

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

Modelo de Gestión de la energía en PANASONIC CENTROAMERICANA S.A en Costa Rica, basado en la norma ISO 50001:2018 y el establecimiento de indicadores energéticos a través de la norma ISO 50006:2014

Informe de práctica de especialidad para optar por el título de Ingeniero en Mantenimiento Industrial, con el grado académico de Licenciatura

Antony Eduardo González Pereira

Cartago, junio, 2021



Carrera evaluada y acreditada por:

Canadian Engineering Accreditation Board
Bureau Canadien d'Accréditation des Programmes d'Ingénierie

Profesor guía

Ing. Fernando Bonilla Lorenzo

Asesor Industrial

Ing. Jorge Sánchez González

Tribunal examinador

Ing. Sebastián Mata

Ing. Federico Sáenz

Panasonic

Panasonic Centroamericana S.A.
Apartado 10068-1000
San José, Costa Rica
Teléfono: (506) 2509-2400
<http://www.panasonic.co.cr>

Alajuela, San Rafael, miércoles 25 de noviembre de 2020.

Señor: Ing. Ignacio Del Valle Granados.

Cargo: Coordinador de la Práctica Profesional.

Entidad: Tecnológico de Costa Rica, TEC.

Por este medio, Panasonic Centroamericana S.A., hace constar que el joven Antony González Pereira, cédula de identidad número 305040401, número de carné estudiantil 2015049655, fue aceptado para realizar su práctica profesional, igualmente, la presentación de su anteproyecto: *Modelo de Gestión de la energía en PANASONIC CENTROAMERICANA S.A en Costa Rica, basado en la norma ISO 50001:2018 y el establecimiento de indicadores energéticos a través de la norma ISO 50006:2014* ya fue aprobado para ser desarrollado en nuestro departamento de Control de Calidad, bajo la supervisión del Gerente de Ambiente y Calidad, el Sr. Jorge Sánchez González.

La relevancia de este proyecto para la empresa se fundamenta en la necesidad de tener un sistema de gestión de la energía que nos permita mejorar en el desempeño energético y establecer procesos de mejora continua con resultados cuantificables. Además, el desarrollo de este proyecto es un aporte para cumplir nuestra visión ambiental y contribuye en el proceso de certificación de la Norma ISO 50001:2018 la cual tenemos establecido obtener a mediano plazo.

Hacemos constar que esta práctica profesional tendrá una duración de 4 meses aproximadamente, iniciando el 1 de febrero de 2021 con una jornada de 36 horas semanales como lo solicita el TEC. En el momento de las visitas a la Empresa requerimos que se cumplan con todos los protocolos de seguridad y salubridad.

Sin más por el momento y agradeciendo su atención a la presente.

J. Sánchez
Control de Calidad

Jorge Sánchez González
Gerente de Ambiente y Calidad
Teléf.: 2509-2400 ext. 3251

Información de la Empresa.

Datos Personales del Estudiante

Nombre completo: Antony Eduardo González Pereira

Número de cédula: 305040401

Número de carné: 2015049655

Edad: 23 años.

Números de teléfono: 89623589

Correos electrónicos: antony.gp15@gmail.com

Dirección exacta de domicilio. Turrialba, Cartago, Costa Rica.

Datos de la Empresa

Nombre: PANASONIC CENTROAMERICANA S.A. (PCA)

Actividad Principal: Producción de pilas secas Zinc/Carbón, tamaños UM-1 (R20) y UM-3(R6), empaque de pilas, comercialización de pilas para el uso en aparatos eléctricos y electrónicos, equipo para el hogar, equipo de oficina y servicio al cliente para PCA Costa Rica.

Dirección: 1.5Km Oeste de la Plaza de deportes San Antonio de Belén, Alajuela, Costa Rica.

Contacto: Jorge Sánchez G., Gerente de Ambiente y Calidad.

Teléfono: 2509-2400 ext. 3251

**“La humildad y el respeto hacia el
Señor llevan al hombre a
la riqueza, a la honra, y a una larga vida”**

Proverbios 22:4

Dedicatoria

A mi mamá, Karen Pereira Araya, porque todo lo que he logrado ha sido gracias a su sacrificio y apoyo incondicional, sin ella, definitivamente esto no hubiese sido posible.

A toda mi familia, especialmente a mi abuela Cecilia y a mi tío Omar, quienes con su amor me inspiraron y animaron en los momentos difíciles, y celebraron conmigo los buenos momentos.

Esta dedicatoria va dirigida hasta el cielo, para mi abuelo Oldemar, quien fue más que un abuelo, fue un padre y un amigo, que con su vida me enseñó a vivir “SOLO POR HOY”, y a disfrutar y a valorar los pequeños momentos, porque como siempre le decía, faltan más cosas, y aunque hoy no estés aquí, te dedico este logro.

Agradecimientos

Doy un agradecimiento total a Dios, quien nunca me abandonó, y hoy veo su fidelidad milagro tras milagro, y en momentos difíciles fue mi fortaleza.

A mi mamá Karen, que desde niño me enseñó con muchísima disciplina el valor del estudio, y que con paciencia y amor me instruyó desde muy pequeño, dedicando su vida a enseñarme principios de vida. A toda mi familia que siempre estuvo pendiente de mí, a mi abuela Cecilia, a mi tío Omar que son pilares indispensables en mi vida, les agradezco por todo lo que hacen para que yo esté bien.

A mi abuelo que, aunque esté en el cielo, me sigue enseñando el valor de la vida, me enseñó que la mejor medicina es la familia, y que, sin importar las enfermedades, dolores, y situaciones difíciles, siempre hay motivos para vivir, para sonreír y para disfrutar cada oportunidad que tengamos.

A mi novia Kristin, que ha sido un apoyo increíble en todo este proceso, gracias por motivarme, apoyarme y amarme en todo momento.

A mis amigos, especialmente a Joe y a Tavo, les agradezco por siempre estar presentes en los momentos que más los necesito, y por ser un ejemplo en mi vida de fe y dedicación.

Agradezco al Ing. Alberto Sánchez que confió en mí y que más que un jefe, es un gran amigo y un maestro que me enseñó y me dio grandes oportunidades laborales para crecer profesionalmente.

Finalmente agradezco a todo el equipo de colaboradores de Panasonic Centroamericana, a Jonathan Montenegro por la oportunidad, a Jorge Sánchez por la confianza que me dio para desarrollar mi proyecto y al departamento de control de calidad y ambiente que me brindaron su amistad.

Índice General

Resumen	XV
Abstract	XVI
Capítulo I. Introducción	1
Introducción	1
Reseña de la Empresa.....	2
Visión	2
Misión.....	2
Valores de la Empresa.....	3
Organigrama Interno	3
Proceso Productivo.....	4
Capítulo II. Planteamiento del Problema	5
Planteamiento del Problema.....	5
Objetivos	6
Objetivo General	6
Objetivos Específicos	6
Justificación del Proyecto.....	7
Metodología	10
Metodología Empleada	10
Cronograma del Proyecto.....	12
Viabilidad.....	13
Alcance.....	13
Limitaciones	14
Capítulo III. Marco Teórico	15
Términos Generales Relacionados con Energía.....	15
Energía	15
Potencia Eléctrica.....	15
Demanda Eléctrica	15
Demanda Máxima (kW).....	16
Curva de Carga.....	16
Factor de Carga	16
Algunos Términos y Conceptos que Menciona la Norma ISO 50001:2018.....	17
Modelos Tarifarios Establecidos por la CNFL	17
Términos Regulatorios y Legales.....	19

Monitoreo en Tiempo Real	19
Arduino UNO	19
Sensor SCT-013	19
Cuadro de Mando Integral.....	20
Capítulo IV. Uso de la Energía Mediante Balance Energético por Zonas y Equipos	21
Revisión Energética.....	21
Reconocimiento de la Empresa y de los Equipos de Consumo Energético	21
Análisis del Consumo y Demanda Eléctrica	28
Monitoreo Continuo de Variables Eléctricas	42
Análisis de Consumo de Gas Licuado de Petróleo	46
Identificación de los USE.....	48
Oportunidades de conservación de la energía	50
Reemplazo de compresores	50
Reemplazo de horno de GLP a Horno Eléctrico	51
Capítulo V. Líneas de Base Energética e Indicadores de Desempeño Energético	53
Establecimiento de Indicadores de Desempeño Energético.....	53
Indicadores de Desempeño Energético para Consumo Eléctrico.....	54
Indicadores de Desempeño Energético para Consumo GLP	55
Indicadores de Desempeño Energético Total.....	56
Establecimiento de Líneas Base Energéticas	59
Línea Base Energética para el Consumo Eléctrico	59
Línea Base Energética para el Consumo de Gas Licuado de Petróleo.....	64
Línea Base Energética Total	64
Capítulo VI. Plan Piloto de Monitoreo en Tiempo Real de Consumo y Demanda de Energía Eléctrica.....	66
Descripción del Prototipo.....	66
Etapa 1	66
Etapa 2.....	70
Etapa 3.....	72
Etapa 4.....	74
Etapa 5.....	75
Datos Obtenidos del Compresor	76
Capítulo VII. Cuadro de Mando Integral	77
Perspectiva del Cliente	78
Disponibilidad de Producto (1C).....	78

Costo Por Unidad (2C).....	79
Perspectiva Financiera.....	80
Reducción de Factura Eléctrica por Cambio de Modelo de Tarifa Eléctrica (1FI).....	80
Proyectos de Ahorro Energético (2FI)	81
Perspectiva del Aprendizaje y Crecimiento	82
Capacitaciones a los Colaboradores (1AC).....	82
Monitoreo de Consumo Eléctrico (2AC)	82
Perspectiva de los Procesos Internos.....	83
Mantenimiento Preventivo/Predictivo (1PI)	83
Evaluaciones Energéticas	83
Cuadro de Mando Integral Propuesto.....	84
Capítulo VIII. Conclusiones y Recomendaciones.....	86
Conclusiones	86
Recomendaciones.....	87
Capítulo IX. Referencias Bibliográficas	89
Capítulo X. Apéndices	92
A. Política Energética.....	92
B. Diagramas de Proceso Productivo por Zonas y Equipos.....	93
C. Consumo Energético por Zonas	99
D. Consumo Energético por Equipos	109
E. Diagramas de Pareto por Zonas.....	118
F. Indicadores de Desempeño Energético Mensuales	126
G. Monitoreo en Tiempo Real.....	138
Capítulo XI. Anexos.....	139
Anexo 1. Facturación Eléctrica para el Año 2018, 2019 y 2020	139
Anexo 2. Facturación GLP para el Año 2018, 2019 y 2020.	143
Anexo 3. Factura de Componentes Electrónicos para Plan Piloto de Monitoreo en Tiempo Real.....	146

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Organigrama Interno</i>	3
Figura 2 <i>Mapa de Proceso</i>	4
Figura 3 <i>Esquema del Planteamiento del Problema</i>	6
Figura 4 <i>Cronograma Proyectoado para la Ejecución de la Práctica Profesional</i>	12
Figura 5 <i>Sensor SCT-013</i>	20
Figura 6 <i>Histórico de la Energía Eléctrica</i>	29
Figura 7 <i>Balance de Energía por Zonas</i>	35
Figura 8 <i>Balance de Energía por Equipos</i>	42
Figura 9 <i>Analizador de Potencia y Armónicos Utilizados</i>	43
Figura 10 <i>Balance de Energía por Zonas con Analizador de Potencia</i>	45
Figura 11 <i>Diagrama de Pareto de los Equipos de Mayor Consumo Eléctrico</i>	49
Figura 12 <i>Consumo Energético Total por Tipo de Energía en el Año 2018, 2019 y 2020</i>	57
Figura 13 <i>Comparación de Indicadores Energéticos Globales por Año</i>	58
Figura 14 <i>Línea Base para Indicador kWh Electricidad/Unidades Procesadas</i>	60
Figura 15 <i>Línea Base para Indicador kWh Electricidad/Cantidad de Trabajadores</i>	60
Figura 16 <i>Línea Base para Indicador kWh Electricidad de Compresores/Unidades Procesadas</i>	61
Figura 17 <i>Línea Base para Indicador kWh Electricidad de Inyectora UM-1 /Unidades Procesadas</i>	62
Figura 18 <i>Línea Base para Indicador kWh Electricidad de Inyectora UM-3 /Unidades Procesadas</i>	62
Figura 19 <i>Línea Base para Aires Acondicionados con Variable Estática 895m2 de Construcción</i>	63
Figura 20 <i>Línea Base para Indicador Litros GLP/Unidades Procesadas</i>	64
Figura 21 <i>Línea Base para Indicador Energía Global kWh/Unidades Procesadas</i>	65
Figura 22 <i>Adaptación de la Conexión del Sensor</i>	69
Figura 23 <i>Circuito Eléctrico del Prototipo en Etapa Uno</i>	70
Figura 24 <i>Datos de Potencia en Monitor Serie de Arduino</i>	72
Figura 25 <i>Gráfico de Consumo Eléctrico en Tiempo Real</i>	73
Figura 26 <i>Mejoramiento Estético en Circuito Eléctrico</i>	74
Figura 27 <i>Diseño del Prototipo</i>	75
Figura 28 <i>Estructura Organizacional del Comité de la Gestión Energética</i>	78
Figura 29 <i>Flujo Productivo de la Zona Envase-Fundición</i>	93
Figura 30 <i>Flujo Productivo de la Zona Ensamble</i>	94
Figura 31 <i>Flujo Productivo de la Zona Envoltura</i>	95
Figura 32 <i>Flujo Productivo de la Zona Mezcla</i>	96
Figura 33 <i>Flujo Productivo de la Zona Compresores</i>	96
Figura 34 <i>Flujo Productivo de la Zona Componentes</i>	97
Figura 35 <i>Flujo Productivo de la Zona Electrólisis</i>	98
Figura 36 <i>Flujo Productivo de la Zona PVC-PY</i>	98
Figura 37 <i>Diagrama de Pareto de Máquinas Accionadas por Motores de Envase-Fundición</i> ...	118
Figura 38 <i>Diagrama de Pareto de Máquinas Accionadas por Motores de Ensamble</i>	119
Figura 39 <i>Diagrama de Pareto de Máquinas Accionadas por Motores de Envoltura</i>	120
Figura 40 <i>Diagrama de Pareto de Máquinas Accionadas por Motores de Mezcla</i>	121
Figura 41 <i>Diagrama de Pareto de Máquinas Accionadas por Motores de Electrólisis</i>	122

Figura 42 <i>Diagrama de Pareto de Máquinas Accionadas por Motores de Compresores</i>	123
Figura 43 <i>Diagrama de Pareto de Máquinas Accionadas por Motores de Componentes</i>	124
Figura 44 <i>Diagrama de Pareto de Máquinas Accionadas por Motores de PVC-PY</i>	125
Figura 45 <i>Código Utilizado en Arduino</i>	138
Figura 46 <i>Histórico de la Demanda Eléctrica</i>	142
Figura 47 <i>Histórico del GLP</i>	145

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Metodología Empleada en el Proyecto</i>	10
Tabla 2 <i>Tarifas Eléctricas del CNFL T-MT y T-MTb</i>	18
Tabla 3 <i>Datos de la Acometida Eléctrica</i>	28
Tabla 4 <i>Distribución de Horarios en Operación Normal</i>	30
Tabla 5 <i>Consumo de Energía Eléctrica de la Zona Envase-Fundición</i>	31
Tabla 6 <i>Resumen de Consumo de Energía para Cada Zona</i>	33
Tabla 7 <i>Energía Facturada vs Energía Obtenida por Zonas</i>	34
Tabla 8 <i>Consumo de Energía Eléctrica en Bandas Transportadoras</i>	36
Tabla 9 <i>Consumo de los Usos de la Energía</i>	40
Tabla 10 <i>Energía Facturada vs Energía Obtenida por Equipos</i>	41
Tabla 11 <i>Resumen del Reporte Generado por el Analizador de Potencia</i>	43
Tabla 12 <i>Datos del Servicio de GLP</i>	46
Tabla 13 <i>Consumo de GLP Mensual Durante el Año 2020</i>	46
Tabla 14 <i>Estudio de Cambio de Compresores en Costo por Energía</i>	51
Tabla 15 <i>Estudio de Cambio de Horno de GLP a Eléctrico</i>	52
Tabla 16 <i>Indicadores de Desempeño Energético de Consumo Eléctrico</i>	55
Tabla 17 <i>Indicadores de Desempeño Energético para Consumo GLP</i>	55
Tabla 18 <i>Poder Calorífico Bruto para Combustibles Líquidos</i>	56
Tabla 19 <i>Energía Total Consumida por Año</i>	57
Tabla 20 <i>Indicadores Energéticos Globales</i>	58
Tabla 21 <i>Componentes Electrónicos Utilizados</i>	67
Tabla 22 <i>Elementos Utilizados en Etapa Dos</i>	71
Tabla 23 <i>Potencias Máximas Registradas por el Prototipo</i>	76
Tabla 24 <i>Comparación económica entre T-MT y T-MTb</i>	81
Tabla 25 <i>Cuadro de Mando Integral Propuesto</i>	85
Tabla 26 <i>Consumo Energético en Ensamble</i>	99
Tabla 27 <i>Consumo Energético en Envoltura</i>	105
Tabla 28 <i>Consumo Energético en Mezcla</i>	106
Tabla 29 <i>Consumo Energético en Electrólisis</i>	107
Tabla 30 <i>Consumo Energético en Compresores</i>	107
Tabla 31 <i>Consumo Energético en Componentes</i>	108
Tabla 32 <i>Consumo Energético en PVC-PY</i>	109
Tabla 33 <i>Consumo Energético Aires Acondicionados</i>	110
Tabla 34 <i>Consumo Energético Platos Giratorios</i>	111
Tabla 35 <i>Consumo Energético Máquinas Accionadas por Motores</i>	113
Tabla 36 <i>Indicadores de Desempeño Energético de Consumo Eléctrico</i>	126
Tabla 37 <i>Indicadores de Desempeño Energético de Consumo GLP</i>	129
Tabla 38 <i>Consumo de GLP Equivalencia en Litros y kWh del Año 2018, 2019 y 2020</i>	131
Tabla 39 <i>Energía Total Consumida Mensual</i>	133
Tabla 40 <i>Indicadores Energéticos Globales de Cada Mes del 2018, 2019 y 2020</i>	135
Tabla 41 <i>Detalle de Facturación Eléctrica</i>	139
Tabla 42 <i>Detalle Facturación GLP</i>	143

Lista de Acrónimos y Abreviaturas.

Acrónimo	Significado
SGEn	Sistema de Gestión de la Energía
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt-hora
IDEn	Indicador de Desempeño Energético
LBEn	Línea de Base Energética
USE	Uso Significativo de la Energía
T-MT	Tarifa de Media Tensión
T-MTb	Tarifa de Media Tensión b
GLP	Gas Licuado de Petróleo
V_L	Voltaje de Línea
I_L	Corriente de Línea
RMS	Root Mean Square o Raíz Media Cuadrática
Fp	Factor de Potencia
Ipico	Corriente Pico
N_p	Número de Espiras del Devanado Primario
N_s	Número de Espiras del Devanado Secundario
I_s	Intensidades del Devanado Primario
I_p	Intensidades del Devanado Secundario
ARESEP	Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos
CMI	Cuadro de Mando Integral
INTECO	Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica
ISO	International Organization for Standardization
PCA	Panasonic Centroamericana, S.A
IoT	Internet de las Cosas
CNFL	Compañía Nacional de Fuerza y Luz S.A

Resumen

En este trabajo se realiza un balance energético por zonas y equipos para la empresa Panasonic Centroamericana S.A Costa Rica, tanto de energía eléctrica como de GLP. Con este análisis se identifican los usos significativos de la energía, y se presenta como propuesta el cambio del sistema de aire comprimido y el cambio del horno de GLP a un horno eléctrico. Estos USEs son el punto de partida para el establecimiento de indicadores de desempeño energético, contemplando el consumo de energía, las unidades producidas, cantidad de colaboradores y metros cuadrados de construcción, y se establece la línea de base energética para cada indicador utilizando el método estadístico de regresión lineal. Se desarrolla, además, un plan piloto de monitoreo en tiempo real basado en Arduino UNO y un sensor de corriente alterna no invasivo, teniendo resultados visuales en tiempo real del equipo de mayor consumo, un compresor de aire, y la potencia máxima registrada en el tiempo de medición. Finalmente, se propone un cuadro de mando integral que refleja metas estratégicas e indicadores para su cumplimiento que aportan en mejoras energéticas.

Palabras clave: Balance energético, indicador energético, línea base energética, uso significativo de la energía, monitoreo en tiempo real, Arduino UNO, cuadro de mando integral, Panasonic.



Esta obra cuyo autor es Antony González Pereira está bajo una [licencia de Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional de Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Abstract

In this work, an energy balance is carried out by zones and equipment for the company Panasonic Centroamericana S.A Costa Rica, both for electricity and LPG. With this analysis, the significant uses of energy are identified, and the change of the compressed air system and the change from the LPG furnace to an electric furnace are presented as a proposal. These USEs are the starting point for the establishment of energy performance indicators, considering energy consumption, units produced, numbers of employees and square meters of construction, and the energy baseline is established for each indicator using the statistical method linear regression. In addition, a pilot plan for monitoring in real time based on Arduino UNO and a non-invasive alternating current sensor is developed, having visual results in real time of the equipment with the highest consumption, an air compressor, and the maximum power registered in the measurement time. Finally, a comprehensive scorecard is proposed that reflects strategic goals and indicators for their fulfillment that contribute to energy improvements.

Keywords: Energy balance, energy indicator, energy baseline, significant energy use, real-time monitoring, Arduino UNO, balanced scorecard, Panasonic.



This work, whose author is Antony González Pereira, is under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International license.

Capítulo I. Introducción

Introducción

El presente trabajo se basa en un sistema de gestión de energía que se desarrolla en la empresa Panasonic Centroamericana S.A., Costa Rica, donde se establece el consumo, uso y eficiencia de la energía para un mejoramiento en el desempeño energético y a su vez, el establecimiento de indicadores respectivos.

El interés de este proyecto nace porque la empresa en estudio ha registrado un aumento de energía eléctrica en consumo y demanda, lo que se ve reflejado en el costo de la factura eléctrica, pero, al no tener una gestión energética no es posible tomar acciones según sean sus necesidades para mejorar su desempeño energético, establecer procesos de mejora continua y hacer comparaciones cuantificables en los resultados que se vayan a tener de esas decisiones.

De esta manera, el método empleado en este trabajo se establece bajo las normas respectivas, la ISO 50001:2018 para la gestión energética, la norma ISO 50002:2018 y los criterios establecidos por la ARESEP para la creación del balance energético, y la norma ISO 50006:2014 para establecer las líneas de base energética e indicadores de desempeño de la energía.

La finalidad del proyecto contempla el desarrollo de un plan piloto de monitoreo en tiempo real de consumo y demanda de energía eléctrica para el equipo de mayor impacto financiero que se identifique en el balance realizado, donde se permita visualizar en tiempo real el consumo y mostrar la potencia máxima registrada en el periodo de medición.

Finalmente, se presenta la propuesta de un cuadro de mando integral que refleje el impacto de la rentabilidad de la empresa considerando el modelo de gestión de energía planteado.

Reseña de la Empresa

Panasonic Centroamericana, S.A. (PCA) dedicada a la producción de pilas zinc/carbón, empaque y despacho, es de capital 100% extranjero a través del aporte de los accionistas, PCA Costa Rica (PCA-CR) fue fundada el 16 de octubre de 1966, se ubica 1.5Km Oeste de la Plaza de deportes San Antonio de Belén, Alajuela, Costa Rica.

Además, se cuenta con las sucursales de PCA El Salvador (PCA-ES) y PCA Guatemala (PCA-GU), que iniciaron sus operaciones en mayo de 1973 y junio de 1974 respectivamente y se dedican a la comercialización de pilas, baterías, equipo eléctrico y electrónico, repuestos, accesorios y servicio al cliente.

Visión

“Reconociendo nuestras responsabilidades como industriales, nos dedicaremos al progreso y al desarrollo de la sociedad y del bienestar de la gente, por medio de nuestras actividades en los negocios, mejorando así la calidad de vida en todo el mundo.”

Misión

"La felicidad humana se basa en la abundancia tanto material como espiritual. Ambas pueden aumentarse siempre, pero no se puede alcanzar la felicidad si falta una de las dos. Como fabricantes, desempeñamos nuestra parte al ayudar a la sociedad a lograr la felicidad proporcionando una abundancia de bienes materiales. Esto puede compararse con el agua del tubo. Aunque ésta tiene su valor, a nadie se le castigaría por beberla de un tubo sin permiso; si bien pudiera criticársele por la falta de modales, el agua ni siquiera sería mencionada. Eso es porque el agua del tubo se encuentra en tal abundancia, que es casi inagotable. La misión de un fabricante es proporcionar bienes en cantidades casi inagotables, como el agua del tubo. No importa lo valioso

que algo pueda ser, si se produce en cantidades suficientes y a un precio razonable, podrá mejorar y realzar la vida de todos. He aquí la verdadera misión".

Valores de la Empresa

Los siete principios que se debe tener siempre presentes.

Primero: Contribución a la sociedad.

Segundo: Imparcialidad y honradez.

Tercero: Cooperación y espíritu de equipo.

Cuarto: Esfuerzo para el mejoramiento.

Quinto: Cortesía y humildad.

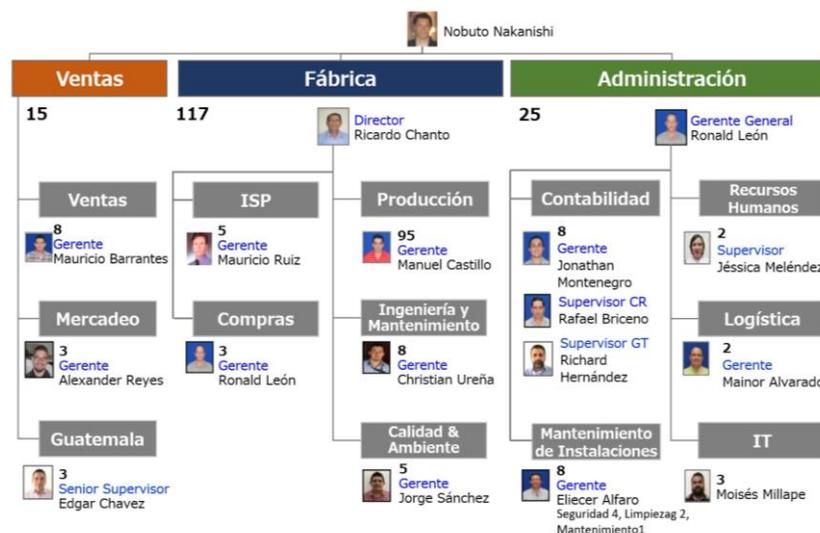
Sexto: Adaptación y asimilación.

Sétimo: Gratitud.

Organigrama Interno

Figura 1

Organigrama Interno

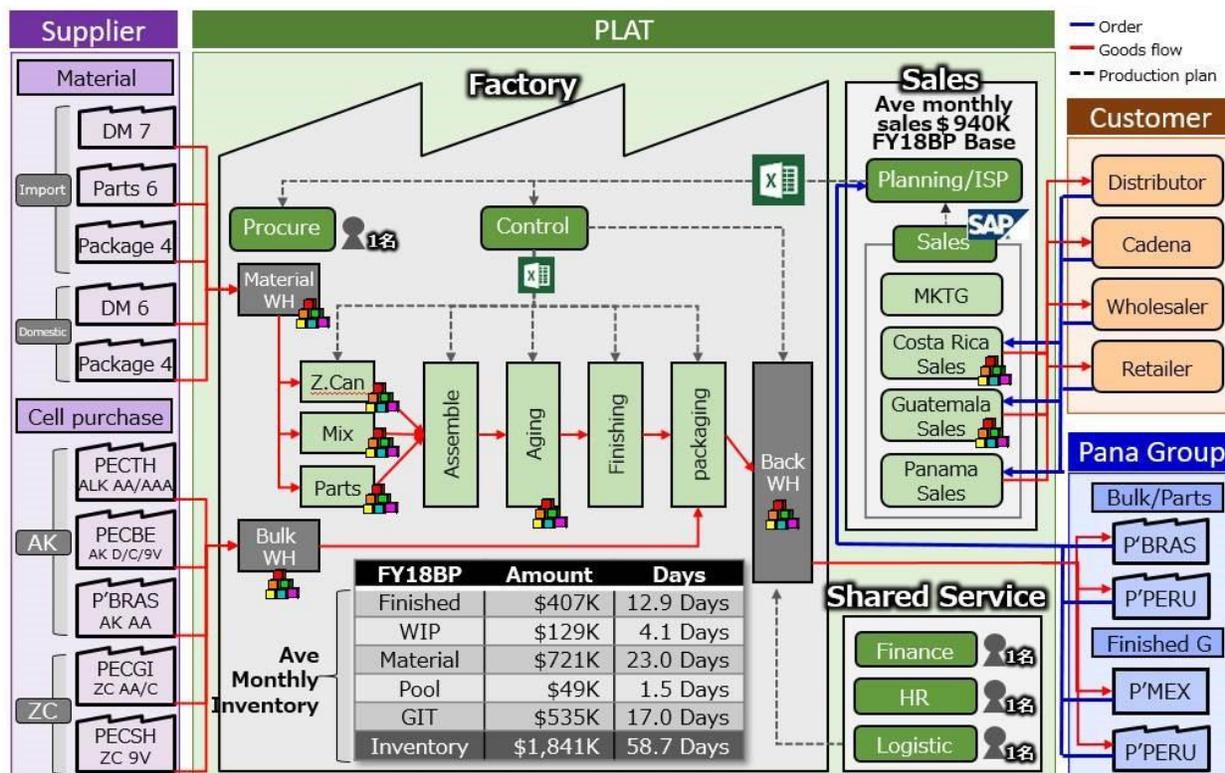


Nota. La figura representa el organigrama interno de trabajo (Panasonic Centroamericana Costa Rica, 2020).

Proceso Productivo

Figura 2

Mapa de Proceso



Nota. La figura representa el mapa de trabajo global de la empresa (Panasonic Centroamericana Costa Rica, 2020)

Capítulo II. Planteamiento del Problema

Planteamiento del Problema

Panasonic Centroamericana S.A. en el año 2017 formuló la visión ambiental para el 2050 como una visión a largo plazo para la gestión ambientalmente sostenible, la cual se resume en que la energía utilizada sea menor a la energía creada (Panasonic, 2017).

Se indica un aumento en el consumo y demanda de energía eléctrica que se ve reflejado en la facturación eléctrica, pero no necesariamente por un aumento considerable en la producción, ya que no se tienen líneas de base energéticas ni indicadores de energía que permita hacer un análisis confiable.

De esta manera, se plantea el problema de que actualmente no se posee una gestión energética, ni indicadores de desempeño energético, que permitan cuantificar la eficiencia, el uso y el consumo de la energía.

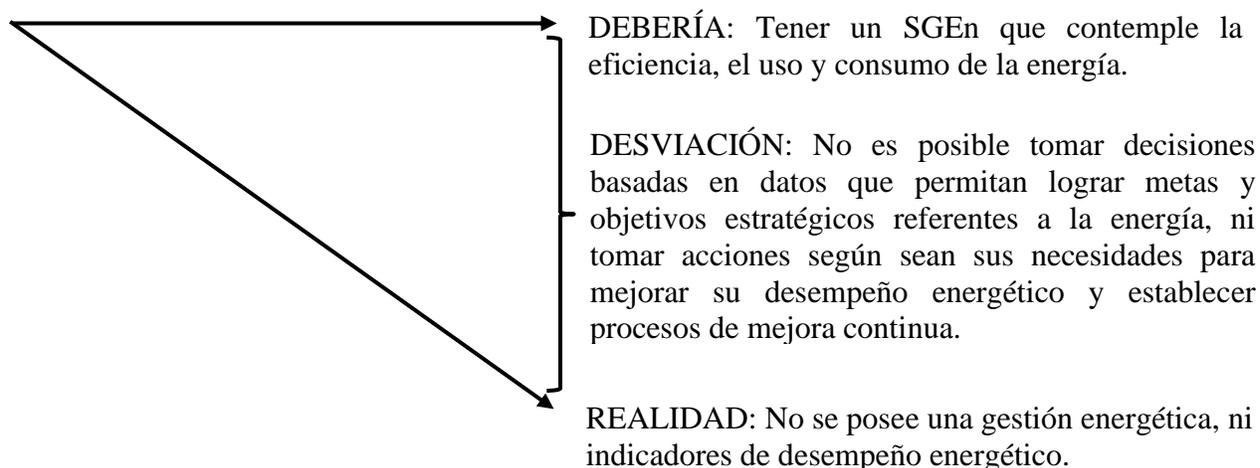
Al no existir un SGEN, la empresa no puede tomar decisiones basadas en datos que le permita alcanzar y lograr metas y objetivos estratégicos referentes a la energía, ni tomar acciones según sean sus necesidades para mejorar su desempeño energético y establecer procesos de mejora continua para ejecutar planes de ahorro energético, optimización de procesos, manejos de carga, entre otros indicadores del mando integral que refleja el impacto en la rentabilidad del negocio.

De esta manera, Panasonic Centroamericana S.A. debería tener un sistema de gestión de energía que incluya eficiencia energética, el uso y consumo de la energía para medir, controlar y mejorar en el desempeño de la energía utilizada.

La figura 3 muestra el esquema del planteamiento del problema.

Figura 3

Esquema del Planteamiento del Problema



Nota. La figura muestra el planteamiento del problema de manera esquemática.

Objetivos

Objetivo General

- Desarrollar un sistema de gestión de la energía en Panasonic Centroamericana S.A. Costa Rica según la norma ISO 50001:2018 estableciendo el consumo, uso y eficiencia de la energía para un mejoramiento en el desempeño energético.

Objetivos Específicos

- Determinar el uso de la energía de la empresa mediante la creación de un balance energético, por zonas y equipos, para la identificación de los USE (Usos significativos de la energía) a través de los criterios establecidos por la ARESEP y la norma ISO 50002:2018.
- Establecer las líneas de base energética (LBEn) e indicadores de desempeño energético (IDEn) en los procesos productivos de toda la planta, incorporando las líneas de

producción en su totalidad, de acuerdo con el balance energético realizado y la Norma ISO 50006:2014.

- Desarrollar un plan piloto de monitoreo en tiempo real de consumo y demanda de energía eléctrica para el equipo de mayor impacto financiero según el balance energético realizado.
- Desarrollar un cuadro de mando integral, a través de los indicadores de la perspectiva financiera, servicio al cliente, procesos internos y capacitación, que refleje el impacto en la rentabilidad del negocio.

Justificación del Proyecto

El crecimiento de la demanda energética es el elemento central que impulsa las necesidades de aumento de la capacidad del sistema eléctrico y de la oferta en general. 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 (Plan Nacional de Energía 2015-2030).

De esta manera, el proyecto nace de la necesidad de tomar acciones para minimizar los impactos futuros aportando al Plan Nacional de Energía 2015-2030 por medio de un sistema de gestión de energía en la empresa Panasonic Centroamericana S.A., Costa Rica, ya que la empresa indica que percibe un aumento de energía eléctrica en consumo y demanda que se ve reflejado en el costo de tarifa eléctrica cada mes, pero no se puede justificar con un aumento en la producción ya que no se tienen datos para poder llegar a esa conclusión.

Una de las oportunidades más importantes que tiene el país consiste en aprovechar todas las posibilidades de reducción en el crecimiento de la demanda que no afecte otras metas de desarrollo y que reduzca la necesidad de instalación de nuevas plantas generadoras de electricidad y el consumo de combustibles. (Plan Nacional de Energía 2015-2030)

Por lo que, mejorar en la eficiencia energética es una forma importante de aumentar la competitividad y es un elemento importante en las políticas energéticas y climáticas (Goh, T., & Ang, B. W., 2020) ya que aporta en la reducción del calentamiento global y en la producción sostenible, teniendo en cuenta que se necesita reducir el consumo energético manteniendo la productividad (Braglia, M. et al, 2020).

Ante la visión emitida por Panasonic para el año 2050 como la visión ambiental de generar más energía que la que utiliza, nace la necesidad directa de cuantificar la energía utilizada para poder tomar acciones medibles en cuanto al desempeño energético que involucra el uso, consumo y eficiencia energética. Por lo que tener un modelo de gestión de energía es indispensable para tomar decisiones que le permitan a la empresa lograr sus metas y objetivos estratégicos e identificar soluciones de mejora continua, ya que, como Schulze et al. (2016) menciona, uno de los medios más prometedores para reducir el consumo de energía y los costos energéticos relacionados es implementar una gestión energética.

