

**UNIVERSIDAD NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL MAR
ESCUELA DE CIENCIAS AMBIENTALES**

**PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS
LIMPIAS POR MEDIO DE UN ANÁLISIS ENERGÉTICO EN EL
ÁREA DE ALISTADO DEL BENEFICIO SAN DIEGO DE
VOLCAFE COSTA RICA**

Proyecto de Graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Gestión Ambiental con énfasis en Tecnologías Limpias

Presentado por
**JOSÉ PABLO CORTÉS UREÑA
MARÍA FERNANDA MÉNDEZ HENDERSON**

Heredia, Costa Rica

2019

Trabajo de graduación aprobado por el Tribunal Examinador de la Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional, para optar al grado de Licenciatura en Gestión Ambiental con énfasis en Tecnologías Limpias.

MIEMBROS DEL TRIBUNAL EXAMINADOR

.....

M.Sc. Tomás Marino Herrera

Decano de la Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar

.....

Dr. Jorge Herrera Murillo

Director Escuela Ciencias Ambientales

.....

Dr. Agustín Rodríguez Carvajal

Tutor

.....

M.Sc. Christian A. Chaverri Ramos

Lector

.....

Ing. Marco Rodríguez Alvarado

Lector

.....

José Pablo Cortés Ureña

Estudiante

.....

María Fernanda Méndez Henderson

Estudiante

DEDICATORIA

A Dios y a nuestras familias por las oportunidades y todo el apoyo.

José Pablo y María Fernanda.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen y reconocen el apoyo y colaboración de las siguientes personas:

Beneficios Volcafe Costa Rica y su personal por el apoyo y disposición durante todo el proceso.

Al Dr. Agustín Rodríguez Carvajal, por su tiempo, colaboración e importantes aportes como tutor.

Al M.Sc. Christian A. Chaverri Ramos y al Ing. Marco Rodríguez Alvarado por su tiempo y sus valiosos aportes como lectores.

RESUMEN EJECUTIVO

Uno de los sectores más importantes para la economía nacional corresponde al sector cafetalero. En este campo, el costo promedio de beneficiado de café para la cosecha 2014-2015 fue de 10.175,45 colones, cerca de 19,24 USD, por quintal (46 kg) de café procesado; donde el principal costo es la mano de obra que representa un 54% de los costos, seguida por la electricidad con un 16%. Por esta razón, resulta importante el desarrollo de proyectos de análisis energético y de mejoras en los procesos respectivos, con el fin de disminuir los costos asociados.

El presente proyecto de graduación tuvo como objetivo desarrollar una propuesta para la implementación de tecnologías limpias por medio de un análisis energético en el área de alistado del Beneficio San Diego de la empresa Volcafe Costa Rica. Este beneficio es una planta dedicada al proceso de transformación y comercialización del café maduro hasta el café oro. Es la planta de mayor producción del Grupo Volcafe, con un recibo de 188.000 fanegas de café para la cosecha 2015-2016.

Una tecnología en producción más limpia contempla la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a los procesos, productos y servicios para aumentar la eficiencia global y reducir los riesgos para los seres humanos y medio ambiente. Para este caso en estudio, se analizó la utilización de tecnologías limpias por medio de un diagnóstico energético, la valoración técnica y económica del uso de las tecnologías limpias, así como el uso de un sistema de gestión de la información que permita una mejor trazabilidad de los datos.

Dentro de los resultados del estudio, se identificó un escenario en donde los equipos de mayor consumo como lo son los motores y el compresor, presentan eficiencias energéticas aceptables y que no ameritan la sustitución por nuevas tecnologías. A diferencia de las luminarias, estas presentan una mayor oportunidad de mejora para el ahorro en el consumo, considerando la factibilidad técnica y económica para la sustitución. Así mismo, la mejora en el sistema de gestión de la información representa un punto crítico para el control de indicadores y gastos económicos relacionados.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. JUSTIFICACIÓN Y PROBLEMA.....	4
2.1. Crisis energética Mundial.....	4
2.2. Situación energética en Costa Rica	5
2.3. Costos en sector cafetalero y el impacto de la gestión energética.....	7
3. OBJETIVOS	12
3.1. Objetivo General.....	12
3.2. Objetivos Específicos	12
4. MARCO CONCEPTUAL	13
4.1. Tecnologías limpias.....	13
4.2. Energía.....	15
4.3. Eficiencia Energética.....	17
4.4. Eficiencia energética en equipo industrial.....	18
4.4.1. Motor Eléctrico	18
4.4.2. Aire Comprimido	25
4.4.3. Iluminación.....	28
4.5. Beneficiado de Café.....	31
4.5.1. Beneficios Volcafe Costa Rica.....	33
5. METODOLOGÍA Y TÉCNICAS APLICADAS	36
5.1. Tipo de investigación.....	36
5.2. Descripción de las variables del estudio.....	37
5.3. Planeación y Organización	38
5.4. Metodología aplicada	38
5.4.1. Diagnóstico Energético	39
5.4.2. Factibilidad Técnica y Económica	48
5.4.3. Sistema de Gestión de la Información.....	49
6. RESULTADOS.....	50
6.1. Diagnóstico energético	50
6.1.1. Análisis de la factura eléctrica	50
6.1.2. Análisis del proceso de alistado	55

6.1.3. Balance eléctrico	68
6.2. Factibilidad técnica y económica	82
6.3. Sistema de gestión de la información	86
6.3.1. Programa de Gestión de la Energía	86
7. CONCLUSIONES	93
8. RECOMENDACIONES	95
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
10. ANEXOS	102

Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Ubicación del proceso de alistado en el plano general del Beneficio Volcafe San Diego...	2
<i>Figura 2.</i> Balance eléctrico por fuente del 2017.....	5
<i>Figura 3.</i> Porcentaje de costos promedio nacional de beneficiado de café, por quintal (46 kg) para la cosecha 2014-2015.....	7
<i>Figura 4.</i> Costo histórico de beneficiado de café aceptado. Datos en CRC/46 kg y USD/46 kg. Cosechas 2009-2010 a 2014-2015	8
<i>Figura 5.</i> Porcentajes de costos de procesamiento en el Beneficio Volcafe San Diego para la cosecha 2015-2016.....	10
<i>Figura 6.</i> Consumo eléctrico anual (kWh) en el proceso productivo del Beneficio Volcafe San Diego.	11
<i>Figura 7.</i> Partes del motor eléctrico.....	19
<i>Figura 8.</i> Pérdidas de un motor eléctrico.....	20
<i>Figura 9.</i> Distintas etapas que sufre el café durante el proceso de beneficiado.....	33
<i>Figura 10.</i> Proceso productivo del Beneficio Volcafe San Diego.....	35
<i>Figura 11.</i> Hoja de cálculo para determinar la eficiencia energética en los motores eléctricos.	41
<i>Figura 12.</i> Visualización de resultados obtenidos del analizador de redes eléctricas.	42
<i>Figura 13.</i> Cámara termográfica FLIR E- Series.....	46
<i>Figura 14.</i> Fotografía termográfica de un motor eléctrico con problema de bobinado interno.....	46
<i>Figura 15.</i> Consumo eléctrico del beneficio Volcafe San Diego (kWh) durante los años 2015, 2016 y 2017.....	51
<i>Figura 16.</i> Comparación de consumos energéticos en kWh de los beneficios del Grupo Volcafe Costa Rica (2017).....	52
<i>Figura 17.</i> Demanda energética (kW) del beneficio Volcafe San Diego durante los años 2015, 2016 y 2017.....	53
<i>Figura 18.</i> Comportamiento del factor de potencia en el Beneficio San Diego durante los años 2015, 2016 y 2017.....	54
<i>Figura 19.</i> Diagrama de flujo proceso de alistado de café.....	56
<i>Figura 20.</i> Diagrama de la distribución del área de alistado.	57
<i>Figura 21.</i> Factores de potencia en porcentaje de los motores eléctricos del área de trillado.....	71
<i>Figura 22.</i> Relación del factor de potencia y de la eficiencia, en porcentaje, para los motores en estudio.	72

<i>Figura 23.</i> Temperatura en cada uno de los motores eléctricos del área de alistado.....	73
<i>Figura 24.</i> Temperatura de cada una de las secciones del panel eléctrico del área de alistado.....	73
<i>Figura 25.</i> Termografías de los motores EC-10, EC-11 y sección A del panel eléctrico.....	74
<i>Figura 26.</i> Comparación entre consumos calculado, facturados y la producción para los meses de abril a agosto del 2017.	78
<i>Figura 27.</i> Indicadores de consumo energético por quintal oro procesado, del 2015 al 2017.	79
<i>Figura 28.</i> Indicador promedio anual de consumo energético por quintal oro procesado, para los años 2015, 2016 y 2017.....	80

Índice de cuadros

<i>Cuadro 1.</i> Costos de beneficiado de café para el Beneficio Volcafe San Diego en la cosecha 2015-2016.....	9
<i>Cuadro 2.</i> Beneficios de la implementación de P+L para las organizaciones.....	14
<i>Cuadro 3.</i> Distribución típica de pérdidas en un motor eléctrico.....	20
<i>Cuadro 4.</i> Valores de eficiencia en motores estándar según el porcentaje de factor de carga.....	21
<i>Cuadro 5.</i> Ahorro comparativo entre un motor estándar, eficiente y premium versus un motor estándar.....	24
<i>Cuadro 6.</i> Parámetros de las lámparas según su tipo.....	30
<i>Cuadro 7.</i> Variables e indicadores del estudio.....	37
<i>Cuadro 8.</i> Fórmulas de cálculo de valores de medición.....	43
<i>Cuadro 9.</i> Matriz para la evaluación de consumo energético de las luminarias en el área de alistado.....	45
<i>Cuadro 10.</i> Inventario de motores de los equipos del área de alistado.....	59
<i>Cuadro 11.</i> Inventario del compresor del área de alistado.....	67
<i>Cuadro 12.</i> Inventario de las luminarias del área de alistado.....	67
<i>Cuadro 13.</i> Valores de medición obtenidos en los motores del área de trillado.....	69
<i>Cuadro 14.</i> Valores eléctricos calculados para los motores en estudio.....	70
<i>Cuadro 15.</i> Consumo eléctrico del compresor en el área de alistado.....	75
<i>Cuadro 16.</i> Consumo eléctrico de luminarias en el área de alistado.....	76
<i>Cuadro 17.</i> Consumos energéticos por mes para cada equipo en estudio, así como el total generado en el área y en la planta de beneficiado.....	77
<i>Cuadro 18.</i> Producción mensual y consumo energético del Beneficio San Diego y Sarchí para el 2017.....	81
<i>Cuadro 19.</i> Características de tipos de luminarias disponibles en el mercado.....	85
<i>Cuadro 20.</i> Recuperación de la inversión con la sustitución de luminarias en el área de alistado....	85
<i>Cuadro 21.</i> Programa de Gestión de la Energía.....	87

Índice de ecuaciones

<i>Ecuación 1.</i> Cálculo del factor de carga.....	21
<i>Ecuación 2.</i> Cálculo de la potencia máxima en sobrecarga	22
<i>Ecuación 3.</i> Cálculo de la eficiencia con respecto al potencial mecánico de salida.	22
<i>Ecuación 4.</i> Cálculo de la eficiencia con respecto al potencial eléctrico de entrada considerando pérdidas.	22
<i>Ecuación 5.</i> Cálculo del costo de operación mensual.	23
<i>Ecuación 6.</i> Cálculo del ahorro de aire en el compresor.....	27
<i>Ecuación 7.</i> Cálculo del consumo energético del compresor.....	44
<i>Ecuación 8.</i> Cálculo del consumo energético mensual.	45
<i>Ecuación 9.</i> Cálculo del periodo de recuperación de la inversión.	48

Acrónimos

AIE	Agencia Internacional de Energía
CFC	Clorofluorocarbonos
CH ₄	Metano
CNFL	Comisión Nacional de Fuerza y Luz
CO ₂	Dióxido de carbono
GEI	Gases de efecto invernadero
H ₂ O	Agua
ICAFFE	Instituto del Café de Costa Rica
IRC	Índice de Reproducción Cromática
LED	Diodos emisores de luz
NO _x	Óxidos de nitrógeno
O ₃	Ozono
P+L	Producción más Limpia
PNUMA	Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente
QQ	Quintal oro producido
USD	Dólar estadounidense

1. INTRODUCCIÓN

Una tecnología limpia está orientada tanto a reducir como a evitar la contaminación, modificando el proceso o el producto, considerando siempre la sostenibilidad del negocio. Esta se puede identificar con la reducción de emisiones, reducción del consumo de energía y agua, o al lograr un balance medioambiental más limpio (Arroyave y Garcés, 2006). Por esta razón es que se relaciona directamente la eficiencia energética con el desarrollo tecnológico y productivo más limpio. Una alta eficiencia energética no solamente ayuda a minimizar los impactos ambientales de la organización, sino que también disminuye los gastos asociados al consumo energético (Lieber, 2011).

