

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS AMÉRICAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE LA  
ENERGÍA POR MEDIO DEL LENGUAJE DE MACROS  
MICROSOFT VISUAL BASIC**

**CÉSAR GAMBOA VALVERDE**

**SEDE ARANJUEZ, ABRIL, 2021**

## Tabla de contenido

<b>ACTA DE GRADUACIÓN .....</b>	<b>2</b>
<b>CARTA DE APROBACIÓN DEL FILÓLOGO .....</b>	<b>3</b>
<b>CARTAGO, 14 DE ABRIL DE 2021.....</b>	<b>3</b>
<b>DECLARACIÓN JURADA .....</b>	<b>4</b>
<b>TABLA DE CONTENIDO.....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....</b>	<b>11</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>13</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS.....</b>	<b>16</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>17</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>18</b>
<b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>19</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>20</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>20</b>
<i>Título .....</i>	<i>20</i>
<i>Problema .....</i>	<i>20</i>
<i>Objetivo general.....</i>	<i>20</i>
<i>Objetivos específicos .....</i>	<i>20</i>
<b>JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>20</b>
<b>PROYECCIONES .....</b>	<b>21</b>
<b>CAPÍTULO II. MARCO REFERENCIAL .....</b>	<b>23</b>
<b>LIMITACIONES.....</b>	<b>23</b>
<b>ANTECEDENTES .....</b>	<b>23</b>
<i>Evaluación energética en una planta de alimentos balanceados para animales .....</i>	<i>23</i>
<i>Propuesta estratégica para mejorar la gestión energética de la empresa Agrobiotecnología de Costa Rica S.</i>	

A. ....	24
<i>Modelo de Gestione energética para los Sistemas de Aires Acondicionados del Campus Tecnológico Central Cartago del Instituto Tecnológico de Costa Rica.....</i>	25
<i>Análisis de mejoramiento de eficiencia energética en planta papelera .....</i>	26
<i>Estudio de eficiencia energética de equipos y sistemas de aire acondicionado en la edificación del Bloque G de la Universidad Autónoma del Caribe .....</i>	27
<b>CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>28</b>
IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA (SGEN).....	28
<i>Etapa planear: Paso 2 Evaluar el desempeño energético.....</i>	29
Paso 2.1 Identificar y evaluar requisitos legales y otros .....	30
Paso 2.2 Recopilar datos energéticos.....	30
Paso 2.3 Línea de base energética .....	31
Paso 2.4 Analizar los datos energéticos .....	31
Paso 2.5 Llevar a cabo evaluaciones técnicas y auditorías .....	32
Paso 2.6 Establecer puntos de referencia.....	32
Paso 2.7 Desarrollar un sistema de seguimiento.....	33
INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA EL USO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.....	33
<i>Sectorización de los indicadores energéticos.....</i>	33
<i>Indicadores del sector residencial.....</i>	35
<i>Indicadores del sector servicio.....</i>	37
<i>Indicadores del sector industrial.....</i>	40
INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA EL USO DE LA ENERGÍA DE LOS DERIVADOS DEL PETRÓLEO .....	41
<i>Indicadores del sector transporte.....</i>	41
<i>Datos de consumo energético.....</i>	42
SITUACIÓN ENERGÉTICA DE COSTA RICA.....	45
<i>Consumo de energía de los derivados del petróleo en Costa Rica.....</i>	47
Características de los combustibles en Costa Rica .....	47
<i>Consumo de energía eléctrica en Costa Rica.....</i>	49
Características de la energía eléctrica en Costa Rica.....	50

Energía eléctrica en los sistemas y equipos de refrigeración .....	52
Cálculo de potencia de los electrodomésticos.....	53
Consumo en espera y consumos fantasmas .....	53
Cálculo del consumo de energía eléctrica en los motores.....	54
Energía y potencia mecánica .....	55
Energía y potencia eléctrica.....	55
Energía y potencia alterna.....	56
El factor de potencia.....	57
<i>Cálculo del consumo de energía eléctrica en los sistemas de iluminación .....</i>	<i>57</i>
Fuentes de luz.....	57
Equipos auxiliares .....	58
Luminarias.....	59
EL ESTUDIO DE PROYECTOS.....	59
<i>El proceso de preparación y evaluación de los proyectos .....</i>	<i>60</i>
<i>Fundamentos de matemáticas financieras.....</i>	<i>61</i>
Valor neto actual. ....	61
Tasa interna de retorno (TIR). ....	62
Periodo de recuperación. ....	63
<i>Programación en VBA Excel.....</i>	<i>64</i>
<b>CAPÍTULO IV. MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>66</b>
ENFOQUE .....	66
ALCANCE .....	66
DEFINICIÓN DE LA MUESTRA.....	67
UNIDADES DE ANÁLISIS.....	67
INSTRUMENTOS.....	68
PROCESO DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS. ....	69
<b>CAPÍTULO V. ANÁLISIS.....</b>	<b>71</b>
DESARROLLO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE ENERGÍA.....	71
1) <i>Sistema de enfriamiento por agua helada.....</i>	<i>71</i>

Generalidades .....	71
Etapa 2: Valuar del desempeño energético .....	72
Paso 1 Identificar y evaluar los requisitos legales y de otra índole .....	72
Paso 2 Recopilación de datos eléctricos .....	74
Paso 3 Establecer la línea de base energética .....	75
Paso 4 Analizar los datos energéticos .....	76
Paso 2.5 Llevar a cabo evaluaciones técnicas y auditorías .....	85
2) <i>Casa de habitación</i> .....	91
Generalidades .....	91
Paso 1 Identificar y evaluar los requisitos legales y de otra índole .....	92
Paso 2 Recopilación de datos eléctricos .....	93
Paso 3 Establecer la línea de base energética .....	93
Paso 4 Analizar los datos energéticos .....	93
Paso 5 Realizar evaluaciones técnicas y auditorías .....	96
3) <i>Consumo de combustibles derivados del petróleo</i> .....	100
Generalidades .....	101
<i>Paso 6 Establecer puntos de referencia.</i> .....	104
<i>Paso 7 Desarrollar un sistema de seguimiento</i> .....	105
La herramienta de gestión de recursos energéticos.....	105
La herramienta de gestión de recursos energéticos en el análisis de datos energéticos .....	105
La herramienta de gestión de recursos energéticos en el análisis de los USEn (usos significativos de la energía) ...	108
La herramienta de gestión de recursos energéticos en el análisis de los IDEn (indicadores de la energía) .....	109
La herramienta de gestión de recursos energéticos en el análisis de las variables relevantes .....	111
<b>CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>112</b>
<i>Conclusiones</i> .....	112
<b>CAPÍTULO VII. PROPUESTA .....</b>	<b>118</b>
PROPUESTA 1: MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL COMPRESOR DE TORNILLO DEL CHILLER A .....	118
<i>Criterios de evaluación de proyectos</i> .....	119
<i>Criterios de evaluación de proyectos con la Herramienta de Gestión de energía</i> .....	122

PROPUESTA 2 ADQUISICIÓN DE ELECTRODOMÉSTICOS MÁS EFICIENTES PARA LA CASA DE HABITACIÓN. ....	126
<i>Criterios de evaluación de proyectos</i> .....	128
<i>Criterios de evaluación de proyectos con la Herramienta de Gestión de energía</i> .....	129
<b>APÉNDICES</b> .....	<b>136</b>
APÉNDICES A MEDICIONES DE CONSUMO DE ENERGÍA Y CAUDAL PARA EL CHILLER 1. DATOS OBTENIDOS POR MEDIO DEL BMS .....	136
APÉNDICES B MEDICIONES DE CONSUMO DE ENERGÍA Y CAUDAL PARA EL CHILLER 2. DATOS OBTENIDOS POR MEDIO DEL BMS .....	140
APÉNDICES C DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DE LOS CHILLES.....	144
APÉNDICES D DATOS ELÉCTRICOS DE LOS CHILLER DE ACUERDO CON MANUAL TÉCNICO .....	145
APÉNDICES E PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN DE LOS COMPRESORES DEL CHILLER 1 .....	146
APÉNDICES F PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN DE LOS COMPRESORES DEL CHILLER 2 .....	149
APÉNDICES G PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN DE LOS VENTILADORES DE LOS CHILLERS POR CIRCUITO DE ENFRIAMIENTO CHILLER 1 .....	151
APÉNDICES H PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN DE LOS VENTILADORES DE LOS CHILLERS POR CIRCUITO DE ENFRIAMIENTO CHILLER 2 .....	154
APÉNDICES I IMÁGENES DE LOS DATOS CALCULADOS POR LA HERRAMIENTA DE GESTIÓN DE RECURSOS PARA EL CHILLER 1 .....	157
APÉNDICES J IMÁGENES DE LOS DATOS CALCULADOS POR LA HERRAMIENTA DE GESTIÓN DE RECURSOS PARA EL CHILLER 2 .....	158
APÉNDICES K FICHAS DE POTENCIA ELÉCTRICAS RECOMENDADAS POR LA COMPAÑÍA NACIONAL DE FUERZA Y LUZ .....	159
APÉNDICES L IMÁGENES DE LOS DATOS CALCULADOS POR LA HERRAMIENTA DE GESTIÓN DE RECURSOS PARA LA HABITACIÓN 1 .....	160
APÉNDICES M IMÁGENES DE LOS DATOS CALCULADOS POR LA HERRAMIENTA DE GESTIÓN DE RECURSOS PARA LA HABITACIÓN 2 .....	161
APÉNDICES N IMÁGENES DE LOS DATOS CALCULADOS POR LA HERRAMIENTA DE GESTIÓN DE RECURSOS PARA LA HABITACIÓN 3 .....	162

APÉNDICES O IMÁGENES DE LOS DATOS CALCULADOS POR LA HERRAMIENTA DE GESTIÓN DE RECURSOS PARA LA HABITACIÓN 4 .....	163
APÉNDICES P IMÁGENES DE LOS DATOS CALCULADOS POR LA HERRAMIENTA DE GESTIÓN DE RECURSOS PARA LA SALA .....	164
APÉNDICES Q IMÁGENES DE LOS DATOS CALCULADOS POR LA HERRAMIENTA DE GESTIÓN DE RECURSOS PARA EL COMEDOR.....	165
APÉNDICES R IMÁGENES DE LOS DATOS CALCULADOS POR LA HERRAMIENTA DE GESTIÓN DE RECURSOS PARA LA COCINA .....	166
APÉNDICES S IMÁGENES DE LOS DATOS CALCULADOS POR LA HERRAMIENTA DE GESTIÓN DE RECURSOS PARA LA COCINA (REFRIGERADOR).....	167
APÉNDICES T IMÁGENES DE LOS DATOS CALCULADOS POR LA HERRAMIENTA DE GESTIÓN DE RECURSOS PARA LA BODEGA .....	168
APÉNDICES U IMÁGENES DE LOS DATOS CALCULADOS POR LA HERRAMIENTA DE GESTIÓN DE RECURSOS PARA EL CUARTO DE PILAS .....	169
APÉNDICES V DATOS DE CONSUMO DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO POR MEDIO DE LA HERRAMIENTA DE GESTIÓN DE ENERGÍA.....	170
APÉNDICES W COTIZACIONES POR MANTENIMIENTO DE MOTOR BOMBA DEL CHILLER .....	171
APÉNDICES X CONSUMO DE LA REFRIGERADORA SAMSUNG/RT32K5710S8/AP/12 PIES DE ACUERDO CON MANUAL DE USUARIO .....	172
APÉNDICES Y COSTO DE LA REFRIGERADORA SAMSUNG/RT32K5710S8/AP/12 PIES .....	173

## Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Etapas para el diseño e implementación de un SGEEn .....	29
Ilustración 2 Desagregación esquemática del consumo final total en sectores y subsectores o usos finales .....	34
Ilustración 3 pirámide de indicadores residenciales.....	35
Ilustración 4 Pirámide de indicadores del sector de servicios.....	37
Ilustración 5 Consumo total de energía según fuente y según sector.....	45
Ilustración 6 Consumo nacional en el Sector Público.....	50
Ilustración 7 Estructura de la matriz de generación eléctrica del 2014.....	51
Ilustración 8 Cálculo de la potencia de dos equipos diferentes.....	52
Ilustración 9 Cálculo de la energía de dos equipos diferentes .....	52
Ilustración 10 Conversión de unidades de uso en refrigeración.....	53
Ilustración 11 Ejemplo del consumo diario de un televisor .....	54
Ilustración 12 Cálculo de la potencia en corriente continua .....	55
Ilustración 13 Fórmula para calcular el VAN .....	62
Ilustración 14 Fórmula para calcular el TIR .....	63
Ilustración 15 Ciclo de enfriamiento del sistema de agua helada .....	72
Ilustración 16 Ejemplo de ingreso de una tarifa eléctrica por bloques .....	106
Ilustración 17 Ejemplo de almacenajes de datos eléctricos en la herramienta de gestión .....	106
Ilustración 18 Ejemplo procesamiento de los datos por parte de la herramienta .....	107
Ilustración 19 Ejemplo procesamiento de los datos por parte de la herramienta .....	107
Ilustración 20 Ejemplo del balance de la energía.....	108
Ilustración 21 Ejemplo de la gráfica del comportamiento de la energía eléctrica durante el día.	109
Ilustración 22 Ejemplo de la pantalla de indicadores para cada localidad.....	110

Ilustración 23 Ejemplo de la pantalla para la comparación de equipos .....	110
Ilustración 24 Ejemplo de la pantalla de indicadores económicos.....	111
Ilustración 25 Cálculo económico para la evaluación del mantenimiento con un interés de 6.75 %, en 8 periodos .....	122
Ilustración 26 Cálculo económico para la evaluación del mantenimiento con un interés de 9.54 % en 8 periodos .....	123
Ilustración 27 Cálculo económico para la evaluación del mantenimiento con un interés de 6.75 %, en 11 periodos .....	123
Ilustración 28 Cálculo económico para la evaluación del mantenimiento con un interés de 9.54 % en catorce periodos.....	124
Ilustración 29 Cálculo económico para la evaluación de la compra de los equipos .....	129

## Índice de tablas

Tabla 1 Requisitos legales sobre el uso de la energía .....	30
Tabla 2 Resumen de los indicadores más comunes en el sector residencial.....	36
Tabla 3 Ejemplos de categorías en el sector de servicios y sus unidades .....	38
Tabla 4 Resumen de los indicadores más comunes en el sector servicio .....	39
Tabla 5 Lista de los indicadores más comunes para los datos del sector industrial.....	40
Tabla 6 Lista de los indicadores más comunes para los datos del sector transporte.....	44
Tabla 7 Variables a utilizar en el proyecto.....	67
Tabla 8 Instrumentos por utilizar en el proyecto.....	69
Tabla 9 Costo de la energía eléctrica de acuerdo con la tarifa de la CNFL .....	74
Tabla 10 Registro de las fuentes de energía del sistema de enfriamiento por agua helada e indicador.....	74
Tabla 11 Indicadores de desempeño energético.....	76
Tabla 12 Consumo eléctrico de los equipos del Chiller 1 .....	86
Tabla 13 Consumo eléctrico de los equipos del Chiller 2.....	86
Tabla 14 Cálculo de la potencia de cada uno de equipos del sistema de agua helada Chiller 1 ....	88
Tabla 15 Cálculo de la potencia de cada uno de equipos del Sistema de agua helada Chiller 2 ...	88
Tabla 16 Costo diario de funcionamiento del Chiller 1 .....	89
Tabla 17 Costo diario de funcionamiento del Chiller 2 .....	89
Tabla 18 Resumen comparativo del funcionamiento de los Chiller del sistema de agua helada...	89
Tabla 19 Comparación de datos obtenidos por medio de cálculos teóricos y la herramienta de gestión de recursos energéticos para el Chiller 1 .....	90
Tabla 20 Comparación de datos obtenidos por medio de cálculos teóricos y la herramienta de gestión de recursos energéticos para el Chiller 2 .....	91

Tabla 21 Dimensiones de la casa de habitación .....	92
Tabla 22 Costo de la energía eléctrica para la tarifa T-RE .....	92
Tabla 23 Indicadores de desempeño energético.....	93
Tabla 24 Consumo mensual de la casa de habitación de abril 2020 a enero 2021 .....	94
Tabla 25 Consumo teórico de energía eléctrica en la casa de habitación .....	95
Tabla 26 Consumo teórico de energía eléctrica (kW) y su costo diario en la casa de habitación .	96
Tabla 27 Indicadores energéticos para iluminación .....	96
Tabla 28 Indicadores energéticos para equipos de refrigeración .....	97
Tabla 29 Indicadores energéticos para electrodomésticos .....	97
Tabla 30 Costo de la energía eléctrica mensual por equipo .....	97
Tabla 31 Comparación consumo mensual teórico y por herramienta de gestión para la casa de habitación .....	99
Tabla 32 Comparación indicadores energéticos teórico y por Herramienta de Gestión para la casa de habitación .....	100
Tabla 33 Comparación costo diario de la energía eléctrica teórico y por herramienta de gestión para la casa de habitación.....	100
Tabla 34 Facturación por compra de gas licuado de petróleo del año 2020 .....	101
Tabla 35 Facturación por compra de gas licuado de petróleo del año 2020 agrupada .....	103
Tabla 36 Comparación de datos entre los cálculos teóricos y la herramienta de gestión .....	103
Tabla 37 Facturación por compra de gas licuado de petróleo del año 2019 .....	104
Tabla 38 Costo de la diferencia de energía entre los compresores de tornillo de los Chillers 1 y 2 .....	118
Tabla 39 Cálculo del VAN para un total de 8 periodos con un interés del 6,75 %.....	119
Tabla 40 Cálculo del VAN para un total de 8 periodos con un interés del 9,54 %.....	120

Tabla 41 Cálculo del VAN para un total de 11 periodos con un interés del 6,75 %.....	121
Tabla 42 Cálculo del VAN para un total de 14 periodos con un interés del 9,54 %.....	121
Tabla 43 Comparación del valor neto actual entre los datos teóricos y de la Herramienta de la propuesta con 8 periodos y un interés de 6.75 % .....	124
Tabla 44 Comparación del valor neto actual entre los datos teóricos y de la herramienta de la propuesta con 8 periodos y un interés de 9.54 % .....	125
Tabla 45 Comparación del valor neto actual entre los datos teóricos y de la herramienta de la propuesta con 11 periodos y un interés de 6.75 % .....	125
Tabla 46 Comparación del valor neto actual entre los datos teóricos y de la herramienta de la propuesta con 14 periodos y un interés de 9.54 %.....	125
Tabla 47 Comparación de costos entre los equipos actuales y propuesta (refrigeradoras).....	127
Tabla 48 Cálculo del consumo de energía para la cocina Atlas EAV3089MGD .....	127
Tabla 49 Comparación de costos entre los equipos actuales y propuesta (cocinas) .....	127
Tabla 50 Cálculo de valor neto actual para la compra de los equipos .....	128
Tabla 51 Comparación entre el cálculo del VAN y TIR teórico contra el VAN y TIR calculado por la herramienta de gestión de energía.....	130

## Índice de gráficos

Gráfico 1 La biomasa en la oferta de la energía en Costa Rica (2015).....	46
Gráfico 2 Evolución histórica y proyecciones de demanda de derivados del petróleo.....	49
Gráfico 3 Comportamiento de la energía eléctrica del Chiller 1.....	77
Gráfico 4 Comportamiento del caudal de agua helada del Chiller 1 .....	78
Gráfico 5 Comportamiento del indicador de desempeño energético (energía/ caudal) a través de la medición Chiller 1 .....	78
Gráfico 6 Histograma de frecuencias relativas la energía eléctrica consumida por el Chiller 1....	79
Gráfico 7 Histograma de frecuencias relativas del caudal generado por el Chiller 1 .....	80
Gráfico 8 Histograma de frecuencias relativas del Indicador de desempeño energético del Chiller 1 .....	80
Gráfico 9 Comportamiento de la energía eléctrica del Chiller 2.....	82
Gráfico 10 Comportamiento del caudal de agua helada del Chiller 2 .....	82
Gráfico 11 Comportamiento del indicador de desempeño energético (energía/ caudal) a través de la medición Chiller 2.....	83
Gráfico 12 Histograma de frecuencias relativas la energía eléctrica consumida por el Chiller 2..	83
Gráfico 13 Histograma de frecuencias relativas del caudal de agua helada generado por el Chiller 2.....	84
Gráfico 14 Histograma de frecuencias relativas del indicador de desempeño energético del Chiller 2.....	84
Gráfico 15 Balance de la energía eléctrica para el Chiller 1 .....	87
Gráfico 16 Balance de la energía eléctrica para el Chiller 2.....	88
Gráfico 17 Balance de la energía eléctrica para la casa de habitación.....	97

## **Dedicatoria**

A mi madre: “Buenas tardes, profesor, le escribo para explicarle que mi hijo César no pudo cumplir con la tarea, ya que la electricidad es muy cara, por eso, no pudo complacerlo en calentar el agua que tenía que llevar a la universidad con esto asumo mi responsabilidad” (Olga María Valverde Pérez, 29 de julio de 2010) con estas palabras me empezó a guiar es este hermoso tema de los métodos de conservación de la energía.

## **Agradecimiento**

Agradezco primero a Dios, por la oportunidad de vivir en una maravillosa época de la historia.

Agradezco a mis padres, por toda la ayuda brindada en todos estos años de crecimiento educativo, desde mis primeros años en la escuela hasta este último periodo de educación.

A mis hermanos, por cada una de sus ideas y ocurrencias.

Agradezco, al máster Billy Retana Peña, por la ayuda en el desarrollo de este trabajo, por cada sugerencia y mejora para finalizar.

Agradezco a anónimo que escribió la frase: *El miedo es una ilusión.*

## Resumen ejecutivo

Uno de los temas de mayor proyección en los últimos años en Costa Rica es la relación que mantienen los intereses económicos, sociales y ambientales en la realidad nacional. A primera vista estos intereses pueden ser contradictorios, ya que el aumento sin control de alguno de estos puede producir efectos negativos a corto y mediano plazo en el país. Por ejemplo, si se eleva la competitividad de la industria nacional sin pensar en el aumento de contaminantes y demanda de recursos, la imagen de la nación como pionera en temas de conservación ambiental se verá afectada, ya que Costa Rica ha suscrito convenciones internacionales relacionadas con el cambio climático, la protección de la biodiversidad, la degradación de tierras y la capa de ozono. En un sistema de gestión de energía las ideas principales son la seguridad energética, el desarrollo y competitividad económica, el cambio climático y bienestar de la población, ya que contemplan diversas estrategias orientadas al ahorro y el uso eficiente de la energía, las cuales sirven para aumentar el rendimiento de una empresa. Los sistemas de gestión de energía contemplan una serie de etapas para su implementación, una de las cuales consiste en evaluar el desempeño energético. La justificación de este trabajo es proveer una herramienta para llevar a cabo una evaluación del desempeño energético en diferentes equipos en el ámbito costarricense, por medio del lenguaje de programación Microsoft Visual Basic Aplicaciones, ya que los sistemas operativos de Microsoft son muy usados en el país. El proceso de desarrollo de esta investigación comenzará por determinar cuál es el uso que se le da a la energía en Costa Rica para orientar los esfuerzos en esta dirección, una vez determinado el uso, se aplicará una evaluación de la energía a diferentes elementos típicos de la industria costarricense por medio de una herramienta de macros. Esta herramienta mostrará el uso que se le da a la energía, el rendimiento de los equipos y el costo por medio de gráficos e indicadores, esto con el fin de ayudar en la toma de decisiones para la disminución del uso de la energía y aumentar el rendimiento económico. Una vez propuestas las medidas, la herramienta podrá ayudar en la evolución de la viabilidad de implantar la propuesta por medio de indicadores de evaluación económicos como el valor neto actual (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR).

## **Capítulo I. Introducción**

### **Planteamiento del problema**

#### **Título**

Implementación de un sistema de la gestión de la energía, por medio del lenguaje de macros Microsoft Visual Basic.

#### **Problema**

¿Cómo se puede llevar a cabo la implementación de un sistema de la gestión de la energía por medio del lenguaje de macros Microsoft Visual Basic?

#### **Objetivo general**

Crear una herramienta de cálculo de consumo de recursos energéticos que sirva de base en la gestión y toma de decisiones para la mejora de la eficiencia energética de la industria costarricense.

#### **Objetivos específicos**

1. Definir la situación de país en temas energéticos, abarcando temas de consumo energético, uso de la energía y posibilidades de la conservación de la energía.
2. Crear un registro de los cinco principales tipos de usos de la energía en los sectores industriales y residenciales del país.
3. Analizar cuáles son los indicadores energéticos aptos para la aplicación actual en Costa Rica.
4. Generar un balance de energía que ayude en la toma de decisiones e implementación de oportunidades de conservación de la energía de acuerdo con el caso de estudio.
5. Proporcionar un estudio básico financiero de la implementación de las oportunidades de conservación de la energía.
6. Utilizar el lenguaje de macros Microsoft Visual Basic para proporcionar una herramienta para la implementación de un sistema de gestión de los recursos energéticos.

### **Justificación**

La disminución de los recursos naturales, la emisión de contaminantes al ambiente y el impacto de la huella ambiental es responsabilidad de cada uno de los usuarios de los recursos

energéticos, ya que de esto depende el futuro de las próximas generaciones. Este manejo debe desarrollarse bajo diferentes factores entre los que destacan el crecimiento de la sociedad y demanda de recursos energéticos, una protección al ambiente y las aspiraciones humanas de alcanzar mejores niveles de calidad de vida y progreso. Por lo tanto, el concepto de eficiencia energética busca que estos tres factores convivan en la realidad nacional, lo que fomenta la reducción del consumo de energía en las tareas diarias.

Esta tesis consiste en un estudio para la creación de una herramienta capaz de almacenar datos de consumo energético, con el fin de que sirva de base para la toma de decisiones en búsqueda de aumentar la eficiencia energética y disminuir la intensidad energética del país. Todo esto en congruencia con el VII Plan Nacional de Energía 2015-2030 (PNE) del Ministerio de Ambiente y energía (Minae).

El Ministerio de Ambiente y Energía (Minae) (2015) en el VII Plan Nacional de Energía plantea a la eficiencia energética como la oportunidad para el desarrollo sostenible:

La eficiencia energética mejora la competitividad del sistema productivo del país, evita el desperdicio y, por ende, disminuye las inversiones e impactos sociales y ambientales del desarrollo energético (p. 17).

El crecimiento de la demanda energética es un elemento que impulsa la necesidad de aumentar la capacidad del sistema eléctrico nacional y también el aumentar la oferta energética, este aumento podrá traer impactos muy importantes al país. De acuerdo con el Minae (2015):

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 afectan otras metas de desarrollo y que reduzca la necesidad de instalación de nuevas plantas generadoras de electricidad y el consumo de combustibles (p. 17).

Con la creación de la herramienta se solventará la necesidad que tienen algunas personas de conocer el uso que se le da a la energía en sus actividades diarias. Además, se creará en Microsoft VBA (Visual Basic para aplicaciones), este lenguaje de macros se utiliza para programar aplicaciones en el ambiente de Windows Microsoft Office, su objetivo principal es automatizar cálculos, crear aplicaciones y servicios de bases de datos.

## **Proyecciones**

Al crear la herramienta para la implementación de un sistema de gestión de los recursos energéticos se busca lograr, como resultado del proceso investigativo:

- Comparación de los hábitos de consumo de energías de una industria *versus* las posibles soluciones en búsqueda de mejoramiento energético.
- Comparación de la eficiencia energética de los equipos o sistema de una industria *versus* equipos o sistemas más eficaces.
- Presentar un cálculo estimado de ahorro energético con base en la situación actual de una empresa y sus posibles soluciones energéticas.

## **Capítulo II. Marco referencial**

### **Limitaciones**

El proyecto se limita al diseño de una herramienta para la implementación de un sistema de gestión de los recursos energéticos, con el fin de proporcionar una serie de indicaciones y cálculos referentes al uso de la energía. Por lo tanto, no contempla las acciones a tomar para la implementación del sistema de gestión en la industria, esta decisión deber ser valorada por personal con conocimiento del caso.

El proyecto se limita a calcular la cantidad de energía que se utiliza en las diferentes instalaciones, se basa en un inventario visual, apoyado por otros tipos de documentos, por ejemplo, planos, manuales de equipos y mediciones. Por lo tanto, no se incluyen lecturas de lúmenes, tipos de luminarias, evaluación de condiciones ambientales o evaluaciones similares que se puedan hacer en los diferentes sistemas.

El proyecto está orientado al desarrollo de una herramienta para la implementación de un sistema de gestión de energía para la industria costarricense, por lo tanto, no tiene como alcance las empresas o industrias no típicas de Costa Rica. La herramienta para la implementación gestión de recursos energéticos se limita a los principales tipos y equipos de uso de la energía en Costa Rica, por consecuencia, no contempla todos los posibles usos ni todos los posibles equipos.

### **Antecedentes**

#### **Evaluación energética en una planta de alimentos balanceados para animales**

Universidad: Universidad de Costa Rica (Costa Rica)

Autor: Licenciada Fabiola Chacón Cordero

Año: 2015

La tesis de la licenciada Fabiola Chacón Cordero para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Química de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de Costa Rica corresponde a la evaluación energética en una planta de alimentos balanceados para animales. El objetivo es determinar el uso de la energía y considerar la implantación de medidas que permitan su aprovechamiento en la empresa.

La metodología de trabajo consta de tres partes:

- La recopilación de información sobre consumos energéticos con la finalidad de establecer un perfil de uso y consumo de la energía.
- La evaluación del sistema eléctricos y de vapor de la empresa.
- La determinación de oportunidades de conservación de la energía que requieran inversión y las que no la requieran.

La evaluación de los sistemas eléctricos se lleva a cabo por medio del balanceo de cargas y el perfil de carga. De acuerdo con Chacón (2015), el objetivo de este punto es el análisis del uso y consumo de la energía:

Posteriormente se procedió con la elaboración de un balanceo de energía eléctrica, que permitió conocer las áreas y equipos de mayor consumo eléctrico. Durante esta fase de la evaluación energética, se realizaron mediciones en los equipos eléctricos. Una vez obtenido el balanceo de energía eléctrica, la siguiente etapa del estudio se centró en el análisis de las áreas más importantes de consumo eléctrico (p. 33)

El trabajo muestra la metodología para calcular el consumo de energía eléctrica en diferentes procesos y equipos, por lo que para el desarrollo de la herramienta virtual es importante contar con ejemplos prácticos para su evaluación. Por ende, el propósito del uso de esta tesis como antecedente es la de mostrar, de una forma práctica, el cálculo del consumo energético.

Además, la tesis de la Lic. Chacón cuenta con un capítulo en el que se calculó el gasto energético de otras fuentes de energía como el vapor y los combustibles fósiles. Con esto se llegó a la conclusión de recomendar el cambio del tipo de combustible de una caldera por LPG, ya que aportaba beneficios económicos y ambientales.

### **Propuesta estratégica para mejorar la gestión energética de la empresa Agrobiotecnología de Costa Rica S. A.**

Universidad: Universidad de Costa Rica (Costa Rica)

Autor: Máster Orlando Arrieta Orozco

Año: 2015

La tesis de Maestría de Orlando Arrieta Orozco para optar por el título de Maestría Profesional en Administración y Dirección de Empresas con Énfasis en Gerencia de la Universidad

de Costa Rica plantea la elaboración de una propuesta estratégica para la gestión energética para la empresa Agrobiotecnología de Costa Rica. El objetivo principal del trabajo es analizar la gestión que realiza la empresa Agrobiotecnología de Costa Rica S. A. a través de una investigación de campo. En el desarrollo de este documento se identifican diferentes fases de investigación, las cuales comprenden los siguientes:

- El uso y las necesidades de recursos energéticos eléctricos.
- La evaluación los elementos estratégicos de la empresa con respecto a la gestión de la energía.

En el desarrollo de la investigación Arrieta presenta la Norma ISO 50001 correspondiente al sistema de gestión de la energía, esta norma busca que las organizaciones establezcan sistemas y procesos para mejorar el desempeño energético. Esta tesis, como antecedente, será útil para introducir un sistema de recolección de datos de consumo de la energía eléctrica en los sistemas de aire acondicionado y sistemas de iluminación, además se analizarán las acciones que se plantearon en la propuesta del trabajo y se valorará su incorporación a la herramienta de gestión de energía.

### **Modelo de Gestione energética para los Sistemas de Aires Acondicionados del Campus Tecnológico Central Cartago del Instituto Tecnológico de Costa Rica**

Universidad: Instituto Tecnológico de Costa Rica (Costa Rica)

Autor: Licenciada Kimberly de los Ángeles Robles Rojas

Año: 2019

La tesis de la licenciada Kimberly de los Ángeles Robles Rojas para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería en Mantenimiento Industrial plantea el diseño de un modelo de gestión energético que promueva el proceso de transición hacia el uso de aire acondicionado para generar un menor impacto ambiental en el Campus Tecnológico Central Cartago del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

La licenciada Robles llevó a cabo un levantamiento de los equipos de aire acondicionado del lugar con el fin de identificar las condiciones de operación y de estado de los equipos. Esto con base en las normas Inteco E14-1:2015 de la eficiencia energética y la norma INTE-ISO 14064-1:2006 de gases de efecto invernadero. Una vez terminado este paso, la autora comparó los equipos con otros en el ámbito energético, financiero y ambiental.

El uso de la tesis de la licenciada Robles es referencia en el cálculo de la eficiencia de los equipos de aire acondicionado. Además, es una referencia en temas de indicadores y de cálculo de gastos financieros y energéticos y en cuanto a equipos de mayor eficiencia energética.

### **Análisis de mejoramiento de eficiencia energética en planta papelera**

Universidad: Universidad de Chile (Chile)

Autor: Andrés Jacob Pereira Tapia

Año: 2012

La tesis del ingeniero Andrés Jacob Pereira Tapia para optar por el título de Ingeniero Civil Electricista de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Chile (Chile), plantea la reducción de costos por energía eléctrica de la planta de operaciones de la empresa Papeles Cordillera de CMPC.

El objetivo del trabajo es la reducción de costos asociados al consumo de energía y aumentar la confiabilidad del proceso productivo de la empresa. De acuerdo con Pereira Tapia (2012), la planta Papeles Cordillera Filia de CMPC está ubicada en Puente Alto, Santiago y se dedica al procesamiento y fabricación de distintos productos de papel y cartón:

Su consumo de energía eléctrica durante el periodo de 2010 fue de 27,636 GWh y solo por concepto de máquinas asociadas al procesamiento del papel el consumo fue de 15,869 GWh, es decir más del 50 %, sin exclusión de que la mayoría del resto de los procesos también involucra la utilización de máquinas eléctricas (p. 9).

La tesis toma como base dos líneas de estudio: el estudio de predicción de fallas de los motores de la planta mediante un modelo teórico un modelo computacional y otro la evaluación del recambio o sustitución de motores de planta por motores más eficientes, este es el punto más importante para el desarrollo de la herramienta virtual, ya que contempla una evaluación técnica y económica. Según Pereira Tapia (2012):

Se desarrollará una evaluación técnica y económica, vale decir, se estudiará y dimensionará el gasto de reemplazar los motores que presentan falla con frecuencia no habitual o cuya eficiencia tenga evidencia de disminución y finalmente motores cuyos factores de eficiencia estén deteriorados. También, como modelo preliminar, se evaluará el costo que representa a la planta el recambio de dichos motores en términos de operación e interrupción de

producción (p. 16).

La tesis de ingeniero Pereira servirá de base para desarrollar el cálculo de la eficiencia, consumo de energía y cálculo económico de diferentes equipos electromecánicos, principalmente motores de inducción. Al igual que la industria chilena, la industria costarricense basa su funcionalidad en este tipo de máquinas eléctricas.

### **Estudio de eficiencia energética de equipos y sistemas de aire acondicionado en la edificación del Bloque G de la Universidad Autónoma del Caribe**

Universidad: Universidad Autónoma del Caribe (Colombia)

Autor: Ingeniero Lili Bolívar Hernández e Ingeniero Mario Martínez Gómez

Año: 2014

La tesis de los ingenieros Lili Bolívar Hernández y Mario Martínez Gómez, para obtener el título de Ingeniero Mecánico de la Universidad Autónoma del Caribe, plantea la necesidad de llevar a cabo un estudio a los equipos de aire acondicionado de confort en instalaciones con más de 10 años de construcción, ya que presentan mayores oportunidades de obtener una mejora energética. De acuerdo con Bolívar y Martínez (2014), una forma de mejorar la eficiencia energética de los sistemas de aire acondicionado es con la búsqueda de equipos más eficientes:

Las mejoras de la eficiencia energética en edificaciones se pueden dar con mejoras de los equipos o mejoras en la edificación, Es allí donde la simulación del comportamiento energético de los edificios tiene sentido como una herramienta que permite mantener los estándares de confort, disminuyendo el gasto o consumo energético (p. 59)

De la tesis de los ingenieros Bolívar y Martínez se utilizarán los modelos para el cálculo de la eficiencia energética de los equipos de aires acondicionado de confort, así como la experiencia del uso del *software* de simulación energética y cálculo de carga térmica CYPE. La tesis también plantea la forma de calcular la eficiencia energética de los equipos de climatización, además, plantea una base para el cálculo de gasto económico de cambiar los equipos por otros de mayor eficiencia que se pueden encontrar en el mercado en dos puntos muy importantes como el ahorro económico y el gasto de estos nuevos equipos.

### Capítulo III. Marco teórico

#### Implementación de un sistema de gestión de la energía (SGEn)

Un sistema de gestión de la energía es una metodología para la mejora sostenida y continua del desempeño energético en las organizaciones. De acuerdo con Hernández, Ezequiel, Flores y Sosa (2014), en el Manual para la implementación de un sistema de gestión de la energía, su implementación trae los siguientes beneficios a las organizaciones:

Ayuda a identificar, priorizar y seleccionar las acciones para la mejora de desempeño energético con base a su potencial de ahorro y el nivel de inversión requerido.

Reduce costos al aprovechar al máximo los recursos energéticos.

Impulsa la productividad y el crecimiento (mayor aprovechamiento, menor desperdicio).

Promueve las mejoras prácticas de gestión energética.

Asegura la confianza y calidad de la información que se utiliza para la toma de decisiones.

Facilita la integración de sistemas de gestión ya existentes.

Desarrolla capacidad en la organización.

Genera una cultura organizacional orientada a la gestión de la energía (p. 14).

Para la implementación de un sistema de gestión de energías, Hernández *et al.* (2014) propone una metodología por etapas en el contexto del ciclo de mejoras continuas denominadas planear/hacer/verificar/actuar:

**Planear:** Se refiere a las actividades asociadas a conducir el diagnóstico de desempeño energético y establecer la línea base, los indicadores de desempeño energético (IDEn), los objetivos, las metas y planes de acción, necesarias para lograr los resultados que pretenden mejorar el desempeño energético de acuerdo con la política energética de la organización.

**Hacer:** Considera las actividades relacionadas con la implementación de los planes de acción en materia de gestión de la energía.

**Verificar:** considera en realizar el seguimiento y la medición de los procesos y las características claves de las operaciones que determinan el desempeño energético en relación con las políticas y objetivos energéticos informando los resultados alcanzados.

Actuar: Implica la toma de acciones para mejorar en forma continua el desempeño energético y el SGE<sub>n</sub> (p. 21).



Ilustración 1 Etapas para el diseño e implementación de un SGE<sub>n</sub>

Fuente: Hernández *et al.* (2014).

### **Etapa planear: Paso 2 Evaluar el desempeño energético**

El concepto de desempeño energético considera los usos que se dan a la energía, la forma que lo consume, la densidad energética y las medidas para fomentar la eficiencia y el ahorro. En esta etapa se obtienen la situación energética actual de la organización y se prevén los consumos futuros de la energía. De acuerdo con Hernández *et al.* (2014), los pasos para la evaluación del desempeño energético incluyen:

Paso 2.1 Identificar y evaluar los requisitos legales y de otra índole, que deben considerarse con relación al uso y consumo de energía y la eficiencia energética.

Paso 2.2 Recopilar datos energéticos, para la obtención de evidencias que sustenten los datos sobre usos y consumos, pasados y presentes de la energía utilizada por la organización.

Paso 2.3 Establecer las líneas de base térmica, la cual representa el estado inicial a partir

del cual se evalúa el proceso de las acciones implementadas y se comparan con las metas definidas.

Paso 2.4 Analizar datos energéticos, para identificar los factores que influyen en el desempeño en función de los patrones y tendencias en el uso y consumo de energía.

Paso 2.5 Realizar evaluaciones técnicas y auditorías, enfocadas en la evaluación del desempeño operativo de los sistemas en la instalación, así como en los equipos para determinar la mejora.

Paso 2.6 Establecer puntos de referencia, para contrastar cualquier tipo de información relevante para la organización, tales como: Indicadores de desempeño Energético y líneas de base Energético. Esto facilitaría la identificación de oportunidades de mejora y de mejoras prácticas que pueden incorporarse a las acciones ya emprendidas por la organización.

Paso 2.7 Desarrollar un sistema de seguimiento, que defina un proceso mediante el cual se supervisa, registran o analizan los datos energéticos, los usos significativos de la energía y las variables relevantes que afectan el desempeño energético (p. 29).

### ***Paso 2.1 Identificar y evaluar requisitos legales y otros***

En este punto se evalúa la naturaleza de la organización, identificando los requisitos legales y otros aplicables con el uso de la energía y la eficiencia energética.

Tabla 1 Requisitos legales sobre el uso de la energía

REQUISITOS REFERENTES AL USO, CONSUMO DE ENERGÉTICOS Y EFICIENCIA ENERGÉTICA	
USO	La utilización de energéticos en procesos productivos o prestación de servicios.
CONSUMO	Las cantidades permisibles de utilización de energéticos.
EFICIENCIA ENERGÉTICA	Restricción en cuanto al desempeño de procesos/equipos/sistemas.

Fuente: Hernández *et al.* (2014).

### ***Paso 2.2 Recopilar datos energéticos***

En este paso se necesita información confiable y clara sobre cómo y dónde se utilizan la energía, la actividad se puede llevar a cabo como una tarea de mantenimiento o por medios de proveedores externos. Según Hernández *et al.* (2014) es recomendable seguir los siguientes pasos para el análisis de los datos energéticos:

Determinar el nivel de detalle adecuado: el nivel y el alcance de la recopilación de datos puede variar de una organización a otra. Se puede optar por la recopilación puntual (equipos/procesos) con mediciones directas o un simple análisis de facturas de servicio de energía.

Identificar documentos de usos y consumos de energía: para las fuentes de energía identificadas anteriormente, se puede recopilar las facturas de servicios energéticos, las lecturas de medidores y otros datos de usos y consumo. Los datos energéticos pueden residir en el departamento de contabilidad, en el corporativo o en cada instalación, o se pueden adquirir con los proveedores de los servicios energéticos. Es recomendable utilizar los datos más recientes posibles.

Recopilar datos operativos en instalaciones: para poder normalizar y comparar, es necesario recopilar datos no relacionados con la energía en las instalaciones correspondientes como son: tamaño de la instalación edificación, horas de operación, niveles de producción, etc.

Contabilizar todas las fuentes de energía (matriz energética): un inventario de todos los energéticos comprados y generados en sitio (electricidad, gas, combustible, residuales, subproductos), con sus respectivas unidades de energía (kWh, kJ y MMBTU) (p. 32).

### ***Paso 2.3 Línea de base energética***

Los identificadores son una referencia para la estandarización de los consumos de energía y para el uso de la información de oportunidades de mejora, primero se determinan los identificadores correspondientes a la organización, de acuerdo con la instalación y al sector productivo hay diferentes indicadores.

### ***Paso 2.4 Analizar los datos energéticos***

El análisis de datos es la comprensión de las tendencias del uso de la energía y las variables que afectan el desempeño energético, esto permite identificar las medidas de aumento de la eficiencia energética y los usos más importantes de la energía. Al finalizar el análisis de datos se

determinan las oportunidades de mejora, las evaluaciones técnicas, la comparación entre equipos y otras informaciones para evaluar y priorizar oportunidades de mejora. Para esto, es necesario calcular los beneficios, los esfuerzos necesarios y costos asociados con las oportunidades. De acuerdo con Hernández *et al.* (2014) algunos criterios para la priorización de las oportunidades de mejora son:

Ahorro estimado de energía.

Rendimiento de inversión.

Prioridades de negocio.

Costo estimado de proyecto.

Facilidad de implementación.

Regulaciones legales.

Impacto ambiental (p. 36).

### ***Paso 2.5 Llevar a cabo evaluaciones técnicas y auditorías***

Al llevar a cabo las evaluaciones técnicas y auditorías se crea una línea de base para la evaluación del desempeño energético de la organización o compañía. Hernández *et al.* (2014) definen este punto como:

Conocer la línea de base energética de la organización y el desempeño energético es parte de la información necesaria para llevar a cabo una auditoría o revisión energética [...] son exámenes exhaustivos llevados a cabo por profesionales de la energía y/o ingenieros que evalúan el rendimiento real de los sistemas y equipos de una instalación contra su nivel de rendimiento de diseño o en contra de la mejor tecnología disponible. La diferencia entre estos es el potencial de ahorro energético y la reducción de costos de operación y mantenimiento (pp. 36-37).

### ***Paso 2.6 Establecer puntos de referencia***

Este punto consiste en establecer puntos de referencia del desempeño energético para compararlos con un desempeño pasado, promedio de la industria, mejores desempeños y mejores prácticas. Además, tiene como propósito asimilar e interpretar las mejores prácticas de desempeño energético.

### ***Paso 2.7 Desarrollar un sistema de seguimiento***

Un sistema de seguimiento del desempeño energético puede ser desde una hoja de cálculo hasta un sistema de información tecnológica. De acuerdo con Hernández *et al.* (2014) los puntos importantes por considerar para contar con un sistema de seguimiento adecuado son:

**Alcance:** El sistema de seguimiento se encuentra determinado por el tamaño y nivel de la información recolectada, así como la frecuencia con la que se miden, registran y analizan los datos energéticos.

**Mantenimiento:** el sistema de seguimiento debe ser fácil de usar, actualizar y mantener.

**Reporte y comunicación:** utilizar el sistema de seguimiento que puedan comunicar y motivar a las partes interesadas del desempeño energético. El desarrollo de formatos debe considerar que la información que se plasma es comprensible a todos los niveles de la organización (p. 38).

### **Indicadores de eficiencia energética para el uso de la energía eléctrica**

Un indicador es un dato o una información que sirve para valorar una característica, la International Energy Agency (IEA) define un indicador como:

Un indicador podría ser uno o varios valores estadísticos que en su conjunto constituyen un indicio [...] Los indicadores pueden ser expresados en unidades de energía (el consumo de un sector o de un uso final) y también en ratios (litros por 100 kilómetros, kilowatts horas [kWh] por tonelada de papel). Además, pueden ser escritos en porcentajes: participación del sector industrial en el consumo energético total, o porcentaje de hogares que cuentan con acceso a la energía eléctrica (p. 17).

En los indicadores de eficiencia energética, por lo general, el consumo de energía se convierte en el numerador mientras el dato de la actividad es el denominador.

### **Sectorización de los indicadores energéticos**

La sectorización de los indicadores energéticos está relacionada con las actividades propias de cada país, de acuerdo con IEA (2016): “Como punto de partida se debe emplear los balances energéticos, disponibles en cada país, para tener una visión general del consumo” (p. 23). Además, es necesario desglosar las cifras de uso de la energía.

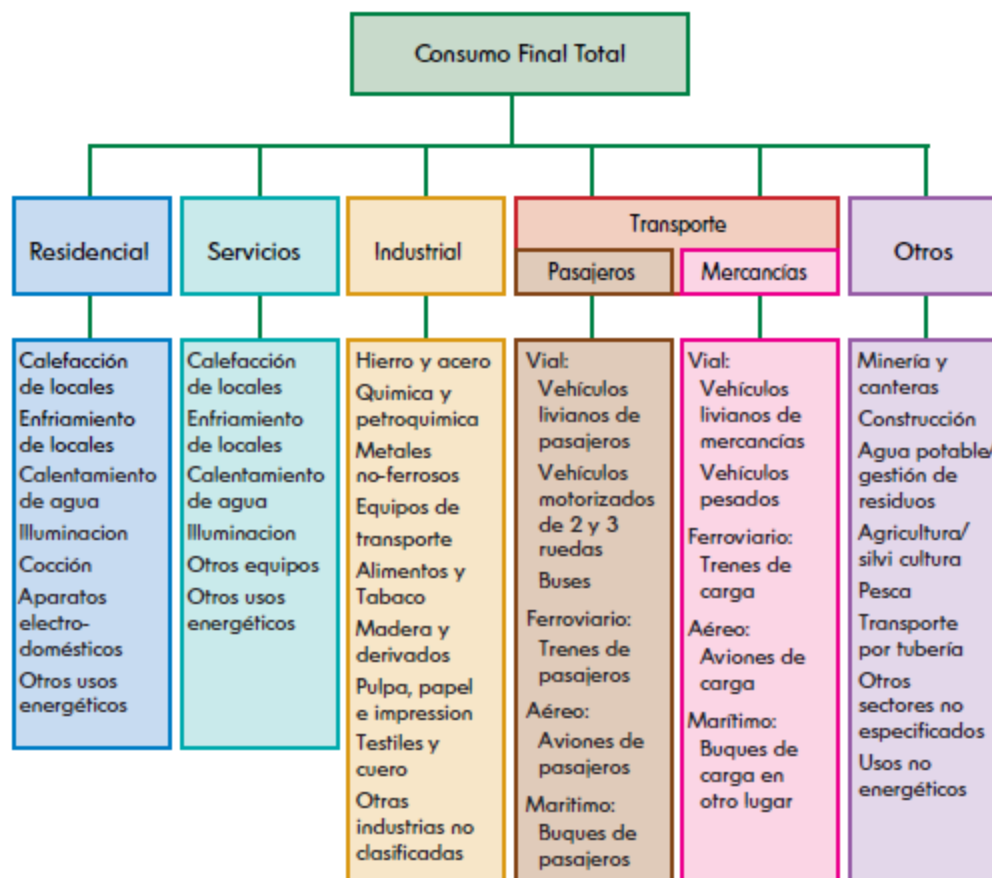


Ilustración 2 Desagregación esquemática del consumo final total en sectores y subsectores o usos finales

Fuente: IEA (2016).

Para la clasificación de los indicadores de acuerdo con IEA (2016), se puede utilizar un esquema piramidal desde un nivel más detallado hasta otro menos detallado:

Los indicadores de cada uso final pueden ser definidos en forma piramidal, desde un nivel agregado (por ejemplo, la proporción de la calefacción en el consumo total del hogar), hasta el más desagregado (por ejemplo, el consumo para la calefacción por tipo de sistema por vivienda o por superficie). Cuanto más *ancha* la pirámide, mayores detalles requieren. En este enfoque piramidal se definen tres niveles, siendo el primero el más agregado y el tercero el más desagregado. Por motivo de simplificación, se ha definido a cada indicador un código corto de tres caracteres que identifican el uso final y el nivel del indicador (p. 46).

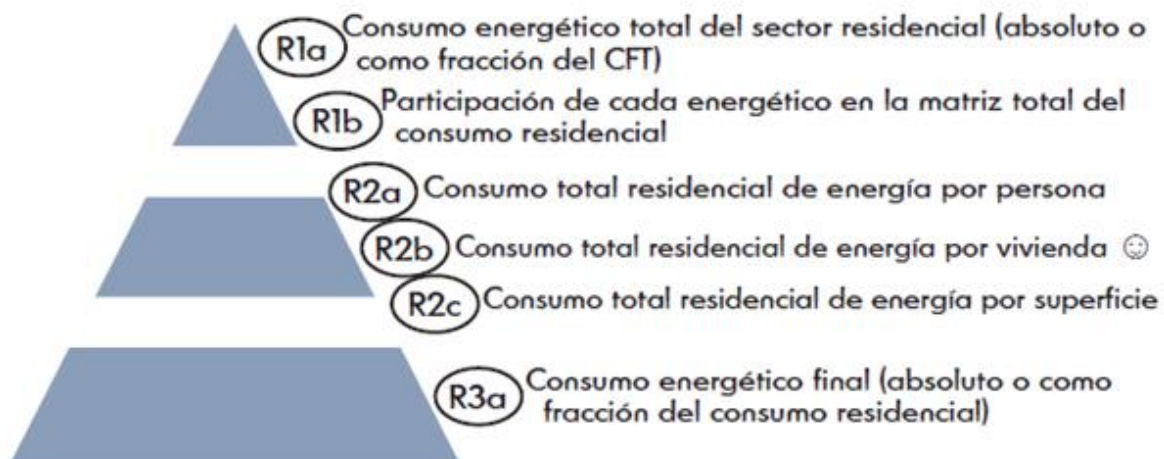


Ilustración 3 pirámide de indicadores residenciales

Fuente: IEA (2016).