Los beneficios de este proyecto se dan al tomar como base la norma ISO 50001:2018, la cual es la encargada para definir sistemas de gestión de energía; y establece los requisitos que debe poseer un SGE con el fin de realizar mejoras continuas y sistemáticas del rendimiento energético de dicha organización. Lo que permite reducir el consumo energético de la empresa, utilizando aquellas soluciones que mejor se adapten a la organización, permitir transparencia y comunicación sobre la gestión de la eficiencia energética. Adquirir los conocimientos necesarios para optimizar los recursos y gestionar actividades de una organización desde una perspectiva energética, automatizar y fomentar buenas prácticas de gestión energética dentro de la organización (INTE/ISO 50001, 2018).

Además, se contempla la norma ISO 50002:2018 y los criterios establecidos por la ARESEP para la creación del balance energético, y la norma ISO 50006:2014 para establecer las líneas de base energética e indicadores de desempeño energético.

El análisis energético significativo de los procesos industriales requiere la instalación de sistemas de monitoreo de energía (Bergamini, R. et al, 2020), por esta razón, se desarrolla un plan piloto contemplando tecnologías como el internet de las cosas (IoT) que aportan un mejoramiento en el monitoreo de procesos de producción basado en el principio de monitoreo en tiempo real, como medidores y sensores inteligentes que permiten conocer patrones de consumo de energía mediante la recopilación de datos en tiempo real (Shrouf, F., & Miragliotta, G., 2015). De esta manera, el aprovechamiento de esos datos brinda oportunidades en reducción de consumo de energía (McKane, A., et al. 2017) y en buenas prácticas de eficiencia energética que se establecen en el cuadro de mando integral que refleje el impacto en la rentabilidad del negocio (Mangla, S. K., et al., 2020)

Metodología

Metodología Empleada

La tabla 1 muestra la metodología que se utiliza en el proyecto contemplando los objetivos planteados.

Tabla 1

Metodología Empleada en el Proyecto

Objetivo específico planteado	Instrumento de medición	Fuente de información	Forma de recolección (Métodos Cuantitativos)	Forma análisis de los datos (métodos Cuantitativos)
Determinar el uso de la energía de la empresa mediante la creación de un balance energético, por zonas y equipos, para la identificación de los USE (Usos significativos de la energía) a través de los criterios establecidos por la ARESEP y la norma ISO 50002:2018.	Equipos de medición eléctrica que se utilizarán para un monitoreo continuo por una semana. Datos de placa, manuales de usuario.	Se consideran los criterios establecidos por la ARESEP, la norma ISO 50002:2018 y la norma ISO 50001:2018	Base de datos que generen los instrumentos de medición, los cuales se guardarán en un Software de análisis como Microsoft Excel	Mediante métodos cuantitativos para identificar los USE y creación de gráficos que muestre el balance de energía por zonas y equipos.
Establecer las líneas de base energética (LBEn) e indicadores de desempeño energético (IDEn) en los procesos	Procesamiento de datos históricos y los obtenidos en el balance energético.	El balance energético realizado y la Norma ISO 50006:2014.	Registros de producción de la empresa para analizar los indicadores energéticos más relevantes. Entre ellos	Mediante métodos cuantitativos para procesar los indicadores establecidos con su respectiva línea base.

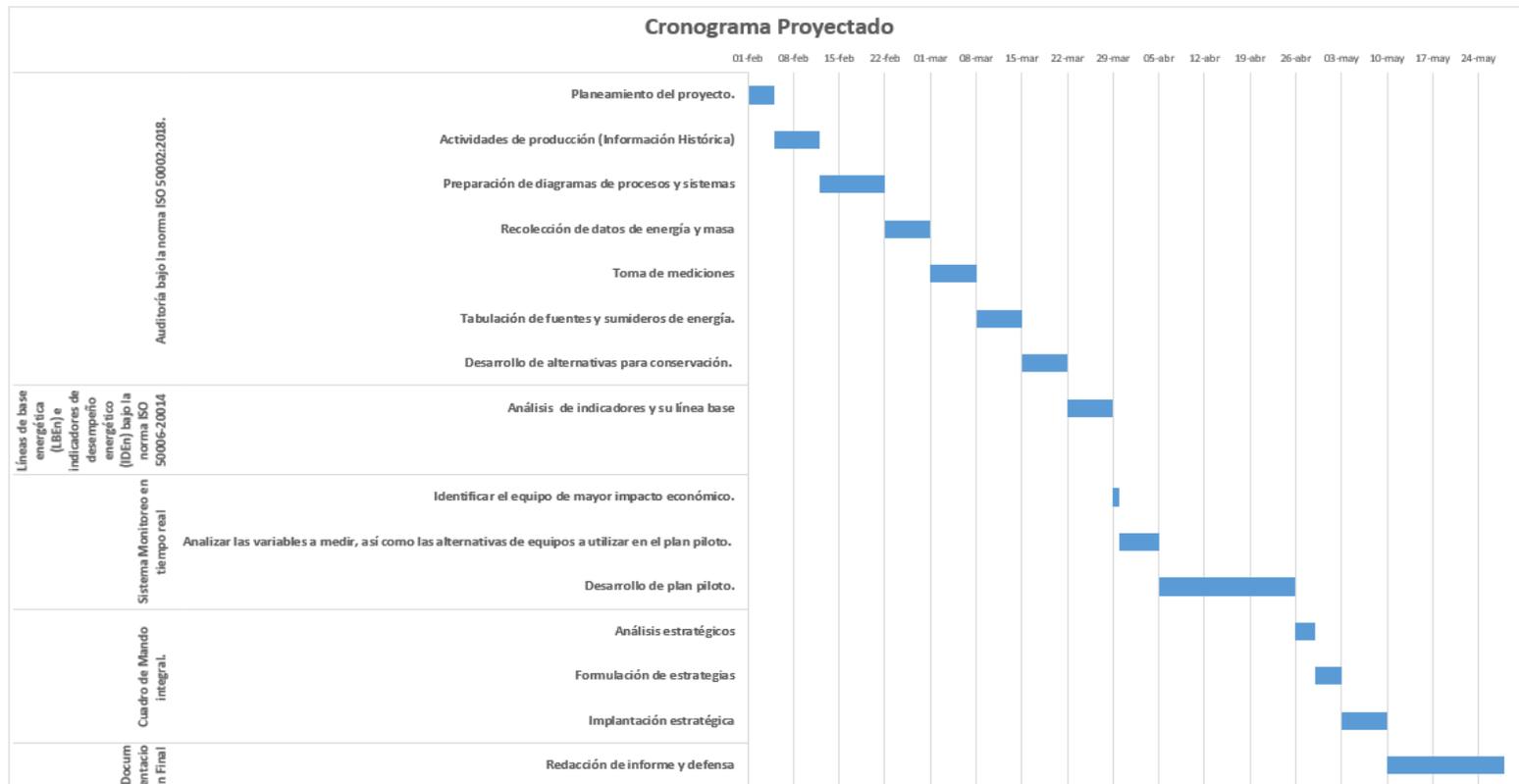
Objetivo específico planteado	Instrumento de medición	Fuente de información	Forma de recolección (Métodos Cuantitativos)	Forma análisis de los datos (métodos Cuantitativos)
productivos de toda la planta, incorporando las líneas de producción en su totalidad, de acuerdo con el balance energético realizado y la Norma ISO 50006:2014.			pueden ser: kWh/Ton producida, kWh/pila producida, kWh/paquete de pilas, kWh/m ³ gas consumido, kJ/personal, kWh/proyecto	
Desarrollar un plan piloto de monitoreo en tiempo real de consumo y demanda de energía eléctrica para el equipo de mayor impacto financiero según el balance energético realizado.	Medir y monitorear las variables que se relacionen con el equipo de mayor impacto financiero.	Se evaluarán los instrumentos más adecuados entre sensores y equipo tecnológico.	Se procesará mediante la plataforma seleccionada para el monitoreo en tiempo real.	Se comparará con las mediciones realizadas en el balance energético con equipos calibrados para verificar las mediciones y análisis.
Desarrollar un cuadro de mando integral, a través de los indicadores de la perspectiva financiera, servicio al cliente, procesos internos y capacitación, que refleje el impacto en la rentabilidad del negocio.	Indicadores financieros, servicio al cliente, procesos internos y capacitación.	Base de datos del TEC y registros de información de los departamentos respectivos.	Información histórica de la empresa y entrevistas.	Software de análisis como Microsoft Excel.

Cronograma del Proyecto

La figura 4 muestra el cronograma proyectado para la ejecución de la práctica profesional.

Figura 4

Cronograma Proyectado para la Ejecución de la Práctica Profesional



Nota. La figura muestra el cronograma con las tareas y fechas establecidas para el proyecto.

Viabilidad

La comunicación entre departamentos es efectiva, por lo que obtener datos de la empresa tales como la información organizacional, así como financiero y productivo facilita la planeación del proyecto.

Dentro de los recursos brindados que son de mucha importancia son las normas ISO adquiridas por la empresa, información del proceso productivo, facturas eléctricas y de Gas LP de varios meses.

El recurso humano de los trabajadores de Panasonic es importante, ya que se cuenta con un equipo de personas comprometidas con el desarrollo de la empresa en términos de gestión de calidad y ambiente, y que poseen experiencia en procesos de certificación de otras normas ISO, además de un alto interés de obtener la certificación de la norma ISO 50001:2018.

Alcance

La intención principal de este proyecto es aportar al crecimiento de Panasonic Centroamericana S.A. y apoyar en el cumplimiento de la visión ambiental planteada en el año 2017 de lograr que la energía utilizada sea menor a la energía creada, de esa manera el alcance de este proyecto se basa en cuantificar la energía utilizada, y a través del sistema de gestión de la energía desarrollar planes de acción hacia el ahorro energético por medio del consumo, uso y eficiencia de la energía que genere un impacto financiero, ambiental y social, que se verá reflejado en un cuadro de mando integral.

Además, con el desarrollo del plan piloto de un sistema de monitoreo en tiempo real de consumo y demanda de energía eléctrica para el equipo de mayor impacto financiero, según el balance energético realizado, se busca concientizar en el impacto y los beneficios que hay al tener

sistemas de monitoreo en tiempo real y la realidad que presenta la industria 4.0 con el internet de las cosas (IoT).

Limitaciones

Las medidas sanitarias emitidas por el Ministerio de Salud para hacerle frente a la pandemia provocada por el nuevo coronavirus COVID-19 eventualmente podría ser una limitación en la ejecución del proyecto. La empresa permite el ingreso cumpliendo todos los protocolos, pero al ser un factor tan cambiante como este, que, como se ha visto, las medidas pueden variar drásticamente de una semana a otra, la empresa se debe apegar a las directrices que emita el gobierno, ante esto se contempla el teletrabajo hasta donde sea posible para continuar con el proyecto.

Capítulo III. Marco Teórico

Al hablar de un modelo de gestión de la energía y el establecimiento de indicadores energéticos es necesario conocer algunos términos y definiciones generales relacionados con energía, los cuales se explican a continuación.

Términos Generales Relacionados con Energía

Energía

La definición tradicional menciona que la energía es la capacidad de realizar un trabajo específico, de esta manera, la energía eléctrica está vinculada con la producción y las horas de operación de los equipos.

La fórmula para calcular la energía es $E = \text{Potencia} * \text{Tiempo (Horas)}$.

Su unidad es el Kilowatt-hora (kWh) (CNFL, 2020). Por lo que el consumo de energía depende directamente del tiempo de funcionamiento.

Potencia Eléctrica

La potencia de un equipo depende directamente de su fabricación y la tecnología empleada, así que, para reducirla, en condiciones normales de operación, se debe sustituir el equipo.

Se requiere conocer la corriente y tensión, ya que nos indican la cantidad de potencia existente en un momento determinado. Por lo que en simples palabras se puede definir como la rapidez con que se consume la energía, entre más potencia tenga un equipo, mayor será su consumo.

Su símbolo es la letra P y su unidad es el Watt que comúnmente se muestra como kW.

Demanda Eléctrica

La demanda eléctrica es determinada a partir del consumo de energía de un equipo y se establece como el valor promedio de potencia eléctrica en un intervalo de 15 minutos.

La fórmula para obtenerlo es $\text{Demanda} = \text{Energía (kWh)} / \text{Intervalo (h)}$

Su unidad es el Kilowatt (kW).

Demanda Máxima (kW)

La CNFL menciona que la demanda de un equipo eléctrico corresponde a su potencia promedio en un intervalo de 15 minutos, y por eso los medidores eléctricos toman lecturas cada 15 minutos. Es decir, en un mes de 30 días se registran 2880 valores de demanda. Para la facturación, el medidor guarda en su memoria el valor máximo de demanda que se registra en esas mediciones.

Curva de Carga

La curva de carga brinda información más detallada sobre el consumo de energía y la demanda máxima. Se pueden determinar anomalías en el consumo de energía que se espera de un equipo o un sistema específico a partir del consumo total. Con ello se puede conocer mejor los equipos y el impacto que tienen en la curva de carga diaria.

Factor de Carga

Es un indicador que relaciona el consumo real de energía contra el consumo de energía proyectado, donde se supone operación continua de la demanda máxima registrada en un periodo determinado. Este factor puede variar entre 0% y 100%, entre más cercano a 100% mejor, ya que, la forma de operar de cada planta determina el factor de carga, al modificar la curva de carga es posible incrementar el factor de carga y tener disminución en la facturación. Si se presenta mayor al 70% se puede interpretar como curva de carga estable con pocas variaciones en la demanda (CNFL, 2020) por lo que, si se tiene una carga inferior al 70% hay más oportunidad de desplazamiento de cargas. En términos de producción se puede utilizar este factor como capacidad productiva total de la planta que se está aprovechando.

Algunos Términos y Conceptos que Menciona la Norma ISO 50001:2018

La norma ISO 50001:2018 establece la eficiencia energética como la proporción o relación cuantitativa entre un resultado de desempeño, servicio, productos, materias primas o de energía y una entrada de energía.

El consumo es la cantidad de energía utilizada y el uso es la aplicación que se da a esa energía.

El desempeño energético son los resultados medibles relacionados con la eficiencia energética, el uso de la energía y el consumo de energía.

Un sistema de gestión de la energía es un sistema para establecer una política energética, objetivos, metas energéticas, planes de acción y procesos para alcanzar los objetivos y las metas energéticas.

La política energética es la declaración de una organización de su intención, dirección y compromiso global relacionado con su desempeño energético.

Un indicador de desempeño energético (IDEn) es la medida o unidad de desempeño energético que lo define la organización y se detalla en la norma ISO 50006:2014.

La línea de base energética (LBE) es la referencia cuantitativa que proporciona la base para la comparación del desempeño energético.

El uso significativo de la energía (USE) es el uso de la energía que representa un consumo de energía considerado que ofrece una oportunidad para mejorar en el desempeño energético.

Modelos Tarifarios Establecidos por la CNFL

Se detallan dos métodos tarifarios de interés, ya que, actualmente Panasonic está con el modelo tarifario de media tensión (T-MT) y el de Media Tensión b (T-MTb) es el modelo al que se desea cambiar a futuro con la obtención de la certificación de la norma ISO 50001:2018. Para

ambos casos, es importante comprender la diferencia de períodos ya que hay costo económico diferenciado.

Período punta: Período comprendido entre las 10:01 y las 12:30 horas y entre las 17:31 y las 20:00 horas. Se facturará la máxima medición de potencia registrada durante el mes, exceptuando la registrada los sábados y domingos.

Período valle: Período comprendido entre las 6:01 y las 10:00 horas y entre las 12:31 y las 17:30 horas. Se facturará la máxima medición de potencia registrada durante el mes.

Período nocturno: Período comprendido entre las 20:01 y las 6:00 horas del día siguiente. Se facturará la máxima medición de potencia registrada durante el mes.

En cuanto a la comparación de costo entre la TMT y T-MTb se muestra la tabla 2 adaptada a los datos del CNFL que rige del 1 de octubre al 29 de setiembre 2020, publicado en el Alcance n°256 de la Gaceta 239. Resolución RE-0086-IE2020.

Tabla 2

Tarifas Eléctricas del CNFL T-MT y T-MTb

	Tarifa Media Tensión T-MT		Tarifa Media Tensión T-MTb	
	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima
	Consumo de energía por cada kWh			
Energía Punta	¢62.46	¢60.39	¢11274	¢109.00
Energía Valle	¢31.24	¢30.20	¢3873	¢37.44
Energía Noche	¢22.49	¢21.74	¢24.86	¢24.03
	Consumo de Potencia (kW)			
	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima
Energía Punta	¢10.953,02	¢10.589,38	¢3.311,12	¢3.201,19
Energía Valle	¢7.793,42	¢7.534,68	¢2.311,48	¢2.234,73
Energía Noche	¢4.947,41	¢4.783,16	¢1.481,24	¢1.432,07

Nota. Recuperado de (CNFL,2020)

Términos Regulatorios y Legales

Este trabajo se fundamenta en la norma ISO 50001:2018 para Sistemas de gestión de la energía, cuyo propósito es permitir a las organizaciones establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar el rendimiento energético, incluyendo la eficiencia, el uso y el consumo de la energía. Además, en los criterios establecidos por la ARESEP, la norma ISO 50002:2018 y la norma ISO 50006:2014. También, aporta en los objetivos del Plan Nacional de Energía 2015-2030.

Monitoreo en Tiempo Real

Dentro de los sistemas de monitoreo en tiempo real de energía se pueden encontrar gran variedad de herramientas, sensores, software, por lo cual, se menciona lo relevante a este proyecto.

Arduino UNO

Arduino es una plataforma de código abierto basada en una placa electrónica que incorpora un microcontrolador reprogramable y unas series de pines hembra. Permite establecer conexiones a una placa de pruebas con complementos como entradas, sensores, luces y pantallas que se puede controlar mediante un código escrito en el entorno de desarrollo de Arduino (Kondaveeti et al., 2021)

Sensor SCT-013

Los sensores de corriente alterna de la serie SCT-013 trabajan como transformadores, la corriente que circula por el cable que se mide actúa como el devanado primario, teniendo así una espira e internamente tiene un devanado secundario que, dependiendo del modelo, pueden tener hasta más de 2000 espiras, las cuales representan la relación entre la corriente que circula por el cable y la que el sensor entrega, teniendo así una resistencia de carga en la salida que en lugar de corriente se trabaja con una medida de salida de voltaje (De Vita et al., 2020).

El sensor por su funcionalidad permite la medición sin interrumpir el cable que se va a medir, ya que actúa similar a una pinza amperimétrica que tiene el núcleo partido, como se muestra en la figura 5, y se denomina un sensor no invasivo.

Existen distintos modelos, dependiendo de esto se tiene diferentes medidas máximas de corriente alterna. El sensor que se utiliza en el proyecto es el sensor de corriente SCT-0.13-100, ya que permite medir una corriente máxima de 100A, teniendo como salida 50mA para la corriente de 100 A, con lo cual el fabricante establece una proporción de 100A/50mA.

Figura 5

Sensor SCT-013



Nota. Obtenido de Google Imágenes.

Cuadro de Mando Integral

Robert S. Kaplan y David P. Norton definen un cuadro de mando integral como una herramienta de gestión que aporta en la toma de decisiones directivas, ya que proporciona

información sobre el nivel de cumplimiento de los objetivos que se establecen por medio de indicadores, los cuales consideran aspectos financieros y operarios.

El CMI se desarrolla mediante cuatro perspectivas, financiera, del cliente, procesos internos y finalmente de aprendizaje y crecimiento (Kaplan y Norton, 2000).

Capítulo IV. Uso de la Energía Mediante Balance Energético por Zonas y Equipos

En este capítulo se desarrolla la auditoría energética aplicada a la empresa Panasonic Centroamericana S.A. relacionada al consumo de fluido eléctrico y de GLP, ya que son las dos fuentes de energía más significativas.

Para ello, se utiliza la norma ISO 50002:2018 y la norma ISO 50001:2018 como guía.

Revisión Energética

Como parte de la revisión energética, se subdivide la planta de producción en zonas para su respectivo análisis, se presenta una descripción como reconocimiento de la empresa para detallar el proceso en cada zona, así como los equipos utilizados con su respectivo consumo energético.

Reconocimiento de la Empresa y de los Equipos de Consumo Energético

Panasonic en Costa Rica se fundamenta en dos importantes procesos, ensamble de dos tipos de pilas que se confeccionan desde materia prima, y un proceso de empaque donde se importan distintos tipos de pilas, se empacan en diferentes presentaciones y se exportan junto con las pilas ensambladas en el país tanto hacia el consumo nacional como el internacional.

El área de interés de este proyecto se fundamenta en los procesos de ensamble de las pilas producidas, lo que se llama UM-1 en el mercado son conocidas como pilas D, y UM-3 que en el mercado son conocidas como pilas AA.

De esta manera, las zonas que se mencionan son las encargadas de producir los componentes que se necesita para su ensamble, o bien, son parte del proceso productivo. Se detalla además los equipos utilizados en el proceso, con el objetivo de enlazar el nombre de la máquina con su función para el análisis posterior de consumo por zonas y equipos.

En el Apéndice B el proceso se ejemplifica con diagramas que representan el flujo productivo, así como los motores eléctricos asociados al proceso, ya sean de máquinas, bandas transportadoras, platos giratorios o algún otro equipo especial de consumo eléctrico.

Zona de Envase-Fundición. Comprende la zona donde se procesa materia prima agregada al horno de fundición, el cual utiliza como energía el Gas Licuado de Petróleo, además de utilizar la materia prima se alimenta del desecho producido en la Troqueladora, el cual es trasladado de manera automatizada por bandas transportadoras, también, se utiliza el producto no conforme de envase UM-1 que también es llevado al horno de manera automatizada por bandas transportadoras, y se alimenta además del material de desecho de la máquina cortadora de envase UM-3 que se encuentra en la zona de ensamble, este último proceso no es automatizado, el operario cada cierto tiempo transporta bandejas de material cortado y las deposita en el horno, es decir, todo el material utilizado para el envase es un proceso cíclico, donde el material desechado vuelve al horno para ser reutilizado, ya sea de manera automatizada o de manera manual, tal como se mencionó.

Del horno se pasa el material en estado líquido a altas temperaturas hacia la máquina Casting para crear láminas y se enfría con un sistema de agua. Como parte del proceso, esta lámina se desplaza a la Roladora donde se comprime la lámina.

De esta manera, se continúa desplazando hacia la Troqueladora para generar las pastillas, ya sea para UM-1 o para UM-3, solamente hay una máquina, por lo que la producción es planificada según las necesidades que se presenten, únicamente se adapta la máquina con el molde específico.

El material desechado es llevado al horno de fundición por medio de bandas transportadoras para ser reutilizado en el proceso, y las pastillas son llevadas, igualmente por bandas transportadoras, a la máquina lubricadora de pastilla. De esta máquina se trasladan manualmente las bandejas con las respectivas pastillas a un espacio de almacenamiento.

Después de este proceso se dividen los procesos en dos líneas de producción independientes, ya que se lleva manualmente las bandejas con las pastillas hacia las máquinas UM-1 y UM-3, las cuales son las encargadas de crear los envases que son llevados por bandas transportadoras a la zona de ensamble. Durante el proceso también hay presencia de platos giratorios, máquina cortadora de envase (El desecho es llevado por bandas transportadoras al horno), y máquinas de control de calidad.

Zona de Ensamble. Como se mencionó, de la zona de envase se trasladan por medio de bandas transportadoras para iniciar el proceso de ensamble en dos líneas de producción independientes, por lo que se divide el proceso en dos.

Ensamble UM-1. El proceso continúa con un plato giratorio para almacenar envases, los cuales son llevados a la máquina centradora de envase. Prosigue a otro plato giratorio para ser llevado por medio de una banda transportadora a la máquina de inserción de papel separador y aislante.

Los envases con el papel separador y aislante son colocados a otro plato giratorio de almacenamiento para ser llevados por banda transportadora a la máquina de extrusión de mezcla, la cual se alimenta de una banda transportadora desde la zona de mezcla que se explica más adelante.

Después de añadir la mezcla, por medio de una banda transportadora se lleva a un plato giratorio de almacenamiento para ser llevado a la máquina Inserción de la barra de carbón y reborde.

Seguidamente, con la barra de carbón, se traslada por una banda transportadora hacia una cámara de verificación que lleva un registro de eficiencia y conteo de pilas.

Se lleva a un plato giratorio de almacenamiento y por bandas transportadoras se traslada a la máquina aplicadora de sellador para colocar el sellador que se añade a la barra de carbón.

Se continúa con el proceso por medio de bandas transportadoras y platos giratorios de almacenamiento hacia la máquina de aplicación de Ever Tack e inserción de PY.

Se pasa por platos giratorios y bandas transportadoras hacia la máquina PVC para colocarlo al producto.

Por medio de una banda transportadora pasa por la máquina Inserción de chapa inferior y la máquina Inserción de anillo inferior.

Con estos materiales se lleva por medio de una banda transportadora a un plato giratorio de almacenamiento para ser llevado a la máquina de inserción de envoltura, que se alimenta de la envoltura producida en la zona de envoltura que se explica más adelante.

Ya con la envoltura se lleva a otro plato giratorio de almacenamiento y por una banda transportadora se lleva a la máquina inserción de casquillo, anillo rojo y sellado.

Continúa a un plato giratorio y por medio de una banda transportadora es llevado a la máquina selector de voltaje y amperaje para la respectiva verificación de control de calidad.

Finalmente, por medio de bandas transportadoras, es llevado al sector de despacho de producto terminado de ensamble UM-1 que es retirado en cajas para el siguiente proceso de empaque en sus distintas presentaciones.

Ensamble UM-3. Paralelamente se lleva a cabo el proceso de ensamble UM-3, que tiene similitud al proceso de ensamble UM-1 con algunas variantes, por lo que se detalla a continuación.

Desde un plato giratorio de almacenamiento es llevado por una banda transportadora a la máquina cortadora de envase, aquí se producen bandejas con desecho de material que es llevado manualmente cada cierto tiempo al horno de fundición para ser reutilizado.

El envase es llevado por bandas transportadoras a un plato giratorio de almacenamiento y luego a la máquina alineadora de envase, que, a diferencia de UM-1, aquí se coloca el JIG, que es un soporte donde se coloca la pila para ser transportado con mayor seguridad en las bandas transportadoras, este proceso del JIG es cíclico, ya que más adelante hay una máquina que lo quita y lo deposita en una banda transportadora que lo lleva a este punto para ser colocado.

Por medio de bandas transportadoras se lleva a un plato giratorio de almacenamiento para luego pasar por la máquina de inserción de papel y aislante inferior hasta otros platos giratorios de almacenamiento.

Seguidamente se lleva a las máquinas inyectoras de mezcla, que en esta línea hay dos, e igualmente la alimentación de la mezcla viene por bandas transportadoras de la zona mezcla que se explica más adelante.

Después de insertar la mezcla se lleva por medio de bandas transportadoras a platos giratorios de almacenamiento para colocarse en la máquina compactadora e insertadora de aislante superior hasta otros platos giratorios.

Por medio de bandas transportadoras se lleva a la máquina insertadora de barra de carbón y rebordeadora de envase hasta los platos giratorios de almacenamiento.

Se continúa con el proceso por bandas transportadoras hacia la máquina aplicadora de sellador hasta otros platos giratorios de almacenamiento.

De ahí se lleva por bandas transportadoras hasta la máquina insertadora de anillo plástico hacia unas bandas transportadoras que funcionan como camas de almacenamiento.

Seguidamente se lleva a la máquina insertadora de PVC, aquí se quita el JIG, que como se mencionó, es llevado por bandas transportadoras hacia la máquina que lo coloca.

El producto continúa sin el JIG por una banda transportadora hacia la máquina insertadora de chapa y anillo inferior.

Por una banda transportadora se lleva hacia la máquina insertadora de casquillo, anillo rojo y sellado hacia un plato giratorio de almacenamiento. Se coloca la envoltura que viene por medio de una banda transportadora desde la zona envoltura que se explica más adelante.

Se procede hacia la máquina selectora de voltaje y amperaje como verificación de control de calidad hacia un plato giratorio de almacenamiento.

Finalmente, por medio de bandas transportadoras se lleva a la máquina empacadora de celda, la cual coloca las pilas en bandejas que se llevan por bandas transportadoras hacia el despacho de producto terminado UM-3 de ensamble, para ser llevado de manera manual a la zona de empaque, de acuerdo con la presentación requerida.

Zona de Envoltura. Como se mostró en la zona de ensamble, este producto viene de línea de producción independiente, por lo que su envoltura igualmente se subdivide en sus dos líneas de producción.

Envoltura UM-1. El proceso inicia de la máquina cortadora de lámina envoltura UM-1, que es donde se colocan los pliegos que contienen varias envolturas y se recortan de manera que se obtiene la lámina de cada pila que son llevados a las formadoras de manera manual.

En las formadoras es donde se realiza el proceso de cilindro, es decir, se pasa de una lámina plana a la envoltura cilíndrica que se pondrá en la pila.

De esta manera son llevadas las envolturas UM-1 por medio de bandas transportadoras y platos giratorios de almacenamiento hacia la zona de ensamble como se explicó previamente.

Envoltura UM-3. En este caso se inicia el proceso desde la formadora, ya que el corte de láminas se realiza en la zona de componentes que se explicará más adelante, por lo que para UM-3 solamente se tiene una formadora que transforma la lámina plana a cilíndrica. Por medio de bandas transportadoras y platos giratorios de almacenamiento se lleva la envoltura hacia la zona de ensamble como se mencionó previamente.

Zona de Mezcla. En este proceso, se realiza la mezcla que se introduce en la pila, se tiene igualmente los dos procesos UM-1 y UM-3 separados, por lo que se tienen dos mezcladoras.

La mezcla se deposita a bandas transportadoras que se traslada a la zona de ensamble, como se explicó previamente. Además, hay una bomba de trasiego de solución #2.

Zona de Compresores. En esta zona se encuentran los compresores de aire, secadoras y bombas a vacío. El proceso de producción requiere aire comprimido para varias funciones, entre ellas, se utiliza para maquinarias accionadas por aire y para procesos de control de calidad, ya que se usa para expulsar las pilas no conformes, por ejemplo, si no cumple con parámetros de dimensiones o de voltaje y amperaje son expulsadas de las líneas de producción por aire comprimido.

Zona de Componentes. Este sector no está unido a las líneas de producción, es decir, los componentes que se crean sí son utilizados en ensamble, pero son llevados de manera manual en bandejas cada vez que se requiera para alimentar las máquinas necesarias, por ejemplo, alimentación de anillos, anillos rojos, casquillos, chapas, papel separador, entre otros.

Los equipos de consumo energético de esta zona son la Cortadora de lámina de envoltura, Troquel automático, Guillotina, Troqueladora de 80 Ton #1, Troqueladora de 25 Ton #2, Troqueladora de chapa UM-3, Troqueladora de 25 Ton #1, Prensa de 15 Ton #1, Prensa de 15 Ton #2, Prensa de 15 Ton #3, Prensa de 15 Ton #4, Prensa de 15 Ton #5.

Zona de Electrólisis. Este sector no está unido a las líneas de producción, es utilizado en la zona de mezcla. Dentro de los equipos de consumo energético se tiene un Tecele, cuatro motores agitadores, un motor de ventilación y una bomba de trasiego de Solución #1.

Zona de PVC-PY. Este sector no es está unido a las líneas de producción, es decir, los componentes que se crean sí son utilizados en ensamble, pero son llevados de manera manual.

Dentro de los equipos de consumo energético se tiene Inyectora PY UM-1. Inyectora PY UM-3, Sistema PVC #1, Sistema PVC #2, Sistema PVC #3, Sistema PVC #4.

Zona Administrativa. El edificio administrativo cuenta con oficinas y salas de reuniones, por lo tanto, las mediciones se realizan de manera general en su tablero respectivo para conocer el consumo de este sector, ya que únicamente hay consumo de iluminación, tomacorrientes y aires acondicionados. Pero, al no ser parte del proceso productivo, no se contempla de manera específica el consumo por equipos.

Análisis del Consumo y Demanda Eléctrica

La empresa que brinda el servicio es la Comisión Nacional de Fuerza y Luz (CNFL), que abastece una única acometida principal que alimenta toda la instalación.

La tabla 3 muestra la información de la acometida de Panasonic Centroamericana S.A. Costa Rica.

Tabla 3

Datos de la Acometida Eléctrica

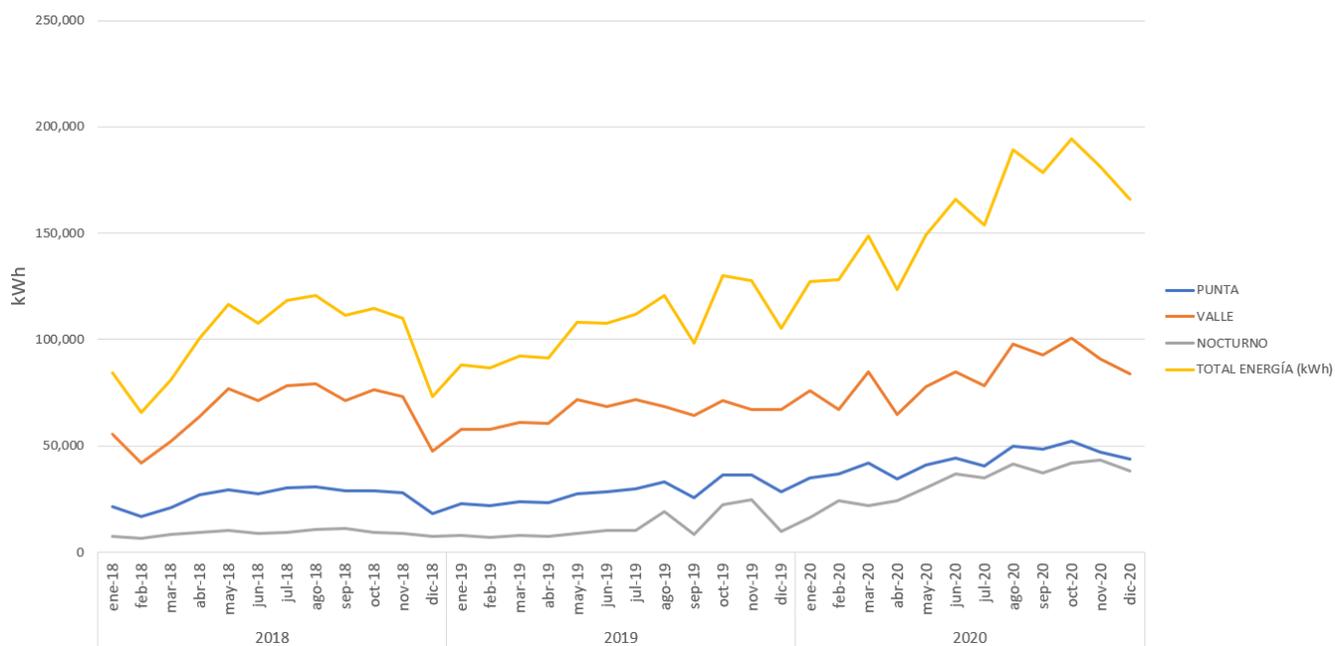
Cliente	Localización	Número de Medidor	NISE	Modelo Tarifario
Panasonic Centroamericana S.A	3003911060	980254	181521	Media Tensión (TM-T)

Nota: Recuperado de la factura eléctrica brindada por el CNFL.

La empresa posee únicamente un medidor principal, por lo tanto, sólo se conoce el consumo eléctrico total que registra la compañía eléctrica. El análisis de la tendencia eléctrica se muestra en la figura 6, donde se observa un crecimiento en el año 2020, y se logra identificar que el total de la energía consumida máxima es de 194,584 kWh, de modo que este será el dato comparativo en el análisis que se realizará por zonas y equipos.

Figura 6

Histórico de la Energía Eléctrica



Así que, para conocer el consumo por zonas y equipos se realiza un levantamiento de carga de todos los equipos de consumo eléctrico, de esta manera, mediante un recorrido de todo el proceso de producción se identifican los equipos de consumo en la sección anterior para conocer el consumo de cada motor eléctrico asociado a un equipo, una máquina, una banda transportadora o un plato giratorio.

La empresa no posee un registro de ello, los datos fueron recopilados de distintas maneras, tales como datos de placa de motores eléctricos, fichas técnicas y en su mayoría se realizaron mediciones en los tableros eléctricos.

