-nivel-empresarial-ahora-es-una-realidad-280](https://erp.inteco.org/en_US/blog/recent-news-2/reducir-la-factura-electrica-y-aplicar-acciones-de-eficiencia-energetica-a-nivel-empresarial-ahora-es-una-realidad-280)

## Apéndices

### Apéndice A: Propuesta de política energética

Griffith Foods, dedicada a la producción y comercialización de salsas, aderezos y condimentos, se compromete a gestionar su desempeño energético de manera efectiva y sostenible, en consonancia con los criterios de la norma INTE/ISO 50001:2018.

Para cumplir con nuestro compromiso, nos proponemos:

- Implementar un Sistema de Gestión de la Energía (SGE): Establecer, mantener y mejorar continuamente nuestro SGE para optimizar el consumo energético en todos los procesos y operaciones.
- Monitorear y Mejorar la Eficiencia Energética: Realizar mediciones periódicas y auditorías para evaluar el desempeño energético de las instalaciones, equipos y procesos, y aplicar las mejoras necesarias para reducir el consumo y los costos asociados.
- Integrar la Eficiencia Energética en el Diseño y Operación: Incorporar consideraciones de eficiencia energética en el diseño, la adquisición y la modificación de equipos, instalaciones y procesos, asegurando que las prácticas sean sostenibles y estén alineadas con los estándares de calidad y seguridad.
- Fomentar la Cultura de Eficiencia Energética: Promover entre los colaboradores una cultura de responsabilidad energética, concienciándolos sobre la importancia de reducir el desperdicio de energía y participando activamente en la implementación de prácticas de eficiencia energética.
- Cumplir con los Requisitos Legales y Regulatorios: Asegurar el cumplimiento de todas las leyes y regulaciones aplicables en materia de eficiencia energética y medio ambiente, así como las normativas específicas del sector.
- Reducir la Huella de Carbono: Implementar iniciativas para medir, reducir y compensar las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo a la mitigación del cambio climático y apoyando la sostenibilidad global.

Nos comprometemos a proporcionar los recursos y la formación necesarios para alcanzar estos objetivos y a revisar regularmente esta política para asegurar su eficacia y adecuación.

## Apéndice B: Tabla de requerimientos legales que afectan al MGEN

**Tabla 23.** *Requerimientos legales que afectan al MGEN*

<b>Requerimiento legal</b>	<b>Título</b>	<b>Descripción</b>
Ley 7447	Ley de Regulación del Uso Racional de la Energía	Declaración jurada del consumo energético de Macroconsumidores.
AR-NT-SUCOM	Supervisión de la comercialización del suministro eléctrico en baja y media tensión	Establece las condiciones bajo las cuales se brindará el servicio eléctrico en sus etapas de distribución y de comercialización, comprendiendo los aspectos técnicos, comerciales, tarifarios y contractuales del servicio.
42497-MINAE-S	Reglamento de la autorización y registro de tanques estacionarios para autoconsumo de combustibles	Establece todas las normas que deben seguir los propietarios de tanques fijos para el almacenamiento de combustibles.
NFPA 70 NEC	Código eléctrico nacional	Verificación de que la instalación eléctrica del complejo cumpla con el código correspondiente.
43184-s-minae	Reglamento sobre emisión de contaminantes atmosféricos provenientes de calderas y hornos de tipo directo e indirecto	Define los límites máximos de emisiones que deben cumplir los establecimientos que operan calderas y hornos de tipo indirecto en sus procesos o actividades.