De acuerdo con la nomenclatura que utiliza el IEA (2016), la primera letra corresponde a proceso (calefacción, enfriamiento, iluminación, etc.), el número que sigue corresponde al nivel y el tercer corresponde a un identificador de nivel, además, identifica al indicador más recomendado por medio del símbolo de una carita feliz (☺).

### **Indicadores del sector residencial**

De acuerdo con IEA (2016): “En la mayoría de los países, el consumo en los diversos sectores forma parte de un balance energético, por lo que con frecuencia se conoce como consumo total” (p. 47). El primer nivel de la pirámide es el consumo energético total para el sector residencial, el segundo nivel de indicadores corresponde a la relación entre el consumo energético total y las actividades y el tercer nivel de indicadores corresponde al consumo residencial por hogar en el consumo total del balance energético correspondiente a cada país.

Tabla 2 Resumen de los indicadores más comunes en el sector residencial

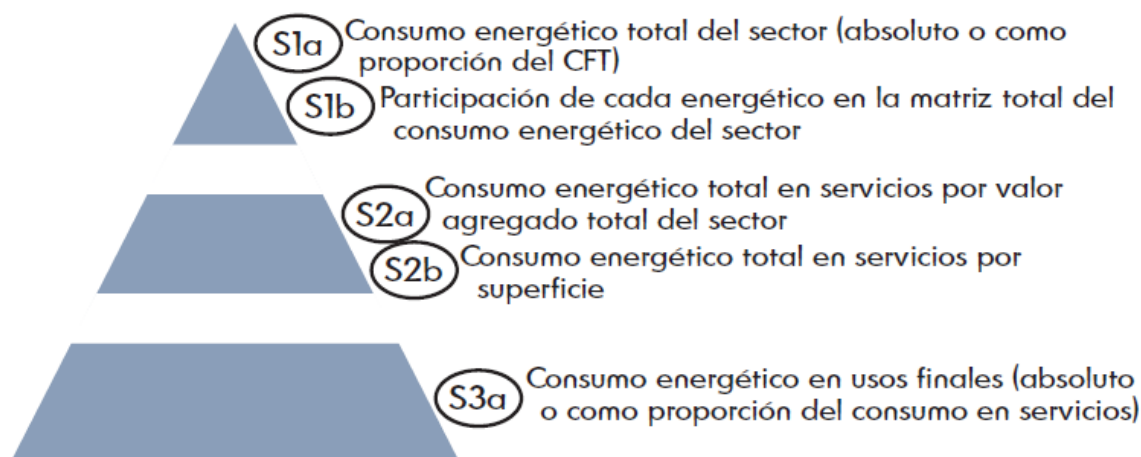
Indicador	Cobertura	Datos energéticos	Datos por actividad	Código	Indicador recomendado
Consumo energético de calefacción de locales por persona	General	Consumo energético total para la calefacción de locales	Población total	H2a	
Consumo energético de calefacción de locales por vivienda	General	Consumo energético total para la calefacción de locales	Total de viviendas	H2b	
Consumo energético de calefacción por superficie (idem por superficie calentada)	General	Consumo energético total para la calefacción de locales	Superficie total	H2c	☺
	Por tipo de vivienda	Consumo energético para la calefacción de viviendas de tipo A	Superficie de viviendas de tipo A	H3a	
	Por sistema de calefacción	Consumo energético para la calefacción de viviendas con sistema $\alpha$	Superficie de viviendas con sistema de calefacción $\alpha$	H3b	
	Por fuente de energía	Consumo energético para la calefacción de viviendas con energético Z	Superficie de viviendas con energético Z	H3c	
Consumo de energía para enfriamiento de locales por vivienda con aire acondicionado (A/C)	General	Consumo energético total para el enfriamiento	Total de viviendas con A/C	C2a	
Consumo energético para enfriamiento de locales por superficie de viviendas con A/C	General	Consumo energético total para el enfriamiento	Superficie total enfriada	C2b	☺
	Por tipo de vivienda	Consumo energético para enfriamiento de viviendas de tipo A con A/C	Superficie enfriada en viviendas de tipo A con A/C	C3a	
	Por tipo de sistema	Consumo energético para enfriamiento de viviendas con el sistema A/C de tipo $\alpha$	Superficie enfriada en viviendas con A/C sistema $\alpha$	C3b	
	Por fuente de energía	Consumo energético para enfriamiento de viviendas con A/C y energético Z	Superficie enfriada en viviendas con A/C energético Z	C3c	
Consumo energético para calentamiento de agua por persona	General	Consumo energético total para calentamiento de agua	Población total	W2a	
Consumo energético para calentamiento de agua por vivienda	General	Consumo energético total para calentamiento de agua	Total de viviendas	W2b	☺
	Por tipo de sistema	Consumo energético para calentamiento de agua en viviendas con sistema $\alpha$	Total de viviendas con calentamiento de agua de sistema $\alpha$	W3a	
	Por fuente de energía	Consumo energético para sistema de calentamiento de agua con energético Z	Total de viviendas con sistemas a energético Z	W3b	
Consumo energético para iluminación por persona	General	Consumo energético total para iluminación	Población total	L2a	
Consumo energético para iluminación por vivienda	General	Consumo energético total para iluminación	Total de viviendas	L2b	☺
	Por tipo de vivienda	Consumo energético para iluminación de viviendas de tipo A	Cantidad de viviendas de tipo A	L3a	
Consumo energético para iluminación por superficie	General	Consumo energético total para iluminación	Superficie total	L2c	
	Por tipo de vivienda	Consumo energético para iluminación de viviendas de tipo A	Superficie total de viviendas tipo A	L3b	
Consumo energético para la cocción por persona	General	Consumo energético total para la cocción	Población total	K2a	
Consumo energético para la cocción por vivienda	General	Consumo energético total para la cocción	Total de viviendas	K2b	☺
	Por fuente de energía	Consumo energético para la cocción con energético Z	Cantidad de viviendas con cocción a energético Z	K3a	
Consumo energético en aparatos electrodomésticos por persona	General	Consumo energético total para aparatos electrodomésticos	Población total	A2a	
Consumo energético en aparatos electrodomésticos por vivienda	General	Consumo energético total para aparatos electrodomésticos	Total de viviendas	A2b	
Consumo energético por aparato unitario	Por tipo de aparato	Consumo energético para todo aparato de tipo A	Cantidad de electrodomésticos de tipo A	A3a	☺

■ Calefacción de locales ■ Enfriamiento de locales ■ Calentamiento de agua ■ Iluminación ■ Cocción ■ Electrodomésticos

Fuente: IEA (2016).

## Indicadores del sector servicio

El sector servicio abarca las actividades económicas, privadas, públicas y mixtas como oficinas, locales comerciales, administración pública, salud, educación entretenimiento y recreación; los restaurantes y los hoteles deben estudiarse por separado debido a pautas de consumo energético. El primer nivel corresponde al consumo energético total en el sector de servicios, el segundo nivel muestra indicadores calculados mediante la división de consumo eléctrico y el tercero hace referencia al consumo energético por cada uso final.



\* Nótese que esta desagregación se aplica a todo el sector, así como a cada una de las categorías de servicio (hoteles, restaurantes, hospitales, etc.).

Ilustración 4 Pirámide de indicadores del sector de servicios

Fuente: IEA (2016).

Con respecto a esta pirámide, según la IEA (2016) complemente las indicaciones con lo siguiente:

Esta pirámide, presentada para el sector de servicios en su conjunto, también se podría aplicar individualmente a cada categoría del sector, como hoteles, restaurantes, etc., en forma independiente. En este caso, se puede agregar un tercer indicador al segundo nivel de la pirámide: el consumo energético por unidad de actividad en cada categoría. Como consta en la tabla 1, las unidades de actividades varían según la categoría de servicio. Por ejemplo, para hoteles podría ser el número de noches, en cual caso los tres indicadores del segundo nivel serían el consumo total de los hoteles por superficie, por valor agregado y por el número de noches (p. 79).

Tabla 3 Ejemplos de categorías en el sector de servicios y sus unidades

Categoría de servicio	Unidad de actividad
Planteles educativos	Número de estudiantes, número de ocupantes
Hospitales	Plazas, número de camas ocupadas
Hoteles	Número de habitaciones, número de noches, número de empleados, superficie
Restaurantes	Número de comidas
Oficinas	Número de empleados, superficie
Locales minoristas	Número de empleados, superficie

Fuente: IEA (2016).

De acuerdo con IEA (2016), una de las recomendaciones para validar los datos es mantener los datos al día:

Para garantizar la continuidad de los resultados, se recomienda mantener en el tiempo los ejercicios de modelización. Algunas opciones útiles para añadir incluyen la posibilidad de calcular el potencial para la eficacia energética en el sector de servicios en base a un conjunto de tecnologías existentes y su valor. También resultaría valioso un estimativo de los costos y barreras ocultas para tener una perspectiva desde la gestión de riesgos antes de emprender programas de eficiencia energética en los edificios (p. 100).

Tabla 4 Resumen de los indicadores más comunes en el sector servicio

Indicador	Cobertura	Datos energéticos	Datos por actividad	Código	Indicador recomendado
Consumo energético para la calefacción por valor agregado	General	Consumo energético total para la calefacción	Total valor agregado	H2a	
Consumo para la calefacción por superficie	General	Consumo energético total	Superficie total	H2b	☺
	Por sistema de calefacción	Consumo energético para la calefacción con sistema C	Superficie calentada con sistema de calefacción C	H3a	
	Por fuente de energía	Consumo energético para la calefacción con fuente de energía Z	Superficie calentada con fuente de energía Z	H3b	
Consumo energético para la calefacción por unidad de actividad	Por categoría de servicio	Consumo energético para la calefacción para categoría de servicio A	Unidad de actividad en la categoría de servicio A	H3c	
Consumo energético para el enfriamiento por valor agregado	General	Consumo energético total para el enfriamiento	Total valor agregado	C2a	
Consumo energético para el enfriamiento por superficie enfriada	General	Consumo energético total para el enfriamiento	Superficie total enfriada	C2b	☺
	Por categoría de servicio	Consumo energético para el enfriamiento por categoría de servicio C	Superficie enfriada en categoría de servicio C	C3a	
	Por sistema de enfriamiento	Consumo energético del sistema de enfriamiento A	Superficie refrigerada con el sistema A	C3b	
Consumo energético para el enfriamiento por unidad de actividad	Por categoría de servicio	Consumo energético para el enfriamiento en la categoría de servicio A	Unidad de actividad en la categoría de servicio A	C3c	
Consumo energético para el calentamiento de agua por valor agregado	General	Consumo energético total para el calentamiento de agua	Total valor agregado	W2a	
Consumo energético para el calentamiento de agua por unidad de actividad	Por categoría de servicio	Consumo energético para el calentamiento de agua para la categoría de servicio A	Unidad de actividad en la categoría de servicio A	W3a	☺
Consumo para la iluminación por valor agregado	General	Consumo energético total para la iluminación	Total valor agregado	L2a	
Consumo energético para la iluminación por superficie	General	Consumo energético total para la iluminación	Superficie total	L2b	
	Por categoría de servicio	Consumo energético para la iluminación para categoría de servicio A	Superficie de categoría de servicio A	L3a	
Consumo para la iluminación por unidad de actividad	Por categoría de servicio	Consumo para la iluminación para categoría de servicio A	Unidad de actividad de servicio en la categoría A	L3b	☺
Consumo energético para otros equipos por valor agregado	General	Consumo energético total para otros equipos	Total valor agregado	E2a	
	Por categoría de servicio	Consumo energético para otros equipos para categoría de servicio A	Valor agregado de categoría de servicio A	E3a	
Consumo de otros equipos por superficie	General	Consumo energético total para otros equipos	Superficie total	E2b	
Consumo energético para otros equipos por unidad de actividad	Por categoría de servicio	Consumo energético para otros equipos en la categoría de servicio A	Unidad de actividad en la categoría de servicio A	E3b	☺

■ Calefacción de locales ■ Enfriamiento de locales ■ Calentamiento de agua ■ Iluminación ■ Otros equipos

Fuente: IEA (2016).

### Indicadores del sector industrial

Este sector se refiere a la fabricación de bienes o productos producidos en industrias manufactureras. En términos de consumo energético el sector industrial abarca las actividades que emplean energía como calor y electricidad y excluye las relacionadas con el transporte, con respecto a las sectorizaciones, la IEA (2016) menciona que:

La industria excluye la generación *upstream* de energía, las refinerías y la distribución de electricidad, gas y agua. En comparación con el sector industrial en los balances energéticos de la Agencia Internacional de Energía (IEA), también excluye a la extracción de materias primas y la construcción. Por tanto, los subsectores industriales considerados para los indicadores de eficacia son: hierro y acero; química y petroquímica; metales no ferrosos; minerales no metálicos; equipos de transporte; maquinaria; alimentos y tabaco; papel, pulpa e impresiones; madera y derivados; textiles y cuero; y otras industrias no especificadas de otra forma (p. 101).

Tabla 5 Lista de los indicadores más comunes para los datos del sector industrial

Indicador	Cobertura	Datos energéticos	Datos por actividad	Código	Indicador recomendado
Consumo energético por unidad de producto físico	Subsector	Consumo energético total del subsector	Producción física por subsector	IS2a	☺
	Tipo de proceso o producto	Consumo energético total por tipo de proceso o producto	Producción por tipo de proceso o producto	IS3a	
Consumo energético por unidad de valor añadido	Subsector	Consumo energético total del subsector	Valor añadido por subsector	IS2b	
	Tipo de proceso o producto	Consumo energético por tipo de proceso o producto	Valor añadido por tipo de proceso o producto	IS3b	

Fuente: IEA (2016).

## **Indicadores de eficiencia energética para el uso de la energía de los derivados del petróleo**

En el ámbito mundial los principales usos de los derivados del petróleo son transporte, uso industrial, calefacción e iluminación, lubricantes, uso de subproductos y la industria petroquímica. De acuerdo con la IEA (2016), el sector transporte es el más representativo en el consumo final total (CFT) del petróleo: “A nivel mundial, el sector de transporte representa el 62 % del CFT del petróleo, el 5 % de los biocombustibles y el 2 % del gas natural y la electricidad (p. 136)”.

Para el análisis de tendencias de energía y eficacia el IEA (2016) caracteriza al sector de la siguiente forma:

Para el análisis de las tendencias de energía y eficacia, se desglosa el sector transporte en dos segmentos: pasajeros y transporte. En Ambos casos, los datos se detallan por subsectores: vial, ferroviario, aéreo y marítimo; cada uno caracterizado por diversas modalidades/tipos de vehículos (p. 137).

### **Indicadores del sector transporte**

En el transporte de pasajeros se cuentan con tres niveles de indicadores, cada uno con diferentes indicadores. Con respecto al nivel tres, el IEA (2016) menciona lo siguiente:

En el tercer nivel de la pirámide se plantea el consumo por vkm (P3a) y por pkm (P3b), en ambos casos calculados por subsectores o por modalidades/tipo de vehículo [...] El indicador recomendado para el transporte de pasajeros es (P3b): el consumo energético por pkm para cada modalidad/tipo de vehículo (p. 145).

El consumo energético total del transporte de pasajeros por subsector o por modalidad/tipo de vehículo es definido por la IEA (2016) de la siguiente forma:

Es el conjunto total de determinado subsector del transporte de pasajeros, como por ejemplo el vial, ferroviario, aéreo y marítimo. Puede desglosarse aún más por modalidades/tipo de vehículo, tales como los vehículos livianos en el caso del transporte vial. Sirve de numerador (P3a) y (P3b) (p. 148).

El sector transporte de mercadería es similar al sector de transporte de pasajeros, cuenta con tres niveles y el tercer nivel corresponde a los indicadores de eficiencia energética, se plantea el consumo por vkm (distancia total recorrida por determinado modalidad/tipo de vehículo) (F3a) y por tkm (es la masa total al sumar el conjunto de movimientos de carga) (F3b). El consumo

energético total del transporte de mercadería por subsector o por modalidad/tipo de vehículo es definido por la IEA (2016) de la siguiente forma:

Es el conjunto total de determinado subsector de transporte de mercadería, como por ejemplo el transporte vial, ferroviario, aéreo y marítimo de carga. Puede desagregarse aún más por modalidades/ tipo de vehículo, tal como los vehículos pesados en el transporte vial. Sirve de numerador (F3a) y (F3b) (p. 149).

### **Datos de consumo energético**

Para el desarrollo de los indicadores energéticos de los derivados del petróleo se deben tomar en cuenta los siguientes conceptos, de acuerdo con la IEA (2016):

Consumo energético total del transporte de pasajeros: Es el total de la energía consumida en el transporte de personas, sirve de numerador en los indicadores (P1a), (P2a), (P2b) y (P2c) y de denominador en (P1b).

Consumo energético total del transporte de pasajeros por fuente de energía Z: Es el consumo energético total de una fuente determinada para el transporte de pasajeros [...], Sirve de numerador en (P1b). En el caso exclusivo del petróleo, sirve de numerador de (P1c).

Consumo energético total del transporte de pasajeros por subsector o por modalidad/tipo de vehículo: es el conjunto total de determinado subsector del transporte de pasajeros [...] Puede desglosarse aún más por modalidades/tipo de vehículo, tales como vehículos livianos en el caso de transporte vial. Sirve de numerador en (P3a) y (P3b).

Consumo energético total del transporte de mercaderías: Es el consumo energético total del transporte de mercaderías. Sirve de numerador en los indicadores (F1a), (F2a) y (F2c) y de denominador en (F1b).

Consumo energético total del transporte de mercaderías por fuente de energía Z: Es el consumo total de determinada fuente de energía para el transporte de mercadería, como por ejemplo el consumo de petróleo en los distintos subsectores del transporte de mercadería, Sirve de numerador en (F1b). En el caso exclusivo del petróleo, sirve de numerador en (F1c).

Consumo energético total del transporte de la mercadería por modalidad/tipo de vehículo: es el conjunto total de determinado subsector del transporte de mercaderías como por

ejemplo el transporte vial, ferroviario, aéreo y marítimo de carga. Puede desagregarse aún más por modalidad/ tipo de vehículo, tal como los vehículos pesados de transporte vial, Sirve de numerador en (F3a) y (F3b) [...].

PIB/personas: Es la relación entre el PIB y la población total de un país. Sirve de denominador en (P2a).

El transporte de pasajeros vkm en total: Es la distancia total recorrida de todos los movimientos de vehículo de pasajeros resumido. Sirve de denominador en (P2b) (p. 150).

Pkm total: es la suma de distancias recorridas en todos los movimientos de pasajeros. Sirve de denominador en (P2c) (pp. 148-150).

Tabla 6 Lista de los indicadores más comunes para los datos del sector transporte

Indicador	Cobertura	Datos energéticos	Datos por actividad	Código	Indicador recomendado
Consumo energético del transporte de pasajeros por PIB/persona	Global	Consumo energético total del transporte de pasajeros	PIB; Población total	P2a	
Consumo energético del transporte de pasajeros por vehículo-kilómetro	Global	Consumo energético total del transporte de pasajeros	Número total de vkm en el transporte de pasajeros	P2b	
	Por modalidad/tipo de vehículo para pasajeros	Consumo energético del transporte de pasajeros por modalidad/tipo de vehículo A	Número de vkm del modalidad/tipo de vehículo A de pasajeros	P3a	
Consumo energético del transporte de pasajeros por pasajero-kilómetro	Global	Consumo energético total del transporte de pasajeros	Número total de pkm	P2c	
	Por modalidad/tipo de vehículo para pasajeros	Consumo energético del transporte de pasajeros por modalidad/tipo de vehículo A	Número de pkm modalidad/tipo de vehículo A de pasajeros	P3b	☹
Consumo energético del transporte de mercancías por PIB	Global	Consumo energético total del transporte de mercancías	PIB	F2a	
Consumo energético del transporte de mercancías por vehículo-kilómetro	Global	Consumo energético total del transporte de mercancías	Número total de vkm en el transporte de mercancías	F2b	
	Por modalidad/tipo de vehículo de flete	Consumo energético del transporte de mercancías por modalidad/tipo de vehículo $\alpha$	Número de vkm del modalidad/tipo $\alpha$ de vehículo de carga	F3a	
Consumo energético del transporte de mercancías por tonelada-kilómetro	Global	Consumo energético total del transporte de mercancías	Número total de tkm	F2c	
	Por modalidad/tipo de vehículo de flete	Consumo energético del transporte de mercancías por modalidad/tipo de vehículo $\alpha$ de carga	Número de tkm para el modalidad/tipo de vehículo $\alpha$ de carga	F3b	☹

■ Pasajeros    ■ Mercancías

Fuente: IEA (2016).

## Situación energética de Costa Rica

La matriz energética reúne la información sobre cómo se produce, transforma y consume la energía en una región determinada, su interpretación permite comprender la dinámica de los flujos energéticos relacionadas con la actividad humana. De acuerdo con Zárata y Ramírez (2016) la mayoría de la energía consumida en Costa Rica proviene de los derivados del petróleo:

El consumo total de energía en Costa Rica en el 2015 ascendió a 160181 Tera julios, de los cuales el 16 % se consumió bajo la forma de biomasa, el 21 % bajo la forma de electricidad y el 63 % bajo la forma de derivado del petróleo [...] De esta manera, la matriz energética se caracteriza porque su principal fuente de energía son los productos derivados del petróleo y su principal uso es el sector transporte (p. 8).

En la Ilustración 5 no solo se parecía el consumo de energía por forma, sino también cuales son los sectores que más consumen siendo el principal consumidor el sector transporte con un 51 %, la industria con un 24 %, residencia un 13 % y un 12 % para servicios y comercios.

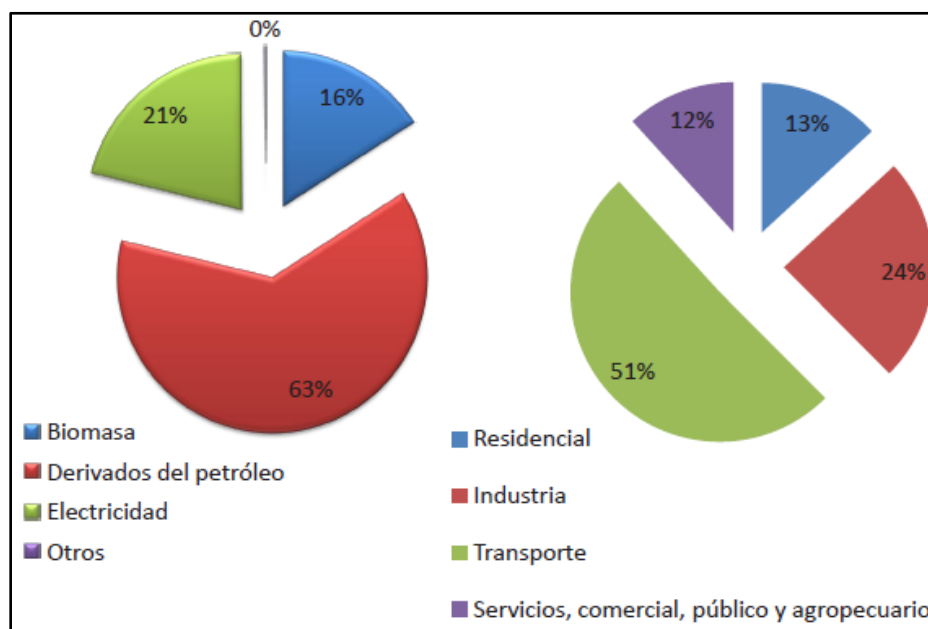


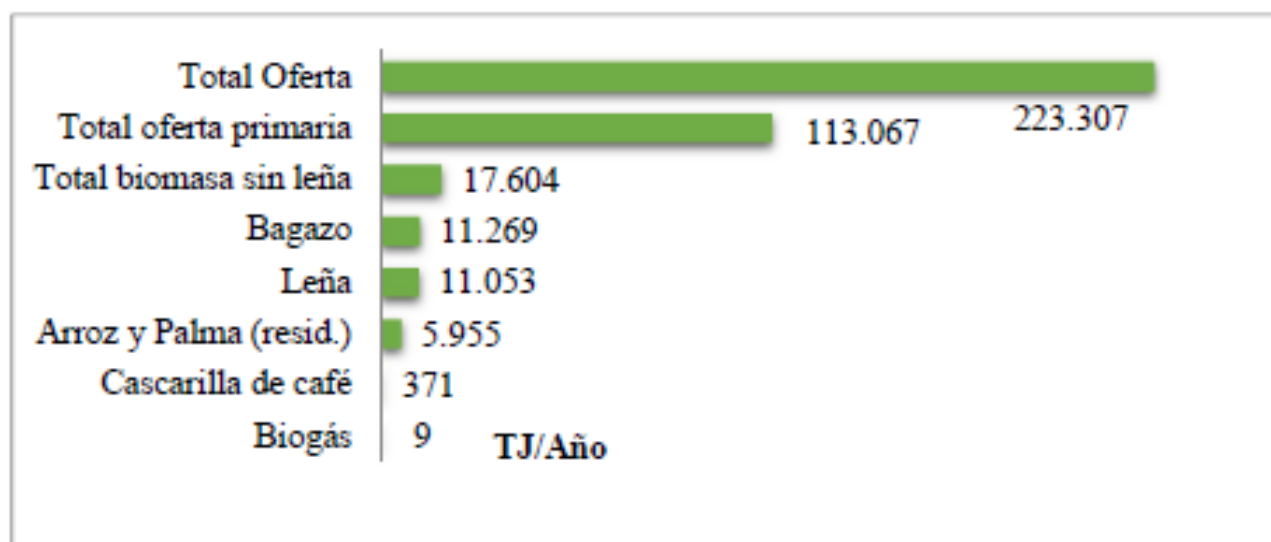
Ilustración 5 Consumo total de energía según fuente y según sector

Fuente: Zárata y Ramírez (2014).

Con respecto al 16 % correspondiente a la biomasa, Chacón, Coto y Flores (2018) indican el uso:

La biomasa juega en la actualidad un papel importante en la generación de energía (calor de proceso/ electricidad) en algunas actividades, principalmente, agroindustriales; siendo el bagazo de caña de azúcar, la leña, la granza del arroz y los residuos de proceso de la palma africana los más importantes en este suministro de energía, como puede verse en el Gráfico 5. La biomasa representa cerca del 60 % de la demanda energética del sector industrial en calor de proceso (p. 6).

Gráfico 1 La biomasa en la oferta de la energía en Costa Rica (2015)



Fuente: Chacón *et al.* (2018).

Los productos de biomasa que más se utilizan en Costa Rica para la producción de energía son el bagazo y la leña. El bagazo es el residuo de los ingenios azucareros, según Chacón *et al.* (2018), a partir del censo: “Se confirmó que el principal uso del bagazo es energético (99 %), principalmente, para el autoconsumo en la producción de calor de procesos (calor de evaporación y cristalización del azúcar) y energía eléctrica (operación de los ingenios)” (p. 57). Con respecto a la producción de electricidad Chacón *et al.* (2018) mencionan:

Algunos ingenios grandes, además de tener generación de calor y potencia combinada para su proceso, generan excedente de energía eléctrica que están vendiendo al ICE (a la red nacional) como energía firme durante la época seca (época de zafra), y atienden operaciones de producción y destilación de alcohol cuando estas son parte de su proceso. Según DSE (2016), el 11 % de la oferta de bagazo dirigida a usos energéticos, es utilizada para

generación eléctrica (p. 58).

### **Consumo de energía de los derivados del petróleo en Costa Rica**

Sobre el uso de los diferentes hidrocarburos, Zárate y Ramírez (2016) mencionan que el sector transporte consume más del 80 % de toda la energía proveniente de los derivados del petróleo de los cuales la gasolina y el diésel son los más consumidos. De acuerdo con el Minae (2015): “El sector transporte es responsable del 66 % del consumo de hidrocarburos en Costa Rica (p. 93)”, sin embargo: “El concepto de eficiencia energética en el consumo de hidrocarburos no está arraigado en la población costarricense” (Minae, 2015, p. 98).

### ***Características de los combustibles en Costa Rica***

La Refinadora Costarricense de Petróleo S. A. (Recope) es la encargada de la distribución de combustibles en Costa Rica. Recope (2019). En el Manual de Productos describe sus funciones de la siguiente manera:

La Refinadora Costarricense de Petróleo, S. A. (RECOPE) constituye a la seguridad energética y al desarrollo de Costa Rica, garantizando el abastecimiento nacional de combustibles, asfalto y naftas, tomando en consideración la calidad de sus productos y servicios, de forma social y ambientalmente responsable (p. 4).

Para el sector transporte Recope ofrece las gasolinas, el diésel y el gas licuado de petróleo (GLP). De acuerdo con Recope (2019), en Costa Rica se ofrecen tres tipos de combustibles para el sector transporte:

En Costa Rica se distribuyen dos tipos de gasolina: la súper y la Plus 91, las cuales pertenecen a la nueva generación de combustibles, sin plomo y cumplen con los requerimientos específicos en los Reglamentos Técnicos Centroamericanos [...].

Por ende, el diésel es el combustible que mayormente se utiliza en Costa Rica para la flotilla de transporte público, así como el transporte de carga. También se usa en algunos vehículos particulares y varios procesos productivos industriales [...].

EL GLP o LPG (por sus siglas en inglés) es una mezcla de hidrocarburos provenientes de la refinación del petróleo, cuyo uso que ofrece grandes ventajas desde el punto de vista ambiental, ya que produce menos emisiones de gases contaminantes que los combustibles líquidos (pp. 9-19).

De acuerdo con el Ministerio de Ambiente y Energía (2015), Recope ha realizado estudios sobre los usos de los derivados del petróleo realizando estimaciones para el país:

Con el propósito de reducir el riesgo de desabastecimiento y afianzar la seguridad energética del país al largo plazo, el Departamento de Investigación y Desarrollo de RECOPE elaboró las proyecciones de demanda a largo plazo para determinar las inversiones necesarias en el Sistema Nacional de Combustibles. El gráfico 32 presenta el comportamiento histórico de las ventas para el período de 1986-2014, así como la proyección del escenario tendencial para los años comprendidos entre el 2015 y el 2034 para los siguientes productos: Gas Licuado de Petróleo (GLP), gasolina súper, gasolina plus 91 y diésel, este último sin tomar en cuenta las ventas al ICE para la generación térmica. Para realizar esas proyecciones se tomaron en cuenta el Producto Interno Bruto Real, el crecimiento de la flota vehicular y el precio de los productos como variables principales (p. 105).

Con las proyecciones realizadas por Recope se observan las posibles tendencias que sufrirían estos combustibles hasta el 2034, por lo que el Minae (2015) caracteriza cada uno con lo siguiente:

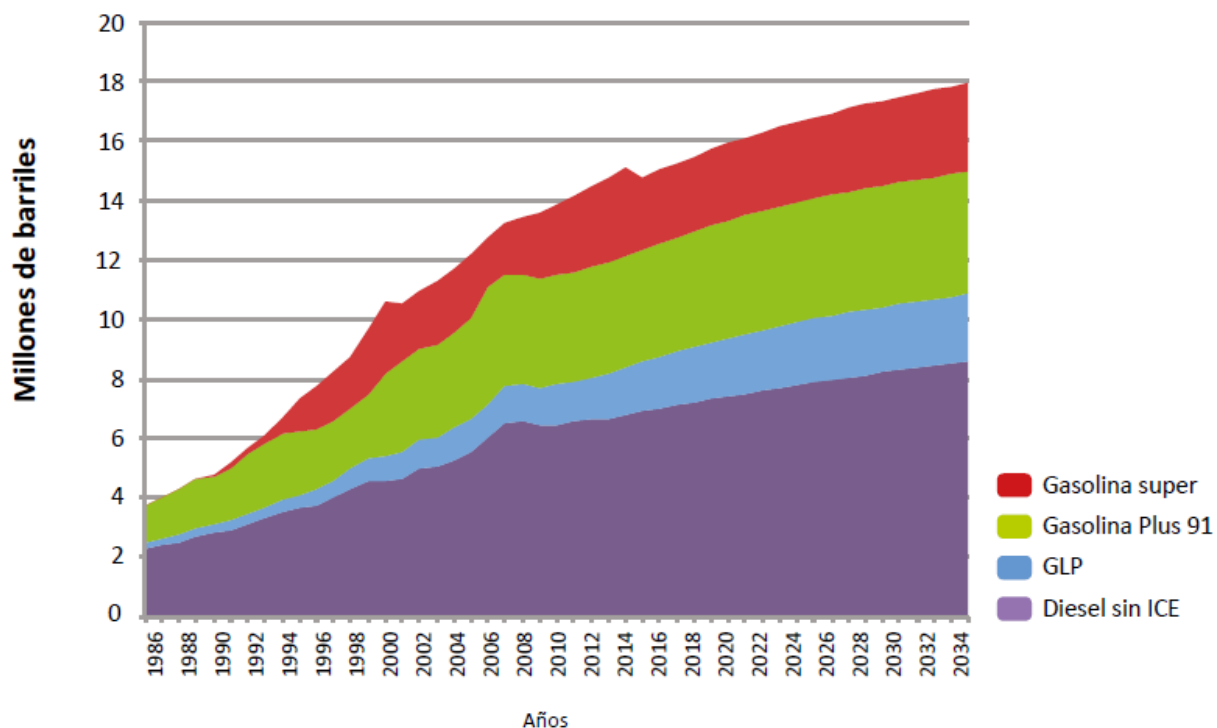
Gasolina Super: [...] Este producto presenta una trayectoria creciente a excepción del periodo que abarca desde 1999 hasta el 2006, años en los que los precios de dicho combustible alcanzaron un crecimiento anual promedio de 10,6 %. A partir del 2007 se ha presentado un crecimiento acelerado de la demanda hasta el 2014, favorecido por el crecimiento del mercado de vehículos nuevos en el país [...].

diésel: [...] En la última década la demanda del producto alcanzó una tasa promedio anual de crecimiento de aproximadamente 3,7 %; su constante crecimiento indica la importancia de este combustible para satisfacer las necesidades de transporte de personas y carga, lo cual refleja un comportamiento similar al experimentado por la dinámica económica nacional [...].

Gas Licuado de Petróleo: El gas licuado de petróleo ha mantenido un crecimiento sostenido desde su incorporación en la matriz energética. Sus principales usos son domésticos para la cocción de alimentos y procesos productivos. La diferencia en el precio con respecto a los otros combustibles es significativa y acarrea beneficios en la reducción de emisiones

contaminantes (p. 106).

Gráfico 2 Evolución histórica y proyecciones de demanda de derivados del petróleo



Fuente: Minae (2015).

### Consumo de energía eléctrica en Costa Rica

El consumo de la energía tiene sus orígenes en la necesidad de crear un bien útil a partir de la transformación de la energía, por ejemplo, se utiliza la energía eléctrica para generar energía lumínica y energía calórica. De acuerdo con el Minae (2015), el uso comercial y residencial de la energía en Costa Rica tiene las siguientes características:

De acuerdo con la más reciente encuesta de consumo en el sector residencial (Dirección Sectorial de Energía, 2013), los usos más importantes en ese sector son: refrigeración, entretenimiento, calentamiento de agua, cocción de alimentos e iluminación. En el sector de comercio y servicios predominan los motores, aires acondicionados, iluminación, equipos de oficinas y refrigeración, de acuerdo con la encuesta respectiva (Dirección Sectorial de Energía, 2014), mientras que en el sector industrial los usos dominantes son la generación de fuerza mediante motores eléctricos, refrigeración, aire

comprimido, producción de calor, aire acondicionado e iluminación (Dirección Sectorial de Energía, 2014) (p. 21).

De acuerdo con la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (s. f.b): “La mitad de la energía eléctrica consumida en el sector servicios se realiza en los edificios de oficinas, siendo responsables de un 40 % del consumo energético en todo el mundo” (p. 6).

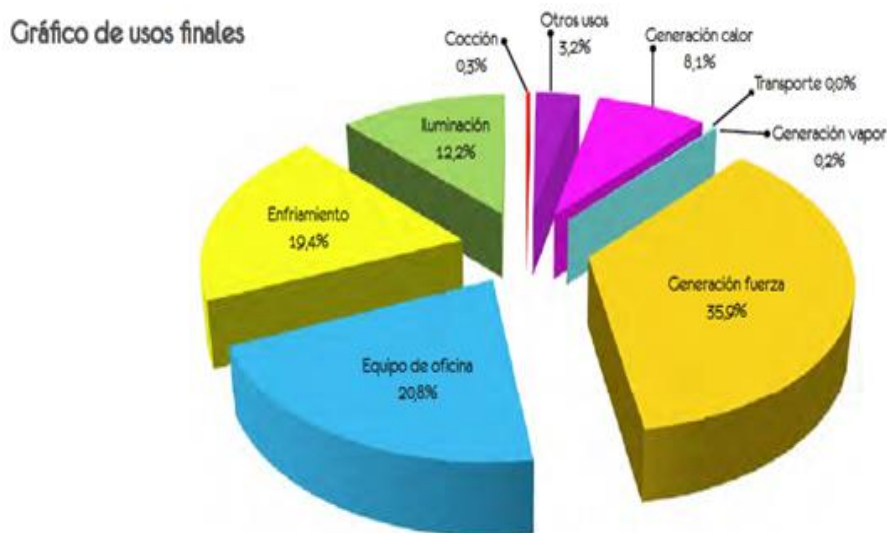


Ilustración 6 Consumo nacional en el Sector Público

Fuente: CNFL (s. f.b).

### ***Características de la energía eléctrica en Costa Rica***

La matriz de generación eléctrica es una estructura que se utiliza para referirse a la forma de generación de energía eléctrica. De acuerdo con el Minae (2015), en Costa Rica la generación de electricidad ha sido por fuentes renovables: “En el caso de Costa Rica, estas fuentes son tomadas en su mayoría de recursos naturales renovables, que son transformados en electricidad mediante los diferentes tipos de centrales que operan en el país” (p. 34).

De acuerdo con la Ilustración 7, la mayoría de la energía eléctrica del país es hidroeléctrica (65.75 %), un 15.06 % geotérmica, estas son formas de producción de electricidad con recursos renovables. Se destaca que un 10.21 % se produce por la quema de combustibles derivados del petróleo y un 2.96 % por biomasa.

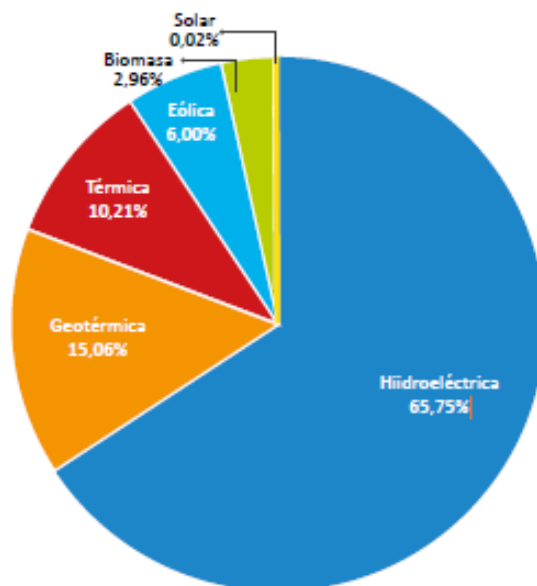


Ilustración 7 Estructura de la matriz de generación eléctrica del 2014

Fuente: Minae (2015).

La energía eléctrica consumida en el sector residencial, en el sector de comercio y servicios y en el sector industrial, depende de varias magnitudes energéticas de consumo y el tiempo de uso. La Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL) (s. f.a) define las siguientes magnitudes eléctricas de consumo de potencia eléctrica:

Corriente (I): La corriente eléctrica corresponde al movimiento de electrones o cargas eléctricas por un conductor eléctrico. Mayores valores de corriente significan una mayor cantidad de electrones que fluyen por una superficie o área determinada por segundo [...].

Tensión (U): para que la corriente eléctrica pueda fluir, debe existir un medio físico por la cual se moverán los electrones, pero, además, debe existir una fuerza externa que proporcione esa energía mínima para lograr su movimiento. Esta fuerza externa o presión que permite el flujo de electrones es la tensión y se puede obtener de baterías, sistemas fotovoltaicos o eólicos, o de una empresa distribuidora como CNFL [...].

Potencia (P): La potencia es la rapidez con que se gasta o consume la energía [...] Para poder determinar la potencia es necesario conocer la corriente y la tensión. Estas dos variables eléctricas nos indican la cantidad de potencia existente en un circuito eléctrico en

un momento determinado. En corriente directa y en cargas monofásicas resistivas de corriente alterna, la fórmula para calcular la potencia es  $P= V \times I$  (pp. 1-4).

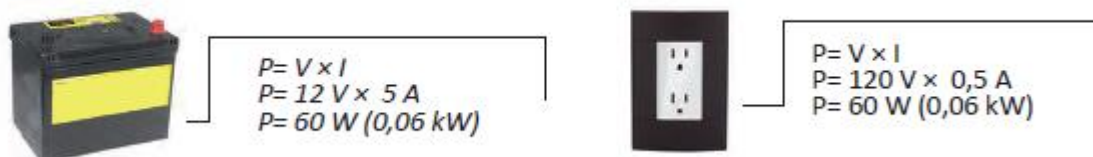


Ilustración 8 Cálculo de la potencia de dos equipos diferentes

Fuente: CNFL (s. f.a)

Energía (E): La definición clásica indica que a la energía es la capacidad de realizar un trabajo específico, por lo tanto, la energía eléctrica está relacionada directamente con la producción y con las horas de operación de las máquinas de una empresa o los equipos eléctricos en una residencia (Compañía Nacional de Fuerza y Luz, s. f.a, p. 5).



Ilustración 9 Cálculo de la energía de dos equipos diferentes

Fuente: CNFL (s. f.a).

### ***Energía eléctrica en los sistemas y equipos de refrigeración***

De acuerdo con Pita (2005), el acondicionamiento del aire se define como: “El proceso de tratamiento de este en un ambiente interior con el fin de establecer y mantener los estándares requeridos de temperatura, humedad limpieza y movimiento” (p. 2). La mayoría de los sistemas de acondicionamiento del aire se utilizan para dar confort, pero también se emplean para obtener condiciones que se requieran en un determinado proceso.

En los sistemas y equipos de refrigeración se utilizan dos sistemas de unidades, uno se denomina el sistema inglés o sistema pulgada-libra y el otro el sistema internacional. De acuerdo con Pita (2005): “El sistema inglés se usa por lo general en los Estados Unidos, mientras que las unidades del SI se usan en la mayoría de los países” (p. 20).

Pita (2005) define al calor como:

El calor es la forma de energía que se transmite de un cuerpo a otro debido a una diferencia de temperatura [...] La unidad que más común que se usa el calor en los Estados Unidos es la BTU (British Thermal Unit). Se define a la BTU como la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de una libra de agua a un grado Fahrenheit  $1^{\circ}\text{F}$  a  $59^{\circ}\text{F}$  (p. 28).

#### **ENERGÍA**

*inglés:* 1 BTU = 778 ft-lb

*métrico:* 1 J = 1 w-s = 0.239 cal

*inglés-métrico:* 1 BTU = 1055 J = 252 cal

La unidad SI es el J

#### **POTENCIA (VALOR DE ENERGÍA)**

2545 BTU/h = 1 HP = 0.746 KW

= 33,000 ft-lb/min

3410 BTU/h = 1 KW

1 ton de refrigeración = 12,000 BTU/h

= 4.72 HP = 3.52 KW

La unidad SI es el W

#### Ilustración 10 Conversión de unidades de uso en refrigeración

Fuente: Pita (2005).

#### ***Cálculo de potencia de los electrodomésticos***

La metodología mostrada por el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) (s. f.b) da las siguientes pautas para el cálculo de la energía:

Recuerde que todo electrodoméstico posee una potencia eléctrica asociada cuyas unidades son conocidas como Watts o Vatios los cuales son representados por la letra W (Watts) [...] Cuando un electrodoméstico se conecta al tomacorriente y se enciende, este va a consumir una cantidad de energía eléctrica que depende del tiempo que los mantengamos encendido, así como su potencia eléctrica, es por ello que si deseas saber el consumo de energía eléctrica de un electrodoméstico, debes primero conocer el valor de su potencia eléctrica (p. 1).

#### ***Consumo en espera y consumos fantasmas***

El Departamento de Medio Ambiente de CC. OO. de Aragón (s. f.), menciona el consumo en espera como un punto a tomar en cuenta para el cálculo de la energía:

Muchos aparatos eléctricos consumen permanentemente energía cuando se encuentran apagados, pero no desenchufados; a la espera de que accionemos un mando a distancia mantienen encendida una luz piloto en posición de espera-stand by. Otros electrodomésticos funcionan interiormente con corriente continua y disponen de una fuente de alimentación interior o exterior en forma de transformador o enchufe que permanece siempre encendida. Este es el caso de radiocasetes, minicadenas, cargadores de pilas (p. 18).

	Potencia	Funcionamiento	Consumo diario
En funcionamiento	45 W	3 horas/día	135 Wh
En espera	15 W	21 horas/día	315 Wh
Consumo total	450 Wh	Porcentaje	En funcionamiento: 30 % En espera: 70 %

Ilustración 11 Ejemplo del consumo diario de un televisor

Fuente: Departamento de Medio Ambiente de CC. OO. de Aragón (s. f.).

### ***Cálculo del consumo de energía eléctrica en los motores***

Un motor eléctrico adsorbe energía eléctrica de la red y la transforma en energía mecánica disponible en el eje. WEG (s. f.) destaca la clasificación de motores entre los cuales se detallan los siguientes:

Motores de corriente continua: Son motores de costo elevado y, además de eso, precisan una fuente de corriente continua, o un dispositivo que convierta la corriente alterna común en continua [...].

Motores de corriente alterna: son los más utilizados, porque la distribución eléctrica es hecha normalmente en corriente alterna. Los principales tipos son:

Motores sincrónicos: funcionan con velocidad fija, ósea, sin interferencia del deslizamiento; utilizado normalmente para grandes potencias (debido a su alto costo en tamaños menores).

Motores de inducción: funcionan normalmente a velocidad constante, que varía ligeramente

con la carga mecánica aplicada el eje (p. 6).

### ***Energía y potencia mecánica***

De acuerdo con WEG (s. f.), con referencia a la potencia mide *la velocidad* con que la energía se aplica o consume: “La potencia exprime la rapidez con que esta energía es aplicada y se calcula dividiendo la energía o trabajo total por el tiempo gastado en realizarlo” (p. 7)

$$P_{mec} = \frac{F \cdot D}{t} (W)$$

La unidad usada en Brasil para la medida de potencia mecánica y el cv (caballo-vapor), equivale a 0,736 kW (unidad de medida que se utiliza internacionalmente para el mismo fin) (WEG, s. f.).

$$P (kW) = 0,736 \cdot P(cv)$$

$$P(cv) = 1,359 \cdot P(kW)$$

### ***Energía y potencia eléctrica***

De acuerdo con WEG (s. f.), el cálculo de la potencia eléctrica en corriente continua se puede desarrollar de la siguiente forma: “La *potencia eléctrica* en circuito de corriente continua puede ser obtenida a través de la relación de la tensión (U), corriente (I) y resistencia (R), Implicadas en el circuito” (p. 8).

$P = U \cdot I \quad (W)$ <p>o,</p> $P = \frac{U^2}{R} \quad (W)$ <p>o,</p> $P = R \cdot I^2 \quad (W)$ <p>Donde: U = tensión en Volt I = corriente Amper R = resistencia en Ohm P = potencia media en Watt</p>
---

Ilustración 12 Cálculo de la potencia en corriente continua

Fuente: WEG (s. f.).

### *Energía y potencia alterna*

En el caso de las cargas en corriente continua se hace la diferencia de dos tipos de cargas, las resistencias puras y las cargas reactivas, cada una cuenta con dos tipos de potencias en monofásico y en trifásico. De acuerdo con WEG (s. f.), el cálculo de la potencia eléctrica en corriente alterna se puede desarrollar de la siguiente forma:

En el caso de las *Resistencias*, cuanto mayor sea la tensión de la red, mayor será la corriente y más de prisa la resistencia se calentará. Esto quiere decir que la potencia eléctrica será mayor. La potencia eléctrica adsorbida de la red, en el caso de las resistencias, es calculada multiplicando la tensión de la red por la corriente, si la (carga), es monofásica.

$$P = U_f \times I_f \text{ (W)}$$

El en sistema trifásico, la potencia en cada fase de la carga será  $P = U_f \times I_f$ , como si fuese un sistema monofásico independiente, la potencia total será la suma de las potencias de las tres fases, o sea:

$$P = 3P_f = 3 \times U_f \times I_f \text{ (W)}$$

Recordando que el sistema trifásico está conectado en estrella o triángulo, tenemos las siguientes relaciones:

$$\text{Conexión estrella: } U = \sqrt{3} \cdot U_f \text{ e } I = I_f$$

$$\text{Conexión triángulo: } U = U_f \text{ e } I = \sqrt{3} I_f$$

De esta forma, la potencia total, para ambas conexiones, será:

$$P: U = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$$

Esta expresión vale para la carga formada por resistencias, donde no hay desfase de la corriente (p. 8)

Para el caso de las cargas reactivas se introducen dos conceptos: el desfase entre el ángulo de la corriente y la tensión y el factor de potencia. De acuerdo con WEG (s. f.) la potencia en cargas reactivas se calculó de la siguiente forma: “Para las *cargas reactivas*, o sea, donde existen desfase entre el ángulo de la tensión y la corriente, como es el caso de los motores de inducción, este desfase tiene que ser considerado y la expresión queda” (p. 8).

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

### *El factor de potencia*

El factor de potencia de un circuito de corriente alterna es definido como la relación entre las potencias activa, reactiva y aparentemente solo puede tomar valores entre 0 y 1. De acuerdo con WEG (s. f.), esta es la definición del factor de potencia: “Un motor no consume solamente potencia activa, que luego es convertida en trabajo mecánico y calor (pérdidas), sino que también consume potencia reactiva, es necesario para la magnetización que no produce trabajo” (p. 9).

### **Cálculo del consumo de energía eléctrica en los sistemas de iluminación**

El diseño de un sistema de iluminación es la unión de varias soluciones a los problemas de niveles de iluminación. De acuerdo con el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) (2001):

Diseñar una instalación de alumbrado significa desarrollar una solución en la cual se han tenido en cuenta todos los valores mencionados en cuanto a nivel de iluminación, uniformidad, limitación del deslumbramiento, etc., de tal manera que la instalación resultante sea eficaz, tanto desde el punto de vista energético como de coste (p. 35).

Los sistemas de iluminación están compuestos por tres elementos fundamentales que son: los equipos que generan la luz (lámparas) o las fuentes de luz, los equipos auxiliares y las luminarias.

### ***Fuentes de luz***

De acuerdo con Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) (2006) las fuentes de luz se producen de distintas formas:

- “Calentando cuerpos sólidos, hasta alcanzar su grado de incandescencia (Fundamento de las lámparas incandescentes).
- Provocando una descarga eléctrica en el seno de un gas.
- Provocando una descarga en un cuerpo sólido (LED)” (p. 13).

De acuerdo con estas distintas formas de generar luz, las fuentes de luz o lámparas se dividen en tres diferentes clases. Según IDAE (2006) estas tres clases son:

**Lámparas incandescentes:** Las lámparas incandescentes son las más utilizadas principalmente en el sector doméstico debido a su bajo coste, su versatilidad y su simplicidad de uso. Su funcionamiento se basa en hacer pasar corriente eléctrica por un filamento de wolframio hasta alcanzar una temperatura tan elevada que emite radiaciones visibles para el ojo humano [...].

**Lámparas de descarga:** las lámparas de descarga constituyen una forma de producción luz más eficiente y económica que las lámparas incandescentes. La luz se consigue por excitación de un gas sometido a descargas eléctricas entre dos electrodos. A diferencia de la incandescencia, la tecnología de descarga necesita un equipo auxiliar (balasto, cebador) para su funcionamiento, Según el tipo de gas y la presión a la que se le somete, existen distintos tipos de lámparas de descarga [...].