Uno de sus objetivos se basa en la mejora de la productividad que implique menores costos con la obtención de los mismos resultados. Toda mejora en la eficiencia redonda en la reducción del consumo en alguna fase del ciclo productivo (DNE, DINAMA y AECID, 2014). Por lo tanto, esta se puede lograr con el uso de tecnología y procesos más efectivos, así como también con los cambios de los hábitos de consumo de los usuarios (Naranjo, 2010).

Tomando en cuenta lo anterior, se puede analizar uno de los sectores económicos más importantes para Costa Rica, como lo es el sector cafetalero. Este ha significado a lo largo de la historia del país una importante fuente de divisas, representando para el 2014, unos 277,33 millones USD. No obstante, el costo del proceso de beneficiado ha ido en aumento, producto de las exigencias mundiales en cuanto a temas de calidad y responsabilidad socio ambiental. El sector cafetalero ha estado en la búsqueda de un proceso de beneficiado más eficiente en el uso de sus recursos con tal de disminuir costos.

El rubro de la electricidad es uno de los principales gastos para un beneficio de café, que puede llegar a representar hasta un 16% del costo promedio (Araya, 2015). Es por ello que el sector ha trabajado en la investigación de mejoras en materia de insumos energéticos, y en la optimización de procesos.

Una de las empresas líderes en el beneficiado de café en el país, es Volcafe Costa Rica, objeto en estudio para la investigación, el cual cuenta con la planta privada más grande y moderna del país: el Beneficio San Diego. Este beneficio presenta grandes oportunidades en el tema de eficiencia energética, por lo que es vital la evaluación de sus procesos, de tal manera que se puedan generar las mejoras correspondientes. Uno de los procesos más importantes, corresponde al área de alistado o

trillado (figura 1). Para efectos del presente estudio, este proceso corresponde al alcance del mismo. Parte de los criterios de selección para la definición del alcance del estudio, se encuentra el interés de la administración de analizar este proceso; así como que el motor eléctrico de mayor tamaño con el que cuenta el beneficio San Diego corresponde al del equipo denominado trilladora.

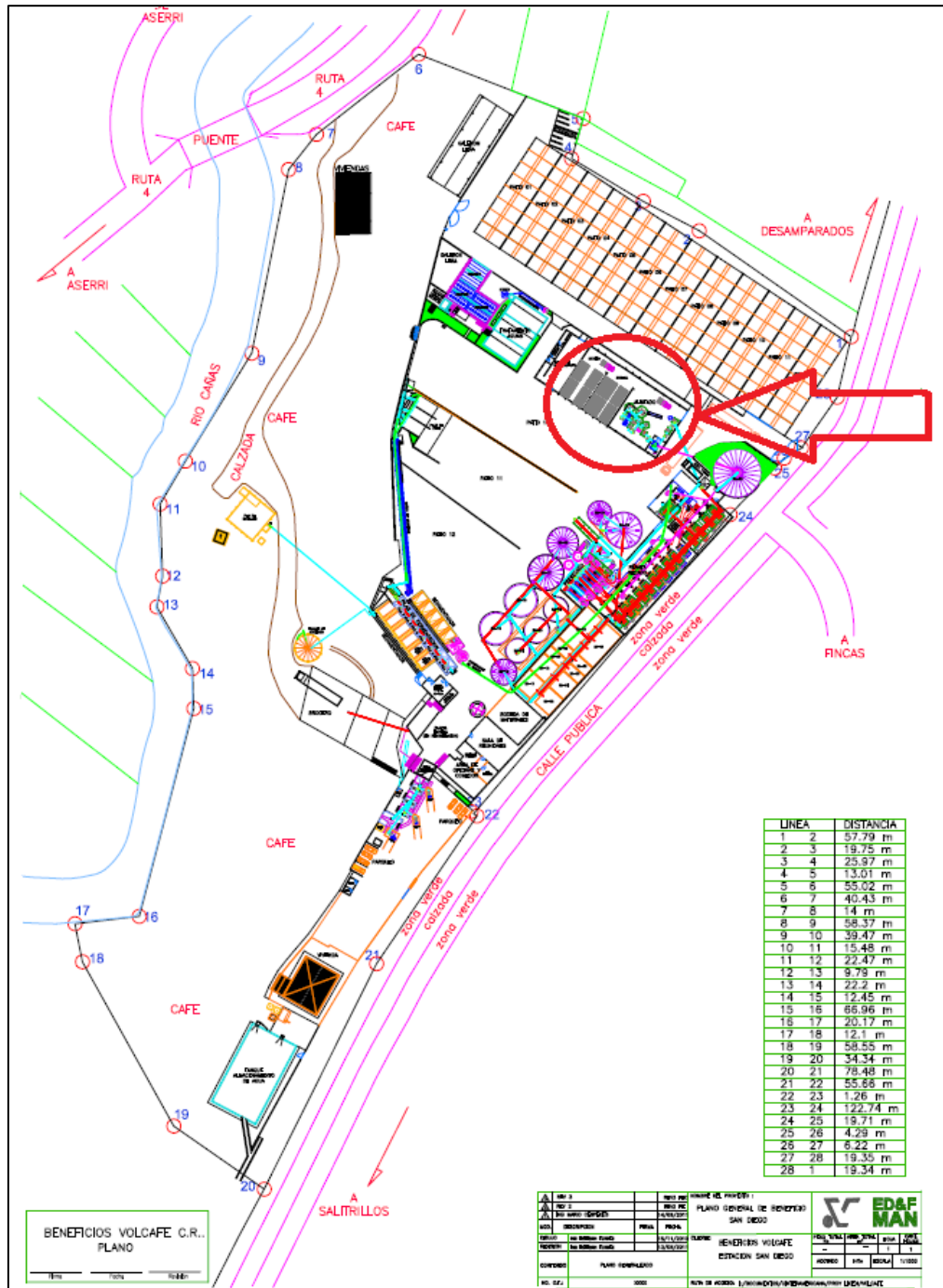


Figura 1. Ubicación del proceso de alistado en el plano general del Beneficio Volcafe San Diego.

Fuente: Esteban Torres, 2011.

El proceso de alistado o trillado consiste en eliminar la capa natural que recubre el grano de café (el pergamino), para posteriormente ser empacados en sacos de 69 kg. Dada la dinámica del negocio, la trilla se puede realizar tanto en la época de cosecha como en la de no cosecha, lo que amplía el periodo disponible para la ejecución de las mediciones energéticas correspondientes para el análisis de su eficiencia. Además, gracias a que hace aproximadamente cinco años se realizó una reubicación y remodelación al área, el sistema eléctrico es relativamente nuevo y propicia mediciones más exactas; sin embargo, los motores no fueron renovados, lo que permite identificar una importante oportunidad de mejora.

Las estrategias de sostenibilidad actuales, tanto a nivel nacional como internacional, establecen un desarrollo integral de los temas de relevancia para una organización en tres dimensiones: social, ambiental y económica; por lo que el análisis de los procesos de la empresa Volcafe Costa Rica bajo los principios de sostenibilidad, implicaría el mejoramiento de su producción considerando su eficiencia en el tema energético.

2. JUSTIFICACIÓN Y PROBLEMA

El desarrollo de la economía está muchas veces ligado directamente al sector energético; esto incluye una perspectiva mundial, nacional y sectorial, tal como se detalla en la siguiente sección.

2.1. Crisis energética Mundial

La demanda de energía y de servicios conexos, con miras al desarrollo social y económico y a la mejora del bienestar y la salud de las personas, va en aumento. Todas las sociedades necesitan servicios energéticos para cubrir las necesidades humanas básicas, como, por ejemplo, el alumbrado, cocina, ambientación, movilidad y comunicación; así como los distintos procesos productivos (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático; 2011).

La gestión de la energía a nivel mundial es considerada una de las mayores problemáticas en la actualidad, tanto por la disponibilidad limitada de los recursos energéticos en los cuales se basan las actividades humanas, como por la generación de la contaminación relacionada con el uso indiscriminado de energías no renovables. De acuerdo con el Consejo Mundial de Energía, se prevé que la demanda en el consumo de energía se incremente en 45% para el 2030 y la de energía propiamente eléctrica en 75% para el mismo año, lo cual acelerará el agotamiento de los recursos disponibles para solventar el consumo (Saborío, 2012).

Durante el siglo XX, el consumo anual de energía primaria suministrada de forma comercial en el mundo ha aumentado más de diez veces. Esto debido al aumento en la demanda como consecuencia de una mayor mecanización, en particular en los países industrializados (Henry y Heinke, 1999). Además, entre los factores que inciden en el incremento de la demanda, se encuentran el crecimiento de la población mundial que aumenta en promedio 1,2% anualmente, el crecimiento económico, la disponibilidad y seguridad de los recursos naturales, las prioridades sociales que se establezcan y la tecnología utilizada en los diferentes sectores industriales (Saborío, 2012).

El crecimiento de la energía de máquina se ha facilitado durante el siglo XX por el rápido desarrollo de motores de combustión interna y el suministro de combustible líquido para los mismos por medio de sistemas de transporte, refinación y distribución. El creciente consumo de productos derivados del

petróleo ha dado origen a intensivos programas mundiales encaminados a la búsqueda de depósitos de petróleo crudo y gas natural. La mayor parte de los países que tienen a los usuarios principales de estas dos materias primas no cuentan con un suministro doméstico significativo y deben recurrir a otros países para obtenerlos. Este desequilibrio entre suministro y demanda de combustibles líquidos y gaseosos constituyen la base de un grave problema de abastecimiento de energía (Henry y Heinke, 1999).

2.2. Situación energética en Costa Rica

Costa Rica se encuentra ante el desafío de una transición en busca de seguridad energética, precios justos y evitar la generación de fuentes contaminantes (MINAE, 2015). La matriz de generación eléctrica es el término que se ha empleado para referirse a la estructura de participación de las diferentes fuentes de energía utilizadas para la producción de electricidad. 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 (figura 2) (ICE, 2017).

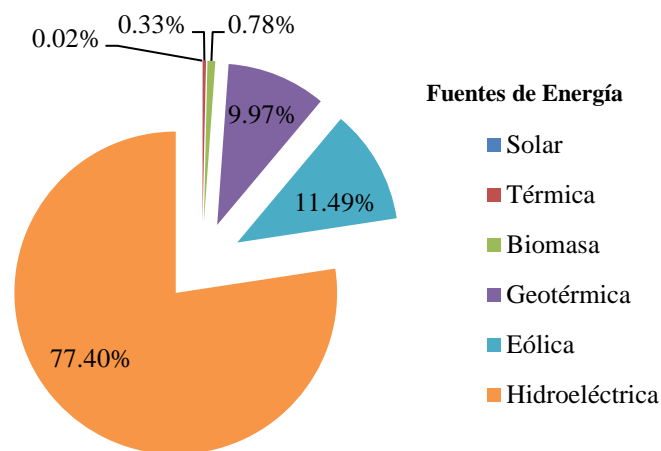


Figura 2. Balance eléctrico por fuente del 2017.
Fuente: ICE, 2017.

Uno de los principales logros del país es ser reconocido a nivel mundial por la gran contribución de las fuentes renovables para la generación de energía eléctrica que se ha mantenido a lo largo de su historia. Se puede constatar que mundialmente solo el 20% de la electricidad se genera con fuentes renovables, mientras que en Costa Rica ese porcentaje ha sido históricamente superior al 90%

(MINAE, 2015). El sistema eléctrico en el país, para el 2017, produjo un total efectivo de 11.210,09 GWh (ICE, 2017).

Si bien, se cuenta con una matriz eléctrica basada en fuentes renovables, existe una gran dependencia de la generación hidroeléctrica, la cual es influenciada directamente por las condiciones climatológicas, por lo que en épocas secas su producción se reduce. Por lo tanto, es necesario optar por otras fuentes para suplir esta baja, lo que regularmente termina siendo en el uso de fuentes térmicas no renovables. A grandes rasgos, el mayor uso de energía térmica en el país se da en los meses de marzo, abril y mayo (DCC, 2015).

La nación ha incrementado por encima de su duplicación los requerimientos energéticos en los últimos 30 años. Desde la década de los 80, el consumo de electricidad se incrementó 3,5 veces y al sobrepasar la capacidad instalada de las fuentes renovables, cada vez será más necesario el uso de fuentes térmicas para lograr producir la energía faltante, lo que favorece la emisión de GEI. Además, ante el uso de hidrocarburos el costo económico por la generación de la electricidad aumenta significativamente (DCC, 2015).