**Fuente:** Elaboración propia.

**Apéndice C: Tablas utilizadas para definir los usos significativos de la energía.**

**Tabla 24.** *Tiempos de operación mensual de los equipos de producción de la compañía*

Equipo	Sección	Promedio de horas de producción mensual	Porcentaje de utilización
Bossar	Cocina	352	48%
Botellas	Cocina	164	23%
Effytec	Cocina	334	46%
Ferrari	Cocina	275	38%
Fryma 600	Cocina	191	26%
Fryma 750	Cocina	215	30%
Llenado manual	Cocina	55	8%
Marmita 2	Cocina	239	33%
Marmita 3	Cocina	196	27%
Marmita 4	Cocina	130	18%
Marmita 5	Cocina	259	36%
Marmita 6	Cocina	296	41%
Marmita 7	Cocina	322	44%
OnPack	Empaque L	239	33%
PP1	Empaque L	320	44%
PP2	Empaque L	323	44%
PP3	Empaque L	249	34%
PP6	Empaque L	388	53%
PP7	Empaque L	366	50%
Cramsa	Empaque P	276	38%
Empaque manual	Empaque P	255	35%
MexiMaq	Empaque P	245	34%
Mz100	Mezcla	287	39%
Mz 1000	Mezcla	248	34%
Mz 2000	Mezcla	259	36%
Mz 250	Mezcla	268	37%
Mz 300	Mezcla	283	39%
Mz 3000	Mezcla	253	35%

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 25.** *Consumo de los equipos del área de líquidos*

Equipo	Consumo [kWh]	Porcentaje de ubicación
Ferrari	16,466.16	24.3%
Homogeneizador	7,200.00	10.6%
Fryma 750	4,845.24	7.2%
Fryma 600	3,734.43	5.5%
Marmita 2	4,971.20	7.3%
Marmita 3	784.00	1.2%
Marmita 4	520.00	0.8%
Marmita 5	2,316.50	3.4%
Marmita 6	6,156.80	9.1%
Marmita 7	2,962.40	4.4%
Botellas	294.12	0.4%
Effytec	4,301.92	6.3%
Bossar	353.69	0.5%
Onpack	2,523.84	3.7%
Porcionadora 1	366.08	0.5%
Porcionadora 2	369.51	0.5%
Porcionadora 3	284.86	0.4%
Porcionadora 6	490.43	0.7%
Porcionadora 7	418.70	0.6%
Bombas	2,557.62	3.8%
Detectores de metal	591.36	0.9%
Medidor Másico	0.20	0.0%
Luminarias	982.80	1.5%
Monitores	48.85	0.1%
CPUs	43.95	0.1%
CIP	2,386.24	3.5%
Molino	1,535.78	2.3%
Balanzas	121.65	0.2%
Embaladora	10.24	0.0%
Teléfonos	0.26	0.0%
Pantalla	119.00	0.2%

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 26.** *Consumo de los equipos del área de polvos*

Equipo	Consumo [kWh]	Porcentaje de ubicación
Cosedoras	143.07	0.4%
Mezcladora 3000	12,074.37	36.6%
Mezcladora 2000	6,952.91	21.1%
Mezcladora 1000	4,438.41	13.5%
Mezcladora 300	2,532.40	7.7%
Mezcladora 250	2,079.68	6.3%
Mezcladora 100	344.40	1.0%
Mexi MaQ	818.65	2.5%
CRAMSA	879.20	2.7%
Detector de metales	140.40	0.4%
Motor	130.00	0.4%
Banda general	16.74	0.1%
Sensor lavamanos	11.65	0.0%
Balanzas	13.85	0.0%
Selladoras	1,649.31	5.0%
Luminarias	587.81	1.8%
Dispensador de agua	1.30	0.0%
Traspaleta eléctrica	173.33	0.5%

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 27.** *Consumo de los equipos del área de cuarto de máquinas*

Equipo	Consumo [kWh]	Porcentaje de ubicación
Caldera 1	0.00	0.0%
Caldera 2	0.00	0.0%
Compresor 1	5,930.50	10.2%
Compresor 2	8,909.25	15.3%
Compresor 3	6,101.09	10.5%
Secador de aire Kaeser	163.80	0.3%
Secador de aire Donaldson	1,444.35	2.5%
Bomba 1	0.00	0.0%
Bomba 2	2,745.60	4.7%
Medidores químicos	13.98	0.0%
Ventilador	94.85	0.2%
Chiller	32,588.72	56.0%
Luminaria	83.46	0.1%
Bomba contra incendios	11.93	0.0%
Clorinador de agua	69.89	0.1%