**Tecnología LED:** Los diodos Emisores de Luz (LED: Lighting Emitting Diode) están basados en semiconductores que transforman directamente la corriente eléctrica en luz. No poseen filamento, por lo que tiene una elevada vida útil (hasta 50.000 horas) y son muy resistentes a los golpes. Además, son un 80 % más eficientes que las lámparas incandescentes. Por estas razones están empezando a sustituir a las bombillas incandescentes y a las lámparas de bajo consumo en un gran número de aplicaciones, como escaparates, señalización luminosa, iluminación decorativa, etc. (pp. 16-19).

### ***Equipos auxiliares***

Los equipos auxiliares son elementos que utilizan algunas lámparas para iniciar su funcionamiento o evitar crecimientos continuos de intensidad lumínica. Según la IDAE (2006): “Estos equipos tiene su propio consumo eléctrico que ha de ser tenido en cuenta al evaluar el sistema de iluminación en su conjunto” (p. 20). Los principales equipos auxiliares de acuerdo con IDAE (2006) son:

**Balastos:** El balasto es el componente que limita (estabiliza) el consumo de corriente de la lampara a sus parámetros óptimos. Es el balasto el que proporciona energía a la lampara, por lo que las características de tensión, frecuencia e intensidad que suministre determinan el correcto funcionamiento del conjunto (p. 20).

El Decreto Ejecutivo 25584 (1996) define al factor de balasto como: “La relación entre el flujo luminoso emitido por una lampara cuando es operado por un balasto bajo análisis, y un balasto

de referencia o patrón”.

Además, la Ley 7447 (1994), en el artículo 49, menciona las características que deben poseer los balastos para lámparas:

A partir del primer año de vigencia de este reglamento los balastos para lámparas fluorescentes tubulares, deberán ser de alto factor de potencia, cumplir como mínimo con las normas UL, poseer etiqueta de origen (donde conste marca, modelo, país de fabricación ensamblaje, lámpara (s) para las cuales puede ser utilizado y datos eléctricos tales como, tensión de servicio, frecuencia de operación, potencia de línea, corriente de línea, factor de potencia), y con cumplimiento de los siguientes valores y/o normas [...].

Arrancadores: El arrancador o cebador es el componente que proporciona en el momento del encendido, bien por sí mismo o en combinación con el balasto, la tensión requerida para el cebado de la lámpara. El arrancador puede ser eléctrico, electrónico o electromecánico [...].

Condensador: El condensador es el componente que corrige el factor de potencia ( $\cos \phi$ ) a valores definidos en las normas y reglamentos de vigor.

### ***Luminarias***

Según IDAE (2006):

Las luminarias son los equipos de alumbrado que reparten, filtran o transforman la luz emitida por una o varias lámparas. Comprenden todos los dispositivos necesarios para el soporte, la fijación y la protección de lámparas (excluyendo las propias lámparas) y, en caso necesario, los circuitos auxiliares en combinación con los medios de conexión con la red de alimentación (p. 21).

### **El estudio de proyectos**

Los proyectos surgen como una forma de solucionar un problema o una necesidad, el estudio de proyectos analiza su viabilidad para determinar la capacidad de la empresa para concluirlo. Según Sapag y Sapag (2008), la definición de proyecto es:

La búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema tendiente a resolver, entre tantos, una necesidad humana. Cualquiera que sea la idea que se pretende

implantar, la inversión, la metodología o la tecnología por aplicar, ella implica necesariamente la búsqueda de proposiciones coherentes destinadas a resolver las necesidades de la persona humana (pp. 1-2).

Por definición los proyectos deben ser la mejor solución al problema, esta es la solución más eficiente y viable ante la necesidad humana. Antes de iniciar un proyecto se debe evaluar:

Si se desea evaluar un proyecto de creación de un nuevo negocio, ampliar las instalaciones de una industria o reemplazar su tecnología, cubrir un vacío en el mercado, sustituir importaciones, lanzar un nuevo producto, proveer servicios, crear polos de desarrollo, aprovechar los recursos naturales, sustituir producción artesanal por fabril o por razones de Estado y seguridad nacional, entre otros, ese proyecto debe evaluarse en términos de conveniencia, de manera que se asegure que resolverá una necesidad humana eficiente, segura y rentablemente (Sapag y Sapag, 2008, p. 2).

### **El proceso de preparación y evaluación de los proyectos**

El estudio de viabilidad de los proyectos busca contestar si es conveniente o no llevar a cabo una inversión determinada. De acuerdo con Sapag y Sapag (2008), el objetivo del estudio de viabilidad debe ser el de simular los resultados del proyecto:

El estudio de viabilidad debe simular con el máximo de precisión lo que sucedería con el proyecto si este fuese implementado, aunque difícilmente pueda determinarse con exactitud el resultado que se logrará. De esta manera, se estimarán los beneficios y costos que probablemente ocasionaría y, por lo tanto, pueden evaluarse (p. 18).

Se pueden llevar a cabo diferentes evaluaciones de un proyecto, por ejemplo, un estudio de viabilidad comercial, de impacto ambiental, técnica, etc. Cualquiera que llegue a conclusiones negativas podrá ser capaz de cancelar el proyecto, sin embargo, de acuerdo con Sapag y Sapag (2008):

Por lo regular, el estudio de una inversión se centra en la viabilidad económica o financiera y toma al resto de las variables únicamente como referencia. Sin embargo, cada uno de los factores señalados puede, de una u otra manera, determinar que un proyecto no se concrete en la realidad (p. 19).

El estudio financiero.

Los objetivos del estudio financiero son ordenar y sistematizar la información monetaria que proporcionaron los estudios particulares de las etapas anteriores, así como: “Elaborar los cuadros analíticos y datos adicionales para la evaluación del proyecto y evaluar los antecedentes para determinar su rentabilidad” (Sapag y Sapag, 2008, p. 30).

### **Fundamentos de matemáticas financieras**

Las matemáticas financieras son de utilidad, debido a que se basan en el dinero y su valor en el futuro:

Solo porque transcurre el tiempo, debe ser remunerado con una rentabilidad que el inversionista le exigirá por no usarlo hoy y aplazar su consumo a un futuro conocido, lo cual se conoce como valor tiempo del dinero. En la evaluación de un proyecto las matemáticas financieras consideran la inversión como el menor consumo presente y la cuantía de los flujos de caja en el tiempo como la recuperación que debe incluir dicha recompensa. La consideración de los flujos en el tiempo requiere la determinación de una tasa de interés adecuada que represente la equivalencia de dos sumas de dinero en dos periodos diferentes (Sapag y Sapag, 2008, p. 314).

Flujo de caja descontado.

El flujo de caja descontado es una técnica de evaluación de inversiones, cuyo objetivo es determinar si la inversión rinde mayores beneficios que los usos alternativos de la suma requerida para el proyecto. Los principales métodos del flujo de caja descontado son el valor neto actual (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR).

#### ***Valor neto actual.***

El Valor neto actual (VAN) es definido por los autores Díaz y Aguilera (2013) como:

El valor actual neto de un proyecto de inversión es el valor actual de todos los flujos de efectivo relacionados con el proyecto. En otras palabras, es el valor presente de todos sus costos (egresos) y sus ingresos, desde su principio y hasta su terminación (p. 139).

Para decidir si el proyecto es atractivo en términos financieros se utiliza el criterio de la VAN, de acuerdo con Sapag y Sapag (2008), el resultado define si el proyecto es rentable:

Al aplicar este criterio, el VAN puede tener un resultado igual a cero, indicando que el

proyecto renta justo lo que el inversionista exige a la inversión; si el resultado fuese, por ejemplo, 100 positivos, indicaría que el proyecto proporciona esa cantidad de remanente sobre lo exigido. Si el resultado fuese 100 negativos, debe interpretarse como la cantidad que falta para que el proyecto rente lo exigido por el inversionista (pp. 322-323).

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} - I_0$$

Ilustración 13 Fórmula para calcular el VAN

Fuente Sapag y Sapag (2008).

Donde:

BTn = Representa el beneficio neto del flujo en el periodo.

Io = Es la inversión realizada en el momento inicial.

N = Números de periodos.

I = Es el tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión

**Tasa interna de retorno (TIR).**

La tasa interna de retorno (TIR), según Díaz y Aguilera (2013), corresponde a la medida de los rendimientos futuros esperados de una inversión:

La TIR es la tasa a la cual el valor actual de los ingresos del proyecto es igual al valor actual de los egresos. El criterio para tomar decisiones con base en este método es emprender el proyecto cuando la TIR sea superior al costo de capital, que es, expresado en forma sencilla, un promedio ponderado de los costos de todos los fondos con los que opera una organización, principalmente cápita y deuda (p. 140).

El criterio de la tasa interna de retorno (TIR) evalúa el proyecto en función de una tasa de rendimiento única por periodo. De acuerdo con Sapag y Sapag (2008), el criterio de la tasa interna de retorno:

Representa la tasa de interés más alta que un inversionista podría pagar sin perder dinero,

si todos los fondos para el financiamiento de la inversión se tomaran prestados y el préstamo (principal e interés acumulado) se pagara con las entradas en efectivo de la inversión a medida que se fuesen produciendo. Aunque esta es una apreciación muy particular de estos autores (no incluye los conceptos de costo de oportunidad, riesgo ni evaluación de contexto de la empresa en conjunto), sirve para aclarar la intención del criterio (p. 232).

De acuerdo con Sapag y Sapag (2008) para calcular la tasa interna de retorno se utiliza la siguiente ecuación:

$$TIR = \sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+r)^t} - I_0 = 0$$

Ilustración 14 Fórmula para calcular el TIR

Fuente Sapag y Sapag (2008).

Donde

BTn = Representa el beneficio neto del flujo en el periodo.

Io = Es la inversión realizada en el momento inicial.

n = Números de periodos.

r = Es la tasa de retorno

***Periodo de recuperación.***

El periodo de recuperación (PR) se conoce también como periodo de recuperación simple, indica el número de periodos que tarda un proyecto para recuperar su inversión inicial. Díaz y Aguilera (2013) afirman: “La diferencia entre este momento y el momento en el que se inicia el proyecto es lo que se conoce como periodo de recuperación de la inversión” (p. 142). Este método puede informar adicional para evaluar proyectos. De acuerdo con Sapag y Sapag (2008), el PR es un método difundido para la evaluación de proyectos:

Uno de los criterios tradicionales de evaluación bastante difundido es el del periodo de recuperación (PR) de la inversión, mediante el cual se determina el número de periodos

necesarios para recuperar la inversión inicial, resultado que se compara con el número de periodos aceptable por la empresa. Si los flujos fuesen idénticos y constantes en cada periodo, el cálculo se simplifica a la siguiente expresión:

$$PR = \frac{I_0}{BN}$$

Donde PR, periodo de recuperación, expresa el número de periodos necesarios para recuperar la inversión inicial  $I_0$  cuando los beneficios netos generados por el proyecto en cada periodo son BN (p. 329).

### **Programación en VBA Excel**

Visual Basic para aplicaciones (VBA) es un lenguaje de programación utilizable en todas las aplicaciones de Microsoft Office 2016. De acuerdo con Amelot (2016), trabajar en Microsoft Excel utilizando el lenguaje de VBA permite llevar a cabo lo siguiente:

Automatizar acciones repetitivas: con VBA puede realizar en una única operación todo un grupo de comandos de Excel.

Interactuar sobre los libros de Excel: el contenido y la presentación de todos los elementos incluidos en un libro (hojas, celdas, gráficos, etc.) se pueden modificar a través de código VBA.

Crear Formularios personalizados: los formularios son los cuadros de diálogo compuestos por controles ActiveX (cuadros de texto, listas desplegables, etc.) a los que se les puede asociar códigos VBA. Los formularios permiten crear interfaces amigables para la entrada o la salida de información.

Generar automáticamente tablas dinámicas y gráficos: así podrá automatizar la creación de estadísticas a partir de sus datos de Excel (o de los datos de la empresa exportados a Excel).

Personalizar la interfaz de Excel: la cinta de opciones de Office 2016, es totalmente personalizable y puede asociarse a macros creados en lenguaje VBA a los comandos de la cinta o a la barra de herramientas de acceso rápido.

Modificar las opciones de Excel: a cada opción de Excel le corresponde una propiedad de un objeto VBA. Por ejemplo, puede modificar el tipo de fuente por defecto a partir de las propiedades StandardFont (fuente) y StandardFontSize (tamaño de la fuente) del objeto

### Application.

Comunicar Excel con otras aplicaciones de Microsoft Office: VBA permite intercambiar información entre las aplicaciones de Office usando objetos específicos propios de cada uno. Por ejemplo, usted puede insertar una tabla o un gráfico de Excel en un archivo de Word, crear mensajes de Outlook con un archivo de Excel adjunto, etc. (p. 4).

## Capítulo IV. Marco metodológico

El marco metodológico es una herramienta fundamental en el desarrollo del trabajo, ya que define un listado de pasos para obtener resultados y que estos sean los más eficientes posibles.

### Enfoque

El método cuantitativo, utiliza los datos de mediciones para obtener resultados, según Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio (2014) las herramientas del enfoque cuantitativo de la investigación: “Utiliza la recolección y análisis de los datos para afinar las preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación” (p. 7). Para el desarrollo de este trabajo se definió un enfoque cuantificativo, ya que por medio de datos se descubrirá cuáles son las preguntas de investigación más importantes para poder responderlas.

### Alcance

El trabajo tiene un alcance correlativo, ya que de acuerdo con Hernández *et al.* (2014): “Este tipo de estudio tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación de que existen entre dos o más variables en una muestra o contexto particular” (p. 93). Por lo tanto, se define el alcance del trabajo como correlativo porque busca relacionar el uso de la energía con los identificadores de consumo y los indicadores de eficiencia energética. En el caso de la energía producto de los derivados del petróleo se relacionará la cantidad de combustible comprado con el combustible consumido, esto con el fin de determinar indicadores energéticos para este tipo de energía.

Para el consumo de energía eléctrica se utilizará el consumo de potencia eléctrica de los diferentes sistemas y equipos, con el fin de trazar una línea de referencia y evaluar el uso eficiente de la energía. Para la implementación de indicadores de eficiencia energética se dividirán los equipos en cinco diferentes clases (equipos de aire acondicionado y refrigeración, equipos productores de calor, electrodomésticos, equipos de iluminación y motores eléctricos o generadores de potencia). Esta clasificación tiene sus bases en el estudio de la matriz energética de Costa Rica y el estudio de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz que estima que el uso de estos equipos consume un 96.4 % de la potencia eléctrica total del país.

Para la creación de indicadores energéticos se utilizarán las recomendaciones de International Energy Agency (2016), ya que sugiere una pirámide de indicadores para los tipos de energía de estudio. Esta pirámide tiene como base los indicadores energéticos más convenientes.

## Definición de la muestra

Según Hernández *et al.* (2014) la muestra se define como: “Subgrupo de interés de la población sobre la cual se recogerán los datos y que tiene que definirse y delimitarse de antemano con precisión, además, de ser representativo de la población” (p. 173). La muestra corresponderá al consumo de energía eléctrica y la energía producto de los derivados del petróleo de todos los equipos que se pretenda evaluar, por lo que se obtendrá el 100 % de las necesidades y la energía consumida.

## Unidades de análisis

El concepto de unidad de análisis lo define Hernández *et al.* (2014) como: “Propiedad que tiene una variación que se puede medir u observar” (p. 93). Las variables dependientes que se necesitan comprobar serán el consumo de energía de los diferentes elementos por evaluar, así como los indicadores de eficiencia energética que se seleccionarán. Las variables independientes corresponderán al gasto económico generado por el consumo de energía.

En el caso del consumo de energía producto de los derivados del petróleo se utilizará la cantidad de litros de compra de combustibles y como variable independiente el consumo de los diferentes equipos y el precio de los combustibles. En el caso de la energía eléctrica se utilizará la potencia consumida por unidad de tiempo (kWh) como indicador de consumo y como variable independiente el costo del consumo de energía.

La Tabla 7 es un resumen de las variables que se utilizarán en el desarrollo del trabajo y tiene una definición para cada variable operacional o unidad, además del instrumento para su medida

Tabla 7 Variables a utilizar en el proyecto

Variable	Concepto	Operacional	Instrumental
Consumo de combustible	Según Hernández <i>et al.</i> (2014), “consumo de combustible por distancia recorrida [...] consumo de combustible por pasajero [...] por unidad de producto o por masa de producto producido” (p. 33)	l (Litros)	Factura de compra de combustible
Corriente eléctrica	Según Hayt <i>et al.</i> (2007) “es una medida de velocidad a la cual la carga pasa por un punto de referencia determinado en una dirección específica” (p. 12)	i (Amperios)	Datos de placa, manuales, multímetro y sistema BMS

Potencia eléctrica	Según Hayt <i>et al.</i> (2007) “La potencia adsorbida debe ser proporcional al número de coulomb transferidos por segundo (Corriente) y a la energía necesaria para transferir un coulomb a través del elemento (tensión)” (p. 15)	W (Watts)	Datos de placa, manuales, multímetro y sistema BMS
Tensión eléctrica	Según Hayt <i>et al.</i> (2007) “La tensión entre un par de terminales significa una medida de trabajo que se necesita para mover la carga a través del elemento” (p. 14)	v (Tensión)	Datos de placa, manuales, multímetro y sistema BMS
Energía Eléctrica	Según CNFL (s. f.) “la definición clásica indica que a la energía es la capacidad de llevar a cabo un trabajo específico, por lo tanto, la energía eléctrica está relacionada directamente con la producción y con las horas de operación de las máquinas de una empresa o los equipos eléctricos en una residencia” (p. 5)	Wh (Watts-hora)	Datos de placa, manuales, multímetro y sistema BMS

Fuente: elaboración propia.

### **Instrumentos.**

El instrumento es todo aquello que sirve para llevar a cabo un trabajo, de acuerdo con Hernández *et al.* (2014): “En toda investigación cuantitativa aplicamos un instrumento para medir las variables contenidas en las hipótesis [...] Esa medición es eficaz cuando el instrumento de recolección de datos en realidad representa las variables que tenemos en la mente” (pp. 199-200).

Para el desarrollo del trabajo hay diferentes formas de obtener los datos necesarios, ya que pueden obtenerse de forma teórica, por medio de manuales o por datos de placas o prácticas por medio de mediciones con instrumentos. Para la medición de consumo de la energía de los derivados del petróleo se utilizarán los valores entregados por las compañías que suministran los combustibles, ya que por medio de facturas entregan los datos de precio del combustible, así como la cantidad suministrada o vendida.

Para la medición de consumo de la energía eléctrica se utilizarán los datos de manuales sobre valores recomendados por la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, además de contar con mediciones de corriente y voltaje por medio del sistema BMS del edificio (Building Management System), con estos datos se procederá al cálculo de rendimiento también se contará con los montos y consumo por medio de los recibos eléctricos de las compañías.

Tabla 8 Instrumentos por utilizar en el proyecto

Variable	Indicador	Instrumento
Consumo de combustible	l	Factura de compra de combustible
Corriente eléctrica	a	Multímetro, manuales de equipos o placas de equipos
Distancia de transporte	km	Odómetro
Energía	kWh	Manuales y placas de equipos
Potencia eléctrica	W	Multímetro, manuales de equipos o placas de equipos
Tensión eléctrica	V	Manuales y placas de equipos

Fuente: elaboración propia.

### Proceso de recolección y análisis de datos.

Para este punto se estudiarán tres casos, estos son el estudio de un sistema de agua helada, el estudio de una casa de habitación y la compra de gas licuado de petróleo de un edificio. En el sistema de agua helada se procederá a utilizar las mediciones del sistema BMS del equipo, ya que permite llevar a cabo mediciones de tensión, corriente y potencia eléctrica cada 10 minutos por de 24 horas. Una vez obtenidos estos datos se procederá a obtener los datos de potencia, caudal y rendimiento energéticos por medio de los histogramas de frecuencias agrupadas, este método estadístico permite agrupar los valores en intervalos, una vez agrupados se determina en cual intervalo es más probable que se encuentren los valores energéticos del sistema.

Para determinar cuál es el aporte de consumo de energía eléctrica de cada uno de los equipos del sistema se utilizarán los datos de los manuales y se calculará el porcentaje consumo de estos con el fin de llevar a cabo un balance de energías. Una vez obtenidos estos datos se hará el cálculo teórico del rendimiento energético y de indicadores energéticos para todo el sistema, después se procederá a calcular los rendimientos e indicadores por medio de la herramienta de gestión de energía. Al finalizar se comparan los valore teóricos con los obtenidos por la herramienta para el porcentaje de diferencia entre los datos.

Para el caso de la casa de habitación se utilizarán las guías recomendadas por el Instituto Costarricense de Electricidad y la Compañía Nacional de Fuerza y Luz para el cálculo del consumo de energía eléctrica en el hogar. Con estos datos se calcularán los gastos del consumo de cada equipo, habitación y costo de la energía, además de indicadores energéticos, posteriormente se calcularán por medio de la herramienta de gestión de energía para llevar a cabo una comparación de los datos obtenidos. En el tercer caso se utilizarán las facturas de compra de Gas licuado de

petróleo (LPG) del Hospital del Trauma para determinar en forma teórica la cantidad de LPG consumido, después se utilizará la herramienta de gestión de energía para realizar la comparación de los datos.

## Capítulo V. Análisis

### Desarrollo de un Sistema de Gestión de Energía

De acuerdo con Hernández *et al.* (2014), la implementación un sistema de gestión de la energía consta de ocho etapas. Para el desarrollo de la tesis se ejecutará la etapa 2 denominada *Evaluar el desempeño energético*, esta etapa consta de siete pasos que se aplicarán a dos casos de estudio (un sistema de agua helada para enfriamiento y una casa de habitación). Además, se evaluará un sistema de control de compra de combustible, la finalidad es comparar los resultados por cálculos teóricos y los obtenidos por medio de la herramienta de gestión de energía.

#### 1) Sistema de enfriamiento por agua helada

##### *Generalidades*

En el caso del sistema de agua helada, este consta de dos *chillers* que son los encargados de suministrar agua helada a las diferentes terminales o manejadoras que hacen el intercambio de calor en el recinto por climatizar. Al ser dos equipos de funcionamiento similar se determinará cuál es su consumo energético, cuáles son los indicadores energéticos, cuál equipo tiene un mejor rendimiento energético y cuál es su costo económico.

El sistema de enfriamiento por agua helada cuenta con dos *chillers* HPC-M CQ4 036 con una capacidad de 334 kW de enfriamiento que utilizan el refrigerante R134a. Los *chillers* están compuestos por compresores herméticos de tornillo, válvulas de expansión electrónicas, evaporadoras con condensadores de placas, sistemas de tuberías, elementos de control y medición y ocho ventiladores de condensación cada uno.

El sistema de enfriamiento cuenta con dos bombas para la movilización de agua helada a través del sistema de tuberías del recinto a climatizar. Para el control del sistema se utiliza una serie de válvulas eléctricas que cierran o abren de acuerdo con la necesidad requerida. El sistema proporciona agua helada a las terminales de cada cuarto por climatizar, estas hacen el intercambio de calor entre el recinto y el agua, una vez realizado el intercambio de calor, el agua retorna a los *chillers* para llevar a cabo el proceso de intercambio de calor con el ambiente.



Ilustración 15 Ciclo de enfriamiento del sistema de agua helada

Fuente: Emerson Electric Co (2008).

### ***Etapa 2: Valuar del desempeño energético***

En el concepto de desempeño energético considera el uso que se le da a la energía eléctrica, la forma en la que la consume, la intensidad energética y las medidas para aumentar la eficiencia energética y el ahorro de energía. De acuerdo con Hernández *et al.* (2014), esta etapa consta de ocho pasos para su implementación para el desarrollo del trabajo se evaluará cada uno de estos pasos.

#### ***Paso 1 Identificar y evaluar los requisitos legales y de otra índole***

En este paso se identifican los requisitos legales relacionados con el uso y el consumo de la energía. Para el caso del sistema de enfriamiento la energía eléctrica se utiliza para la producción de agua helada para la climatización de recintos.

La alimentación de Chiller es por medio de una acometida eléctrica suministrada por la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL) (s. f.a) esta tarifa tiene las siguientes características:

Suministro de energía y potencia a servicios servidos en media tensión clasificados como M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7 y M8, conforme a lo especificado en el artículo 26 de la norma técnica regulatoria AR-NT-SUCOM Supervisión de la comercialización del suministro eléctrico en baja y media tensión.

Esta categoría tarifaria establece precios mediante una banda. Los valores entre los precios mínimos y máximos inclusive pueden aplicarse al consumo de energía y potencia de los usuarios que puedan acceder a la tarifa, según sea requerido y previa valoración de la CNFL de cada caso en particular en función del consumo entre otras variables (s. p.).

La Resolución 072 (2015) menciona en el artículo 26, las siguientes características para el sistema de media tensión:

Alimentación: Desde las redes de media tensión de la empresa eléctrica, hacia las terminales de carga del medio de desconexión que instala la empresa eléctrica en la acometida.

Trifásico a media tensión: Para cargas declaradas superiores a 75 kVA.

M1: Tensión nominal de suministro: 4 160 V, cuatro hilos, conexión estrella.

M2: Tensión nominal de suministro: 13 200 o 13 800 V, cuatro hilos, conexión estrella.

M3: Tensión nominal de suministro: 24 940 V, cuatro hilos, conexión estrella.

M4: Tensión nominal de suministro: 34 500 V, cuatro hilos, conexión estrella.

El edificio cuenta con un transformador que convierte una acometida eléctrica de 34 500 v/ 75 kVA, trifásicos (M4) a 480 V, 75 kVA, conexión trifásica.

Con respecto al costo de la energía, la Compañía Nacional de Fuerza y Luz divide la tarifa en tres periodos de cobro de nominados valle (de 6:00 a. m. a 10:00 a. m. y de 12:00 p. m. a 5:30 p. m.), punta (de 10:00 a. m. a 12:30 p. m. y de 5:30 p. m. a 8:00 p. m.) y nocturno (de 8:00 p. m. a 6:00 a. m.), de acuerdo con la CNFL (s. f.b), el costo de kWh en cada periodo corresponde a la Tabla 9:

Tabla 9 Costo de la energía eléctrica de acuerdo con la tarifa de la CNFL

Bloques de consumo (kWh)		
Periodo	Máxima	Mínima
Energía Punta	¢56,09	¢54,53
Energía Valle	¢28,04	¢27,11
Energía Noche	¢20,20	¢19,52

Consumo de potencia (kW)		
Periodo	Máxima	Mínima
Potencia Punta	¢9.835,89	¢9.509,34
Potencia valle	¢6.998,55	¢6.766,20
Potencia Noche	¢4.442,81	¢4.295,31

Fuente: elaboración propia.

### *Paso 2 Recopilación de datos eléctricos*

De acuerdo con Hernández *et al.* (2014): “Evaluar el desempeño energético requiere información fiable y clara sobre cómo, cuándo y dónde la energía está siendo utilizada” (p. 31), para este paso se tomarán los datos de funcionamiento por medio del Sistema BMS (Building Management Systems) del equipo, ya que este es capaz de medir y registrar la cantidad de potencia eléctrica (kWh) del sistema, la cantidad de caudal de agua helada generada y tiempos de funcionamiento de los equipos. Además, debido a que recinto tiene una tarifa horaria, la evaluación de desempeño energético se dividirá en cinco periodos de acuerdo con el monto-horario de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz.

Otros datos de funcionamiento de los *chillers* se recolectarán por medio de los equipos de mediciones de los tableros eléctricos y equipos de mediciones de la subestación, los cuales son denominados Powerlogic, ya que estos equipos son capaces de guardar la información de variables eléctricas como corriente, tensión y potencia. Esta información estará complementada por manuales técnicos de los equipos y mediciones realizadas por multímetros.

Tabla 10 Registro de las fuentes de energía del sistema de enfriamiento por agua helada e indicador.

Periodo	Producción Agua helada	Energía Eléctrica	Indicador
Valle (6:00 a. m. a 10:00 a. m.)	M <sup>3</sup> /h	kWh	Cantidad de energía/ Producción
Punta (10:00 a. m. a 12:30 p. m.)			
Valle (12:30 p. m. a 5:30 p. m.)			

Punta (5:30 p. m. a 8:00 p. m.)			
Nocturno (8:00 p. m. a 06:00 a. m.)			

Fuente: elaboración propia.

### *Paso 3 Establecer la línea de base energética*

De acuerdo con Hernández *et al.* (2014): “El desempeño energético se representa mediante una línea de base con los IDEn, los cuales son una cuantificación del consumo de energía en función de costos, salidas de productos, bienes o servicios correspondientes a un periodo representativo” (p. 33). Una vez identificado los IDEn (indicadores de desempeño energético) para el sistema de enfriamiento por agua helada se determinarán cuáles son los equipos relacionados con el consumo eléctrico en la producción de agua helada.

En los sistemas de agua helada, los principales equipos que consumen energía eléctrica son cuatro: compresores de tornillos, ventiladores, bombas de recirculación y bombas de recirculación del sistema de agua helada. Además, los sistemas de control también consumen energía eléctrica, pero por su consumo no es representativo.

- **Compresores de tornillo:** De acuerdo con Emerson Electric Co (2008), cada Chiller cuenta con dos compresores de tornillo semiherméticos, cada compresor corresponde a un circuito de enfriamiento independiente. Los compresores están equipados con un motor asíncrono trifásico, el arranque del motor es a carga reducida tipo estrella/delta. Estos compresores son las personas encargadas de movilizar el refrigerante a través del ciclo de enfriamiento del agua.
- **Ventiladores:** Cada *chillers* cuenta con ocho ventiladores, cuatro por cada sistema de enfriamiento, de acuerdo con Emerson Electric Co (2008), los ventiladores son axial, con álabes de chapa de aluminio insertada, rociado con plástico PP equilibrado estática y dinámicamente, acoplado directamente a un motor eléctrico con rotor externo. Los ventiladores ayudan al intercambio de calor al ambiente de los condensadores.
- **Bombas de recirculación:** Cada Chiller cuenta dos bombas de recirculación estas bombas son accionados por motores de dos polos y son las encargadas de movilizar el agua a través del condensador del Chiller.
- **Bombas de recirculación de sistema de agua helada:** El sistema de agua helada tiene dos

bombas para la recirculación de agua helada a través de las tuberías, estas se encargan de movilizar el agua helada a través de todas las tuberías del sistema de enfriamiento.

Tabla 11 Indicadores de desempeño energético

Equipo	Consumo energético	Indicador de desempeño energético	Unidades	Unidades
Compresor de tornillo	Consumo eléctrico para la circulación de refrigerante	Potencia eléctrica/caudal de agua helada	kWh	m <sup>3</sup> /h
Ventiladores	Consumo eléctrico para el intercambio de calor al ambiente	Potencia eléctrica/caudal de agua helada	kWh	m <sup>3</sup> /h
Bombas de recirculación	Consumo eléctrico para la circulación de agua por el condensador del Chiller	Potencia eléctrica/caudal de agua helada	kWh	m <sup>3</sup> /h
Bombas de recirculación	Consumo eléctrico para la circulación de agua helada a través del sistema de tuberías	Potencia eléctrica/caudal de agua helada	kWh	m <sup>3</sup> /h

Fuente: elaboración propia.

#### *Paso 4 Analizar los datos energéticos*

La finalidad de este paso es identificar las variables de consumo de energía y determinar la forma en que se consume la energía. De acuerdo con Hernández *et al.* (2014), este paso ayuda a comprender los usos significativos de la energía (USEn):

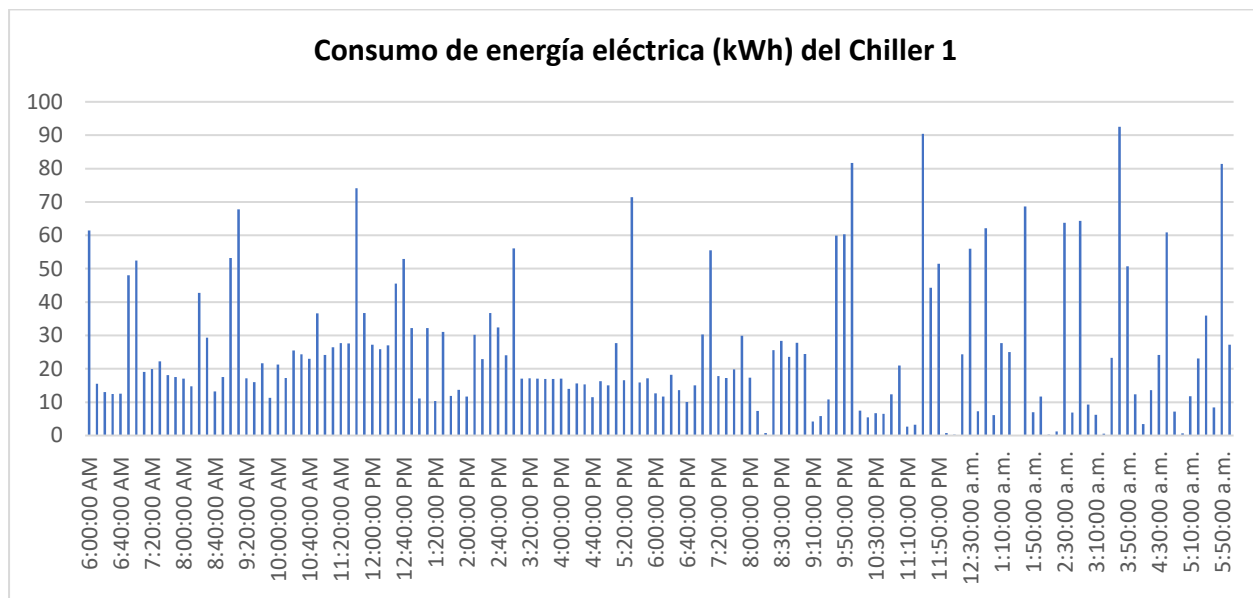
El análisis de datos contribuye a la comprensión de las tendencias de consumo de energía y las variables que afecten el desempeño energético. Este análisis, a su vez, permite identificar las medidas de reducción del consumo energético y los usos significativos de la energía (USEn), dentro de las cuales se encuentran incluidos los procesos, sistemas o equipos considerados como relevantes por el equipo de gestión de la energía (p. 36).

El análisis de los datos energéticos tiene como base las mediciones hechas por el Sistema BMS del Chiller, estas mediciones se realizaron cada 10 minutos por un espacio de 24 horas. Debido a que los datos de potencia, caudal e indicador energético son de difícil comprensión a primera vista, se procederá a utilizar herramientas de estadística para la comprensión y descripción de los datos. Por medio de los histogramas de frecuencias se determinará cuáles son las modas de

estas mediciones.

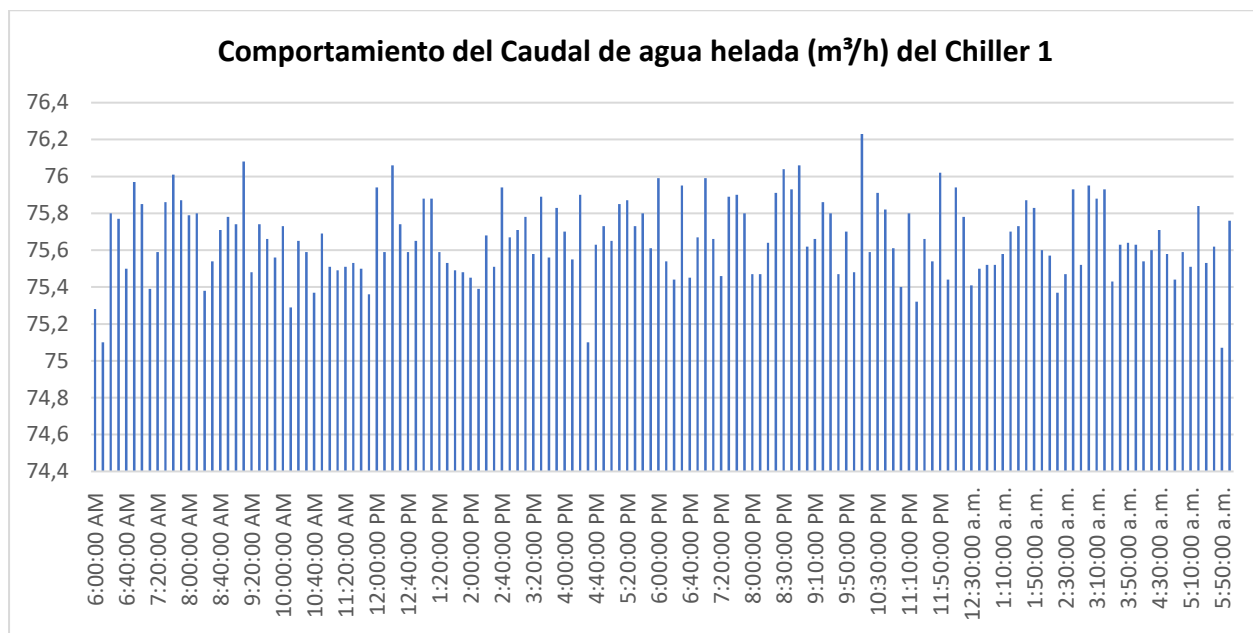
Los valores de consumo de potencia eléctrica (kWh), flujo de agua helada (m<sup>2</sup>) corresponden a los Apéndices A y B de la tesis. El Gráfico 2 y el Gráfico 3 corresponden al comportamiento de la potencia y flujo de caudal de agua helada de las mediciones durante las 24 horas de estudio y el Gráfico 4 corresponde al cálculo del indicador de energía con los datos obtenidos en la medición.

Gráfico 3 Comportamiento de la energía eléctrica del Chiller 1



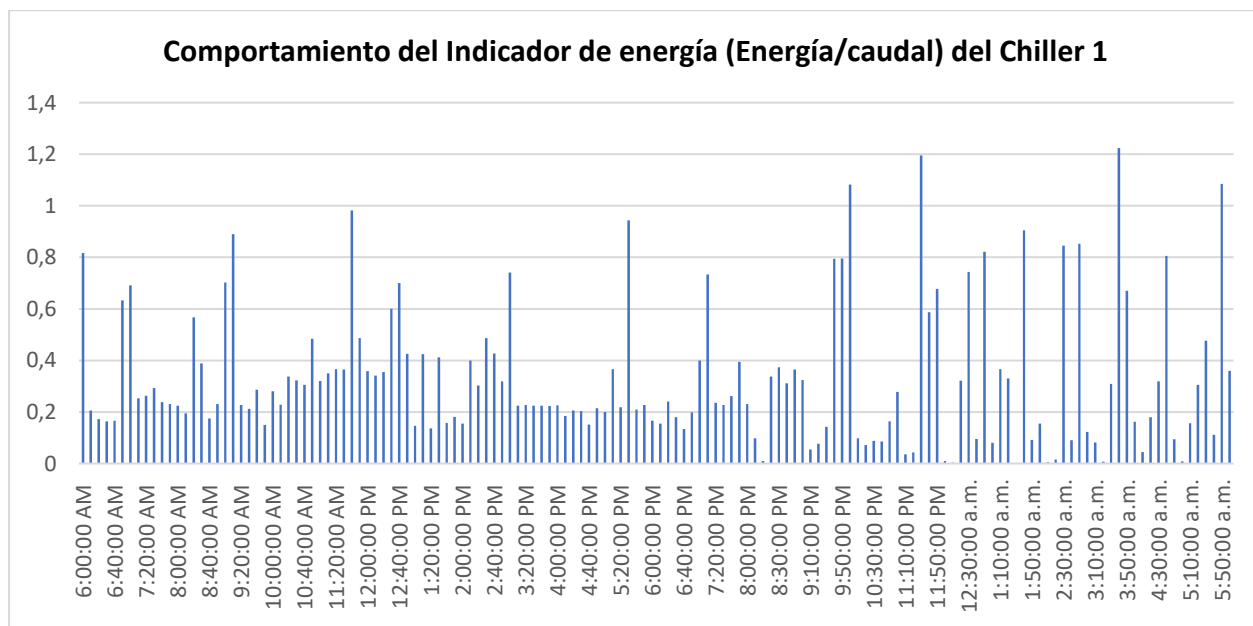
Fuente: elaboración propia.

Gráfico 4 Comportamiento del caudal de agua helada del Chiller 1



Fuente: elaboración propia.

Gráfico 5 Comportamiento del indicador de desempeño energético (energía/ caudal) a través de la medición Chiller 1



Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con Mendenhall, Beaver y Beaver (2010), la definición de histograma de

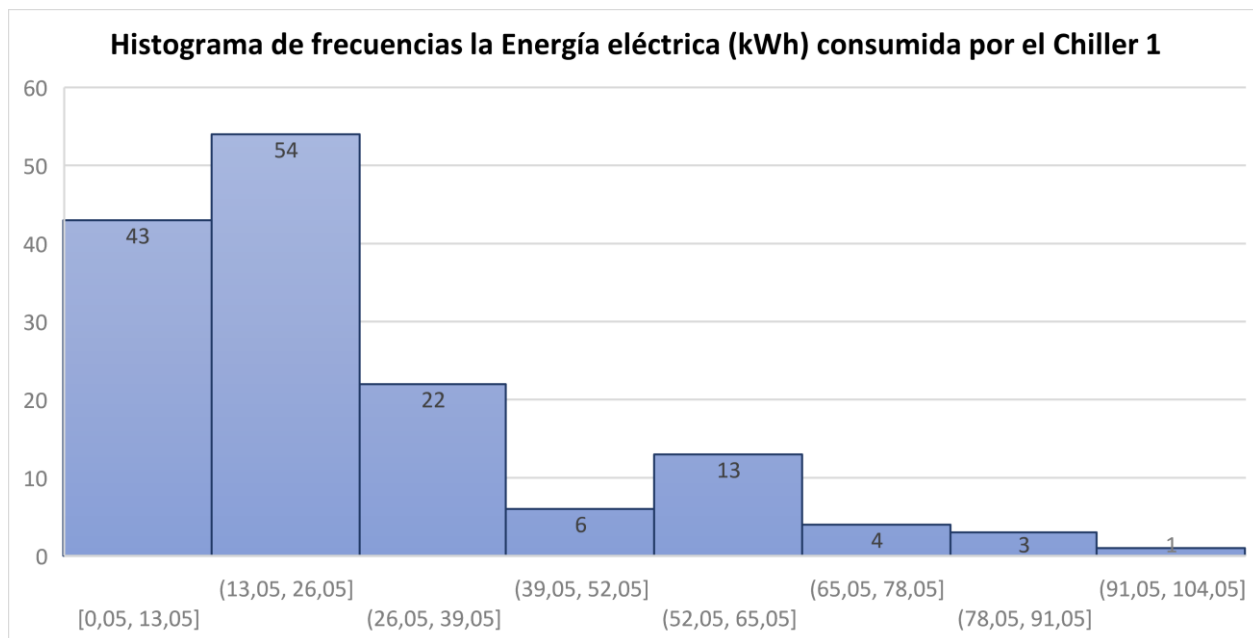
frecuencias relativas es el siguiente:

Un histograma de frecuencias relativas, para un conjunto de datos cuantitativo es una gráfica de barra en que la altura de la barra muestra Con qué frecuencia (medida como proporción o frecuencia relativa) las mediciones caen en una clase o subintervalo particular, las clases o subintervalos se grafican a lo largo del eje horizontal (p. 25).

Los histogramas de frecuencias son una herramienta para la comprensión de datos numéricos difíciles de entender, ya que permiten ordenarlos con base en una característica. De acuerdo con Mendenhall *et al.* (2010): “Se pueden usar un histograma de frecuencias relativas para describir la distribución de un conjunto de datos en términos de su ubicación y forma y ver si hay resultados atípicos” (p. 27), el punto medio entre los datos límites se conoce como media. Según Mendenhall *et al.* (2010):

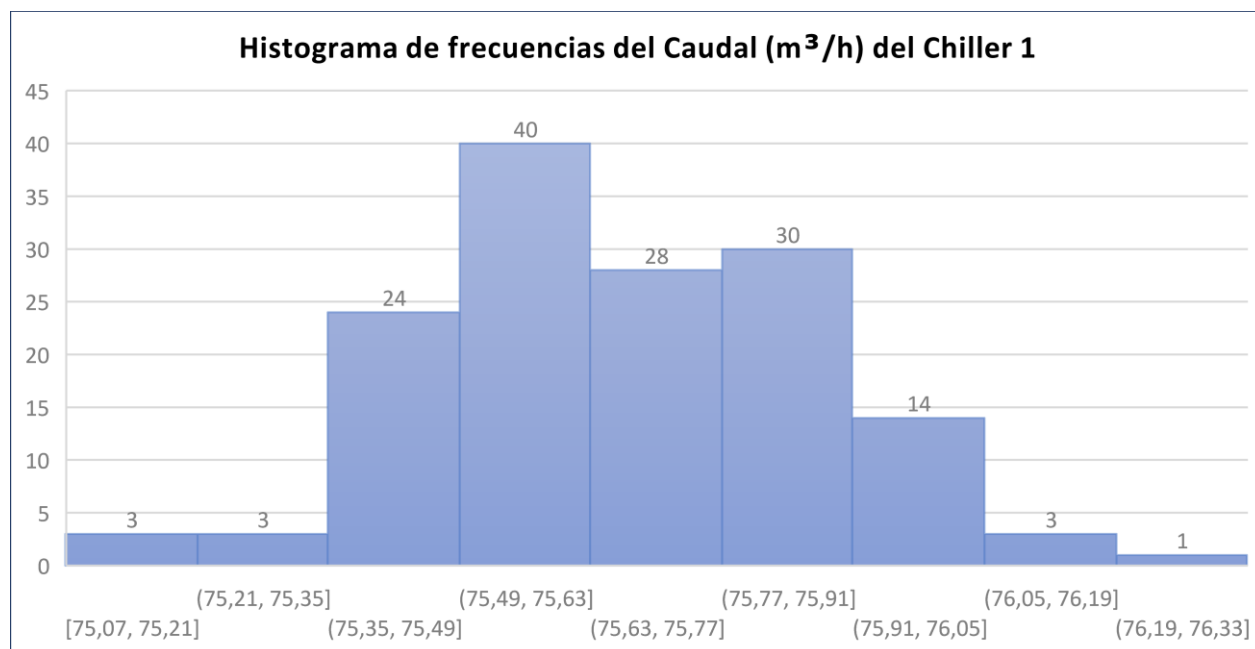
La moda es la categoría que se representa con más frecuencia o el valor de  $x$  que se presenta con más frecuencia. Cuando las mediciones en una variable continua se han agrupado como histogramas de frecuencia o de frecuencia relativa, la clase con el pico más alto o frecuencia se llama clase modal, y el punto medio de esa clase se toma como la moda (p. 57).

Gráfico 6 Histograma de frecuencias relativas la energía eléctrica consumida por el Chiller 1



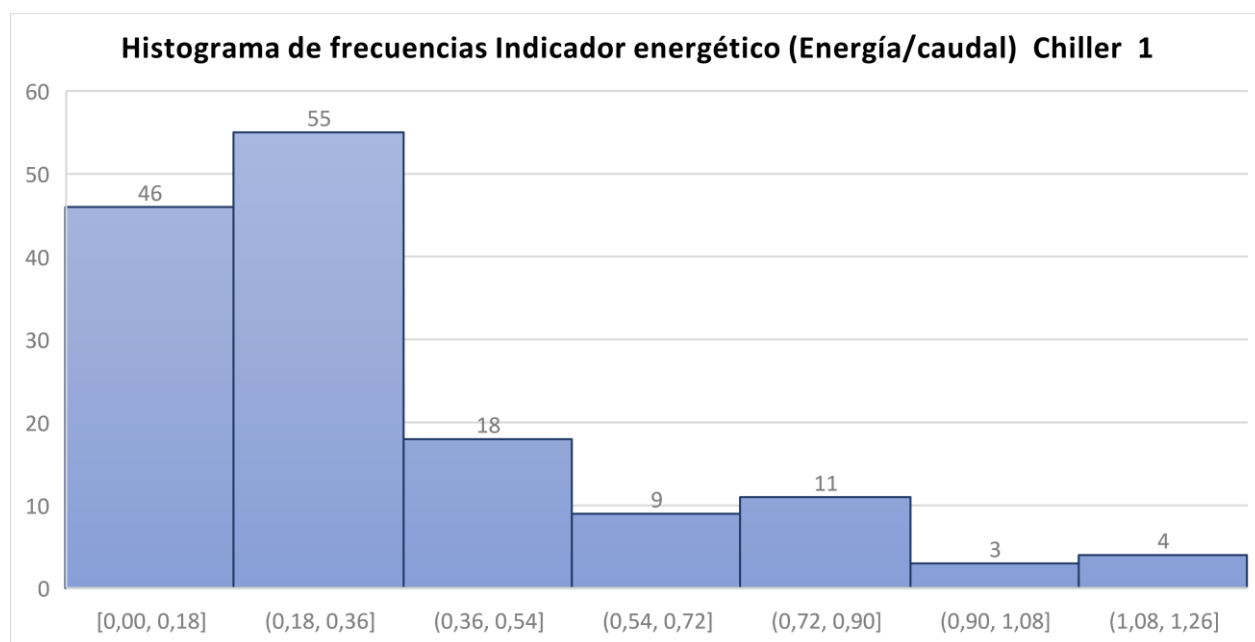
Fuente: elaboración propia.

Gráfico 7 Histograma de frecuencias relativas del caudal generado por el Chiller 1



Fuente: elaboración propia.

Gráfico 8 Histograma de frecuencias relativas del Indicador de desempeño energético del Chiller 1



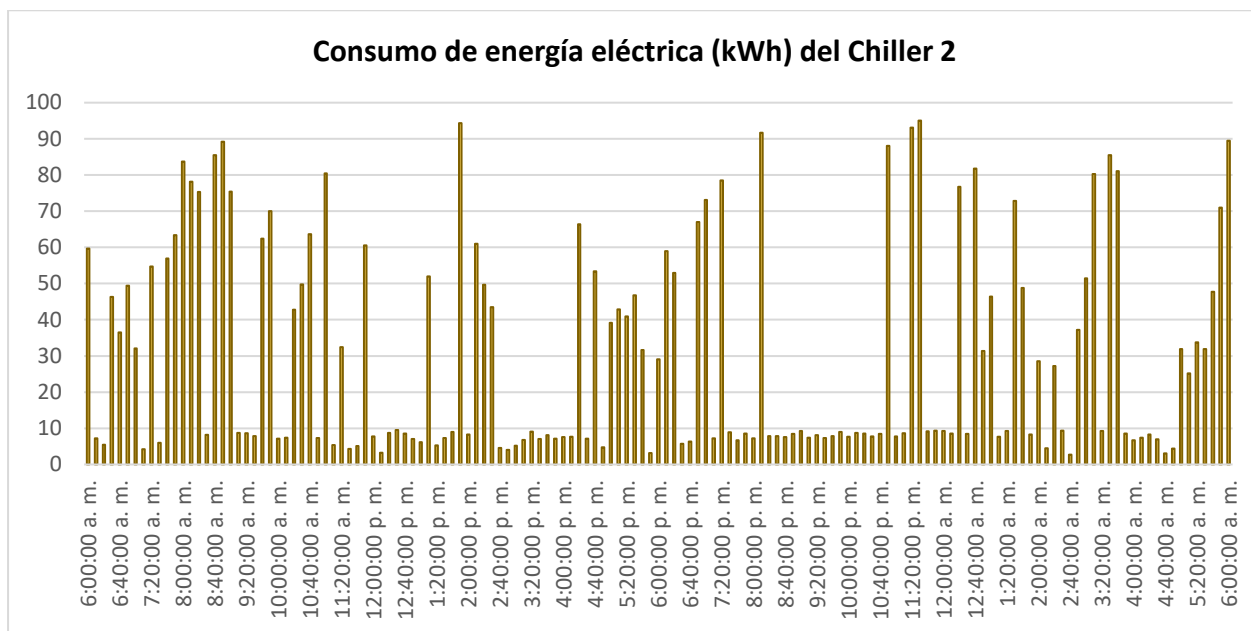
Fuente: elaboración propia.

Una vez realizados los histogramas de frecuencias relativas del consumo de energía eléctrica del Chiller 1, se tienen los siguientes resultados para el caso de la energía eléctrica consumida, 54 de las 146 mediciones se encuentran entre el intervalo de 13,05 y 26,05 kWh lo que implicaría que un 36.98 % de las mediciones pertenecen a este intervalo. Al utilizar la media entre los intervalos se obtiene que el valor de la moda de la energía eléctrica consumida por el Chiller es de un 19,55 kWh.