Ante esta dependencia mayoritaria de energía hidráulica, y la presencia de una evidente variabilidad climática, se hace necesario optar por energías renovables no convencionales que den seguridad al sistema y se ajusten tanto a las necesidades del país como a los cambios tecnológicos, para dejar de lado el uso de fuentes térmicas no renovables (MINAE, 2015). Una de las herramientas desarrolladas por el estado costarricense para gestionar esta problemática, es el Plan Nacional de Energía 2015–2030, donde se determinaron las orientaciones de políticas en electricidad a través de cuatro ejes:

- Eje 1. En la senda de la eficiencia energética.
- Eje 2. En procura de una generación distribuida óptima.
- Eje 3. En la ruta de la sostenibilidad de la matriz eléctrica.
- Eje 4. En torno a la sostenibilidad del desarrollo eléctrico.

El eje 1 de eficiencia energética pretende lograr una reducción más acelerada de la intensidad energética total y contribuir en la reducción de emisiones, asociadas al consumo de energía. En cuanto al eje 2 de generación distribuida óptima, se procura ofrecer a la ciudadanía una forma concreta de utilizar, directamente, las energías renovables para disminuir el consumo de hidrocarburos y contribuir

a la mitigación del cambio climático. Para el eje 3, la optimización de la matriz consiste en un ejercicio evaluativo de las fuentes disponibles en el país para generar electricidad y valorar su mejor combinación en términos de calidad, disponibilidad y precio. En el eje 4 implica una planificación del desarrollo eléctrico que considera de forma integral las opciones más apropiadas para satisfacer la demanda eléctrica del país, contemplando los aspectos técnicos, sociales y ambientales (MINAE, 2015).

Considerando la realidad nacional, los sectores industriales deben alinearse de forma tal que puedan garantizar la accesibilidad a los recursos necesarios para el desarrollo de sus actividades, y que estos permitan la sostenibilidad de su operación. Es por esta razón, que se torna importante analizar la dinámica de la gestión energética para el sector cafetalero, foco de estudio de esta investigación.

2.3. Costos en sector cafetalero y el impacto de la gestión energética

Según cálculos efectuados por el ICAFE, el costo promedio nacional de beneficiado de café para la cosecha 2014-2015 fue de 19,24 USD por quintal (46 kg) de café procesado; donde el principal costo es la mano de obra representando más de la mitad de los costos (figura 3). La electricidad es el segundo componente, con un 16%, siendo entonces un rubro importante de tratamiento y gestión eficiente.

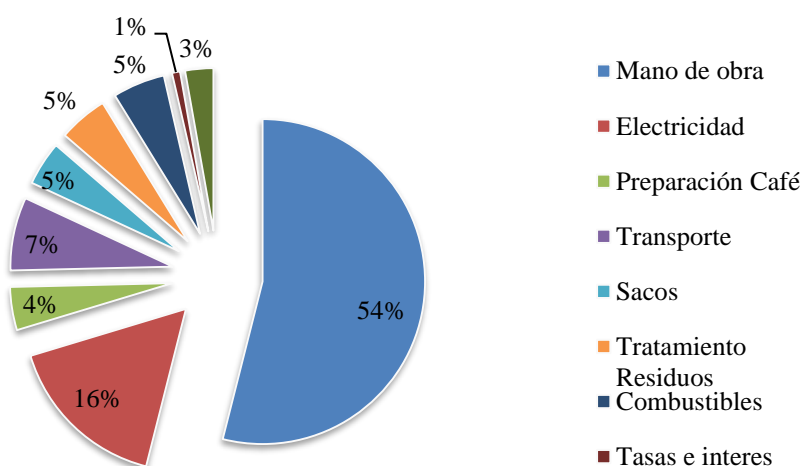


Figura 3. Porcentaje de costos promedio nacional de beneficiado de café, por quintal (46 kg) para la cosecha 2014-2015

Fuente: Araya, 2015.

Los costos mencionados anteriormente han venido en aumento desde la cosecha 2009-2010 (figura 4), con un aumento de 14,72 USD hasta los 19,27 USD por quintal de producción. Este comportamiento hace que el sector se vea en la necesidad de buscar nuevas formas para disminuir el gasto (Araya, 2015).

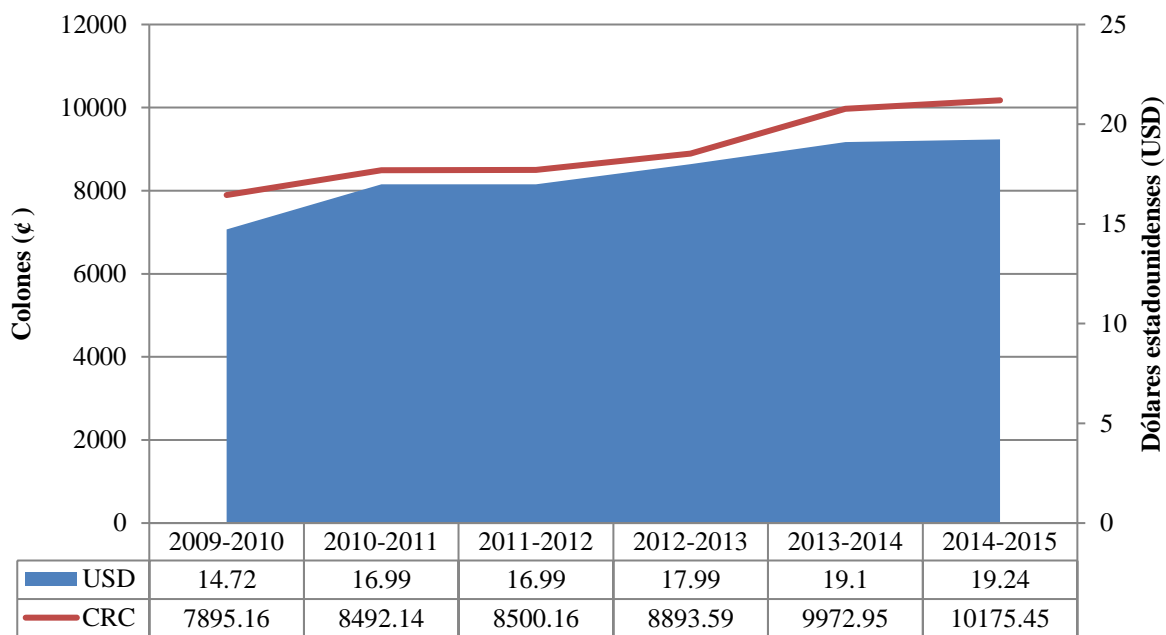


Figura 4. Costo histórico de beneficiado de café aceptado. Datos en CRC/46 kg y USD/46 kg. Cosechas 2009-2010 a 2014-2015
Fuente: Araya, 2015.

Para la disminución de estos costos el sector ha realizado investigaciones en materia de insumos energéticos, optimización de los equipos existentes y procesos que permitan salvaguardar la calidad del producto sin afectar el ambiente. Se ha dado seguimiento a una serie de índices que en adelante servirán para medir, controlar y mejorar los costos del proceso de beneficiado (ICAFE, 2015).

Con respecto al Beneficio Volcafe San Diego, cuenta con un costo de beneficiado de café de 10 439,89 colones, cerca de 19,74 USD por quintal de café procesado para la cosecha 2015-2016 (cuadro 1).

Cuadro 1. Costos de beneficiado de café para el Beneficio Volcafe San Diego en la cosecha 2015-2016.

Rubros de Costo	USD/FF
Procesamiento de café (afiliadas)	5,17
Transporte de café fruta	5,02
Mano de Obra	2,09
Tratamiento de Residuos	2,02
Mantenimiento	1,58
Energía Eléctrica	1,28
Transporte de café oro	0,9
Seguro Social	0,65
Sacos	0,59
Seguros del café	0,19
Combustibles	0,19
Impuestos	0,05
Materiales de proceso	0,02
TOTAL	19,74

Fuente: Esquivel, 2016.

El presupuesto del Beneficio Volcafe San Diego es de más de cinco millones de USD debido a que cuenta con una recepción promedio de 140.000 fanegas por cosecha de café, con lo que es el beneficio privado de mayor producción del país; consecuentemente, presenta grandes costos, según se detalla en la figura 5.

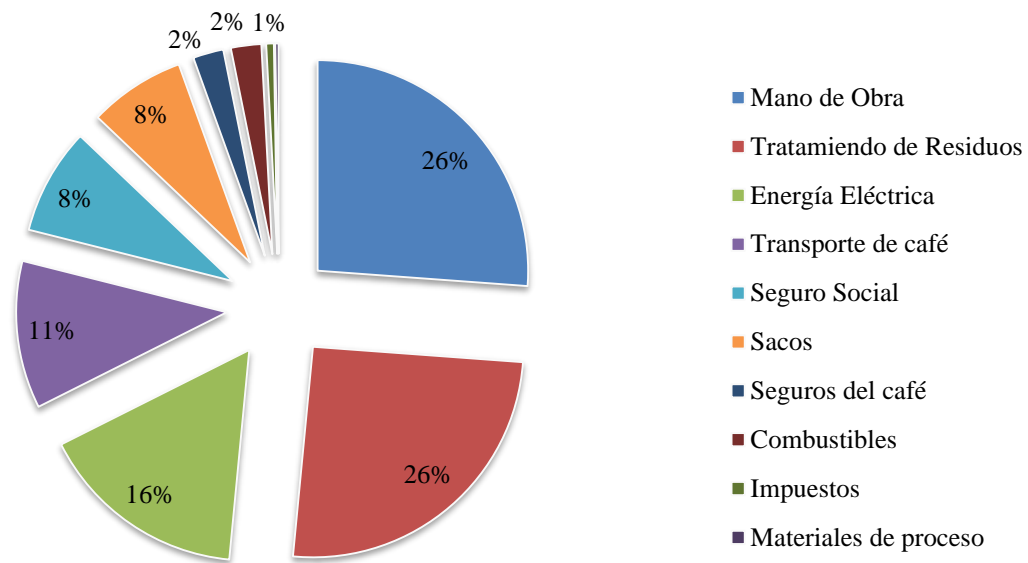


Figura 5. Porcentajes de costos de procesamiento en el Beneficio Volcafe San Diego para la cosecha 2015-2016
 Fuente: Esquivel, 2016.

Tomando en cuenta los costos del proceso productivo del Beneficio Volcafe San Diego, dejando de lado los costos de mercadeo y procesamiento del café en otras plantas del grupo; los principales costos son el manejo de residuos, debido a que se debe pagar a una empresa externa para su debido tratamiento; y la mano de obra, contratando a cerca de 50 personas en época de cosecha. El tercer costo es la factura eléctrica, con un valor de más de 190 mil USD anuales, cuyo consumo es de más de un millón de kWh al año (figura 6).

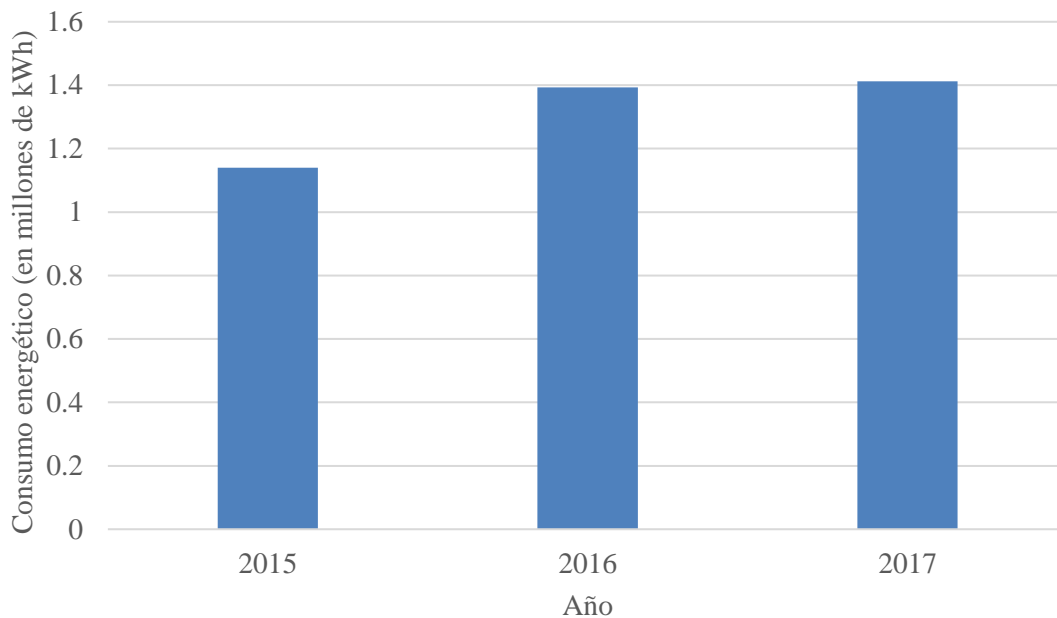


Figura 6. Consumo eléctrico anual (kWh) en el proceso productivo del Beneficio Volcafe San Diego.
Fuente: Elaboración propia.