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 28.** *Consumo de los equipos del área de PTAR*

Equipo	Consumo [kWh]	Porcentaje de ubicación
Motor Agitador	214.76	0.7%
Bomba sumergible	1,698.55	5.3%
Soplador (4)	5,212.38	16.3%
Flujo medidor	6.91	0.0%
Motor agitador	18.77	0.1%
Motor agitador	5.35	0.0%
Motor agitador	609.55	1.9%
Bomba dosificadora	51.84	0.2%
Bomba	2,227.31	7.0%
Motor rasquetas	164.52	0.5%
Motor (tornillo)	1,267.20	4.0%
Bomba sumergible	2,077.80	6.5%
Bomba sumergible	1,073.81	3.4%
Sopladores	15,873.19	49.7%
Bomba sumergible	1,236.43	3.9%
Microondas	10.00	0.0%
Dispensador de agua	1.20	0.0%
Monitor	4.12	0.0%
CPU	29.95	0.1%
Microscopio	0.06	0.0%
Colorímetro/ digital	Reactor 5.76	0.0%
Cafetera	50.40	0.2%
Luminaria	111.00	0.3%

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 29.** *Consumo de los equipos del área de HVAC*

Equipo	Consumo [kWh]	Porcentaje del total
A/C	18,821.47	77.0%
Inyectores	1,587.56	6.5%
Extractores	1,030.64	4.2%
Cortinas de aire	345.55	1.4%
Equipo de refrigeración	2,659.16	10.9%

Fuente: Elaboración propia.

**Apéndice D: Tablas utilizadas para confección de indicadores.**

**Tabla 30.** *IDEn, Energía total utilizada por tonelada producida*

Año	Mes	Gasto Energético total [kWh]	Toneladas Producidas	IDEn [kWh/t]
2023	Julio	492,930.35	2,227.28	221.32
2023	Agosto	504,665.62	2,643.47	190.91
2023	Septiembre	603,804.16	2,751.46	219.45
2023	Octubre	537,806.09	2,475.87	217.22
2023	Noviembre	668,137.30	2,846.10	234.76
2023	Diciembre	391,047.68	1,723.96	226.83
2024	Enero	659,499.63	3,067.39	215.00
2024	Febrero	523,965.75	2,879.52	181.96
2024	Marzo	544,996.22	2,378.45	229.14
2024	Abril	550,944.42	2,641.70	208.56
2024	Mayo	587,450.29	2,631.85	223.21
2024	Junio	548,937.89	2,615.57	209.87

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 31.** *IDEn, Energía eléctrica utilizada por tonelada producida*

Año	Mes	Gasto Energético electricidad [kWh]	Toneladas Producidas	IDEn [kWh/t]
2023	Enero	225,435.00	2,571.96	87.65
2023	Febrero	216,685.00	2,261.17	95.83
2023	Marzo	250,915.00	2,806.81	89.40
2023	Abril	203,368.00	1,866.89	108.93
2023	Mayo	232,960.00	2,804.38	83.07
2023	Junio	258,510.00	2,322.22	111.32
2023	Julio	233,170.00	2,227.28	104.69
2023	Agosto	245,105.00	2,643.47	92.72
2023	Septiembre	251,125.00	2,751.46	91.27
2023	Octubre	225,523.00	2,475.87	91.09
2023	Noviembre	266,980.00	2,846.10	93.81
2023	Diciembre	186,428.00	1,723.96	108.14
2024	Enero	273,893.00	3,067.39	89.29
2024	Febrero	253,698.00	2,879.52	88.10
2024	Marzo	247,258.00	2,378.45	103.96
2024	Abril	266,945.00	2,641.70	101.05
2024	Mayo	261,835.00	2,631.85	99.49
2024	Junio	248,168.00	2,615.57	94.88