A continuación, se muestra el análisis energético por zonas y equipos que se establecieron y mostraron en la sección anterior, pero contemplando la potencia y el tiempo aproximado de operación para obtener el consumo energético en kW y kWh.

Para el cálculo de energía consumida se contempla el horario de operación normal mostrado en la tabla 4.

Tabla 4

Distribución de Horarios en Operación Normal

Proceso	Hora inicio	Hora final	Horas de Operación Diarias	Días de Operación Semanal
Fundición	6:00:00 a. m.	5:30:00 p. m.	11.50	5
Envase UM-1	7:00:00 a. m.	5:30:00 p. m.	10.50	5
Envase UM-3	6:00:00 a. m.	10:00:00 p. m.	16.00	6
Ensamble UM-1	7:00:00 a. m.	5:30:00 p. m.	10.50	5
Ensamble UM-3	6:00:00 a. m.	10:00:00 p. m.	16.00	6
Envoltura	6:00:00 a. m.	10:00:00 p. m.	16.00	6
Mezcla	6:00:00 a. m.	10:00:00 p. m.	16.00	6
Compresores	6:00:00 a. m.	10:00:00 p. m.	16.00	6

Proceso	Hora inicio	Hora final	Horas de Operación Diarias	Días de Operación Semanal
Componentes	6:00:00 a. m.	5:30:00 p. m.	11.50	5
Electrólisis	7:00:00 a. m.	5:30:00 p. m.	10.50	5
PVC-PY	7:00:00 a. m.	7:00:00 a. m.	24.00	6
Administrativo	7:00:00 a. m.	5:30:00 p. m.	10.50	5

Nota: Este horario es establecido como operación normal, hay excepciones cuando se requiera aumentar la producción por alguna necesidad especial, pero el comportamiento de operación de la empresa se mantiene bajo este horario.

Cabe mencionar que por motivos de extensión del documento, no se detallará el análisis para todas las zonas, esta información podrá ser consultada en Apéndice C, por lo que se muestran los resultados del estudio de potencia y consumo de energía para cada zona, según sus equipos, contemplando también un porcentaje de tiempo de producción, ya que, a pesar de que hay horas establecidas de operación, los equipos no funcionan el 100% del tiempo porque hay momentos en que se detienen los equipos para acomodar pilas en las bandas, limpieza, mantenimiento, entre otros aspectos.

Tabla 5

Consumo de Energía Eléctrica de la Zona Envase-Fundición

Número de Identificación	Descripción	Potencia (W)	Consumo de Energía Mensual (kWh)
1 - M	Banda Transportadora	0.37	68.08
2 - M	Banda Transportadora	0.15	27.45
3 - M	Banda Transportadora	0.15	27.45
4 - M	Soplador de aire combustible en el horno	1.2	220.80

Número de Identificación	Descripción	Potencia (W)	Consumo de Energía Mensual (kWh)
5 - M	Máquina Casting	2.2	404.80
6 - M	Máquina Roladora	15	2760.00
7 - M	Máquina Troqueladora	4.05	745.75
8 - M	Banda Transportadora	0.746	137.26
9 - M	Banda Transportadora	0.3715	68.36
10 - M	Banda Transportadora	0.2	36.80
11 - M	Máquina Lubricadora de pastilla	5.968	1098.11
12 - M	Banda Transportadora	0.746	137.26
13 - M	Banda Transportadora	0.746	137.26
14 - M	Bomba de agua para emergencia	0.746	102.95
15 - M	Bomba de agua que alimenta máquinas	0.75	103.50
16 - M	Bomba de agua que envía al sistema de enfriamiento	0.75	103.50
17 - M	Tecele	0.75	85.94
18 - M	Banda Transportadora	0.373	114.59
19-M	Plato giratorio	0.4	122.88
20-M	Plato giratorio	0.4	122.88
21 - M	Máquina #3 envase UM-3	22	6758.40
22 - M	Banda Transportadora	0.37	113.66
23 - M	Banda Transportadora	0.37	113.66
24 - M	Banda Transportadora	0.2	61.44
25 - M	Banda Transportadora	0.33	101.38
26 - M	Máquina #2 envase UM-1	11	1848.00
27 - M	Banda Transportadora	0.04	6.72
28 - M	Banda Transportadora	0.4	67.20
29-M	Control	0.025	4.20
30 - M	Banda Transportadora	0.04	6.72
31 - M	Máquina #1 envase UM-1	15	2520.00
32 - M	Banda Transportadora	0.373	62.66

Número de Identificación	Descripción	Potencia (W)	Consumo de Energía Mensual (kWh)
33 - M	Banda Transportadora	0.4	67.20
34 - M	Cortadora de envases	0.4	67.20
35 - M	Plato giratorio	0.2	33.60
36 - M	Banda Transportadora	0.55	92.40
37 - M	Banda Transportadora	0.746	125.33
38 - M	Banda Transportadora	1.492	250.66
39 - M	Banda Transportadora	1.492	458.34
40 - M	Banda Transportadora	0.746	229.17
Total		NA	19613.58

Al realizar el análisis de la tabla 5 para cada zona, se logra obtener el consumo de energía mensual para cada zona y así proyectarlo a un consumo de energía anual en cada sector, como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6

Resumen de Consumo de Energía para Cada Zona

Zona	Consumo de Energía Mensual (kWh)	Consumo de Energía Anual Promedio (kWh)
Envase-Fundición	19613.58	235362.91
Ensamble	20946.71	251360.48
Envoltura	5774.00	69288.04
Mezcla	4916.42	58997.01
Compresores	56802.00	681624.05
Componentes	6402.00	76824.04
Electrólisis	689.30	8271.65
PVC-PY	25026.13	300313.60
Administrativo	3773.70	45284.40

Zona	Consumo de Energía Mensual (kWh)	Consumo de Energía Anual Promedio (kWh)
Total	143943.85	1727326.17

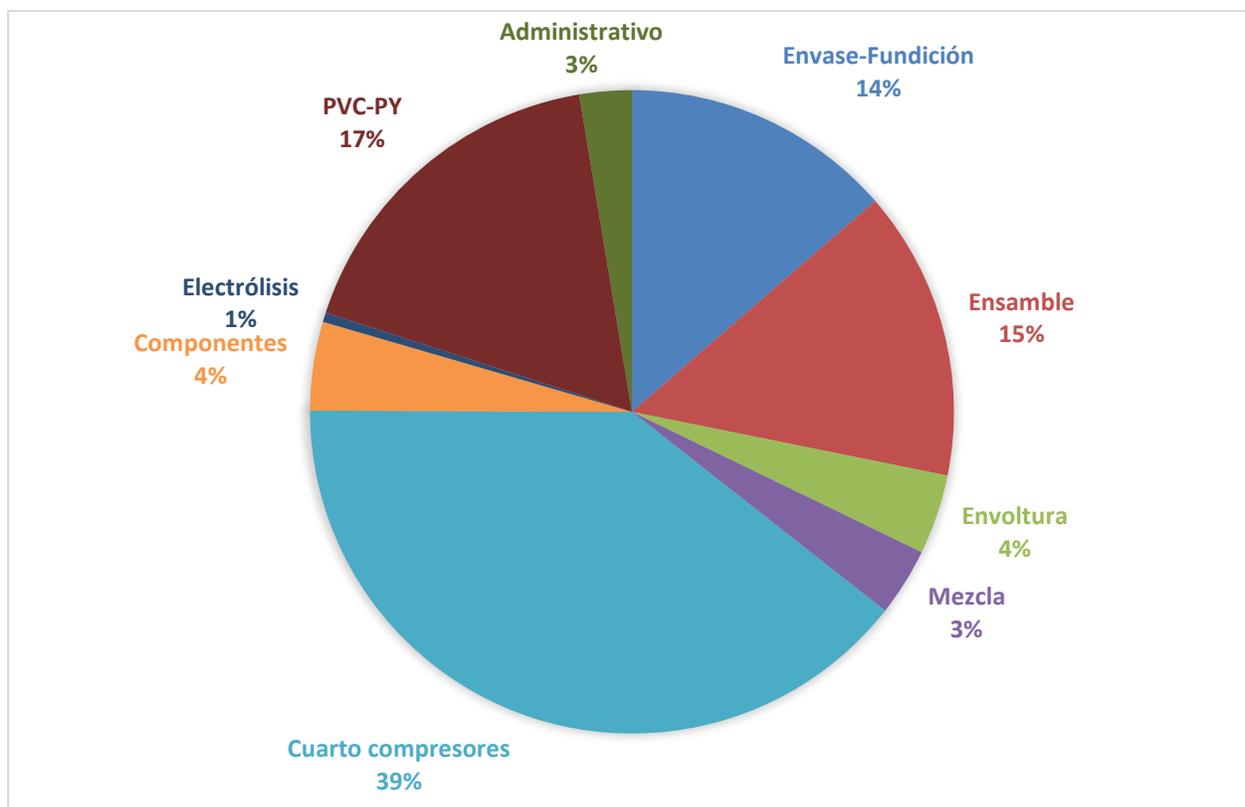
Teniendo una comparación del consumo de energía mensual obtenido por el análisis de zona y el facturado por el CNFL se muestra en la tabla 7 una diferencia de 50640.15 kWh, la cual podría ser la consumida por Empaque, sector que no se contempla en el balance.

Tabla 7

Energía Facturada vs Energía Obtenida por Zonas

Energía Facturada (kWh)	Energía por Zonas (kWh)	Diferencia de Energía (kWh)
194584	143943.85	50640.15

Con esta información se detalla el porcentaje que se distribuye a cada zona según su consumo. Teniendo así el área de compresores como la zona de mayor consumo eléctrico con un 39%, y la zona PVC-PY consume un 17%, como se refleja en la figura 7.

Figura 7*Balace de Energía por Zonas*

Al conocer el consumo detallado de cada equipo y sector, se obtienen los usos de la energía de la empresa, para ello, se establecen categorías de uso de la energía como lo establece la norma ISO 50001:2018, de esta manera se conoce el uso de la energía eléctrica en aires acondicionados, bandas transportadoras, platos giratorios, compresores y máquinas accionadas por motores eléctricos.

Igualmente, por motivos de extensión del documento, sólo se muestra el análisis para las bandas transportadoras. El análisis de cada uso de la energía se puede encontrar en el Apéndice D.

La toma de datos se realizó de datos de placa, manual de fábrica, y medidas directas de corriente y voltaje con una pinza amperimétrica para calcular la potencia eléctrica trifásica.

Tabla 8*Consumo de Energía Eléctrica en Bandas Transportadoras*

Número de Identificación	Ubicación	Potencia (W)	Consumo de Energía Mensual (kWh)
1 - M	Edificio de Envase y fundición	0.370	68.08
2 - M	Edificio de Envase y fundición	0.149	27.45
3 - M	Edificio de Envase y fundición	0.149	27.45
8 - M	Edificio de Envase y fundición	0.746	137.26
9 - M	Edificio de Envase y fundición	0.372	68.36
10 - M	Edificio de Envase y fundición	0.200	36.80
12 - M	Edificio de Envase y fundición	0.746	137.26
13 - M	Edificio de Envase y fundición	0.746	137.26
18 - M	Edificio de Envase y fundición	0.373	114.59
22 - M	Edificio de Envase y fundición	0.370	113.66
23 - M	Edificio de Envase y fundición	0.370	113.66
24 - M	Edificio de Envase y fundición	0.200	61.44
25 - M	Edificio de Envase y fundición	0.330	101.38
27 - M	Edificio de Envase y fundición	0.040	6.72
28 - M	Edificio de Envase y fundición	0.400	67.20
30 - M	Edificio de Envase y fundición	0.040	6.72
32 - M	Edificio de Envase y fundición	0.373	62.66
33 - M	Edificio de Envase y fundición	0.400	67.20
36 - M	Edificio de Envase y fundición	0.550	92.40
37 - M	Edificio de Envase y fundición	0.746	125.33
38 - M	Edificio de Envase y fundición	1.492	250.66
39 - M	Edificio de Envase y fundición	1.492	458.34
40 - M	Edificio de Envase y fundición	0.746	229.17
41 - M	Zona de Ensamble UM -1	0.746	125.33
45 - M	Zona de Ensamble UM -1	0.040	6.72

Número de Identificación	Ubicación	Potencia (W)	Consumo de Energía Mensual (kWh)
50 - M	Zona de Ensamble UM -1	0.200	33.60
51 - M	Zona de Ensamble UM -1	0.040	6.72
53 - M	Zona de Ensamble UM -1	0.200	33.60
54 - M	Zona de Ensamble UM -1	0.400	67.20
55 - M	Zona de Ensamble UM -1	0.200	33.60
61 - M	Zona de Ensamble UM -1	0.400	67.20
65 - M	Zona de Ensamble UM -1	0.200	33.60
66 - M	Zona de Ensamble UM -1	0.200	33.60
69 - M	Zona de Ensamble UM -1	0.400	67.20
70 - M	Zona de Ensamble UM -1	0.400	67.20
72 - M	Zona de Ensamble UM -1	0.090	15.12
74 - M	Zona de Ensamble UM -1	0.090	15.12
76 - M	Zona de Ensamble UM -1	0.400	67.20
80 - M	Zona de Ensamble UM -1	0.400	67.20
81 - M	Zona de Ensamble UM -1	0.400	67.20
83 - M	Zona de Ensamble UM -1	0.400	67.20
86 - M	Zona de Ensamble UM -1	0.746	125.33
90 - M	Zona de Ensamble UM -1	0.400	67.20
94 - M	Zona de Ensamble UM -1	0.200	33.60
96 - M	Zona de Ensamble UM -1	0.200	33.60
101 - M	Zona de Ensamble UM -1	0.490	82.32
103 - M	Zona de Ensamble UM -1	0.200	33.60
104 - M	Zona de Ensamble UM -1	0.400	67.20
105 - M	Zona de Ensamble UM -1	0.200	33.60
106 - M	Zona de Ensamble UM -1	0.400	67.20
107 - M	Zona de Ensamble UM -1	0.400	67.20
108 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.400	122.88
109 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.200	61.44

Número de Identificación	Ubicación	Potencia (W)	Consumo de Energía Mensual (kWh)
111 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.040	12.29
112 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.400	122.88
114 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.187	57.29
115 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.200	61.44
118 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.200	61.44
119 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.200	61.44
120 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.200	61.44
121 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.200	61.44
123 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.200	61.44
124 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.200	61.44
128 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.200	61.44
131 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.200	61.44
133 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.200	61.44
135 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.040	12.29
137 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.373	114.59
140 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.200	61.44
141 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.200	61.44
145 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.200	61.44
146 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.200	61.44
150 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.400	122.88
155 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.200	61.44
158 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.200	61.44
159 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.200	61.44
162 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.200	61.44
165 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.200	61.44
166 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.200	61.44
169 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.200	61.44
170 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.400	122.88

Número de Identificación	Ubicación	Potencia (W)	Consumo de Energía Mensual (kWh)
172 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.200	61.44
173 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.400	122.88
175 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.400	122.88
180 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.200	61.44
185 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.400	122.88
188 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.200	61.44
189 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.200	61.44
193 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.400	122.88
196 - M	Zona de Envoltura UM -1	0.400	122.88
199 - M	Zona de Envoltura UM -1	0.200	61.44
201 - M	Zona de Envoltura UM -1	0.090	27.65
203 - M	Zona de Envoltura UM -1	0.200	61.44
204 - M	Zona de Envoltura UM -1	0.200	61.44
205 - M	Zona de Envoltura UM -1	0.200	61.44
209 - M	Zona de Envoltura UM -3	0.090	27.65
211 - M	Zona de Envoltura UM -3	0.200	61.44
212 - M	Zona de Envoltura UM -3	0.100	30.72
213 - M	Zona de Envoltura UM -3	0.400	122.88
215 - M	Zona de Envoltura UM -3	0.200	61.44
216 - M	Zona de Envoltura UM -3	0.200	61.44
217 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.200	61.44
218 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.400	122.88
220 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.200	61.44
221 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.400	122.88
222 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.187	57.29
224 - M	Zona de Mezcla UM -3	0.187	57.29
225 - M	Zona de Mezcla UM -3	0.560	171.88
226 - M	Zona de Mezcla UM -3	0.200	61.44

Número de Identificación	Ubicación	Potencia (W)	Consumo de Energía Mensual (kWh)
227 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.180	55.30
228 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.400	122.88
229 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.400	122.88
230 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.200	61.44
231 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.090	27.65
232 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.090	27.65
234 - M	Zona de Mezcla UM -1	0.373	114.59
235 - M	Zona de Mezcla UM -1	0.246	75.63
236 - M	Zona de Mezcla UM -1	2.000	614.40
237 - M	Zona de Mezcla UM -1	0.200	33.60
238 - M	Zona de Ensamble UM -1	0.200	33.60
239 - M	Zona de Ensamble UM -1	0.400	67.20
Total		NA	9608.66

Al realizar el análisis de la tabla 8 para los distintos tipos de consumo, se logra obtener el consumo de energía mensual para cada uno y así proyectarlo a un consumo de energía anual en la tabla 9.

Tabla 9

Consumo de los Usos de la Energía

Usos de la Energía	Consumo de Energía Mensual (kWh)	Consumo de Energía Anual Promedio (kWh)
Bandas Transportadoras	9608.66	115303.91
Aires Acondicionados	16035.84	192430.08
Platos Giratorios	3727.68	44732.16
Compresores	56802.00	681624.05

Usos de la Energía	Consumo de Energía Mensual (kWh)	Consumo de Energía Anual Promedio (kWh)
Accionados con Motores Eléctricos	69949.50332	839394.04
Total	156123.69	1873484.24

Teniendo una comparación del consumo de energía mensual obtenido por el análisis de equipos y el facturado por el CNFL se muestra la tabla 10 una diferencia de 38460.31 kWh, la cual podría ser la consumida por Empaque, sector que no se contempla en el balance.

Tabla 10

Energía Facturada vs Energía Obtenida por Equipos

Energía Facturada (kWh)	Energía por Equipos (kWh)	Diferencia de Energía (kWh)
194584	156123.69	38460.31

Al realizar este análisis para cada uso de la energía en categorías, se obtiene el balance de energía por equipos, que demuestra en la figura 8 un consumo mayor en las máquinas accionadas por motores con un 45%, después los compresores con un 36% del consumo y los aires acondicionados un 10%.

Figura 8*Balance de Energía por Equipos**Monitoreo Continuo de Variables Eléctricas*

Para reforzar el balance energético por zonas y equipos realizado, se instaló un sistema de monitoreo continuo en cada tablero eléctrico para conocer con mayor afinidad el consumo por zonas, ya que se analiza la tendencia del consumo durante varios días en operación normal, de esta manera se verifica que el levantamiento de equipos realizado con su proyección de consumo sea el correcto, basado en los datos obtenidos en el equipo de medición.

El equipo de medición utilizado es el analizador de potencia y armónicos EXTECH, modelo PQ3350, como se muestra en la figura 9.

Figura 9

Analizador de Potencia y Armónicos Utilizados



Por motivos de extensión del documento se muestran únicamente los resultados de la demanda máxima sobre el intervalo de tiempo medido en la tabla 11, cabe destacar que con este equipo se obtienen otros datos eléctricos.

Tabla 11

Resumen del Reporte Generado por el Analizador de Potencia

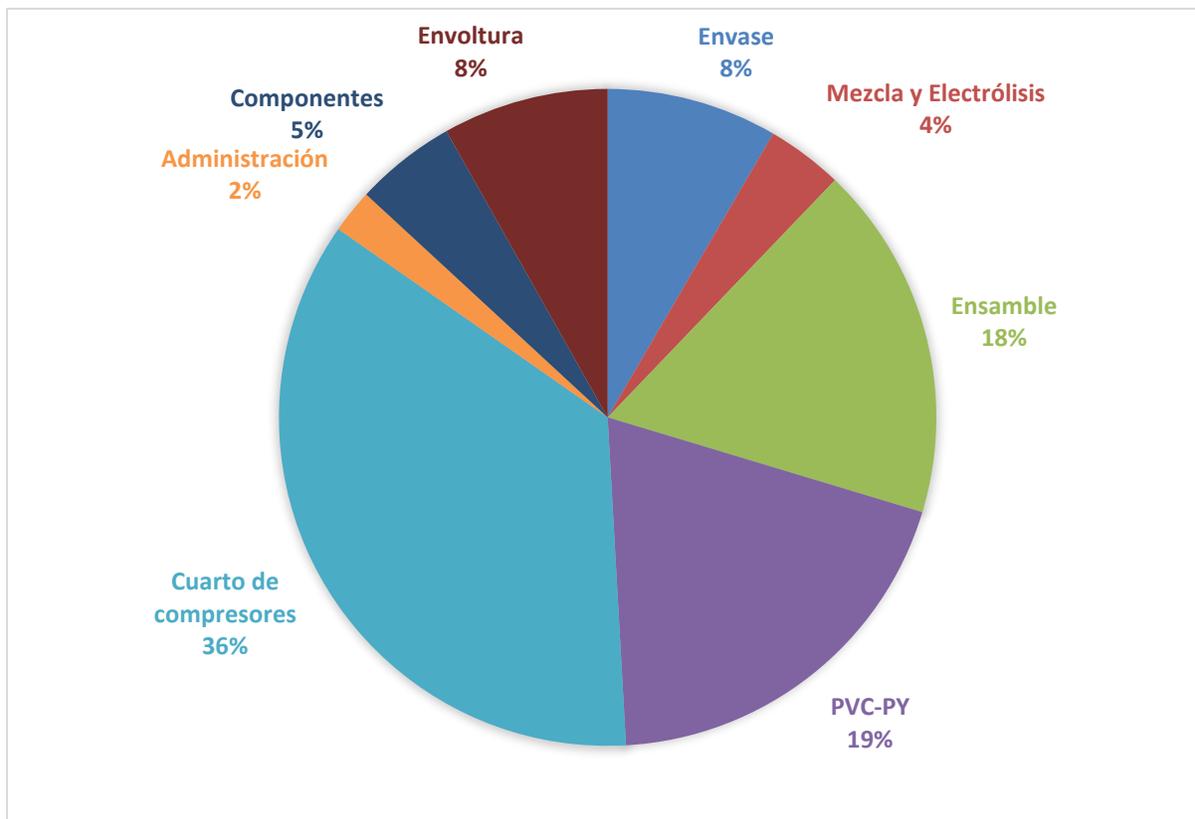
Tablero	Fecha Inicio	Hora Inicial	Fecha Fin	Hora Final	Demanda Máxima (kW)	Consumo Mensual Aproximado (kWh)
Envase- Fundición	23-mar	08:29	23-mar	09:40	38.3	14707.2

Tablero	Fecha Inicio	Hora Inicial	Fecha Fin	Hora Final	Demanda Máxima (kW)	Consumo Mensual Aproximado (kWh)
Mezcla y Electrólisis	23-mar	12:06	23-mar	14:00	17.1	6566.4
Ensamble	23-mar	14:04	24-mar	07:08	79.8	30643.2
PVC-PY	24-mar	09:00	24-mar	12:53	59.1	34041.6
Cuarto compresores	24-mar	13:29	25-mar	07:19	162.3	62323.2
Administración	25-mar	08:15	25-mar	11:27	17.97	3773.7
Componentes	25-mar	13:09	26-mar	07:12	37.8	8694
Envoltura	26-mar	07:34	26-mar	16:39	37.2	14284.8
Total Consumido al Mes					NA	175034.1

De esta manera se realiza el balance de energía basado en los datos del Analizador de Potencia y Armónicos que se muestra en la figura 10.

Figura 10

Balance de Energía por Zonas con Analizador de Potencia



Como se observa, la zona con mayor consumo es el cuarto de compresores con un 36%, seguido por PVC-PY con un 19% y ensamble con un 18%. Se verifica que estas zonas son las de mayor consumo, en ese orden respectivo.

Análisis de Consumo de Gas Licuado de Petróleo

El uso del Gas Licuado de Petróleo es utilizado únicamente para el horno de fundición, tal como se detalla en la descripción de la empresa, por lo tanto, únicamente se da en la zona de fundición y coincide con el consumo del tanque y el que se registra en la facturación.

La empresa que brinda el servicio es Gas Nacional Zeta S.A. que abastece un único tanque que alimenta la instalación hacia el horno. La tabla 12 muestra la información del servicio de GLP de Panasonic Centroamericana S.A. Costa Rica.

Tabla 12

Datos del Servicio de GLP

Cliente	Número de Tanque	Capacidad del Tanque (L)
Panasonic Centroamericana S.A.	980254	3785

Nota: Recuperado de la factura eléctrica brindada por Gas Nacional Zeta S.A.

La empresa abastece el tanque una vez por semana, pero para mayor facilidad de análisis de datos se realiza el reporte mensual durante el año 2020 en la tabla 13 para conocer el consumo del horno, ya que ese año presentó una alta demanda y es el más actual, por lo que se asemeja a la operación presente.

Tabla 13

Consumo de GLP Mensual Durante el Año 2020

Mes	Total Mensual (L)
Enero	5276.30
Febrero	4891.60
Marzo	5939.10

Mes	Total Mensual (L)
Abril	7065.50
Mayo	8819.70
Junio	6517.60
Julio	8112.40
Agosto	7581.80
Setiembre	6128.80
Octubre	8519.60
Noviembre	6618.20
Diciembre	6017.30
Total Anual	81487.90

Se reporta un consumo máximo mensual de 8819.70 Litros en el mes de octubre, y un consumo mínimo de 4891.60 Litros en el mes de febrero, por lo que un consumo mensual promedio es de 6790.66 Litros, teniendo así un consumo total para el año 2020 de 81487.90 Litros.

Cabe destacar que el consumo del horno no es constante, ya que depende de la temperatura, incluso de la relación Butano-Propano del GLP, además, el horno consume incluso en tiempos de no operación, es decir, cuando está en operación tiene un consumo mayor, pero en horas que no se trabaja, el horno sigue consumiendo GLP para mantener una temperatura deseada para cuando se reinicie la operación se obtenga la temperatura necesaria con mayor rapidez.

El horario de operación del horno es de 6:00 a.m. a 5:30 p.m. por lo que está en operación 11.5 horas al día, y trabaja de lunes a viernes, teniendo así un total de 57.5 horas semanales de operación, y durante las 110.5 horas semanales faltantes no trabaja, pero continúa con un consumo mínimo de GLP.

Identificación de los USE

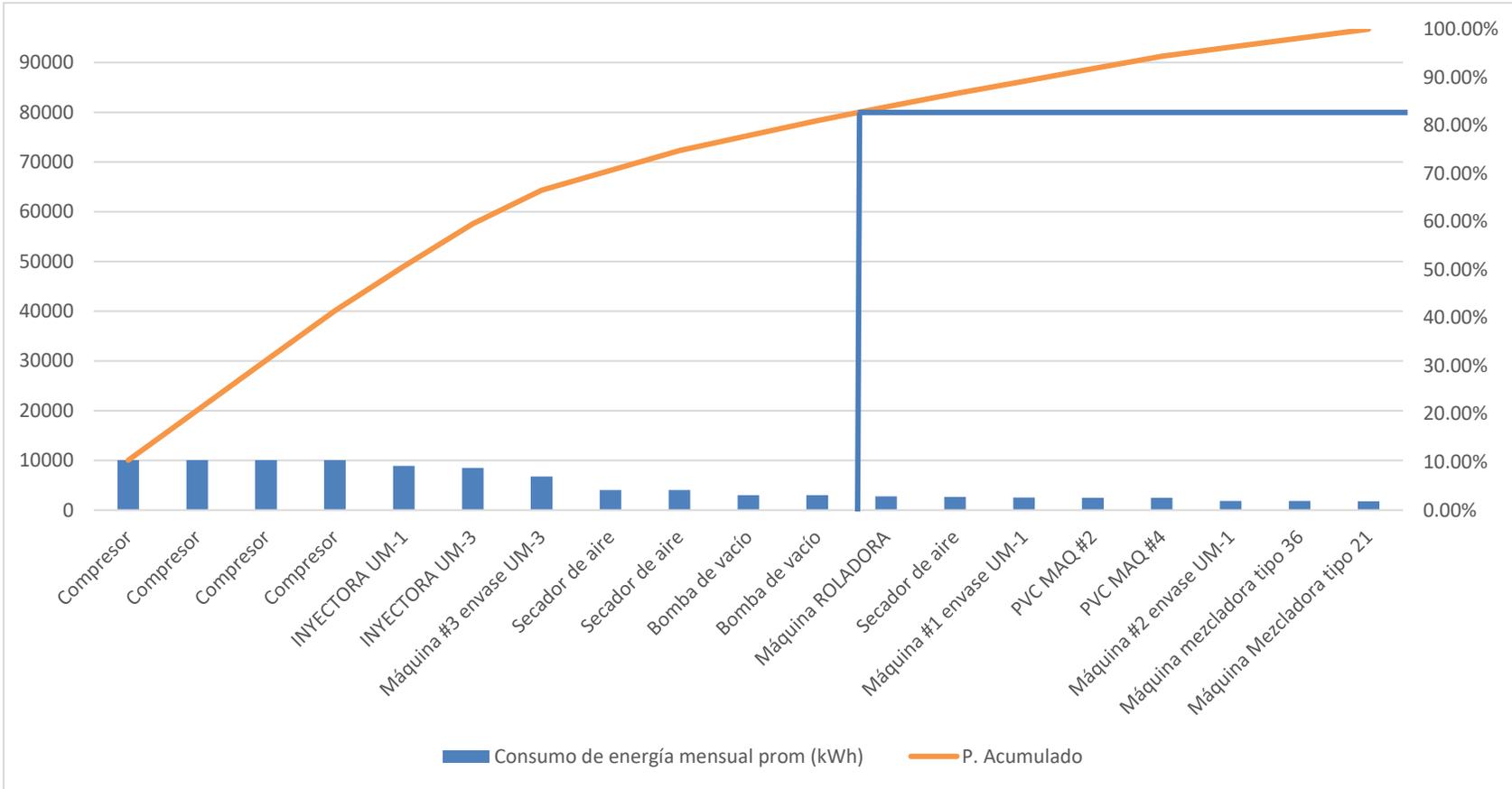
Al realizar el balance de energía por zonas y equipos se puede determinar cuáles son los equipos más críticos y las zonas donde se presenta mayor consumo como lo establece la norma ISO 50001:2018.

La zona de mayor consumo es el área de compresores, por lo que se pueden analizar los compresores como una oportunidad de conservación de la energía. Igualmente, se considera el consumo del horno de GLP y el aire acondicionado como usos significativos de la energía por el consumo registrado.

Finalmente, del balance realizado se observa que un uso significativo son las máquinas accionadas por motores eléctricos, de manera que mediante un diagrama de Pareto se analizan los equipos de mayor consumo en cada zona, y un diagrama de Pareto con todos los equipos accionados con motores para identificar las máquinas de mayor consumo en la planta. Todos los diagramas de Pareto de cada zona se encuentran en el Apéndice E, para efectos prácticos se muestra el diagrama de Pareto que contempla todos los equipos en la figura 11, el cual muestra que los equipos de mayor consumo eléctrico son los cuatro compresores, Inyectora UM-1, Inyectora UM-3, Máquina #3 Envase UM-3, dos secadoras de aire y las dos bombas de vacío.

Figura 11

Diagrama de Pareto de los Equipos de Mayor Consumo Eléctrico



Oportunidades de conservación de la energía

Como parte de la conservación de la energía según los usos significativos identificados, se proponen dos proyectos de cambio de equipo tecnológico, un cambio de sistema de compresores, y un cambio del horno de GLP a horno eléctrico. Cabe destacar que las opciones de cambio se discutieron con la alta gerencia para contemplar el consumo de una expansión que se prevé en el próximo año aumentar dos líneas de producción más, para trabajar con a cuatro líneas de producción, lo que duplicaría el consumo energético, por lo que la inversión será mayor a lo que se tendría que hacer para abastecer la necesidad actual.

Reemplazo de compresores

El sistema de compresores actuales es de velocidad fija, lo que limita a dos estados, apagado o máxima velocidad, produciendo así un alto consumo independientemente de la cantidad de aire demandada. La propuesta de cambio es hacia un compresor de velocidad variable, ya que la velocidad del motor se ajusta automáticamente según la demanda de aire comprimido, lo que optimiza al rendimiento del sistema, además, la tecnología de estos compresores permite arrancar y detenerse bajo presión del sistema, es decir, no hay necesidad de descarga, permitiendo así un ahorro de energía sin afectar la producción. Es decir, un compresor de velocidad fija utilizará la cantidad de energía que necesitaría para satisfacer la demanda máxima de aire comprimido y un compresor de tornillo de velocidad variable reducirá las RPM cuando la demanda de aire comprimido sea menor.

Ante esto, se propone adquirir un compresor de la marca Boge Kompressorem, modelo SLF 221, el cual es un compresor de tornillo rotativo de 220hp de potencia de control de velocidad variable.

La condición actual presenta una demanda máxima de 550 CFM, y se contempla 3000 horas de operación al año, el resumen del estudio se muestra en la tabla 14. Además, la inversión del compresor es de \$69,700.00, así que, con el análisis ROI se tiene un retorno de inversión a los 5 años.

Tabla 14

Estudio de Cambio de Compresores en Costo por Energía

Sistema	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Actual	\$56,416.25	\$112,832.50	\$169,248.75	\$225,665.00	\$282,081.25
Propuesto	\$40,078.10	\$80,156.21	\$120,234.31	\$160,312.42	\$200,390.52
Ahorro	\$16,338.15	\$32,676.29	\$49,014.44	\$65,352.58	\$81,690.73
ROI	-0.77	-0.53	-0.30	-0.06	0.17

Se garantiza que después del año 5 se tiene un ahorro económico asegurado de \$16,338.15 anuales, además, la potencia del compresor propuesto es de 220hp, lo que cubre la demanda de la expansión proyectada, ya que actualmente con tres compresores de 50hp cada uno, se abastece la demanda requerida, es decir 150hp, con ello se obtiene un equipo que permite cumplir con lo proyectado y asegurando un ahorro económico mayor.

Reemplazo de horno de GLP a Horno Eléctrico

Como se identifica en el balance por fuentes de energía, el horno de GLP consume cerca del 30% de la energía total de la empresa, por lo que es un consumo muy significativo, un criterio que se contempla en esta propuesta es el abastecimiento de energía en el país, ya que el GLP es una fuente que podría verse afectada su abastecimiento por aspectos externos al no producirse en el país, caso contrario a la energía eléctrica que sí es más confiable en su abastecimiento, asegurando así la producción.

Además, para el aspecto de consumo energético se plantea una reducción al pasar a eléctrico. Un aspecto relevante es la disminución en la producción de CO₂, lo que aporta en los asuntos ambientales.

Se propone el horno eléctrico de inducción HORMESA, el cual tiene un autotransformador que permite la variación en los grifos de salida, variando la potencia del horno, siendo un horno trifásico, con una capacidad nominal de 135kW a una producción de 750 kg/h, un factor de potencia de 0,95, y una tensión de alimentación de 480V.

Actualmente, el horno de GLP tiene una producción aproximada de 300 kg/h, por lo que el equipo cumple para la expansión proyectada al duplicar la producción.

En cuanto a consumo energético se muestra la tabla 15, la cual indica que por mes el horno GLP consume 65,288.55 kWh, y el horno HORMESA 27,086.40 kWh, teniendo una disminución de 38,202.15 kWh, y en facturación mensual para funcionamiento del horno se aproxima un ahorro de ¢134,496.68 mensuales. La inversión del horno eléctrico es de ¢151,338,828.84, por lo que económicamente no es factible si se continúa con la misma producción, pero si se va a aumentar la demanda con las líneas de producción que se van a agregar, y si se debe adquirir un nuevo horno, esta propuesta permite aumentar la producción un 250%.

Tabla 15

Estudio de Cambio de Horno de GLP a Eléctrico

Horno	Consumo Energético Mensual (kWh)	Facturación Mensual
GLP	65,288.55	¢1,756,864.69
Eléctrico	27,086.40	¢1,622,368.01
Ahorro Mensual	38,202.15	¢134,496.68

Capítulo V. Líneas de Base Energética e Indicadores de Desempeño Energético

Establecimiento de Indicadores de Desempeño Energético

La cantidad de energía consumida por mes es un parámetro que se utiliza como base, pero la disminución de la energía no puede ser una referencia de mejoramiento en el desempeño energético (Kondaveeti et al., 2021) ya que si hay un crecimiento en maquinaria para aumentar la producción, o bien, aumento de horas de operación a la semana, igualmente para aumentar la producción, es de esperar que aumente el consumo energético, pero no por mal desempeño energético, sino por un aumento en la producción, que es positivo para la empresa, igualmente si aumenta el personal, es de esperar un aumento de energía eléctrica.