Considerando los datos anteriores, la gestión energética dentro del Beneficio Volcafe San Diego se torna un tema de interés en la búsqueda de oportunidades de mejoras, que disminuyan los costos evidenciados. De ahí, la importancia de un diagnóstico y un mantenimiento preventivo, que permita la toma de decisiones para la implementación de tecnologías más limpias y eficientes, y que signifiquen una reducción en los costos de consumo eléctrico para el Beneficio Volcafe San Diego.

3. OBJETIVOS

A continuación, se detalla el objetivo general y los específicos del estudio, los cuales guían el desarrollo de la investigación.

3.1. Objetivo General

Desarrollar una propuesta para la implementación de tecnologías limpias por medio de un análisis energético en el área de alistado del Beneficio San Diego de la empresa Volcafe Costa Rica.

3.2. Objetivos Específicos

Realizar un diagnóstico energético en el área de alistado para la identificación de oportunidades de mejora en el tema de eficiencia energética del proceso.

Valorar la factibilidad técnica y económica de la utilización de tecnologías limpias de tal manera que encamine el proceso de alistado a una eficiencia energética.

Proponer un sistema de gestión de la información que permita un mayor control a nivel energético y de operación de los equipos en el área de alistado.

4. MARCO CONCEPTUAL

En el marco conceptual se detalla la temática de tecnologías limpias, así como la energía, y su uso eficiente en tres campos especialmente, sea en motores, compresores y luminarias.

4.1. Tecnologías limpias

El modelo económico de producción y consumo excesivo de recursos, especialmente en países industrializados y emergentes, es la principal causa del deterioro ambiental (Cuevas *et al*, 2015). Esto se fundamenta básicamente en nuestro sistema económico actual. Sin embargo, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), ha puesto en marcha las bases para un nuevo modelo económico basado en una economía verde, definida como

“un sistema de actividades económicas relacionadas con la producción, distribución y consumo de bienes y servicios que resulta en mejoras del bienestar humano en el largo plazo, sin al mismo tiempo, exponer a las generaciones futuras a riesgos ambientales y escasez ecológica significativa” (PNUMA 2010, citado por Cuevas *et al*, 2015:4).

Para que este modelo basado en la economía verde pueda tener buenos rendimientos, es necesario el cambio en las estructuras y sistemas actuales. Estos cambios se pueden obtener por medio de sistemas de producción más limpia (P+L), los cuales se entienden como la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a los procesos, productos y servicios para aumentar la eficiencia global y reducir los riesgos para los seres humanos y medio ambiente (ONUDI, 2006). Es importante considerar que las tecnologías implementadas dentro de la P+L invierten o reorientan la jerarquía de gestión de los contaminantes, considerando las oportunidades de prevención de la contaminación (Agrícola Chaparral, 2011).

Dentro de los procesos productivos que se desarrollan a nivel industrial, la P+L tiene diferente injerencia, según corresponda, por ejemplo:

- En los procesos de producción, la P+L aborda el ahorro de materias primas y energía, la eliminación de materias primas tóxicas y la reducción en cantidades y toxicidad de desechos y emisiones.

- En el desarrollo y diseño del producto, la P+L aborda la reducción de impactos negativos a lo largo del ciclo de vida del producto, desde la extracción de la materia prima hasta la disposición final.
- En los servicios, la P+L aborda la incorporación de consideraciones ambientales en el diseño y entrega de los servicios (ONUDI, 2006).

La implementación de sistemas de P+L conlleva una serie de beneficios para las empresas y organizaciones, los cuales se detallan en el cuadro 2.

Cuadro 2. Beneficios de la implementación de P+L para las organizaciones.

Al reducir...	Se incrementa...
El uso de la energía en la planta.	La productividad, la rentabilidad y las posibilidades del cumplimiento de la legislación.
La utilización de recursos como el agua.	La eficiencia demostrada a través de los indicadores específicos. El cumplimiento de las regulaciones nacionales.
La cantidad de residuos y la contaminación generada.	La productividad y el rendimiento esperado.
Los riesgos de accidentes laborales, lo que a su vez implica una reducción de costos.	El prestigio, la mejor imagen de la empresa al mostrar resultados de responsabilidad social.
La posibilidad de incumplimiento de normas ambientales y sus correspondientes sanciones.	La participación en nuevos mercados nacionales e internacionales.
Costos en la producción.	Mayor competitividad, mayores ingresos y ahorros de la empresa.
La tasa de uso de recursos naturales y la tasa de generación de residuos contaminantes.	La protección del medio ambiente.

Fuente: USAID 2011, citado por Rodríguez, 2014.

Como se puede observar en el cuadro anterior, muchos de los aspectos cotidianos que se desarrollan en una industria o comercio, al ser analizados desde la P+L, pueden derivar beneficios importantes con un impacto favorable desde el punto de vista económico, ambiental y social de la institución. La gestión de esos aspectos, define una visión más sostenible de los negocios.

Uno de los campos en los cuáles es viable aplicar sistemas de P+L es en el sector energético. De ahí la importancia de conocer los conceptos básicos de la temática, y el impacto en la gestión de los mismos.

4.2. Energía

La energía se define como la capacidad de hacer un trabajo. La cantidad de energía que tiene un cuerpo es la cantidad de trabajo que puede hacer (Di Pelino, 2009). No obstante, el término de energía para la física puede ser un poco más amplio y complejo, por lo general se define también como la propiedad de un sistema o cuerpo de cambiar o transformar su estado a otro. Según el Sistema Internacional de Unidades, la unidad de medida para la energía es el joule (J) (Comisión Europea, 2009).

La energía puede tomar una amplia variedad de formas; sin embargo, generalmente son cuatro las más utilizadas por la industria (Fundación Andaluza, 2014):

- a. *Energía química.* Es la contenida en las moléculas químicas, y que se liberan mediante una reacción química. La energía procedente del carbón, madera, petróleo y del gas en combustión, hace funcionar motores y proporciona calefacción, por ejemplo, por medio de energía mecánica o térmica.
- b. *Energía térmica.* Se debe al movimiento de las partículas que constituyen la materia. Esta forma de energía se transmite entre dos cuerpos que se encuentran a diferente temperatura.
- c. *Energía mecánica.* Es la que poseen los cuerpos capaces de producir movimiento en otros, y se asocia a la posición o la velocidad. Según estado o condición en que se encuentre un cuerpo, se pueden distinguir dos tipos de energía mecánica: la potencial y la cinética. La primera de ellas se refiere a la energía que tienen los cuerpos que están en reposo, y depende la posición del cuerpo en el espacio. La energía cinética se refiere a la que posee todo cuerpo en movimiento.
- d. *Energía eléctrica.* Es la que se origina por el movimiento de electrones a través de un conductor.

Las fuentes de energía primaria disponibles para nuestro uso frecuente se clasifican como renovables o no renovables. Sin embargo, también se pueden dividir de acuerdo con la descripción propuesta por Putman (Henry y Heinke, 1999), quien utilizó los conceptos de ingreso energético y capital energético.

El ingreso energético, o recursos energéticos renovables, comprenden aquellos bienes que se renuevan continuamente a causa de la presencia de fuerzas físicas como marea, viento, agua que cae, gradientes térmicos en el océano, calor geotérmico, aportación solar directa, o la generación de material vegetal y animal. El capital energético, o recursos energéticos no renovables, se refiere principalmente a combustibles fósiles depositados en la Tierra hace cientos de millones de años, o a minerales radiactivos que estaban presentes cuando el planeta se formó. Cuando estos materiales explotan el capital energético se reduce. Por lo tanto, en un sentido práctico, el petróleo, el gas natural, el carbón, los combustibles radiactivos como el uranio, se pueden considerar como no renovables.

Las energías renovables presentan grandes ventajas medio ambientales importantes; de las cuales se puede destacar la no emisión de gases contaminantes como los resultantes de la combustión de combustibles fósiles, la no generación de residuos peligrosos de difícil tratamiento, que suponen durante generaciones una amenaza para el ambiente, como por ejemplo los residuos radiactivos relacionados con el uso de la energía nuclear de fisión (Ramírez *et al*, 2014).

La electricidad, es un recurso energético de suma importancia para la industria; esta es muy utilizada en los niveles administrativos y de producción. Su uso irracional se puede dar en forma indirecta o directa. Indirecta como es el caso del diseño de los sistemas eléctricos (generación de energía eléctrica por fuentes no renovables) donde el usuario no es el responsable de este sólo de su uso y de forma directa del uso inadecuado o sin medida de esta (Céspedes, 1999).

En esta área, las oportunidades de conservación de la energía son muy vastas y variadas, que van desde inversiones sin costo alguno hasta inversiones millonarias, con resultados inmediatos o proyectados a largo plazo. Todo esto depende de la industria, su capacidad, interés de inversión y de la agresividad del programa (Céspedes, 1999).

4.3. Eficiencia Energética

La energía no se puede producir ni desaparecer, solamente se convierte de una forma a otra; en energía eléctrica, térmica, electromagnética, química o mecánica, por ejemplo. Desperdiciar energía significa convertirla en una forma no aprovechable, a pesar de que esta conversión hubiera sido técnica y económicamente evitable (Lieber, 2011).

La energía es un factor clave en todos los procesos de manufactura, por lo que resulta estratégico establecer una relación con la producción, de forma tal que el aprovechamiento de la energía se dé al máximo. Esta relación, puede estar influenciada por varios factores, por ejemplo, la antigüedad promedio de la planta y de los equipos, las prácticas de mantenimiento, la calidad de la energía utilizada y la calidad requerida del producto final, así como el proceso o tecnología utilizado, entre otros (AIE, 2015).

Según la Norma ISO 50001 Sistemas de Gestión de Energía, la eficiencia energética se define como la proporción u otra relación cuantitativa ante un desempeño, los resultados de servicios, las salidas de bienes o energía y las entradas de energía (de Laire, 2013). Esta eficiencia se alcanza con el uso de tecnología y procesos más eficientes, así como también con los cambios en los hábitos de consumo de los usuarios (Naranjo, 2010).

La incorporación de tecnología para el logro de una mayor eficiencia puede significar, en algunos casos, un mayor costo que se traduce, por lo general, en mayores precios de los equipos eficientes en comparación con los menos eficientes. Asimismo, existen beneficios externos que no son percibidos por los consumidores particulares, como es el caso de la reducción de emisiones o de los impactos ambientales y sociales para el desarrollo de infraestructura energética (MINAE, 2015).

La eficiencia energética ha probado ser una estrategia costo-beneficio para el desarrollo de economías sin incrementar el consumo de energía. De acuerdo con el Rocky Mountain Institute, es posible disminuir en una industria entre un 70% y un 90% de la energía y costos de iluminación, ventilación y sistemas de bombeo; un 50% en motores eléctricos y un 60% en calefacción, aire acondicionado, equipos de oficina y herramientas. En general, cerca de un 75% de la energía utilizada en Estados

Unidos se podría ahorrar con medidas de eficiencia que cuestan menos que la misma energía (Naranjo, 2010).

De igual forma, la Agencia Internacional de la Energía (AIE), determina que existen grandes potenciales de ahorro de energía y coste. Las empresas del sector industrial pueden bajar su consumo de energía de un 5% a un 10% a través de un sistema de gestión de eficiencia energética. El mayor potencial de ahorro se encuentra en los procesos de generación de calor (10% a 15% de ahorro) y los sistemas con motores eléctricos (20% a 25% de ahorro) (Lieber, 2011).

4.4. Eficiencia energética en equipo industrial

Gran parte de los procesos productivos en la industria funcionan mediante motores eléctricos, así como la intervención de sistemas neumáticos accionados por aire comprimido. Ya sea para el funcionamiento de la maquinaria, para sistemas de transporte del producto o materia prima, así como para métodos de pesaje, es necesario un motor eléctrico o un compresor para accionar el aire comprimido. De igual forma, las grandes edificaciones donde se encuentran los distintos procesos necesitan de una buena iluminación para poder operar. Tanto en iluminación, en los motores eléctricos o en el uso del compresor, se necesita energía eléctrica para el debido funcionamiento. El uso eficiente de esta electricidad dependerá de cada uno de los equipos y del mantenimiento preventivo de los mismos. En la siguiente sección se detalla la temática para los equipos de motores, compresores e iluminación.

4.4.1. Motor Eléctrico

En las actividades industriales y comerciales es necesario mover distintos procesos productivos, maquinaria y equipos diversos, como ventiladores, bandas transportadoras, elevadores, transportadores helicoidales, bombas de agua, escaleras eléctricas, compresores, taladores, es decir, un sinnúmero de aplicaciones mecánicas que requieren movimiento; por lo que la forma más sencilla para llevar a cabo este movimiento es mediante un motor eléctrico (BUN-CA, 2009).