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 32.** *IDEn, Litros de GLP consumidos por tonelada producida*

Año	Mes	Consumo [l]	GLP	Toneladas Producidas	Líquidos	IDEn [l/t]
2023	Julio	36,415.00		1,206.91		30.17
2023	Agosto	36,387.00		1,443.08		25.21
2023	Septiembre	49,441.00		1,652.19		29.92
2023	Octubre	43,778.00		1,479.91		29.58
2023	Noviembre	56,237.00		1,655.96		33.96
2023	Diciembre	28,685.00		899.91		31.88
2024	Enero	54,057.00		1,804.80		29.95
2024	Febrero	37,888.00		1,709.40		22.16
2024	Marzo	41,739.00		1,395.23		29.92
2024	Abril	39,813.00		1,535.82		25.92
2024	Mayo	45,647.00		1,536.49		29.71
2024	Junio	42,164.00		1,608.83		26.21

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 33.** *IDEn, dólares de ventas por consumo energético total*

Año	Mes	Gasto Energético total [kWh]	Ventas [\$]	IDEn [\$/kWh]
2023	Julio	492,930.35	\$7,238,928.00	14.69
2023	Agosto	504,665.62	\$8,224,871.00	16.30
2023	Septiembre	603,804.16	\$8,338,412.00	13.81
2023	Octubre	537,806.09	\$7,086,819.00	13.18
2023	Noviembre	668,137.30	\$9,751,114.00	14.59
2023	Diciembre	391,047.68	\$6,122,246.00	15.66
2024	Enero	659,499.63	\$10,154,016.00	15.40
2024	Febrero	523,965.75	\$8,197,794.00	15.65
2024	Marzo	544,996.22	\$7,462,165.00	13.69
2024	Abril	550,944.42	\$8,483,856.00	15.40
2024	Mayo	587,450.29	\$8,444,640.00	14.38
2024	Junio	548,937.89	\$7,797,683.00	14.21

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 34.** *IDEn, toneladas de producción por toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas*

Año	Mes	Emissiones de CO <sub>2</sub> por electricidad [t]	Emissiones de CO <sub>2</sub> por GLP [t]	Emissiones de CO <sub>2</sub> totales [t]	Toneladas Producidas	IDEn [tproducidas/tCO <sub>2</sub> ]
2023	Julio	12.45	58.66	71.12	2,227.28	31.32
2023	Agosto	13.09	58.62	71.71	2,643.47	36.86
2023	Septiembre	13.41	79.65	93.06	2,751.46	29.57
2023	Octubre	12.04	70.53	82.57	2,475.87	29.99
2023	Noviembre	14.26	90.60	104.85	2,846.10	27.14
2023	Diciembre	9.96	46.21	56.17	1,723.96	30.69
2024	Enero	14.63	87.09	101.71	3,067.39	30.16
2024	Febrero	13.55	61.04	74.59	2,879.52	38.61
2024	Marzo	13.20	67.24	80.45	2,378.45	29.57
2024	Abril	14.25	64.14	78.39	2,641.70	33.70
2024	Mayo	13.98	73.54	87.52	2,631.85	30.07
2024	Junio	13.25	67.93	81.18	2,615.57	32.22

Fuente: Elaboración propia.