Con respecto al caudal 40 de las 146 mediciones (27.39 % de las mediciones) corresponden al intervalo comprendido entre 75,49 y 75,63 m<sup>3</sup>/h, utilizando la media entre los intervalos da como resultado una moda de caudal de 75,56 m<sup>3</sup>/h. Para el indicador energético 55 de los 146 cálculos (37.67 % de las mediciones) corresponden a intervalo de entre 0,18 y 0,36, al utilizar la media entre los límites del intervalo se obtiene el valor de 0,27. Sin embargo, al llevar a cabo el cálculo de indicadores energéticos entre los valores medios de energía y caudal (19,55 kWh y 75,56 m<sup>3</sup>/h) da como resultado 0,25 para efectos de la tesis, debido que se utilizarán los valores medios de energía y caudal se utilizará 0,25.

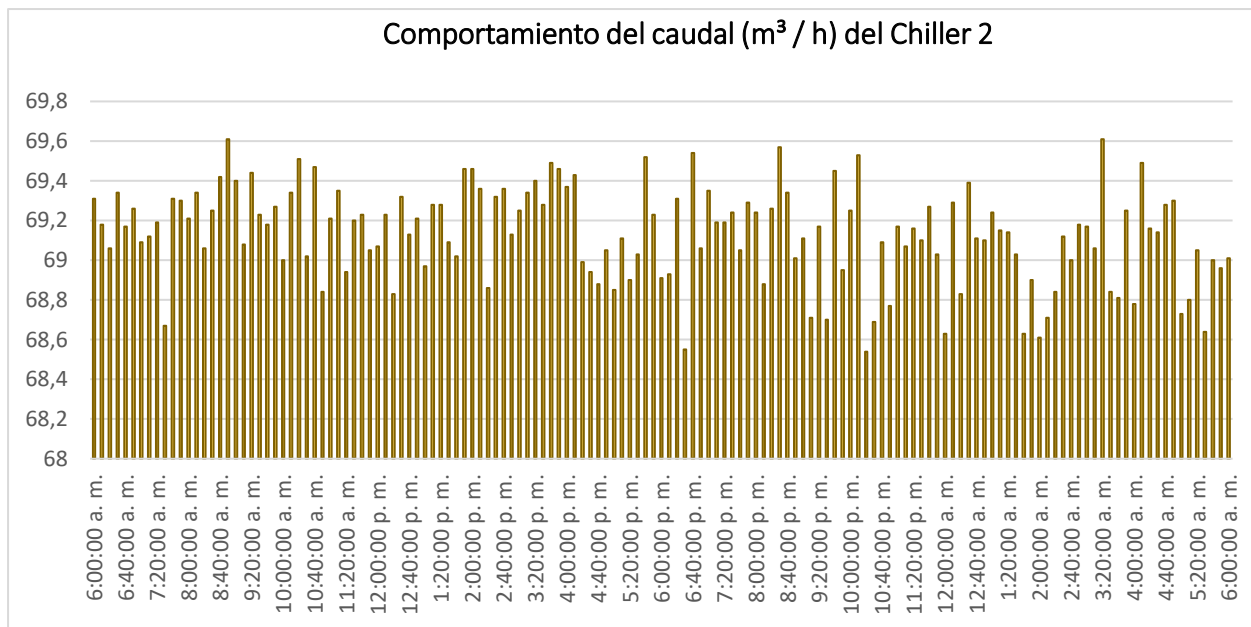
En el caso del Chiller 2 también se tomaron mediciones durante 24 horas cada diez minutos, el comportamiento de estas mediciones se encuentra en el Gráfico 8, el Gráfico 9 y el Gráfico 10, además el Gráfico 11, el Gráfico 12 y el Gráfico 13 muestran los histogramas de cada medición, esto con el fin de determinar el valor apropiado para los cálculos teóricos.

Gráfico 9 Comportamiento de la energía eléctrica del Chiller 2



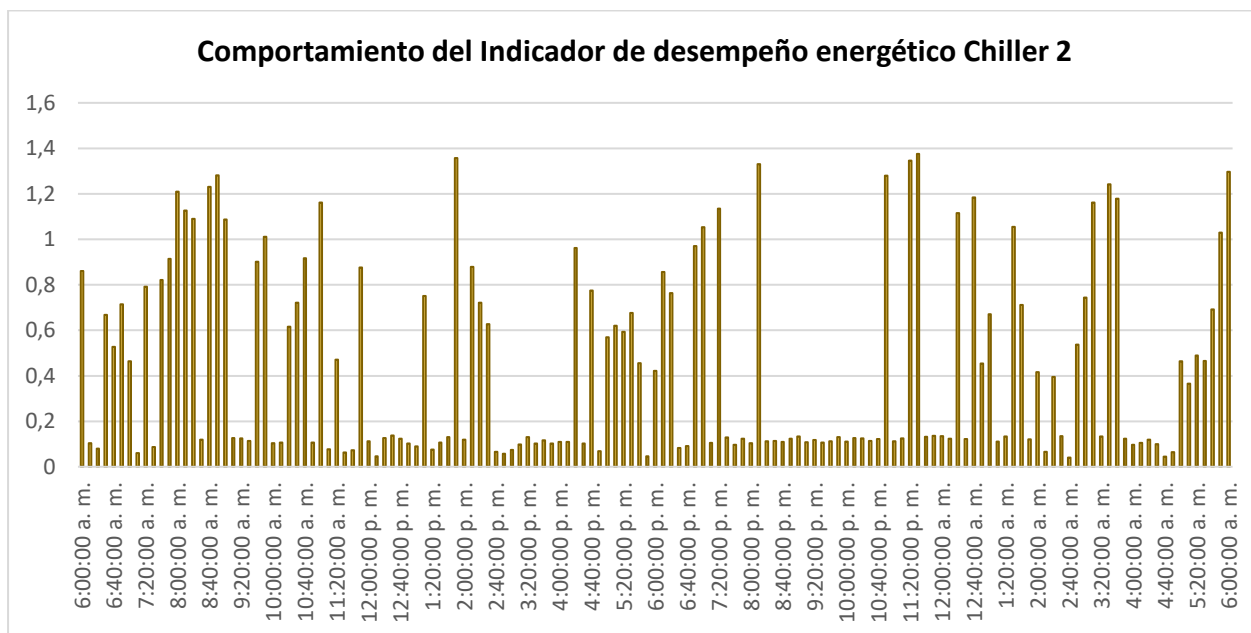
Fuente: elaboración propia.

Gráfico 10 Comportamiento del caudal de agua helada del Chiller 2



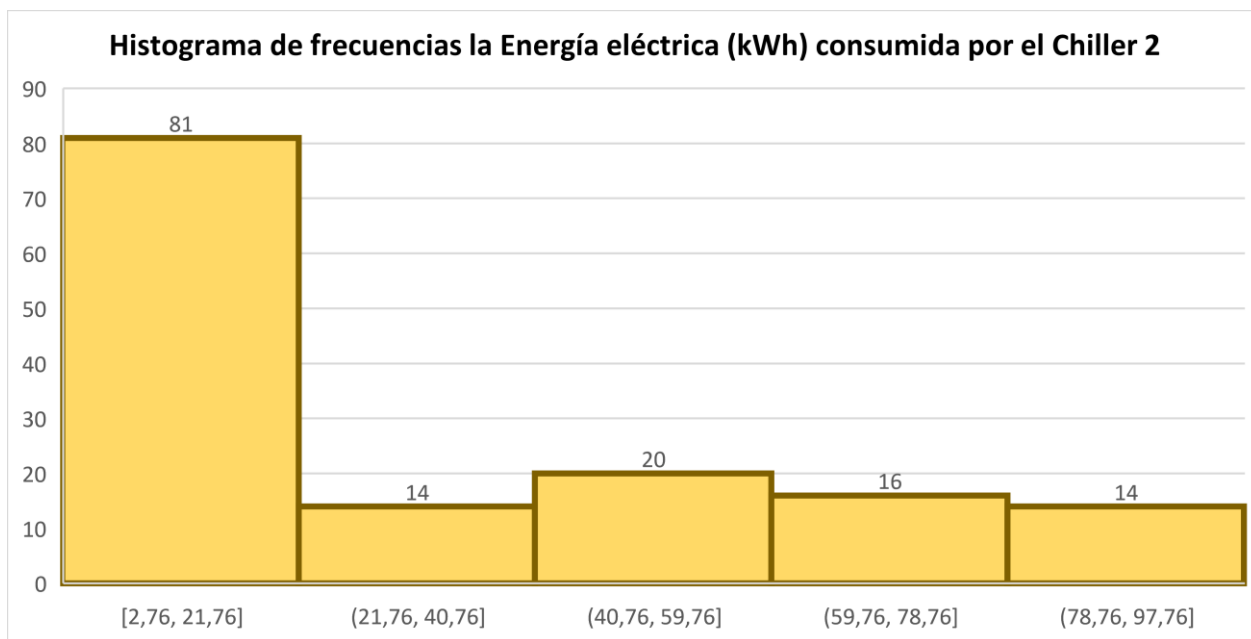
Fuente: elaboración propia.

Gráfico 11 Comportamiento del indicador de desempeño energético (energía/ caudal) a través de la medición Chiller 2



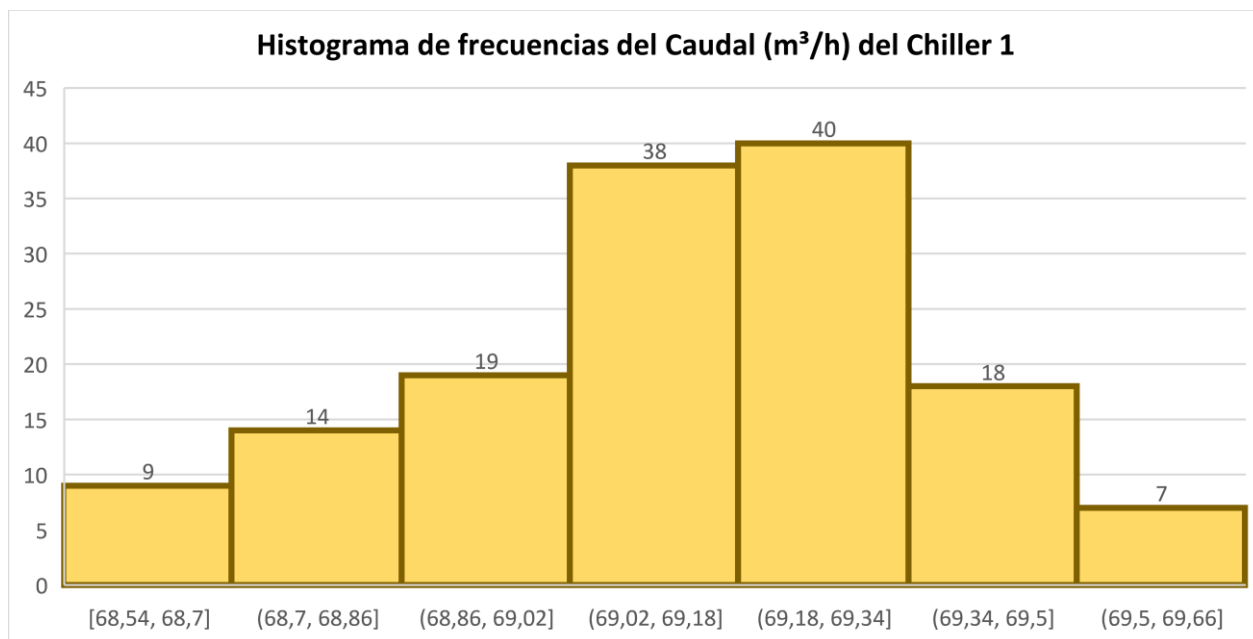
Fuente: elaboración propia.

Gráfico 12 Histograma de frecuencias relativas la energía eléctrica consumida por el Chiller 2



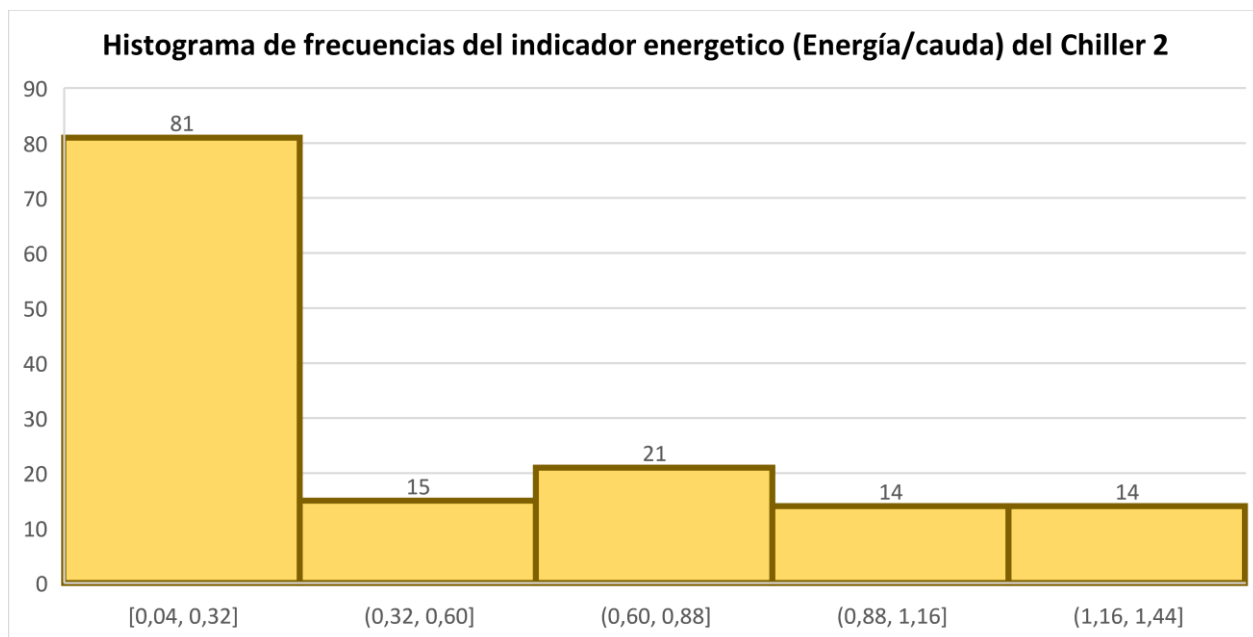
Fuente: elaboración propia.

Gráfico 13 Histograma de frecuencias relativas del caudal de agua helada generado por el Chiller 2



Fuente: elaboración propia.

Gráfico 14 Histograma de frecuencias relativas del indicador de desempeño energético del Chiller 2



Fuente: elaboración propia.

Para el histograma del consumo de energía eléctrica del Chillers 2, 81 de las 146 mediciones (55.47 %) se encuentran en el intervalo de 2,76 y 21,76 kWh al llevar a cabo la media entre los límites de se obtiene como resultado una moda de consumo de 12,26 kWh. En el histograma de las mediciones del caudal del Chiller 2, 40 de 146 mediciones (27.39 %) corresponden al intervalo comprendido de 69,18 hasta 69,34 m<sup>3</sup>/h, al llevar a cabo la media da como resultado una moda de caudal de 69,26 m<sup>3</sup>/h.

Para el indicador energético la relación energía/caudal entre los valores de 12,26 kWh y 69,26 m<sup>3</sup>/h, es de 0,17. Este dato se utilizará para los cálculos teóricos de la tesis, en el caso del histograma 81 de las 146 mediciones (55.47 %) corresponden al intervalo de 0,04 y 0,32 kWh, al calcular la media se tiene como resultado una moda 0,18.

#### *Paso 2.5 Llevar a cabo evaluaciones técnicas y auditorías*

Según Hernández *et al.* (2014): “Conocer la línea de base energética de la organización y el desempeño energético es parte de la información necesaria para llevar a cabo una auditoría o revisión energética” (p. 38). Esta etapa se caracteriza por las evaluaciones del rendimiento de los equipos, procesos y sistemas.

En el caso del sistema de agua helada se utilizará el método del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) (s. f.a). Con este método se calculará de la energía consumida (kWh) por cada equipo que compone el sistema de agua helada. Este cálculo tendrá las siguientes características:

- Los tiempos de funcionamiento de los equipos será determinado por los datos extraídos del sistema de BMS y de los controladores del Chillers.
- Los datos de potencia de los compresores, ventiladores y bombas de recirculación de Chiller se determinan por medio de manuales técnicos (estos datos se hacen en condiciones estándar y son muy diferentes a las encontradas en el sitio, por esta razón los datos de consumo de energía teóricos y reales son muy diferentes).
- Para el cálculo de la energía de los compresores se toma en cuenta que los compresores no trabajan al 100 % de la capacidad, sino al 50 %, los ventiladores trabajan al 100 % por grupo de cuatro ventiladores, ya que se tienen dos circuitos de enfriamiento independientes y las bombas de recirculación trabajan 24 horas.
- Los datos de la bomba de recirculación del sistema de agua helada se determinaron por

medio de mediciones con multímetro. Al llevar a cabo estas mediciones se obtuvieron los siguientes datos, tensión de alimentación 460 V, corriente de fase 10,2 A para una potencia calculada de 4,69 kWh para el Chiller 1. Para el Chiller 2 se obtuvieron los siguientes valores, tensión de alimentación 458 V, corriente de fase 7,7 A para una potencia calculada de 3,52 kWh

La finalidad de estos cálculos es obtener porcentajes de consumo de energía eléctrica para cada equipo de los Chillers. Con estos porcentajes se podrá relacionar el sistema en condiciones reales y en condiciones estándar (alimentación 400v/3Ph/50hz, temperatura exterior 35 °C, entrada de agua 12 °C, salida de agua 7 °C).

Al llevar a cabo los cálculos teóricos en condiciones estándar, de acuerdo con los valores de potencia del fabricante, se estimó que el consumo de energía del Chiller 1 es de 40,37 kWh y que el del Chiller 2 es de 34,31 kWh. Con esta estimación se calcularán los porcentajes de consumo de energía de cada uno de los equipos que componen los Chillers, estos datos se encuentran en la Tabla 12 y la Tabla 13.

Tabla 12 Consumo eléctrico de los equipos del Chiller 1

	Tiempo minutos	Porcentaje de uso	Potencia kW	Energía kWh	Porcentaje de Consumo
Compresor de tornillo	34	50,00 %	101	28,62	70,89 %
Ventiladores	28	100,00 %	5,7	2,66	6,59 %
Bomba de recirculación Chiller	60	100,00 %	4,4	4,4	10,90 %
Bomba de recirculación del Sistema	60	NA	4,69	4,69	11,62 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla 13 Consumo eléctrico de los equipos del Chiller 2

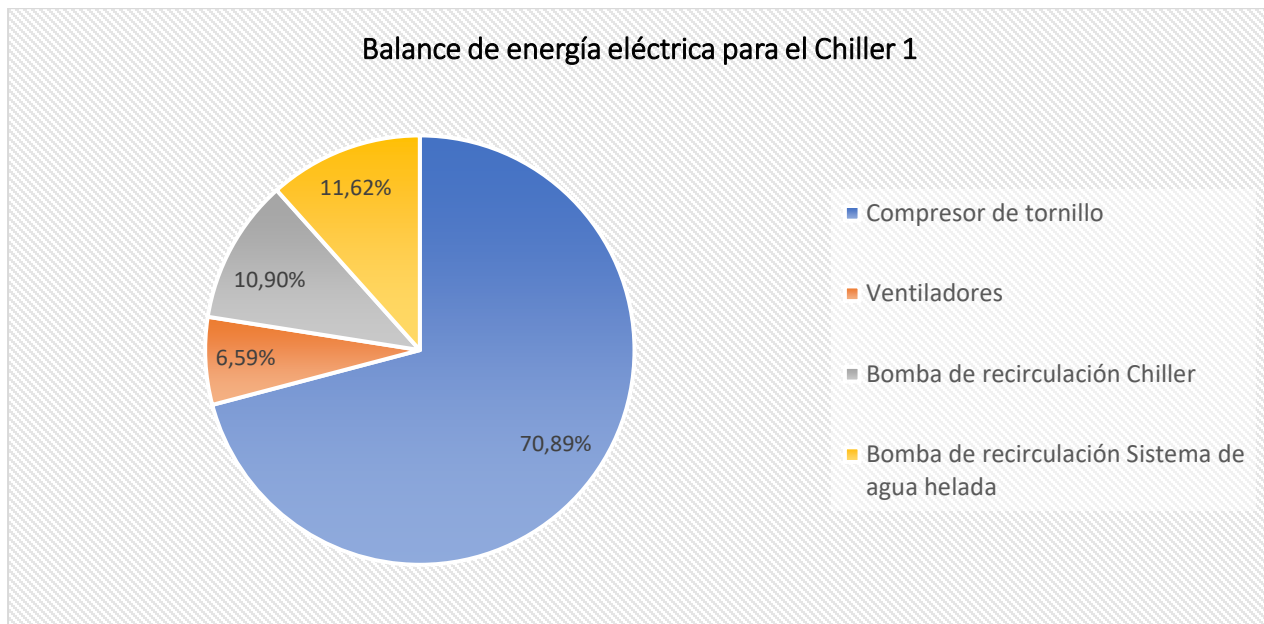
	Tiempo minutos	Porcentaje de uso	Potencia kW	Energía kWh	Porcentaje de Consumo
Compresor de tornillo	28,5	50,00 %	101	23,99	69,92 %
Ventiladores	25,25	100,00 %	5,7	2,4	7,00 %
Bomba de recirculación Chiller	60	100,00 %	4,4	4,4	12,82 %

Bomba de recirculación del Sistema	60	NA	4,69	3,52	10,26 %
------------------------------------	----	----	------	------	---------

Fuente: elaboración propia.

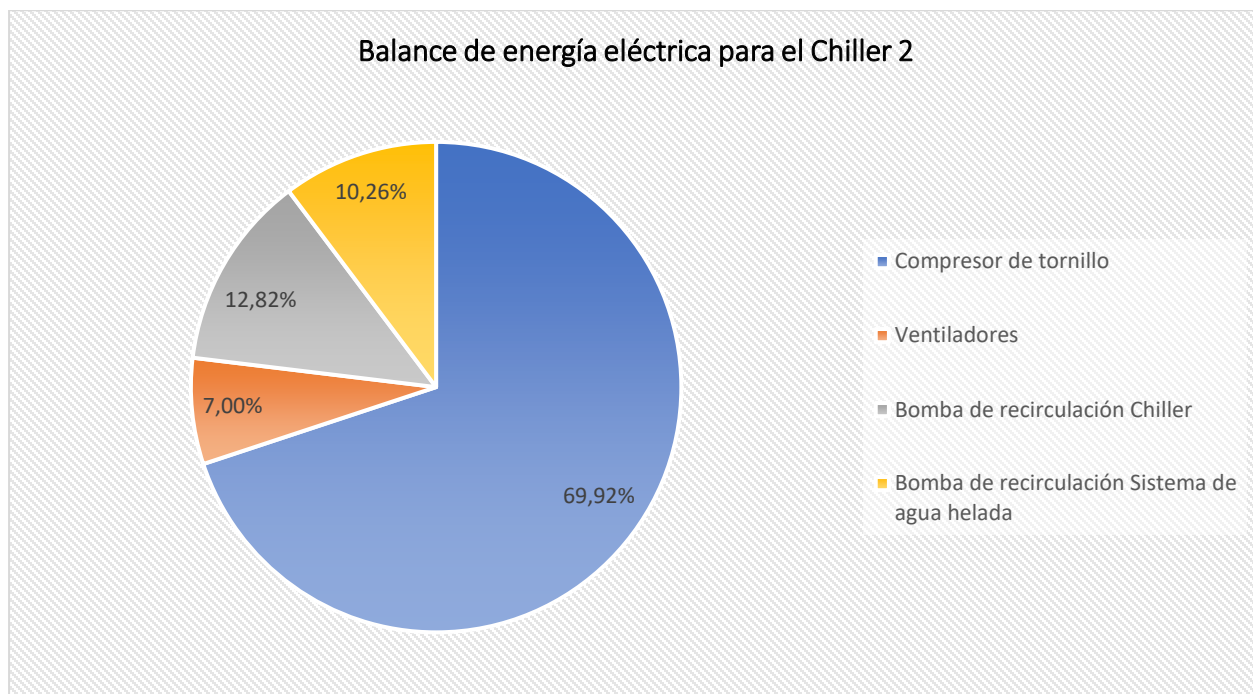
Con los datos de la Tabla 12 y la Tabla 13 se grafican los balances de energía eléctrica para cada uno de los equipos que componen los Chillers.

Gráfico 15 Balance de la energía eléctrica para el Chiller 1



Fuente: elaboración propia.

Gráfico 16 Balance de la energía eléctrica para el Chiller 2



Fuente: elaboración propia.

Una vez realizado los cálculos de consumo de potencia eléctrica de los Chillers y después de obtener el porcentaje del consumo para cada equipo en condiciones estándar se calculó el consumo de los equipos en condiciones reales, utilizando el consumo de potencia eléctrica real y los porcentajes de consumo para cada equipo en condiciones estándar. Este cálculo se encuentra en la Tabla 14 y la Tabla 15, estos valores se utilizarán para llevar a cabo el cálculo teórico del funcionamiento del sistema de agua helada y compararlo con los datos obtenidos en la herramienta.

Tabla 14 Cálculo de la potencia de cada uno de equipos del sistema de agua helada Chiller 1

	Energía real del Chiller (kWh)	Porcentaje de uso	Energía equipo (kWh)	Energía Mensual (kW)
Compresor de tornillo	19,55	70,89 %	13,86	9978,48
Bomba de recirculación sistema de agua helada	19,55	11,62 %	2,27	1635,63
Bomba de recirculación Chiller	19,55	10,90 %	2,13	1534,28
Ventiladores	19,55	6,59 %	1,29	927,61
		<b>Total</b>	<b>19,55</b>	<b>14076,00</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla 15 Cálculo de la potencia de cada uno de equipos del Sistema de agua helada Chiller 2

	Energía real del Chiller (kWh)	Porcentaje de uso	Energía por equipo (kWh)	Energía Mensual (kW)
Compresor de tornillo	12,26	69,92 %	8,57	6171,98
Bomba de recirculación sistema de agua helada	12,26	12,82 %	1,57	1131,65
Bomba de recirculación Chiller	12,26	10,26 %	1,26	905,67
Ventiladores	12,26	7,00 %	0,86	617,90
		<b>Total</b>	<b>12,26</b>	<b>8827,20</b>

Fuente: elaboración propia.

Con los valores de potencial real de los equipos se calculan los costos de la energía eléctrica para cada uno de los Chillers.

Tabla 16 Costo diario de funcionamiento del Chiller 1

	Tiempo	Costo	kWh	kW diarios	Costo
Valle	4,00	¢27,11	19,55	78,2	¢2.120,00
Punta	2,50	¢54,53	19,55	48,87	¢2.665,15
Valle	5,00	¢27,11	19,55	97,75	¢2.650,00
Punta	2,50	¢54,53	19,55	48,87	¢2.665,15
Nocturno	10,00	¢19,52	19,55	195,5	¢3.816,16
				<b>Total</b>	<b>¢13.916,47</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla 17 Costo diario de funcionamiento del Chiller 2

	Tiempo	Costo	kWh	kW diarios	Costo
Valle	4,00	¢27,11	12,26	49,04	¢1.329,47
Punta	2,50	¢54,53	12,26	30,65	¢1.671,34
Valle	5,00	¢27,11	12,26	61,3	¢1.661,84
Punta	2,50	¢54,53	12,26	30,65	¢1.671,34
Nocturno	10,00	¢19,52	12,26	122,6	¢2.393,15
				<b>Total</b>	<b>¢8.727,16</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla 18 Resumen comparativo del funcionamiento de los Chiller del sistema de agua helada

	Chiller 1	Chiller 2
Indicador energético	0,25	0,17
Caudal (m <sup>3</sup> /h)	75,56	69,26
Potencia (kW)	19,55	12,26
Energía diaria	469,2	294,24
Energía mensual	14076	8827,2

Costo diario	₡13.916,47	₡8.727,16
Costo mensual	₡417.494,10	₡261.814,80

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la Tabla 18 el consumo energético del Chiller 1 es de 14076 kW mensuales y del Chiller 2 es 294,24 kW mensuales, los cálculos se hacen con base en 30 días por mes por 24 horas diarias que es el funcionamiento del equipo. Después de hacer los cálculos teóricos del sistema de agua helada se procede a llevar a cabo el cálculo por medio de la herramienta de gestión de los recursos energéticos para comparar los resultados. Esta comparación se hace en la Tabla 19 y la Tabla 20, las imágenes de la herramienta de gestión de recursos se encuentran en los Anexos I y J.

Tabla 19 Comparación de datos obtenidos por medio de cálculos teóricos y la herramienta de gestión de recursos energéticos para el Chiller 1

		Cálculos	Herramienta	Diferencia
Energía mensual (kW)	Compresor de tornillo	9978,48	9979,2	-0,01 %
	Bomba de recirculación Chiller	1635,63	1634,4	0,08 %
	Bomba de recirculación Sistema	1534,28	1533,6	0,04 %
	Ventiladores	927,61	928,8	-0,13 %
Consumo de energía diario por equipos (kW)	Aire acondicionado	0	0	0
	Generadores de calor	0	0	0
	Electrodomésticos	0	0	0
	Equipos de Iluminación	0	0	0
	Motores eléctricos	469,2	469,2	0
Consumo de energía (kW)	Energía en espera diario	0	0	0
	Energía en funcionamiento diario	469,2	469,2	0
	Energía en funcionamiento mensual	14076	14076	0
Energía por periodo (kW)	Valle	175,95	175,95	0
	Punta	97,74	97,75	-0,01 %
	Nocturno	195,5	195,5	0
Costo diario de la energía	Valle	₡4.770,00	₡4.770,01	0
	Punta	₡5.330,30	₡5.330,31	0
	Nocturno	₡3.816,16	₡3.816,16	0
Indicadores del uso de la energía	Energía por área	0	0	0
	Energía por persona	0	0	0
	Energía por producción	0,25	0,26	-3,85 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla 20 Comparación de datos obtenidos por medio de cálculos teóricos y la herramienta de gestión de recursos energéticos para el Chiller 2

		Cálculos	Herramienta	Diferencia
Energía mensual (kW)	Compresor de tornillo	6171,98	6170,4	0,03 %
	Bomba de recirculación Chiller	905,67	907,2	-0,17 %
	Bomba de recirculación Sistema	1131,65	1130,4	0,11 %
	Ventiladores	617,9	619,2	-0,21 %
Consumo de energía diario por equipos (kW)	Aire acondicionado	0		0
	Generadores de calor	0		0
	Electrodomésticos	0		0
	Equipos de Iluminación	0		0
	Motores eléctricos	8827,2	8827,2	0
Consumo de energía (kW)	Energía en espera diario	0		0
	Energía en funcionamiento diario	294,24	294,24	0
	Energía en funcionamiento mensual	8827,2	8827,2	0
Energía por periodo (kW)	Valle	110,34	110,34	0
	Punta	61,3	61,3	0
	Nocturno	122,60	122,6	0
Costo diario de la energía	Valle	¢2.991,31	¢2.991,32	0
	Punta	¢3.342,68	¢3.342,69	0
	Nocturno	¢2.393,15	¢2.393,15	0
Indicadores del uso de la energía	Energía por área	0	0	0
	Energía por persona	0	0	0
	Energía por producción	0,17	0,18	-5,56 %

Fuente: elaboración propia.

## 2) Casa de habitación

### *Generalidades*

La casa de habitación se encuentra en San José, Desamparados, San Juan de Dios, consta de un área de 108 m<sup>2</sup> distribuidos en dos plantas de 54 m<sup>2</sup> cada una. Tiene cuatro habitaciones para cuatro habitantes, además cuenta con sala principal, comedor, cocina, cuarto de pilas, una bodega

y un baño. A través de los años se han adquirido diferentes electrodomésticos, el último fue un horno de microondas, sin embargo, los equipos como cocina, refrigeradora y lavadora fueron adquiridos a principios de 2010, estos son por lo general los equipos de mayor consumo de energía eléctrica.

Tabla 21 Dimensiones de la casa de habitación

	Largo (m)	Ancho (m)	Área (m <sup>2</sup> )
Habitación 1	3	3	9,0
Habitación 2	4,5	3	13,5
Habitación 3	4	3	12,0
Habitación 4	9	3	27,0
Sala	5	3	15,0
Comedor	3	3	9,0
Cocina	4,5	3	13,5
Baño	2	2	4
Bodega	2	2	4,0
Cuarto de pila	3	3	9,0

Fuente: elaboración propia.

*Paso 1 Identificar y evaluar los requisitos legales y de otra índole*

La empresa encargada del suministro de energía eléctrica es la Compañía Nacional de Fuerza y Luz por medio de la subestación de Alajuelita, la tarifa eléctrica aplicada es la denominada tarifa residencial T-RE, de acuerdo con la Compañía Nacional de Fuerza y Luz. Para consumo residencial en todo el sistema de distribución de la CNFL S. A. se entiende por residencial, el servicio para casas de habitación o apartamentos que sirven exclusivamente de alojamiento. No incluye cabinas y áreas de recreo, hoteles, hospitales, hospicios, servicios combinados, casa, pulpería, etc., ni edificios de apartamentos servidos por un solo medidor. El costo de la energía eléctrica es en bloques, en la Tabla 22 muestra el costo de la energía para cada bloque de acuerdo con la página de la CNFL.

Tabla 22 Costo de la energía eléctrica para la tarifa T-RE

Bloque	Característica	Costo
Bloque de 0 a 30 kWh	Cargo fijo	¢1.952,10
Bloque de 31 - 200 kWh	Cada kWh	¢65,07
Bloque de 201 - 300 kWh	Cada kWh	¢99,86
Bloque mayor a 300 kWh	Cada kWh adicional	¢103,22

Fuente: CNFL (s. f.a).

*Paso 2 Recopilación de datos eléctricos*

La recopilación de datos de los equipos se llevará a cabo de forma teórica, con base en las recomendaciones del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) y de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL) en sus diferentes folletos de eficiencia, además, se cuentan con los recibos eléctricos de los meses de abril de 2020 a enero de 2021 para el cálculo de la energía mensual consumida.

*Paso 3 Establecer la línea de base energética*

Para establecer la línea de base energética se tomará como punto de inicio la clasificación del Sector Público, se dividen cada uno de los equipos que consumen energía eléctrica en esta clasificación se podrá seleccionar un indicador energético.

Tabla 23 Indicadores de desempeño energético.

Tipo de equipo	Tarea	Consumo energético	Indicador de desempeño energético	Unidades	Unidades
Equipos de aire acondicionado y refrigeración	Enfriamiento	Energía eléctrica	Energía/área	kWh	m <sup>2</sup>
Equipos productores de calor	Generación de calor	Energía eléctrica	Energía/área	kWh	m <sup>2</sup>
Equipos de oficina y electrodomésticos	Equipos de oficina	Energía eléctrica	Energía/persona	kWh	persona
Iluminación	Iluminación	Energía eléctrica	Energía/área	kWh	m <sup>2</sup>
Motores eléctricos	Generación de fuerza	Energía eléctrica	Energía/producción	kWh	unidad

Fuente: elaboración propia.

*Paso 4 Analizar los datos energéticos*

El análisis de los datos energéticos comienza del consumo de la energía eléctrica en la casa de habitación en un periodo significativo para este caso se cuentan con los recibos de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz de abril 2020 a enero 2021.

Tabla 24 Consumo mensual de la casa de habitación de abril 2020 a enero 2021

Mes	kWh	Consumo diario
Abril	267	8,90
Mayo	283	9,43
Junio	259	8,63
Julio	262	8,73
Agosto	282	9,40
Septiembre	282	9,40
Octubre	199	6,63
Noviembre	199	6,63
Diciembre	174	5,80
Enero	197	6,57
Promedio	240,4	8,01

Fuente: elaboración propia.

Para analizar los diferentes elementos consumidores de energía eléctrica se utilizan los datos y recomendaciones del Instituto Costarricense de Electricidad y los valores de potencia recomendados por la Compañía Nacional de Fuerza y Luz. Para el cálculo del tiempo de uso de la energía eléctrica, se definió que los habitantes de la casa tienen un horario de trabajo que define los periodos del uso de la energía, además, hay cambio de hábitos que corresponden a la semana de trabajo y al fin de semana.

En el caso de la de la semana de trabajo, de lunes a viernes, hay dos periodos de uso definidos, el primero corresponde desde las 5:00 a. m. a las 7:00 a. m. que es el tiempo de preparación para la jornada semanal, sobresalen los usos de los electrodomésticos de cocina como el *coffee maker*, hornos de microondas y sartenes eléctricos, además del uso de los equipos de iluminación. El segundo periodo corresponde desde 6:00 p. m. hasta las 10:00 p. m., periodo caracterizado por ser el de mayor consumo de energía, ya que es cuando se preparan los alimentos para el día siguiente, además de ser un periodo de uso de algunos equipos de ocio o de estudio, se destacan el uso de cocinas, hornos y olla arrocera para la preparación de alimentos y el uso de computadoras y televisores, además del uso de los equipos de iluminación.

Entre las 10:00 p. m. y las 5:00 a. m. corresponde al horario de descanso diario y entre las 7:00 a. m. y 6:00 p. m. la casa de habitación pasa desocupada por lo que en ambos periodos el uso de la energía es mínimo, el elemento que sigue consumiendo energía es la refrigeradora. En el caso de la refrigeradora, se midió el tiempo de funcionamiento del motor del compresor por un lapso de

tres horas esto da como resultado 10 minutos por hora para un total de 4 horas diarias, esa cantidad se estima que se utiliza en todos los días del mes.

Para los fines de semana los hábitos de consumo de energía cambian, esto se debe a que los habitantes pasan más tiempo en la casa, también se caracteriza por el uso de algunos electrodomésticos atípicos de la semana de trabajo como la lavadora y la plancha de ropa. En estas circunstancias se definió que la lavadora se utiliza una vez por semana (4 al mes), por un tiempo de 3 horas y la plancha de ropa también se utiliza 1 vez al mes, pero con un tiempo de uso de 2 horas.

Tabla 25 Consumo teórico de energía eléctrica en la casa de habitación

Localidad	Equipo	Cant	Potencia (kWatt)	Horas	Energía diaria (kW)	Días uso	Energía mensual (kW)
Habitación 1	Luminaria 25 watts	1	0,025	3	0,075	30	2,25
	Computadora personal	1	0,025	3	0,075	12	0,9
Habitación 2	Luminaria 25 watts	1	0,025	3	0,075	30	2,25
	Televisor 1	1	0,15	3	0,45	8	3,6
Habitación 3	Luminaria 25 watts	1	0,025	2	0,05	30	1,5
	Televisor 2	1	0,15	2	0,3	8	2,4
	Teatro en casa	1	0,18	2	0,36	4	1,44
	Computadora escritorio	1	0,15	2	0,3	30	9
Habitación 4	Luminaria 25 watts	4	0,1	2	0,2	30	6
	Televisor 3	1	0,15	2	0,3	4	1,2
	Ventilador eléctrico	1	0,055	2	0,11	4	0,44
	Computadora escritorio	1	0,15	3	0,45	30	13,5
Sala	Televisor 4	1	0,15	0,5	0,075	4	0,3
	Luminaria 25 watts	2	0,05	3	0,15	30	4,5
Comedor	Luminaria 25 watts	1	0,025	1	0,025	30	0,75
Cocina	Cocina disco mediano	1	1,5	1	1,5	30	45
	Horno	1	1,8	1	1,8	1	1,8
	Refrigeradora	1	0,45	4	2	30	60
	Horno de microondas	1	1,5	0,5	0,75	4	3
	Olla arrocera	1	0,8	0,5	0,4	30	12
	Sartén eléctrico	1	1,2	0,5	0,6	4	2,4
	Coffee maker	1	1,1	0,5	0,55	30	16,5
Bodega	Luminaria 25 watts	1	0,025	0,5	0,0125	30	0,375

Cuarto de pilas	Lavadora semiautomática	1	0,7	3	2,1	4	8,4
	Plancha	1	1,1	2	2,2	4	8,8

Fuente: elaboración propia.

Una vez que se determinó cuál es el costo de consumo de energía de cada uno de los equipos de la casa de habitación se asocia para determinar el costo de la energía eléctrica por aposento, estos datos se tabularon en la Tabla 26

Tabla 26 Consumo teórico de energía eléctrica (kW) y su costo diario en la casa de habitación

	Energía diaria	Energía mensual	Costo diario
Habitación 1	0,15	3,15	¢14,98
Habitación 2	0,525	5,85	¢52,43
Habitación 3	1,01	14,34	¢100,86
Habitación 4	1,06	21,14	¢105,85
Sala	0,225	4,8	¢22,47
Comedor	0,025	0,75	¢2,50
Cocina	5,6	80,7	¢559,22
Bodega	0,0125	0,375	¢1,25
Cuarto de pilas	4,3	17,2	¢429,40
Cocina	2	60	¢199,72

Fuente: elaboración propia.

#### *Paso 5 Realizar evaluaciones técnicas y auditorías*

En el caso de casa de habitación, se lleva a cabo el balance de energías para determinar los indicadores energéticos, para esto, se dividen los equipos en diferentes tipos, una vez realizado este paso se utiliza el indicador energético correspondiente:

Tabla 27 Indicadores energéticos para iluminación

Localidad	Equipo	Energía mensual (kW)	Área (m <sup>2</sup> )	Indicador
Habitación 1	Luminaria 25 watts	2,25	9	0,25
Habitación 2	Luminaria 25 watts	2,25	13,5	0,17
Habitación 3	Luminaria 25 watts	1,5	12	0,13
Habitación 4	Luminaria 25 watts	6	27	0,22
Sala	Luminaria 25 watts	4,5	15	0,30
Comedor	Luminaria 25 watts	0,75	9	0,08
Bodega	Luminaria 25 watts	0,375	4	0,09

Fuente: elaboración propia.

Tabla 28 Indicadores energéticos para equipos de refrigeración

Localidad	Equipo	Energía diaria (w)	Energía mensual (kW)	Área (m <sup>2</sup> )	Indicador (kW/m <sup>2</sup> )
Cocina	Refrigeradora	165	60	0,48	125,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla 29 Indicadores energéticos para electrodomésticos

Localidad	Equipo	Energía mensual (kW)	Persona	Indicador
Habitación 1	Computadora personal	0,9	1	0,90
Habitación 2	Televisor 1	3,6	1	3,60
Habitación 3	Televisor 2	2,4	1	2,40
Habitación 3	Teatro en casa	1,44	1	1,44
Habitación 3	Computadora escritorio	9	1	9,00
Habitación 4	Televisor 3	1,2	1	1,20
Habitación 4	Ventilador eléctrico	0,44	1	0,44
Habitación 4	Computadora escritorio	13,5	1	13,50
Sala	Televisor 4	0,3	4	0,08
Cocina	Cocina disco mediano	45	4	11,25
Cocina	Horno	1,8	4	0,45
Cocina	Horno de microondas	3	4	0,75
Cocina	Olla arrocera	12	4	3,00
Cocina	Sartén eléctrico	2,4	4	0,60
Cocina	Coffee maker	16,5	4	4,13
Cuarto de pilas	Lavadora semiautomática	8,4	4	2,10
Cuarto de pilas	Plancha	8,8	4	2,20

Fuente: elaboración propia.

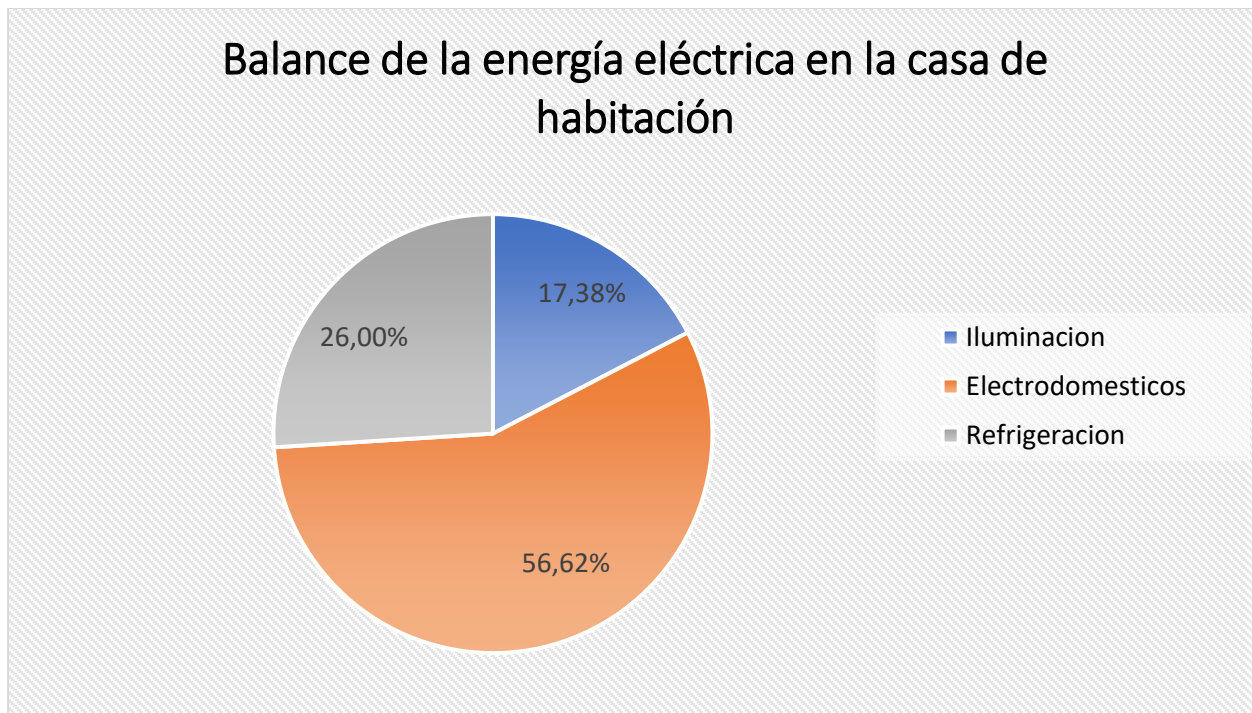
Con los datos calculados se procede a llevar a cabo el balance de energías para cada tipo de equipo, se obtiene como resultado la Tabla 32 y el Gráfico 15.

Tabla 30 Costo de la energía eléctrica mensual por equipo

Tipo de equipo	Energía mensual (kW)	Porcentaje
Iluminación	40,125	17,38 %
Electrodomésticos	130,68	56,62 %
Refrigeración	60,00	26,00 %

Fuente: elaboración propia.

Gráfico 17 Balance de la energía eléctrica para la casa de habitación



Fuente: elaboración propia.

Una vez realizado el cálculo teórico del consumo de energía eléctrica se procedió a llevar a cabo los cálculos mediante la herramienta de gestión de energía para compararlos y determinar cuán cercanos son estos resultados, las ilustraciones de la herramienta en la que se calculan los datos se encuentran en los anexos, la comparación se encuentra en la Tabla 33.

Tabla 31 Comparación consumo mensual teórico y por herramienta de gestión para la casa de habitación

Localidad	Equipo	Cálculo de la energía mensual (kW)		Diferencia
		Teórico	Herramienta	
Habitación 1	Luminaria 25 watts	2,25	2,25	0
	Computadora personal	0,9	0,9	0
Habitación 2	Luminaria 25 watts	2,25	2,25	0
	Televisor 1	3,6	3,6	0
Habitación 3	Luminaria 25 watts	1,5	1,5	0
	Televisor 2	2,4	2,4	0
	Teatro en casa	1,44	1,44	0
	Computadora escritorio	9	9	0
Habitación 4	Luminaria 25 watts	6	6	0
	Televisor 3	1,2	1,2	0
	Ventilador eléctrico	0,44	0,44	0
	Computadora escritorio	13,5	13,5	0
Sala	Televisor 4	0,3	0,3	0
	Luminaria 25 watts	4,5	4,5	0
Comedor	Luminaria 25 watts	0,75	0,75	0
Cocina	Cocina disco mediano	45	45	0
	Horno	1,8	1,8	0
	Refrigeradora	60	60	0
	Horno de microondas	3	3	0
	Olla arrocera	12	12	0
	Sartén eléctrico	2,4	2,4	0
	<i>Coffee maker</i>	16,5	16,5	0
Bodega	Luminaria 25 watts	0,38	0,38	0
Cuarto de pilas	Lavadora semiautomática	8,4	8,4	0
	Plancha	8,8	8,8	0

Fuente: elaboración propia.

Además, se comparan los datos de los indicadores de energía calculados de forma teórica y por medio de la herramienta, los resultados se tabulan en la Tabla 32.

Tabla 32 Comparación indicadores energéticos teórico y por Herramienta de Gestión para la casa de habitación

	Tipo de equipo	Indicador	teórico	Herramienta	Diferencia
Habitación 1	Electrodomésticos	kW/persona	0,9	0,9	0
	Iluminación	kW/m <sup>2</sup>	0,25	0,25	0
Habitación 2	Electrodomésticos	kW/persona	3,6	3,6	0
	Iluminación	kW/m <sup>2</sup>	0,17	0,17	0
Habitación 3	Electrodomésticos	kW/persona	12,84	12,84	0
	Iluminación	kW/m <sup>2</sup>	0,13	0,13	0
Habitación 4	Electrodomésticos	kW/persona	15,14	15,14	0
	Iluminación	kW/m <sup>2</sup>	0,22	0,22	0
Sala	Electrodomésticos	kW/persona	0,08	0,08	0
	Iluminación	kW/m <sup>2</sup>	0,3	0,3	0
Comedor	Iluminación	kW/m <sup>2</sup>	0,08	0,08	0
Cocina	Electrodomésticos	kW/persona	20,175	20,17	0,02 %
Refrigerador	Electrodomésticos	kW/m <sup>2</sup>	125	125	0
Bodega	Iluminación	kW/m <sup>2</sup>	0,09	0,09	0
Cuarto de pilas	Electrodomésticos	kW/persona	4,3	4,3	0

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 33 se comparan los costos de la energía eléctrica calculado de forma teórica y por medio de la herramienta de gestión de energía.

Tabla 33 Comparación costo diario de la energía eléctrica teórico y por herramienta de gestión para la casa de habitación

	Costo diario		Diferencia
	Teórico	Práctico	
Habitación 1	₡14,98	₡14,98	0
Habitación 2	₡52,43	₡52,43	0
Habitación 3	₡100,86	₡100,86	0
Habitación 4	₡105,85	₡105,85	0
Sala	₡22,47	₡22,47	0
Comedor	₡2,50	₡2,50	0
Cocina	₡559,22	₡559,22	0
Bodega	₡1,25	₡1,25	0
Cuarto de pilas	₡429,40	₡429,40	0
Refrigerador	₡199,72	₡199,72	0

Fuente: elaboración propia.