Los motores eléctricos contabilizan alrededor de 40% de la energía consumida en el mundo, representan entre 60-70% en el sector industrial y en menores porcentajes en otros sectores. El motor

eléctrico es una máquina que rota y convierte energía eléctrica en potencial mecánico apto para mover los accionamientos de todo tipo de máquinas (Jensen, 2012).

En forma más precisa, el funcionamiento de un motor eléctrico parte la ley de Biot-Savart, la cual explica que sólo es necesario una corriente por un conductor para producir un campo magnético en el espacio, mediante técnicas constructivas que consisten en el devanado estático y utilizando corrientes de igual magnitud se logra en el estator un campo magnético de magnitud que cambia constantemente. Debido a que se tiene un campo magnético variable con el tiempo y el rotor se encuentra dentro de ese campo, se inducen corrientes en el rotor según la ley de inducción magnética de Faraday, y estas corrientes rotóricas a su vez generan su propio campo magnético del rotor, el cual, acorde a la ley de Lenz debe ir en dirección opuesta al campo magnético del estator.

Finalmente, los campos magnéticos del rotor y del estator generan fuerzas electromagnéticas en cada espira originando un torque inducido cuyo valor dependerá de las magnitudes de los campos magnéticos del rotor y el estator y del ángulo comprendido entre ellos. De esta manera es como se obtiene el movimiento del rotor (figura 7) (Montero, 2011).



Figura 7. Partes del motor eléctrico.

Fuente: BUN-CA, 2009.

Existen dos tipos de motores, aquellos que trabajan con corriente directa y los que lo hacen con corriente alterna; no obstante, son estos últimos los más empleados en las industrias debido a la gran ventaja de funcionar con la forma de corriente que suministran las empresas eléctricas, no requieren pasar de corriente alterna a corriente directa, por lo tanto, son de menor costo. Se clasifican en motores

asíncronos (o de inducción) y motores síncronos. En los síncronos el eje gira a la misma velocidad que lo hace el campo magnético, en los asíncronos el eje se revoluciona a una velocidad poco menor a la del campo magnético (BUN-CA, 2009).

En la transformación de energía eléctrica en mecánica, que tiene lugar en los motores eléctricos, una parte de la energía eléctrica tomada de la red se convierte en calor, constituyendo las pérdidas del motor (figura 8). Las pérdidas de un motor de inducción pueden agruparse en dos grupos: las que dependen del índice de carga del motor, y las que son independientes de la carga. La magnitud de ambos tipos depende del diseño, construcción del motor, materiales y calidad del proceso de manufactura (BUN-CA, 2009).

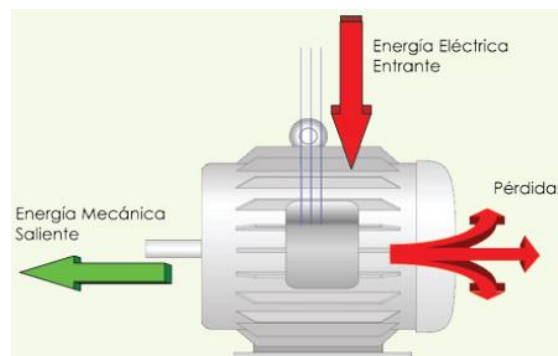


Figura 8. Pérdidas de un motor eléctrico.
Fuente: BUN-CA, 2009.

Las pérdidas de un motor de corriente alterna se detallan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Distribución típica de pérdidas en un motor eléctrico.

Pérdidas no debidas a la carga		Pérdidas debidas a la carga			Total
Núcleo	Aire y fricción	Cobre Estator	Cobre Rotor	Dispersión	
19%	13%	30%	20%	18%	100%

Fuente: Jensen, 2012.

De igual forma, Jensen (2012), indica que, para garantizar el diseño de un motor eficiente, es necesario encontrar la máxima eficiencia posible en cada una de las etapas del motor en las que las pérdidas se filtran significativamente. Eficiencia del 100% es ideal, pero a la vez imposible, por lo que se diseña un motor con materiales mejorados, como: grasas especiales que protegen de la corrosión y resistentes a altas temperaturas, aceros de calidad superior con partículas de silicio para reducir las corrientes

parásitas en el núcleo, cobre de mayor pureza, entre otros. Estos materiales pueden incrementar costos de fabricación de hasta un 55% respecto a un motor convencional.

La Fundación Red de Energía –BUN-CA (2009), establece una serie de factores externos que afectan las especificaciones técnicas de diseño de un motor eléctrico, entre los que se encuentra:

- *Efectos debidos a la calidad de suministro.* Los motores eléctricos están diseñados para operar a un voltaje y frecuencia específicos y su funcionamiento será satisfactorio siempre que el voltaje y frecuencia no varíe más allá de ciertos rangos especificados, según los parámetros de diseño.
- *Factor de carga.* La potencia nominal de un motor eléctrico indica la potencia mecánica de salida que es capaz de entregar el motor. El factor de carga es un índice que refleja la potencia que entrega el motor cuando se encuentra ya en operación con relación a la que pueda entregar.

Ecuación 1. Cálculo del factor de carga.

$$\text{Factor de carga} = \frac{\text{Potencial real entregada}}{\text{Potencia de placa del motor}}$$

- Los fabricantes de motores eléctricos reportan en sus manuales técnicos la eficiencia del motor en porcentajes del 100%, 75%, 50% y 25% de factor de carga (cuadro 4).

Cuadro 4. Valores de eficiencia en motores estándar según el porcentaje de factor de carga.

Potencia (HP)	Factor de Carga			
	25%	50%	75%	100%
1	39	59	69	72
2	41	61	73	74
3	48	64	75	77
5	51	67	78	78
10	55	69	79	79
15	56	70	81	80
20	63	77	85	83
25	68	85	89	87

Fuente: BUN-CA, 2010.

- *Factor de potencia.* Los motores eléctricos requieren de la inducción electromagnética para operar, por ello la gran mayoría presentan un factor de potencia menor al 90%, que también disminuye aún más cuando se reduce el factor de carga. Los motores producen un bajo factor de potencia especialmente cuando trabajan por debajo del 50% de carga.
- *Perfil de carga.* La función que desempeñan los motores eléctricos depende de las exigencias de equipo acoplado, el cual puede presentar variaciones en su régimen de trabajo, las mismas son transmitidas al motor eléctrico. Es importante conocer el perfil de carga del motor, que es la descripción de las variaciones de potencia a las que es sometido el motor en el ciclo de trabajo de la máquina o los mecanismos acoplados.
- *Factor de servicio:* es un indicador de la capacidad de sobrecarga que puede soportar un motor eléctrico, definiéndose como:

Ecuación 2. Cálculo de la potencia máxima en sobrecarga .

$$\text{Potencia máxima en sobrecarga} = \text{Factor de Servicio} * \text{Potencia del Motor}$$

El factor de servicio debe entenderse como una capacidad adicional que posiblemente se llegue a ocupar en ocasiones especiales de trabajo, de hecho, los motores sobrecargados reciben mayor corriente eléctrica que la nominal, calentándose en mayor medida y reduciendo notablemente su vida útil, además de bajar la eficiencia de su operación.

Por lo tanto, la eficiencia en los motores eléctricos es la relación entre potencia de entrada y la de salida del motor. Generalmente se expresa la eficiencia η en porcentaje (Jensen, 2012).

Ecuación 3. Cálculo de la eficiencia con respecto al potencial mecánico de salida.

$$\eta = \frac{\text{Potencial Mecánica de salida}}{\text{Potencia Eléctrica que entra}}$$

Ecuación 4. Cálculo de la eficiencia con respecto al potencial eléctrico de entrada considerando pérdidas.

$$\eta = \frac{\text{Potencial Eléctrica que entra} - \text{Pérdidas}}{\text{Potencia Eléctrica que entra}}$$

Donde, la potencia de entrada es igual a la potencia de salida más todas las pérdidas del motor.

Las empresas fabricantes de motores eléctricos son reguladas bajo normas internacionales que establecen los estándares de calidad de los mismos. Las principales son la norma IEC, la cual es europea, cuyas dimensiones son dadas en milímetros (mm), y la norma NEMA norteamericana, donde sus dimensiones son dadas en pulgadas. Según la norma IEC 60 034-30 establece cuatro clases de motores: IE 1 (eficiencia estándar), IE 2 (eficiencia alta), IE 3 (eficiencia premium) y IE 4 (eficiencia super-premium). En cuanto a la norma NEMA MG01 establece dos clasificaciones con respecto a la eficiencia de los motores: premium-plus y premium (BUN-CA, 2010)

Los motores eléctricos corresponden a una de las máquinas más eficientes inventadas por el hombre debido a los altos rendimientos que de ellos se obtiene. En motores pequeños (menos de 1 hp) su eficiencia es del orden del 80%, pero en grandes capacidades llegan hasta el 96% de eficiencia (Montero, 2011).

Los motores eficientes ayudan a reducir los costos del negocio y el tiempo perdido en los procesos de producción. La promoción de motores eficientes en la industria ha aumentado la competitividad del sector, debido a que los sistemas electromotores representan un porcentaje significativo de sus costos (Ramírez *et al*, 2014).

La eficiencia del motor eléctrico es muy importante debido a que determina el costo que se paga por electricidad consumida en su operación. Es dada por la siguiente fórmula (BUN-CA, 2010):

Ecuación 5. Cálculo del costo de operación mensual.

$$CO = \text{Potencia demandada (kW)} * \underline{Pk} + \text{consumo (kWh)} * \underline{PkWh}$$

Donde:

CO: costo de operación mensual

Potencia demandada: es la potencia (kW) que, como máximo, solicita el motor en su operación mensual.

Pk: es el precio de cada kilovatio según la tarifa vigente de la empresa eléctrica.

Consumo: representa la energía total mensual que consume el motor durante las horas de operación, medida en Kilovatios-hora (kWh)

PkWh: es el precio de cada kilovatio-hora que consume el motor, según la tarifa vigente.

Una característica importante de los motores eléctricos en general es que el costo operacional suele ser superior a su costo de adquisición. Dependiendo del tiempo de funcionamiento y de la potencia de su rendimiento, un motor puede costar en consumo de 25 a 150 veces su valor de compra. Es por eso que vale la pena apostar a una política de administración de motores, minimizando los gastos con un uso eficiente y adecuado de la energía eléctrica (Ramírez *et al*, 2014).

Típicamente, el tiempo de retorno de la inversión en motores eficientes varía de 6 meses a 3 años, lo que justifica económicamente su utilización. Más allá de la preservación ambiental y el desarrollo sustentable, un motor de alto rendimiento genera bajas pérdidas de energía, reduce notablemente la elevación de la temperatura y presenta una mayor vida útil en comparación con un motor convencional, gracias a que poseen mayores cantidades de cobre (Ramírez *et al*, 2014).

De acuerdo con BUN-CA (Fundación Red de Energía), para el año 2009 confeccionaron una comparación en ahorro económico, eficiencia y de consumo energético entre motores eléctricos tipo Estándar, Eficiente y Premium, para la región centroamericana (cuadro 5).

Cuadro 5. Ahorro comparativo entre un motor estándar, eficiente y premium versus un motor estándar.

Concepto	Estándar	Eficiente	Premium
Potencia del motor (HP)	3	3	3
Inversión inicial (USD)	290	355	450
Eficiencia declarada fabricante (%)	77%	84%	86%
Potencia demandada del motor (kW)	2,91	2,66	2,60
Consumo de energía anual (kWh)	1 047,6	957,6	936
Costo por potencia (USD)	349	319	312
Costo por consumo (USD)	1 634	1 493	1 460
Costo de operación anual (USD)	1 983	1 813	1 772
Ahorro anual comparativo con respecto al motor estándar (USD)	-	170	211

Fuente: BUN-CA, 2010.

Toda empresa debe establecer un programa de mantenimiento para motores eléctricos de tal manera que permita que la producción no sufra interrupciones, estos duren más y sus costos totales sean más

bajos. Este programa debe llevar un registro de las características de operación y de las mediciones, así, en caso de falla, se podrán determinar en forma rápida las razones de esta y evitar que sigan sucediendo. En este registro deben anotarse todas las actividades de mantenimiento realizadas al motor, las cuales deben realizarse mínimo cada tres meses. Céspedes (1999) indica una serie de medidas para el empleo y mantenimiento óptimo de motores eléctricos:

- Diseño: se debe iniciar desde este nivel para la utilización de equipo que sea con capacidades adecuadas a la aplicación.
- Si los motores son de una capacidad elevada o cuando existen cargas variables, se deben utilizar accionamientos de velocidad variable, como la instalación y utilización de variadores de velocidad.
- El mantenimiento preventivo juega un papel muy importante en dicho ahorro para evitar pérdidas por fricción debido al daño de los roles o rodamientos, o maquinaria en general acoplada a la flecha del motor, falta de lubricación y revisión de los cojinetes. Se debe incluir además la limpieza de las entradas de ventilación y la revisión del alineamiento y de vibraciones.
- Con un estudio de planta reducir los tiempos de procesos, eliminando cuellos de botella en procesos, reduciendo el tiempo de uso de la maquinaria.