## Apéndice E: Aspectos relacionados prototipo del sistema de monitoreo en tiempo real.

Figura 35. Primera parte del código de programación en la interfaz de Arduino

```
1 #include <SD.h>
2 #include "EmonLib.h"           // Include Emon Library
3 #include <TimeLib.h>
4 #include <SPI.h>
5 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
6
7 EnergyMonitor emon1;          // Create an instance
8 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
9
10
11 double IrmsA;
12
13 File myFile;
14
15 void setup() {
16
17
18     Serial.begin(9600);
19     Serial.print("Inicio de SD ...");
20
21     lcd.init(); // Initialize the LCD
22     lcd.backlight(); // Turn on the backlight
23     lcd.clear();
24     lcd.setCursor(0,0);
25     lcd.print("Inicio");
26     delay(1000);
27     lcd.clear();
28
29     if (!SD.begin(4)) {
30         Serial.println("No se pudo iniciar");
31         return;
32     }
33     Serial.println("inicio exitoso");
34
35
36     if(!SD.exists("guardaDatos.csv")) {
37         myFile = SD.open("guardaDato.csv", FILE_WRITE);
38         if (myFile) {
39             Serial.println("Archivo nuevo, Escribiendo encabezado(fila 1)");
40             myFile.println("Time(Day/Month/Year-Hour/Minute/Second),Current(A)");
41             myFile.close();
42         } else {
43             Serial.println("Error creando el archivo guardaDato.csv");
44         }
45     }
46
47     emon1.current(1,56.5);      // Current: input pin, calibration.
48
49
50     setTime(8,0,00,12,8,2024); // Set time
51 }
52
```

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 36.** Segunda parte del código de programación en la interfaz de Arduino

```
53 void loop() {
54     Serial.print("Nuevo dato: ");
55     myFile = SD.open("guardaDatos.csv", FILE_WRITE); // Open the file
56     if (myFile) {
57         IrmsA = emon1.calcIrms(1480); // Calculate Irms only
58         time_t t = now();
59         Serial.print("Guardando en SD: ");
60         // Write date and time
61         myFile.print(day(t));
62         myFile.print("/");
63         myFile.print(month(t));
64         myFile.print("/");
65         myFile.print(year(t));
66         myFile.print(" ");
67         myFile.print(hour(t));
68         myFile.print(":");
69         myFile.print(minute(t));
70         myFile.print(":");
71         myFile.print(second(t));
72         myFile.print(",");
73         // Write current measurements
74         myFile.print(IrmsA);
75         myFile.println(); // Ensure new line for each record
76         myFile.close(); // Close the file
77         // Print to Serial
78         Serial.print(day(t));
79         Serial.print("/");
80         Serial.print(month(t));
81         Serial.print("/");
82         Serial.print(year(t));
83         Serial.print(" ");
84         Serial.print(hour(t));
85         Serial.print(":");
86         Serial.print(minute(t));
87         Serial.print(":");
88         Serial.println(second(t));
89         Serial.println(IrmsA);
90     } else {
91         Serial.println("Sin tarjeta SD");
92     }
93     lcd.setCursor(0,0);
94     lcd.print("Corriente");
95     lcd.setCursor(0, 1); // Posiciona el cursor en la segunda línea
96     lcd.print("A= ");
97     lcd.setCursor(3, 1); // Posiciona el cursor donde empieza el valor
98     lcd.print(IrmsA, 3); // Imprime el valor de IrmsA con 2 decimales
99     delay(1000); // Delay between measurements 1000ms =10s
100 }
```

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 37.** Amperímetro de gancho Fluke 325



**Fuente:** Elaboración propia.

## **Apéndice F: Metas energéticas propuestas.**

**Meta:** Reducir el consumo energético anual del chiller en un 3%. Implementando el proyecto de cambio de chiller en un plazo de 1 año y mantener la reducción durante los siguientes 2 años. Para su comprobación se monitoreará el consumo energético mensual para verificar la reducción anual.

**Meta:** Reducir el consumo energético anual de los equipos de aire acondicionado en un 1%. Sustituyendo los sistemas de aire acondicionado por sistemas VRF y completar la instalación en un plazo de 1 año y mantener la reducción durante los siguientes 2 años. Para su comprobación se evaluará el consumo energético mensual y se comparará con el de años anteriores.