### 3) Consumo de combustibles derivados del petróleo

### **Generalidades**

En este caso de estudio se determinará el comportamiento teórico y práctico costo económico de la compra del de gas licuado de petróleo (LPG) del hospital del trauma. Como generalidades esta institución cuenta con dos tanques principales para el almacenamiento de este producto y semanalmente llega la compañía que suministra el LPG a llenar los tanques hasta el 1 % de su capacidad. Para la identificación y evaluación se cuentan con las facturas, desde el enero hasta octubre del año 2020, las facturas por consumo se detallan en la Tabla 34:

Tabla 34 Facturación por compra de gas licuado de petróleo del año 2020

Fecha de compra	Cantidad	Costo Unitario	UNIDADES	Total sin IVA	Factura #
7/1/2020	1608,9	¢200,65	litros	¢322.825,79	079-01-000008780
7/1/2020	676,5	¢203,80	litros	¢137.870,70	079-01-000008781
14/1/2020	1628	¢203,80	litros	¢331.786,40	079-01-000008926
14/1/2020	647,3	¢200,65	litros	¢129.880,75	079-01-000008927
21/1/2020	1715,8	¢203,80	litros	¢349.680,04	079-01-000009071
21/1/2020	795	¢203,80	litros	¢162.021,00	079-01-000009072
28/1/2020	1640,3	¢203,80	litros	¢334.293,14	079-01-000009215
28/1/2020	808,4	¢203,80	litros	¢164.751,92	079-01-000009216
4/2/2020	1596,7	¢193,56	litros	¢309.057,25	079-01-000009353
4/2/2020	684,5	¢193,56	litros	¢132.491,82	079-01-000009354
11/2/2020	1661,5	¢193,56	litros	¢321.599,94	079-01-000009505
11/2/2020	740,1	¢193,56	litros	¢143.253,76	079-01-000009506
18/2/2020	1639,3	¢193,56	litros	¢317.302,91	079-01-000009610
18/2/2020	747,3	¢193,56	litros	¢144.647,39	079-01-000009611
25/2/2020	1677,3	¢193,56	litros	¢324.658,19	079-01-000009755
25/2/2020	819,1	¢193,56	litros	¢158.545,00	079-01-000009756
3/3/2020	1698,5	¢193,56	litros	¢328.761,66	079-01-000009897
3/3/2020	670,9	¢193,56	litros	¢129.859,40	079-01-000009898
10/3/2020	1725,5	¢185,56	litros	¢320.183,78	079-01-000010057
10/3/2020	633,5	¢185,56	litros	¢117.552,26	079-01-000010058
17/3/2020	1774,7	¢185,56	litros	¢329.313,33	079-01-000010191
17/3/2020	700,5	¢185,56	litros	¢129.984,78	079-01-000010192
24/3/2020	1703,3	¢185,56	litros	¢316.064,35	079-01-000010330
24/3/2020	803,5	¢185,56	litros	¢149.097,46	079-01-000010331
31/3/2020	1713,2	¢174,81	litros	¢299.484,49	079-01-000010440
31/3/2020	448,5	¢174,81	litros	¢78.402,29	079-01-000010441
7/4/2020	1682,3	¢174,81	litros	¢294.082,86	063-01-000018211
7/4/2020	412,3	¢174,81	litros	¢72.074,16	063-01-000018212
14/4/2020	1709,2	¢174,81	litros	¢298.785,25	063-01-000018270
14/4/2020	436,5	¢174,81	litros	¢76.304,57	063-01-000018269

21/4/2020	1726	€174,81	litros	€301.722,06	063-01-000018371
21/4/2020	549,4	€174,81	litros	€96.040,61	063-01-000018372
28/4/2020	1742,9	€154,93	litros	€270.027,50	063-01-000018479
28/4/2020	462,5	€154,93	litros	€71.655,13	063-01-000018480
5/5/2020	1794,2	€154,93	litros	€277.975,41	063-01-000018522
5/5/2020	583,7	€154,93	litros	€90.432,64	063-01-000018522
12/5/2020	1760,9	€155,18	litros	€273.256,46	079-01-000010574
12/5/2020	651	€155,18	litros	€101.022,18	079-01-000010575
19/5/2020	1753,3	€155,18	litros	€272.077,09	079-01-000010672
19/5/2020	414,8	€155,18	litros	€64.368,66	079-01-000010673
26/5/2020	1772,2	€155,18	litros	€275.010,00	079-01-000010778
26/5/2020	411,6	€155,18	litros	€63.872,09	079-01-000010779
2/6/2020	1758,7	€164,58	litros	€289.446,85	079-01-000010885
2/6/2020	462,3	€164,58	litros	€76.085,33	079-01-000010886
10/6/2020	1783,7	€164,58	litros	€293.561,35	199-01-0000005992
10/6/2020	1013,9	€164,58	litros	€166.867,66	199-01-0000005993
16/6/2020	1649,4	€164,58	litros	€271.458,25	079-01-000011083
16/6/2020	198,4	€164,58	litros	€32.652,67	079-01-000011084
23/6/2020	1744,8	€164,58	litros	€287.159,18	079-01-000011185
23/6/2020	307,9	€164,58	litros	€50.674,18	079-01-000011186
7/7/2020	1779,4	€193,92	litros	€345.061,25	079-01-000011403
7/7/2020	588,4	€193,92	litros	€114.102,53	079-01-000011404
14/7/2020	1741,1	€193,92	litros	€337.634,11	079-01-000011500
14/7/2020	425,4	€193,92	litros	€82.493,57	079-01-000011501
21/7/2020	1706,8	€193,92	litros	€330.982,66	079-01-000011578
21/7/2020	374,7	€193,92	litros	€72.661,82	079-01-000011579
28/7/2020	1603,8	€189,96	litros	€304.657,85	079-01-000011663
28/7/2020	570,5	€189,96	litros	€108.372,18	079-01-000011664
4/8/2020	1612,9	€189,71	litros	€305.983,26	079-01-000011759
4/8/2020	521,4	€189,71	litros	€98.914,79	079-01-000011760
11/8/2020	1629,9	€189,71	litros	€309.208,33	079-01-000011871
11/8/2020	634,9	€189,71	litros	€120.446,88	079-01-000011872
18/8/2020	1666,3	€189,71	litros	€316.113,77	079-01-000011924
18/8/2020	461,2	€189,71	litros	€87.494,25	079-01-000011925
25/8/2020	1700,1	€189,71	litros	€322.525,97	079-01-000012037
25/8/2020	569,3	€189,71	litros	€108.001,90	079-01-000012038
1/9/2020	1701,6	€189,71	litros	€322.810,54	079-01-000019073
1/9/2020	528,4	€189,71	litros	€100.242,76	079-01-000019074
8/9/2020	1662,5	€199,87	litros	€332.283,88	074-01-000009496
8/9/2020	567,3	€199,87	litros	€113.386,25	074-01-000009497
15/9/2020	1676,3	€199,87	litros	€335.042,08	079-01-000012191
15/9/2020	520,1	€199,87	litros	€103.952,39	079-01-000012192
22/9/2020	1705,4	€199,87	litros	€340.858,30	079-01-000012305
22/9/2020	592,8	€199,87	litros	€118.482,94	079-01-000012306

29/9/2020	1673,6	€199,87	litros	€334.502,43	074-01-000009640
29/9/2020	571,9	€199,87	litros	€114.305,65	074-01-000009641
6/10/2020	1715,3	€200,64	litros	€344.157,79	235-01-000005242
6/10/2020	692	€200,64	litros	€138.842,88	235-01-000005243
13/10/2020	1594,8	€200,64	litros	€319.980,67	079-01-000012486
13/10/2020	440,3	€200,64	litros	€88.341,79	079-01-000012487
20/10/2020	1731	€200,64	litros	€347.307,84	065-01-000008555
20/10/2020	695,9	€200,64	litros	€139.625,38	065-01-000008556
27/10/2020	1626,1	€200,64	litros	€326.260,70	074-01-000010012
27/10/2020	526,8	€200,64	litros	€105.697,15	074-01-000010013
<b>TOTAL</b>	<b>95548,2</b>	<b>litro</b>		<b>€17.740.718,46</b>	

Fuente: elaboración propia.

Al agrupar los datos por meses se tiene el costo de combustible para el periodo enero hasta octubre:

Tabla 35 Facturación por compra de gas licuado de petróleo del año 2020 agrupada

Mes	Cantidad Litros	Total
Enero	9520,2	€1.933.109,73
Febrero	9555,8	€1.851.556,25
Marzo	11872,1	€2.198.703,80
Abril	8721,1	€1.480.692,14
Mayo	9141,7	€1.418.014,53
Junio	8919,1	€1.467.905,48
Julio	8790,1	€1.695.965,96
Agosto	8786	€1.668.689,16
Septiembre	11199,9	€2.215.867,21
Octubre	9022,2	€1.810.214,21
<b>Total</b>	<b>95538,2</b>	<b>€17.740.718,47</b>

Fuente: elaboración propia.

Al llevar a cabo la comparación de los cálculos teóricos contra los realizados por medio de la herramienta de gestión de energía se tienen los siguientes resultados:

Tabla 36 Comparación de datos entre los cálculos teóricos y la herramienta de gestión

Mes	Cálculos teóricos	Datos de la Herramienta	Diferencia
Enero	9520,2	9520	0,21 %
Febrero	9555,8	9552,81	3,13 %
Marzo	11872,1	11872,02	0,07 %

Abril	8721,1	8721,3	-0,23 %
Mayo	9141,7	9141,7	0,00 %
Junio	8919,1	8919,1	0,00 %
Julio	8790,1	8789,38	0,82 %
Agosto	8786	8787	-1,14 %
Septiembre	11199,9	11199,9	0,00 %
Octubre	9022,2	9022,2	0,00 %
Total	76462,2	76452,6	1,26 %
Costo total	€17.740.718,46	€17.740.650,00	0,04 %

Fuente: elaboración propia.

Para llevar a cabo una comparación anual se tiene los datos del consumo del gas licuado de petróleo anual del año 2019, estos datos los entregó el encargado de mantenimiento del área.

Tabla 37 Facturación por compra de gas licuado de petróleo del año 2019

Mes	Consumo Litros	Costo
Enero	8958	€2.217.750,68
Febrero	7362,8	€1.684.345,44
Marzo	7275,1	€1.733.074,32
Abril	7345,2	€1.753.446,14
Mayo	8177,3	€1.851.422,49
Junio	8480,7	€1.856.849,27
Julio	10947,4	€2.108.438,87
Agosto	8644,4	€1.617.349,54
Septiembre	8722,9	€1.611.381,32
Octubre	11033,4	€2.039.453,52
Noviembre	9704,5	€1.862.648,20
Diciembre	11683,5	€2.344.294,28
Total	108335,2	€22.680.454,07

Fuente: elaboración propia.

### **Paso 6 Establecer puntos de referencia.**

Este punto consiste en crear referencia y compararse con distintos referentes. Según Hernández *et al.* (2014) la organización puede compararse con:

Un desempeño pasado: una comparación actual contra un desempeño histórico establecido en una línea de base energética.

Promedio de la industria: con base en indicadores de desempeño establecidos, como

promedios de algún sector específico.

Mejores desempeños: comparación con los mejores de la industria o sector, no con promedios.

Mejores prácticas: la comparación cualitativa de algunas prácticas que se han llevado a cabo y son consideradas como las mejores en la industria y/o sector (p. 39).

El propósito de este paso es encontrar e implementar las mejores prácticas de conservación de la energía comparándolas con casos de éxito para el trabajo actual está fuera del alcance de los objetivos.

## **Paso 7 Desarrollar un sistema de seguimiento**

### *La herramienta de gestión de recursos energéticos*

Para desarrollar este paso se crea la herramienta de gestión de recursos energéticos, por medio del programa de Macros de Visual Basic de Microsoft, Según Hernández *et al.* (2014): “Un sistema de seguimiento de desempeño energético puede ser desde una simple hoja de cálculo hasta un sistema de información tecnológica” (p. 40). La orientación que se hizo al desarrollo de la herramienta es que sirva de apoyo para la toma de decisiones, ya que como lo describe Hernández *et al.* (2014), el sistema de seguimiento debe cumplir con lo siguiente:

El sistema de seguimiento debe permitir analizar las desviaciones y cambios de los siguientes aspectos clave con el objeto de identificar las oportunidades de mejora:

Datos energéticos.

USEn.

IDEn.

Variables relevantes (p. 40).

### *La herramienta de gestión de recursos energéticos en el análisis de datos energéticos*

La herramienta de gestión de recursos energéticos brinda la posibilidad de almacenar y procesar datos sobre el consumo de la energía, tanto eléctrica como por los derivados del petróleo, por medio de facturas o recibos, mediciones o datos de manuales. Una vez ingresados los datos la herramienta dará como resultado datos de consumos promedios, consumos mensuales, costos

potencias, consumos de energía, entre otros. La Ilustración 16 es un ejemplo de introducción de la factura del consumo eléctrico de una casa de habitación que tiene una tarifa en bloque.

**Ingreso de facturación eléctrica**

Empresa: Compañía Nacional de fuerza y Luz  
 Tarifa: Tarifa residencial (T-RE)  
 NISE: 28092522  
 Mes: Enero  
 Año: 2021

Costo: €13.596,94

Energía kWh: 197 | Costo: €13.596,94  
 Costo fijo de energía

Demanda kW: 0 | Costo: 0  
 Costo fijo demanda

Factor de potencia: 0 | Costo: 0

**Guardar**

Costo promedio mensual total: €24.421,32

Ilustración 16 Ejemplo de ingreso de una tarifa eléctrica por bloques

Fuente: elaboración propia.

**Consumo de Energía de la Empresa**

Empresa: Casa de habitación  
 Organización o Empresa: Vehículos | **Energía Eléctrica** | Energía Derivados del Petróleo

	Energía	Demanda	F.P.	Total
Abril 2020	€26.662,62	€0,00	€0,00	€26.662,62
Mayo 2020	€28.260,38	€0,00	€0,00	€28.260,38
Junio 2020	€25.863,74	€0,00	€0,00	€25.863,74
Julio 2020	€26.163,32	€0,00	€0,00	€26.163,32
Agosto 2020	€28.160,52	€0,00	€0,00	€28.160,52
Septiembre 2020	€28.160,52	€0,00	€0,00	€28.160,52
Octubre 2020	€19.872,14	€0,00	€0,00	€19.872,14
Noviembre 2020	€19.272,98	€0,00	€0,00	€19.272,98
Diciembre 2020	€17.375,64	€0,00	€0,00	€17.375,64
Enero 2021	€13.596,94	€0,00	€0,00	€13.596,94

**Promedios del los costos de la energía eléctrica**

Costo promedio mensual por energía: €23.338,88  
 Costo promedio mensual por demanda: €0,00  
 Costo promedio mensual por factor de potencia: €0,00  
 Costo promedio mensual total: €23.338,88

Agregar consumo eléctrico  
 Ver gráficos de consumo

Ilustración 17 Ejemplo de almacenajes de datos eléctricos en la herramienta de gestión

Fuente: elaboración propia.

La Ilustración 18 es un ejemplo de los datos que devuelve la herramienta como costos promedios, además, sirve como base de datos del consumo de energía. La Ilustración 19 y la Ilustración 20 son ejemplos del procesamiento de los datos que hace la herramienta con respecto a la energía obtenida por los derivados del petróleo.

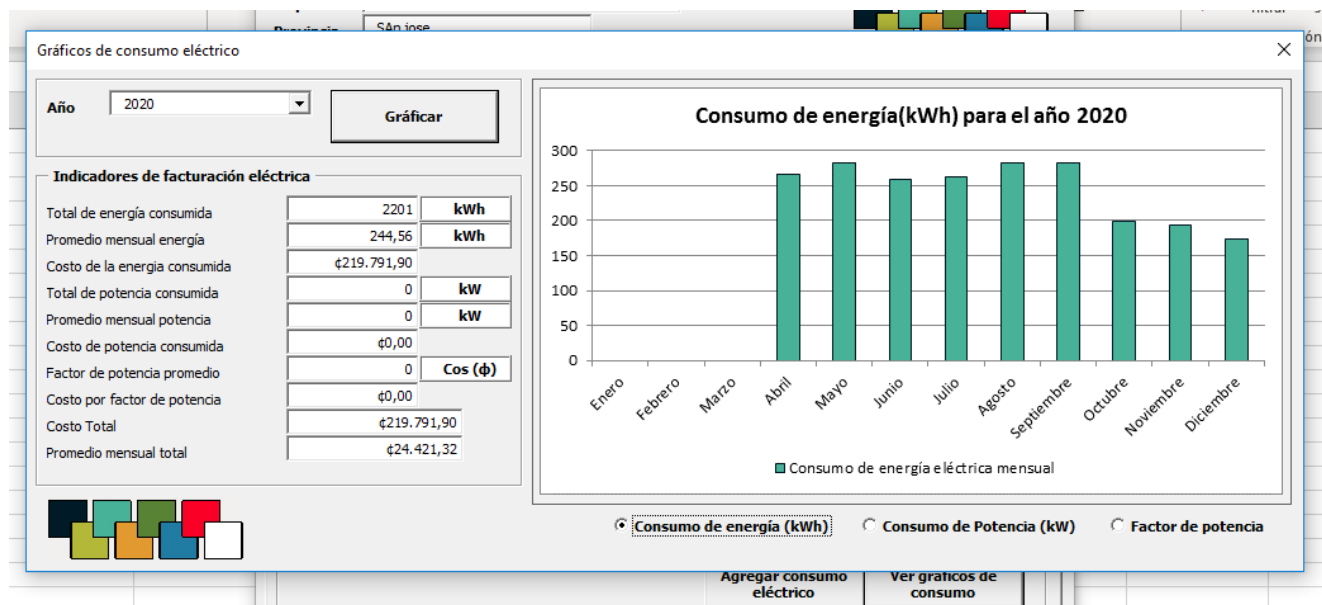


Ilustración 18 Ejemplo procesamiento de los datos por parte de la herramienta

Fuente: elaboración propia.

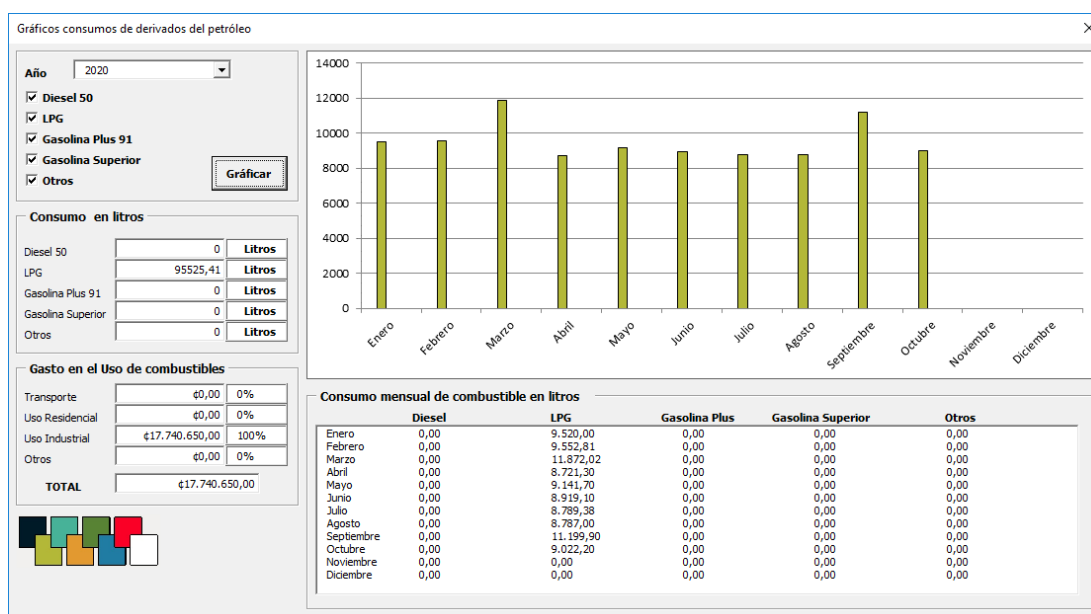


Ilustración 19 Ejemplo procesamiento de los datos por parte de la herramienta

Fuente: elaboración propia.

*La herramienta de gestión de recursos energéticos en el análisis de los USEn (usos significativos de la energía)*

Los USEn permiten identificar en donde hay un consumo importante de la energía y se ofrece información para la mejora de la eficiencia energética y la toma de decisiones con respecto a los temas energéticos. La herramienta de gestión de recursos energéticos calcula y grafica los balances de energía de un proceso o una localidad e informa cuáles son los usos de esta energía. La Ilustración 21 es un ejemplo de los datos que entrega la herramienta. En este ejemplo se obtiene el balance de las energías de los cinco tipos de equipos de mayor consumo en el país, de acuerdo con el Plan Nacional de energía 2015-2030 y, de la matriz energética de Costa Rica, el porcentaje de consumo de energía por cada tipo y el costo promedio de la energía eléctrica.

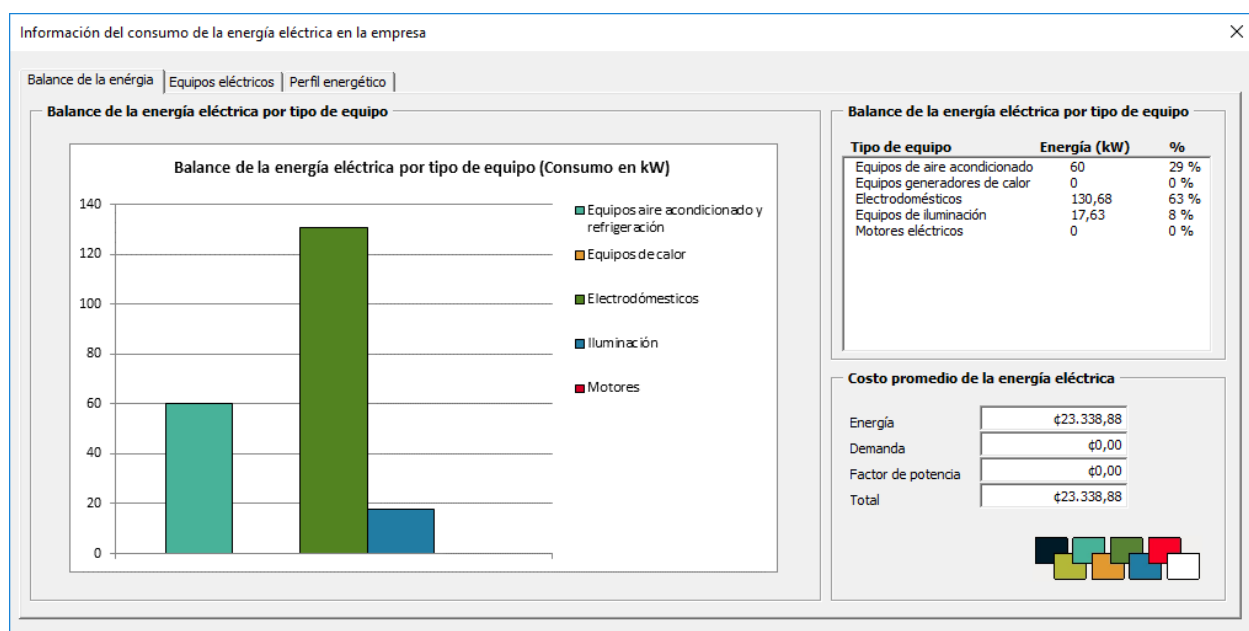


Ilustración 20 Ejemplo del balance de la energía

Fuente: elaboración propia.

Además de identificar los usos de la energía, la herramienta de gestión identifica cuáles son las horas del día de mayor consumo de energía eléctrica, ya que permite graficar el consumo de energía contra el tiempo. Esto permite también llevar a cabo una diferenciación de trazos por cada uno de los tipos de equipos estudiado en la tesis.

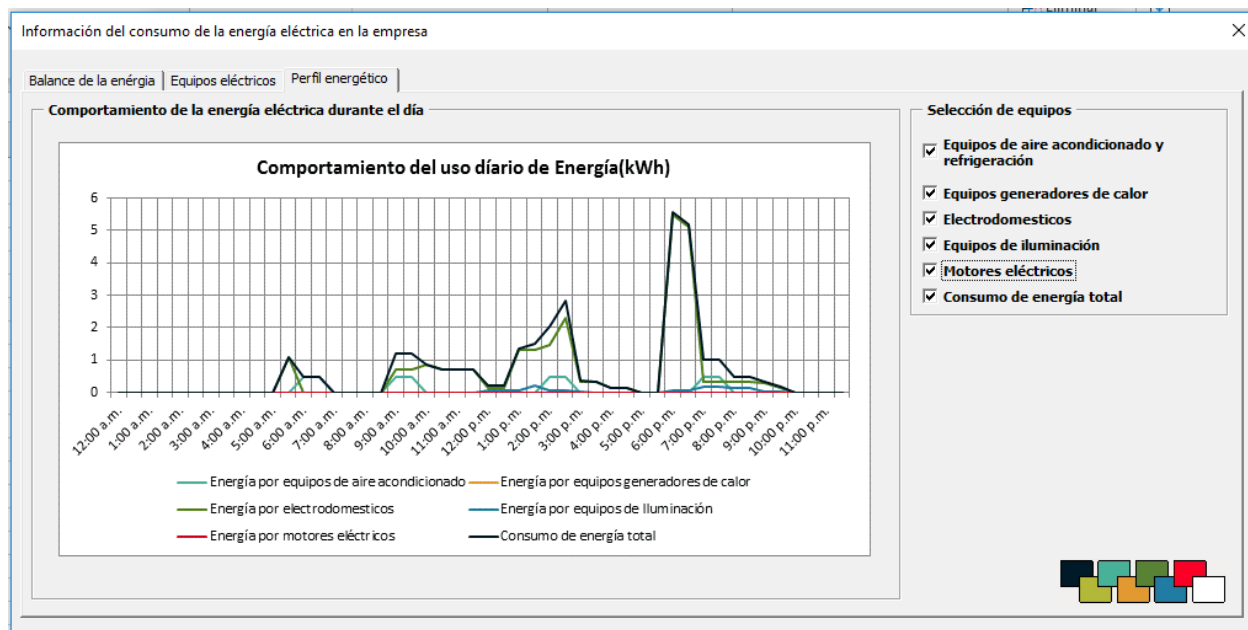


Ilustración 21 Ejemplo de la gráfica del comportamiento de la energía eléctrica durante el día

Fuente: elaboración propia.

En la Ilustración 21 se puede apreciar que las horas de mayor consumo de energía eléctrica son entre las 6:00 p. m. y 7:00 p. m., esta información puede ser la base para planes de ahorro energético.

*La herramienta de gestión de recursos energéticos en el análisis de los IDEn (indicadores de la energía)*

Los indicadores de energía permiten contar con información del consumo de energía, esto sirve de base para la comparación de equipos y procesos, evalúa las potenciales pérdidas de energía y el rendimiento individual de los equipos. La herramienta de gestión de recursos se basa en la recomendación de la International Energy Agency (IEA) para los consumos en el sector residencial, industrial y del sector transporte, utilizando los indicadores energéticos sugeridos. En la Ilustración 22 se presenta un ejemplo de los indicadores evaluados por la herramienta de gestión de recursos, estos son energía entre área, energía entre personas y energía entre producción.

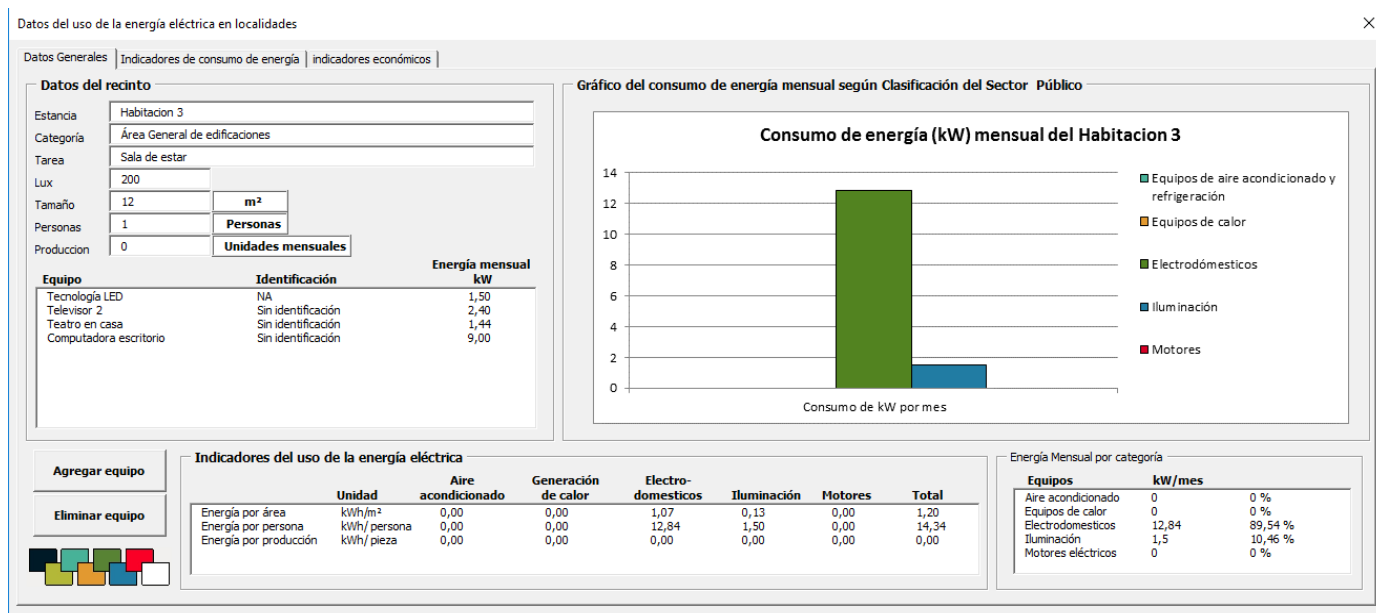


Ilustración 22 Ejemplo de la pantalla de indicadores para cada localidad

Fuente: elaboración propia.

La Ilustración 24 muestra la comparación del consumo de energía eléctrica en términos de porcentaje de cada uno de los equipos de la empresa o localización, para este ejemplo una casa de habitación, como opción divide los equipos según su tipo, además de mostrar información del uso de cada equipo.

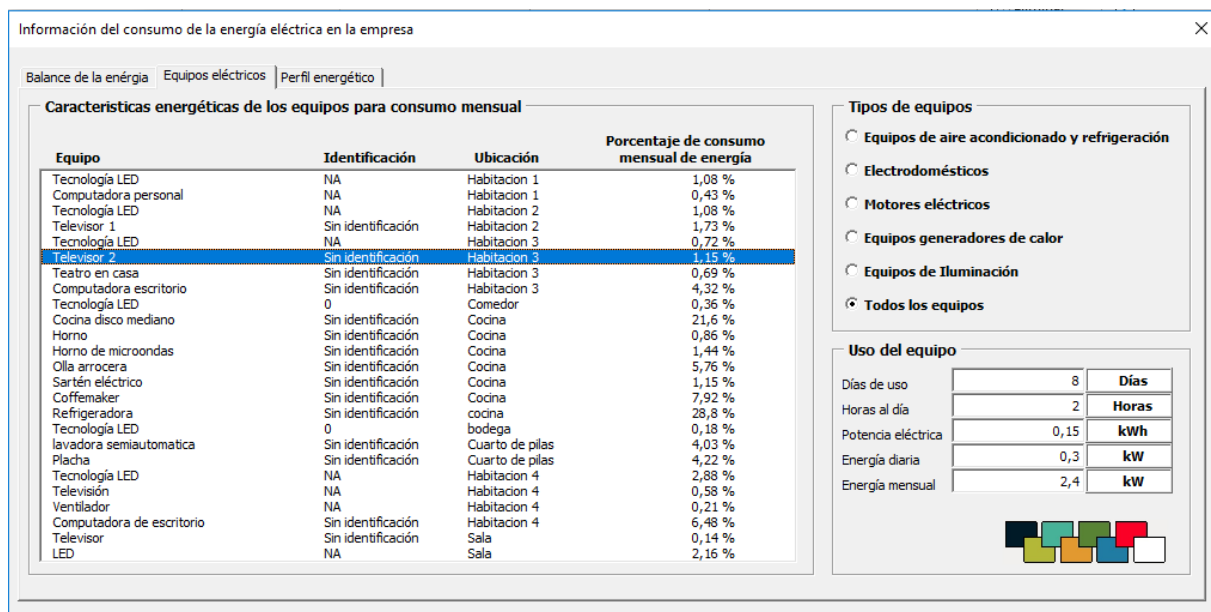


Ilustración 23 Ejemplo de la pantalla para la comparación de equipos

Fuente: elaboración propia.

*La herramienta de gestión de recursos energéticos en el análisis de las variables relevantes*

Otros cálculos de indicadores que realiza la herramienta son los indicadores económicos, estos indicadores son capaces de evaluar la viabilidad de una inversión por medio del valor neto actual (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR). En la Ilustración 24 se muestra el cálculo de VAN y el TIR para una inversión de ¢200.000 con un tipo de interés de 15 en un total de 6 periodos de plazo, además de graficar cada uno de los flujos de caja descontados para la inversión.

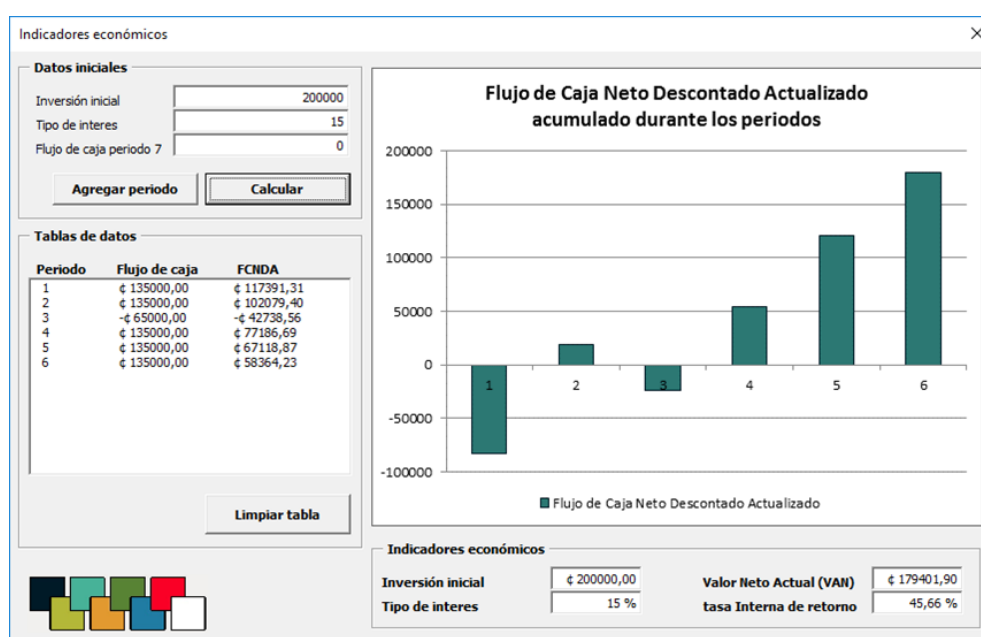


Ilustración 24 Ejemplo de la pantalla de indicadores económicos

Fuente: elaboración propia.

## Capítulo VI. Conclusiones y recomendaciones

### Conclusiones

Con la creación de la herramienta para la implementación de un sistema de gestión de los recursos energéticos se busca proporcionar a los usuarios una ayuda, con el fin de determinar dónde, cómo y cuándo se utilizan los diferentes tipos de energía durante su vida cotidiana. Además, se brinda una serie de indicadores energéticos para la toma de decisiones, para completar este objetivo primero se debe definir la situación energética del país.

De acuerdo con la Ilustración 5, de Zárata y Ramírez (2016), las mayores fuentes de energía que se utilizan en el país corresponden a los derivados del petróleo (63 %) y a la electricidad (21 %), ambos suman un aporte total de 84 % de la energía consumida en el país, el restante 16 % se produce por medio de biomasa. En la misma ilustración se aprecia que los sectores de transporte (51 %) y el sector industria (24 %) son los responsables de consumir el 75 % del total de la energía del país.

Para el caso de la energía producida por biomasa, el bagazo es el residuo que más se aprovecha en Costa Rica, en el año 2015 produjo 11 269 TJ de energía de acuerdo con el Gráfico 1. Sin embargo, según Chacón *et al.* (2018) la mayoría se utiliza en la generación de calor para el uso de los propios procesos de la empresa, el 11 % de la oferta del bagazo se utiliza para la producción de electricidad, pero solo por empresas grandes.

Algunos ingenios grandes, además de tener generación de calor y potencia combinada para su proceso, generan excedente de energía eléctrica que están vendiendo al ICE (a la red nacional) como energía firme durante la época seca (época de zafra), y atienden operaciones de producción y destilación de alcohol cuando estas son parte de su proceso. Según DSE (2016), el 11 % de la oferta de bagazo dirigida a usos energéticos, es utilizada para generación eléctrica (p. 58).

En conclusión, el desarrollo de la herramienta de gestión de la energía utilizó los tipos de energía de los derivados del petróleo y la energía eléctrica, ya que son las principales fuentes del país. Además, se centra en los sectores de transporte y el sector industrial, ya que son los principales consumidores, no obstante, el sector residencia y el sector servicios, comercial, público y agropecuario podrán aprovecharla, ya que muchos de sus equipos utilizan la energía de los derivados del petróleo y la energía eléctrica.

En el caso de la energía producida por biomasa no se contempló, ya que según Chacón, Coto y Flores (2018), mucha de esta se utiliza para producir calor. Además, la energía por biomasa es una fuente de energía primaria que necesita transformarse para el aprovechamiento cotidiano, según Zárate y Ramírez (2016):

La energía primaria es aquella que se extrae directamente de la naturaleza en una forma útil para el consumo humano. En el caso de Costa Rica incluye biomasa (leña, residuos vegetales como bagazo, cascarilla de café y otros) en un 25 %, geotermia en un 43 %, hidroenergía con 28 %, y las energías eólica, solar y biogás en un 4 % de todos los terajulios aprovechables [...].

La energía primaria aún debe ser transformada para el aprovechamiento cotidiano de los seres humanos. En el caso de Costa Rica es transformada en energía eléctrica lo cual implica que se consuma una gran parte de todos estos terajulios en producirla (pp. 5-6).

Una vez definidas las fuentes de energía que se utilizaron para la creación de la Herramienta de gestión de energía, se necesita determinar cuáles son los equipos que la consumen en Costa Rica. De acuerdo con la Ilustración 5, el consumo se divide en cuatro grandes sectores, el transporte (51 %), el industrial (24 %), el residencial (13 %) y el sector servicios (12 %) y de acuerdo con el Minae (2015) el sector transporte es el responsable del consumo del 66 % de los hidrocarburos.

Los derivados del petróleo en Costa Rica actualmente son gestionados por la Refinadora Costarricense de Petróleo (Recope), esta empresa costarricense, de acuerdo con el Minae (2015), lleva el histórico del consumo de combustibles y una proyección hasta el 2034 que se representa en el Gráfico 1. En esta gráfica destaca el uso de cuatro diferentes derivados que son gasolina súper, gasolina plus 91, gas licuado de petróleo (LPG) y el diésel.

En el caso de la gasolina súper o superior ha presentado un crecimiento acelerado desde su ingreso al país en 1990, por lo que se proyecta que sea de uso en el país. El diésel es fundamental en el sector transporte y el gas licuado de petróleo, aunque su uso es tradicionalmente doméstico, es una alternativa por precio.

Para la energía eléctrica el Minae (2015) determinó cómo se consume la energía eléctrica de acuerdo con los sectores residencial, comercial e industrial. A partir de esto los equipos se pueden clasificar de esta forma:

- Equipos de refrigeración: Abarcan los equipos para refrigeración y aires acondicionados.
- Equipos generadores de calor: Abarcan los equipos para calentamiento de agua y los productores de calor como resistencias.
- Electrodomésticos: Incluyen equipos de entretenimiento, cocción de alimentos y equipos de oficina.
- Iluminación: Abarcan los equipos para la iluminación
- Motores eléctricos: Incluyen los motores eléctricos y los equipos generadores de fuerza como aires comprimidos.

Esta clasificación también concuerda con las recomendaciones de la IEA (2016) en la Tabla 2 y la Tabla 4, con la diferencia de que las recomendaciones de IEA abarcan calefacción de locales. Estos equipos pueden clasificarse en equipos generadores de calor o en electrodomésticos, ya que no son muy comunes en Costa Rica.

Para la evaluación de los equipos se utilizan los indicadores energéticos, estos son capaces de relacionar consumos energéticos contra las actividades. Para el caso de los derivados del petróleo, se debe tener en cuenta que estos combustibles en Costa Rica son consumidos por el sector transporte, bajo esta situación los indicadores sugeridos por la IEA se dividen en dos casos, el transporte de carga o mercadería y el transporte de pasajeros.

En cuanto al transporte de mercadería, en la Tabla 6 el indicador sugerido por la IEA es el consumo energético del transporte de mercadería por tonelada-kilómetros totales (litros/km), además, sugiere clasificar los vehículos de acuerdo con su tipo, de esta forma, es posible tener datos más confiables entre equipos similares. En el transporte de pasajeros el indicador sugerido es el consumo energético del transporte de pasajeros por pasajero-kilometro, igualmente sugiere comparar vehículos del mismo tipo para la evaluación de eficiencia del consumo energético.

En el caso de la energía eléctrica, la IEA (2016) divide los indicadores según el sector, sector residencial, sector comercial y sector industrial. Como se había analizado los equipos se dividieron en cinco categorías, equipos de refrigeración, generadores de calor, electrodomésticos, iluminación y motores eléctricos. Para el caso de Costa Rica, se omiten los equipos de calefacción, ya que pueden evaluarse por medio de los generadores de calor.

De acuerdo con la Tabla 2 y la Tabla 4, los indicadores sugeridos por la EIA (2016) son los siguientes:

- Equipos de refrigeración: El indicador sugerido es consumo energético para enfriamiento de locales por superficie de viviendas, tanto para el sector residencia como para el sector servicios.
- Equipos generadores de calor: Para el sector residencia el indicador sugerido es el consumo energético para el calentamiento de agua y el consumo energético por superficie, en el sector servicio se sugiere el consumo energético por unidad de producto físico.
- Electrodomésticos: La EIA (2016) sugiere el indicador energético de consumo energético por aparato unitario para el sector residencia en el caso de sector servicios sugiere el consumo energético para otros equipos por unidad de actividad.
- Iluminación: En el caso de los equipos de iluminación, la IEA (2016) sugiere dos indicadores, consumo energéticos para iluminación para vivienda y consumo energético para la iluminación por unidad de actividad.
- Motores: Para el sector residencia y el servicio la IEA (2016) no sugiere un indicador en específico.

Para el caso de los indicadores para la industria la IEA (2016) sugiere para todos los tipos de casos el consumo energético por unidad de producto físico. En el caso de los indicadores por unidad de actividad, en la Tabla 3 la IEA (2016) da algunos ejemplos de unidades de actividades como número de estudiantes, número de empleados, entre otros. En el desarrollo de la herramienta de gestión de energía se contemplaron los siguientes indicadores, consumo de energía por tipo y por equipo, consumo de energía por superficie, consumo de energía por unidad de producción y consumo de energía por persona. Esta última sustituye al indicador de consumo de energía por actividad, ya que de acuerdo con la Tabla 3 muchas de las actividades comprenden personas, superficies y unidades de producción (comida).

Los balances de energía son fundamentales para establecer los intercambios de energía en los diferentes procesos y equipos, esto da como resultado información importante para la toma de decisiones. En el caso de los derivados del petróleo el balance energético indicará cuánta energía se consume para transporte para uso residencial e industrial, en el caso de la energía eléctrica

determinar cuanta energía se consume para determinada tarea es un complemento para la toma de decisiones.

Con el desarrollo de la herramienta de Gestión de la energía por medio del programa de macros de Microsoft, se busca aportar la información requerida para la implementación del Sistema de Gestión de energía para Costa Rica, ya que la herramienta permite llevar a cabo cálculos del uso de las energías de los derivados del petróleo y de la energía eléctrica que son las más usadas en el país. Después de haber ingresado la información la herramienta entrega gráficos, tablas e indicadores que servirán de base en la toma de decisiones, además de contar con la posibilidad de calcular indicadores económicos ante una posible inversión. Asimismo, ayuda a organizar de una forma práctica los datos. Como su base es la hoja de cálculo de Microsoft Excel de Microsoft, esta es una herramienta que se podrá utilizar en muchas computadoras, ya que es un *software* muy usado en el país.

Por último se finaliza la tesis con la creación de una herramienta de Gestión de la energía versión 1,0 orientada a la realidad del país, esta herramienta es capaz de realizar cálculos de consumo energético para dos tipos principales de energía consumida en Costa Rica: la energía por los derivados del petróleo y la energía eléctrica, dando como resultado una serie de cálculos que ayudan a la búsqueda de la mejora de la eficiencia energética entre los cuales se destacan:

1. Cálculos del uso de la energía: cómo se puede apreciar en los anexos I y J la herramienta es capaz de proporcionar gráficos de balance de energía, indicadores del uso de la energía, comportamiento y costo del consumo de energía durante el día. Además de acuerdo con la ilustración 23 la herramienta permite realizar comparaciones de consumo de la energía entre equipos, proporcionando una ayuda a la búsqueda las oportunidades de conservación de la energía.
2. Cálculos de registros del consumo de la energía: de acuerdo con las ilustraciones 18 y 19, la herramienta es capaz de suministrar un registro del consumo de la energía, dando información de cuanto se ha consumido anualmente, costos promedios, costos totales y cuáles son los usos que se les dado a la energía.
3. Cálculos financieros: La herramienta permite evaluar financieramente el costo de la implementación de las oportunidades de la conservación de la energía, ya que conforme a las gráficas 25 y 26 se permite el cálculo del Valor Neto Actual (VAN), Tasa Interna de

retorno (TIR) y los flujos de caja actualizados.

### **Recomendaciones**

Se recomienda la creación una versión 2,0 de la herramienta de gestión de la energía, en esta versión debería incorporar las siguientes opciones:

1. Cuantificar otros tipos de energía: dando la importancia a la energía producida por la biomasa en Costa Rica, es relevante darle un lugar en la herramienta va que de acuerdo con el Plan Nacional de Energía 2015 y 2030, se busca aprovecha esta energía de una mejor manera.
2. Valorar la incorporación de combustibles no tradicionales en el transporte: por la importancia de la energía producida por los derivados del petróleo en el transporte, se debe buscar otras fuentes de combustibles alternativos, como pueden ser los combustibles derivados de la biomasa por ejemplo etanol y biodiesel o la energía eléctrica. También se debe incorporar la forma de medir el rendimiento de estos combustibles para la búsqueda de mejoras de la conservación de la energía.
3. Valorar el uso de otros indicadores de eficiencia energética: los indicadores incorporados actualmente en la herramienta son los sugeridos por la Agencia Internacional de la Energía, para la mejora de la herramienta se debe valorar el uso de otros indica energéticos que reflejen la realizada nacional, por ejemplo que tomen en cuenta el realizado vial actual de Costa Rica.

## Capítulo VII. Propuesta

### Propuesta 1: Mantenimiento preventivo del compresor de tornillo del Chiller A

De acuerdo con lo expuesto en los capítulos anteriores, los mayores consumos de energía eléctrica en los Chillers del sistema de enfriamiento por agua helada corresponden al compresor de tornillo. En ambos Chillers este consumo ronda el 70 % de energía eléctrica total consumida, según los datos del Gráfico 12 y el Gráfico 13. Por lo tanto, la primera propuesta es reducir el consumo de potencia eléctrica en el compresor de tornillo que más consume que en este caso es el del Chiller 1. Para esto, se contrataría a una empresa especializada en estos trabajos.

Los trabajos tienen un costo de \$830,55 por concepto de mano de obra y de \$565,55 por conceptos de repuestos para un total de \$1396,1. El detalle de estas ofertas se encuentra en el Anexo W de este trabajo. La cotización corresponde a un mantenimiento del motor bomba del Chiller 1, sin embargo, el costo es similar de acuerdo con el encargado de la empresa.

Como resultado del mantenimiento se busca lograr que ambos compresores tengan un consumo eléctrico parecido, en los datos de la Tabla 16 y la Tabla 17 el consumo mensual de energía del compresor del tornillo del Chiller 1 es de 9978,48 kW, mientras que en el Chiller 2 es de 6171,98 kW. Al calcular la diferencia de consumo de potencia eléctrica da como resultado 3806,5 kW mensuales, si se divide por 30 días se obtiene un total de 126,88 kW por día, al dividirlo por 24 horas se obtiene un total de 5,28 kWh. Como la tarifa del local es de media tensión tiene un costo al 8 de febrero de 2021 de ₡56,09 para el periodo punta, ₡28,04 para el periodo valle y ₡20,20 para el periodo nocturno esto da con resultado los datos de la siguiente tabla:

Tabla 38 Costo de la diferencia de energía entres los compresores de tornillo de los Chillers 1 y 2

Periodo	Tarifa	Tiempo Horas diarias	Energía kWh	Ahorro por periodo
Energía Punta	₡56,09	5	5,28	₡1.480,78
Energía Valle	₡28,04	9	5,28	₡1.332,46
Energía Noche	₡20,20	10	5,28	₡1.066,56
Ahorro diario	₡3.879,80			
Ahorro mensual	₡116.393,90			

Fuente: elaboración propia.

El tipo de cambio de dólar es de ₡614,22 por dólar de acuerdo con el Banco Central de Costa Rica (s. f.), por lo que el costo de mantenimiento convertido a colones seria de ₡857.512,5. El valor para el

interés de la inversión tiene dos valores, el primero es de 6.75 % que es la tasa de referencia de bonos del gobierno y el 9.54 % es la tasa de descuento para estos tipos de trabajos de la empresa, ambos intereses se utilizan en la evaluación de proyectos de la empresa dueña del sistema de enfriamiento.

### **Criterios de evaluación de proyectos**

Para la evaluación del proyecto mantenimiento del compresor de tornillo de Chiller 1, se utilizarán tres criterios de toma de decisiones, periodo de recuperación de la inversión (PR), valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR). El primer criterio que se aplicará es el Periodo de recuperación de la inversión (PR), de esta forma, se determinará cuántos periodos se necesitan para recuperar la inversión. Con los siguientes datos  $I_0$  = inversión inicial,  $BN$  = beneficios netos generados por la inversión, el resultado es el siguiente:

$$PR = \frac{I_0}{BN}$$

$$PR = \frac{\text{¢}857.512,5}{\text{¢}116.394} = 7,36 \approx 8 \text{ meses}$$

El segundo criterio que se aplicará para determinar si el proyecto es viable o no, es el valor neto actual (VAN), con el VAN se determinará el valor total del proyecto que se extenderá por varios años y cómo cambia los ingresos y los costos.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{BNt}{(1+i)^t} - I_0$$

Donde:

$BNt = \text{¢}116.394$  (beneficios netos generados).

$I_0 = \text{¢}857.512,5$  (inversión inicial).

$N = 8$  (cantidad de meses para la recuperación de la inversión según el periodo de recuperación).

$I = 6.75 \% \text{ y } 9.54 \%$  (tasa de interés de acuerdo con criterios de la empresa).

Tabla 39 Cálculo del VAN para un total de 8 periodos con un interés del 6,75 %

Periodo	Flujo	Interés	Flujo de caja descontada
1	₡116.394,00	6,75 %	₡109.034,19
2	₡116.394,00	6,75 %	₡102.139,76
3	₡116.394,00	6,75 %	₡95.681,27
4	₡116.394,00	6,75 %	₡89.631,17
5	₡116.394,00	6,75 %	₡83.963,62
6	₡116.394,00	6,75 %	₡78.654,45
7	₡116.394,00	6,75 %	₡73.680,98
8	₡116.394,00	6,75 %	₡69.022,00
		Total	₡701.807,44
		VAN	-₡155.705,06

Fuente: elaboración propia.

Tabla 40 Cálculo del VAN para un total de 8 periodos con un interés del 9,54 %

Periodo	Flujo	Interés	Flujo de caja descontada
1	₡116.394,00	9,54 %	₡106.257,08
2	₡116.394,00	9,54 %	₡97.002,99
3	₡116.394,00	9,54 %	₡88.554,86
4	₡116.394,00	9,54 %	₡80.842,48
5	₡116.394,00	9,54 %	₡73.801,79
6	₡116.394,00	9,54 %	₡67.374,29
7	₡116.394,00	9,54 %	₡61.506,56
8	₡116.394,00	9,54 %	₡56.149,86
		Total	₡631.489,91
		VAN	-₡226.022,59

Fuente: elaboración propia.

Para que el cálculo del valor neto actual (VAN), sean positivos con un interés de 6.75 % se necesita un total de once meses, de esta forma, podría ser aceptable la inversión. En el caso de tener un interés de 9.54 % se necesitaría un total de catorce meses para obtener el VAN positivo.

Tabla 41 Cálculo del VAN para un total de 11 periodos con un interés del 6,75 %

Periodo	Flujo	Interés	Flujo de caja descontada
1	₪116.394,00	6,75 %	₪109.034,19
2	₪116.394,00	6,75 %	₪102.139,76
3	₪116.394,00	6,75 %	₪95.681,27
4	₪116.394,00	6,75 %	₪89.631,17
5	₪116.394,00	6,75 %	₪83.963,62
6	₪116.394,00	6,75 %	₪78.654,45
7	₪116.394,00	6,75 %	₪73.680,98
8	₪116.394,00	6,75 %	₪69.022,00
9	₪116.394,00	6,75 %	₪64.657,61
10	₪116.394,00	6,75 %	₪60.569,19
11	₪116.394,00	6,75 %	₪56.739,29
		Total	₪883.773,53
		VAN	₪26.261,03

Fuente: elaboración propia.