4.4.2. Aire Comprimido

El aire comprimido representa un importante papel en la industria en general. Esto es así gracias a la gran versatilidad de soluciones que emplean, así como la flexibilidad de uso, producción y facilidad de transporte a lo largo de la planta. Sus usos principales van desde el funcionamiento de herramientas de todo tipo (pistolas de pintura, matillos neumáticos), hasta el accionamiento de elementos neumáticos como válvulas. Se estima que aproximadamente el 10% del consumo eléctrico industrial se destina a la generación de aire comprimido; dando como resultado que los parques industriales ofrezcan aire comprimido como un suministro más, poniéndolo al nivel del agua, el gas o la electricidad (Zaforteza, 2013).

Sus parámetros fundamentales son: la presión, que es la diferencia entre la presión del sistema y la atmósfera dado en bar (o psi en el sistema inglés); la capacidad, que es la entrega de aire efectiva del compresor al sistema, que en la gran mayoría de los casos es un valor fijo para un modelo dado, siendo

su unidad de medida los m^3/h o ft^3/min ; y la potencia, que es el trabajo necesario para comprimir “X” m^3/h a “Y” bar, típicamente asociada con los caballos de fuerza “hp” del motor eléctrico (Céspedes, 1999).

Los compresores son el equipo con mayor consumo de energía, debido a que generalmente son impulsados por un motor eléctrico. Es el componente más costoso y el que consume más de 80% de la energía eléctrica del equipo. Su función es presurizar el aire ambiente dentro del sistema y actúa como una bomba que aspira y empuja el aire ambiente en las tuberías.

El proceso de aire comprimido no termina en el compresor. Debido al propio proceso de compresión, el aire comprimido tiene altos niveles de humedad, partículas y contenido de aceite (éste último evitable usando nuevos procesos de compresión). Esto no es deseable, no solo por el desgaste que supone para las herramientas que lo usan, sino que además esas impurezas son inadmisibles en varios de los procesos en los que el aire comprimido es usado.

Es por ello que, además del propio compresor, un sistema estándar de generación de aire comprimido incluye generalmente filtros y secadores. También es habitual la inclusión de depósitos para el aire comprimido, pues al introducirlos se logra “amortiguar” las variaciones de demanda de cara al compresor, evitando reencendidos innecesarios. El filtrado consiste en detener las partículas no deseadas y el almacenaje en la fabricación de depósitos para aire con la única particularidad de que aguanten la presión del trabajo (Zaforteza, 2013).

De acuerdo con Céspedes (1999), en el caso de aire comprimido existen muchas formas de ahorro de energía con mayor o menor repercusión en el sistema y el gasto energético total:

- *Dimensiones de los sistemas:* dimensionar adecuadamente los sistemas de aire comprimido tanto en equipo de producción y preparación como en distribución del aire.
- *Disminuir la presión de operación de la red:* todo equipo que funciona con aire comprimido posee un rango de trabajo en cuenta a la presión requerida. Existe entre los diseñadores una regla que indica que “por cada 10 psi que se puede disminuir la presión del sistema la potencia se reduce aproximadamente en un 5%”, por lo que se debe colocar la presión mínima permisible por el sistema a que se puede ajustar los compresores.

- *Rol de trabajo para un sistema de compresores de red:* si la industria posee varios compresores para la producción de aire, se debe encontrar el tiempo óptimo de operación de cada uno según la demanda.
- *Eliminar fugas en línea de distribución y accesorios:* se sabe que toda red de aire comprimido en forma ideal se toma en cuenta un 5% del caudal en fugas, y para un sistema típico en realidad posee un 20% de fugas. Existen dos métodos para determinar las pérdidas por fugas en la red. El primero es por operación de compresores sin carga, en el cual se miden el número de veces que el compresor cicla sin carga durante un tiempo específico y se aplica la fórmula:

Ecuación 6. Cálculo del ahorro de aire en el compresor.

$$Ahorro = \left(\frac{T1}{T2} \right) * kW * FC * H$$

Donde:

T1: Tiempo de operación del compresor

T2: Tiempo de medición

kW: Potencia del motor

FC: Factor de carga

H: Horas de operación de la red por año

El otro método es por medio del diámetro equivalente de la fuga, pues existen tablas de los fabricantes de equipo y diseñadores de redes donde especifican según el diámetro de la red, el diámetro equivalente de la fuga y los m³/h perdidos por fuga, totalizando la cantidad en la empresa.

- *Dividir la red de aire comprimido existente a dos presiones diferentes:* esto depende del equipo utilizado en la planta y si los rangos de demanda o volumen de ellos permiten su división en dos grupos de dos presiones diferentes, con los que la presión es en las redes más específica a cada equipo, logrando disminuir esta en las líneas.
- *Realizar el debido mantenimiento óptimo y correctivo de los equipos para su funcionamiento adecuado:* la debida implementación de un programa de mantenimiento preventivo evita los problemas de consumo excesivo por suciedad, fugas o problemas no detectados sin este método.

- *Diseño óptimo*: lo que se refiere al diseño, el ahorro puede ser parte importante dado que se conocen de antemano las especificaciones requeridas.

En general se garantiza que un incremento mínimo del 50% en la eficiencia del sistema de aire comprimido se logra si se mejora el diseño del sistema en un 15-20%, los equipos del mismo en un 15-20% y la operación y el mantenimiento de un 20-30% (Céspedes, 1999).

4.4.3. Iluminación

La luz es una forma de radiación electromagnética, similar a la radiación infrarroja, radiación ultravioleta y los rayos x, entre otros. El ser humano solo puede “ver” una parte del espectro electromagnético, el cual es el que conocemos como luz visible (Somarribas *et al*, 1996). Básicamente, la luz visible se describe como una energía radiante que es capaz de excitar a la retina del ojo humano y producir la sensación visual dentro de la porción visible de espectro electromagnético, que se extiende de los 380 a los 770 nanómetros (nm) (BUN-CA, 2009).

Los sistemas de iluminación artificial están compuestos, en su mayoría, por cuatro dispositivos:

- *La lámpara*: es la fuente de luz, puede ser un bombillo incandescente, un fluorescente lineal o una lámpara fluorescente compacta –LFC-, entre otros.
- *El balastro*: es el dispositivo electromagnético o electrónico que suministra las necesidades de corriente y tensión de la lámpara fluorescente.
- *La luminaria*: es el equipo que cumple funciones estructurales, estéticas y de control óptico de la luz.
- *El control*: es el dispositivo que controla el encendido y apagado de las lámparas de forma manual o automática (BUN-CA, 2010).

Dentro de los sistemas de iluminación artificial existen una serie de conceptos fundamentales detallados a continuación (Belenguer, 2018):

- *Flujo luminoso*: potencia de la radiación luminosa visible emitida por una fuente de luz ponderada con la sensibilidad espectral del ojo. La unidad de medida es el lúmen.
- *Intensidad luminosa*: cantidad de flujo luminoso que emite una fuente por unidad de ángulo sólido. Su unidad de medida es la candela.

- *Índice de reproducción cromática*: es una medida de la capacidad que una fuente luminosa tiene para reproducir fielmente los colores de varios objetos en comparación con una fuente de luz natural o ideal.
- *Iluminancia*: relación entre el flujo luminoso que recibe una determinada superficie y su área. Se mide en lux, el cual equivale a n lumen por metro cuadrado.
- *Luminancia*: relación entre la intensidad luminosa y la superficie aparente de la fuente de luz. Coloquialmente se puede asimilar al brillo.
- *Temperatura de color (TC)*: parámetro que caracteriza la tonalidad de la luz emitida. Es la temperatura a la que el cuerpo negro presenta una apariencia de color similar. Se expresa en kelvin (K).

Dentro del mercado existe gran variedad de tipos de lámparas descritas por BUN-CA, 2010, entre las que se destacan:

- *Incandescentes convencionales*: es el tipo de lámpara más común, pero energéticamente más ineficiente. Estos dispositivos producen calor en exceso.
- *Halógenas*: son lámparas incandescentes mejoradas que tienen una vida más larga que las incandescentes convencionales. Dentro de esta familia de lámparas se encuentran las de última tecnología llamada IRC (recubrimiento infrarrojo), que incrementa la eficiencia hasta en 65%, con respecto a las incandescentes convencionales y hasta en 30%, con respecto a las halógenas estándar.
- *Fluorescentes lineales*: son lámparas de descarga en gas que consiste en un tubo de vidrio cerrado con gases nobles, fósforo y una pequeña cantidad de mercurio. Se distinguen según su diámetro expresado en octavos de pulgada: 12/8" (T12), 8/8" (T8), 5/8 (T5). Requieren de un balastro para su funcionamiento.
- *Lámparas fluorescentes compactas (LFC)*: usan tecnología similar a las fluorescentes lineales y fueron diseñadas originalmente para sustituir las lámparas incandescentes. Estas tienen la gran ventaja de sustituir incandescentes sin necesidad de ninguna instalación especial y con ahorros de energía de entre 60% y 80%.
- *Diodos emisores de luz (LED, por sus siglas en inglés)*: son dispositivos semiconductores de estado sólido, muy robustos, fiables, resistentes a vibraciones y de muy larga duración. Dada a su larga vida, son muy recomendables para aplicaciones de operación continua, como letreros, además de teléfonos celulares y luminaria industrial y de espacios abiertos. Los LED

también se pueden atenuar con un control (dimmer). Según Hernández, 2016, la tecnología LED está desplazando al resto de tecnologías en el campo de las luminarias. Tienen enormes ventajas sobre otras fuentes de luz comunes, tales como su bajo consumo de energía, un mantenimiento casi nulo y con una vida útil aproximada de 50.000 horas o más.

A partir de los requerimientos que una empresa necesita, podrá optar por uno u otro tipo de sistema de iluminación, por lo que se plantea una comparación entre cada una las lámparas (cuadro 6).

Cuadro 6. Parámetros de las lámparas según su tipo.

Parámetros	Incandescente Convencional	Halógeno	Fluorescente Lineal	Fluorescente compacto	LED
Potencia (W)	3 – 1 500	3 – 1 500	4-215	4-40	0,1 a 10
Eficacia (Φ /W)	6 – 24	18-33	50-100	50-80	25 – 83
Vida útil (horas)	750 – 2 000	2 000 – 4 000	7 500 – 24 000	8 000 -20 000	50 000
Índice de reproducción cromática (IRC)	98+	98+	49-92	82-86	50-85
Mantenimiento de luminancia	Buena / Excelente	Excelente	Razonable / Buena	Buena	Buena / Excelente
Costo Inicial	Muy bajo	Bajo	Medio alto	Medio	Alto a muy alto
Costo Operación Anual	Muy alto	Muy alto	Bajo a regular	Regular	Bajo a muy baja
Aplicación Idónea	Público – Industrial	Industrial	Aposento	Público – Industrial	Público – Industrial

Fuente: BUN-CA, 2010

La durabilidad de la luminaria y en general de los equipos electrónicos depende en gran parte de sus envolventes debido a que constituyen preventiva y funcionalmente un elemento importante. Deben garantizar una protección contra contactos directos de las personas, una protección del propio equipo contra penetración de agentes ambientales sólidos y líquidos (código IP) y contra los impactos mecánicos externos, evitando deterioros que pueden afectar a la seguridad de los usuarios o al funcionamiento y longevidad del aparato.

El propósito de la iluminación en una industria es proporcionar luz suficiente en cantidad y calidad para tener seguridad, visibilidad y productividad en un ambiente confortable (BUN-CA, 2009). La iluminación en la industria es un uso final significativo de alrededor de un 12%; dependiendo de la industria este porcentaje puede variar y tomar más fuerzas e inclusive ser el punto de mayor peso en el consumo de energía eléctrica (Céspedes, 1999).

De igual forma Céspedes (1999) nombra una serie de medidas puntuales que se pueden implementar para mejorar el rendimiento de las luminarias: bajar la altura de las luminarias y ubicarlas sobre las áreas de trabajo, y no dispersas sobre toda el área; instalar tragaluces; pintar los techos, paredes y pisos con colores claros (blanco, celeste, crema) y con altos índices de refracción; colocar reflectores de aluminio anodizado y difusores de tipo parabólico de alta eficiencia en luminarias fluorescentes; sectorización con interruptores de las áreas de trabajo con un gran número de luminarias; instalación de sensores y controles de presencia en oficinas o áreas cerradas de poco tránsito; y generación de un programa de limpieza o sustitución de luminarias, reflectores y difusores.