**Meta:** Reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en 7 toneladas métricas anuales como resultado de las mejoras en la eficiencia energética del chiller y los sistemas de aire acondicionado. Alcanzando esta reducción en el primer año tras la implementación de los cambios y mantenerla durante los siguientes 2 años. Para su comprobación se calcularán las emisiones de CO<sub>2</sub> antes y después de la implementación de las mejoras, utilizando factores de emisión adecuados y se realizará un seguimiento anual para asegurar que la reducción de 7 toneladas se mantiene.

**Meta:** Cambiar de modelo tarifario de T-CO a T-MTb para reducir la facturación eléctrica en un 12%, llevando a cabo el cambio de tarifa en un plazo de 6 meses y manteniendo la reducción durante el primer año. Para su comprobación se comparará, la facturación eléctrica mensual antes y después del cambio para verificar la reducción anual.

## Anexos

### Anexo A: Productos manufacturados por Griffith Foods.

**Figura 38.** *Salsa Pizza*



**Fuente:** Custom Culinary (2024).

**Figura 39.** *Salsa Especial*



**Fuente:** Custom Culinary (2024).

**Figura 40.** *Salsa Mostaza Miel*



**Fuente:** Custom Culinary (2024).

**Figura 41.** *Salsa Mayonesa*



**Fuente:** Custom Culinary (2024).

**Figura 42.** *Salsa con Tomate*



**Fuente:** Custom Culinary (2024).

**Anexo B: Especificaciones técnicas de los equipos de medición.**

**Figura 43.** Especificaciones técnicas del Fluke 325, para medición de corriente

Especificaciones	
Rango de corriente en AC/CC	(400.0/400.0) A
Resolución	0.1 A
Precisión	2.0 % ±5 dígitos (45 – 65 Hz)
	2.5% ± 5 dígitos (65 – 400 Hz)

Fuente: Fluke, (2012).

**Figura 44.** Especificaciones técnicas del sensor SCT-013 100A, para medición de corriente

Rated Input (Effective value)	10 20 30 50 80 100 A
measurement range	20%~120% A
Rated output	0.333 V
Auaccuracy	1 %
Linearity	1 %
frequency	50~1K Hz
weight	50 g
Order Format: model Input output Auaccuracy SCT013/xxA/0.333V/1%	
Noted: The rated current ≤100A are the standard product	

Fuente: Alldatasheet.com, (s. f.)

## Anexo C: Precios de la electricidad por modelo tarifario

**Tabla 35.** *Cargos por demanda y energía, tarifa T-MT*

Tarifa T-MT ESPH		Tarifa T-MT ESPH	
Por consumo de energía (kWh)		Por consumo de potencia (kW)	
Punta		Punta	
Máxima	₡75.91	Máxima	₡8,044.05
Mínima	₡72.68	Mínima	₡7,701.37
Valle		Valle	
Máxima	₡38.68	Máxima	₡5,589.18
Mínima	₡37.03	Mínima	₡5,351.08
Noche		Noche	
Máxima	₡31.51	Máxima	₡3,724.90
Mínima	₡30.17	Mínima	₡3,566.21

Fuente: Aresep, (2024).

**Tabla 36.** *Cargos por demanda y energía, tarifa T-MTb*

Tarifa T-MTb ESPH		Tarifa T-MTb ESPH	
Por consumo de energía (kWh)		Por consumo de potencia (kW)	
Punta		Punta	
Máxima	₡118.31	Máxima	₡3,474.88
Mínima	₡113.27	Mínima	₡3,326.85
Valle		Valle	
Máxima	₡40.64	Máxima	₡2,425.78
Mínima	₡38.92	Mínima	₡2,322.44
Noche		Noche	
Máxima	₡26.08	Máxima	₡1,554.48
Mínima	₡24.97	Mínima	₡1,488.26

Fuente: Aresep, (2024).