Tabla 42 Cálculo del VAN para un total de 14 periodos con un interés del 9,54 %

Periodo	Flujo	Interés	Flujo de caja descontada
1	₪116.394,00	9,54 %	₪106.257,08
2	₪116.394,00	9,54 %	₪97.002,99
3	₪116.394,00	9,54 %	₪88.554,86
4	₪116.394,00	9,54 %	₪80.842,48
5	₪116.394,00	9,54 %	₪73.801,79
6	₪116.394,00	9,54 %	₪67.374,29
7	₪116.394,00	9,54 %	₪61.506,56
8	₪116.394,00	9,54 %	₪56.149,86
9	₪116.394,00	9,54 %	₪51.259,69
10	₪116.394,00	9,54 %	₪46.795,41
11	₪116.394,00	9,54 %	₪42.719,93
12	₪116.394,00	9,54 %	₪38.999,38
13	₪116.394,00	9,54 %	₪35.602,87
14	₪116.394,00	9,54 %	₪32.502,40
		Total	₪879.369,59
		VAN	₪21.856,99

Fuente: elaboración propia.

El tercer criterio que se aplica es la tasa interna de retorno (TIR), al aplicar la TIR lo que se busca es el porcentaje de beneficios o pérdidas que se tiene en una inversión cuando el VAN es

igual a cero, con esto se obtendrá el valor mínimo de (I) para que la inversión sea rentable.

$$TIR = \sum_{t=1}^n \frac{Bnt}{(1+r)^t} - I_0 = 0 \rightarrow TIR = \sum_{t=1}^{11} \frac{\text{€}116.394,00}{(1+0.0675)^t} - \text{€}857.512,5 = 0 \rightarrow TIR = 7.36 \%$$

$$TIR = \sum_{t=1}^n \frac{Bnt}{(1+r)^t} - I_0 = 0 \rightarrow TIR = \sum_{t=1}^{14} \frac{\text{€}116.394,00}{(1+0,0954)^t} - \text{€}857.512,5 = 0 \rightarrow TIR = 10\%$$

### Criterios de evaluación de proyectos con la Herramienta de Gestión de energía

La herramienta de gestión de la energía permite calcular los datos de valor neto actual (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR) para el caso anterior las siguientes ilustraciones muestran los datos obtenidos por medio de la herramienta:

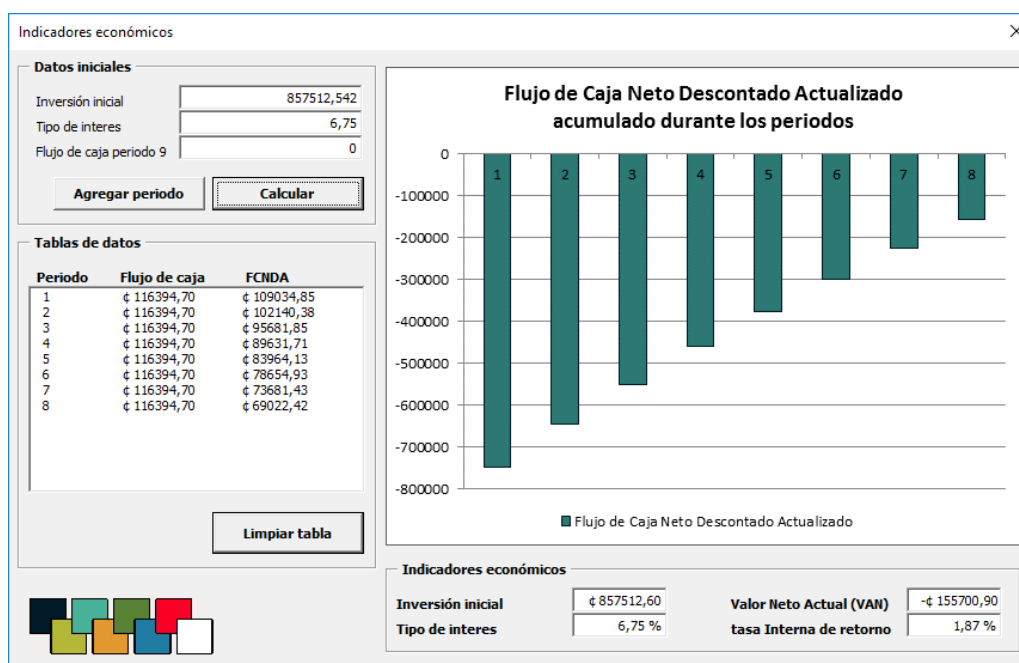


Ilustración 25 Cálculo económico para la evaluación del mantenimiento con un interés de 6.75 %, en 8 periodos

Fuente: elaboración propia.

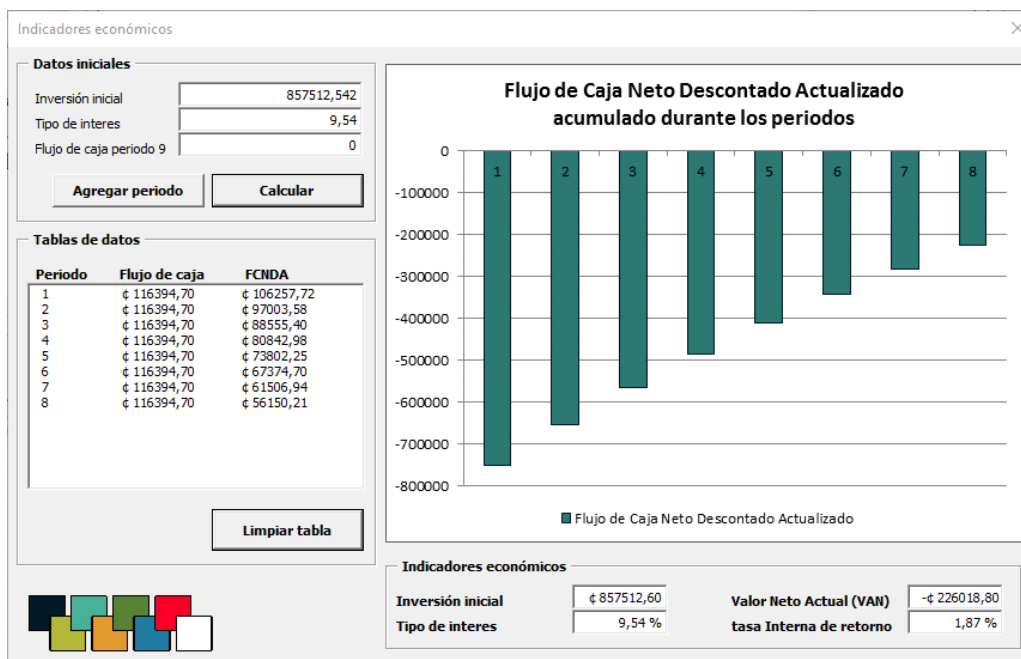


Ilustración 26 Cálculo económico para la evaluación del mantenimiento con un interés de 9.54 % en 8 periodos

Fuente: elaboración propia.

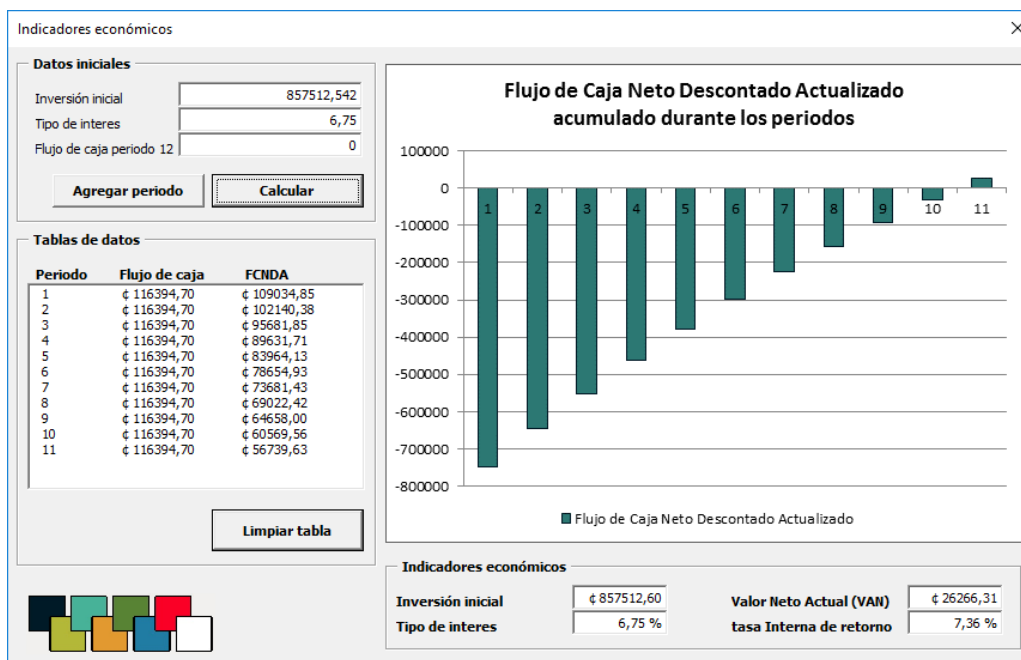


Ilustración 27 Cálculo económico para la evaluación del mantenimiento con un interés de 6.75 %, en 11 periodos

Fuente: elaboración propia.

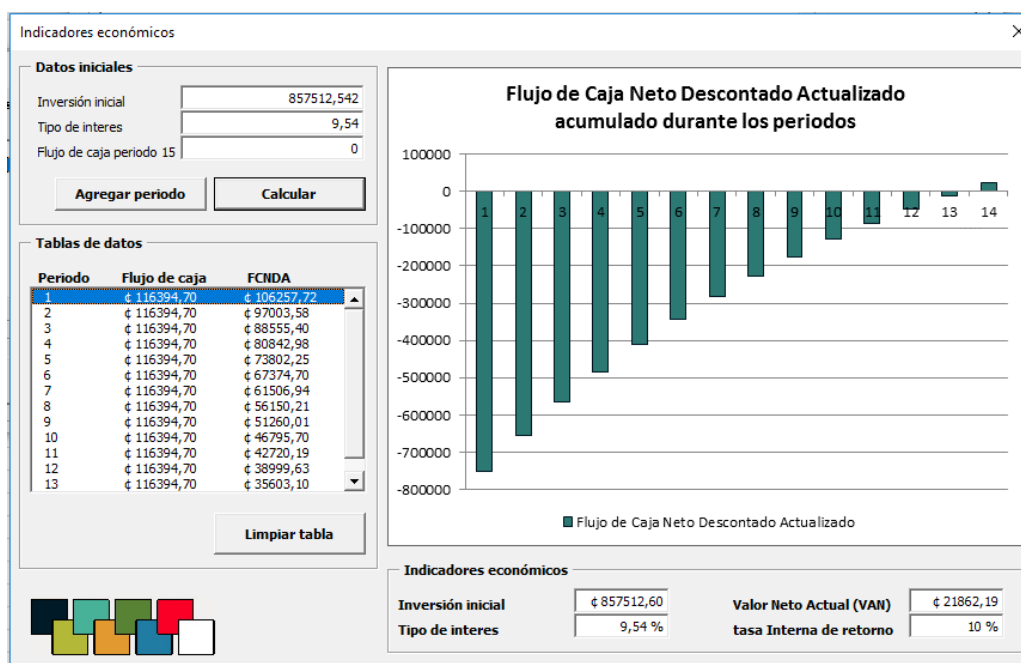


Ilustración 28 Cálculo económico para la evaluación del mantenimiento con un interés de 9.54 % en catorce periodos

Fuente: elaboración propia.

Al comparar los datos obtenidos por medio de la Herramienta de gestión de la energía y los datos obtenidos por medio de los cálculos teóricos, se completan las siguientes tablas:

Tabla 43 Comparación del valor neto actual entre los datos teóricos y de la Herramienta de la propuesta con 8 periodos y un interés de 6.75 %

Periodos	Flujo de caja		Diferencia
	Teóricos	Herramienta	
1	€109.034,19	€109.034,85	-0,001 %
2	€102.139,76	€102.140,38	-0,001 %
3	€95.681,27	€95.681,85	-0,001 %
4	€89.631,17	€89.631,71	-0,001 %
5	€83.963,62	€83.964,13	-0,001 %
6	€78.654,45	€78.654,93	-0,001 %
7	€73.680,98	€73.681,43	-0,001 %
8	€69.022,00	€69.022,42	-0,001 %
VAN	-€155.705,06	-€155.700,90	0,003 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla 44 Comparación del valor neto actual entre los datos teóricos y de la herramienta de la propuesta con 8 periodos y un interés de 9.54 %

Periodos	Flujo de caja		Diferencia
	Teóricos	Herramienta	
1	₡106.257,08	₡106.257,72	-0,001 %
2	₡97.002,99	₡97.003,58	-0,001 %
3	₡88.554,86	₡88.555,40	-0,001 %
4	₡80.842,48	₡80.842,98	-0,001 %
5	₡73.801,79	₡73.802,25	-0,001 %
6	₡67.374,29	₡67.374,70	-0,001 %
7	₡61.506,56	₡61.506,94	-0,001 %
8	₡56.149,86	₡56.150,21	-0,001 %
VAN	-₡226.022,59	-₡226.018,80	0,002 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla 45 Comparación del valor neto actual entre los datos teóricos y de la herramienta de la propuesta con 11 periodos y un interés de 6.75 %

Periodos	Flujo de caja		Diferencia
	Teóricos	Herramienta	
1	₡109.034,19	₡109.034,85	-0,001 %
2	₡102.139,76	₡102.140,38	-0,001 %
3	₡95.681,27	₡95.681,85	-0,001 %
4	₡89.631,17	₡89.631,71	-0,001 %
5	₡83.963,62	₡83.964,13	-0,001 %
6	₡78.654,45	₡78.654,93	-0,001 %
7	₡73.680,98	₡73.681,43	-0,001 %
8	₡69.022,00	₡69.022,42	-0,001 %
9	₡64.657,61	₡64.658,00	-0,001 %
10	₡60.569,19	₡60.569,56	-0,001 %
11	₡56.739,29	₡56.739,63	-0,001 %
VAN	₡26.261,03	₡26.266,31	-0,020 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla 46 Comparación del valor neto actual entre los datos teóricos y de la herramienta de la propuesta con 14 periodos y un interés de 9.54 %.

Periodos	Flujo de caja		Diferencia
	Teóricos	Herramienta	
1	₡106.257,08	₡106.257,72	-0,001 %

2	₡97.002,99	₡97.003,58	-0,001 %
3	₡88.554,86	₡88.555,40	-0,001 %
4	₡80.842,48	₡80.842,98	-0,001 %
5	₡73.801,79	₡73.802,25	-0,001 %
6	₡67.374,29	₡67.374,70	-0,001 %
7	₡61.506,56	₡61.506,94	-0,001 %
8	₡56.149,86	₡56.150,21	-0,001 %
9	₡51.259,69	₡51.260,01	-0,001 %
10	₡46.795,41	₡46.795,70	-0,001 %
11	₡42.719,93	₡42.720,19	-0,001 %
12	₡38.999,38	₡38.999,63	-0,001 %
13	₡35.602,87	₡35.603,10	-0,001 %
14	₡32.502,40	₡32.502,37	0,000 %
VAN	₡21.856,99	₡21.862,19	-0,024 %

Fuente: elaboración propia.

### **Propuesta 2 Adquisición de electrodomésticos más eficientes para la casa de habitación.**

Si se analiza lo Tabla 34, se observa que los mayores consumos de energía de la casa de habitación son la cocina de discos medianos con un consumo mensual estimado de 45 kW y la refrigeradora con un consumo estimado de 60 kW, ambos equipos consumen el 50.5 % de la energía eléctrica calculada de la casa de habitación. Además, los equipos tienen una vida de servicio de más de 10 años, esto se debe a que fueron comprados antes de 2010.

El Decreto Ejecutivo 18445 (1988) menciona una estimación de vida útil para la depreciación de diferentes equipos y electrodomésticos. Para el caso de la cocina y la refrigeradora la vida útil estimada es de 10 años. Debido a que ambos equipos son los mayores consumidores en la casa y que su vida de uso ya ha superado la vida útil estimada se propone cambiarlos por equipos de mejor rendimiento energético.

En el caso de la refrigeradora, se remplazará por un equipo de dimensiones parecidas, actualmente, es una refrigeradora Atlas sin modelo visible de 11 pies con un consumo de acuerdo con recomendaciones de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz de 500 W por 4 horas diarias para un total de 2 kW diarios y 60 kW mensuales para un periodo de 30 días. Esta se sustituirá por una refrigeradora Samsung RT32K5710S/AP/12 que tiene un consumo de energía 1,08 kW diarios y 32,4 kW mensuales, de acuerdo con el manual de usuario del equipo (Anexo X), esto da como resultado los siguientes datos:

Tabla 47 Comparación de costos entre los equipos actuales y propuesta (refrigeradoras)

	Energía (kW)		Costo	Costo de la energía		Ahorro
	Diaria	Mensual	kW	Diaria	Mensual	Mensual
Refrigeradora Atlas	2	60	€99,86	€199,72	€5.991,60	€2.756,14
Refrigeradora Samsung RT32K5710S	1,089	32,4	€99,86	€108,75	€3.235,46	

Fuente: elaboración propia.

El precio de la refrigeradora Samsung RT32K5710S/AP/12 es de €406.750 (Anexo Y). En el caso de la cocina el equipo actual es una cocina de discos medianos, tiene un consumo calculado de acuerdo con las recomendaciones de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz de 45 kW mensuales y un consumo de 1,5 kW diarios, este se sustituiría por una cocina de vitrocerámica Atlas EAV3089MGD de discos pequeños con un consumo de acuerdo con las recomendaciones de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz de 36 kW mensuales y 1,2 kW diarios, de acuerdo con el cálculo de la Tabla 51.

Tabla 48 Cálculo del consumo de energía para la cocina Atlas EAV3089MGD

Equipo	Potencia (kW)	Horas	Energía diaria (kW)	Días uso	Energía mensual (kW)
Atlas cocina vitroceramica/EAV3089MGD	1,2	1	1,2	30	36

Fuente: elaboración propia.

Tabla 49 Comparación de costos entre los equipos actuales y propuesta (cocinas)

	Energía (kW)		Costo	Costo de la energía		Ahorro
	Diaria	Mensual	kW	Diaria	Mensual	Mensual
Cocina	1,5	45	€99,86	€149,79	€4.493,70	€898,74
cocina de vitrocerámica Atlas EAV3089MGD	1,2	36	€99,86	€119,83	€3.594,96	

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la página de compras de Gollotienda, el costo de la cocina es de ₡374.000.

### **Criterios de evaluación de proyectos**

Para la evaluación de proyectos se tomarán como datos iniciales los siguientes: Inversión inicial de ₡780.750 correspondientes a la compra de los equipos de cocina y refrigeración, flujo de caja de ₡43.853,56 como los ahorros anuales generados por la compra de los equipos y un interés de 6.80 % correspondiente a la tasa de interés e inversiones de dinero del Banco de Costa Rica para un plazo mayor de 1800 días.

Para la evaluación de la compra de los nuevos equipos se utilizarán los tres criterios de toma de decisiones, periodo de recuperación de la inversión (PR), valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR). El primer criterio de evaluación es el periodo de recuperación, de acuerdo con los datos iniciales el cálculo del PR es el siguiente:

$$PR = \frac{I_o}{BN}$$

$$PR = \frac{₡780.750,00}{₡43.853,56} = 17,80 \approx 18 \text{ años}$$

El segundo criterio de la evaluación de proyectos es el VAN con los datos iniciales y un periodo de 18 años se obtiene la Tabla 50.

Tabla 50 Cálculo de valor neto actual para la compra de los equipos

Periodo	Flujo	Interés	Flujo de caja descontada
1	₡43.853,56	6,80 %	₡41.061,39
2	₡43.853,56	6,80 %	₡38.446,99
3	₡43.853,56	6,80 %	₡35.999,05
4	₡43.853,56	6,80 %	₡33.706,98
5	₡43.853,56	6,80 %	₡31.560,84
6	₡43.853,56	6,80 %	₡29.551,35
7	₡43.853,56	6,80 %	₡27.669,80
8	₡43.853,56	6,80 %	₡25.908,06
9	₡43.853,56	6,80 %	₡24.258,48
10	₡43.853,56	6,80 %	₡22.713,93
11	₡43.853,56	6,80 %	₡21.267,73

12	₪43.853,56	6,80 %	₪19.913,60
13	₪43.853,56	6,80 %	₪18.645,69
14	₪43.853,56	6,80 %	₪17.458,52
15	₪43.853,56	6,80 %	₪16.346,92
16	₪43.853,56	6,80 %	₪15.306,11
17	₪43.853,56	6,80 %	₪14.331,56
18	₪43.853,56	6,80 %	₪13.419,07
		Total	₪447.566,08
		VAN	-₪333.183,92

Fuente: elaboración propia.

El tercer criterio que se aplica es la tasa interna de retorno (TIR) para la compra de los equipos se calcula el TIR para un periodo de 18 años.

$$TIR = \sum_{t=1}^n \frac{Bnt}{(1+r)^t} - I_0 = 0 \rightarrow TIR = \sum_{t=1}^{18} \frac{₪780.750,00}{(1+0.068)^t} - ₪780.750,00 = 0 \rightarrow TIR = 0.12 \%$$

### Criterios de evaluación de proyectos con la Herramienta de Gestión de energía

Con la herramienta de gestión de la energía se calcularon los datos de valor neto actual (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR), los datos se muestran en la siguiente ilustración:

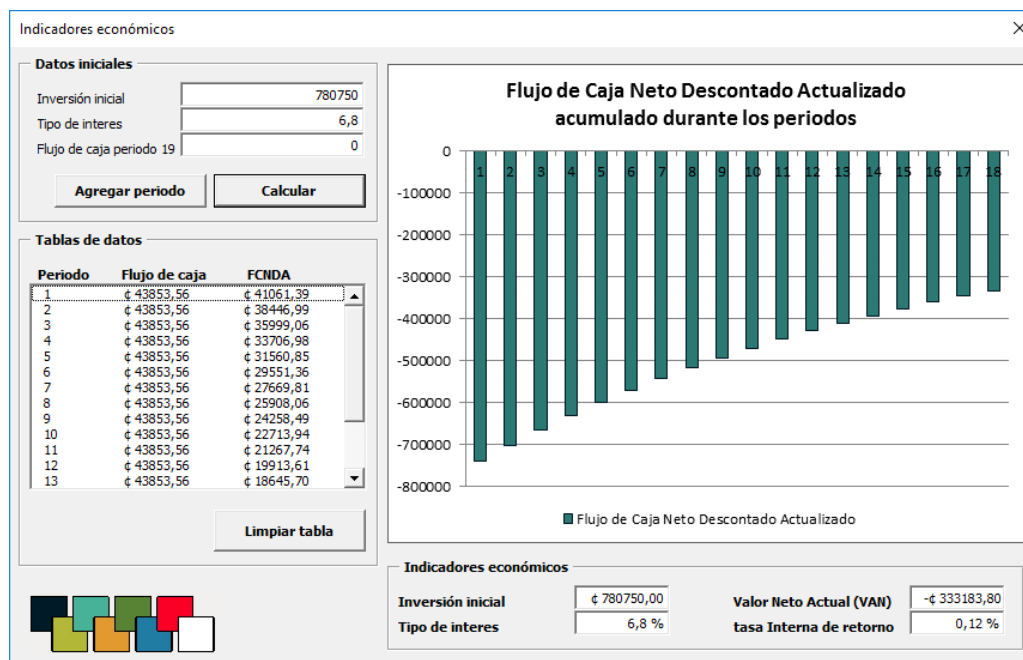


Ilustración 29 Cálculo económico para la evaluación de la compra de los equipos

Fuente: elaboración propia.

Para la comparación de los datos obtenidos en forma teórica y por medio de la herramienta se completa la siguiente tabla:

Tabla 51 Comparación entre el cálculo del VAN y TIR teórico contra el VAN y TIR calculado por la herramienta de gestión de energía.

Periodo	Flujo	Interés	Flujo de caja descontada		Diferencia
			Teórica	Herramienta	
1	€43.853,56	6,80 %	€41.061,39	€41.061,39	0,0000 %
2	€43.853,56	6,80 %	€38.446,99	€38.446,99	0,0000 %
3	€43.853,56	6,80 %	€35.999,05	€35.999,06	0,0000 %
4	€43.853,56	6,80 %	€33.706,98	€33.706,98	0,0000 %
5	€43.853,56	6,80 %	€31.560,84	€31.560,85	0,0000 %
6	€43.853,56	6,80 %	€29.551,35	€29.551,36	0,0000 %
7	€43.853,56	6,80 %	€27.669,80	€27.669,81	0,0000 %
8	€43.853,56	6,80 %	€25.908,06	€25.908,06	0,0000 %
9	€43.853,56	6,80 %	€24.258,48	€24.258,49	0,0000 %
10	€43.853,56	6,80 %	€22.713,93	€22.713,94	0,0000 %
11	€43.853,56	6,80 %	€21.267,73	€21.267,74	0,0000 %
12	€43.853,56	6,80 %	€19.913,60	€19.913,61	-0,0001 %
13	€43.853,56	6,80 %	€18.645,69	€18.645,70	-0,0001 %
14	€43.853,56	6,80 %	€17.458,52	€17.458,52	0,0000 %
15	€43.853,56	6,80 %	€16.346,92	€16.346,93	-0,0001 %
16	€43.853,56	6,80 %	€15.306,11	€15.306,12	-0,0001 %
17	€43.853,56	6,80 %	€14.331,56	€14.331,57	-0,0001 %
18	€43.853,56	6,80 %	€13.419,07	€13.419,08	-0,0001 %
VAN			-€333.183,92	-€333.183,90	0,0000 %
TIR			0,12 %	0,12 %	0,0000 %

Fuente: elaboración propia.

## Referencias

Amelot, M. (2016). *VBA Excel 2016 Programación en Microsoft Excel: Macros y Lenguaje VBA*. Francia: Editorial Editions ENI.

Arrieta, O. (2015). *Propuesta para mejorar la gestión energética de la empresa Agrobiotecnología de Costa Rica S. A.* Recuperado de <http://www.kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/28121>

Bolívar, L. (2014). *Estudio de eficiencia de equipos y sistemas de aire acondicionado de la edificación del Bloque G de la Universidad Autónoma del Caribe.* Recuperado de <http://repositorio.uac.edu.co/bitstream/handle/123456789/803/TMEC%201136.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Chacón, F. (2015). *Evaluación energética en una planta de alimentos balanceados para animales.* Recuperado de <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/2751/1/38236.pdf>

Chacón, R., Coto O. y Flores, O. (2018). *Actualización de la encuesta de biomasa como insumo para la incorporación en la matriz energética de Costa Rica.* Recuperado de [https://sepse.go.cr/documentos/Informe\\_Final\\_Actualizacion\\_Encuesta\\_Biomasa\\_SEPSE\\_CRUSA\\_EMA\\_2018.pdf](https://sepse.go.cr/documentos/Informe_Final_Actualizacion_Encuesta_Biomasa_SEPSE_CRUSA_EMA_2018.pdf)

Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL). (s. f.a). *Términos eléctricos y de facturación generales.* Recuperado de [https://www.cnfl.go.cr/documentos/eficiencia/terminos%20electricos\\_y\\_de\\_facturacion.pdf](https://www.cnfl.go.cr/documentos/eficiencia/terminos%20electricos_y_de_facturacion.pdf)

Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL). (s. f.b). *Guía de Eficiencia Energética para*

*Oficinas*. Recuperado de

[https://www.cnfl.go.cr/documentos/eficiencia/guia\\_eficiencia\\_oficinas.pdf](https://www.cnfl.go.cr/documentos/eficiencia/guia_eficiencia_oficinas.pdf)

Decreto Ejecutivo 18445. (1988). *Reglamento a Ley del Impuesto sobre la Renta*. Recuperado de

[http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=7241](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=7241)

Decreto Ejecutivo 25584. (1996). *Reglamento para la Regulación del Uso Racional de la Energía*. Recuperado de

[http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=29536&nValor3=95496&strTipM=TC](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=29536&nValor3=95496&strTipM=TC)

Departamento de Medio Ambiente de CC. OO. de Aragón. (s. f.) *Guía sobre consumo energético del Aparatos Domésticos*. Recuperado de

<https://niunhogarsinenergia.org/panel/uploads/documentos/guia%20de%20consumo%20energetico%20de%20aparatos%20electricos.pdf>

Díaz, A. y Aguilera, V. (2013). *Matemáticas financieras*. México: Editorial McGraw-Hill.

Hayt, W., Kemmerly J. y Durbin, S. (2007). *Análisis de circuitos en ingeniería*. México: McGraw-Hill/Interaméricas Editores S. A. de C. V.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill.

Hernández, A., Ezequiel, G., Flores, L. y Sosa, R. (2014). *Manual para la implementación de un sistema de gestión de la energía*. México: Instituciones editoras: Conuee/GIZ

Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). (s. f.a). *Buenas Prácticas de eficiencia energética*

*para motores eléctricos industriales*. Recuperado de

[https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/99e8cc9f-13ae-43e2-95eb-](https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/99e8cc9f-13ae-43e2-95eb-1be48772ad60/Motores+El%C3)

[1be48772ad60/Motores+El%C3](https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/99e8cc9f-13ae-43e2-95eb-1be48772ad60/Motores+El%C3)

[%A9ctricos+web.pdf?MOD=AJPERES&CVID=IZQ1ISi&CVID=IZQ1ISi&CVID=IZQ1](https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/99e8cc9f-13ae-43e2-95eb-1be48772ad60/Motores+El%C3)

[ISi&CVID=IZQ1ISi&CVID=IZQ1ISi&CVID=IZQ1ISi&CVID=IZQ1ISi](https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/99e8cc9f-13ae-43e2-95eb-1be48772ad60/Motores+El%C3)

Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). (s. f.b). *Guía para calcular el consumo de*

*electricidad y tablas de consumo de electrodomésticos*. Recuperado de

[https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/7a8a521a-219f-43fa-a751-](https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/7a8a521a-219f-43fa-a751-90562cea7cfc/Consumo+de+electrodom%C3)

[90562cea7cfc/Consumo+de+electrodom%C3](https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/7a8a521a-219f-43fa-a751-90562cea7cfc/Consumo+de+electrodom%C3)

[%A9sticos+en+el+hogar%2C+cualcule.pdf?MOD=AJPERES&CVID=m7EvvEV](https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/7a8a521a-219f-43fa-a751-90562cea7cfc/Consumo+de+electrodom%C3)

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). (2001). *Guía Técnica de ciencia*

*energética en Iluminación Oficinas*. Recuperado de

[https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_Guia\\_tecnica\\_de\\_eficiencia\\_energ](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Guia_tecnica_de_eficiencia_energ)

[etica\\_en\\_iluminacion\\_en\\_oficinas\\_6475148d.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Guia_tecnica_de_eficiencia_energ)

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). (2006). *Guía Técnica de*

*iluminación eficiente Sector Residencia y terciario*. Recuperado de

[https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2006/07/Guia-Tecnica-de-Iluminacion-](https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2006/07/Guia-Tecnica-de-Iluminacion-Eficiente-Sector-Residencial-y-Terciario-fenercom-2006.pdf)

[Eficiente-Sector-Residencial-y-Terciario-fenercom-2006.pdf](https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2006/07/Guia-Tecnica-de-Iluminacion-Eficiente-Sector-Residencial-y-Terciario-fenercom-2006.pdf)

International Energy Agency (IEA). (2016). *Indicadores de eficiencia energética: Fundamentos*

*Estadísticos*. Recuperado de <http://biblioteca.olade.org/opac->

[tmpl/Documentos/cg00332.pdf](http://biblioteca.olade.org/opac-)

Jacob, A. (2012). *Análisis de mejoramiento de eficiencia energética en planta papelera*.

Recuperado de [http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/111942/cf-pereira\\_at.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/111942/cf-pereira_at.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Ley 7447. (1994). *Ley de Regulación del Uso Racional de la Energía*. Recuperado de [http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=24436&nValor3=94042&param2=1&strTipM=TC&lResultado=9&strSim=simp](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=24436&nValor3=94042&param2=1&strTipM=TC&lResultado=9&strSim=simp)

Mendenhall, W., Beaver, R. y Beaver, B. (2010). *Introducción a la probabilidad y estadística*. México: Editorial Cengage Learning Editores, S. A.

Ministerio de Ambiente y Energía (Minae). (2015). *Plan Nacional de Energía 2015-2030*. Recuperado de <https://minae.go.cr/recursos/2015/pdf/VII-PNE.pdf>

Pereira Tapia, A. (2012). *Análisis de mejoramiento de eficiencia energética en planta papelera*. Recuperado de [http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/111942/cf-pereira\\_at.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/111942/cf-pereira_at.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Pita, E. (2005). *Acondicionamiento de aire principios y sistemas*. México: Editorial Grupo GEO impresores S. A. de C. V. Nautla.

Refinadora Costarricense de Petróleo (Recope). (2019). *Manual de productos*. Recuperado de <https://www.recope.go.cr/wp-content/uploads/2019/06/Manual-de-Productos-2019.pdf>

Resolución 072. (2015). *Norma Técnica Regulatoria AR-NT-SUCOM*. Recuperado de [http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=79376&nValor3=100377&strTipM=TC](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=79376&nValor3=100377&strTipM=TC)

Robles, K. (2019). *Modelo de Gestión Energética para los sistemas de aires acondicionados del*

*Campus Tecnológico Central Cartago del Instituto Tecnológico de Costa Rica.*

Recuperado de

[https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10886/modelo\\_gestion\\_energetica\\_sistemas\\_aire\\_acondicionado\\_campus\\_tecnologico\\_central.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10886/modelo_gestion_energetica_sistemas_aire_acondicionado_campus_tecnologico_central.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Sapag, N. y Sapag, R. (2008). *Preparación y evaluación de proyectos*. Colombia: Editorial McGraw-Hill.

Sapag, N. y Sapag, R. (2008). *Preparación y evaluación de proyectos*. México: Mc Graw-Hill.

Recuperado de <http://www.utntyh.com/wp-content/uploads/2013/03/Preparacion-Y-Evaluacion-De-Proyectos-Sapag-Sapag.pdf>

WEG. (s. f.). *Motores Eléctricos Guía de especificación*. Recuperado de

<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h6e/h82/WEG-motores-electricos-guia-de-especificacion-50039910-brochure-spanish-web.pdf>

Zárate, D. y Ramírez, R. (2016). *Matriz Energética de Costa Rica Renovabilidad de las Fuentes y reversibilidad de los usos de la energía*. Recuperado de

<https://drive.google.com/file/d/1iYSP8kPlnuQgFFwvw0eZXnecvhIFTXgC/view>

## Apéndices

### Apéndices A Mediciones de Consumo de energía y caudal para el Chiller 1. Datos obtenidos por medio del BMS

Fecha Hora	Consumo de energía (kWh)	Caudal (gpm)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)
2/7/21, 6:00:00 a. m. CST	61,43	331,47	75,28
2/7/21, 6:10:00 a. m. CST	15,48	330,64	75,1
2/7/21, 6:20:00 a. m. CST	13,05	333,74	75,8
2/7/21, 6:30:00 a. m. CST	12,43	333,62	75,77
2/7/21, 6:40:00 a. m. CST	12,57	332,44	75,5
2/7/21, 6:50:00 a. m. CST	48,05	334,49	75,97
2/7/21, 7:00:00 a. m. CST	52,46	333,97	75,85
2/7/21, 7:10:00 a. m. CST	19,06	331,93	75,39
2/7/21, 7:20:00 a. m. CST	19,92	332,82	75,59
2/7/21, 7:30:00 a. m. CST	22,21	333,99	75,86
2/7/21, 7:40:00 a. m. CST	18,11	334,67	76,01
2/7/21, 7:50:00 a. m. CST	17,5	334,03	75,87
2/7/21, 8:00:00 a. m. CST	17,01	333,69	75,79
2/7/21, 8:10:00 a. m. CST	14,78	333,72	75,8
2/7/21, 8:20:00 a. m. CST	42,78	331,89	75,38
2/7/21, 8:30:00 a. m. CST	29,35	332,58	75,54
2/7/21, 8:40:00 a. m. CST	13,24	333,36	75,71
2/7/21, 8:50:00 a. m. CST	17,52	333,64	75,78
2/7/21, 9:00:00 a. m. CST	53,2	333,48	75,74
2/7/21, 9:10:00 a. m. CST	67,74	334,97	76,08
2/7/21, 9:20:00 a. m. CST	17,16	332,35	75,48
2/7/21, 9:30:00 a. m. CST	16,03	333,47	75,74
2/7/21, 9:40:00 a. m. CST	21,7	333,12	75,66
2/7/21, 9:50:00 a. m. CST	11,34	332,7	75,56
2/7/21, 10:00:00 a. m. CST	21,25	333,45	75,73
2/7/21, 10:10:00 a. m. CST	17,21	331,47	75,29
2/7/21, 10:20:00 a. m. CST	25,54	333,06	75,65
2/7/21, 10:30:00 a. m. CST	24,35	332,81	75,59
2/7/21, 10:40:00 a. m. CST	22,99	331,83	75,37
2/7/21, 10:50:00 a. m. CST	36,62	333,26	75,69
2/7/21, 11:00:00 a. m. CST	24,16	332,45	75,51
2/7/21, 11:10:00 a. m. CST	26,43	332,38	75,49
2/7/21, 11:20:00 a. m. CST	27,67	332,46	75,51
2/7/21, 11:30:00 a. m. CST	27,57	332,55	75,53

2/7/21, 11:40:00 a. m. CST	74,13	332,44	75,5
2/7/21, 11:50:00 a. m. CST	36,67	331,79	75,36
2/7/21, 12:00:00 p. m. CST	27,23	334,34	75,94
2/7/21, 12:10:00 p. m. CST	25,83	332,81	75,59
2/7/21, 12:20:00 p. m. CST	27,03	334,86	76,06
2/7/21, 12:30:00 p. m. CST	45,49	333,47	75,74
2/7/21, 12:40:00 p. m. CST	52,9	332,8	75,59
2/7/21, 12:50:00 p. m. CST	32,22	333,08	75,65
2/7/21, 1:00:00 p. m. CST	11,1	334,08	75,88
2/7/21, 1:10:00 p. m. CST	32,19	334,09	75,88
2/7/21, 1:20:00 p. m. CST	10,34	332,81	75,59
2/7/21, 1:30:00 p. m. CST	31,1	332,56	75,53
2/7/21, 1:40:00 p. m. CST	11,87	332,39	75,49
2/7/21, 1:50:00 p. m. CST	13,66	332,34	75,48
2/7/21, 2:00:00 p. m. CST	11,66	332,2	75,45
2/7/21, 2:10:00 p. m. CST	30,16	331,94	75,39
2/7/21, 2:20:00 p. m. CST	22,93	333,2	75,68
2/7/21, 2:30:00 p. m. CST	36,74	332,47	75,51
2/7/21, 2:40:00 p. m. CST	32,41	334,36	75,94
2/7/21, 2:50:00 p. m. CST	24,09	333,16	75,67
2/7/21, 3:00:00 p. m. CST	56,07	333,35	75,71
2/7/21, 3:10:00 p. m. CST	17,02	333,66	75,78
2/7/21, 3:20:00 p. m. CST	17,14	332,75	75,58
2/7/21, 3:30:00 p. m. CST	17,03	334,14	75,89
2/7/21, 3:40:00 p. m. CST	16,95	332,66	75,56
2/7/21, 3:50:00 p. m. CST	16,95	333,89	75,83
2/7/21, 4:00:00 p. m. CST	17,05	333,28	75,7
2/7/21, 4:10:00 p. m. CST	13,97	332,63	75,55
2/7/21, 4:20:00 p. m. CST	15,62	333,42	75,9
2/7/21, 4:30:00 p. m. CST	15,31	330,66	75,1
2/7/21, 4:40:00 p. m. CST	11,47	332,98	75,63
2/7/21, 4:50:00 p. m. CST	16,27	333,42	75,73
2/7/21, 5:00:00 p. m. CST	15,07	333,1	75,65
2/7/21, 5:10:00 p. m. CST	27,72	333,95	75,85
2/7/21, 5:20:00 p. m. CST	16,57	334,03	75,87
2/7/21, 5:30:00 p. m. CST	71,45	333,41	75,73
2/7/21, 5:40:00 p. m. CST	15,92	333,39	75,8
2/7/21, 5:50:00 p. m. CST	17,12	332,89	75,61
2/7/21, 6:00:00 p. m. CST	12,66	334,59	75,99
2/7/21, 6:10:00 p. m. CST	11,67	332,61	75,54

2/7/21, 6:20:00 p. m. CST	18,2	332,15	75,44
2/7/21, 6:30:00 p. m. CST	13,62	334,41	75,95
2/7/21, 6:40:00 p. m. CST	10,09	332,18	75,45
2/7/21, 6:50:00 p. m. CST	15,06	333,18	75,67
2/7/21, 7:00:00 p. m. CST	30,32	334,55	75,99
2/7/21, 7:10:00 p. m. CST	55,49	333,1	75,66
2/7/21, 7:20:00 p. m. CST	17,8	332,26	75,46
2/7/21, 7:30:00 p. m. CST	17,24	334,13	75,89
2/7/21, 7:40:00 p. m. CST	19,88	334,16	75,9
2/7/21, 7:50:00 p. m. CST	29,87	333,75	75,8
2/7/21, 8:00:00 p. m. CST	17,39	332,27	75,47
2/7/21, 8:00:00 p. m. CST	7,39	332,27	75,47
2/7/21, 8:10:00 p. m. CST	0,74	333,03	75,64
2/7/21, 8:20:00 p. m. CST	25,63	334,21	75,91
2/7/21, 8:30:00 p. m. CST	28,41	334,8	76,04
2/7/21, 8:40:00 p. m. CST	23,62	334,3	75,93
2/7/21, 8:50:00 p. m. CST	27,79	334,88	76,06
2/7/21, 9:00:00 p. m. CST	24,46	332,93	75,62
2/7/21, 9:10:00 p. m. CST	4,17	333,12	75,66
2/7/21, 9:20:00 p. m. CST	5,87	334,01	75,86
2/7/21, 9:30:00 p. m. CST	10,84	333,74	75,8
2/7/21, 9:40:00 p. m. CST	59,95	332,28	75,47
2/7/21, 9:50:00 p. m. CST	60,26	333,3	75,7
2/7/21, 10:00:00 p. m. CST	81,69	332,32	75,48
2/7/21, 10:10:00 p. m. CST	7,48	335,61	76,23
2/7/21, 10:20:00 p. m. CST	5,45	332,83	75,59
2/7/21, 10:30:00 p. m. CST	6,66	334,24	75,91
2/7/21, 10:40:00 p. m. CST	6,52	333,84	75,82
2/7/21, 10:50:00 p. m. CST	12,39	332,92	75,61
2/7/21, 11:00:00 p. m. CST	20,99	332	75,4
2/7/21, 11:10:00 p. m. CST	2,7	333,72	75,8
2/7/21, 11:20:00 p. m. CST	3,24	331,62	75,32
2/7/21, 11:30:00 p. m. CST	90,44	333,14	75,66
2/7/21, 11:40:00 p. m. CST	44,3	332,61	75,54
2/7/21, 11:50:00 p. m. CST	51,52	334,69	76,02
2/8/21, 12:00:00 a. m. CST	0,72	332,15	75,44
2/8/21, 12:10:00 a. m. CST	0,24	334,33	75,94
2/8/21, 12:20:00 a. m. CST	24,31	333,65	75,78
2/8/21, 12:30:00 a. m. CST	56,03	332	75,41
2/8/21, 12:40:00 a. m. CST	7,24	332,43	75,5

2/8/21, 12:50:00 a. m. CST	62,08	332,52	75,52
2/8/21, 1:00:00 a. m. CST	6,13	332,5	75,52
2/8/21, 1:10:00 a. m. CST	27,69	332,77	75,58
2/8/21, 1:20:00 a. m. CST	24,99	333,28	75,7
2/8/21, 1:30:00 a. m. CST	0,05	333,44	75,73
2/8/21, 1:40:00 a. m. CST	68,62	334,04	75,87
2/8/21, 1:50:00 a. m. CST	6,97	333,88	75,83
2/8/21, 2:00:00 a. m. CST	11,73	332,86	75,6
2/8/21, 2:10:00 a. m. CST	0,32	332,71	75,57
2/8/21, 2:20:00 a. m. CST	1,21	331,83	75,37
2/8/21, 2:30:00 a. m. CST	63,75	332,29	75,47
2/8/21, 2:40:00 a. m. CST	6,91	334,29	75,93
2/8/21, 2:50:00 a. m. CST	64,37	332,51	75,52
2/8/21, 3:00:00 a. m. CST	9,31	334,39	75,95
2/8/21, 3:10:00 a. m. CST	6,18	334,08	75,88
2/8/21, 3:20:00 a. m. CST	0,59	334,33	75,93
2/8/21, 3:30:00 a. m. CST	23,29	332,1	75,43
2/8/21, 3:40:00 a. m. CST	92,53	333,01	75,63
2/8/21, 3:50:00 a. m. CST	50,71	333,05	75,64
2/8/21, 4:00:00 a. m. CST	12,32	333	75,63
2/8/21, 4:10:00 a. m. CST	3,41	332,57	75,54
2/8/21, 4:20:00 a. m. CST	13,56	332,85	75,6
2/8/21, 4:30:00 a. m. CST	24,15	333,33	75,71
2/8/21, 4:40:00 a. m. CST	60,87	332,77	75,58
2/8/21, 4:50:00 a. m. CST	7,14	332,16	75,44
2/8/21, 5:00:00 a. m. CST	0,64	332,83	75,59
2/8/21, 5:10:00 a. m. CST	11,82	332,48	75,51
2/8/21, 5:20:00 a. m. CST	23,12	333,91	75,84
2/8/21, 5:30:00 a. m. CST	35,96	332,54	75,53
2/8/21, 5:40:00 a. m. CST	8,4	332,94	75,62
2/8/21, 5:50:00 a. m. CST	81,43	330,52	75,07
2/8/21, 6:00:00 a. m. CST	27,22	333,56	75,76

Fuente: elaboración propia.