Panasonic cuenta con un sistema automatizado de conteo de pilas producidas, y a través de recursos humanos, se tiene un registro de la cantidad de colaboradores al mes, por ende, se establece la cantidad de colaboradores al mes y la cantidad de pilas producidas al mes como variables que influyen directamente en el desempeño global de la empresa.

La cantidad de trabajadores mensual se toma como la cantidad diaria, por seis días a la semana, por cuatro semanas. Se considera además los usos significativos de la energía identificados en el capítulo anterior.

El objetivo es obtener el indicador de desempeño anual para compararlos entre sí, y posteriormente evaluar el desempeño energético y la eficacia del modelo de gestión de energía, ya que la norma ISO 50001:2018 en la sección A.9 Evaluación del desempeño menciona que la mejora del desempeño energético se puede demostrar mediante las mejoras de los valores de los IDEn a lo largo del tiempo, de esta manera se realiza el estudio de los años 2018, 2019 y 2020 para tener mayor cantidad de datos y con ello una evaluación más confiable en los resultados que se obtengan con el modelo de gestión de energía.

Indicadores de Desempeño Energético para Consumo Eléctrico

En primera instancia, se calculan los indicadores de desempeño de productividad, de manera que, al obtener las unidades procesadas por mes y la energía consumida por mes, se obtiene el indicador de desempeño energético (kWh / Unidades Procesadas), esta energía es la reportada por la facturación eléctrica, lo que permite un indicador global de consumo eléctrico. Igualmente, con la energía reportada y la cantidad de colaboradores se obtiene el indicador (kWh / Cantidad de Colaboradores).

Para el compresor se tiene la energía consumida por los compresores con la variable de productividad, de manera que se tiene el indicador (kWh Compresor / Unidades Procesadas), igualmente para los equipos accionados por motores de mayor consumo, que para efectos prácticos se considera la Inyectora UM-1 que presenta aproximadamente un 6,37% de la energía eléctrica consumida y la Inyectora UM-3 que presenta cerca del 6,08%. La energía consumida de cada equipo se considera según el balance de energía realizado por equipos, al obtener el porcentaje de consumo se obtiene la proyección mensual según ese porcentaje.

En aires acondicionados se toma en cuenta su consumo y los m² de los lugares donde están colocados, que es de aproximadamente 895 m², es un valor que, al ser constructivo, se considera como factor estático, de manera que lo que se debe controlar es el consumo que sí varía. Según el balance energético corresponde a un 10% de la energía consumida. Los m² se considera la construcción real por 365 días para obtener el indicador de desempeño energético anual de los aires acondicionados, y 30 días para el mensual.

El detalle por mes de cada indicador se muestra en el Apéndice F de este trabajo, de manera que se muestra la tabla 16 como indicadores anuales de los años 2018, 2019 y 2020.

Tabla 16*Indicadores de Desempeño Energético de Consumo Eléctrico*

Año	(kWh/ Unidades Procesadas)	(kWh/ Cantidad de Colabora dores)	(kWh Compresor/ Unidades Procesadas)	(kWh Inyectora UM-1 / Unidades Procesadas)	(kWh Inyectora UM-3 / Unidades Procesadas)	(kWh Aires Acondicio nados/ m²)
2018	0.01169	45.9286	0.00043	0.001039	0.000992	0.3685
2019	0.01124	45.1335	0.0004	0.000949	0.000906	0.3883
2020	0.01213	53.1050	0.00028	0.000681	0.000650	0.5837

Indicadores de Desempeño Energético para Consumo GLP

Para el GLP se contempla el indicador de desempeño energético únicamente la cantidad de unidades procesadas, ya que es una variable de producción que influye en la eficiencia energética del horno al ser el único equipo de consumo de GLP en el proceso de producción.

Para ello, se analiza el indicador de Litros de GLP consumidos entre las unidades producidas para los tres años de estudio y mensualmente para ir conociendo el comportamiento en el tiempo y el IDEn anual.

En el Apéndice F se muestran los indicadores mensuales y en la tabla 17 se muestran los indicadores de desempeño anual para el 2018, 2019 y 2020.

Tabla 17*Indicadores de Desempeño Energético para Consumo GLP*

Año	Litros / Unidades Procesadas
2018	0.00079107
2019	0.00069231
2020	0.00068762

Indicadores de Desempeño Energético Total

En esta sección se muestra el indicador energético total para toda la empresa, contemplando las dos fuentes de energía que fueron auditadas, es decir, se contempla el consumo de energía eléctrica y el consumo de GLP.

Para conocer el balance de energía entre electricidad y GLP se requiere tener ambos consumos en la misma unidad de medición, por lo tanto, Carbon Trust (2020) proporciona una serie de factores de conversión útiles para calcular el consumo de energía en unidades comunes de energía, se utiliza la actualización 2020 que se basa en datos publicados por BEIS. En la tabla 18 se muestran los factores de conversión energéticos.

Tabla 18

Poder Calorífico Bruto para Combustibles Líquidos

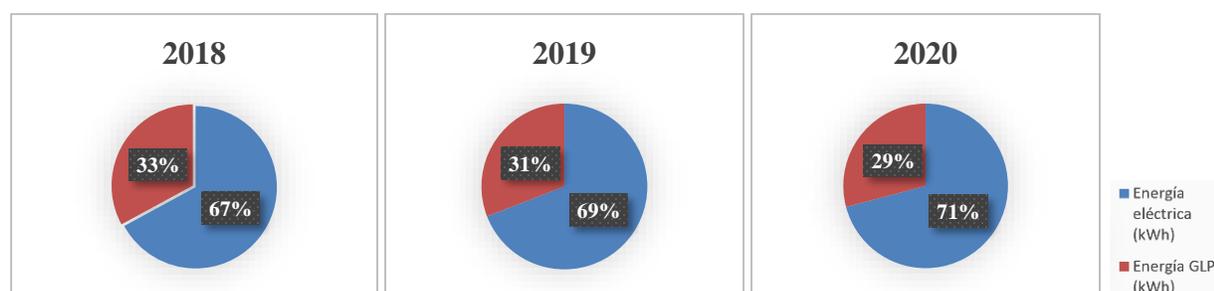
Combustible Líquidos	kWh/Tonelada	Litros/Tonelada	kWh/Litro
GLP	13.702	1.889	7.25

Nota. Recuperado de (Carbon Trust, 2020).

En el Apéndice F se muestra la equivalencia de Litros de GLP a kWh de cada mes durante los tres años de estudio y la energía total consumida de cada año, de esta manera, se presenta el consumo de GLP en kWh anual en la tabla 19 y gráficamente en porcentaje en la figura 12 para el año 2018, 2019 y 2020 respectivamente.

Tabla 19*Energía Total Consumida por Año*

Año	Energía Eléctrica (kWh)	Energía GLP (kWh)	Energía Total (kWh)
2018	1203696	590787.275	1794483.275
2019	1268433	566232.25	1834665.25
2020	1906681	783462.55	2690143.55

Figura 12*Consumo Energético Total por Tipo de Energía en el Año 2018, 2019 y 2020*

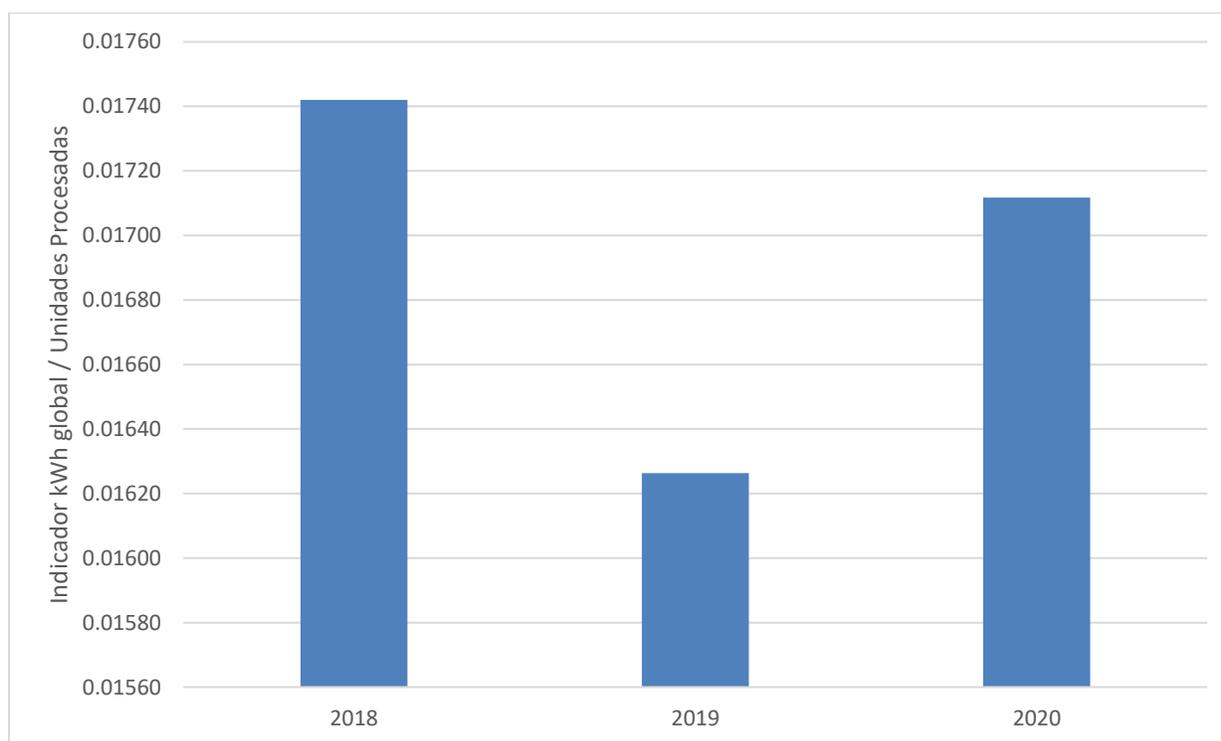
Con los datos obtenidos de energía total se procede a desarrollar el indicador global basado en la productividad, ya que la energía total consumida depende de la variable de producción o unidades procesadas. Es el indicador que presenta la situación energética de la empresa.

En el Apéndice F se muestran los indicadores energéticos globales de manera mensual, en la tabla 20 se tienen los indicadores energéticos anuales.

Tabla 20*Indicadores Energéticos Globales*

Año	Energía Total (kWh)	Unidades Procesadas	Indicador Global (kWh/Unidades Procesadas)
2018	1794483.275	103010327	0.01742
2019	1834665.25	112812216	0.01626
2020	2690143.55	157155719	0.01712

Para una mejor visualización, en la figura 13 se muestra un gráfico comparativo de los indicadores de desempeño energético entre el año 2018, 2019 y 2020, donde se observa que el año 2019 es el año que tuvo mejor desempeño energético con respecto a las unidades producidas.

Figura 13*Comparación de Indicadores Energéticos Globales por Año*

Establecimiento de Líneas Base Energéticas

Como describe la norma ISO 50006:2014, una línea de base energética es una referencia cuantitativa que proporciona la base para una comparación del desempeño energético, de manera que cada indicador de desempeño energético debe tener su línea base para tomarlo como una referencia y así justificar procesos de mejora.

Por ello, se muestran las líneas base para el consumo eléctrico, para el consumo de GLP y la línea base global que contempla todo el consumo energético.

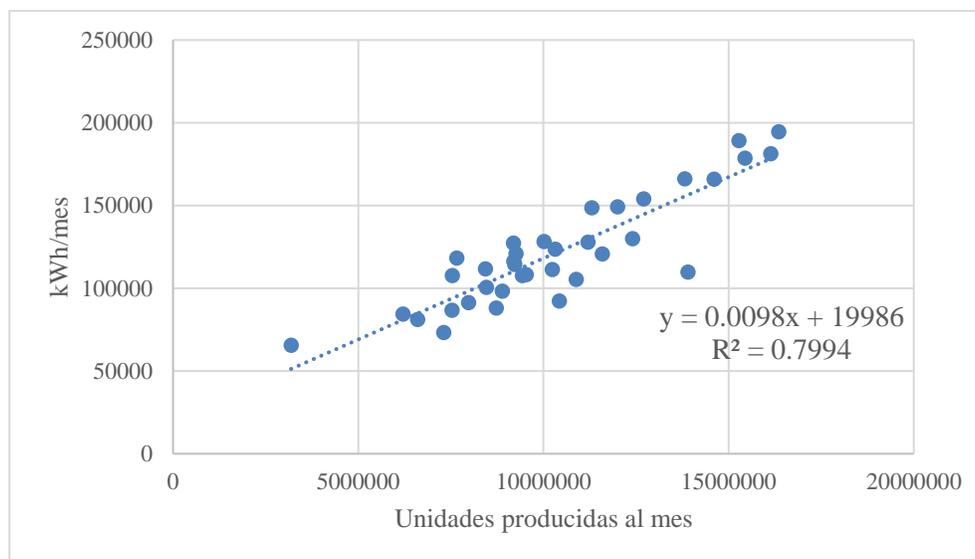
Considerando los usos significativos de la energía y los indicadores de desempeño energético, se realiza el modelo de regresión lineal para obtener el R^2 , valor de criterio de confiabilidad de la muestra, que se requiere mínimo 24 datos, por lo que se realiza con 36 datos tomando todos los meses durante tres años. Con ello se obtiene el modelo lineal ($y = mx + b$) donde “y” es la línea base, “b” es la energía no asociada a la producción y “mx” es la energía asociada a la producción” (Menghi et al., 2019).

Línea Base Energética para el Consumo Eléctrico

Se proponen las líneas de base energéticas según los indicadores de desempeño energético, la figura 14 muestra la línea base para el indicador de energía eléctrica con la variable productiva de unidades procesadas.

Figura 14

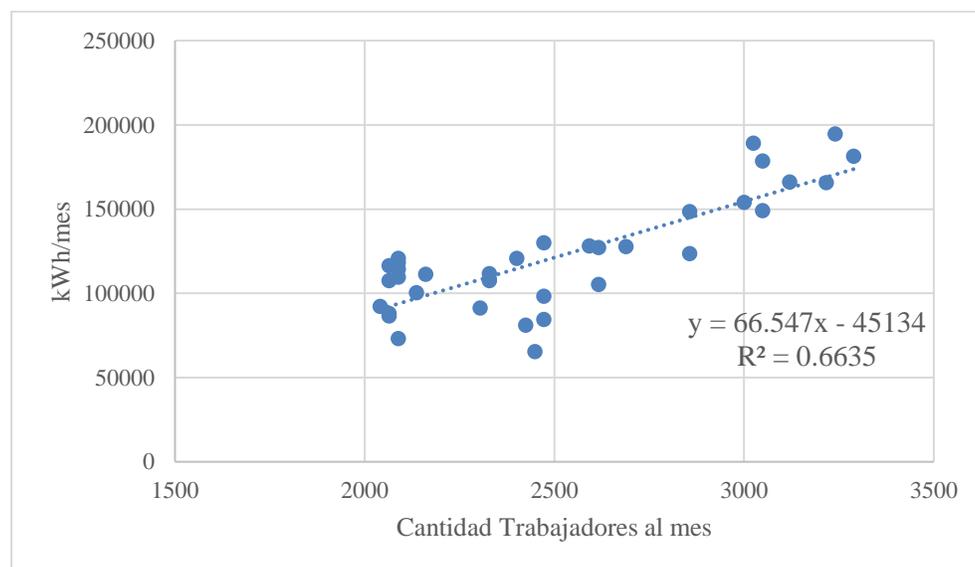
Línea Base para Indicador kWh Electricidad/Unidades Procesadas



La figura 15 muestra la línea base para el indicador de energía eléctrica con la variable de cantidad de trabajadores al mes.

Figura 15

Línea Base para Indicador kWh Electricidad/Cantidad de Trabajadores



Con respecto a la zona de mayor consumo dada en el balance energético realizado, se tiene una línea base energética mostrada en la figura 16 que contempla la energía eléctrica consumida por los compresores con respecto a las unidades procesadas al mes, igualmente para la Inyectora UM-1 e Inyectora UM-3 se muestra en la figura 17 y figura 18, respectivamente, el consumo eléctrico con la variable de unidades procesadas.

Figura 16

Línea Base para Indicador kWh Electricidad de Compresores/Unidades Procesadas

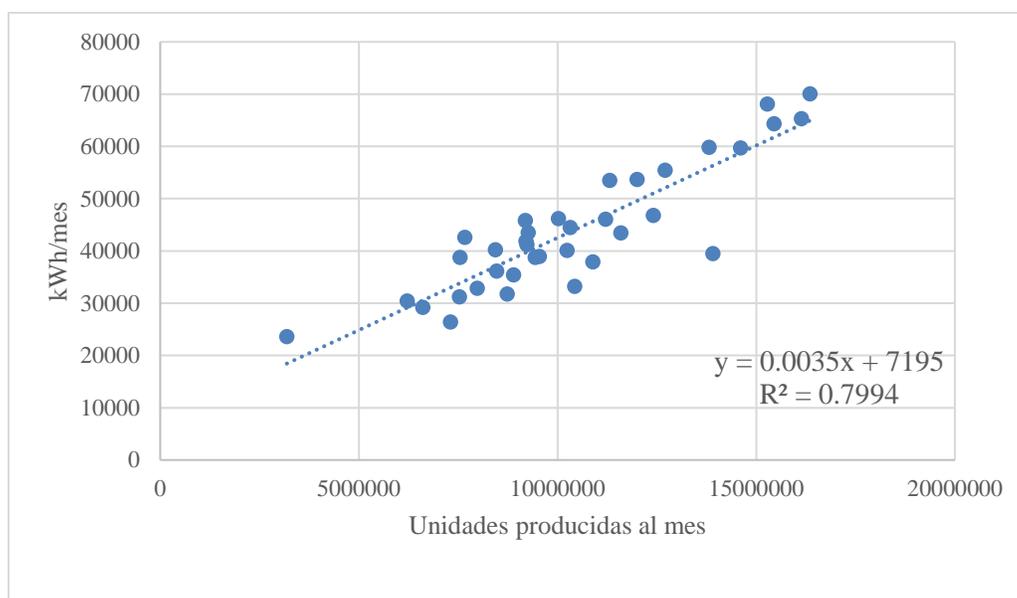
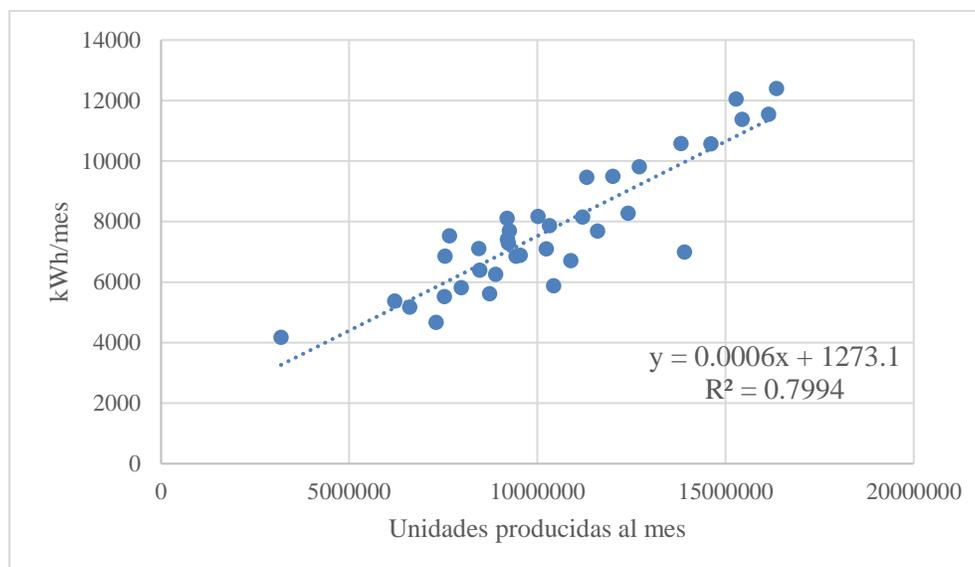
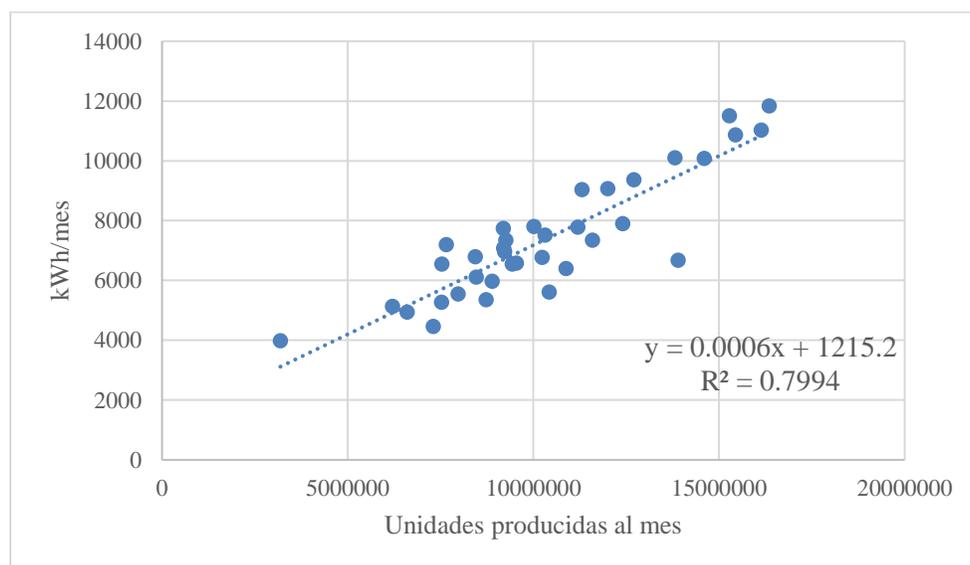


Figura 17

Línea Base para Indicador kWh Electricidad de Inyectora UM-1 /Unidades Procesadas

**Figura 18**

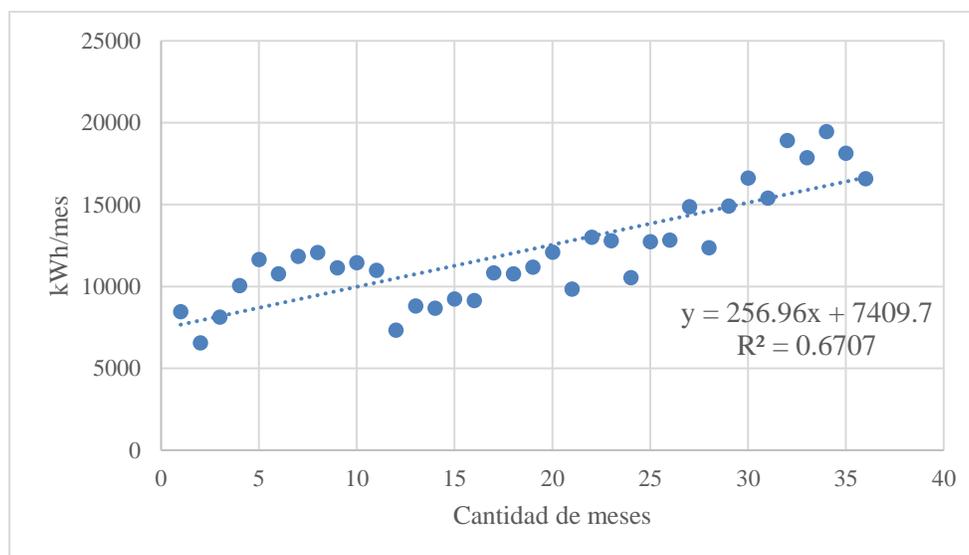
Línea Base para Indicador kWh Electricidad de Inyectora UM-3 /Unidades Procesadas



Finalmente, en la figura 19, se plantea la línea base para los aires acondicionados, esta referencia tiene la particularidad, a diferencia de las otras, que tiene un factor estático que son los metros cuadrados de construcción donde están colocados los aires acondicionados, ya que es un dato que no varía en el tiempo, solamente si hay una remodelación constructiva, caso que requiere una actualización de la línea base. La línea base mostrada contempla el consumo de los aires acondicionados, según el porcentaje dado en el balance energético, durante los tres años de referencia.

Figura 19

Línea Base para Aires Acondicionados con Variable Estática 895m² de Construcción

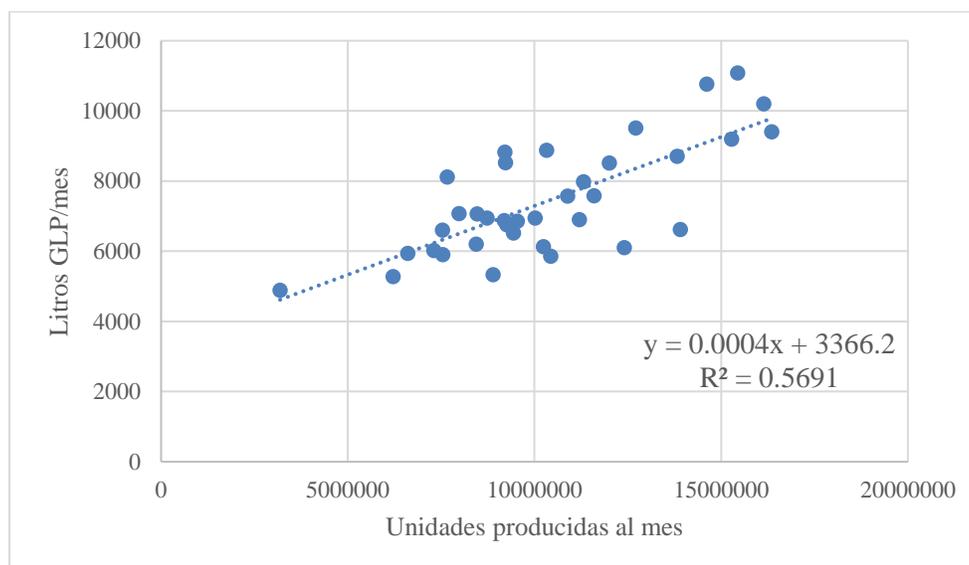


Línea Base Energética para el Consumo de Gas Licuado de Petróleo

En cuanto al GLP, sólo se plantea un indicador de desempeño energético, por lo que corresponde su línea base energética que contempla los Litros de GLP consumidos al mes y las unidades procesadas durante el mes como se muestra en la figura 20.

Figura 20

Línea Base para Indicador Litros GLP/Unidades Procesadas

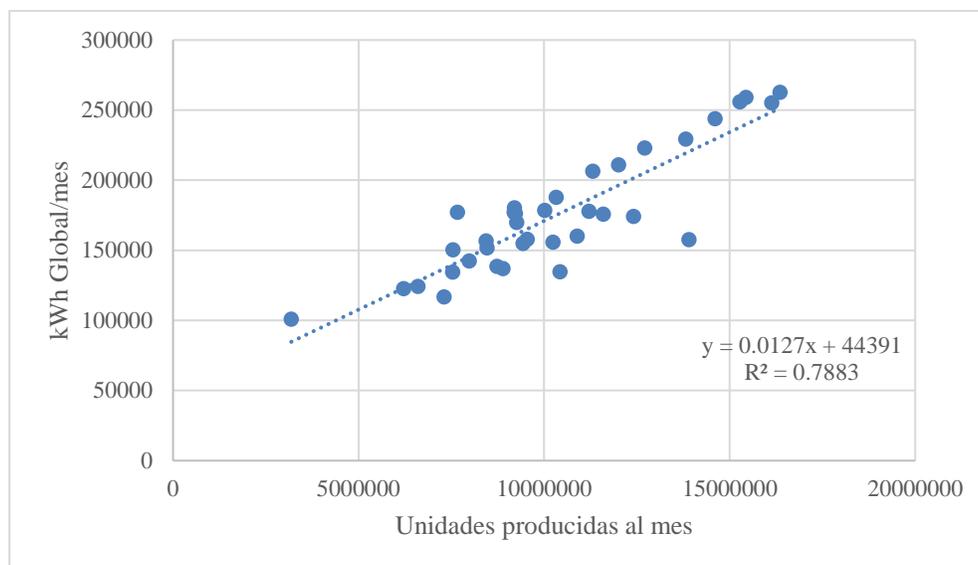


Línea Base Energética Total

El indicador global basado en la productividad contempla la energía total, de manera que su línea base de la figura 21 corresponde a la energía total en kWh con respecto a las unidades producidas al mes.

Figura 21

Línea Base para Indicador Energía Global kWh/Unidades Procesadas



Capítulo VI. Plan Piloto de Monitoreo en Tiempo Real de Consumo y Demanda de Energía

Eléctrica

En este capítulo se desarrolla el prototipo de medición de datos en tiempo real de consumo y demanda de energía eléctrica para el equipo de mayor uso significativo obtenido en el balance energético realizado en el capítulo uno.

El plan piloto consta de un sensor de corriente alterna que envía la señal a un Arduino UNO el cual procesa los datos y los almacena en una base de datos generada en Microsoft Excel para visualizar esos datos y el gráfico en tiempo real. Igualmente, se pueden guardar los datos para análisis más detallados.

Descripción del Prototipo

El prototipo se plantea para ser desarrollado en varias etapas, en este proyecto se desarrolla el funcionamiento general y se determina en la etapa cinco algunas mejoras para ser desarrolladas a futuro.

Las etapas se describen a continuación, junto con los resultados obtenidos en cada una y el proceso para obtenerlos.

Etapas 1

Como primera instancia se debe instalar el circuito eléctrico en una Protoboard que permita cuantificar la corriente eléctrica, para ello, se definen los componentes eléctricos necesarios mostrados en la tabla 21.

Tabla 21*Componentes Electrónicos Utilizados*

Componente electrónico	Cantidad	Funcionalidad
Protoboard	1	Insertar componentes electrónicos y cables para crear un circuito eléctrico
Cables	11	Crear una conexión entre los componentes electrónicos en la protoboard.
Resistencias eléctricas	3	Protección de los componentes electrónicos.
Condensador	1	Junto con un divisor de tensión se crea un circuito offset.
Sensor de corriente alterna SCT-013	1	Medir corriente alterna de forma no invasiva.

Como parte de los componentes electrónicos, se deben calcular las resistencias eléctricas adecuadas. La resistencia de carga del sensor SCT-013 debe permitir leer el voltaje de la corriente que pasa por el sensor. Para conseguir la máxima resolución posible se debe conocer la potencia aproximada del equipo que se va a instalar, es decir, un compresor de aire, que, como se menciona en el capítulo 1, se tiene una potencia aproximada de 50 Hp, es decir, 3728.5 W (3.7285 kW). A un voltaje de 208V, suponiendo un factor de potencia de 0.9.

Se calcula la corriente aproximada que se va a medir con la siguiente ecuación:

$$P_{\text{Trifásica}} = \sqrt{3} V_L I_{L \text{ RMS}} F_p$$

Despejando la corriente, se tiene:

$$I_{\text{RMS}} = \frac{P}{V_L \cdot \sqrt{3} \cdot F_p}$$

Con los datos del proyecto, se calcula la corriente RMS aproximada que se va a medir:

$$I_{RMS} = \frac{3728.5}{208 * \sqrt{3} * 0.9}$$

$$I_{RMS} = 11.5 \text{ A}$$

Después, se necesita convertir la corriente máxima eficaz en corriente pico, con las siguientes ecuaciones.

$$I_{RMS} = \frac{I_{pico}}{\sqrt{2}}$$

$$I_{pico} = I_{RMS} * \sqrt{2}$$

$$I_{pico} = 16.3 \text{ A.}$$

El sensor de corriente actúa como un transformador, de manera que se debe conocer la corriente pico del devanado secundario, con la relación de transformación y sabiendo que, según los datos del sensor, se tiene 2000 vueltas en el devanado secundario y 1 vuelta en el devanado primario que es el cable que se va a medir donde se tiene la siguiente ecuación.

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

Despejando la ecuación, se tiene.

$$I_s = \frac{N_p * I_p}{N_s}$$

$$I_s = \frac{1 * 16.3}{2000}$$

$$I_s = 0.00813 \text{ A}$$

Con ello, se maximiza la resolución con el máximo valor de la entrada analógica, la referencia interna del Arduino UNO tiene un voltaje máximo que se puede medir en una entrada analógica de 5V, usando la ley de ohm, pero dividido entre 2 para tener un voltaje entre -2.5V y 2.5V, ya que en este punto todavía se tiene una onda sinusoidal que varía de positivo a negativo.

Con la Ley de Ohm se tiene la resistencia de carga.

$$R_{\text{carga}} = \frac{\frac{V_{\text{ref}}}{2}}{I_{\text{pico}}}$$

$$R_{\text{carga}} = \frac{\frac{5}{2}}{0.00813}$$

$$R_{\text{carga}} = 307.5 \Omega$$

Se debe definir una resistencia que se consiga en el mercado, o conseguir el valor con resistencias en serie, o bien, utilizar un potenciómetro como resistencia variable, en este proyecto se utiliza un potenciómetro, para que sea más sencillo de ajustar para medir otros equipos a futuro. Las resistencias para realizar el circuito offset con el condensador de 10 μF son de 10 $\text{k}\Omega$.

El sensor se debe adaptar para tener los dos cables por separado porque tiene un conector de audio conocido como Jack, se puede adaptar con una Jack hembra, o bien, cortar el cable para separar los cables, que fue el caso de este proyecto, tal como se muestra en la figura 22.

Figura 22

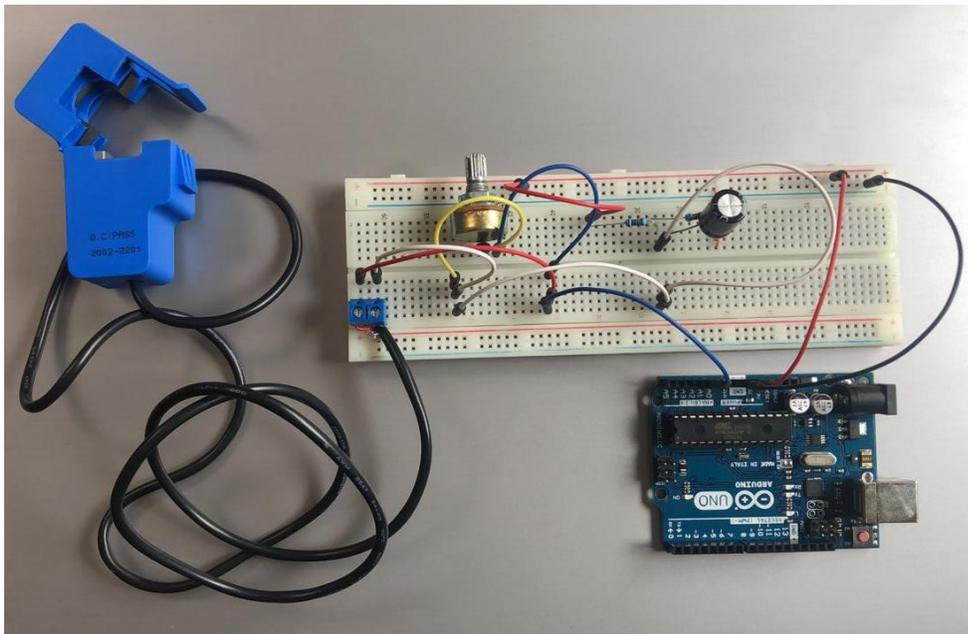
Adaptación de la Conexión del Sensor



Finalmente, se instala el circuito como se muestra en la figura 23 de manera que permite obtener la corriente eléctrica con un método no invasivo por el sensor de corriente utilizado, siendo así más fácil de manipular para las mediciones al no tener que desconectar el cable de corriente.

Figura 23

Circuito Eléctrico del Prototipo en Etapa Uno



Etapa 2

Se debe realizar el código en el software de Arduino en la computadora para obtener los datos de corriente eléctrica y calcular la potencia eléctrica en kW mediante la fórmula de potencia trifásica, definiendo un valor de voltaje y un factor de potencia fija. Es decir, en esta etapa, solamente se obtiene corriente eléctrica, y se define un valor fijo de voltaje en el código.

Los datos serán visualizados mediante el monitor serie de Arduino, donde únicamente se pueden ver los datos que se van obteniendo.

Los elementos que se utilizan en esta etapa se encuentran en la tabla 22.