4.5. Beneficiado de Café

A lo largo de la historia de Costa Rica, el sector cafetalero ha representado un importante aporte en la economía; para el año 2014 generó la cantidad de 277,33 millones USD en divisas para el país, solo por detrás del banano. Estas divisas representaron el 2,46% del total de ingresos por exportaciones del país y un 10,58% del total de divisas generadas por el sector agropecuario (ICAFE, 2015).

En Costa Rica, la comercialización del café se encuentra totalmente en manos del sector privado, pero el Estado mantiene la supervisión y control de la misma a través del Instituto del Café de Costa Rica (ICAFE), donde están representados todos los sectores que intervienen en la actividad: productores, beneficiadores, exportadores y torrefactores. Las relaciones entre estos cuatro sectores están reguladas por las distintas disposiciones en la Ley N° 2762 del 21 de junio de 1961 y sus reformas, asimismo por el Reglamento a la citada Ley. Esto con el propósito de garantizar una participación justa para cada ente participante en la actividad cafetalera (ICAFE, 2015).

El ICAFE, define a cada uno de los participantes del sector cafetalero costarricense de la siguiente manera:

- *Productor*: es aquella persona física o jurídica que tiene derecho a explotar una plantación de café por cualquier título legítimo y es quien entrega el café en fruta al beneficiador.
- *Beneficiador*: es aquella física o jurídica que posee una o más plantas de beneficio y cuya responsabilidad consiste en recibir, elaborar, vender y financiar el café. Recibe la materia prima o café fruta de muchos caficultores a través de centros de acopio (recibidores) y lo transforman en café oro. Existen Beneficios de café en todas las regiones cafetaleras del país.
- *Exportador*: es el vínculo con el exterior. Su función principal consiste en preparar y suministrar volúmenes de café a compañías importadoras y/o tostadoras que operan en los principales países consumidores.
- *Torrefactores*: corresponde a personas físicas o jurídicas propietarias de establecimientos dedicados al tostado, molido o cualquier otro proceso industrial del grano, así como su comercialización en el ámbito nacional.

En Costa Rica existen tres grupos bien definidos de beneficios: los que forman parte de un grupo exportador, los del sector cooperativo y los independientes. Con respecto a la cosecha 2014-2015, los beneficios del sector cooperativo fueron los que acumularon el mayor porcentaje de café beneficiado, con un 41,5% del total nacional, los independientes con un 34,5% y los ligados a exportadores con un 24%. Otro dato importante en el proceso de beneficiado de café es el hecho que solo 6 beneficios lograron procesar más de 70 000 fanegas de café (ICAFE, 2015).

A nivel de la región centroamericana, un Beneficio Húmedo de Café consta básicamente de las siguientes operaciones: recepción, clasificación, despulpado, fermentación, transporte, clasificación, lavado, secado, empaque y almacenamiento. Sin embargo, no se puede hablar de una serie de operaciones universales, debido a que cada beneficio adecua las operaciones a su realidad y condiciones (CGPML, 2004).

El beneficio húmedo de café en Costa Rica consiste en la compra del café fruta. Una vez recibido el café fruta este se despulpa, obteniendo lo que se llama café pergamino húmedo con mucílago (miel del café) a un 50% de humedad. Durante esta etapa, se obtienen como residuos la pulpa (broza), agua de proceso y las mieles. Una vez desmucilaginado, el café pergamino recibe un pre-secado, que en ocasiones se convierte en un proceso pulmón mientras se descongestiona el área de secado. El proceso de pre-secado se puede realizar de manera mecánica o solar. Este da como resultado transformar un

café pergamino con un 50% de humedad a uno con 35% aproximadamente, para seguir con el secado mecánico (Área Técnica Productiva, 2016).

El proceso de secado consiste en el uso de máquinas denominadas guardiolas, donde por medio de hornos de fuego indirecto se seca el café pergamino a un 11,5% de humedad. Finalmente, cada guardiola es catada y se determina el silo de almacenamiento. Los residuos de este proceso de secado y pre-secado son las emisiones atmosféricas producto de la combustión de la leña y cascarilla de café en los hornos, así como las cenizas generadas por el uso de biomasa ((Área Técnica Productiva, 2016).

Posteriormente, de acuerdo a los requerimientos de la exportadora y del beneficio seco, el café pergamino es trillado, en un proceso que consiste en remover el pergamino del café para finalmente obtener el café oro o en verde (figura 9). El café oro es depurado para descartar defectos que pueda tener, para finalmente ensacarlo en sacos de 60 kg. Como residuos se obtiene la cascarilla de café, que es utilizada como combustible en los hornos (Área Técnica Productiva, 2016).



Figura 9. Distintas etapas que sufre el café durante el proceso de beneficiado.

Fuente: Cortés y Méndez, 2018.

4.5.1. Beneficios Volcafe Costa Rica

El Grupo Volcafe es la división de café de la transnacional ED&F Man, la cual es una empresa dedicada al comercio de productos principalmente en azúcar, melaza, café y granos. Para el caso de Volcafe, está presente en los países que en conjunto representan más del 90% de la producción mundial, incluyendo Brasil, Colombia, Perú, China, Costa Rica, Honduras, Guatemala, Kenia, Tanzania, Uganda, Etiopía, India, Vietnam, Indonesia y Papúa Nueva Guinea (ED&F MAN, 2017).

En el caso de Beneficios Volcafé Costa Rica, es una empresa dedicada al proceso de transformación y comercialización del café maduro hasta el café oro. En Costa Rica cuenta con cuatro plantas beneficiadoras:

- Beneficio San Diego, ubicado en San Rafael Arriba de Desamparados
- Beneficio Santo Domingo, situado en Santo Domingo de Heredia
- Beneficio El General, localizado en San Isidro de Pérez Zeledón
- Beneficio BENESAI, ubicado Sarchí de Alajuela.

Además, el grupo cuenta con la exportadora, Café Capris, con el beneficio seco El Dos Mil y las oficinas administrativas, todo ello localizado en Santo Domingo de Heredia. En total, el grupo Volcafé Costa Rica procesa cerca de 220 000 fanegas de café por cosecha.

En el caso del Beneficio Volcafé San Diego, es la planta de mayor producción del grupo en Costa Rica, con un recibo de 188 000 fanegas de café para la cosecha 2015-2016, de las cuales 148 000 fanegas fueron despulpadas en la planta y 110 000 quintales de café pergamino fueron secados en el beneficio. Esta cosecha ha significado la de mayor producción en más de diez años para el beneficio. Estas instalaciones entran en la clasificación de beneficio comercial–tecnificado, con el siguiente proceso productivo (figura 10):

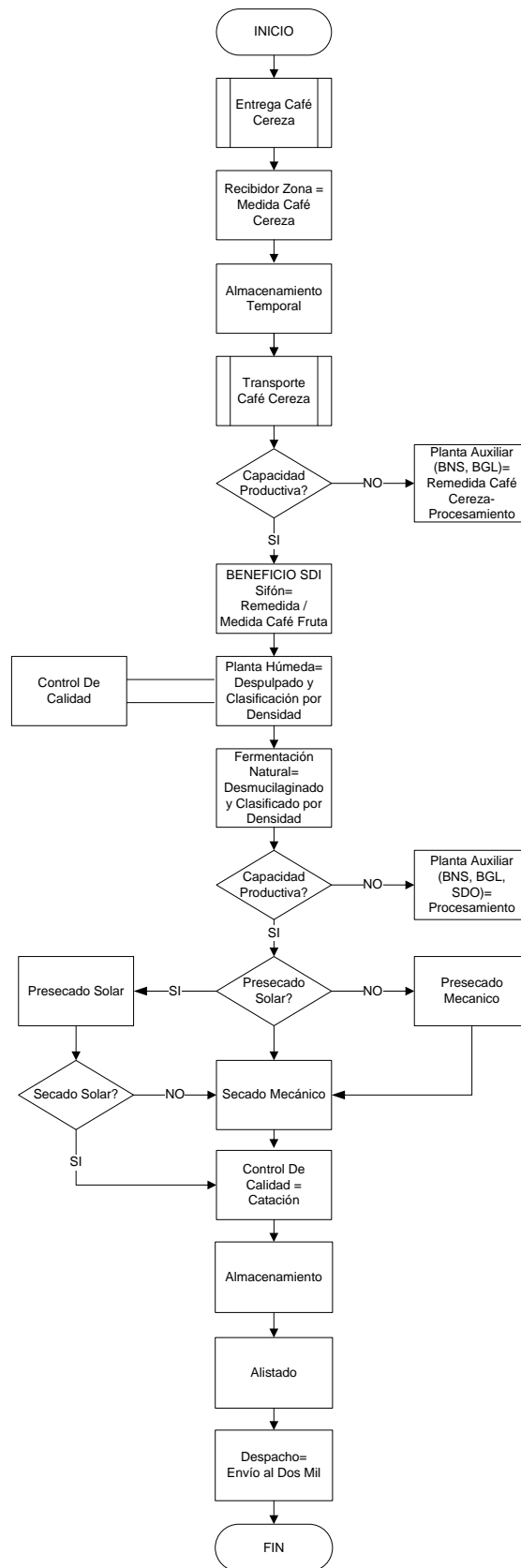


Figura 10. Proceso productivo del Beneficio Volcafe San Diego.
Fuente: Elaboración propia.

5. METODOLOGÍA Y TÉCNICAS APLICADAS

La metodología y técnicas a aplicar incluyen el tipo de investigación, la descripción de variables del estudio y la metodología aplicada.

5.1. Tipo de investigación

El enfoque del proyecto a desarrollar presenta mayoritariamente un enfoque cuantitativo. Este se define según Hernández (2014, pp 4) como el enfoque que “utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías”.

Dentro de las características de este enfoque cuantitativo, destacan:

- Se plantea un estudio delimitado y concreto.
- Se realiza una investigación bibliográfica, para construir un marco teórico.
- Se establece el alcance del estudio.
- Se elabora la hipótesis, o aquellas cuestiones que se van a examinar durante el estudio.
- Se realiza una recolección de datos por medio de las mediciones de las variables. Estas mediciones se realizan bajo procedimientos ya aprobados y estandarizados, y que así permita comprobar la veracidad de la información.
- Se realiza un análisis de los datos obtenidos.
- Se formulan el reporte de resultados y aspectos de mejora para el proceso analizado.

El alcance del presente proyecto, dentro de los propuestos por Hernández (2014), es el de carácter *correlacional*, el cual tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que existe entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto particular. Esto debido a que se determinará la relación entre el consumo energético y la eficiencia de los procesos y equipos utilizados en el área de estudio.

5.2. Descripción de las variables del estudio

La determinación de las variables en el estudio permite medir el nivel en que se alcanzan los objetivos planteados. Dadas las características del estudio y las necesidades, se han planteado las variables detalladas en el cuadro 7.

Cuadro 7. Variables e indicadores del estudio.

Variable	Definición	Indicador
Consumo energético	Es la cantidad de potencia requerida por un equipo en una unidad de tiempo para desempeñar los trabajos requeridos.	kWh/quintal pergamino oro kWh/mes kWh/año
Factibilidad económica	Análisis de costos y beneficios asociados a las oportunidades de conservación de la energía determinadas.	Inversión/ahorro
Factibilidad técnica	Disponibilidad de recursos técnicos necesarios para la implementación de las oportunidades de conservación de la energía determinadas.	Fichas técnicas de equipos

Fuente: Elaboración propia.

Cada una de estas variables responde a un indicador en específico, de forma tal que permita la cuantificación y caracterización de los datos obtenidos en la investigación.

La metodología empleada se basó en la unión de los siguientes manuales:

- Manual del Programa Administrador de la Energía, realizado por la Cámara de Industria de Costa Rica (2016), del cual se basó gran parte de la investigación. En primera instancia el diagnóstico cuya finalidad fue la obtención del balance energético del proceso en estudio. A partir de este diagnóstico, se analizó la factibilidad técnica y económica de posibles mejoras al proceso, así como el establecimiento de un sistema de gestión de energético.
- Metodología de Beneficios Volcafe Costa Rica para la determinación de la eficiencia energética en motores eléctricos (2016), la cual es una adaptación realizada por el Área Técnica Productiva de Beneficios Volcafe de la realizada por el Instituto de Ingeniería

Eléctrica y Electrónica (IEEE). Esta metodología, fungió como directriz en las mediciones realizadas en los motores eléctricos del proceso productivo en estudio.

La metodología desarrollada en estos manuales anteriormente mencionados fue considerada como la base para el estudio en cuestión.