**Apéndices B Mediciones de Consumo de energía y caudal para el Chiller 2. Datos obtenidos por medio del BMS**

Fecha Hora	Consumo de energía (kWh)	Caudal (gpm)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)
2/8/21, 6:00:00 a. m. CST	59,69	305,17	69,31
2/8/21, 6:10:00 a. m. CST	7,21	304,58	69,18
2/8/21, 6:20:00 a. m. CST	5,49	304,05	69,06
2/8/21, 6:30:00 a. m. CST	46,33	305,29	69,34
2/8/21, 6:40:00 a. m. CST	36,5	304,54	69,17
2/8/21, 6:50:00 a. m. CST	49,45	304,95	69,26
2/8/21, 7:00:00 a. m. CST	32,09	304,18	69,09
2/8/21, 7:10:00 a. m. CST	4,18	304,34	69,12
2/8/21, 7:20:00 a. m. CST	54,76	304,62	69,19
2/8/21, 7:30:00 a. m. CST	6,02	302,35	68,67
2/8/21, 7:40:00 a. m. CST	56,93	305,16	69,31
2/8/21, 7:50:00 a. m. CST	63,38	305,1	69,3
2/8/21, 8:00:00 a. m. CST	83,7	304,73	69,21
2/8/21, 8:10:00 a. m. CST	78,12	305,27	69,34
2/8/21, 8:20:00 a. m. CST	75,31	304,07	69,06
2/8/21, 8:30:00 a. m. CST	8,24	304,9	69,25
2/8/21, 8:40:00 a. m. CST	85,48	305,64	69,42
2/8/21, 8:50:00 a. m. CST	89,2	306,5	69,61
2/8/21, 9:00:00 a. m. CST	75,42	305,55	69,4
2/8/21, 9:10:00 a. m. CST	8,69	304,13	69,08
2/8/21, 9:20:00 a. m. CST	8,68	305,73	69,44
2/8/21, 9:30:00 a. m. CST	7,86	304,82	69,23
2/8/21, 9:40:00 a. m. CST	62,42	304,59	69,18
2/8/21, 9:50:00 a. m. CST	70,04	304,99	69,27
2/8/21, 10:00:00 a. m. CST	7,15	303,81	69
2/8/21, 10:10:00 a. m. CST	7,43	305,29	69,34
2/8/21, 10:20:00 a. m. CST	42,79	306,05	69,51
2/8/21, 10:30:00 a. m. CST	49,75	303,89	69,02
2/8/21, 10:40:00 a. m. CST	63,69	305,87	69,47
2/8/21, 10:50:00 a. m. CST	7,32	303,07	68,84
2/8/21, 11:00:00 a. m. CST	80,42	304,73	69,21
2/8/21, 11:10:00 a. m. CST	5,35	305,34	69,35
2/8/21, 11:20:00 a. m. CST	32,45	303,54	68,94
2/8/21, 11:30:00 a. m. CST	4,34	304,68	69,2
2/8/21, 11:40:00 a. m. CST	5,07	304,79	69,23
2/8/21, 11:50:00 a. m. CST	60,55	304,03	69,05

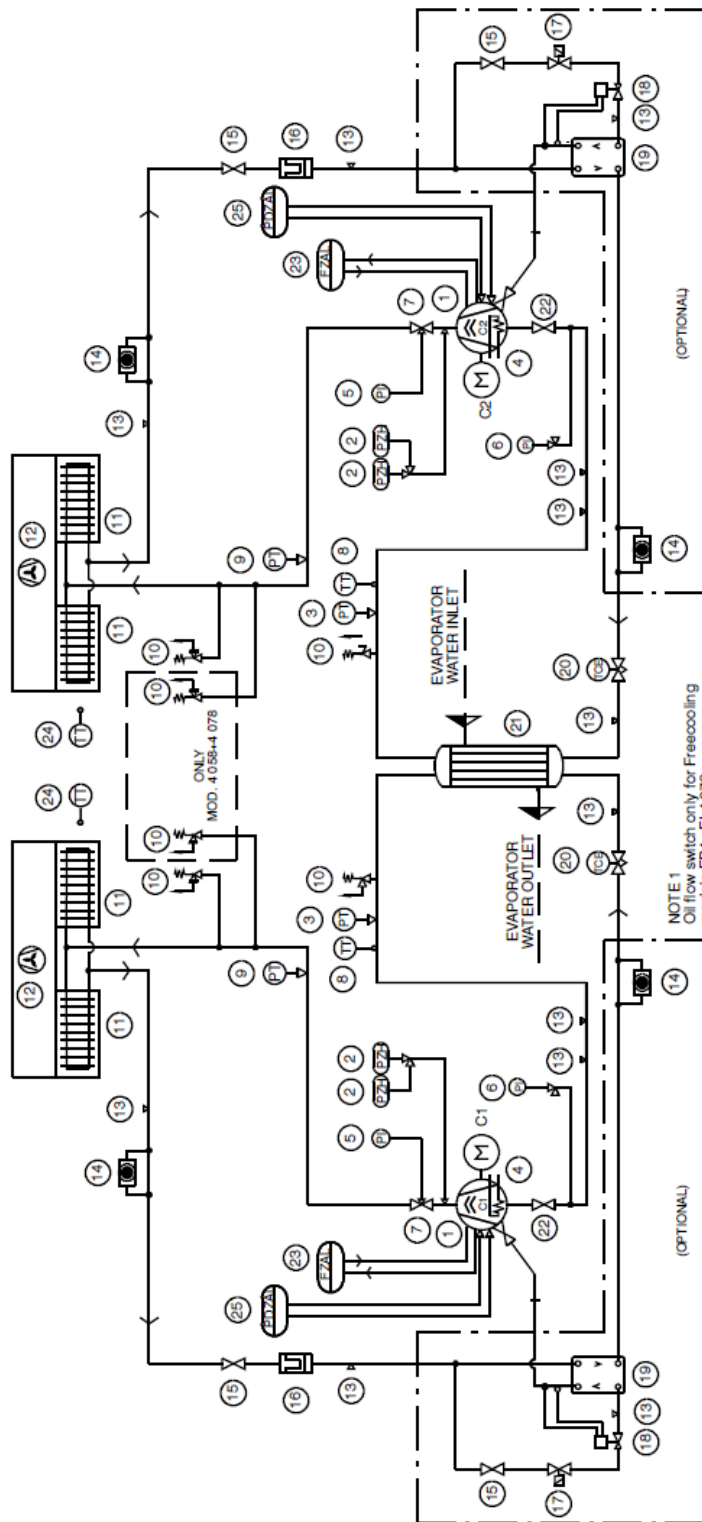
2/8/21, 12:00:00 p. m. CST	7,72	304,08	69,07
2/8/21, 12:10:00 p. m. CST	3,21	304,83	69,23
2/8/21, 12:20:00 p. m. CST	8,72	303,06	68,83
2/8/21, 12:30:00 p. m. CST	9,57	305,21	69,32
2/8/21, 12:40:00 p. m. CST	8,53	304,36	69,13
2/8/21, 12:50:00 p. m. CST	7,09	304,73	69,21
2/8/21, 1:00:00 p. m. CST	6,17	303,67	68,97
2/8/21, 1:10:00 p. m. CST	52,01	305,03	69,28
2/8/21, 1:20:00 p. m. CST	5,25	305,03	69,28
2/8/21, 1:30:00 p. m. CST	7,35	304,19	69,09
2/8/21, 1:40:00 p. m. CST	9,01	303,89	69,02
2/8/21, 1:50:00 p. m. CST	94,31	305,84	69,46
2/8/21, 2:00:00 p. m. CST	8,25	305,8	69,46
2/8/21, 2:10:00 p. m. CST	60,98	305,37	69,36
2/8/21, 2:20:00 p. m. CST	49,64	303,2	68,86
2/8/21, 2:30:00 p. m. CST	43,47	305,21	69,32
2/8/21, 2:40:00 p. m. CST	4,54	305,39	69,36
2/8/21, 2:50:00 p. m. CST	4,02	304,35	69,13
2/8/21, 3:00:00 p. m. CST	5,19	304,92	69,25
2/8/21, 3:10:00 p. m. CST	6,8	305,3	69,34
2/8/21, 3:20:00 p. m. CST	9,09	305,57	69,4
2/8/21, 3:30:00 p. m. CST	7,07	305,05	69,28
2/8/21, 3:40:00 p. m. CST	8,13	305,96	69,49
2/8/21, 3:50:00 p. m. CST	7,13	305,81	69,46
2/8/21, 4:00:00 p. m. CST	7,55	305,44	69,37
2/8/21, 4:10:00 p. m. CST	7,65	305,7	69,43
2/8/21, 4:20:00 p. m. CST	66,39	303,75	68,99
2/8/21, 4:30:00 p. m. CST	7,11	303,54	68,94
2/8/21, 4:40:00 p. m. CST	53,41	303,25	68,88
2/8/21, 4:50:00 p. m. CST	4,78	304,02	69,05
2/8/21, 5:00:00 p. m. CST	39,19	303,15	68,85
2/8/21, 5:10:00 p. m. CST	42,91	304,28	69,11
2/8/21, 5:20:00 p. m. CST	40,93	303,36	68,9
2/8/21, 5:30:00 p. m. CST	46,72	303,94	69,03
2/8/21, 5:40:00 p. m. CST	31,65	306,08	69,52
2/8/21, 5:50:00 p. m. CST	3,2	304,81	69,23
2/8/21, 6:00:00 p. m. CST	29,1	303,41	68,91
2/8/21, 6:10:00 p. m. CST	59,01	303,5	68,93
2/8/21, 6:20:00 p. m. CST	52,94	305,17	69,31
2/8/21, 6:30:00 p. m. CST	5,71	301,81	68,55

2/8/21, 6:40:00 p. m. CST	6,33	306,16	69,54
2/8/21, 6:50:00 p. m. CST	67,05	304,04	69,06
2/8/21, 7:00:00 p. m. CST	73,09	305,35	69,35
2/8/21, 7:10:00 p. m. CST	7,26	304,62	69,19
2/8/21, 7:20:00 p. m. CST	78,55	304,63	69,19
2/8/21, 7:30:00 p. m. CST	8,92	304,85	69,24
2/8/21, 7:40:00 p. m. CST	6,73	304,03	69,05
2/8/21, 7:50:00 p. m. CST	8,53	305,08	69,29
2/8/21, 8:00:00 p. m. CST	7,19	304,88	69,24
2/8/21, 8:10:00 p. m. CST	91,68	303,28	68,88
2/8/21, 8:20:00 p. m. CST	7,81	304,95	69,26
2/8/21, 8:30:00 p. m. CST	7,87	306,31	69,57
2/8/21, 8:40:00 p. m. CST	7,57	305,31	69,34
2/8/21, 8:50:00 p. m. CST	8,5	303,82	69,01
2/8/21, 9:00:00 p. m. CST	9,24	304,26	69,11
2/8/21, 9:10:00 p. m. CST	7,44	302,53	68,71
2/8/21, 9:20:00 p. m. CST	8,12	304,56	69,17
2/8/21, 9:30:00 p. m. CST	7,31	302,46	68,7
2/8/21, 9:40:00 p. m. CST	7,85	305,78	69,45
2/8/21, 9:50:00 p. m. CST	9,03	303,58	68,95
2/8/21, 10:00:00 p. m. CST	7,71	304,9	69,25
2/8/21, 10:10:00 p. m. CST	8,76	306,12	69,53
2/8/21, 10:20:00 p. m. CST	8,54	301,79	68,54
2/8/21, 10:30:00 p. m. CST	7,78	302,42	68,69
2/8/21, 10:40:00 p. m. CST	8,47	304,21	69,09
2/8/21, 10:50:00 p. m. CST	88,04	302,78	68,77
2/8/21, 11:00:00 p. m. CST	7,78	304,54	69,17
2/8/21, 11:10:00 p. m. CST	8,68	304,09	69,07
2/8/21, 11:20:00 p. m. CST	93,13	304,5	69,16
2/8/21, 11:30:00 p. m. CST	95,09	304,22	69,1
2/8/21, 11:40:00 p. m. CST	9,17	305	69,27
2/8/21, 11:50:00 p. m. CST	9,36	303,95	69,03
2/9/21, 12:00:00 a. m. CST	9,3	302,15	68,63
2/9/21, 12:10:00 a. m. CST	8,58	305,07	69,29
2/9/21, 12:20:00 a. m. CST	76,78	303,03	68,83
2/9/21, 12:30:00 a. m. CST	8,48	305,53	69,39
2/9/21, 12:40:00 a. m. CST	81,83	304,29	69,11
2/9/21, 12:50:00 a. m. CST	31,36	304,25	69,1
2/9/21, 1:00:00 a. m. CST	46,45	304,86	69,24
2/9/21, 1:10:00 a. m. CST	7,69	304,45	69,15

2/9/21, 1:20:00 a. m. CST	9,22	304,41	69,14
2/9/21, 1:30:00 a. m. CST	72,81	303,92	69,03
2/9/21, 1:40:00 a. m. CST	48,84	302,15	68,63
2/9/21, 1:50:00 a. m. CST	8,29	303,35	68,9
2/9/21, 2:00:00 a. m. CST	28,51	302,09	68,61
2/9/21, 2:10:00 a. m. CST	4,51	302,51	68,71
2/9/21, 2:20:00 a. m. CST	27,18	303,08	68,84
2/9/21, 2:30:00 a. m. CST	9,31	304,31	69,12
2/9/21, 2:40:00 a. m. CST	2,76	303,78	69
2/9/21, 2:50:00 a. m. CST	37,2	304,59	69,18
2/9/21, 3:00:00 a. m. CST	51,42	304,53	69,17
2/9/21, 3:10:00 a. m. CST	80,28	304,06	69,06
2/9/21, 3:20:00 a. m. CST	9,28	306,47	69,61
2/9/21, 3:30:00 a. m. CST	85,5	303,07	68,84
2/9/21, 3:40:00 a. m. CST	81,07	302,97	68,81
2/9/21, 3:50:00 a. m. CST	8,53	304,9	69,25
2/9/21, 4:00:00 a. m. CST	6,68	302,83	68,78
2/9/21, 4:10:00 a. m. CST	7,36	305,94	69,49
2/9/21, 4:20:00 a. m. CST	8,26	304,5	69,16
2/9/21, 4:30:00 a. m. CST	6,93	304,41	69,14
2/9/21, 4:40:00 a. m. CST	3,11	305,02	69,28
2/9/21, 4:50:00 a. m. CST	4,43	305,14	69,3
2/9/21, 5:00:00 a. m. CST	31,87	302,59	68,73
2/9/21, 5:10:00 a. m. CST	25,18	302,91	68,8
2/9/21, 5:20:00 a. m. CST	33,79	304,04	69,05
2/9/21, 5:30:00 a. m. CST	31,93	302,2	68,64
2/9/21, 5:40:00 a. m. CST	47,76	303,79	69
2/9/21, 5:50:00 a. m. CST	71,01	303,64	68,96
2/9/21, 6:00:00 a. m. CST	89,52	303,82	69,01

Fuente: elaboración propia.

### Apéndices C Diagrama de funcionamiento de los Chilles



NOTE 1  
Oil flow switch only for Freecooling models FB4-FL4-FQ4-FG4-031-066

NOTE 2  
Oil diff. pressure switch only for Freecooling models FB4-FL4-FQ4-FG4-031-066

Pos.	Description	Pos.	Description
1	Compressor	14	Sight glass
2	High pressure switch (HP)	15	Shut - Off valve
3	Transducer pressure sensor (Low pressure control)	16	Filter dryer
4	Crank-case heater	17	Shut - Off solenoid valve
5	High pressure manometer	18	Thermostatic valve
6	Low pressure manometer	19	Economizer (Optional)
7	Discharge valve	20	Electronic expansion valve
8	Thermostatic temperature sensor	21	Evaporator
9	Transducer pressure sensor (High pressure control)	22	Suction valve (Optional)
10	Safety valve	23	Oil flow switch (See NOTE 1)
11	Condenser	24	External air temperature sensor
12	Condenser fans	25	Oil differential pressure switch (See NOTE 2)
13	Charge connection		

## Apéndices D Datos eléctricos de los Chiller de acuerdo con manual técnico

### Technical Data

Tab. 4c – Technical Data – CQ4 031.E–066.E

Model CQ4		031.E	036.E	039.E	046.E	052.E	058.E	066.E	
<b>Performance (1)</b>									
Cooling capacity	kW	292	334	387	421	483	542	603	
Compressors power input	kW	92	101	118	124	145	158	188	
Total power input	kW	97	107	124	131	152	166	196	
Unit EER	-	3.03	3.13	3.13	3.21	3.18	3.26	3.07	
Water flow	m <sup>3</sup> /h	50.2	57.3	66.5	72.3	83.0	93.2	103.5	
Water pressure drop	kPa	29		33	48	49	42	55	
<b>Performance (2)</b>									
Cooling capacity	kW	317	377	418	469	531	595	656	
Compressors power input	kW	107	119	136	148	170	185	218	
Total power input	kW	111	125	141	155	177	194	226	
Unit EER	-	2.85	3.02	2.96	3.02	3.00	3.07	2.90	
Water flow	m <sup>3</sup> /h	54.5	64.7	71.9	80.6	91.2	102.2	112.7	
Water pressure drop	kPa	33	36	38	59	58	50	65	
<b>Sound level</b>									
SPL (Sound Pressure Level) (3)	dB(A)	65.0	65.5		66.0		67.0		
PWL (Sound Power Level) (4)	dB(A)	85.0	86.0		87.0		88.0		
<b>Refrigeration circuits</b>									
Number of refrigeration circuits	No	2							
Refrigerant charge (each circuit)	kg	43	48	49	70		75		
<b>Compressors</b>									
Number of compressors	No	2							
Type	-	Double screw with integrated oil separator							
Nominal power (each compressor)	HP	70	80	90	110	125	140		
Capacity control	-	25 ⇒ 100 % stepless							
<b>Fans</b>									
Number of fans	No	6	8		10		12		
Type	-	Axial - EC motor -							
Wheel nominal diameter	mm	800							
RPM	1/min	700							
Nominal power input (each fan)	kW	0.7							
Fans power input	kW	4.3	5.7		7.1		8.5		
Air flow rate	m <sup>3</sup> /h	80304	111288	107072	139110	133840	160608	160608	
<b>Evaporator</b>									
Number of evaporators	No	1							
Type	-	Plate heat exchanger				Shell & tube			
Internal volume (each circuit, refrigerant side)	l	18	21	24	34	37	40	44	
<b>Condensing coil</b>									
Material tubes / fins	-	Copper / aluminium							
Rows / fins space	no/mm	3 / 1,8							
Face area	m <sup>2</sup>	13.0	17.3		21.6		25.9		
Internal volume (each circuit)	l	72	98		122		146		
<b>Water connections</b>									
Diameters inlet / outlet	DN-inch	DN100-4"-114,3			DN125-5"-139,7				
Unit volume	l	66	83	88	339	335	354	348	
<b>Dimensions</b>									
Length	mm	4021	5017		6013		7009		
Depth	mm	2260							
Height	mm	2570							
<b>Weights</b>									
Net weight	kg	3676	4203	4244	5657	5685	6203	6231	
Operating weight	kg	3742	4286	4332	5996	6020	6557	6579	

**Notes:**

(1) - Cooling capacity at the following standard conditions: power supply 400V/3Ph/50Hz; outdoor temperature 35 °C; water inlet/outlet temperature 12/7 °C; ethylene glycol 0%.

(2) - Cooling capacity at the following standard conditions: power supply 400V/3Ph/50Hz; outdoor temperature 35 °C; economizer option; water inlet/outlet temperature 12/7 °C; ethylene glycol 0%.

(3) - Measured with outdoor temperature 35 °C; 1m from the unit; free field conditions; according to ISO 3744.

(4) - With outdoor temperature 35 °C; calculated according to ISO 3744.

The models indicated with the extension .E are eligible for Enhanced Capital Allowances as defined by the ECA Scheme approved by the UK Government.

### Apéndices E Porcentaje de utilización de los compresores del Chiller 1

Fecha y Hora	Porcentaje de utilización de los compresores
2/9/21, 2:09:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:10:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:11:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:12:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:13:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:14:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:15:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:16:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:17:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:18:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:19:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:20:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:21:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:22:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:23:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:24:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:25:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:26:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:27:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:28:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:29:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:30:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:31:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:32:00 p. m. CST	50.0

Fecha y Hora	Porcentaje de utilización de los compresores
2/10/21, 6:31:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 6:32:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 6:33:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 6:34:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 6:35:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 6:36:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 6:37:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 6:38:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 6:39:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 6:40:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 6:41:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 6:42:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 6:43:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 6:44:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 6:45:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 6:46:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 6:47:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 6:48:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 6:49:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 6:50:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 6:51:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 6:52:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 6:53:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 6:54:00 a. m. CST	0.0

2/9/21, 2:33:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:34:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:35:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:36:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:37:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:38:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:39:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:40:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:41:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:42:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:43:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:44:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:45:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:46:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:47:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:48:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:49:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:50:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:51:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:52:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:53:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:54:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:55:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:56:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:57:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:58:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:59:00 p. m. CST	50.0

2/10/21, 6:55:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 6:56:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 6:57:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 6:58:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 6:59:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 7:00:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 7:01:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 7:02:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 7:03:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 7:04:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 7:05:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 7:06:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 7:07:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 7:08:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 7:09:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 7:10:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 7:11:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 7:12:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 7:13:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 7:14:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 7:15:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 7:16:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 7:17:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 7:18:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 7:19:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 7:20:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 7:21:00 a. m. CST	50.0

2/9/21, 3:00:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 3:01:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 3:02:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 3:03:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 3:04:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 3:05:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 3:06:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 3:07:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 3:08:00 p. m. CST	50.0

2/10/21, 7:22:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 7:23:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 7:24:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 7:25:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 7:26:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 7:27:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 7:28:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 7:29:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 7:30:00 a. m. CST	50.0

Fuente: elaboración propia.

## Apéndices F Porcentaje de utilización de los compresores del Chiller 2

Fecha y Hora	Porcentaje de utilización de los compresores
2/9/21, 2:12:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:13:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:14:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:15:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:16:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:17:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:18:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:19:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:20:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:21:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:22:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:23:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:24:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:25:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:26:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:27:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:28:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:29:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:30:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:31:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:32:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:33:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:34:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:35:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:36:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:37:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:38:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:39:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:40:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:41:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:42:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:43:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:44:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:45:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:46:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:47:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:48:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:49:00 p. m. CST	0.0

Fecha y Hora	Porcentaje de utilización de los compresores
2/10/21, 6:27:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 6:28:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 6:29:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 6:30:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 6:31:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 6:32:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 6:33:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 6:34:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 6:35:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 6:36:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 6:37:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 6:38:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 6:39:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 6:40:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 6:41:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 6:42:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 6:43:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 6:44:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 6:45:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 6:46:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 6:47:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 6:48:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 6:49:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 6:50:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 6:51:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 6:52:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 6:53:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 6:54:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 6:55:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 6:56:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 6:57:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 6:58:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 6:59:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 7:00:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 7:01:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 7:02:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 7:03:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 7:04:00 a. m. CST	50.0

2/9/21, 2:50:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:51:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:52:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:53:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:54:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 2:55:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:56:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:57:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:58:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 2:59:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 3:00:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 3:01:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 3:02:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 3:03:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 3:04:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 3:05:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 3:06:00 p. m. CST	50.0
2/9/21, 3:07:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 3:08:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 3:09:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 3:10:00 p. m. CST	0.0
2/9/21, 3:11:00 p. m. CST	0.0

2/10/21, 7:05:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 7:06:00 a. m. CST	50.0
2/10/21, 7:07:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 7:08:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 7:09:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 7:10:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 7:11:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 7:12:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 7:13:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 7:14:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 7:15:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 7:16:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 7:17:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 7:18:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 7:19:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 7:20:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 7:21:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 7:22:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 7:23:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 7:24:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 7:25:00 a. m. CST	0.0
2/10/21, 7:26:00 a. m. CST	0.0

Fuente: elaboración propia.

**Apéndices G Porcentaje de utilización de los ventiladores de los Chillers por circuito de enfriamiento Chiller 1**

Fecha y Hora	Utilización de los ventiladores 1	Utilización de los ventiladores 2
2/9/21, 2:09:00 p. m.	0.0	100.00
2/9/21, 2:10:00 p. m.	0.0	100.00
2/9/21, 2:11:00 p. m.	0.0	100.00
2/9/21, 2:12:00 p. m.	0.0	100.00
2/9/21, 2:13:00 p. m.	0.0	100.00
2/9/21, 2:14:00 p. m.	0.0	100.00
2/9/21, 2:15:00 p. m.	0.0	100.00
2/9/21, 2:16:00 p. m.	0.0	100.00
2/9/21, 2:17:00 p. m.	0.0	100.00
2/9/21, 2:18:00 p. m.	0.0	100.00
2/9/21, 2:19:00 p. m.	0.0	100.00
2/9/21, 2:20:00 p. m.	0.0	100.00
2/9/21, 2:21:00 p. m.	0.0	100.00
2/9/21, 2:22:00 p. m.	0.0	0.0
2/9/21, 2:23:00 p. m.	0.0	0.0
2/9/21, 2:24:00 p. m.	0.0	0.0
2/9/21, 2:25:00 p. m.	0.0	0.0
2/9/21, 2:26:00 p. m.	0.0	0.0
2/9/21, 2:27:00 p. m.	0.0	0.0
2/9/21, 2:28:00 p. m.	0.0	0.0
2/9/21, 2:29:00 p. m.	0.0	0.0
2/9/21, 2:30:00 p. m.	0.0	0.0
2/9/21, 2:31:00 p. m.	0.0	0.0

Fecha y Hora	Utilización de los ventiladores 1	Utilización de los ventiladores 2
2/10/21, 6:31:00 a. m.	0.0	0.0
2/10/21, 6:32:00 a. m.	0.0	0.0
2/10/21, 6:33:00 a. m.	0.0	0.0
2/10/21, 6:34:00 a. m.	0.0	0.0
2/10/21, 6:35:00 a. m.	0.0	0.0
2/10/21, 6:36:00 a. m.	100.00	0.0
2/10/21, 6:37:00 a. m.	100.00	0.0
2/10/21, 6:38:00 a. m.	100.00	0.0
2/10/21, 6:39:00 a. m.	100.00	0.0
2/10/21, 6:40:00 a. m.	100.00	0.0
2/10/21, 6:41:00 a. m.	100.00	0.0
2/10/21, 6:42:00 a. m.	0.0	100.00
2/10/21, 6:43:00 a. m.	0.0	100.00
2/10/21, 6:44:00 a. m.	0.0	100.00
2/10/21, 6:45:00 a. m.	0.0	100.00
2/10/21, 6:46:00 a. m.	0.0	100.00
2/10/21, 6:47:00 a. m.	0.0	100.00
2/10/21, 6:48:00 a. m.	0.0	100.00
2/10/21, 6:49:00 a. m.	0.0	100.00
2/10/21, 6:50:00 a. m.	0.0	100.00
2/10/21, 6:51:00 a. m.	0.0	100.00
2/10/21, 6:52:00 a. m.	0.0	100.00
2/10/21, 6:53:00 a. m.	0.0	100.00

2/9/21, 2:32:00 p. m.	100.00	0.0
2/9/21, 2:33:00 p. m.	100.00	0.0
2/9/21, 2:34:00 p. m.	100.00	0.0
2/9/21, 2:35:00 p. m.	100.00	0.0
2/9/21, 2:36:00 p. m.	100.00	0.0
2/9/21, 2:37:00 p. m.	100.00	0.0
2/9/21, 2:38:00 p. m.	100.00	0.0
2/9/21, 2:39:00 p. m.	100.00	0.0
2/9/21, 2:40:00 p. m.	100.00	0.0
2/9/21, 2:41:00 p. m.	100.00	0.0
2/9/21, 2:42:00 p. m.	100.00	0.0
2/9/21, 2:43:00 p. m.	100.00	0.0
2/9/21, 2:44:00 p. m.	100.00	0.0
2/9/21, 2:45:00 p. m.	100.00	0.0
2/9/21, 2:46:00 p. m.	100.00	0.0
2/9/21, 2:47:00 p. m.	100.00	0.0
2/9/21, 2:48:00 p. m.	100.00	0.0
2/9/21, 2:49:00 p. m.	0.0	100.00
2/9/21, 2:50:00 p. m.	0.0	100.00
2/9/21, 2:51:00 p. m.	0.0	100.00
2/9/21, 2:52:00 p. m.	0.0	100.00
2/9/21, 2:53:00 p. m.	0.0	100.00
2/9/21, 2:54:00 p. m.	0.0	100.00
2/9/21, 2:55:00 p. m.	0.0	100.00
2/9/21, 2:56:00 p. m.	0.0	100.00
2/9/21, 2:57:00 p. m.	0.0	100.00
2/9/21, 2:58:00 p. m.	0.0	100.00

2/10/21, 6:54:00 a. m.	0.0	100.00
2/10/21, 6:55:00 a. m.	0.0	100.00
2/10/21, 6:56:00 a. m.	0.0	100.00
2/10/21, 6:57:00 a. m.	0.0	100.00
2/10/21, 6:58:00 a. m.	100.00	100.00
2/10/21, 6:59:00 a. m.	100.00	100.00
2/10/21, 7:00:00 a. m.	100.00	100.00
2/10/21, 7:01:00 a. m.	100.00	100.00
2/10/21, 7:02:00 a. m.	100.00	100.00
2/10/21, 7:03:00 a. m.	100.00	0.0
2/10/21, 7:04:00 a. m.	100.00	0.0
2/10/21, 7:05:00 a. m.	100.00	0.0
2/10/21, 7:06:00 a. m.	100.00	0.0
2/10/21, 7:07:00 a. m.	100.00	0.0
2/10/21, 7:08:00 a. m.	100.00	0.0
2/10/21, 7:09:00 a. m.	100.00	0.0
2/10/21, 7:10:00 a. m.	100.00	0.0
2/10/21, 7:11:00 a. m.	100.00	0.0
2/10/21, 7:12:00 a. m.	100.00	0.0
2/10/21, 7:13:00 a. m.	0.0	0.0
2/10/21, 7:14:00 a. m.	0.0	0.0
2/10/21, 7:15:00 a. m.	0.0	0.0
2/10/21, 7:16:00 a. m.	0.0	0.0
2/10/21, 7:17:00 a. m.	0.0	0.0
2/10/21, 7:18:00 a. m.	0.0	0.0
2/10/21, 7:19:00 a. m.	0.0	0.0
2/10/21, 7:20:00 a. m.	0.0	0.0

2/9/21, 2:59:00 p. m.	0.0	100.00
2/9/21, 3:00:00 p. m.	0.0	100.00
2/9/21, 3:01:00 p. m.	0.0	100.00
2/9/21, 3:02:00 p. m.	0.0	100.00
2/9/21, 3:03:00 p. m.	0.0	100.00
2/9/21, 3:04:00 p. m.	0.0	100.00
2/9/21, 3:05:00 p. m.	0.0	100.00
2/9/21, 3:06:00 p. m.	100.00	100.00
2/9/21, 3:07:00 p. m.	100.00	100.00
2/9/21, 3:08:00 p. m.	100.00	100.00

2/10/21, 7:21:00 a. m.	0.0	0.0
2/10/21, 7:22:00 a. m.	0.0	0.0
2/10/21, 7:23:00 a. m.	0.0	0.0
2/10/21, 7:24:00 a. m.	0.0	0.0
2/10/21, 7:25:00 a. m.	0.0	0.0
2/10/21, 7:26:00 a. m.	0.0	0.0
2/10/21, 7:27:00 a. m.	0.0	0.0
2/10/21, 7:28:00 a. m.	0.0	0.0
2/10/21, 7:29:00 a. m.	0.0	0.0
2/10/21, 7:30:00 a. m.	0.0	0.0

Fuente: elaboración propia.

## Apéndices H Porcentaje de utilización de los ventiladores de los Chillers por circuito de enfriamiento Chiller 2

Fecha y Hora	Utilización de los Abanicos 1	Utilización de los Abanicos 2
2/9/21, 2:12:00 p. m.	0.0	0.0
2/9/21, 2:13:00 p. m.	0.0	0.0
2/9/21, 2:14:00 p. m.	0.0	0.0
2/9/21, 2:15:00 p. m.	0.0	0.0
2/9/21, 2:16:00 p. m.	0.0	0.0
2/9/21, 2:17:00 p. m.	100.0	0.0
2/9/21, 2:18:00 p. m.	100.0	0.0
2/9/21, 2:19:00 p. m.	100.0	0.0
2/9/21, 2:20:00 p. m.	100.0	0.0
2/9/21, 2:21:00 p. m.	100.0	0.0
2/9/21, 2:22:00 p. m.	100.0	0.0
2/9/21, 2:23:00 p. m.	100.0	0.0
2/9/21, 2:24:00 p. m.	100.0	0.0
2/9/21, 2:25:00 p. m.	100.0	0.0
2/9/21, 2:26:00 p. m.	100.0	0.0
2/9/21, 2:27:00 p. m.	100.0	0.0
2/9/21, 2:28:00 p. m.	100.0	0.0
2/9/21, 2:29:00 p. m.	100.0	0.0
2/9/21, 2:30:00 p. m.	100.0	0.0
2/9/21, 2:31:00 p. m.	100.0	0.0
2/9/21, 2:32:00 p. m.	100.0	0.0
2/9/21, 2:33:00 p. m.	100.0	0.0
2/9/21, 2:34:00 p. m.	100.0	0.0

Fecha y Hora	Utilización de los Abanicos 1	Utilización de los Abanicos 2
2/10/21, 6:27:00 a. m.	0.0	100.0
2/10/21, 6:28:00 a. m.	0.0	100.0
2/10/21, 6:29:00 a. m.	0.0	100.0
2/10/21, 6:30:00 a. m.	0.0	100.0
2/10/21, 6:31:00 a. m.	0.0	100.0
2/10/21, 6:32:00 a. m.	0.0	100.0
2/10/21, 6:33:00 a. m.	0.0	100.0
2/10/21, 6:34:00 a. m.	0.0	100.0
2/10/21, 6:35:00 a. m.	0.0	100.0
2/10/21, 6:36:00 a. m.	0.0	100.0
2/10/21, 6:37:00 a. m.	0.0	100.0
2/10/21, 6:38:00 a. m.	0.0	100.0
2/10/21, 6:39:00 a. m.	0.0	100.0
2/10/21, 6:40:00 a. m.	0.0	0.0
2/10/21, 6:41:00 a. m.	0.0	0.0
2/10/21, 6:42:00 a. m.	0.0	0.0
2/10/21, 6:43:00 a. m.	0.0	0.0
2/10/21, 6:44:00 a. m.	0.0	0.0
2/10/21, 6:45:00 a. m.	0.0	0.0
2/10/21, 6:46:00 a. m.	0.0	0.0
2/10/21, 6:47:00 a. m.	0.0	0.0
2/10/21, 6:48:00 a. m.	0.0	0.0
2/10/21, 6:49:00 a. m.	0.0	0.0

2/9/21, 2:35:00 p. m.	100.0	0.0
2/9/21, 2:36:00 p. m.	100.0	0.0
2/9/21, 2:37:00 p. m.	100.0	0.0
2/9/21, 2:38:00 p. m.	100.0	0.0
2/9/21, 2:39:00 p. m.	0.0	0.0
2/9/21, 2:40:00 p. m.	0.0	0.0
2/9/21, 2:41:00 p. m.	0.0	0.0
2/9/21, 2:42:00 p. m.	0.0	0.0
2/9/21, 2:43:00 p. m.	0.0	0.0
2/9/21, 2:44:00 p. m.	0.0	0.0
2/9/21, 2:45:00 p. m.	0.0	0.0
2/9/21, 2:46:00 p. m.	0.0	0.0
2/9/21, 2:47:00 p. m.	0.0	0.0
2/9/21, 2:48:00 p. m.	0.0	0.0
2/9/21, 2:49:00 p. m.	0.0	0.0
2/9/21, 2:50:00 p. m.	0.0	0.0
2/9/21, 2:51:00 p. m.	0.0	100.0
2/9/21, 2:52:00 p. m.	0.0	100.0
2/9/21, 2:53:00 p. m.	0.0	100.0
2/9/21, 2:54:00 p. m.	0.0	100.0
2/9/21, 2:55:00 p. m.	0.0	100.0
2/9/21, 2:56:00 p. m.	0.0	100.0
2/9/21, 2:57:00 p. m.	0.0	100.0
2/9/21, 2:58:00 p. m.	0.0	100.0
2/9/21, 2:59:00 p. m.	0.0	100.0
2/9/21, 3:00:00 p. m.	0.0	100.0
2/9/21, 3:01:00 p. m.	0.0	100.0

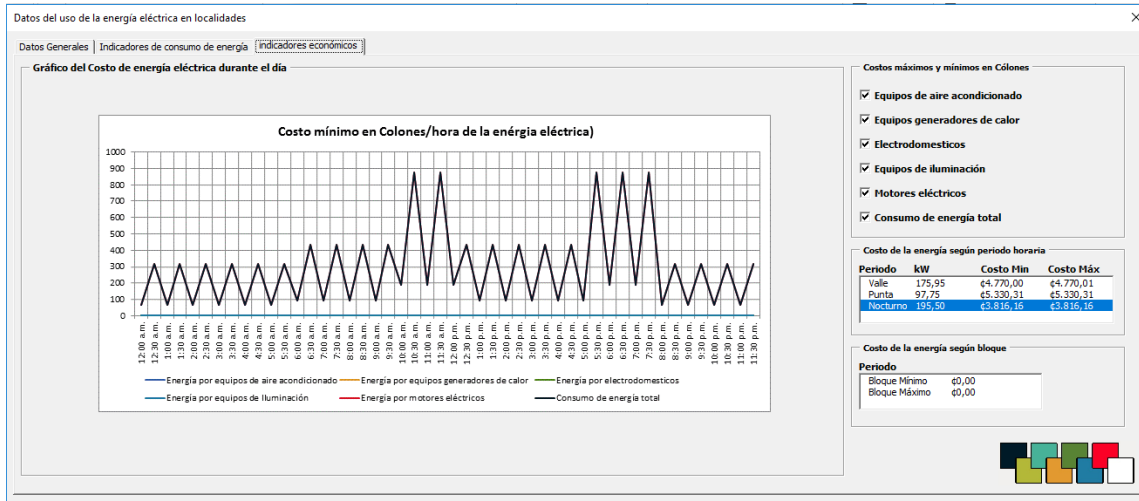
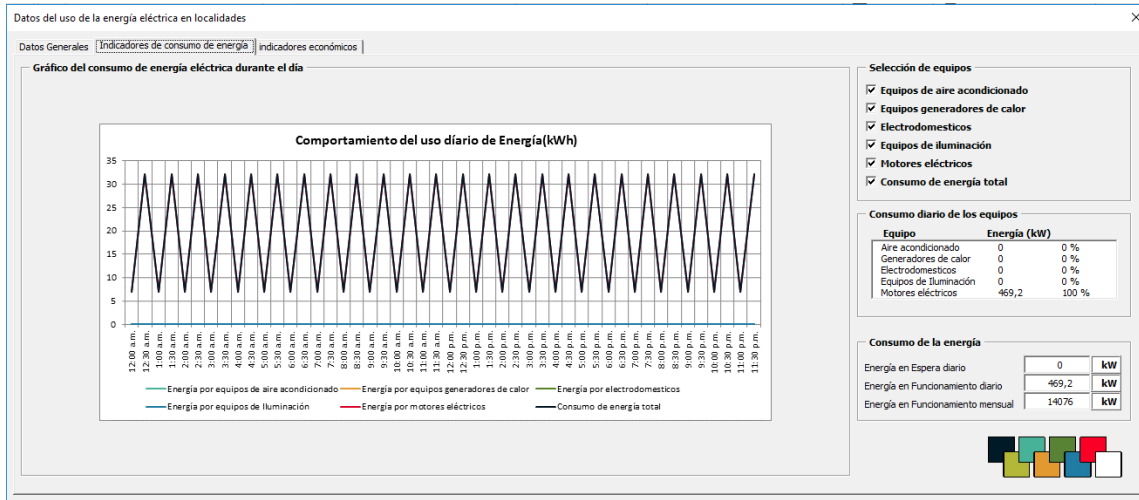
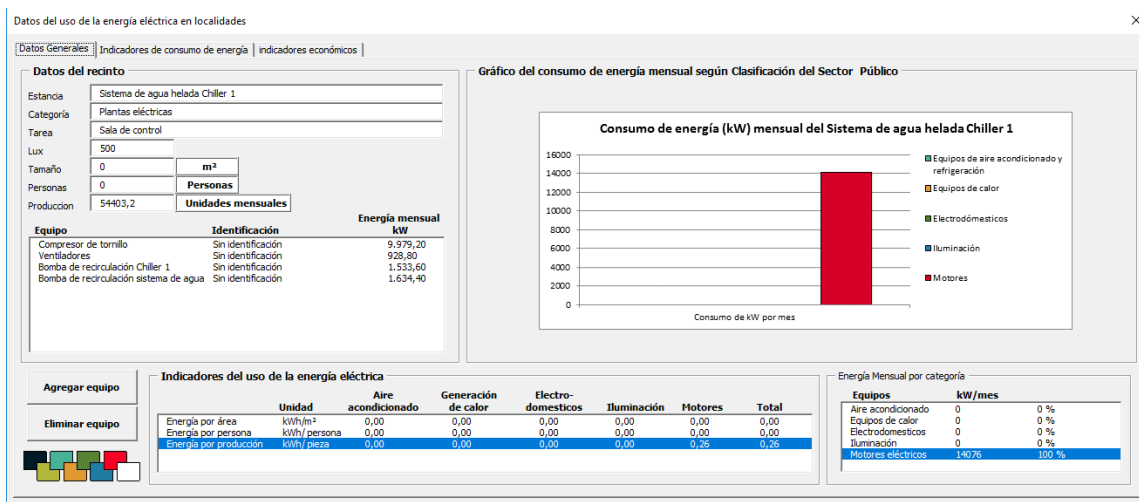
2/10/21, 6:50:00 a. m.	0.0	0.0
2/10/21, 6:51:00 a. m.	0.0	0.0
2/10/21, 6:52:00 a. m.	0.0	0.0
2/10/21, 6:53:00 a. m.	100.0	0.0
2/10/21, 6:54:00 a. m.	100.0	0.0
2/10/21, 6:55:00 a. m.	100.0	0.0
2/10/21, 6:56:00 a. m.	100.0	0.0
2/10/21, 6:57:00 a. m.	100.0	0.0
2/10/21, 6:58:00 a. m.	100.0	0.0
2/10/21, 6:59:00 a. m.	100.0	0.0
2/10/21, 7:00:00 a. m.	100.0	0.0
2/10/21, 7:01:00 a. m.	100.0	0.0
2/10/21, 7:02:00 a. m.	100.0	0.0
2/10/21, 7:03:00 a. m.	100.0	0.0
2/10/21, 7:04:00 a. m.	100.0	0.0
2/10/21, 7:05:00 a. m.	100.0	0.0
2/10/21, 7:06:00 a. m.	100.0	0.0
2/10/21, 7:07:00 a. m.	100.0	0.0
2/10/21, 7:08:00 a. m.	100.0	0.0
2/10/21, 7:09:00 a. m.	100.0	0.0
2/10/21, 7:10:00 a. m.	100.0	100.0
2/10/21, 7:11:00 a. m.	100.0	100.0
2/10/21, 7:12:00 a. m.	100.0	100.0
2/10/21, 7:13:00 a. m.	100.0	100.0
2/10/21, 7:14:00 a. m.	100.0	100.0
2/10/21, 7:15:00 a. m.	100.0	100.0
2/10/21, 7:16:00 a. m.	100.0	100.0

2/9/21, 3:02:00 p. m.	0.0	100.0
2/9/21, 3:03:00 p. m.	0.0	100.0
2/9/21, 3:04:00 p. m.	0.0	100.0
2/9/21, 3:05:00 p. m.	0.0	100.0
2/9/21, 3:06:00 p. m.	0.0	100.0
2/9/21, 3:07:00 p. m.	0.0	100.0
2/9/21, 3:08:00 p. m.	0.0	100.0
2/9/21, 3:09:00 p. m.	0.0	100.0
2/9/21, 3:10:00 p. m.	0.0	100.0
2/9/21, 3:11:00 p. m.	0.0	100.0

2/10/21, 7:17:00 a. m.	100.0	100.0
2/10/21, 7:18:00 a. m.	100.0	100.0
2/10/21, 7:19:00 a. m.	100.0	100.0
2/10/21, 7:20:00 a. m.	100.0	100.0
2/10/21, 7:21:00 a. m.	0.0	100.0
2/10/21, 7:22:00 a. m.	0.0	100.0
2/10/21, 7:23:00 a. m.	0.0	100.0
2/10/21, 7:24:00 a. m.	0.0	100.0
2/10/21, 7:25:00 a. m.	0.0	100.0
2/10/21, 7:26:00 a. m.	0.0	100.0

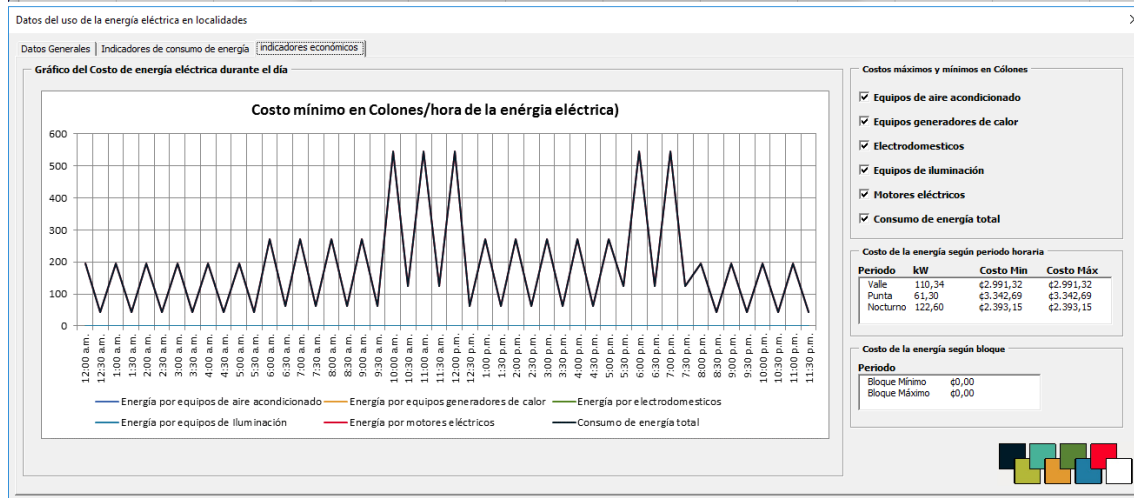
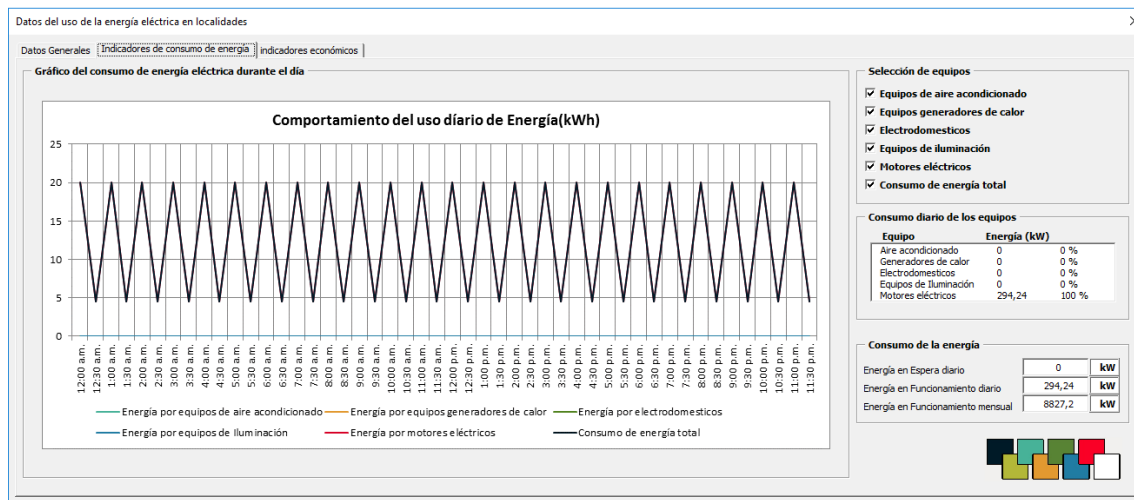
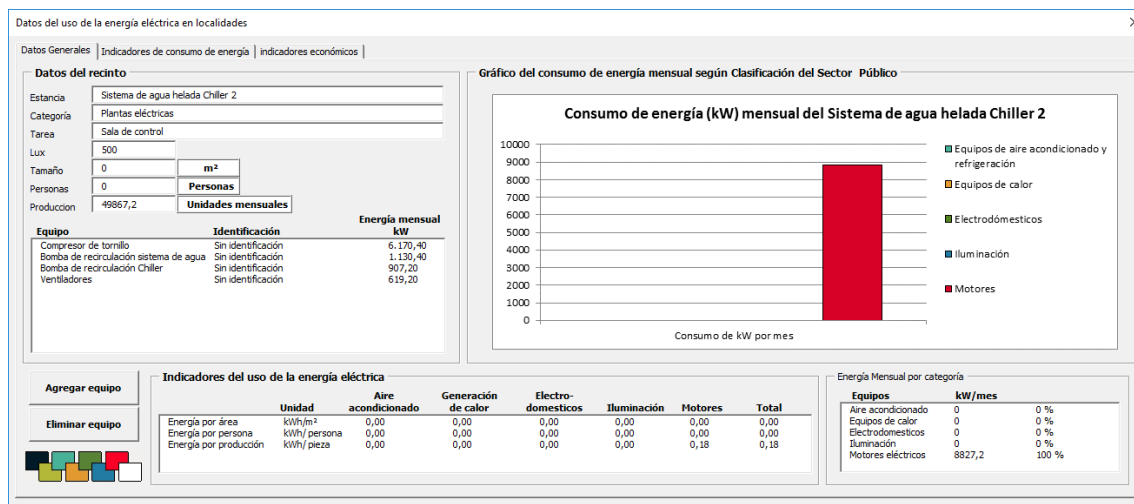
Fuente: elaboración propia.

# Apéndices I Imágenes de los datos calculados por la herramienta de gestión de recursos para el Chiller 1



Fuente: elaboración propia.

## Apéndices J Imágenes de los datos calculados por la herramienta de gestión de recursos para el Chiller 2



Fuente: elaboración propia.

## Apéndices K Fichas de potencia eléctricas recomendadas por la Compañía Nacional de Fuerza y Luz

### Ficha de potencias eléctricas

A continuación se muestran **valores promedio** de potencia eléctrica para los electrodomésticos de mayor uso en los hogares.

Cocina			Electrodomésticos		Cuarto de lavado	
<b>Disco sellado</b>			Homito	1200 W	<b>Lavadora</b>	
Pequeño	Mediano	Grande	Horno de microondas	1500 W	Semiautomática	700 W
1000 W	1500 W	1800 W	Plantilla ( 1 disco)	1000 W	Automática	1200 W
<b>Disco espiral</b>			Olla arrocera	800 W	Secadora de ropa	
Pequeño	Mediano	Grande	Olla de cocimiento lento	300 W	5000 W	
1200 W	1800 W	2200 W	Sartén eléctrico	1200 W	Plancha	
<b>Vitro cerámica</b>			Coffee Maker	1100 W	1100 W	
Pequeño	Mediano	Grande	Licuadora	350 W	<b>Calentar agua</b>	
1200 W	2200 W	2800 W	Picadoro	160 W	Calentador	
<b>Plantilla de Inducción</b>			Batidora	170 W	9000 W	
4 discos	2 discos	1 disco	<b>Entretenimiento</b>		<b>Termoducha</b>	
6800 W	1800 W	1500 W	Televisor	150 W	Posición fría	Posición caliente
<b>Horno</b>			Equipo de sonido	150 W	4000 W	5400 W
Arriba	Abajo	Ambos	Teatro en casa	180 W	Tanque	
1200 W	1800 W	3300 W	DVD	150 W	3000 W	
<b>Refrigeradora</b>			Juego de video	90 W	<b>Equipo de cómputo</b>	
14 pies	450 W		Portátil	15 W	Portátil	
17 pies	500 W		De escritorio	150 W	De escritorio	
21 pies	600 W					

Ver etiqueta energética



800-Energía  
800-3637442



WhatsApp  
8319-5273



App  
CNFL

teleasesori@cnfl.gov.co  
www.cnfl.gov.co

Búsquenos también en:

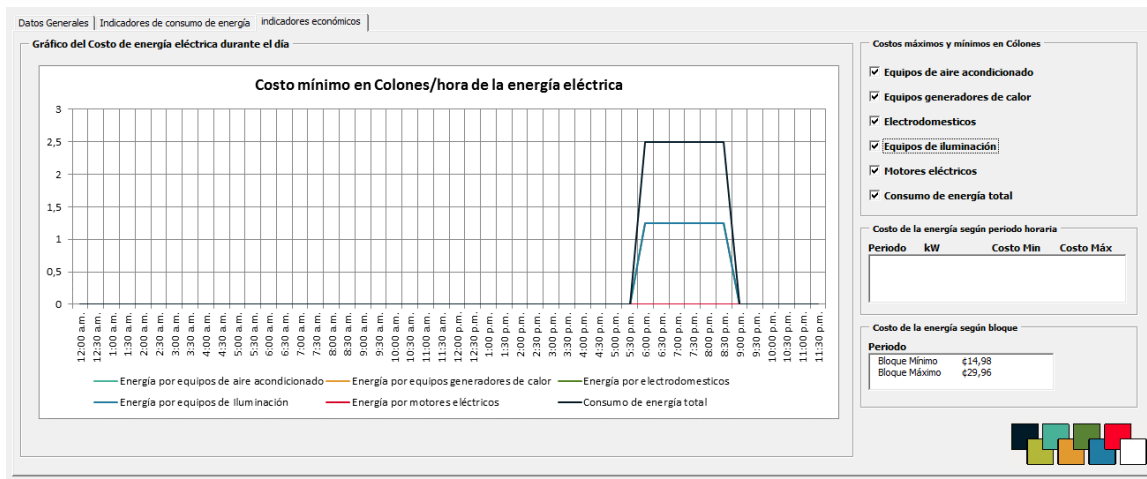
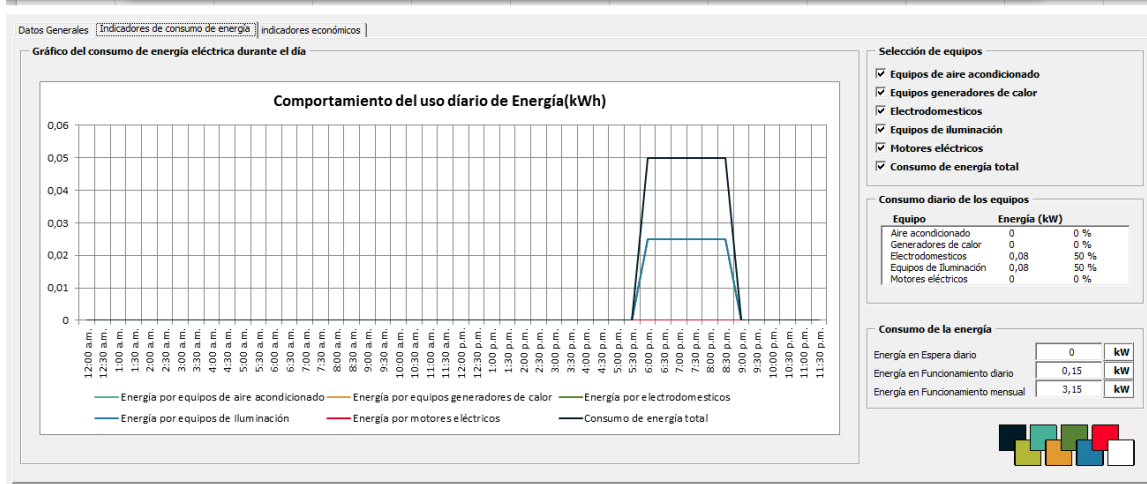
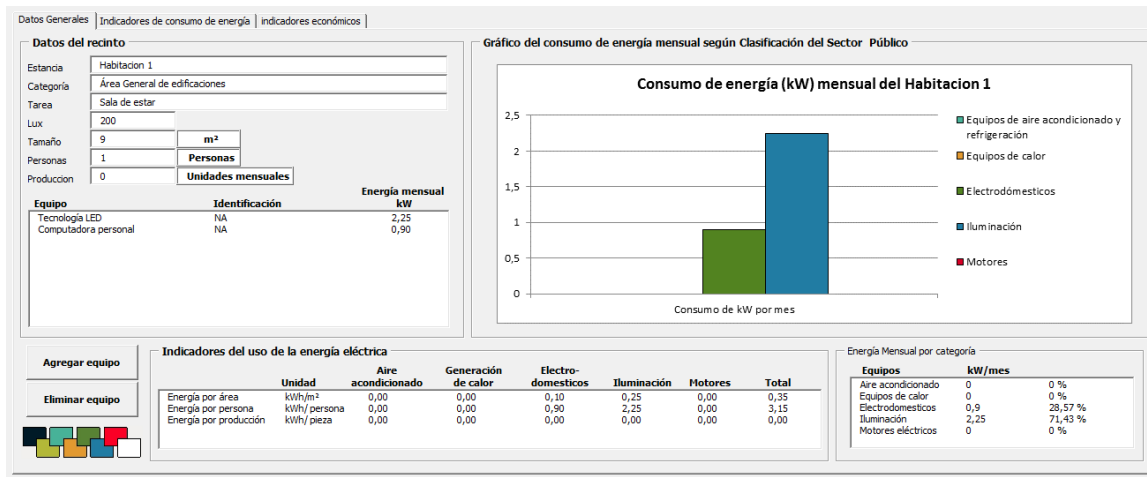


Diseño: Impresión: Sección Publicaciones - San José y energía 2016 mb



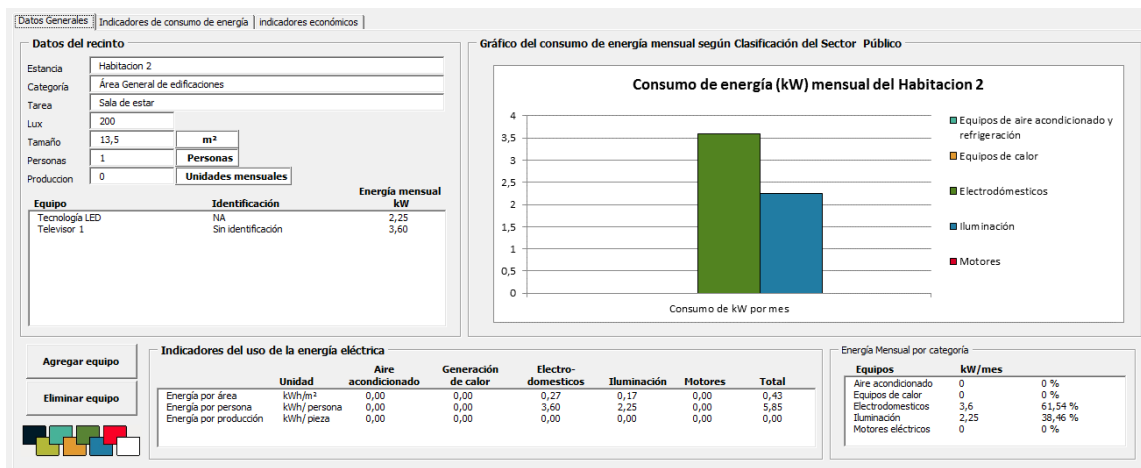
Fuente: CNFL

## Apéndices L Imágenes de los datos calculados por la herramienta de gestión de recursos para la habitación 1

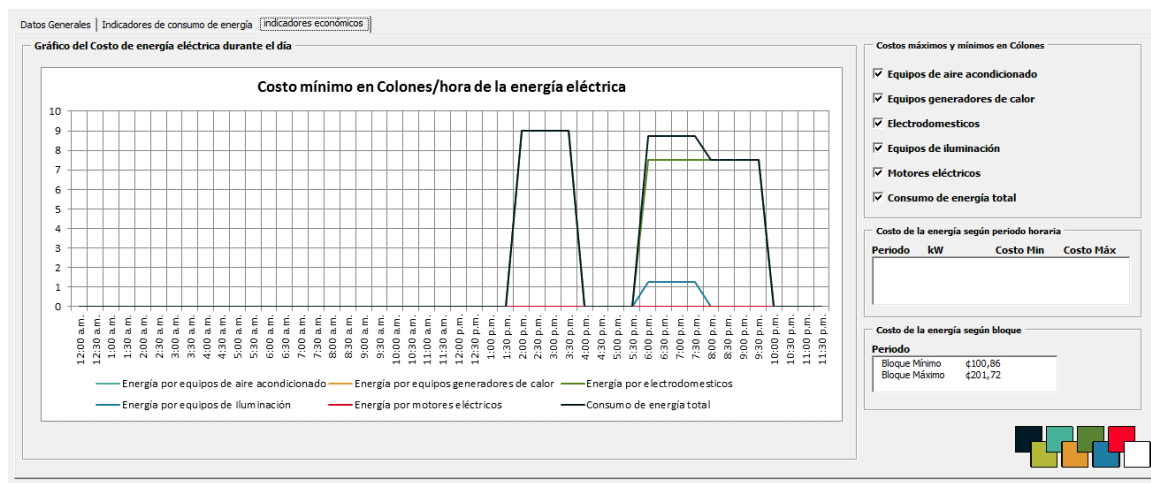
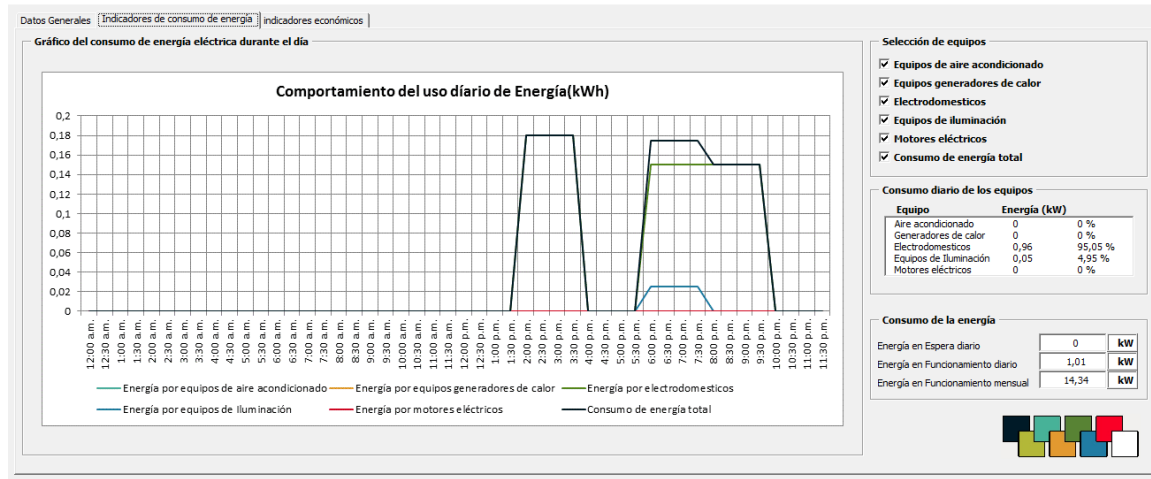
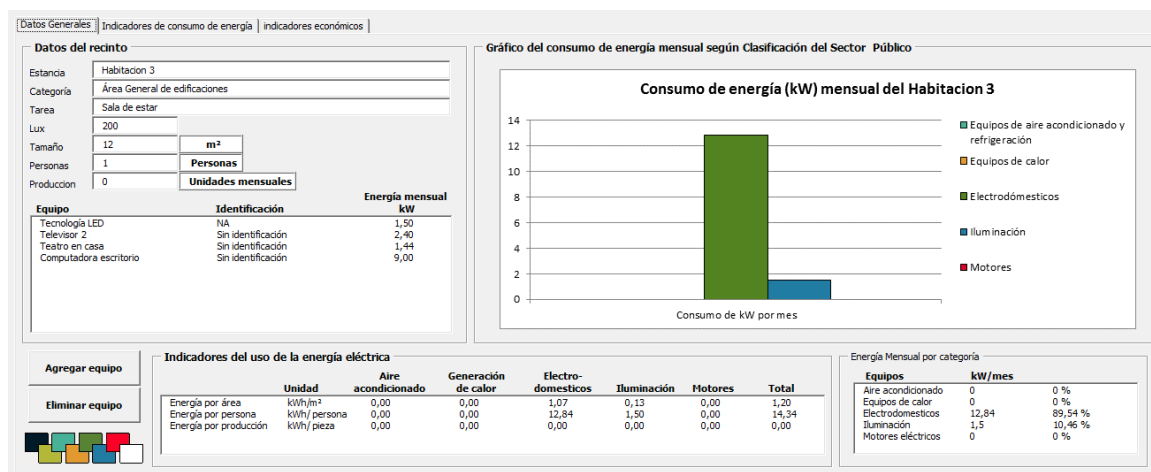


Fuente: elaboración propia.