Tabla 22*Elementos Utilizados en Etapa Dos*

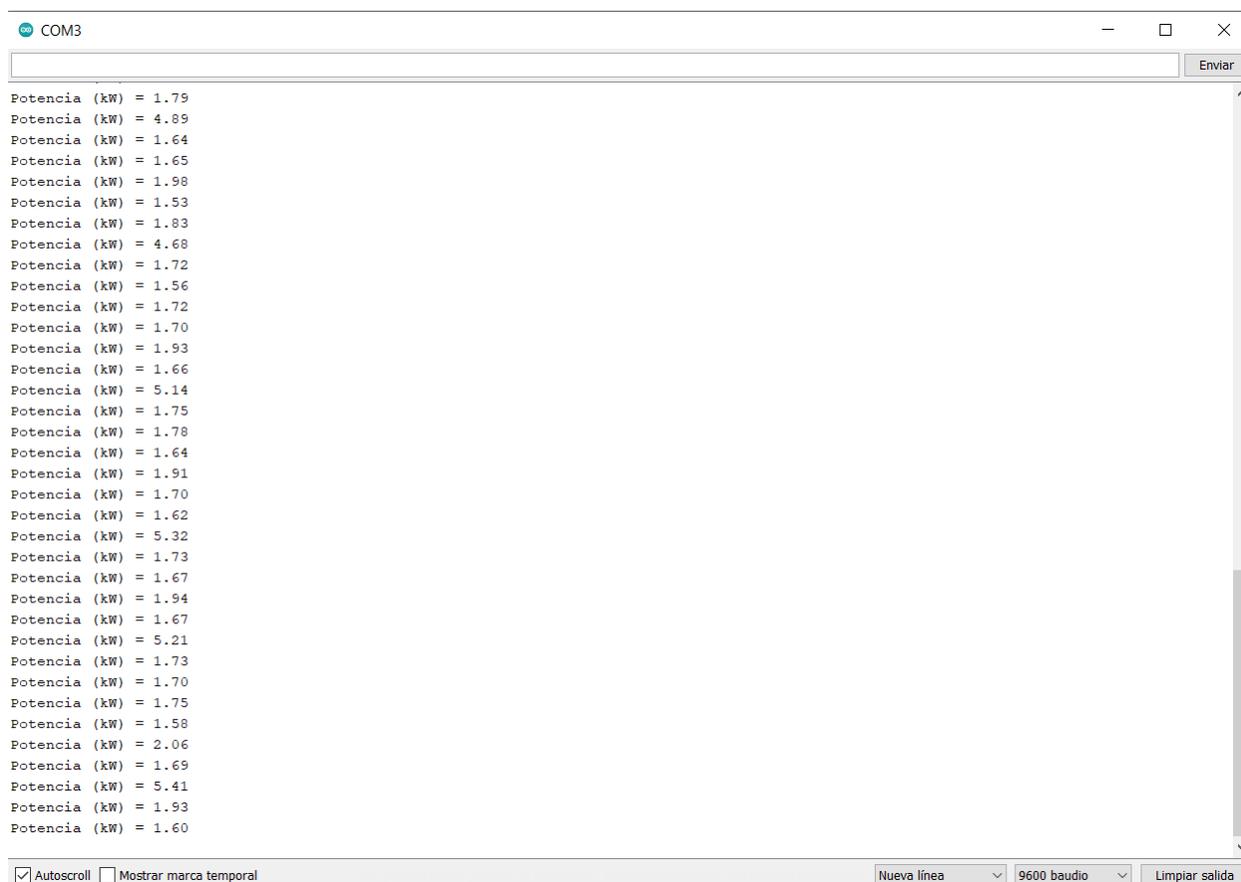
Elementos utilizados	Cantidad	Funcionalidad
Arduino UNO	1	Procesar los datos
Cable Ethernet	1	Conectar el Arduino UNO a la computadora
Computadora	1	Con el software de Arduino se programa el código para recolección de datos

El código de Arduino se muestra en el Apéndice G, lo que realiza el código es recibir los datos de corriente mediante una librería Emonlib, se define un voltaje constante de 208V.

Con una prueba práctica utilizando un amperímetro de pinza, se debe colocar un factor de calibración para ajustar la medida del amperímetro con la que muestra el sensor, así se verifican los datos obtenidos y se calcula la potencia para poder visualizar el dato de potencia en el monitor serie del software de Arduino como se muestra en la figura 24.

Figura 24

Datos de Potencia en Monitor Serie de Arduino



```
COM3
Potencia (kW) = 1.79
Potencia (kW) = 4.89
Potencia (kW) = 1.64
Potencia (kW) = 1.65
Potencia (kW) = 1.98
Potencia (kW) = 1.53
Potencia (kW) = 1.83
Potencia (kW) = 4.68
Potencia (kW) = 1.72
Potencia (kW) = 1.56
Potencia (kW) = 1.72
Potencia (kW) = 1.70
Potencia (kW) = 1.93
Potencia (kW) = 1.66
Potencia (kW) = 5.14
Potencia (kW) = 1.75
Potencia (kW) = 1.78
Potencia (kW) = 1.64
Potencia (kW) = 1.91
Potencia (kW) = 1.70
Potencia (kW) = 1.62
Potencia (kW) = 5.32
Potencia (kW) = 1.73
Potencia (kW) = 1.67
Potencia (kW) = 1.94
Potencia (kW) = 1.67
Potencia (kW) = 5.21
Potencia (kW) = 1.73
Potencia (kW) = 1.70
Potencia (kW) = 1.75
Potencia (kW) = 1.58
Potencia (kW) = 2.06
Potencia (kW) = 1.69
Potencia (kW) = 5.41
Potencia (kW) = 1.93
Potencia (kW) = 1.60
```

Etapa 3

En esta etapa se procede a la visualización en tiempo real mediante un gráfico en Microsoft Excel, la comunicación se da por medio del complemento de Excel llamado Transmisor de Datos que permite una conexión con Arduino UNO en el puerto seleccionado.

Al tener la comunicación se genera una base de datos que va almacenando todas las mediciones, se realizan aproximadamente 4 mediciones por segundo, se tiene la opción de guardar todos los datos y se configura para mostrarlos en tiempo real por medio de un gráfico como se muestra en la figura 25. La escala del eje vertical del gráfico se adapta automáticamente según sea

el pico de potencia, es decir, si se manejan potencias bajas se maneja una escala pequeña para visualizar los picos pequeños, y si se registra un pico mayor, la escala se reajusta para poder visualizar todas las mediciones.

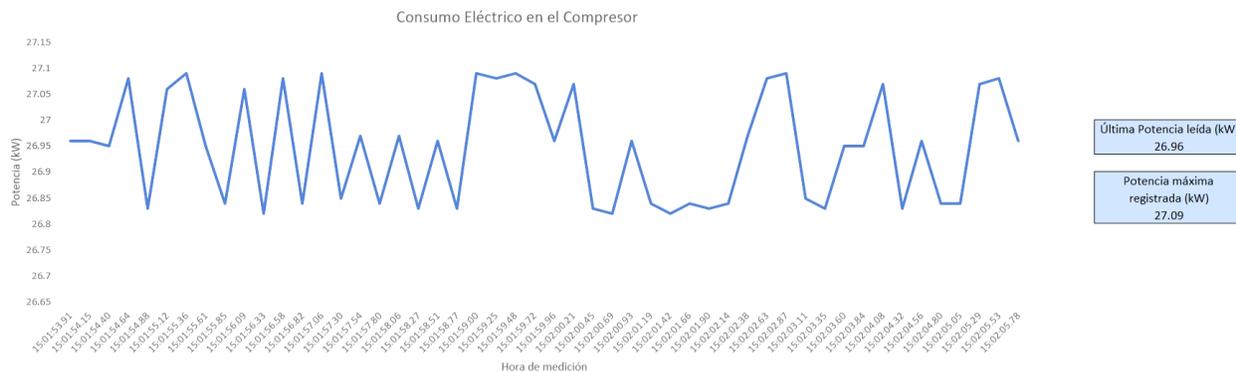
Igualmente, se habilita una casilla donde se observa la última potencia registrada en kW para observarlo de manera numérica y el gráfico para observar la tendencia en tiempo real.

El eje horizontal es la hora que se realiza la medición para visualizarlo en el tiempo. El número de muestras en el gráfico se puede adaptar, pero para una ayuda visual en el proyecto se selecciona cincuenta datos que se van actualizando en tiempo real, pero de ser necesario, se habilita en el Excel la cantidad de datos que se deseen.

Finalmente, otro dato de interés es la casilla que muestra la potencia máxima registrada en kW, lo que permite observar cuál es la potencia más alta que alcanzó el compresor en el periodo de medición.

Figura 25

Gráfico de Consumo Eléctrico en Tiempo Real

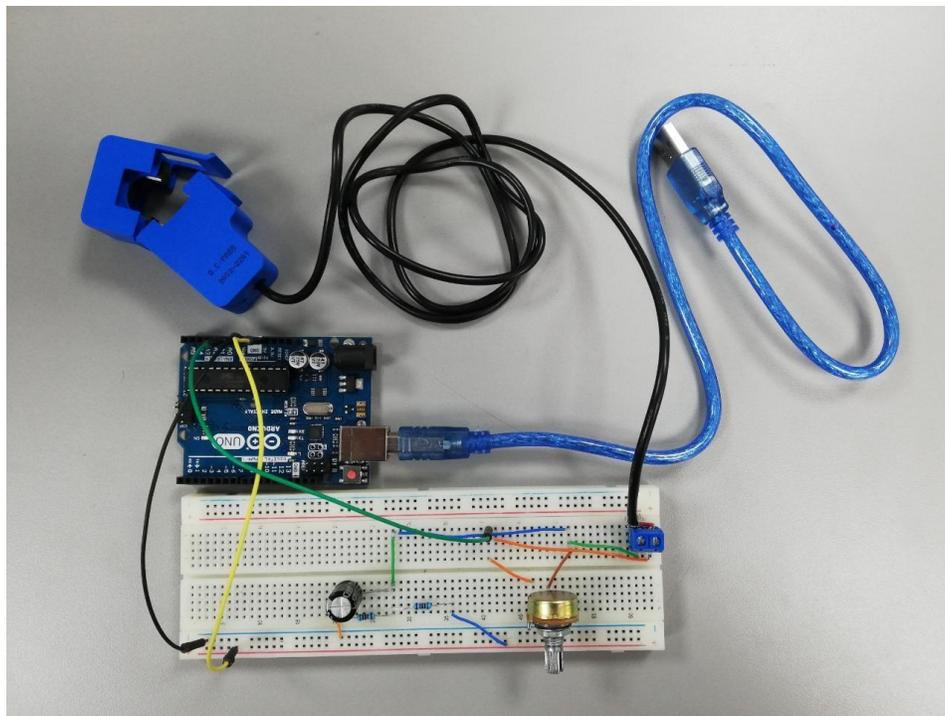


Etapa 4

En esta etapa se mejora el prototipo a nivel estético, para ello, en la figura 26 se muestra la adaptación del cableado del circuito y los componentes electrónicos para que se observe de manera más plana, eliminando así los trozos de cable que no se utilizan, igualmente en la altura de los componentes electrónicos.

Figura 26

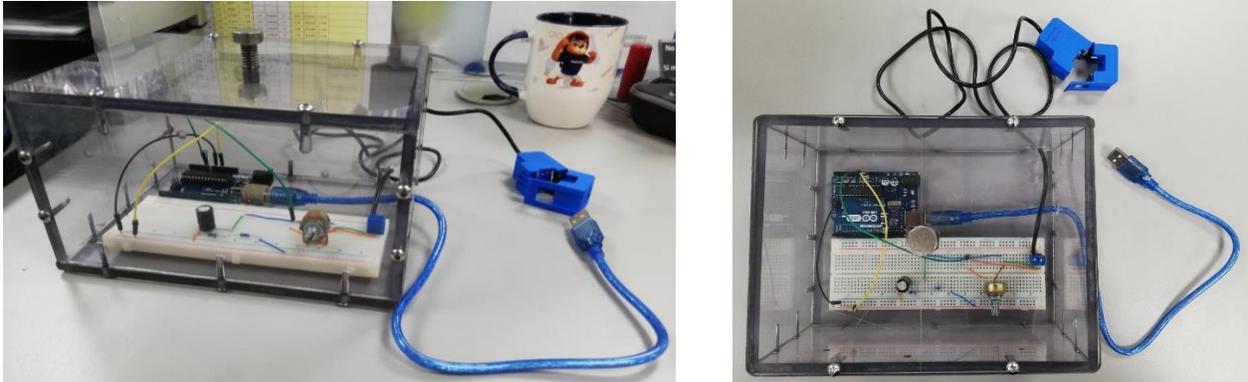
Mejoramiento Estético en Circuito Eléctrico



Finalmente, para protección de los componentes, facilidad de traslado al lugar de medición y agregar valor estético al prototipo, se diseña una carcasa en acrílico de 5mm donde se coloca por dentro el circuito de la protoboard y el Arduino UNO, además, se habilitan dos agujeros, uno para la salida de cable Ethernet hacia la computadora y otro para la salida del cable del sensor de corriente. Como diseño final se muestra la figura 27.

Figura 27

Diseño del Prototipo



Etapa 5

Esta etapa define mejoras a futuro, porque como plan piloto se pretende generar una muestra, pero se puede mejorar y perfeccionar en el tiempo, tanto en funcionamiento como en estética del producto final. Para eso, se muestran las metas de mejora.

Medir Voltaje en Tiempo Real. Al poder medir el voltaje en tiempo real permite afinar más el cálculo porque como se sabe, el voltaje no es constante, de manera que se podría considerar la variación en el tiempo, y así mismo, obtener en tiempo real el factor de potencia, teniendo así todas las variables y un dato más preciso.

Conexión de Arduino UNO a Ethernet. Esta meta independiza el procesamiento de datos a una computadora, lo que permite instalar el equipo de medición con mayor facilidad, y así observar los datos desde cualquier dispositivo.

Alimentación de Arduino UNO con Baterías. Al separar la conexión con la computadora, se necesitan opciones para alimentar el Arduino UNO, podría ser desde la red eléctrica, o bien, para tener el dispositivo inalámbrico se plantea la alimentación con baterías.

Página WEB para Visualización de Datos. Por medio del internet de las cosas, se puede optar por visualizar el gráfico en tiempo real desde donde las personas se encuentren con sólo visitar una página web, y mejorar, no únicamente en cuanto a gráficos, sino en que las personas que tengan acceso puedan observar tendencias, registros, entre otra información de interés.

Conexión de Más Equipos. Se espera monitorear la mayor cantidad de equipos posible, por ello, esta meta se enfoca en poder conectar otros sensores que permitan ampliar el monitoreo para distintos equipos desde un mismo software o página web.

Datos Obtenidos del Compresor

Se instala el prototipo al compresor como equipo de mayor consumo identificado en el balance energético. Se realizaron varias pruebas en distintos días, en operación normal, para obtener la potencia máxima en cada uno. El compresor instalado es de velocidad fija, por lo tanto, es de esperar tener un consumo similar en cada prueba.

En la tabla 23 se muestra la potencia máxima registrada en cada prueba realizada, donde la potencia mayor entre ellos es de 27.22 kW. Los datos igualmente se visualizan en tiempo real.

Tabla 23

Potencias Máximas Registradas por el Prototipo

Número de prueba	Potencia máxima (kW)
1	27.17
2	27.21
3	27.22
4	27.20
5	27.18

Capítulo VII. Cuadro de Mando Integral

El cuadro de mando integral creado por Kaplan y Norton (1997) establece un sistema de evaluación del desempeño de una empresa, ya que considera indicadores tanto financieros como operacionales desde la perspectiva financiera, perspectiva del cliente, perspectiva de procesos internos y la perspectiva de aprendizaje y crecimiento.

En este capítulo se establece un Cuadro de Mando Integral que refleja el impacto en la rentabilidad del negocio considerando el Modelo de Gestión de Energía planteado, ya que las metas estratégicas propuestas influyen en el desempeño energético, sea desde el punto de vista de consumo energético o desde el punto de vista de productividad, sin perder de vista las cuatro perspectivas mencionadas.

Se establecen dos indicadores para cada perspectiva bajo una meta estratégica, además, se presenta el indicador con un código para mayor facilidad, se define el periodo de medición, así como la fuente de información y a quién se le delega la responsabilidad del cumplimiento de la meta estratégica.

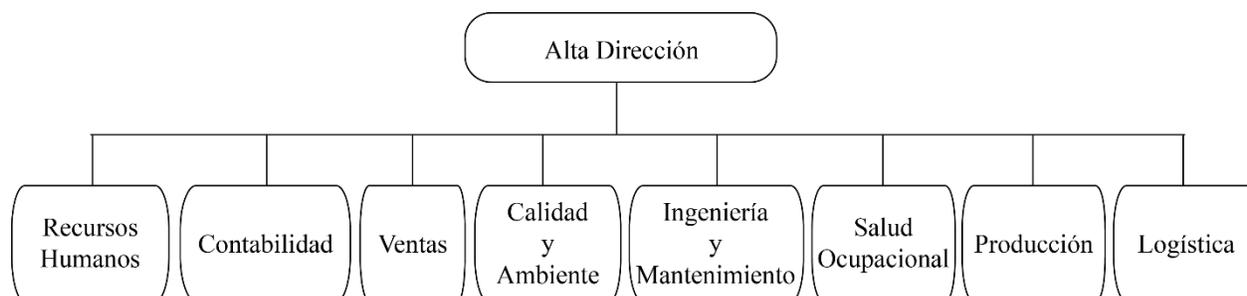
También se muestra la fórmula a utilizar para cuantificar los resultados, teniendo así un dato para valorarlos sobre tres medidas de referencia, alto, medio o bajo.

Como parte del modelo de gestión de energía se debe establecer el compromiso por los altos cargos, el cual requiere demostrar liderazgo y compromiso para la mejora continua del desempeño energético, por lo tanto, se conforma un comité de la gestión energética encargado de cumplir el SGen, de manera que, en la figura 28 se muestra la estructura organizacional propuesta donde la Alta Dirección será el líder, apoyado por Recursos Humanos, Contabilidad, Ventas, Control de Calidad y Ambiente, Ingeniería y Mantenimiento, Salud Ocupacional, Producción y Logística. Este

comité es el responsable de desarrollar la política energética, la cual se puede consultar en el Apéndice A.

Figura 28

Estructura Organizacional del Comité de la Gestión Energética



Perspectiva del Cliente

Se establece como meta estratégica aumentar la satisfacción del cliente mediante dos indicadores.

Disponibilidad de Producto (1C)

Este indicador permite conocer las unidades finales producidas por mes y así manejar una proyección de disponibilidad para disminuir los tiempos de entrega a los clientes, ya que se contempla las unidades que se deben procesar según los pedidos, y las unidades procesadas finales, lo que permite controlar si se produce justo lo que se quiere o no se llega a la meta, o si por el contrario se logra mayor producción y así tener un almacenamiento de producto que permita solventar algún problema que se presente en producción y no se pueda producir, lo que afectaría al cliente en su entrega. Al tener un almacenamiento de producto terminado se garantiza una entrega al cliente.

El periodo de medición es mensual y la fuente es el departamento de producción porque son los que llevan el registro y colocan las metas de producción diarias según la cantidad de pedidos

registrados por el departamento de ventas, por eso se delega este último como responsable de cumplir con la entrega del producto al cliente y manejar una proyección de sobreproducción para asegurarle al cliente su entrega en caso de algún problema en planta.

La fórmula para cuantificar este indicador es

$$\text{Efectividad de producción} = \frac{\text{Unidades procesadas al mes}}{\text{Unidades de pedidos mensuales}} * 100$$

Se establece un 100% como referencia de producir justo lo que se requiere al mes, por ello, el rango de valoración es Alto si es mayor al 120%, Medio si es entre 120% y 100%, y Bajo si es menor a 100%.

Costo Por Unidad (2C)

Al conocer el costo de producción de una pila permite gestionar la venta a un precio razonable, lo que podría beneficiar al cliente en una disminución de costo, asegurando el beneficio de la empresa.

El modelo planteado permite conocer el costo económico en energía al producir una pila, a este valor se deben sumar otros aspectos relacionados.

El periodo de medición se realiza anual para obtener una valoración completa de costo, producción y ganancias. La fuente de información es el comité para la gestión energética para brindar los costos asociados al pago por energía en la producción unitaria, y se delega como responsable al departamento de ventas, ya que son los encargados de valorar todos los aspectos necesarios y proponer un precio de venta que beneficie al cliente y a la empresa.

La fórmula para utilizar es

$$\text{Efectividad en costo} = \frac{\text{Costo unitario anterior}}{\text{Costo unitario nuevo}} * 100$$

El 100% considera que el costo no cambió, de manera que no hay un beneficio al cliente, con ello el rango de valoración es Alto si es mayor al 100%, Medio si es 100% y Bajo si es menor

a 100%. Es decir, si es mayor a 100% hay un beneficio sobre el costo, ya que el costo nuevo es menor al costo anterior, lo que permite un reajuste en el precio de venta en beneficio al cliente.

Perspectiva Financiera

Se establece como meta estratégica reducir la facturación eléctrica de la empresa en al menos un 30% mediante dos indicadores.

Reducción de Factura Eléctrica por Cambio de Modelo de Tarifa Eléctrica (IFI)

Este indicador asegura una disminución en la tarifa eléctrica con solo el cambio de modelo tarifario, ya que la ARESEP emitió la resolución ET-076-2018 que incluye nuevamente la tarifa T-MTb donde excluye de la condición de consumo mínimo de potencia y energía a los clientes que demuestren cumplir con la certificación ISO 50001- Sistema de Gestión Energética y que hayan realizado acciones de eficiencia energética. De manera que al obtener la certificación ISO 50001:2018 permite cambio de modelo tarifario T-MT a T-MTb.

El periodo de medición es anual por el proceso de certificación y auditorías anuales, la fuente de información es INTECO como ente regulador y CNFL como compañía eléctrica, y el responsable de desarrollar el proceso de certificación con todos sus requerimientos es el comité para la gestión energética.

La fórmula para utilizar toma como referencia la facturación promedio con la tarifa T-MT y la facturación nueva con la tarifa T-MTb, de manera porcentual para conocer el porcentaje de ahorro.

$$\text{Ahorro en facturación} = \frac{\text{Fact. promedio} - \text{Fact. nueva}}{\text{Fact. promedio}} * 100$$

Teniendo así un rango Alto si es mayor o igual a 25%, Medio si está entre 20% y 25%, y Bajo si es menor a 20%.

Como una proyección de ahorro económico con el cambio de tarifa, se presenta una comparación basada en el consumo promedio del 2020 con la tarifa T-MT y T-MTb demostrando un 25.42% en la disminución de la facturación eléctrica si estuviese en T-MTb, la tabla 24 muestra el detalle de facturación para ambos casos según la potencia y la energía promedio registrada, lo que garantiza una reducción muy significativa para la empresa sin realizar ninguna intervención en el consumo energético de ₡62,333,407.32 anuales.

Tabla 24

Comparación económica entre T-MT y T-MTb

Modelo Tarifario	Costo por Energía	Costo por Consumo	Alumbrado Público	Impuesto de Bomberos	Subtotal a Pagar	Impuesto de Ventas(IVA)	Total a Pagar
T-MT	₡6,767,128.63	₡11,164,452.24	₡168,500.00	₡1,159.82	₡18,101,240.69	₡2,331,105.51	₡20,432,346.21
T-MTb	₡9,986,755.15	₡3,347,478.45	₡168,500.00	₡1,711.63	₡13,504,445.23	₡1,733,450.37	₡15,237,895.60
						Ahorro Mensual	₡5,194,450.61
						Ahorro Anual	₡62,333,407.32
						Ahorro Porcentual	25.42%

Proyectos de Ahorro Energético (2FI)

Este indicador mide la cantidad de proyectos de ahorro energético que se implementen durante un año que es el periodo de medición, la fuente de información es el comité para la gestión energética, ya que son los que deben llevar los registros y el departamento encargado es el de Administración de Mantenimiento e Ingeniería, ya que son los responsables de plantear, organizar y ejecutar los proyectos de ahorro de energía.

La forma de cuantificar los resultados es de manera directa a la cantidad de proyectos, de este modo se plantea un rango de Alto si son tres o más proyectos, Medio si son uno o dos proyectos, y Bajo si no se da ningún proyecto, es decir, cero.

Perspectiva del Aprendizaje y Crecimiento

Se establece como meta estratégica crear una cultura de gestión energética mediante dos indicadores.

Capacitaciones a los Colaboradores (IAC)

Este indicador permite planificar y cuantificar la cantidad de capacitaciones para enseñar y motivar a los colaboradores de la empresa a tener acciones de ahorro energético, ya sea de forma general, de equipos o sistemas específicos de consumo energético.

El periodo de medición es semestral, y como fuente de información es el registro de cantidad de capacitaciones dadas. El responsable de planear y organizar las capacitaciones es el comité para la gestión energética, la manera de cuantificarlo es unitario a la cantidad de capacitaciones, de modo que el rango es Alto si durante el semestre se dan tres o más capacitaciones, Medio si se dan una o dos, y Bajo si no se da ninguna capacitación.

Monitoreo de Consumo Eléctrico (2AC)

Este indicador brinda información de cuánto se consume en electricidad en cada departamento, proceso o equipo para generar conciencia en el uso racional y eficiente de la energía.

El periodo de medición es anual, aunque diariamente se obtiene información del consumo, pero el periodo de medición va enfocado en la cantidad de medidores instalados ya sea por zonas o equipos, por lo que la fuente de información es el registro de medidores eléctricos instalados.

El responsable de llevar a cabo el proceso es el comité para la gestión energética. La manera de cuantificar los resultados es unitaria a la cantidad de medidores eléctricos instalados, con ello se establece el rango Alto si se instalan cinco o más medidores eléctricos al año, Medio si se instalan entre cinco y uno, y Bajo si no se instala ninguno, es decir, cero.

Perspectiva de los Procesos Internos

Se establece como meta estratégica la optimización de recursos y uso eficiente de los procesos mediante dos indicadores.

Mantenimiento Preventivo/Predictivo (IPI)

Este indicador es indispensable en las industrias porque contribuye en la reducción de paros no programados, manteniendo así la producción y el correcto funcionamiento de los equipos prediciendo daños futuros para disminuir el mantenimiento correctivo.

El periodo de medición es mensual para llevar un mayor control, teniendo como fuente de información las horas planificadas al mantenimiento preventivo/predictivo.

El responsable de generar un programa y una gestión adecuada es el departamento de Administración de Mantenimiento e Ingeniería.

La fórmula para cuantificar este resultado es

$$PM - PMd = \frac{\text{Horas mantenimiento preventivo/predictivo}}{\text{Horas totales de mantenimiento}} * 100$$

Donde PM son horas dedicadas de Mantenimiento Preventivo y PMd son las horas dedicadas a Mantenimiento Predictivo. Teniendo así un rango que es Alto si es igual o mayor a 70%, Medio si es entre 70% y 50%, y Bajo si es menor a 50%.

Evaluaciones Energéticas

Este indicador permite disminuir pérdidas de energía, cumplimiento del código eléctrico, condición de los equipos eléctricos, entre otros. Se deben planificar evaluaciones a distintos sistemas, zonas, equipos, por ello el periodo de medición es mensual para un mayor control.

La fuente de información es el registro del número de evaluaciones realizadas, siendo el responsable el departamento de Administración de Mantenimiento e Ingeniería.

La manera de cuantificarlo es directa al número de evaluaciones, o la cantidad de evaluaciones realizadas, de esta manera se mantiene en el rango Alto si se dan cuatro o más evaluaciones mensuales, Medio si se dan entre tres y una, y Bajo si no se da ninguna evaluación.

Cuadro de Mando Integral Propuesto

Resumiendo lo anterior, en la tabla 25 se muestra el Cuadro de Mando Integral propuesto para Panasonic Centroamericana S.A. Costa Rica.

Tabla 25

Cuadro de Mando Integral Propuesto

Perspectiva	Meta Estratégica	Indicador		Código	Periodo de medición	Fuente de Información	Responsable	Fórmula	Unidades	Rango		
		Nombre	Descripción							Alto	Medio	Bajo
Cliente	Aumentar la satisfacción del cliente	Disponibilidad de producto	Permite conocer las unidades finales producidas por mes y así manejar una proyección de disponibilidad para disminuir los tiempos de entrega a los clientes.	1C	Mensual	Departamento de producción	Departamento de Ventas	$Efectividad\ de\ producción = \frac{Unidades\ procesadas\ al\ mes}{Unidades\ de\ pedidos\ mensuales} * 100$	Porcentaje	≥120 %	<120 % y ≥100 %	<100%
		Costo por unidad	Al conocer el costo de producción de una pila permite gestionar la venta a un precio razonable	2C	Anual	Comité para la gestión energética	Departamento de Ventas	$Efectividad\ en\ costo = \frac{Costo\ unitario\ anterior}{Costo\ unitario\ nuevo} * 100$	Porcentaje	>100 %	100%	<100%
Financiera	Reducir la facturación eléctrica de la empresa en al menos un 30%	Reducción de factura eléctrica por cambio de Modelo de Tarifa Eléctrica	Al obtener la certificación ISO 50001:2018 permite cambio de modelo tarifario T-MT a T-MTb	1FI	Anual	INTECO como ente regulador y CNFL como compañía eléctrica	Comité para la gestión energética	$Ahorro\ en\ facturación = \frac{Fact.promedio - Fact.nueva}{Fact.promedio} * 100$	Porcentaje	≥25%	<25% y ≥20%	<20%
		Proyectos de ahorro energético	Cantidad de proyectos de ahorro energético que se implementen	2FI	Anual	Comité para la gestión energética	Departamento de Administración de mantenimiento e ingeniería	Cantidad de proyectos	Unidad	≥3	<3 y ≥1	0
Aprendizaje y crecimiento	Crear una cultura de gestión energética	Capacitaciones a los colaboradores	Permite planificar la cantidad de capacitaciones para motivar a los colaboradores de la empresa a tener acciones de ahorro energético	1AC	Semestral	Registro de cantidad de capacitaciones dadas	Comité para la gestión energética	Cantidad de capacitaciones	Unidad	≥3	<3 y ≥1	0
		Monitoreo de consumo eléctrico	Brinda información de cuánto se consume en electricidad en cada departamento, proceso o equipo para generar conciencia en el uso racional y eficiente de la energía	2AC	Anual	Registro de medidores eléctricos	Comité para la gestión energética	Cantidad de medidores de energía instalados	Unidad	≥5	<5 y ≥1	0
Procesos Internos	Optimización de recursos y uso eficiente de los procesos	Mantenimiento preventivo/predictivo	Contribuye en la reducción de paros no programados.	1PI	Mensual	Horas planificadas al mantenimiento preventivo/predictivo	Departamento de Administración de mantenimiento e ingeniería	$PM - PMd = \frac{Horas\ mantenimiento\ preventivo/predictivo}{Horas\ totales\ de\ mantenimiento} * 100$	Porcentaje	≥70%	<70% y ≥50%	<50%
		Evaluaciones energéticas	Permite disminuir pérdidas de energía, cumplimiento del código eléctrico, condición de los equipos eléctricos, entre otros.	2PI	Mensual	Número de evaluaciones	Departamento de Administración de mantenimiento e ingeniería	Cantidad de evaluaciones	Unidad	≥4	<4 y ≥1	0

Capítulo VIII. Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- Se determinó el uso de la energía por zonas que incluye el área de electrólisis, edificio administrativo, sector de mezcla, componentes, envoltura, envase-fundición, ensamble, PVC-PY y área de compresores, siendo esta última la de mayor consumo con un 39% de consumo de la energía eléctrica total. Con respecto a los equipos, se establece como uso de la energía los platos giratorios, bandas transportadoras, aires acondicionados, compresores y máquinas accionadas por motores, donde el último uso tiene un consumo del 45% de la energía total. Además, por medio de los diagramas de Pareto realizados, se consideran como usos significativos de la energía los cuatros compresores, la inyectora UM-1 y la inyectora UM-3. Finalmente, se considera el aire acondicionado como uso de la energía ya que consume un 10% de la energía eléctrica y el horno de fundición que consume cerca del 30% de la energía total.
- Considerando los usos significativos de la energía se establecieron indicadores de desempeño energético mensuales y anuales para los años 2018, 2019 y 2020, y se concluye que las variables consideradas sí afectan el desempeño energético al tener un criterio de confiabilidad mayor a 0.5 en todas las líneas de base energéticas establecidas por el método estadístico de regresión lineal.
- El plan piloto de monitoreo en tiempo real permitió la visualización de la potencia consumida por el compresor de aire con cuatro mediciones por segundo, de manera que, gráficamente se observó en tiempo real el comportamiento de la potencia consumida, igualmente se obtuvo la potencia máxima registrada en el periodo de medición, concluyendo así en la efectividad del prototipo desarrollado.

- Se estableció una meta estratégica para cada perspectiva y dos indicadores por meta estratégica enfocados en aumentar el desempeño energético, ya que el consumo energético, la producción y los colaboradores son variables que influyen y que son contempladas en el modelo de gestión de energía propuesto, de modo que el cuadro de mando integral genera un impacto en la rentabilidad de la empresa tanto financiero como operacional.

Recomendaciones

- Instalar medidores de energía eléctrica a los distintos equipos considerados como usos significativos de la energía y en las zonas de mayor consumo para monitorear el comportamiento de la demanda energética y así tomar decisiones basadas en datos, además, continuar con mediciones en tiempo real como el plan piloto desarrollado.
- Realizar evaluaciones energéticas a distintos equipos como motores eléctricos, compresores y aires acondicionados para identificar puntos de mejora en mantenimiento preventivo, incluyendo todas las partes mecánicas y eléctricas de los equipos.
- Establecer un calendario de actualizaciones mensuales para la revisión de indicadores energéticos y dar a conocer los resultados obtenidos en el desempeño energético comparándolos con la línea de base energética.
- Evaluar otras oportunidades de conservación de la energía con respecto a los usos significativos de la energía, por ejemplo, el cambio del refrigerante de los aires acondicionados a refrigerantes verdes, ya que el refrigerante más utilizado es el R410a que pertenece a los hidrofluorocarbonos (HFC) por lo que una oportunidad es reemplazarlo a refrigerantes verdes como el R290, se recomienda también revisar la

condición de los motores eléctricos para reemplazarlos por motores más eficientes, entre otras opciones que permita mejorar en eficiencia energética.

- Continuar con el proceso para la certificación de la ISO 50001:2018 que permita un cambio de modelo tarifario de T-MT a T-MTb para lograr un ahorro del 25% al 30% en la facturación eléctrica, lo que sería aproximadamente ¢62,333,407.32 anuales.

Capítulo IX. Referencias Bibliográficas

- ARESEP (2016) Supervisión de la comercialización del suministro eléctrico en baja y mediana tensión, San José.
- Badamasi, Y. A. (2014, September). The working principle of an Arduino. In 2014 11th international conference on electronics, computer and computation (ICECCO) (pp. 1-4). IEEE.
- Beisheim, B., Krämer, S., & Engell, S. (2020). Hierarchical aggregation of energy performance indicators in continuous production processes. *Applied Energy*, 264, 114709. <https://doi-org.ezproxy.itcr.ac.cr/10.1016/j.apenergy.2020.114709>
- Bergamini, R., Nguyen, T. V., Bellemo, L., & Elmegaard, B. (2020). Identification of optimal measurement points for energy monitoring of industrial processes: The case of milk powder production. *Journal of Cleaner Production*, 124634.
- Braglia, M., Castellano, D., Gabbrielli, R., & Marrazzini, L. (2020). Energy Cost Deployment (ECD): A novel lean approach to tackling energy losses. *Journal of Cleaner Production*, 246, 119056.
- Carbon Trust. (2020). Carbon Trust Conversion Factors.
- CNFL. (2020). *Términos eléctricos y de facturación generales*. San José, Costa Rica: Comisión Nacional de Fuerza y Luz.
- De Vita, F., Bruneo, D., & Das, S. K. (2020). On the use of a full stack hardware/software infrastructure for sensor data fusion and fault prediction in industry 4.0. *Pattern Recognition Letters*, 138, 30-37. <https://doi-org.ezproxy.itcr.ac.cr/10.1016/j.patrec.2020.06.028>
- Goh, T., & Ang, B. W. (2020). Four reasons why there is so much confusion about energy efficiency. *Energy Policy*, 146, 111832.