## Apéndices M Imágenes de los datos calculados por la herramienta de gestión de recursos para la habitación 2

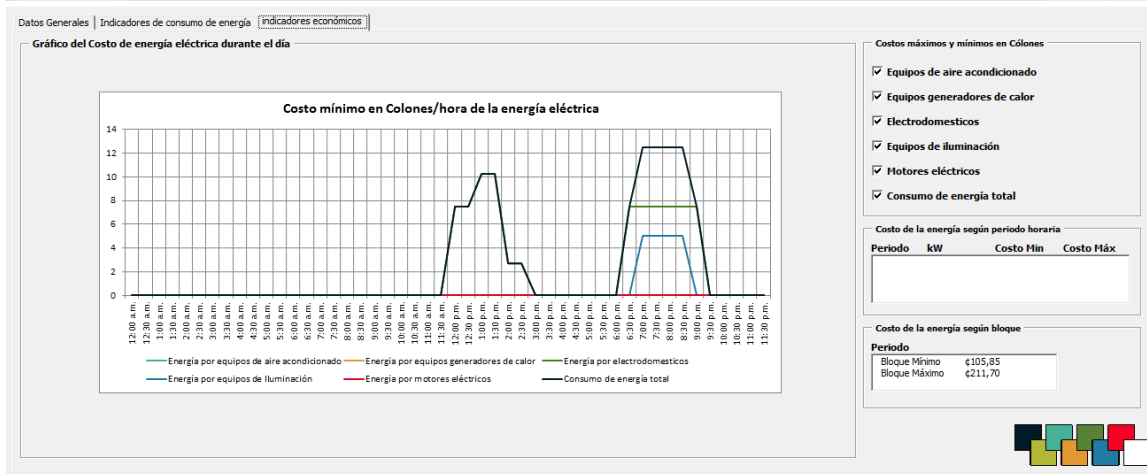
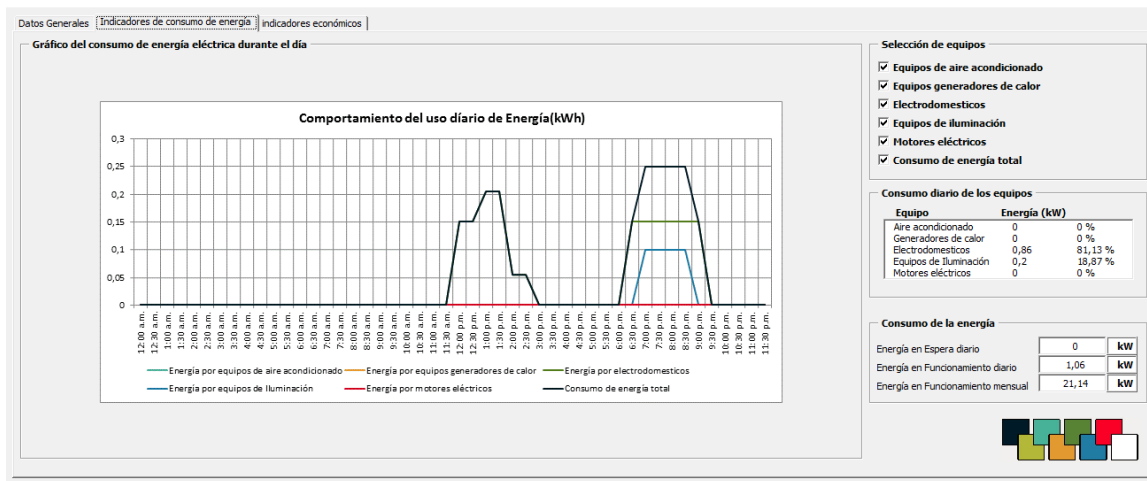
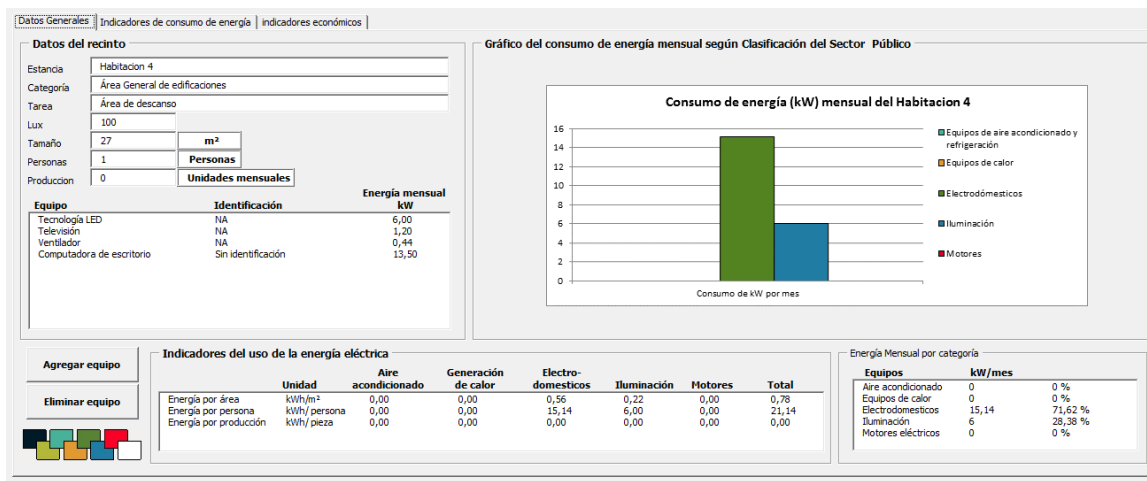


## Apéndice N Imágenes de los datos calculados por la herramienta de gestión de recursos para la habitación 3



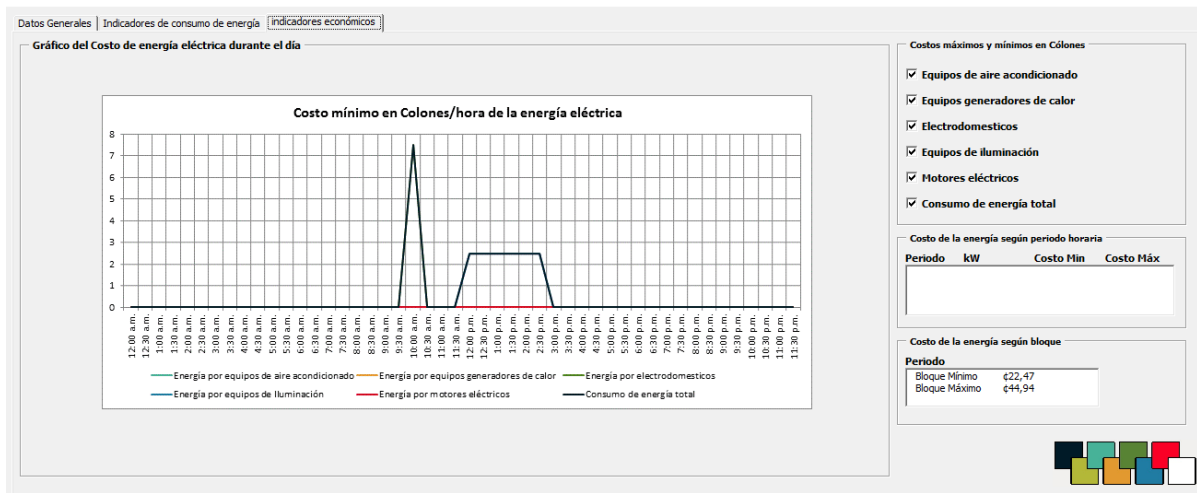
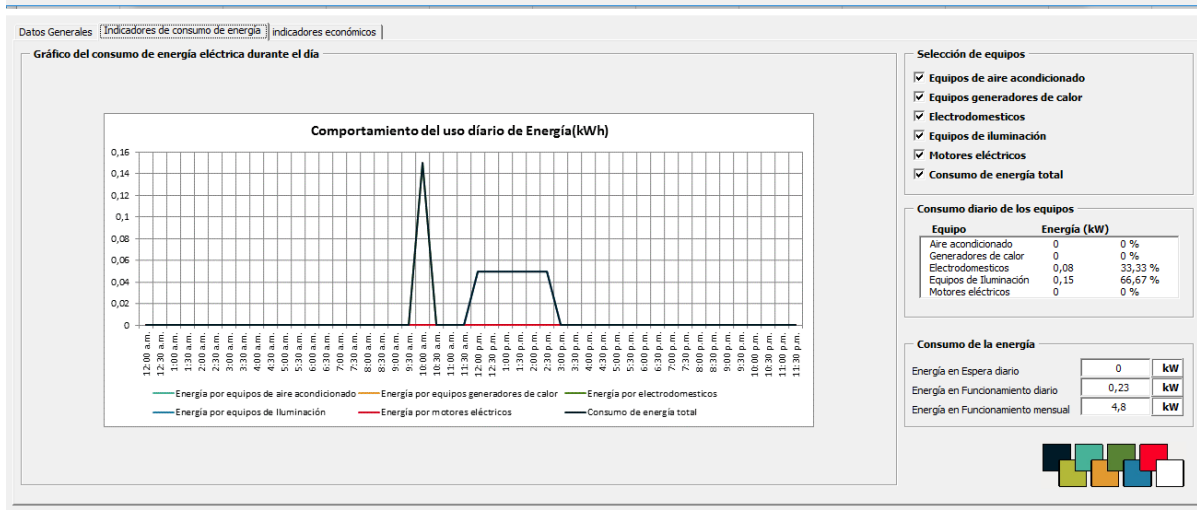
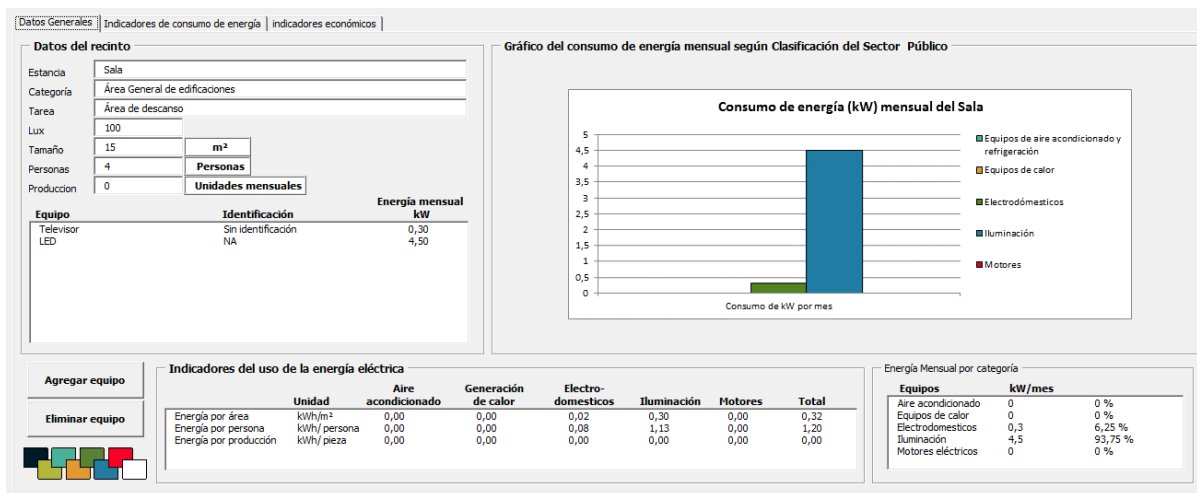
Fuente: elaboración propia.

# Apéndices O Imágenes de los datos calculados por la herramienta de gestión de recursos para la habitación 4



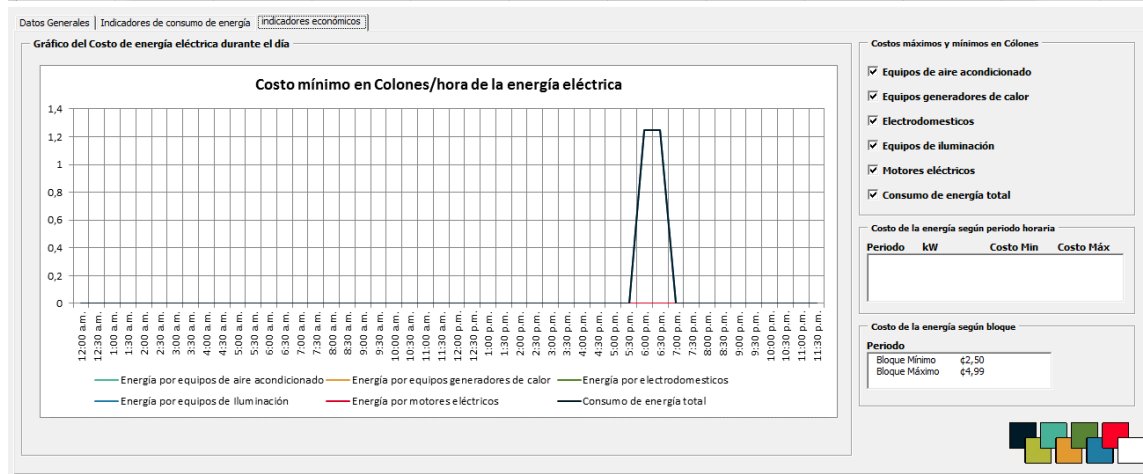
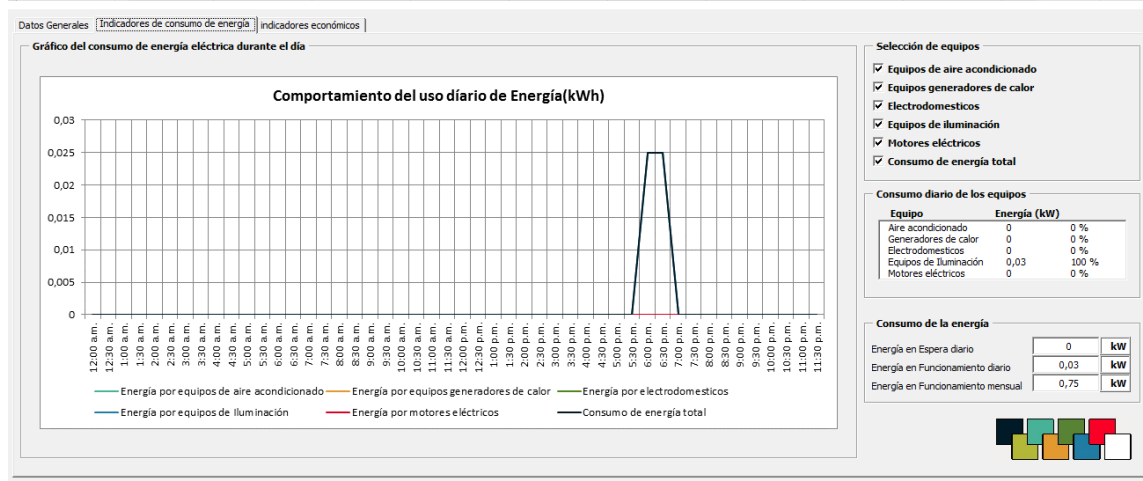
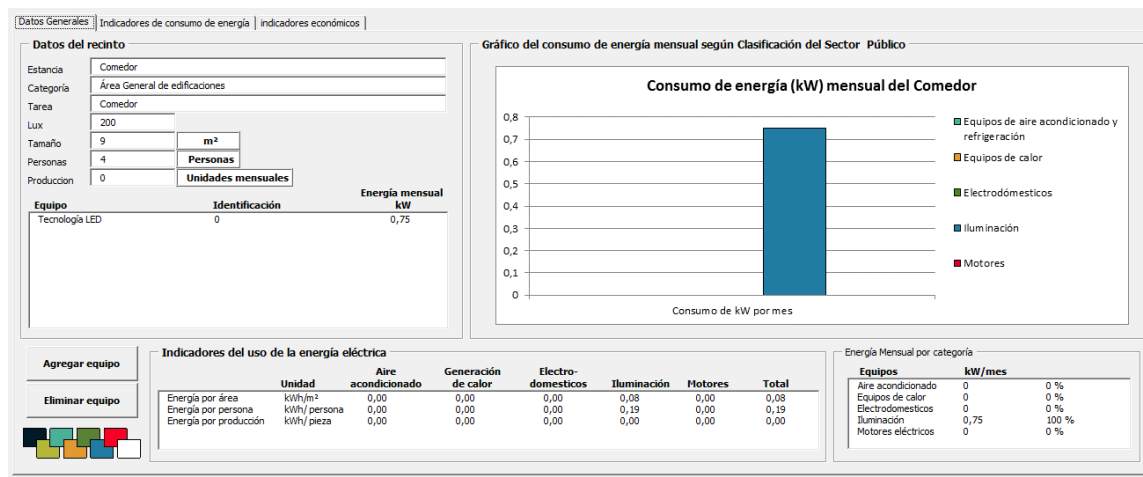
Fuente: elaboración propia.

## Apéndices P Imágenes de los datos calculados por la herramienta de gestión de recursos para la sala



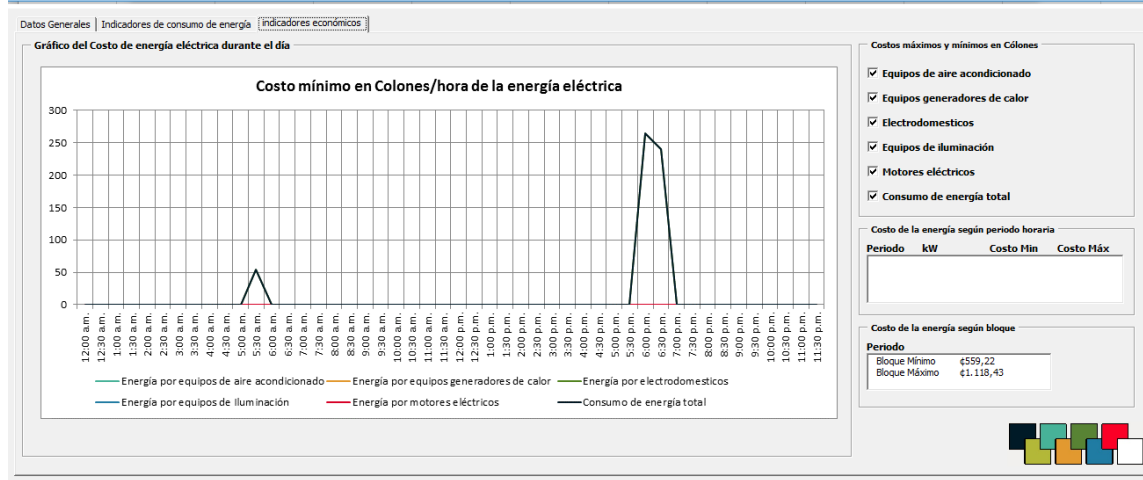
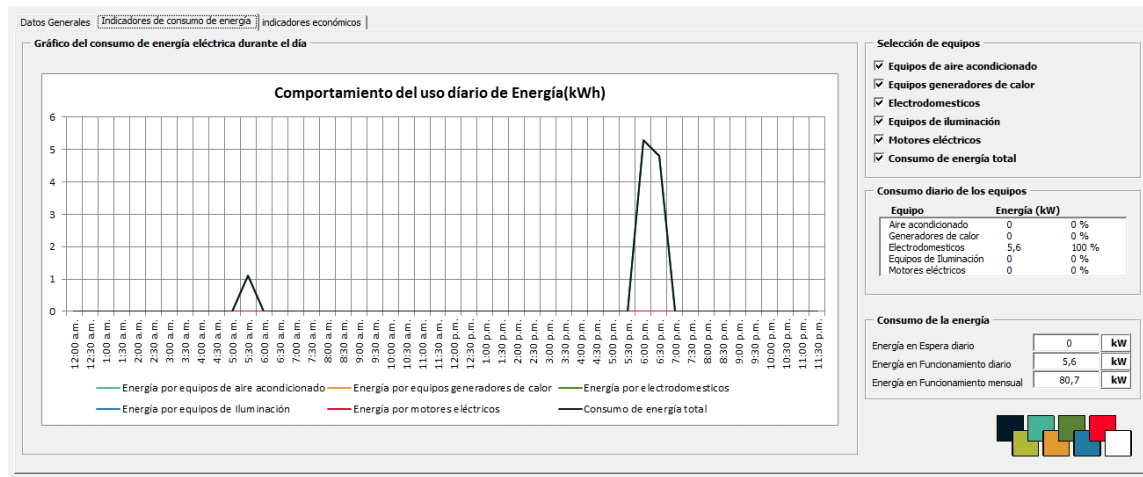
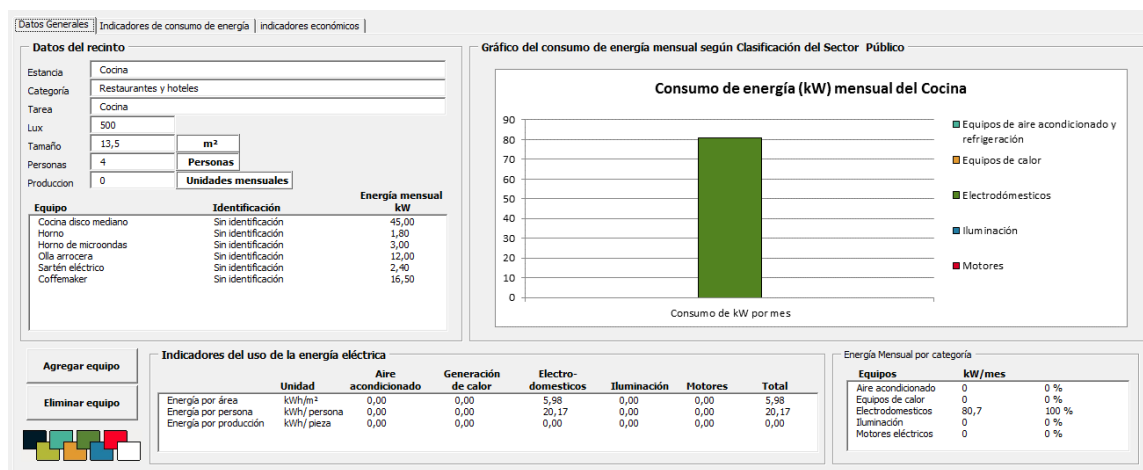
Fuente: elaboración propia.

## Apéndices Q Imágenes de los datos calculados por la herramienta de gestión de recursos para el comedor



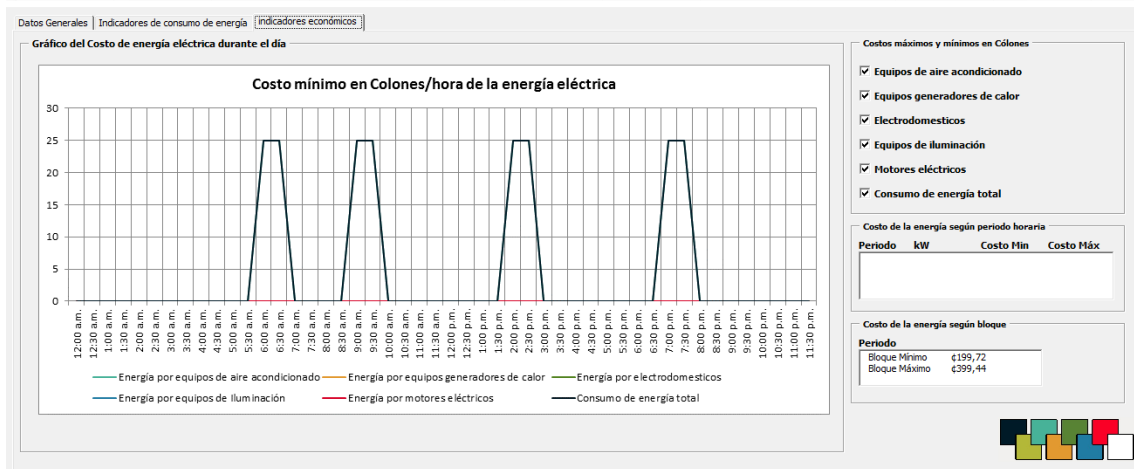
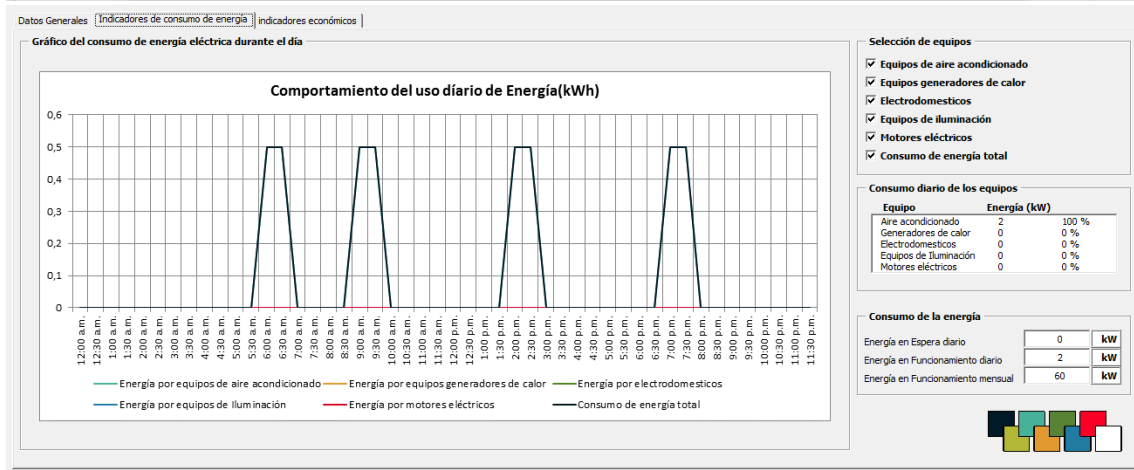
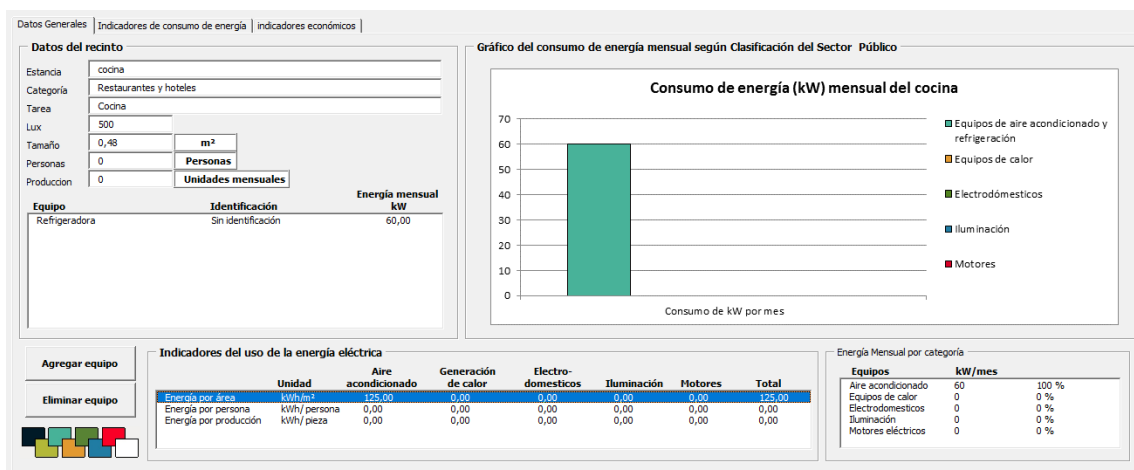
Fuente: elaboración propia.

## Apéndices R Imágenes de los datos calculados por la herramienta de gestión de recursos para la cocina



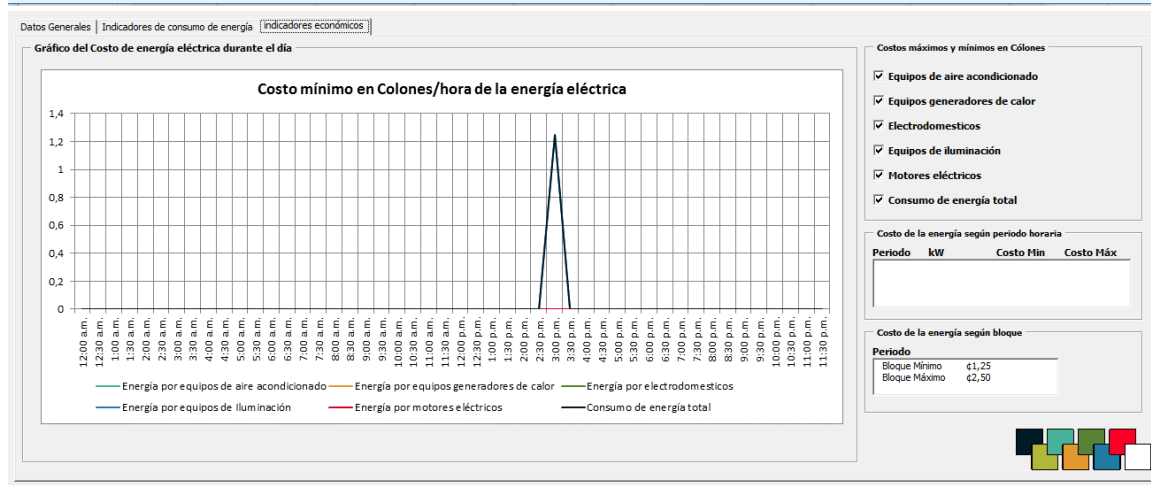
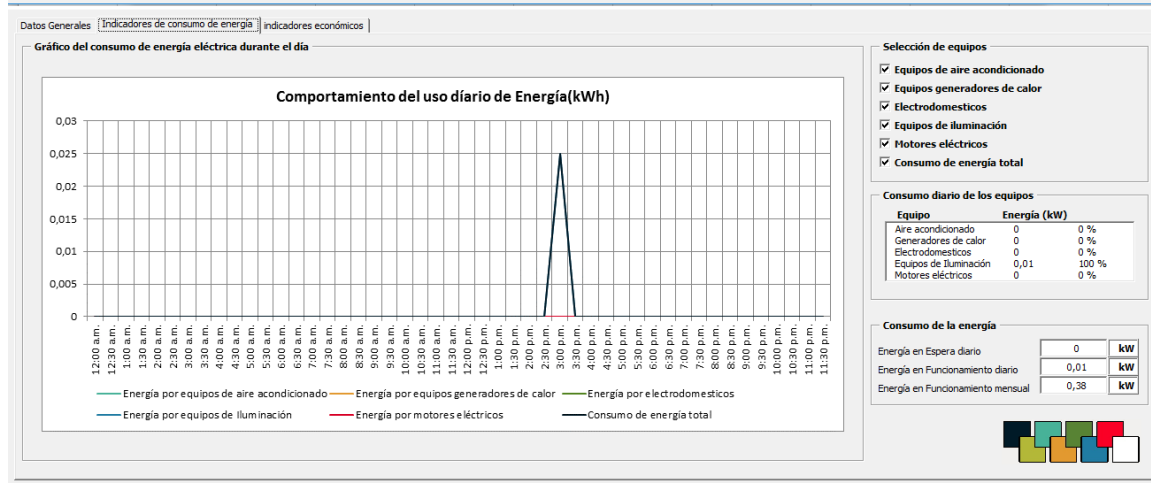
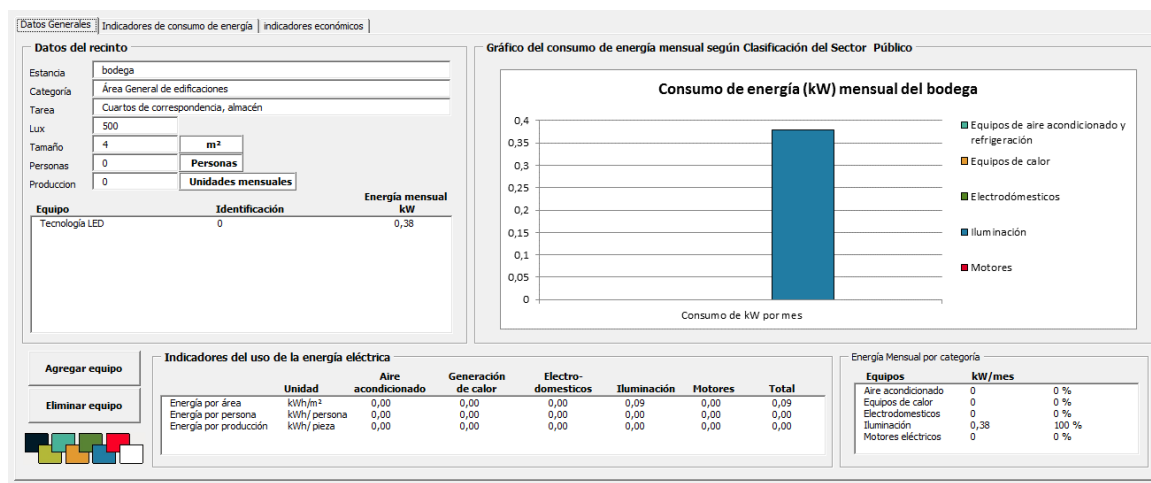
Fuente: elaboración propia.

## Apéndices S Imágenes de los datos calculados por la herramienta de gestión de recursos para la cocina (refrigerador)



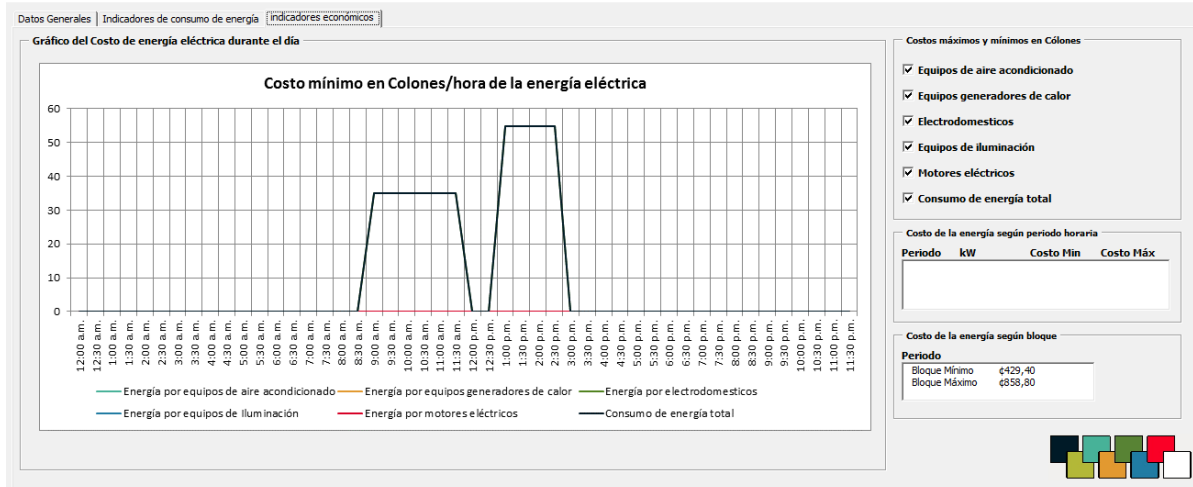
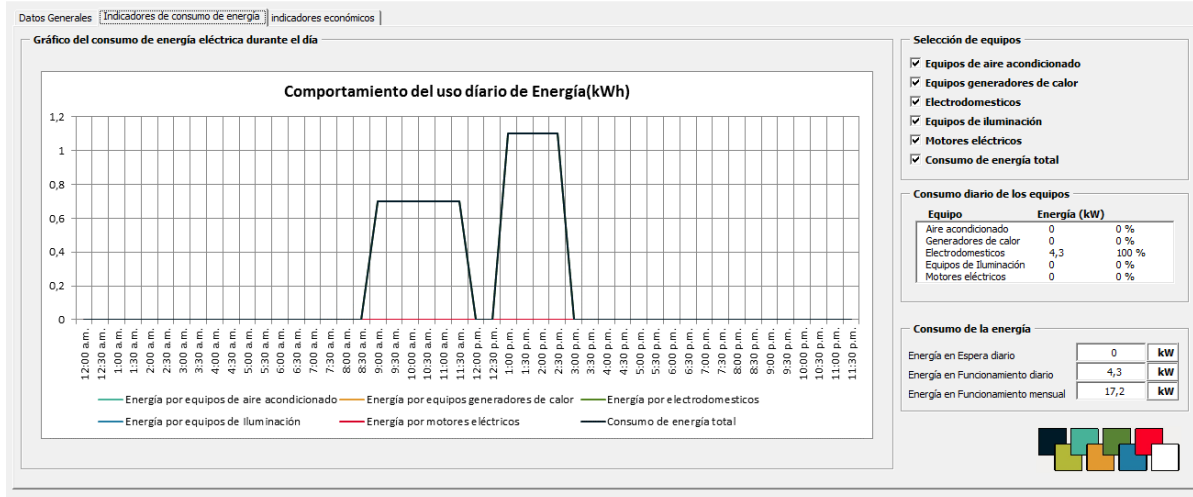
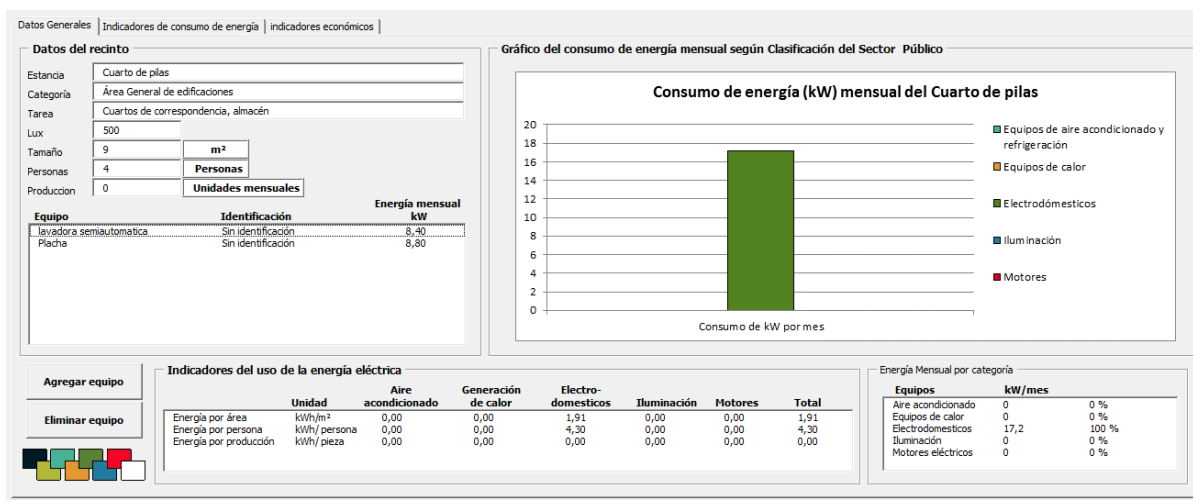
Fuente: elaboración propia.

## Apéndices T Imágenes de los datos calculados por la herramienta de gestión de recursos para la bodega



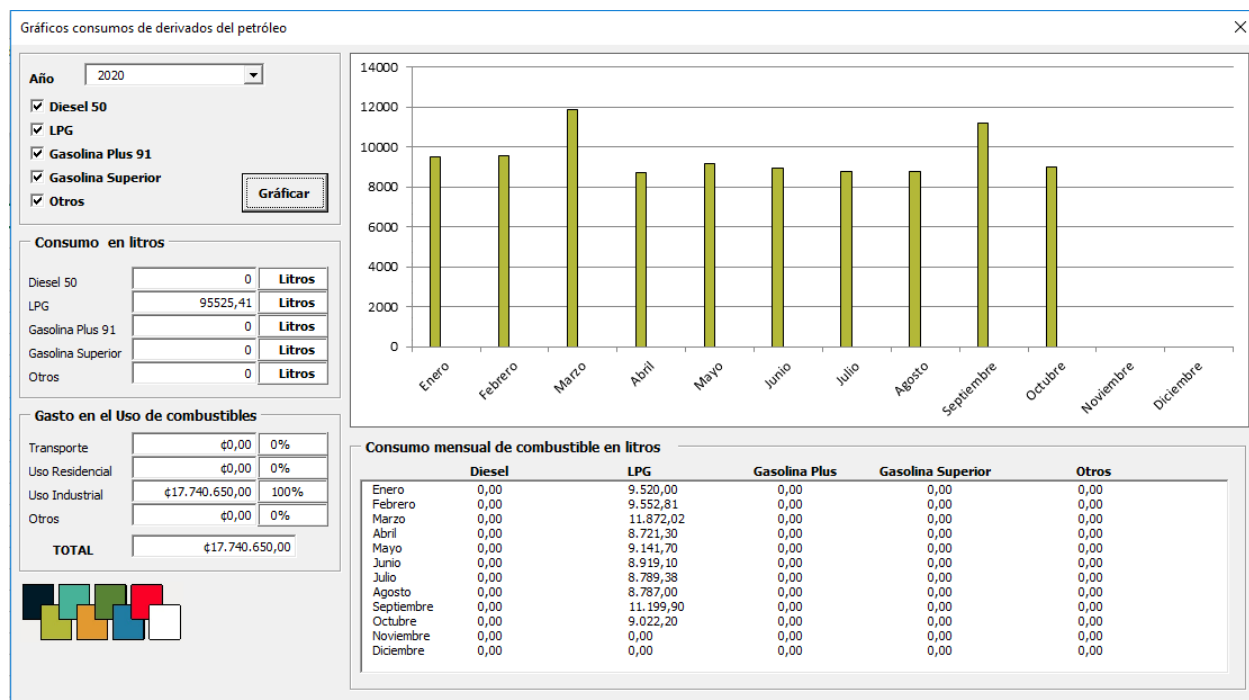
Fuente: elaboración propia.

## Apéndices U Imágenes de los datos calculados por la herramienta de gestión de recursos para el cuarto de pilas



Fuente: elaboración propia.

## Apéndices V Datos de consumo de Gas licuado de petróleo por medio de la herramienta de gestión de energía



Fuente: elaboración propia.

## Apéndices W Cotizaciones por mantenimiento de motor bomba del Chiller

CANT.	DESCRIPCIÓN	GARANTÍA	PRECIO	TOTAL
1.00	ACOPLE BOMBA MODELO 3EB	12 MESES	500.00	500.00

-----Ultima Linea-----

**Plazo:** Crédito a 30 Días

Favor realizar la orden de compra a nombre de: Electrotecnica SA  
y enviarla al fax 2223-7055 o al correo  
info@grupoelectrotecnica.com  
Tiempo de entrega del producto/servicio valido a partir de la

SUBTOTAL: USD 500.00

Descuento 0.00

Impuesto 65.00

**TOTAL** USD **565.00**

### DETALLES:

Reparación de motor bomba secundaria Chiller A  
1 Acople motor bomba.  
El precio de la Oferta es único y definitivo.

Garantía: 12 meses

Plazo de entrega: inmediata

Cotización Generada producto del Ticket #56497 creado por medio de la Administración del

CANT.	DESCRIPCIÓN	GARANTÍA	PRECIO	TOTAL
21.00	SERVICIO DE REPARACION	12 MESES	35.00	735.00

-----Ultima Linea-----

**Plazo:** Crédito a 30 Días

Favor realizar la orden de compra a nombre de: Electrotecnica SA  
y enviarla al fax 2223-7055 o al correo  
info@grupoelectrotecnica.com  
Tiempo de entrega del producto/servicio valido a partir de la

SUBTOTAL: USD 735.00

Descuento 0.00

Impuesto 95.55

**TOTAL** USD **830.55**

### DETALLES:

Mano de obra por reparación de motor bomba secundaria Chiller A  
Desarme, limpieza y evaluación de partes, Medición de ajustes, Revisión y/o mantenimiento del bobinado, Suministro de roles, Armado y pruebas.  
El precio de la Oferta es único y definitivo.

Garantía: 12 meses

Plazo de entrega: inmediata

Cotización Generada producto del Ticket #56497 creado por medio de la Administración del

Fuente: elaboración propia.

## Apéndices X Consumo de la refrigeradora Samsung/RT32K5710S8/AP/12 Pies de acuerdo con manual de usuario

Samsung Electronics Digital Appliance Mexico, S.A. DE C. V.



Descripción	RT38K5930SL	RT35K5730SL	RT32K5730SL	RT29K5000S8	RT29K5000WW	RT38K5982SL
Volumen de almacenamiento total fijado (L)	382	361	318	300	300	368
Área de almacenamiento en Congelador (dm <sup>2</sup> )	0,17	0,17	0,16	0,16	0,16	0,14
Área de almacenamiento en Conservador (dm <sup>2</sup> )	1,30	1,09	0,98	0,93	0,93	1,29
Área Total de la parrilla de almacenamiento (dm <sup>2</sup> )	1,47	1,26	1,14	1,09	1,09	1,43
Capacidad de congelación fijada (kg)	6	6	4,5	4,5	4,5	6
Capacidad de fabricar hielo (kg)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Consumo de energía por año (kWh/año)	434	423	393	390	390	434
Consumo de energía por día (kWh/24hr)	1,19	1,16	1,08	1,07	1,07	1,19

Fuente: Samsung recuperado el 10 de marzo de 2021 de:

[https://downloadcenter.samsung.com/content/UM/201705/20170503003150142/DA68-03376C\\_03\\_PANAMA\\_USER\\_MANUAL\\_\\_EN-SPA.pdf](https://downloadcenter.samsung.com/content/UM/201705/20170503003150142/DA68-03376C_03_PANAMA_USER_MANUAL__EN-SPA.pdf).

## Apéndices Y Costo de la refrigeradora Samsung/RT32K5710S8/AP/12 Pies

### Carrito de compras

Nombre del Producto	Precio Unitario	Cantidad	Subtotal	
 SAMSUNG Samsung Refrigeradora / RT32K5710S8/AP / 12 Pies	€406.750	1   	€406.750	

¿Tienes un cupón de descuento? 

¿Tienes tarjeta de regalo? 

Subtotal €406.750

**Total del Pedido €406.750**

**PROCEDER A PAGAR**

Fuente: <https://www.golotienda.com/samsung-refrigeradora-rt32k5710s8-ap-12-pies.html>