- INSTITUTO DE NORMAS TÉCNICAS DE COSTA RICA. (2018). *INTE/ISO 50001 Sistema de gestión de la energía-Requisitos con orientación para su uso*. San José: INTECO.
- INSTITUTO DE NORMAS TÉCNICAS DE COSTA RICA. (2018). *INTE/ISO 50002 Auditorías energéticas-Requisitos con orientación para su uso*. San José: INTECO.
- INSTITUTO DE NORMAS TÉCNICAS DE COSTA RICA. (2014). *INTE/ISO 50006 Measuring energy performance using energy baselines (EnB) and energy performance indicators (EnPI) -- General principles and guidance*. San José: INTECO.
- Kaplan R.; Norton, D. (2000) *The Strategy Focused Organizations*, HBS Press, Boston.
- Kondaveeti, H. K., Kumaravelu, N. K., Vanambathina, S. D., Mathe, S. E., & Vappangi, S. (2021). A systematic literature review on prototyping with Arduino: Applications, challenges, advantages, and limitations. *Computer Science Review*, 40, 100364. <https://doi-org.ezproxy.itcr.ac.cr/10.1016/j.cosrev.2021.100364>
- Mangla, S. K., Luthra, S., Jakhar, S., Gandhi, S., Muduli, K., & Kumar, A. (2020). A step to clean energy-Sustainability in energy system management in an emerging economy context. *Journal of Cleaner Production*, 242, 118462.
- McKane, A., Therkelsen, P., Scodel, A., Rao, P., Aghajanzadeh, A., Hirzel, S., ... & Matteini, M. (2017). Predicting the quantifiable impacts of ISO 50001 on climate change mitigation. *Energy policy*, 107, 278-288.
- Menghi, R., Papetti, A., Germani, M., & Marconi, M. (2019). Energy efficiency of manufacturing systems: A review of energy assessment methods and tools. *Journal of Cleaner Production*, 240, 118276. <https://doi-org.ezproxy.itcr.ac.cr/10.1016/j.jclepro.2019.118276>
- Ministerio de Ambiente y Energía. (2015). VII Plan Nacional de Energía 2015-2030. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD. San José, Costa Rica.

Panasonic. (2017). Panasonic. Obtenido de Panasonic anuncia su Visión Ambiental hacia el 2050:

<https://www.panasonic.com/mx/corporate/news/articles/panasonic-anuncia-su-vision-ambiental-hacia-el-2050.html#.X8CAnM1Ki1t>

Schulze, M., Nehler, H., Ottosson, M., & Thollander, P. (2016). Energy management in industry— a systematic review of previous findings and an integrative conceptual framework. *Journal of Cleaner Production*, *112*, 3692-3708.

Shrouf, F., & Miragliotta, G. (2015). Energy management based on Internet of Things: practices and framework for adoption in production management. *Journal of Cleaner Production*, *100*, 235-246.

Capítulo X. Apéndices

A. Política Energética

Política del Sistema Integrado de Gestión

Cumpliendo con los criterios de las normas:

INTE/ISO 50001

INTE/ISO 14001

INTE/ISO 9001

Panasonic Centroamericana S.A., dedicada a la producción de pilas zinc/carbón, empaque y despacho de pilas; se compromete ante la sociedad a realizar estas actividades cumpliendo las necesidades y expectativas de nuestros clientes, en armonía con el ambiente, reduciendo los impactos adversos a la salud humana y la naturaleza, y gestionando eficientemente el consumo energético.

Para alcanzar este compromiso:

- Apoyamos actividades de diseño que conlleven a la eficiencia energética y la disminución de nuestros impactos ambientales, adquiriendo productos y servicios que mejoren nuestro desempeño energético y ambiental, así como de la eliminación de peligros y riesgos para la Seguridad y Salud en el trabajo.
- Tenemos objetivos y metas ambientales, de calidad, y de eficiencia energética definidos siguiendo nuestras normas de conducta (los siete principios), cumplimiento de los requisitos legales aplicables, las regulaciones sobre sustancias químicas, así como otros requisitos que sean aplicables, para promover el bienestar de la humanidad, proteger el ambiente y además disponemos de toda la información y recursos necesarios para conseguir dichos objetivos y metas y cumplir con esta política.
- Nos comprometemos a la satisfacción de nuestros clientes a través de proporción productos y servicios conformes, manteniendo y mejorando continuamente nuestro sistema integrado de gestión, así como con la mejora de nuestro desempeño energético y ambiental, la calidad de las pilas zinc/carbón y la prevención de la contaminación, como también a la prevención de lesiones o enfermedades relacionadas al trabajo de nuestros colaboradores, proporcionándoles un lugar de trabajo seguro y saludable.
- Adquirimos el compromiso de medir nuestras emisiones, reducir y compensar la huella de carbono, para contribuir con nuestra sociedad.

INTE/ISO 9001

El alcance del Sistema Integrado de Gestión de **Panasonic Centroamericana S.A.** incluye todas las actividades, productos, servicios y personas para la producción de pilas secas zinc/carbón, empaque y despacho de pilas, como también todos los procesos de apoyo, en su única planta productiva ubicada en la Provincia de Alajuela, San Rafael, Costa Rica.

Se declara como **no aplicable el requisito 8.3 Diseño y Desarrollo** de los productos de la norma INTE/ISO 9001:2015, ya que **Panasonic Centroamericana S.A** no realiza el diseño de los productos, si no que los productos fabricados obedecen a especificaciones dadas por casa matriz.

B. Diagramas de Proceso Productivo por Zonas y Equipos

Figura 29

Flujo Productivo de la Zona Envase-Fundición

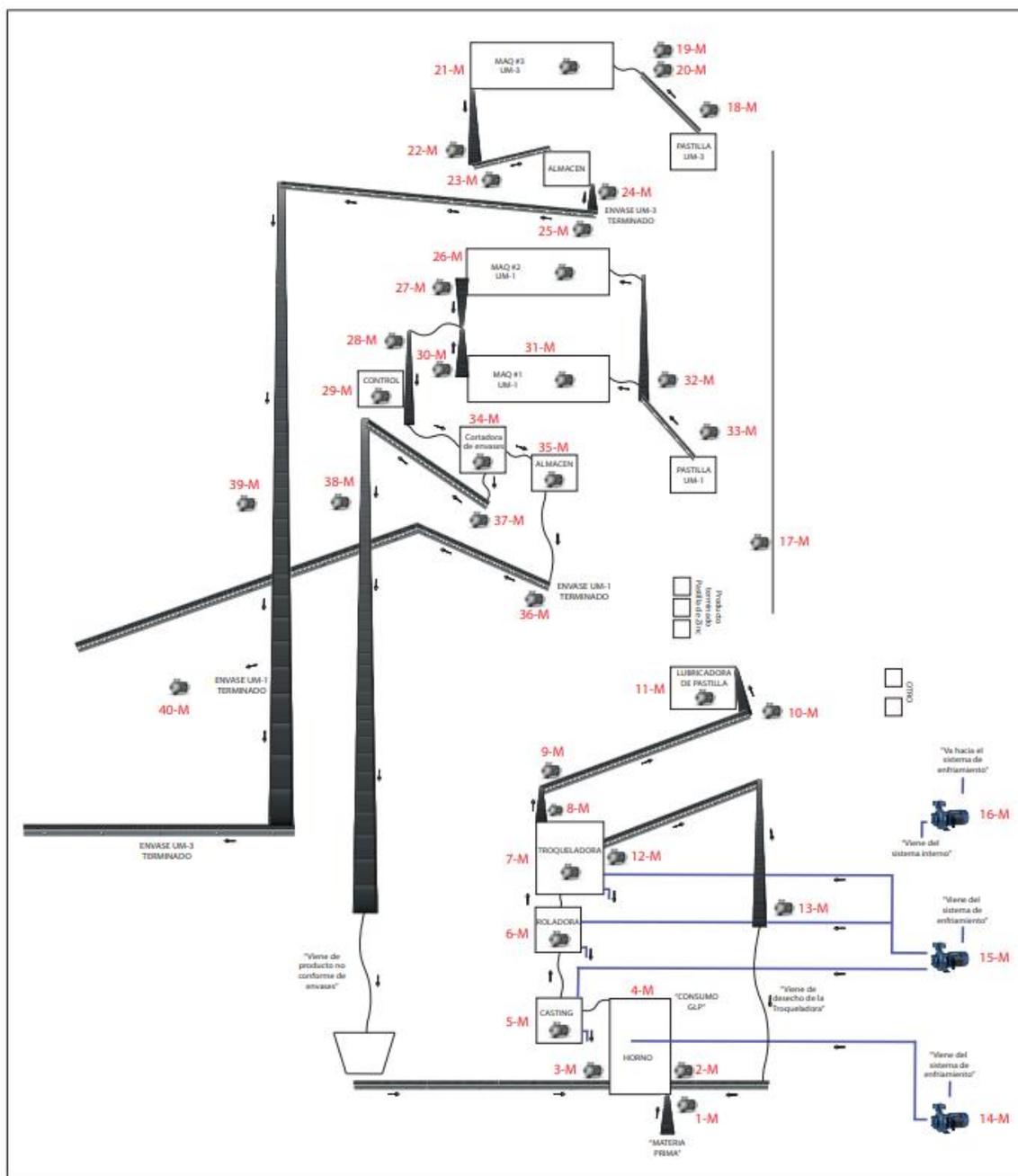


Figura 30

Flujo Productivo de la Zona Ensamble

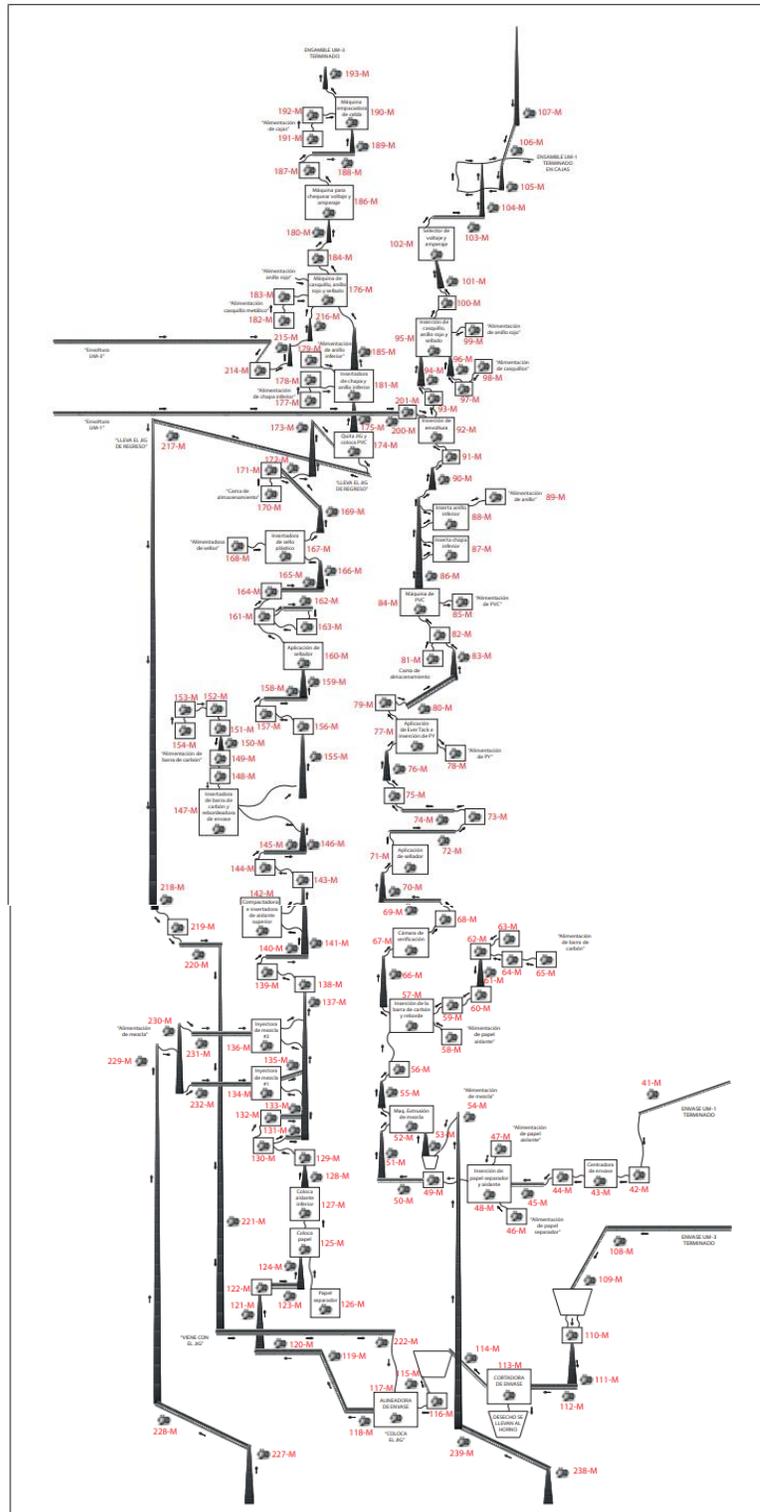


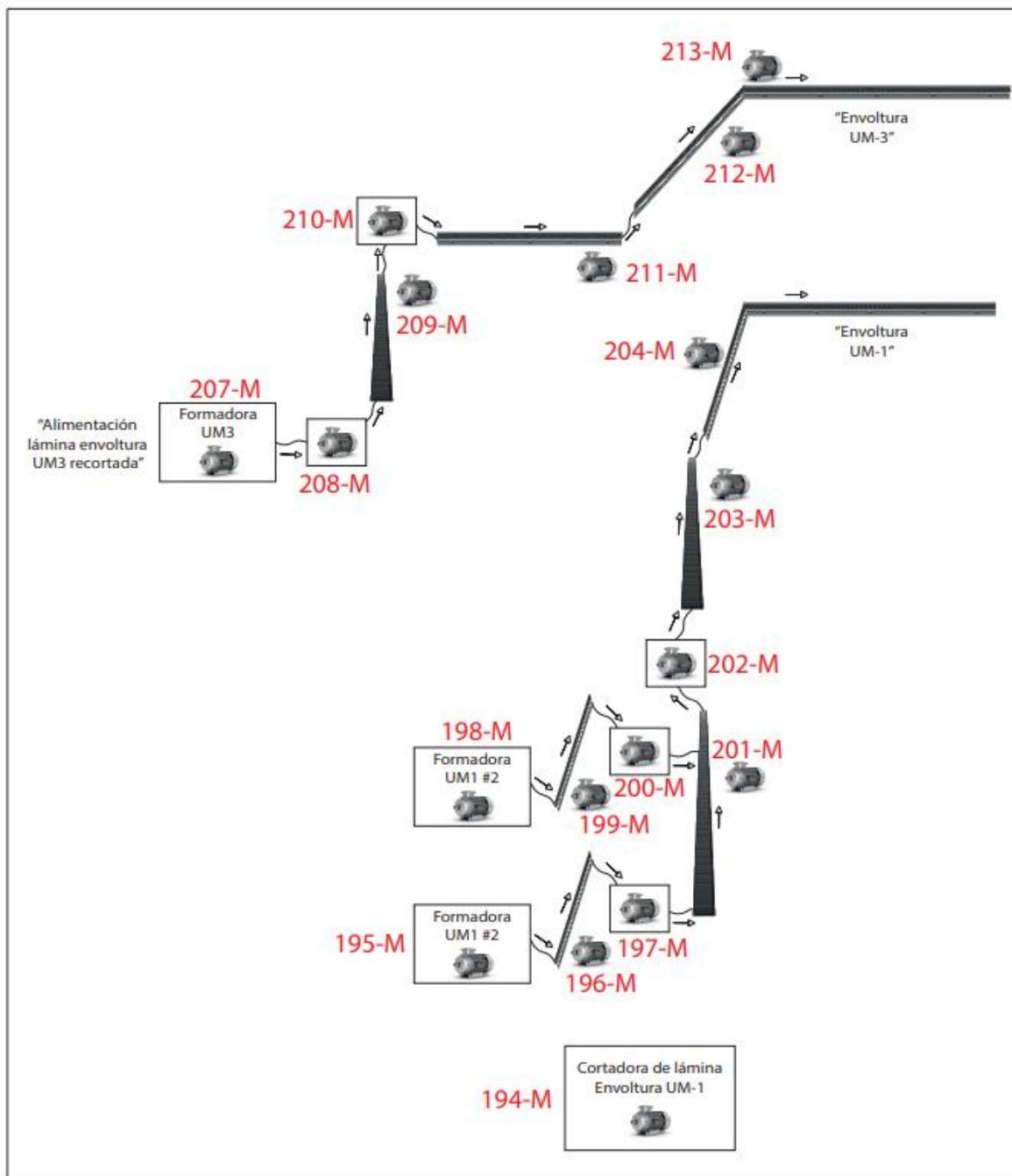
Figura 31*Flujo Productivo de la Zona Envoltura*

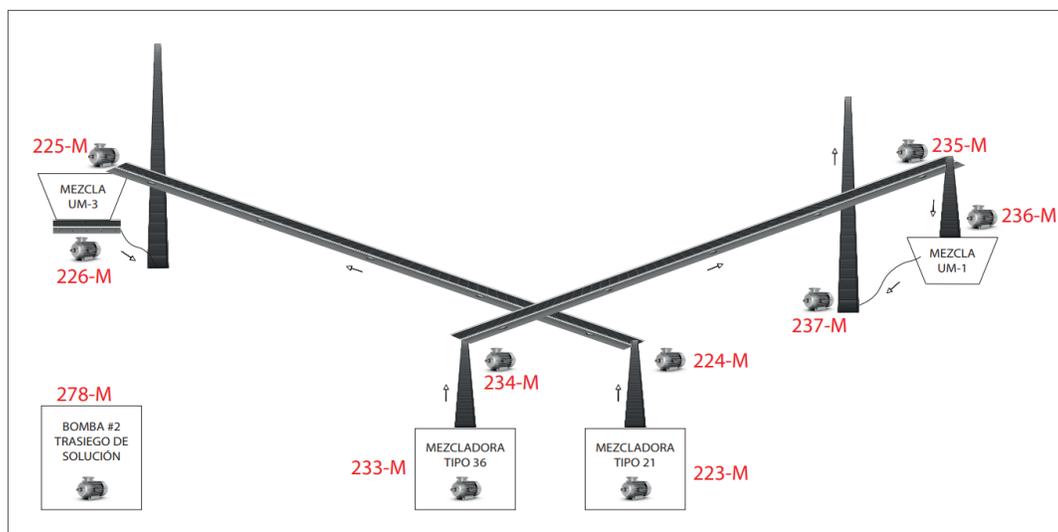
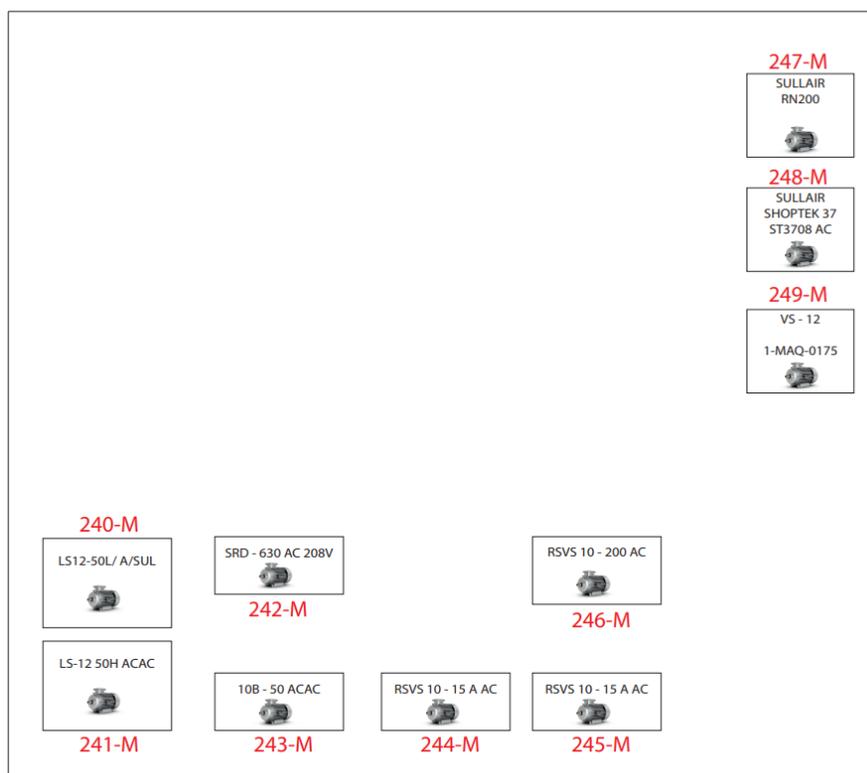
Figura 32*Flujo Productivo de la Zona Mezcla***Figura 33***Flujo Productivo de la Zona Compresores*

Figura 34

Flujo Productivo de la Zona Componentes

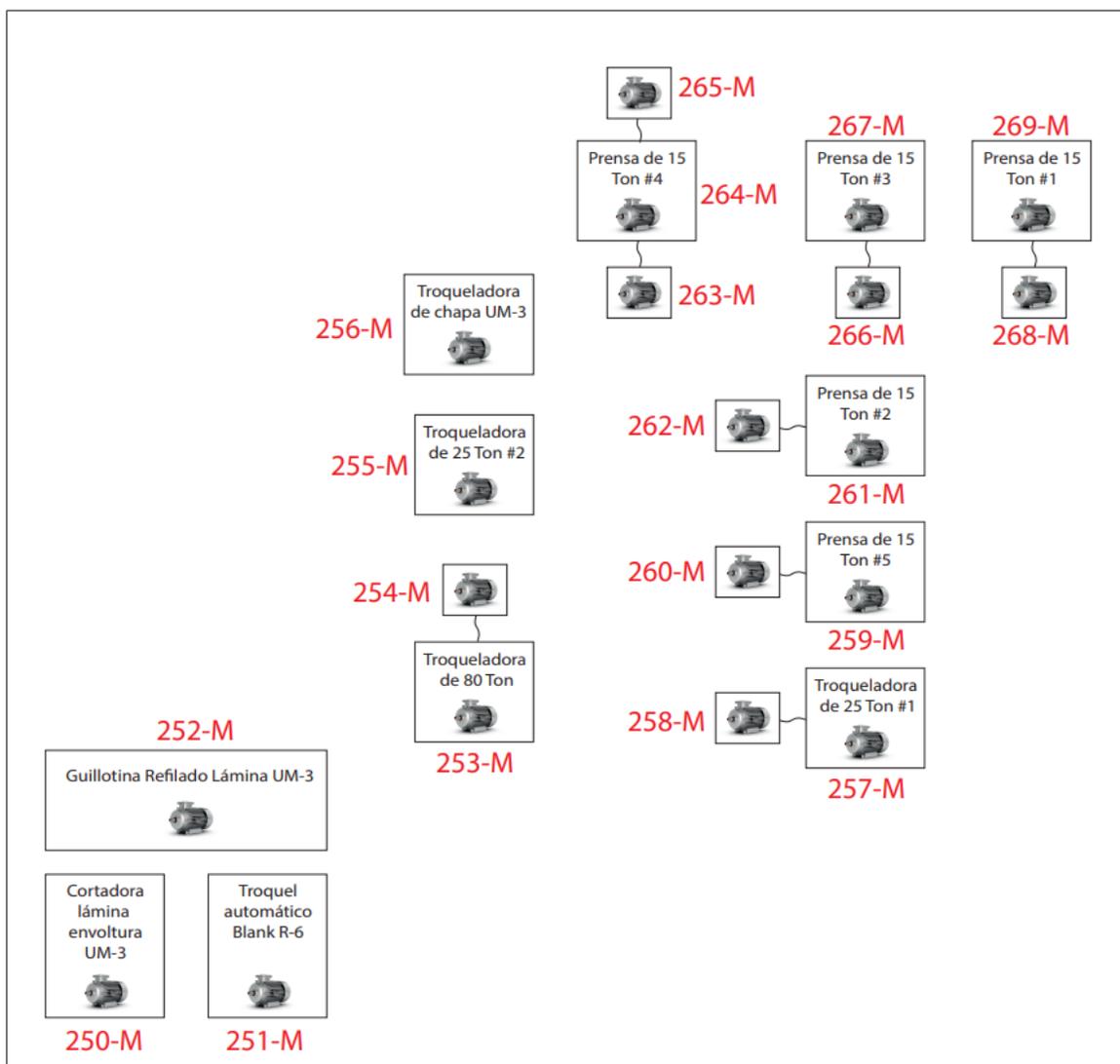


Figura 35

Flujo Productivo de la Zona Electrólisis

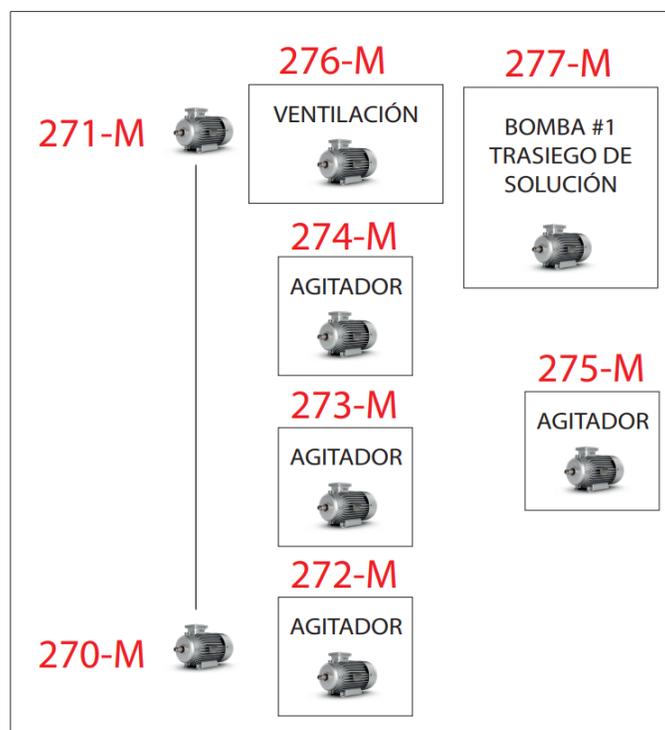
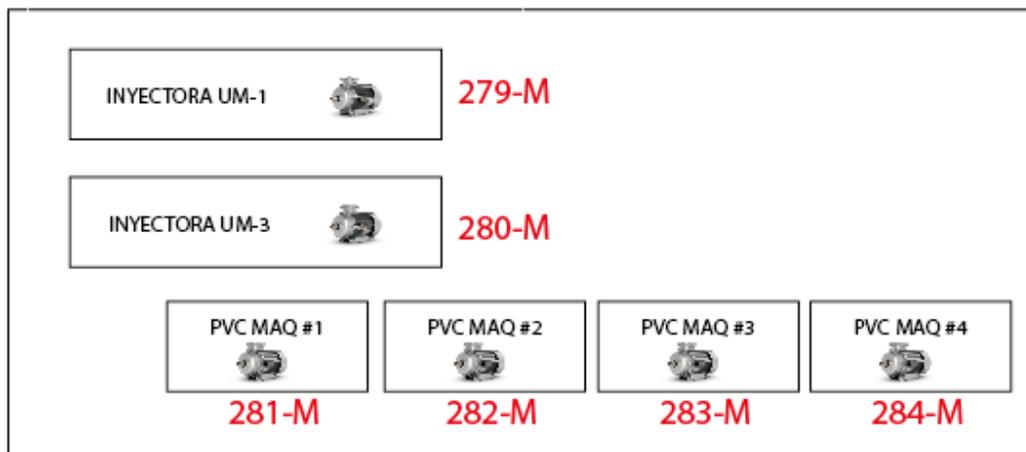


Figura 36

Flujo Productivo de la Zona PVC-PY



C. Consumo Energético por Zonas

Tabla 26

Consumo Energético en Ensamble

Número de Identificación	Descripción	Potencia (W)	Consumo de energía Mensual (kWh)
52 - M	Máquina Extrusión de mezcla	5.74	965.03
174 - M	Máquina inserta PVC y quita JIG	2.98	916.68
160 - M	Máquina aplicadora de sellador Ever Tack	2.24	687.51
176 - M	Máquina Insertadora de chapa y anillo inferior	2.24	687.51
134 - M	Máquina Inyectora de mezcla #1	2.23	683.52
136 - M	Máquina Inyectora de mezcla #2	2.23	683.52
84 - M	Máquina de PVC	2.98	501.31
92 - M	Máquina Inserción de envoltura	2.98	501.31
95 - M	Máquina Inserción de casquillo, anillo rojo y sellado	2.98	501.31
181 - M	Máquina de casquillo, anillo rojo y sellado	1.50	460.80
113 - M	Máquina cortadora de envase	1.49	458.34
117 - M	Máquina alineadora de envase	1.49	458.34
142 - M	Máquina Compactadora e insertadora de aislante superior	1.49	458.34
167 - M	Máquina Insertadora de sello plástico	1.49	458.34
190 - M	Máquina empacadora de celda	1.49	458.34
48 - M	Máquina de Inserción de papel separador y aislante	2.24	375.98
71 - M	Máquina Aplicadora de sellador	2.24	375.98
77 - M	Máquina Aplicadora de Ever Tack e inserción de PY	2.24	375.98
57 - M	Máquina de Inserción de barra de carbón y reborde	1.59	267.12
87 - M	Máquina Inserción de chapa inferior	1.49	250.66
88 - M	Máquina inserción anillo inferior	1.49	250.66
125 - M	Máquina inserción de papel	0.75	229.17
127 - M	Máquina inserción de aislante inferior	0.75	229.17

Número de Identificación	Descripción	Potencia (W)	Consumo de energía Mensual (kWh)
147 - M	Máquina Insertadora de barra de carbón y rebordeadora de envase	0.75	229.17
41 - M	Banda Transportadora	0.75	125.33
43 - M	Máquina centradora de envase	0.75	125.33
86 - M	Banda Transportadora	0.75	125.33
108 - M	Banda Transportadora	0.40	122.88
110 - M	Plato giratorio	0.40	122.88
112 - M	Banda Transportadora	0.40	122.88
116 - M	Plato giratorio	0.40	122.88
122 - M	Plato giratorio	0.40	122.88
130 - M	Plato giratorio	0.40	122.88
139 - M	Plato giratorio	0.40	122.88
144 - M	Plato giratorio	0.40	122.88
150 - M	Banda Transportadora	0.40	122.88
154 - M	Sube cajas	0.40	122.88
157 - M	Plato giratorio	0.40	122.88
161 - M	Plato giratorio	0.40	122.88
163 - M	Plato giratorio	0.40	122.88
164 - M	Plato giratorio	0.40	122.88
170 - M	Banda Transportadora	0.40	122.88
171 - M	Plato giratorio	0.40	122.88
173 - M	Banda Transportadora	0.40	122.88
175 - M	Banda Transportadora	0.40	122.88
178 - M	Plato giratorio	0.40	122.88
183 - M	Plato giratorio	0.40	122.88
184 - M	Plato giratorio	0.40	122.88
185 - M	Banda Transportadora	0.40	122.88
186 - M	Máquina para chequear voltaje y amperaje	0.40	122.88

Número de Identificación	Descripción	Potencia (W)	Consumo de energía Mensual (kWh)
187 - M	Plato giratorio	0.40	122.88
191 - M	Sube cajas	0.40	122.88
193 - M	Banda Transportadora	0.40	122.88
218 - M	Banda Transportadora	0.40	122.88
219 - M	Plato giratorio	0.40	122.88
221 - M	Banda Transportadora	0.40	122.88
228 - M	Banda Transportadora	0.40	122.88
229 - M	Banda Transportadora	0.40	122.88
231 - M	Banda Transportadora	0.40	122.88
137 - M	Banda Transportadora	0.37	114.59
102 - M	Máquina selectora de voltaje y amperaje	0.49	82.32
42 - M	Plato giratorio	0.40	67.20
44 - M	Plato giratorio	0.40	67.20
49 - M	Plato giratorio	0.40	67.20
54 - M	Banda Transportadora	0.40	67.20
56 - M	Plato giratorio	0.40	67.20
61 - M	Banda Transportadora	0.40	67.20
64 - M	sube cajas	0.40	67.20
67 - M	Máquina Verificación	0.40	67.20
68 - M	Plato giratorio	0.40	67.20
69 - M	Banda Transportadora	0.40	67.20
70 - M	Banda Transportadora	0.40	67.20
73 - M	Plato giratorio	0.40	67.20
76 - M	Banda Transportadora	0.40	67.20
78 - M	Alimentadora de PY	0.40	67.20
79 - M	Plato giratorio	0.40	67.20
80 - M	Banda Transportadora	0.40	67.20
81 - M	Banda Transportadora	0.40	67.20

Número de Identificación	Descripción	Potencia (W)	Consumo de energía Mensual (kWh)
82 - M	Plato giratorio	0.40	67.20
83 - M	Banda Transportadora	0.40	67.20
90 - M	Banda Transportadora	0.40	67.20
91 - M	Plato giratorio	0.40	67.20
93 - M	Plato giratorio	0.40	67.20
97 - M	Plato giratorio	0.40	67.20
100 - M	Plato giratorio	0.40	67.20
104 - M	Banda Transportadora	0.40	67.20
106 - M	Banda Transportadora	0.40	67.20
107 - M	Banda Transportadora	0.40	67.20
239 - M	Banda Transportadora	0.40	67.20
109 - M	Banda Transportadora	0.20	61.44
115 - M	Banda Transportadora	0.20	61.44
118 - M	Banda Transportadora	0.20	61.44
119 - M	Banda Transportadora	0.20	61.44
120 - M	Banda Transportadora	0.20	61.44
121 - M	Banda Transportadora	0.20	61.44
123 - M	Banda Transportadora	0.20	61.44
124 - M	Banda Transportadora	0.20	61.44
128 - M	Banda Transportadora	0.20	61.44
131 - M	Banda Transportadora	0.20	61.44
133 - M	Banda Transportadora	0.20	61.44
140 - M	Banda Transportadora	0.20	61.44
141 - M	Banda Transportadora	0.20	61.44
145 - M	Banda Transportadora	0.20	61.44
146 - M	Banda Transportadora	0.20	61.44
149 - M	alineas barras de carbón	0.20	61.44
155 - M	Banda Transportadora	0.20	61.44

Número de Identificación	Descripción	Potencia (W)	Consumo de energía Mensual (kWh)
158 - M	Banda Transportadora	0.20	61.44
159 - M	Banda Transportadora	0.20	61.44
162 - M	Banda Transportadora	0.20	61.44
165 - M	Banda Transportadora	0.20	61.44
166 - M	Banda Transportadora	0.20	61.44
169 - M	Banda Transportadora	0.20	61.44
172 - M	Banda Transportadora	0.20	61.44
177 - M	sube chapas	0.20	61.44
180 - M	Banda Transportadora	0.20	61.44
182 - M	sube casquillo	0.20	61.44
188 - M	Banda Transportadora	0.20	61.44
189 - M	Banda Transportadora	0.20	61.44
192 - M	acomoda cajas	0.20	61.44
217 - M	Banda Transportadora	0.20	61.44
220 - M	Banda Transportadora	0.20	61.44
227 - M	Banda Transportadora	0.20	61.44
230 - M	Banda Transportadora	0.20	61.44
114 - M	Banda Transportadora	0.19	57.29
222 - M	Banda Transportadora	0.19	57.29
232 - M	Banda Transportadora	0.19	57.29
50 - M	Banda Transportadora	0.20	33.60
53 - M	Banda Transportadora	0.20	33.60
55 - M	Banda Transportadora	0.20	33.60
60 - M	alinea barras de carbón	0.20	33.60
65 - M	Banda Transportadora	0.20	33.60
66 - M	Banda Transportadora	0.20	33.60
75 - M	control calidad para eficiencia	0.20	33.60
85 - M	Alimentadora de PVC	0.20	33.60

Número de Identificación	Descripción	Potencia (W)	Consumo de energía Mensual (kWh)
89 - M	Alimentación Anillo	0.20	33.60
94 - M	Banda Transportadora	0.20	33.60
96 - M	Banda Transportadora	0.20	33.60
101 - M	Banda Transportadora	0.20	33.60
103 - M	Banda Transportadora	0.20	33.60
105 - M	Banda Transportadora	0.20	33.60
238 - M	Banda Transportadora	0.20	33.60
126 - M	Alimentadora de papel	0.09	27.65
168 - M	Alimentadora de sellos	0.09	27.65
152 - M	rota cajas con barras de carbón	0.07	22.73
72 - M	Banda Transportadora	0.09	15.12
74 - M	Banda Transportadora	0.09	15.12
98 - M	Alimentador de casquillos	0.09	15.12
99 - M	Alimentador de anillo rojo	0.09	15.12
62 - M	rota cajas con barras de carbón	0.07	12.43
111 - M	Banda Transportadora	0.04	12.29
129 - M	Plato giratorio	0.04	12.29
132 - M	Plato giratorio	0.04	12.29
135 - M	Banda Transportadora	0.04	12.29
138 - M	Plato giratorio	0.04	12.29
143 - M	Plato giratorio	0.04	12.29
148 - M	Traslada línea de barra de carbón	0.04	12.29
151 -M	Acomoda cajas con barras carbón	0.04	12.29
153 -M	Acomoda cajas con barras carbón	0.04	12.29
156 - M	Plato giratorio	0.04	12.29
63 - M	acomoda cajas con barras de carbón	0.06	9.27
179 - M	Alimentador anillo inferior	0.03	7.68
45 - M	Banda Transportadora	0.04	6.72

Número de Identificación	Descripción	Potencia (W)	Consumo de energía Mensual (kWh)
46 - M	Alimentador de papel separador	0.04	6.72
47 - M	Alimentador de papel aislante	0.04	6.72
51 - M	Banda Transportadora	0.04	6.72
58 - M	Alimentador de papel aislante	0.04	6.72
59 - M	Traslada línea de barra de carbón	0.04	6.72
Total		NA	20946.71

Tabla 27*Consumo Energético en Envoltura*

Número de Identificación	Descripción	Potencia (W)	Consumo de energía Mensual (kWh)
198 - M	Máquina formadora UM1 #2	4.70	1444.29
195 - M	Máquina Formadora UM1 #1	3.60	1105.63
194 - M	Cortadora de lámina de Envoltura UM-1	4.38	1008.52
207 - M	Máquina Formadora UM3	1.23	378.50
197 - M	redondea	0.75	230.40
200 - M	redondea	0.75	230.40
196 - M	Banda Transportadora	0.40	122.88
202 - M	Plato giratorio	0.40	122.88
206 - M	Plato giratorio	0.40	122.88
208 - M	Plato giratorio	0.40	122.88
210 - M	Plato giratorio	0.40	122.88
213 - M	Banda Transportadora	0.40	122.88
214 - M	Plato giratorio	0.40	122.88

Número de Identificación	Descripción	Potencia (W)	Consumo de energía Mensual (kWh)
199 - M	Banda Transportadora	0.20	61.44
203 - M	Banda Transportadora	0.20	61.44
204 - M	Banda Transportadora	0.20	61.44
205 - M	Banda Transportadora	0.20	61.44
211 - M	Banda Transportadora	0.20	61.44
215 - M	Banda Transportadora	0.20	61.44
216 - M	Banda Transportadora	0.20	61.44
212 - M	Banda Transportadora	0.10	30.72
201 - M	Banda Transportadora	0.09	27.65
209 - M	Banda Transportadora	0.09	27.65
Total		NA	5774.00

Tabla 28*Consumo Energético en Mezcla*

Número de Identificación	Descripción	Potencia (W)	Consumo de energía Mensual (kWh)
233 - M	Máquina mezcladora tipo 36	5.93	1822.80
223 - M	Máquina Mezcladora tipo 21	5.84	1792.92
236 - M	Banda Transportadora	2.00	614.40
225 - M	Banda Transportadora	0.56	171.88
278 - M	BOMBA #2 TRASIEGO DE SOLUCIÓN	0.75	171.88
234 - M	Banda Transportadora	0.37	114.59
235 - M	Banda Transportadora	0.25	75.63
226 - M	Banda Transportadora	0.20	61.44
224 - M	Banda Transportadora	0.19	57.29
237 - M	Banda Transportadora	0.20	33.60

Número de Identificación	Descripción	Potencia (W)	Consumo de energía Mensual (kWh)
	Total	NA	4916.42

Tabla 29*Consumo Energético en Electrólisis*

Número de Identificación	Descripción	Potencia (W)	Consumo de energía Mensual (kWh)
272 - M	Agitador	0.746	125.328
273 - M	Agitador	0.746	125.328
274 - M	Agitador	0.746	125.328
275 - M	Agitador	0.746	125.328
277 - M	BOMBA #1 TRASIEGO DE SOLUCIÓN	0.746	93.996
270 - M	Tecele	0.746	31.332
271 - M	Tecele	0.746	31.332
276 - M	Ventilación	0.746	31.332
	Total	NA	689.304

Tabla 30*Consumo Energético en Compresores*

Número de Identificación	Descripción	Potencia (W)	Consumo de energía Mensual (kWh)
240 - M	Compresor	37.30	10026.24
241 - M	Compresor	37.30	10026.24
243 - M	Compresor	37.30	10026.24
248 - M	Compresor	37.30	10026.24
246 - M	Secador de aire	14.92	4010.50

Número de Identificación	Descripción	Potencia (W)	Consumo de energía Mensual (kWh)
249 - M	Secador de aire	14.92	4010.50
244 - M	Bomba de vacío	11.19	3007.87
245 - M	Bomba de vacío	11.19	3007.87
242 - M	Secador de aire	9.80	2634.24
247 - M	Secador de aire	0.10	26.07
Total		NA	56802.00

Tabla 31

Consumo Energético en Componentes

Número de Identificación	Descripción	Potencia (W)	Consumo de energía Mensual (kWh)
253 - M	Máquina troqueladora de 80 Ton	4.86	894.90
252 - M	Máquina Guillotina Refilado Lámina UM-3	3.57	656.26
256 - M	Máquina Troqueladora de chapa UM-3	2.98	549.06
255 - M	Máquina Troqueladora de 25 Ton #2	2.20	405.69
257 - M	Máquina Troqueladora de 25 Ton #1	2.20	405.69
250 - M	Máquina cortadora lámina envoltura UM-3	1.88	346.03
251 - M	Máquina Troquel automático Blank R-6	1.56	286.37
259 - M	Máquina Prensa de 15 Ton #5	1.36	250.57
261 - M	Máquina Prensa de 15 Ton #2	1.36	250.57
263 - M	Apoyo de máquina Prensa de 15 Ton #4	1.36	250.57
264 - M	Máquina Prensa de 15 Ton #4	1.36	250.57
266 - M	Apoyo de máquina Prensa de 15 Ton #3	1.36	250.57
267 - M	Máquina Prensa de 15 Ton #3	1.36	250.57
269 - M	Máquina Prensa de 15 Ton #1	1.36	250.57
254 - M	Apoyo de máquina troqueladora de 80 Ton	1.00	184.00

Número de Identificación	Descripción	Potencia (W)	Consumo de energía Mensual (kWh)
258 - M	Apoyo de máquina troqueladora de 25 Ton #1	1.00	184.00
260 - M	Apoyo de máquina Prensa de 15 Ton #5	1.00	184.00
262 - M	Apoyo de máquina Prensa de 15 Ton #2	1.00	184.00
265 - M	Apoyo de máquina Prensa de 15 Ton #4	1.00	184.00
268 - M	Apoyo de máquina Prensa de 15 Ton #1	1.00	184.00
Total		NA	6402.00

Tabla 32*Consumo Energético en PVC-PY*

Número de Identificación	Descripción	Potencia (W)	Consumo de energía Mensual (kWh)
279 - M	INYECTORA UM-1	19.36	8919.76
280 - M	INYECTORA UM-3	18.48	8516.36
282 - M	PVC MAQ #2	5.41	2495.14
284 - M	PVC MAQ #4	5.41	2495.14
281 - M	PVC MAQ #1	2.82	1299.86
283 - M	PVC MAQ #3	2.82	1299.86
Total		NA	25026.13

D. Consumo Energético por Equipos

Tabla 33*Consumo Energético Aires Acondicionados*

Ubicación	Modelo Unidad	Potencia (W)	Consumo de energía Mensual (kWh)
Caseta de guarda	CU-S24NKV	2.45	705.60
Comedor	CU-S12TKV	1.14	328.32
Comedor	CU-S12TKV	1.14	328.32
Comedor	CU-S12TKV	1.14	328.32
Comedor	CU-S18RKV	2.05	590.40
Informática	CU-S18RKV	2.05	590.40
Informática	CU-PS24PKV	2.50	720.00
Informática	CU-2C24DKV	1.19	342.72
Consultorio	CU-PC9KKV	1.16	334.08
Sala Irazú	CU-C18CKV	1.72	495.36
Sala verde	CU-S24TKV	2.00	576.00
Sala verde	CU-S24TKV	2.00	576.00
Sala Amapolas	CU-C18DKV	1.72	495.36
Sala Hortensias	CU-C12DKV	2.15	619.20
Mercadeo	CU-C24CKV	2.55	734.40
Recursos Humanos	CU-YS24PKV	2.28	656.64
Sala Reunión	CU-S24MKQ	2.30	662.40
Oficina central (Reuniones- Mercadeo)	CU-S18MKQ	1.93	555.84
Oficina Presidencia	CU-C18CKV	1.72	495.36
Oficina central (Planeación)	CU-S18KKQ	1.85	532.80
Oficina Central(logística)	CU-S18KKQ	1.85	532.80

Ubicación	Modelo Unidad	Potencia (W)	Consumo de energía Mensual (kWh)
Asociación	CU-YS9TKV	0.96	276.48
Dentista	CU-YC9MKV	1.13	325.44
BTP Oficina	CU-C9BKP6	0.78	224.64
Oficina de ingeniería	CU-YS24PKV	2.28	656.64
Taller de calidad	CU-S12NKV	1.37	394.56
Oficina Calidad	CU-S24RKV	2.45	705.60
Laboratorio de calidad	CU-YS12TKV	1.24	357.12
enfermería	CU-C9CKP6	0.75	216.00
Oficina de Producción	CU-C18DKV	1.72	495.36
Oficina de producción	CU-S12PKV	1.37	394.56
Sala de producción	CU-Y12PKV	1.37	394.56
Bodega de Materia Prima	CU-S12NKV	1.37	394.56
Total		NA	16035.84

Tabla 34

Consumo Energético Platos Giratorios

Número de Identificación	Ubicación	Potencia (W)	Consumo de energía Mensual (kWh)
19-M	Edificio de Envase y fundición	0.40	122.88
20-M	Edificio de Envase y fundición	0.40	122.88
35 - M	Edificio de Envase y fundición	0.20	33.60
42 - M	Zona de Ensamble UM -1	0.40	67.20
44 - M	Zona de Ensamble UM -1	0.40	67.20

Número de Identificación	Ubicación	Potencia (W)	Consumo de energía Mensual (kWh)
49 - M	Zona de Ensamble UM -1	0.40	67.20
56 - M	Zona de Ensamble UM -1	0.40	67.20
68 - M	Zona de Ensamble UM -1	0.40	67.20
73 - M	Zona de Ensamble UM -1	0.40	67.20
79 - M	Zona de Ensamble UM -1	0.40	67.20
82 - M	Zona de Ensamble UM -1	0.40	67.20
91 - M	Zona de Ensamble UM -1	0.40	67.20
93 - M	Zona de Ensamble UM -1	0.40	67.20
97 - M	Zona de Ensamble UM -1	0.40	67.20
100 - M	Zona de Ensamble UM -1	0.40	67.20
110 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.40	122.88
116 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.40	122.88
122 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.40	122.88
129 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.04	12.29
130 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.40	122.88
132 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.04	12.29
138 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.04	12.29
139 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.40	122.88
143 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.04	12.29
144 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.40	122.88
156 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.04	12.29
157 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.40	122.88
161 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.40	122.88
163 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.40	122.88
164 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.40	122.88
171 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.40	122.88
178 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.40	122.88
183 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.40	122.88

Número de Identificación	Ubicación	Potencia (W)	Consumo de energía Mensual (kWh)
184 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.40	122.88
187 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.40	122.88
202 - M	Zona de Envoltura UM -1	0.40	122.88
206 - M	Zona de Envoltura UM -1	0.40	122.88
208 - M	Zona de Envoltura UM -3	0.40	122.88
210 - M	Zona de Envoltura UM -3	0.40	122.88
214 - M	Zona de Envoltura UM -3	0.40	122.88
219 - M	Zona de Ensamble UM -3	0.40	122.88
Total		NA	3727.68

Tabla 35

Consumo Energético Máquinas Accionadas por Motores

Número de Identificación	Descripción	Potencia (W)	Consumo de energía Mensual (kWh)
4-M	Soplador de aire combustible en el horno	1.20	220.80
5 - M	Máquina CASTING	2.20	404.80
6 - M	Máquina ROLADORA	15.00	2760.00
7 - M	Máquina TROQUELADORA	4.05	745.75
11 - M	Máquina Lubricadora de pastilla	5.97	1098.11
14 - M	Bomba de agua para emergencia	0.75	102.95
15 - M	Bomba de agua que alimenta máquinas	0.75	103.50
16 - M	Bomba de agua que envía al sistema de enfriamiento	0.75	103.50
17 - M	Tecla	0.75	85.94
21 - M	Máquina #3 envase UM-3	22.00	6758.40
26 - M	Máquina #2 envase UM-1	11.00	1848.00

Número de Identificación	Descripción	Potencia (W)	Consumo de energía Mensual (kWh)
29-M	Control	0.03	4.20
31 - M	Máquina #1 envase UM-1	15.00	2520.00
34 - M	Cortadora de envases	0.40	67.20
43 - M	Máquina centradora de envase	0.75	125.33
46 - M	Alimentador de papel separador	0.04	6.72
47 - M	Alimentador de papel aislante	0.04	6.72
48 - M	Máquina de Inserción de papel separador y aislante	2.24	375.98
52 - M	Máquina Extrusión de mezcla	5.74	965.03
57 - M	Máquina de Inserción de barra de carbón y reborde	1.59	267.12
58 - M	Alimentador de papel aislante	0.04	6.72
59 - M	Traslada línea de barra de carbón	0.04	6.72
60 - M	alinea barras de carbón	0.20	33.60
62 - M	rota cajas con barras de carbón	0.07	12.43
63 - M	acomoda cajas con barras de carbón	0.06	9.27
64 - M	sube cajas	0.40	67.20
67 - M	Máquina Verificación	0.40	67.20
71 - M	Máquina Aplicadora de sellador	2.24	375.98
75 - M	control calidad para eficiencia	0.20	33.60
77 - M	Máquina Aplicadora de Ever Tack e inserción de PY	2.24	375.98
78 - M	Alimentadora de PY	0.40	67.20
84 - M	Máquina de PVC	2.98	501.31
85 - M	Alimentadora de PVC	0.20	33.60
87 - M	Máquina Inserción de chapa inferior	1.49	250.66
88 - M	Máquina inserción anillo inferior	1.49	250.66
89 - M	Alimentación Anillo	0.20	33.60

Número de Identificación	Descripción	Potencia (W)	Consumo de energía Mensual (kWh)
92 - M	Máquina Inserción de envoltura	2.98	501.31
95 - M	Máquina Inserción de casquillo, anillo rojo y sellado	2.98	501.31
98 - M	Alimentador de casquillos	0.09	15.12
99 - M	Alimentador de anillo rojo	0.09	15.12
102 - M	Máquina selectora de voltaje y amperaje	0.49	82.32
113 - M	Máquina cortadora de envase	1.49	458.34
117 - M	Máquina alineadora de envase	1.49	458.34
125 - M	Máquina inserción de papel	0.75	229.17
126 - M	Alimentadora de papel	0.09	27.65
127 - M	Máquina inserción de aislante inferior	0.75	229.17
134 - M	Máquina Inyectora de mezcla #1	2.23	683.52
136 - M	Máquina Inyectora de mezcla #2	2.23	683.52
142 - M	Máquina Compactadora e insertadora de aislante superior	1.49	458.34
147 - M	Máquina Insertadora de barra de carbón y rebordeadora de envase	0.75	229.17
148 - M	Traslada línea de barra de carbón	0.04	12.29
149 - M	alinea barras de carbón	0.20	61.44
151 - M	Acomoda cajas con barras carbón	0.04	12.29
152 - M	rota cajas con barras de carbón	0.07	22.73
153 - M	Acomoda cajas con barras carbón	0.04	12.29
154 - M	Sube cajas	0.40	122.88
160 - M	Máquina Aplicadora de sellador Ever Tack	2.24	687.51
167 - M	Máquina Insertadora de sello plástico	1.49	458.34
168 - M	Alimentadora de sellos	0.09	27.65
174 - M	Máquina inserta PVC y quita JIG	2.98	916.68
176 - M	Máquina Insertadora de chapa y anillo inferior	2.24	687.51

Número de Identificación	Descripción	Potencia (W)	Consumo de energía Mensual (kWh)
177 - M	Sube chapas	0.20	61.44
179 - M	Alimentador anillo inferior	0.03	7.68
181 - M	Máquina de casquillo, anillo rojo y sellado	1.50	460.80
182 - M	sube casquillo	0.20	61.44
186 - M	Máquina para chequear voltaje y amperaje	0.40	122.88
190 - M	Máquina empacadora de celda	1.49	458.34
191 - M	Sube cajas	0.40	122.88
192 - M	acomoda cajas	0.20	61.44
194 - M	Cortadora de lámina Envoltura UM-1	4.38	1008.52
195 - M	Máquina Formadora UM1 #1	3.60	1105.63
197 - M	redondea	0.75	230.40
198 - M	Máquina formadora UM1 #2	4.70	1444.29
200 - M	redondea	0.75	230.40
207 - M	Máquina Formadora UM3	1.23	378.50
223 - M	Máquina Mezcladora tipo 21	5.84	1792.92
233 - M	Máquina mezcladora tipo 36	5.93	1822.80
250 - M	Máquina cortadora lámina envoltura UM-3	1.88	346.03
251 - M	Máquina Troquel automático Blank R-6	1.56	286.37
252 - M	Máquina Guillotina Refilado Lámina UM-3	3.57	656.26
253 - M	Máquina troqueladora de 80 Ton	4.86	894.90
254 - M	Apoyo de máquina troqueladora de 80 Ton	1.00	184.00
255 - M	Máquina Troqueladora de 25 Ton #2	2.20	405.69
256 - M	Máquina Troqueladora de chapa UM-3	2.98	549.06
257 - M	Máquina Troqueladora de 25 Ton #1	2.20	405.69
258 - M	Apoyo de máquina troqueladora de 25 Ton #1	1.00	184.00
259 - M	Máquina Prensa de 15 Ton #5	1.36	250.57
260 - M	Apoyo de máquina Prensa de 15 Ton #5	1.00	184.00
261 - M	Máquina Prensa de 15 Ton #2	1.36	250.57

Número de Identificación	Descripción	Potencia (W)	Consumo de energía Mensual (kWh)
262 - M	Apoyo de máquina Prensa de 15 Ton #2	1.00	184.00
263 - M	Apoyo de máquina Prensa de 15 Ton #4	1.36	250.57
264 - M	Máquina Prensa de 15 Ton #4	1.36	250.57
265 - M	Apoyo de máquina Prensa de 15 Ton #4	1.00	184.00
266 - M	Apoyo de máquina Prensa de 15 Ton #3	1.36	250.57
267 - M	Máquina Prensa de 15 Ton #3	1.36	250.57
268 - M	Apoyo de máquina Prensa de 15 Ton #1	1.00	184.00
269 - M	Máquina Prensa de 15 Ton #1	1.36	250.57
270 - M	Tecele	0.75	31.33
271 - M	Tecele	0.75	31.33
272 - M	Agitador	0.75	125.33
273 - M	Agitador	0.75	125.33
274 - M	Agitador	0.75	125.33
275 - M	Agitador	0.75	125.33
276 - M	Ventilación	0.75	31.33
277 - M	"BOMBA #1 TRASIEGO DE SOLUCIÓN"	0.75	94.00
278 - M	"BOMBA #2 TRASIEGO DE SOLUCIÓN"	0.75	171.88
279 - M	INYECTORA UM-1	19.36	8919.76
280 - M	INYECTORA UM-3	18.48	8516.36
281 - M	PVC MAQ #1	2.82	1299.86
282 - M	PVC MAQ #2	5.41	2495.14
283 - M	PVC MAQ #3	2.82	1299.86
284 - M	PVC MAQ #4	5.41	2495.14
	Total	NA	69949.50

E. Diagramas de Pareto por Zonas

Figura 37

Diagrama de Pareto de Máquinas Accionadas por Motores de Envase-Fundición

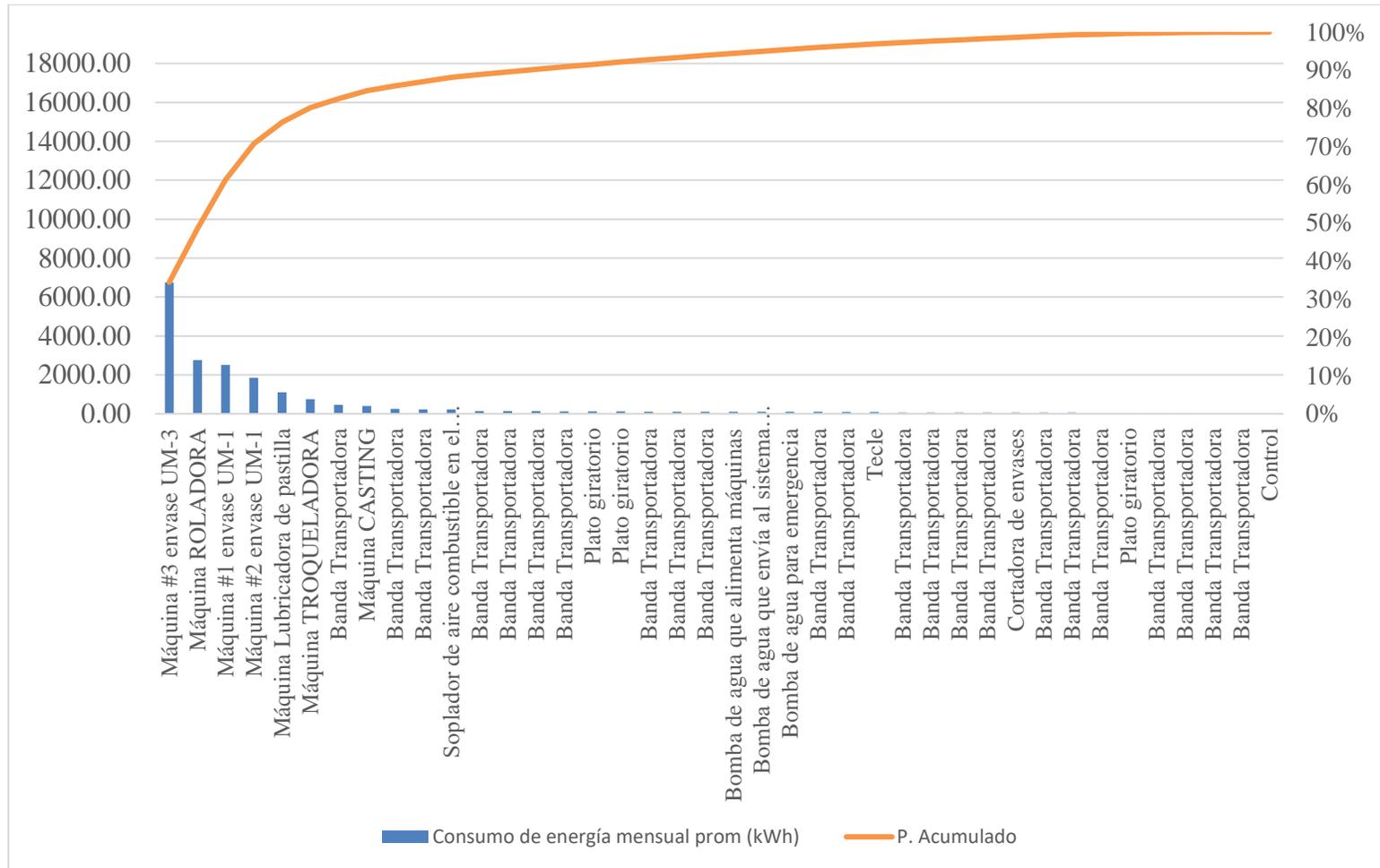


Figura 40

Diagrama de Pareto de Máquinas Accionadas por Motores de Mezcla

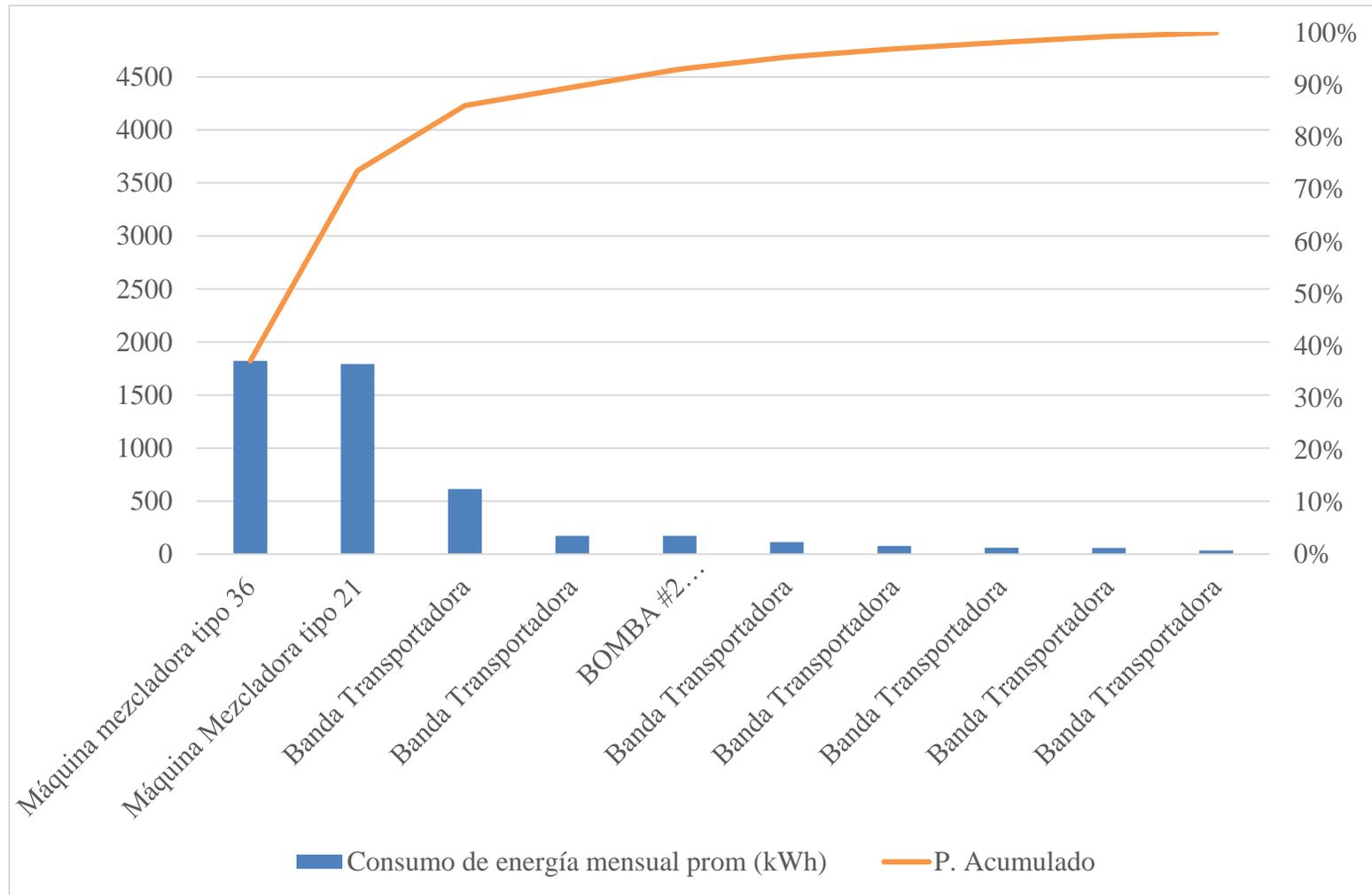


Figura 41

Diagrama de Pareto de Máquinas Accionadas por Motores de Electrólisis

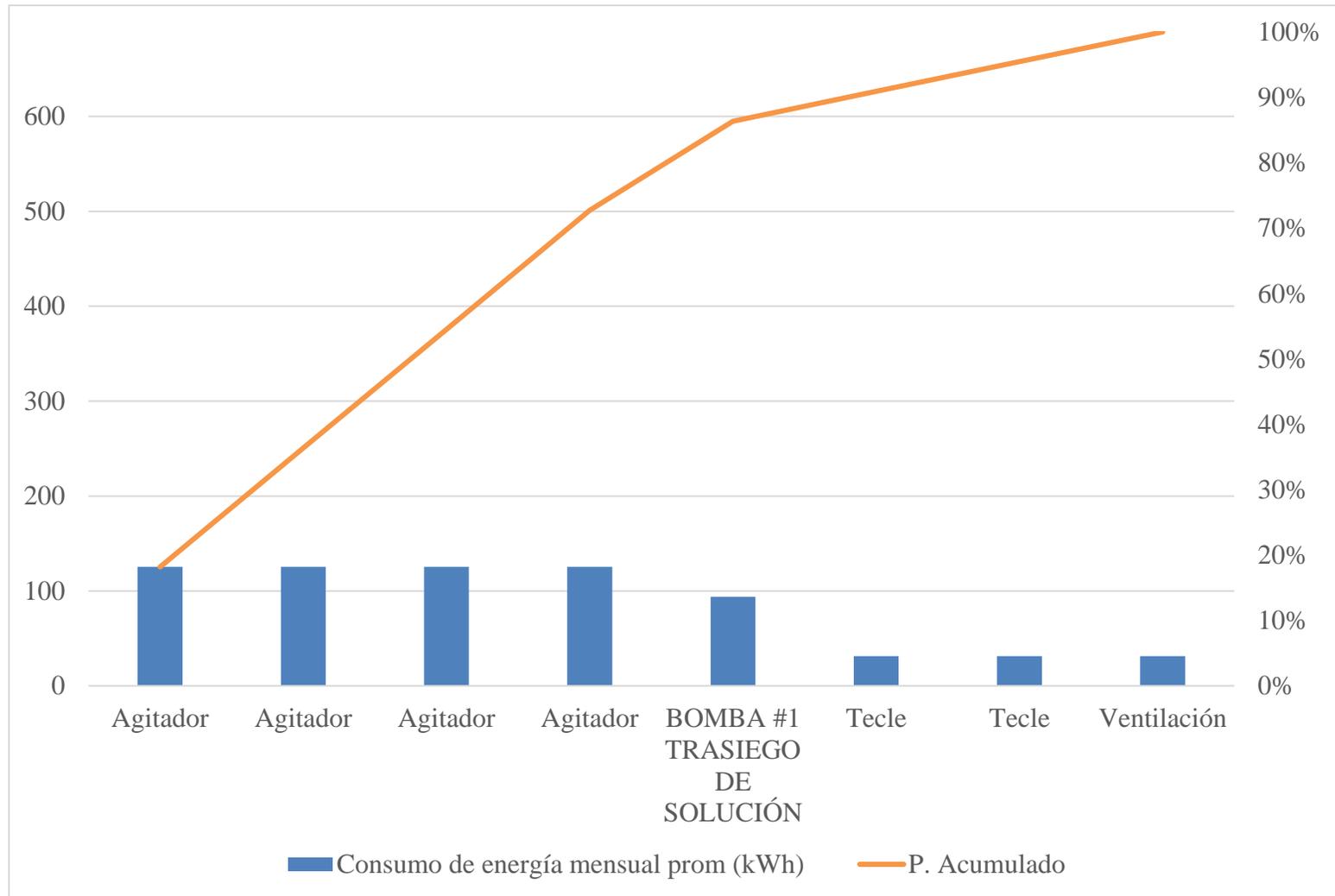


Figura 42

Diagrama de Pareto de Máquinas Accionadas por Motores de Compresores

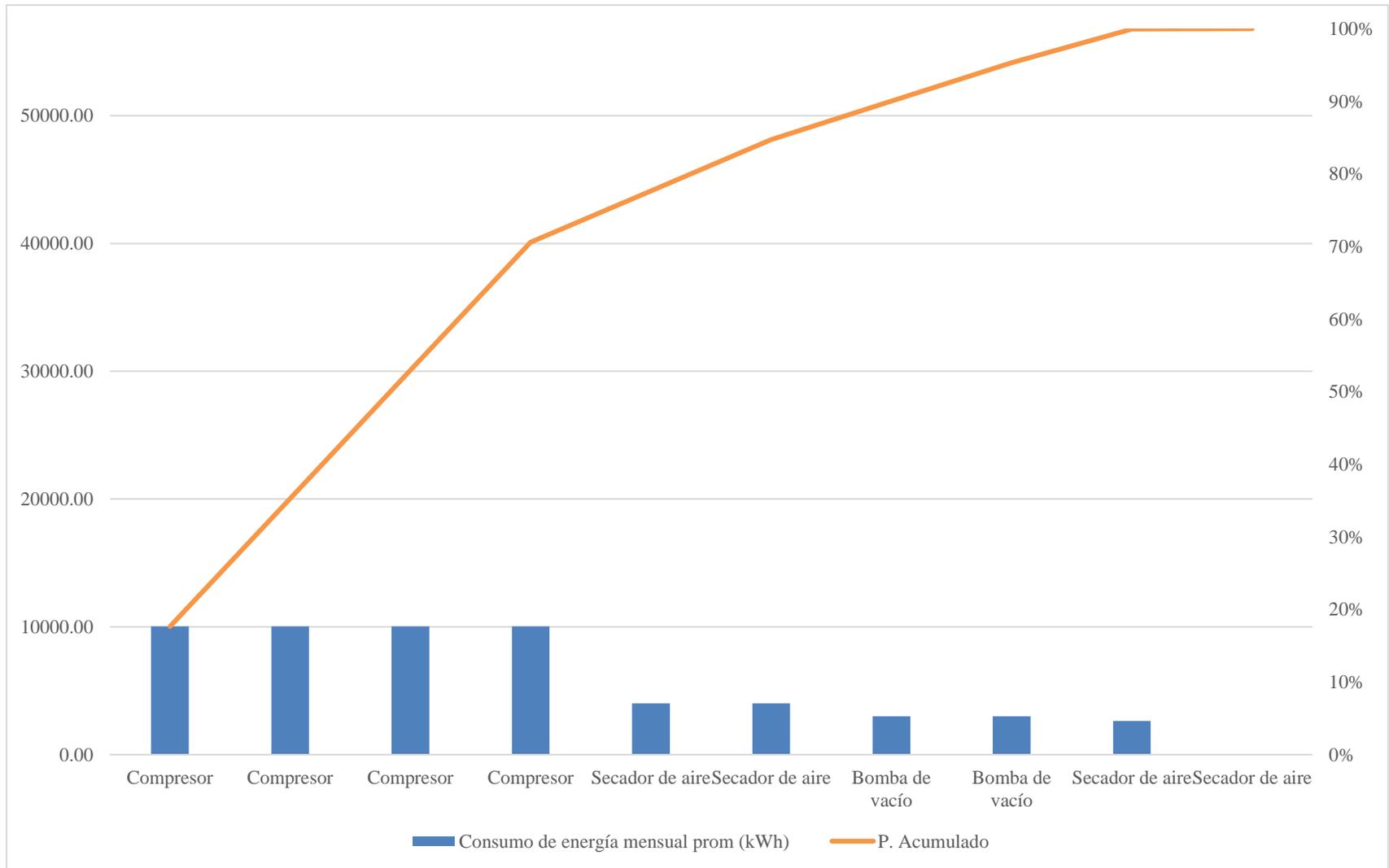


Figura 43

Diagrama de Pareto de Máquinas Accionadas por Motores de Componentes

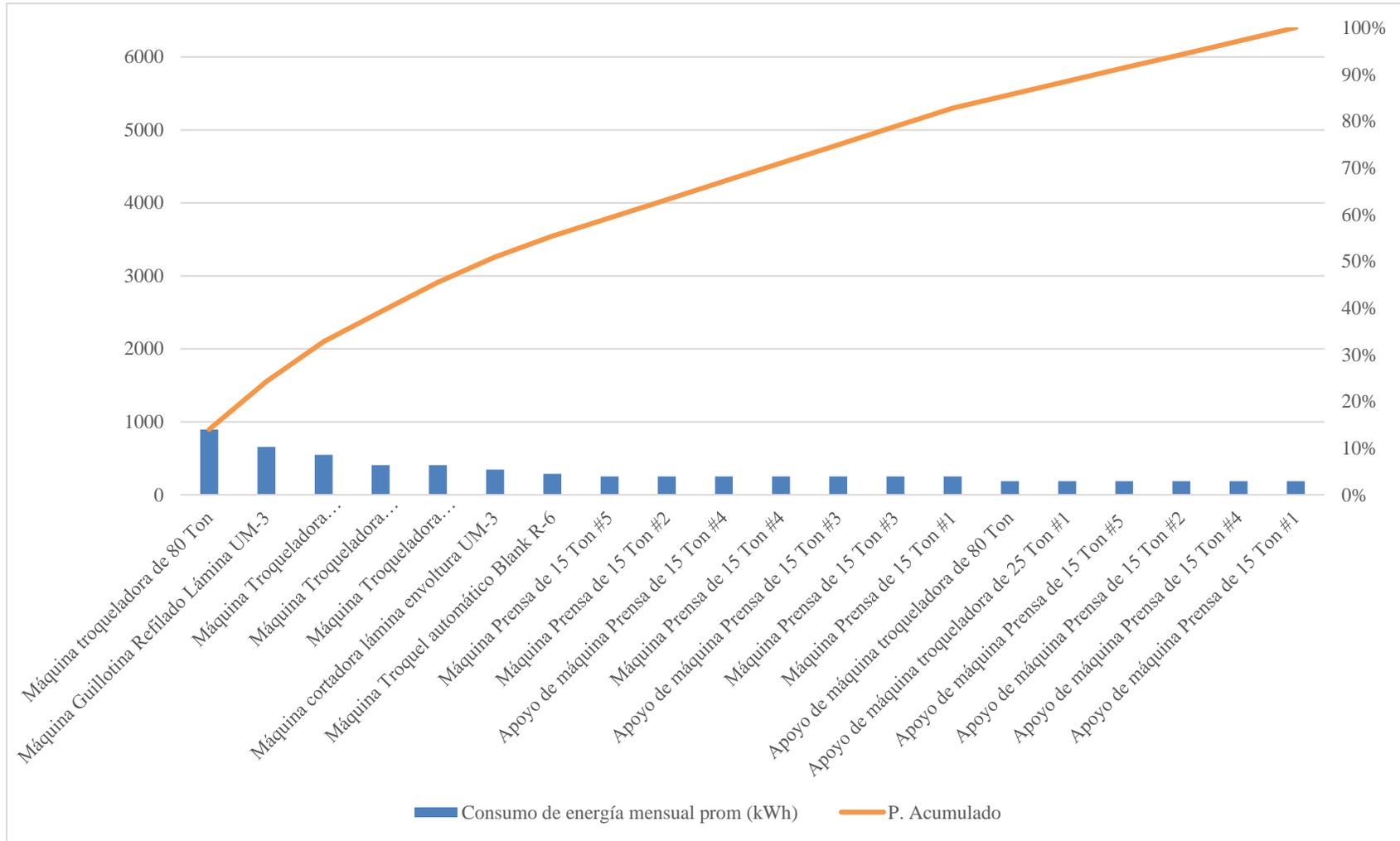
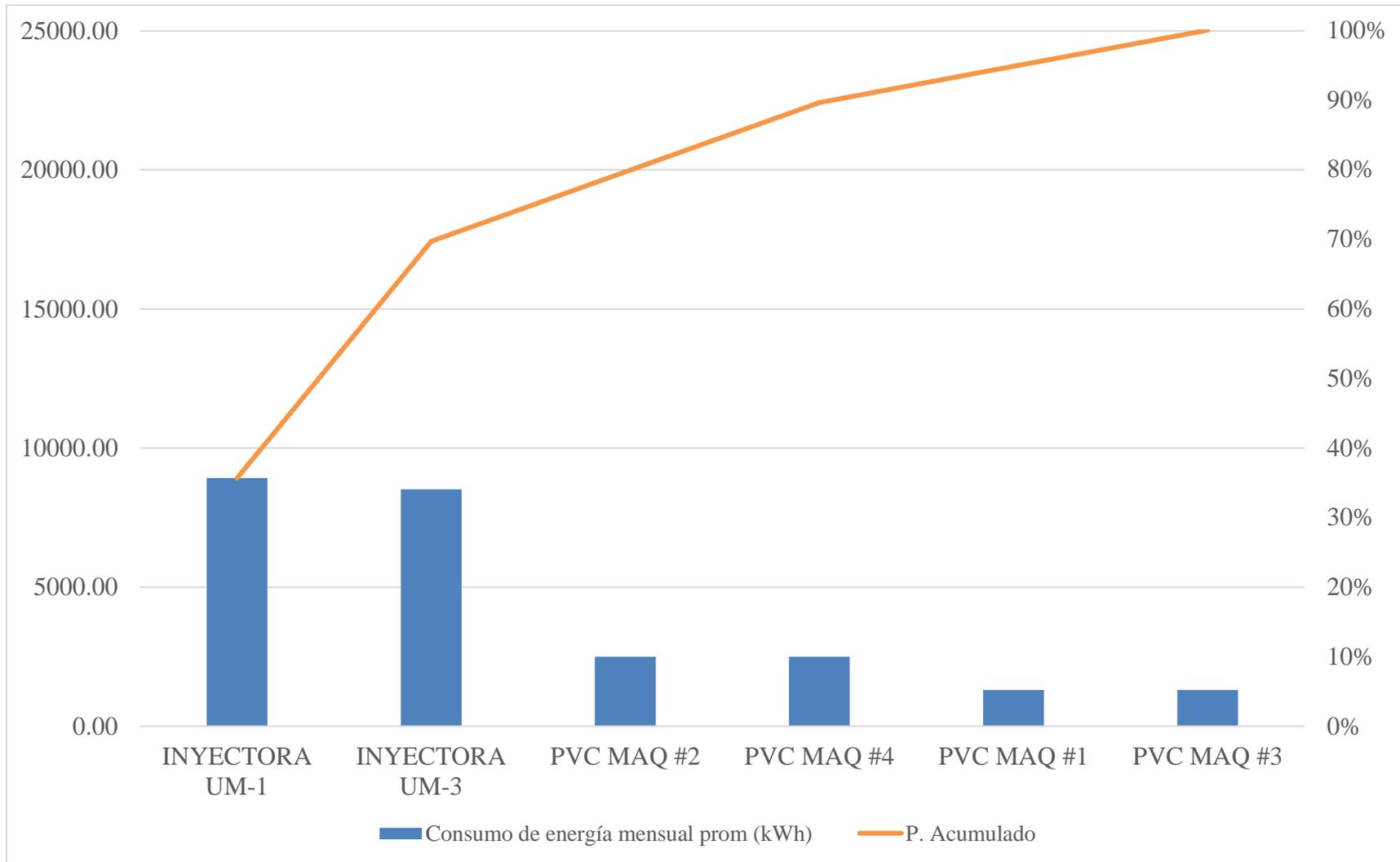


Figura 44

Diagrama de Pareto de Máquinas Accionadas por Motores de PVC-PY



F. Indicadores de Desempeño Energético Mensuales

Tabla 36

Indicadores de Desempeño Energético de Consumo Eléctrico

Fecha	Consumo eléctrico (kWh)	Unidades procesadas	Cantidad de Colaboradores	Indicador (kWh/ Unidades procesadas)	Indicador (kWh/ Cantidad de Colaboradores)	Indicador (kWh compresores/ Unidades procesadas)	Indicador (kWh INYECTORA UM-1 /Unidades procesadas)	Indicador (kWh INYECTORA UM-3 /Unidades procesadas)
ene-18	84481	6209280	2472	0.01361	34.1752	0.0048980	0.000867	0.000827
feb-18	65561	3186280	2448	0.02058	26.7815	0.0074074	0.001311	0.001251
mar-18	81203	6600920	2424	0.01230	33.4996	0.0044286	0.000784	0.000748
abr-18	100490	8462294	2136	0.01188	47.0459	0.0042750	0.000756	0.000722
may-18	116389	9199088	2064	0.01265	56.3900	0.0045548	0.000806	0.000769
jun-18	107615	9433480	2064	0.01141	52.1391	0.0041068	0.000727	0.000694
jul-18	118283	7658848	2088	0.01544	56.6489	0.0055598	0.000984	0.000939
ago-18	120780	11593136	2088	0.01042	57.8448	0.0037506	0.000664	0.000633
sep-18	111396	10235531	2160	0.01088	51.5722	0.0039180	0.000693	0.000662
oct-18	114436	9223752	2088	0.01241	54.8065	0.0044664	0.000790	0.000754
nov-18	109766	13903452	2088	0.00789	52.5699	0.0028422	0.000503	0.000480
dic-18	73296	7304266	2088	0.01003	35.1034	0.0036125	0.000639	0.000610

Fecha	Consumo eléctrico (kWh)	Unidades procesadas	Cantidad de Colaboradores	Indicador (kWh/ Unidades procesadas)	Indicador (kWh/ Cantidad de Colaboradores)	Indicador (kWh compresores/ Unidades procesadas)	Indicador (kWh INYECTORA UM-1 /Unidades procesadas)	Indicador (kWh INYECTORA UM-3 /Unidades procesadas)
Anual para 2018	1203696	103010327	26208	0.01169	45.9286	0.0042067	0.000744	0.000710
ene-19	88160	8725722	2064	0.01010	42.7132	0.0036372	0.000644	0.000614
feb-19	86704	7529860	2064	0.01151	42.0078	0.0041453	0.000733	0.000700
mar-19	92369	10428150	2040	0.00886	45.2789	0.0031888	0.000564	0.000539
abr-19	91281	7977548	2304	0.01144	39.6185	0.0041192	0.000729	0.000696
may-19	108196	9538640	2328	0.01134	46.4759	0.0040835	0.000723	0.000690
jun-19	107657	7540000	2328	0.01428	46.2444	0.0051401	0.000910	0.000868
jul-19	111685	8435804	2328	0.01324	47.9747	0.0047662	0.000843	0.000805
ago-19	120866	9255920	2400	0.01306	50.3608	0.0047010	0.000832	0.000794
sep-19	98309	8889720	2472	0.01106	39.7690	0.0039811	0.000704	0.000672
oct-19	129993	12404176	2472	0.01048	52.5862	0.0037727	0.000668	0.000637
nov-19	127902	11202105	2688	0.01142	47.5826	0.0041104	0.000727	0.000694
dic-19	105311	10884571	2616	0.00968	40.2565	0.0034831	0.000616	0.000588
Anual para 2019	1268433	112812216	28104	0.01124	45.1335	0.0040478	0.000716	0.000684
ene-20	127260	9188802	2616	0.01385	48.6468	0.0049858	0.000882	0.000842

Fecha	Consumo eléctrico (kWh)	Unidades procesadas	Cantidad de Colaboradores	Indicador (kWh/ Unidades procesadas)	Indicador (kWh/ Cantidad de Colaboradores)	Indicador (kWh compresores/ Unidades procesadas)	Indicador (kWh INYECTORA UM-1 /Unidades procesadas)	Indicador (kWh INYECTORA UM-3 /Unidades procesadas)
feb-20	128253	10016000	2592	0.01280	49.4803	0.0046097	0.000816	0.000779
mar-20	148597	11307060	2856	0.01314	52.0298	0.0047311	0.000837	0.000799
abr-20	123600	10318823	2856	0.01198	43.2773	0.0043121	0.000763	0.000728
may-20	149143	12000230	3048	0.01243	48.9314	0.0044742	0.000792	0.000756
jun-20	166143	13812166	3120	0.01203	53.2510	0.0043303	0.000766	0.000731
jul-20	153979	12704140	3000	0.01212	51.3263	0.0043633	0.000772	0.000737
ago-20	189206	15276891	3024	0.01239	62.5681	0.0044586	0.000789	0.000753
sep-20	178686	15439980	3048	0.01157	58.6240	0.0041663	0.000737	0.000704
oct-20	194584	16351029	3240	0.01190	60.0568	0.0042841	0.000758	0.000724
nov-20	181369	16135560	3288	0.01124	55.1609	0.0040465	0.000716	0.000683
dic-20	165861	14605038	3216	0.01136	51.5737	0.0040883	0.000723	0.000690
Anual para 2020	1906681	157155719	35904	0.01213	53.1050	0.0043677	0.000773	0.000738

Tabla 37*Indicadores de Desempeño Energético de Consumo GLP*

Fecha	Consumo GLP (Litros)	Unidades procesadas	Indicador (Litros/ Unidades procesadas)
ene-18	5276.30	6209280	0.00085
feb-18	4891.60	3186280	0.00154
mar-18	5939.10	6600920	0.00090
abr-18	7065.50	8462294	0.00083
may-18	8819.70	9199088	0.00096
jun-18	6517.60	9433480	0.00069
jul-18	8112.40	7658848	0.00106
ago-18	7581.80	11593136	0.00065
sep-18	6128.80	10235531	0.00060
oct-18	8519.60	9223752	0.00092
nov-18	6618.20	13903452	0.00048
dic-18	6017.30	7304266	0.00082
Anual para 2018	81487.90	103010327	0.000791065
ene-19	6949.50	8725722	0.00080
feb-19	6602.00	7529860	0.00088
mar-19	5858.00	10428150	0.00056
abr-19	7070.20	7977548	0.00089
may-19	6851.20	9538640	0.00072

Fecha	Consumo GLP (Litros)	Unidades procesadas	Indicador (Litros/ Unidades procesadas)
jun-19	5899.00	7540000	0.00078
jul-19	6202.30	8435804	0.00074
ago-19	6755.30	9255920	0.00073
sep-19	5335.60	8889720	0.00060
oct-19	6101.20	12404176	0.00049
nov-19	6900.50	11202105	0.00062
dic-19	7576.20	10884571	0.00070
Anual para 2019	78101.00	112812216	0.00069231
ene-20	6870.70	9188802	0.00075
feb-20	6949.80	10016000	0.00069
mar-20	7981.70	11307060	0.00071
abr-20	8874.10	10318823	0.00086
may-20	8519.50	12000230	0.00071
jun-20	8709.00	13812166	0.00063
jul-20	9515.00	12704140	0.00075
ago-20	9199.20	15276891	0.00060
sep-20	11079.00	15439980	0.00072
oct-20	9399.60	16351029	0.00057
nov-20	10202.40	16135560	0.00063
dic-20	10763.80	14605038	0.00074
Anual para 2020	108063.80	157155719	0.000687622

Tabla 38*Consumo de GLP Equivalencia en Litros y kWh del Año 2018, 2019 y 2020*

Mes	Litros	kWh
Enero-18	5276.30	38253.18
Febrero-18	4891.60	35464.10
Marzo-18	5939.10	43058.48
Abril-18	7065.50	51224.88
Mayo-18	8819.70	63942.83
Junio-18	6517.60	47252.60
Julio-18	8112.40	58814.90
Agosto-18	7581.80	54968.05
Setiembre-18	6128.80	44433.80
Octubre-18	8519.60	61767.10
Noviembre-18	6618.20	47981.95
Diciembre-18	6017.30	43625.43
Total Anual 2018	81487.90	590787.275
Enero-19	6949.50	50383.88
Febrero-19	6602.00	47864.50
Marzo-19	5858.00	42470.50
Abril-19	7070.20	51258.95
Mayo-19	6851.20	49671.20

Mes	Litros	kWh
Junio-19	5899.00	42767.75
Julio-19	6202.30	44966.68
Agosto-19	6755.30	48975.93
Setiembre-19	5335.60	38683.10
Octubre-19	6101.20	44233.70
Noviembre-19	6900.50	50028.63
Diciembre-19	7576.20	54927.45
Total Anual 2019	78101.00	566232.25
Enero-20	6870.70	49812.58
Febrero-20	6949.80	50386.05
Marzo-20	7981.70	57867.33
Abril-20	8874.10	64337.23
Mayo-20	8519.50	61766.38
Junio-20	8709.00	63140.25
Julio-20	9515.00	68983.75
Agosto-20	9199.20	66694.20
Setiembre-20	11079.00	80322.75
Octubre-20	9399.60	68147.10
Noviembre-20	10202.40	73967.40
Diciembre-20	10763.80	78037.55
Total Anual 2020	108063.80	783462.55

Tabla 39*Energía Total Consumida Mensual*

Fecha	Energía eléctrica (kWh)	Energía GLP (kWh)	Energía Total (kWh)
ene-18	84481	38253.18	122734.175
feb-18	65561	35464.10	101025.1
mar-18	81203	43058.48	124261.475
abr-18	100490	51224.88	151714.875
may-18	116389	63942.83	180331.825
jun-18	107615	47252.60	154867.6
jul-18	118283	58814.90	177097.9
ago-18	120780	54968.05	175748.05
sep-18	111396	44433.80	155829.8
oct-18	114436	61767.10	176203.1
nov-18	109766	47981.95	157747.95
dic-18	73296	43625.43	116921.425
Total Anual 2018	1203696	590787.275	1794483.275
ene-19	88160	50383.88	138543.875
feb-19	86704	47864.50	134568.5
mar-19	92369	42470.50	134839.5
abr-19	91281	51258.95	142539.95
may-19	108196	49671.20	157867.2

Fecha	Energía eléctrica (kWh)	Energía GLP (kWh)	Energía Total (kWh)
jun-19	107657	42767.75	150424.75
jul-19	111685	44966.68	156651.675
ago-19	120866	48975.93	169841.925
sep-19	98309	38683.10	136992.1
oct-19	129993	44233.70	174226.7
nov-19	127902	50028.63	177930.625
dic-19	105311	54927.45	160238.45
Total Anual 2019	1268433	566232.25	1834665.25
ene-20	88160	50383.88	138543.875
feb-20	86704	47864.50	134568.5
mar-20	92369	42470.50	134839.5
abr-20	91281	51258.95	142539.95
may-20	108196	49671.20	157867.2
jun-20	107657	42767.75	150424.75
jul-20	111685	44966.68	156651.675
ago-20	120866	48975.93	169841.925
sep-20	98309	38683.10	136992.1
oct-20	129993	44233.70	174226.7
nov-20	127902	50028.63	177930.625
dic-20	105311	54927.45	160238.45
Total Anual 2020	1268433	566232.25	1834665.25

Tabla 40*Indicadores Energéticos Globales de Cada Mes del 2018, 2019 y 2020*

Fecha	Energía Total (kWh)	Unidades procesadas	Indicador Global (kWh/Unidades procesadas)
ene-18	122734.175	6209280	0.01977
feb-18	101025.1	3186280	0.03171
mar-18	124261.475	6600920	0.01882
abr-18	151714.875	8462294	0.01793
may-18	180331.825	9199088	0.01960
jun-18	154867.6	9433480	0.01642
jul-18	177097.9	7658848	0.02312
ago-18	175748.05	11593136	0.01516
sep-18	155829.8	10235531	0.01522
oct-18	176203.1	9223752	0.01910
nov-18	157747.95	13903452	0.01135
dic-18	116921.425	7304266	0.01601
Total Anual 2018	1794483.275	103010327	0.01742
ene-19	138543.875	8725722	0.01588
feb-19	134568.5	7529860	0.01787
mar-19	134839.5	10428150	0.01293
abr-19	142539.95	7977548	0.01787

Fecha	Energía Total (kWh)	Unidades procesadas	Indicador Global (kWh/Unidades procesadas)
may-19	157867.2	9538640	0.01655
jun-19	150424.75	7540000	0.01995
jul-19	156651.675	8435804	0.01857
ago-19	169841.925	9255920	0.01835
sep-19	136992.1	8889720	0.01541
oct-19	174226.7	12404176	0.01405
nov-19	177930.625	11202105	0.01588
dic-19	160238.45	10884571	0.01472
Total Anual 2019	1834665.25	112812216	0.01626
ene-20	177072.575	9188802	0.01927
feb-20	178639.05	10016000	0.01784
mar-20	206464.325	11307060	0.01826
abr-20	187937.225	10318823	0.01821
may-20	210909.375	12000230	0.01758
jun-20	229283.25	13812166	0.01660
jul-20	222962.75	12704140	0.01755
ago-20	255900.2	15276891	0.01675
sep-20	259008.75	15439980	0.01678
oct-20	262731.1	16351029	0.01607
nov-20	255336.4	16135560	0.01582

Fecha	Energía Total (kWh)	Unidades procesadas	Indicador Global (kWh/Unidades procesadas)
dic-20	243898.55	14605038	0.01670
Total Anual 2020	2690143.55	157155719	0.01712

G. Monitoreo en Tiempo Real

Figura 45

Código Utilizado en Arduino.



The image shows a screenshot of the Arduino IDE interface. At the top, it displays 'Compresor Arduino 1.8.13' and a menu bar with 'Archivo', 'Editar', 'Programa', 'Herramientas', and 'Ayuda'. Below the menu bar is a toolbar with icons for check, back, file, upload, and download. The main area shows the code for a program named 'Compresor'. The code includes comments in Spanish and uses the EmonLib library to monitor energy. It defines a constant voltage, sets up serial communication, and calculates current and power in the loop function. A 'Compilado' button is visible at the bottom of the code editor area.

```
Compresor Arduino 1.8.13
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

Compresor
// Include Emon Library
#include "EmonLib.h"

// Se crea una instancia EnergyMonitor
EnergyMonitor energyMonitor;

// Se define un voltaje constante.
float voltajeRed = 208.0;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);

  // Se inicia la clase colocando el número de pin donde se conecta el sensor y
  // el valor de la calibración.

  energyMonitor.current(0, 34.5);
}

void loop()
{
  // Se obtiene el valor de la corriente eficaz y
  // el número de muestras que se quiere tomar
  double Irms = energyMonitor.calcIrms(1484);

  // Se calcula la potencia aparente
  double potencia = (Irms * voltajeRed * 0.85 * 1.7320508076 )/1000;

  // Se muestra la información
  Serial.print(Irms); Serial.print ( " , ");
  Serial.println(potencia);
}
```

Compilado

Capítulo XI. Anexos

Anexo 1. Facturación Eléctrica para el Año 2018, 2019 y 2020

Tabla 41

Detalle de Facturación Eléctrica

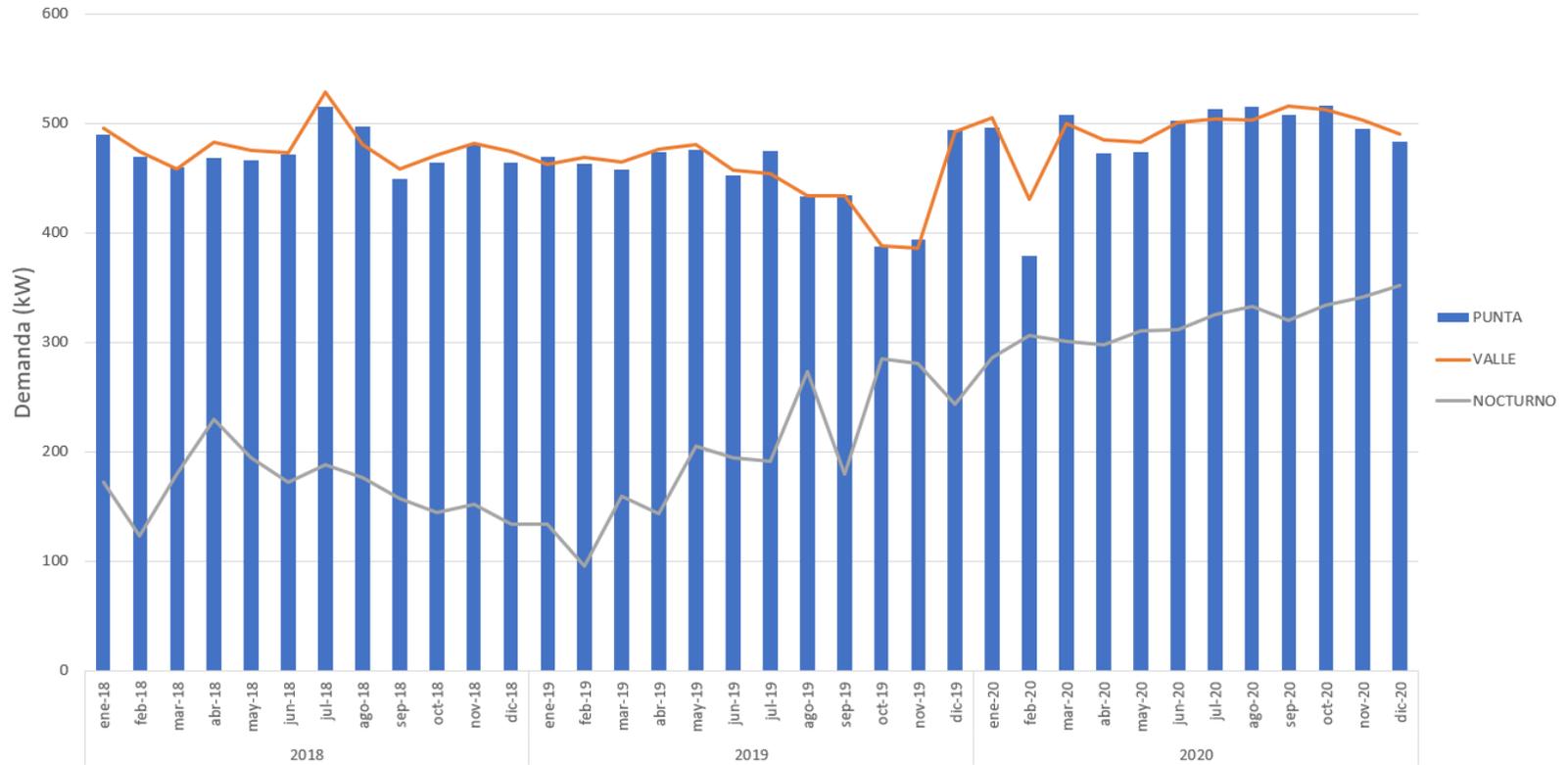
Mes	Punta		Valle		Nocturno		Energía Total (kWh)	Importe Facturado
	Energía	Demanda	Energía	Demanda	Energía	Demanda		
	(kWh)	(kW)	(kWh)	(kW)	(kWh)	(kW)		
ene-18	21507	489.04	55376	495.81	7598	171.83	84481	€15,166,075.00
feb-18	16950	469.19	42093	473.76	6518	123.64	65561	€13,650,580.00
mar-18	20882	459.74	51984	457.85	8337	179.24	81203	€14,431,000.00
abr-18	27101	467.78	63941	483.05	9448	229.95	100490	€15,643,745.00
may-18	29401	465.73	76788	474.71	10200	194.83	116389	€16,039,480.00
jun-18	27362	471.08	71241	473.45	9012	172.62	107615	€15,576,780.00
jul-18	30438	514.87	78426	527.94	9419	187.9	118283	€17,473,295.00
ago-18	30924	496.91	79054	480.06	10802	176.56	120780	€16,874,010.00
sep-18	28717	448.88	71449	458.64	11230	157.66	111396	€16,069,335.00
oct-18	28855	464.31	76342	471.08	9239	144.59	114436	€15,829,785.00
nov-18	27732	480.06	73157	481.16	8877	151.99	109766	€15,934,955.00

Mes	Punta		Valle		Nocturno		Energía Total (kWh)	Importe Facturado
	Energía	Demanda	Energía	Demanda	Energía	Demanda		
	(kWh)	(kW)	(kWh)	(kW)	(kWh)	(kW)		
dic-18	18060	463.52	47629	474.23	7607	134.35	73296	€13,881,500.00
ene-19	22661	469.51	57652	462.74	7847	133.72	88160	€12,860,985.00
feb-19	22034	462.89	57722	469.35	6948	96.08	86704	€12,523,920.00
mar-19	23642	457.22	60970	464.31	7757	159.08	92369	€12,964,475.00
abr-19	23234	473.13	60378	476.75	7669	143.96	91281	€14,863,300.00
may-19	27718	475.97	71639	480.53	8839	204.75	108196	€16,004,465.00
jun-19	28651	452.66	68685	457.38	10321	194.51	107657	€15,459,215.00
jul-19	29730	474.23	71719	454.39	10236	191.84	111685	€16,343,195.00
ago-19	33220	433.28	68492	434.23	19154	272.79	120866	€16,473,325.00
sep-19	25702	434.07	64396	433.44	8211	179.24	98309	€14,968,665.00
oct-19	36218	387.29	71533	388.55	22242	284.6	129993	€16,236,330.00
nov-19	36193	393.59	67193	385.56	24516	280.19	127902	€16,163,395.00
dic-19	28214	493.61	67335	492.03	9762	243.18	105311	€17,458,595.00
ene-20	34986	495.65	76128	504.79	16146	286.34	127260	€19,395,640.00
feb-20	36787	378.47	67210	430.61	24256	305.87	128253	€17,088,720.00
mar-20	42065	507.78	84817	499.43	21715	301.3	148597	€20,493,570.00
abr-20	34269	472.03	64897	485.26	24434	297.99	123600	€18,689,560.00
may-20	40933	474.08	77919	482.74	30291	310.91	149143	€19,692,900.00

Mes	Punta		Valle		Nocturno		Energía Total (kWh)	Importe Facturado
	Energía (kWh)	Demanda (kW)	Energía (kWh)	Demanda (kW)	Energía (kWh)	Demanda (kW)		
jun-20	44272	502.74	84901	501.01	36970	311.38	166143	€21,534,475.00
jul-20	40727	513.29	78364	504.32	34888	325.24	153979	€20,243,965.00
ago-20	50040	515.03	97641	503.06	41525	332.33	189206	€21,876,020.00
sep-20	48442	507.47	92829	515.97	37415	320.36	178686	€21,421,110.00
oct-20	52110	515.81	100655	512.35	41819	334.06	194584	€21,227,330.00
nov-20	47144	495.02	90859	503.37	43366	340.99	181369	€20,272,690.00
dic-20	43807	483.21	83689	489.98	38365	352.17	165861	€19,455,395.00

Figura 46

Histórico de la Demanda Eléctrica



Anexo 2. Facturación GLP para el Año 2018, 2019 y 2020.

Tabla 42

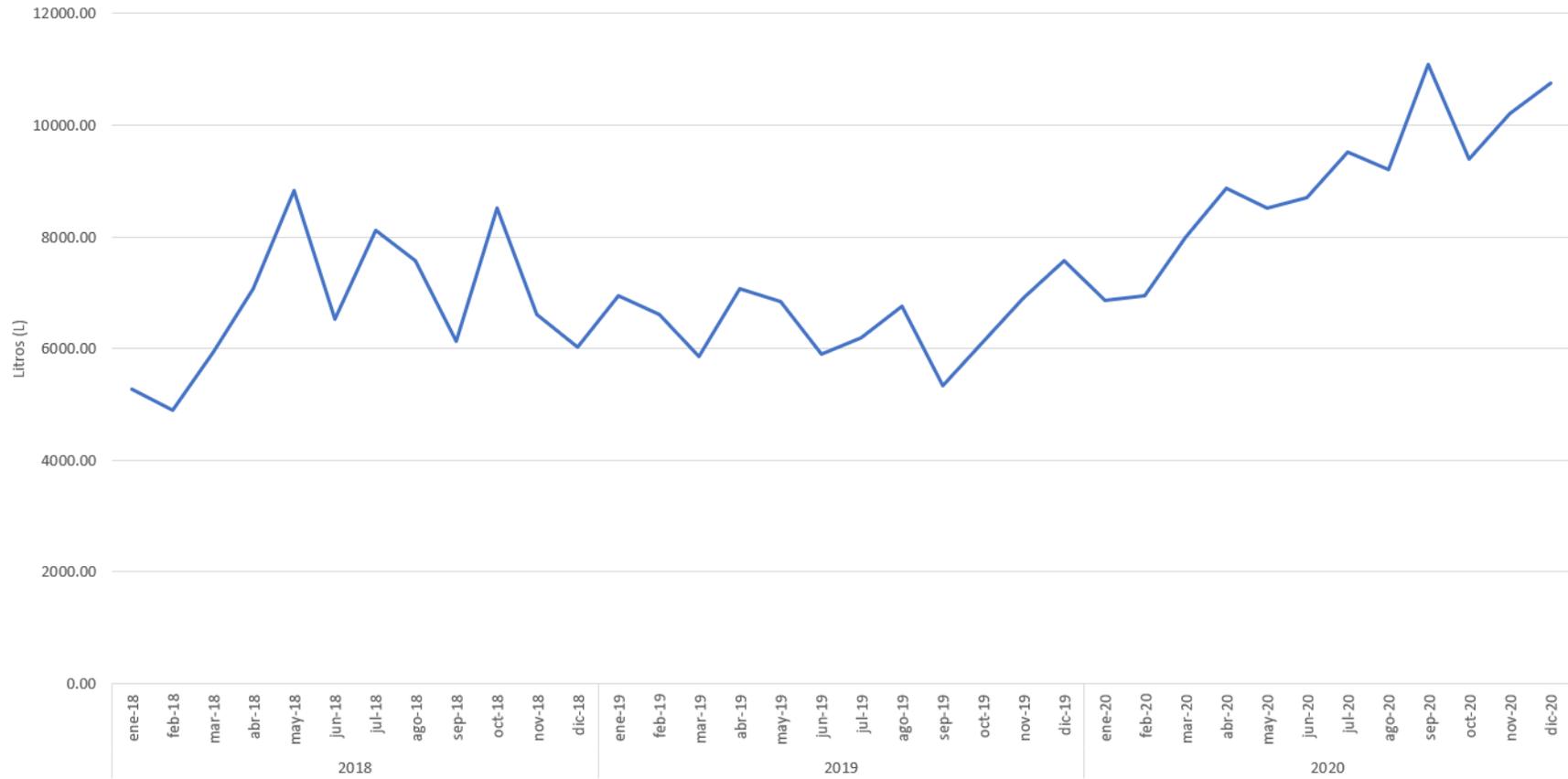
Detalle Facturación GLP

Mes	Cantidad Litros (L)	Importe Facturado
ene-18	5276.30	€1,456,206.03
feb-18	4891.60	€1,327,553.51
mar-18	5939.10	€1,530,645.68
abr-18	7065.50	€1,776,706.33
may-18	8819.70	€2,158,067.00
jun-18	6517.60	€1,721,363.33
jul-18	8112.40	€2,172,013.98
ago-18	7581.80	€2,131,244.94
sep-18	6128.80	€1,742,724.29
oct-18	8519.60	€2,574,878.71
nov-18	6618.20	€1,952,726.95
dic-18	6017.30	€1,604,994.44
ene-19	6949.50	€1,696,867.04
feb-19	6602.00	€1,510,231.49
mar-19	5858.00	€1,395,492.76

Mes	Cantidad Litros (L)	Importe Facturado
abr-19	7070.20	€1,687,798.15
may-19	6851.20	€1,551,180.20
jun-19	5899.00	€1,291,586.06
jul-19	6202.30	€1,154,434.10
ago-19	6755.30	€1,264,650.63
sep-19	5335.60	€985,645.39
oct-19	6101.20	€1,127,989.86
nov-19	6900.50	€1,340,928.41
dic-19	7576.20	€1,520,164.55
ene-20	6870.70	€1,394,734.90
feb-20	6949.80	€1,345,203.29
mar-20	7981.70	€1,481,084.25
abr-20	8874.10	€1,515,497.42
may-20	8519.50	€1,321,481.00
jun-20	8709.00	€1,433,327.22
jul-20	9515.00	€1,776,867.09
ago-20	9199.20	€1,745,180.23
sep-20	11079.00	€2,190,991.73
oct-20	9399.60	€1,885,935.75
nov-20	10202.40	€2,076,327.62
dic-20	10763.80	€2,350,275.75

Figura 47

Histórico del GLP



Anexo 3. Factura de Componentes Electrónicos para Plan Piloto de Monitoreo en Tiempo Real.

Su pedido N° 2021031206 ha sido recibido

Estimado cliente,

Muchas gracias por su pedido. Nos pondremos en contacto con usted el día que realicemos el envío.

Pedido N° 2021031206:

Producto: 10uF @ 250V Capacitor Electrolítico
Producto n°: AD27773
Cantidad: 2
Precio por unid.: 0,40 US\$
Total: 0,80 US\$

Producto: 470KΩ 1W Resistencia
Producto n°: AD11480
Cantidad: 5
Precio por unid.: 0,12 US\$
Total: 0,60 US\$

Producto: SCT-013 Non-Invasive AC Current Sensor (0 - 100A)(0 - 50mA)
Producto n°: AD5643
Cantidad: 1
Precio por unid.: 17,95 US\$
Total: 17,95 US\$

Producto: LCD1604 16x4 Character LCD Display Module Blue Backlight
Producto n°: AD28786
Cantidad: 1
Precio por unid.: 10,90 US\$
Total: 10,90 US\$

Producto: Arduino UNO R3 [VERSION GENERICA]
Producto n°: AD20477
Cantidad: 1
Precio por unid.: 11,95 US\$
Total: 11,95 US\$

Tipo de pago: SINPE Móvil BAC COLONES (+506 7109 8828):
0,00 US\$

Método de envío: Cartago Cercanías [Radio: 10Km]: 2,30 US\$

Datos de facturación

Antony González Pereira

Calle 13.

30101, Urbanización Iztarú, al costado Oeste del Instituto

Tecnológico de Costa Rica, de la entrada principal 125 metros

oeste y 50 al sur.

Cartago

Costa Rica

E-mail: antony.gp15@gmail.com

Teléfono: 89623589

Atentamente,

Micro JPM