5.3. Planeación y Organización

Para la realización de la investigación, se contó con el apoyo de la administración del Beneficio Volcafe San Diego, para la obtención de la información requerida para el estudio y el cumplimiento de sus objetivos. Además, el Área Técnica Productiva de Beneficios Volcafe Costa Rica, facilitó los equipos (analizador de redes, tacómetro digital y cámara termo-gráfica) para ejecutar las mediciones correspondientes, así como asesoría en la realización de las mismas.

Entre las personas que colaboraron en la coordinación y elaboración del estudio se encuentran: Gerente del Área Técnica Productiva, Ingeniero Eléctrico, Ingeniero de Planta San Diego así como los operarios del proceso.

El área de estudio definida corresponde al proceso de alistado o trillado de café, considerando que este proceso es constante durante todo el año, no depende exclusivamente de la época de cosecha, por lo que facilita el desarrollo de las mediciones energéticas, así como el análisis del proceso específico. Cabe destacar que, dado que el proceso es constante durante el año, su consumo se ve reflejado en la facturación eléctrica del beneficio, por lo que en épocas de no cosecha donde juega un papel importante la tarifa eléctrica, es de mayor relevancia la gestión adecuada en el uso de la energía, y que de esta forma se eviten cobros por multas, y propiciar el ahorro energético.

5.4. Metodología aplicada

A continuación, se detallan las etapas metodológicas para el desarrollo del proyecto.

5.4.1. Diagnóstico Energético

En el diagnóstico energético se realizó un estudio considerando desde una visión general del área de estudio (en este caso la factura eléctrica) hasta lo más específico del proceso productivo de alistado del café, como lo son los equipos y luminarias. A partir de ello se permite determinar con exactitud el balance energético del proceso; sirviendo como un punto de partida para aplicar un sistema integral de gestión para el ahorro de la energía. Además de la evaluación técnica y económica de medidas de disminución de consumo energético sin afectar negativamente los niveles y condiciones de producción.

El diagnóstico se realizó en varias fases, detalladas a continuación:

5.4.1.1. Planeación y recopilación de información inicial

En esta primera fase, fue fundamental contar con el aval de la alta administración de la organización para así elaborar de manera eficiente el estudio. A partir de este punto, se elaboró una estrategia de trabajo, la cual incluyó la recopilación de información de al menos los tres últimos años, entre la que se encuentra:

- Diagrama de flujo del proceso productivo.
- Producción del proceso productivo en estudio.
- Tarifas eléctricas de la planta.

Además, se solicitó información de otras plantas del grupo Volcafé Costa Rica, permitiendo así un punto de comparación en el análisis energético.

5.4.1.2. Recopilación de información en la instalación.

La segunda fase es una recopilación de información en la instalación. Esta etapa es de las más críticas, debido a que la veracidad de la información obtenida determina la calidad del diagnóstico desarrollado. Para esta fase se realizó propiamente en las instalaciones. Y consta de los siguientes apartados:

a. Inventario y caracterización de los equipos.

A partir del diagrama de flujo, se realizó un inventario de toda la maquinaria con la que cuenta el proceso productivo. En él se consideraron características eléctricas de los respectivos motores eléctricos indicadas en sus placas de fabricación. Además de la toma de fotografías tanto del equipo, como del motor y de la placa. De igual forma se realizó con las luminarias y con el compresor eléctrico.

b. Mediciones y cálculos energéticos

Estas mediciones se realizaron en tiempo real con el equipo operando propiamente con café y no al “vacío”. Se coordinó con la oficina de producción para que las mediciones se efectuaran con café de primera calidad debido a que es un tipo café más uniforme en su grano y peso por lo que no afectaría con el trabajo normal de los equipos. Estas mediciones a su vez están divididas en los equipos a analizar:

b.1. Motores eléctricos

Para determinar la eficiencia en los motores eléctricos se utilizó la metodología de Volcafé Costa Rica, la cual se basa en la realizada por el IEEE (Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica). Para el manejo de datos se utilizó Microsoft Excel, en el cual se recolectó la información del motor y los resultados de las mediciones correspondientes, para que, por medio de fórmulas previamente establecidas, el programa calcule los resultados correspondientes. La matriz desarrollada se detalla en la figura 11.



IDENTIFICACIÓN			
Beneficio:		Área:	
Tablero:		Código Equipo:	
Equipo:		Código Motor:	

DATOS DEL MOTOR			
Marca:		Temperatura de Trabajo (°C):	
Modelo/Tipo:		Fases y HZ:	
Numero de Serie:		HP:	
Factor de Servicio:		Voltios (V):	
Tipo de Carcaza:		Amperios (A):	
IP:		RPM nominal:	
Clase de Aislamiento:		Velocidad de Sincronización:	
Indice de Eficiencia:		Deslizamiento a plena carga:	

VALORES DE MEDICIÓN			
Votaje Promedio:		RPM Operación:	
Amperaje Promedio:		Horas de Operación:	
kW Promedio:		Precio Promedio kWh (Colones):	

VALORES CALCULADOS			
Deslizamiento de funcionamiento (RPM):		Factor de potencia (%):	
Porcentaje de carga (%):		Pedidas de kW (kW):	
Caballaje de salida (HP):		Precio anual de operación (Colones):	
kW de salida:		Precio anual de perdidas:	
Porcentaje de eficiencia (%):		Ahorro anual por cambio de motor de alta eficiencia (Colones):	
KVA de entrada:		Costo del reemplazo de motor amortización simple, años (Colones):	

MOTOR	PLACA

OBSERVACIONES

Figura 11. Hoja de cálculo para determinar la eficiencia energética en los motores eléctricos.
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la figura 11, en la primera sección *Identificación*, se ingresaron los datos de la compañía, el área de producción, identificación del tablero eléctrico, equipo que corresponde y su código, así como el código del motor. Para la segunda sección *Datos del Motor*, son los datos correspondientes a la placa del motor; tales como marca, modelo/tipo, factor de servicio, HP, voltios, amperios, RPM nominal, entre otros.

La siguiente sección es de *Valores de Medición*, los cuales se tomaron de un analizador de redes eléctricas y un tacómetro digital. Con el analizador de redes eléctricas se obtuvo el voltaje y corriente promedios generados por cada motor eléctrico, así como los kW consumidos. Por medio del tacómetro digital se obtuvo la velocidad de operación (RPM). Las horas de operación del motor se tomaron durante un mes, en donde hubo mayor operación; mientras que el precio promedio de kWh fue tomado de la facturación de la compañía eléctrica que brinda el servicio.

El analizador de redes eléctricas utilizado es de la marca EXTECH INSTRUMENTS modelo 382095, ajustado a un sistema 3P4W (calidad de energía de 3 fase 4 hilos). Para el análisis de cada motor eléctrico, se obtuvo tres valores de corriente y voltaje por lo que fue necesario sacar un promedio de los mismos; para los kW el equipo determina un dato acumulado (figura 12). En cuanto al tacómetro digital se utilizó uno marca GENERAL modelo No. PCT900, la medición se realizó mediante contacto durante un minuto, el mismo instrumento determina un promedio de las mediciones.

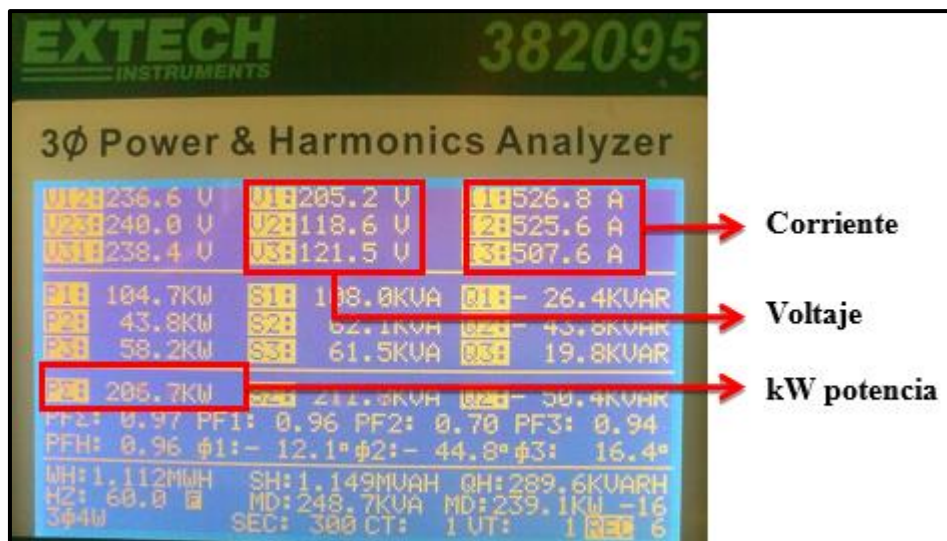


Figura 12. Visualización de resultados obtenidos del analizador de redes eléctricas.
Fuente: Elaboración propia.

En la sección *Valores Calculados*, estos fueron determinados a partir de los datos del motor y los valores medidos por medio de una serie de fórmulas matemáticas detalladas en el siguiente cuadro 8. Además, el cálculo de la incertidumbre se realizó de forma directa e indirecta, según correspondió. Para las mediciones directas se tomó la incertidumbre dada por los manuales de los equipos utilizados (tacómetro digital y analizador de redes); y para el caso de las incertidumbre indirectas se realizaron los cálculos respectivos.

Cuadro 8. Fórmulas de cálculo de valores de medición.

Aspecto	Fórmula Matemática
Deslizamiento de funcionamiento (RPM):	Velocidad de sincronización – RPM Operación
Porcentaje de carga (%):	$\left(\frac{\text{Desplazamiento de funcionamiento}}{\text{Desplazamiento a plena carga}} \right) * 100$
Caballaje de salida (HP):	$\frac{\text{HP} * \text{Porcentaje de carga}}{100}$
Potencia de salida (kW):	Caballaje de salida * 0.746
Porcentaje de eficiencia (%):	$\left(\frac{\text{kW Salida}}{\text{kW Promedio}} \right) * 100$
Potencia aparente de entrada (kVA):	$\frac{\text{Voltaje Promedio} * \text{Amperaje Promedio} * 1.732}{1000}$
Factor de potencia (%):	$\left(\frac{\text{kW Promedio}}{\text{kVA de entrada}} \right) * 100$
Pérdidas de potencia (kW):	kW Promedio – kW Salida
Precio anual de operación (¢):	kW Promedio * Horas Operación * Precio Promedio kWh
Precio anual de pérdidas:	Pérdidas de kW * Horas Operación * Precio Promedio kWh
Ahorro anual por cambio de motor de alta eficiencia (Colones):	$(\text{kW Salida} * \text{Horas de Operación} * \text{Precio Promedio kWh}) * (90 - \text{Porcentaje de eficiencia})$

Fuente: Elaboración propia.

b.2. Compresor

El sistema de aire comprimido utilizado en las básculas de pesaje del proceso productivo parte de la utilización de un compresor. A diferencia de los motores eléctricos, este opera cada vez que su tanque de almacenamiento de aire pierde un determinado valor de presión, por lo que el compresor se enciende para recargarse. Estos lapsos de tiempo son de apenas unos cuantos minutos, por lo que las mediciones en tiempo real no son posibles.

Por lo tanto, el análisis energético del compresor se realizó de manera indirecta, de tal forma que se tomó el tiempo en que el compresor está encendido por día para así obtener un promedio de operación anual, además se tomaron los datos de funcionamiento como potencia y cantidad de aire que comprime por hp o por kW.

Considerando la información detallada anteriormente, tiempo encendido promedio y potencia teórica del compresor, se realizó el cálculo del consumo energético del compresor durante el proceso de alistado del café. Dado por el siguiente cálculo:

Ecuación 7. Cálculo del consumo energético del compresor.

$$\frac{kWh}{mes} = T(h) * kW$$

Donde,

W: potencia

T (h): Tiempo de trabajo efectivo en horas

h mes: horas de operación al mes

b.3. Luminarias

En cuanto al análisis de las luminarias existentes en el área, se utilizó inicialmente una matriz (cuadro 9) con detallada información de consumo de cada uno de los equipos de este tipo. Esta herramienta permitió analizar el comportamiento de consumo de energía específicamente por equipo.

Cuadro 9. Matriz para la evaluación de consumo energético de las luminarias en el área de alistado.

Ítem	Lugar	Ubicación	Marca	Potencia (W)	Voltaje (V)	Medidas	Tipo	Tubos/Bombillos
1								
2								
Cantidad de luminarias	Balastro (Si/No)	Tubos dañados	Horas de uso por día	Días de uso por mes	Consumo de energía eléctrica (kWh/mes)	% Consumo	Total, consumo mensual	Total, consumo anual

Fuente: Elaboración propia.

El consumo de energía eléctrica al mes es dado por la siguiente ecuación:

Ecuación 8. Cálculo del consumo energético mensual.

$$\frac{kWh}{mes} = \frac{W * CL * h \text{ mes}}{1000}$$

Donde,

W: potencia

CL: cantidad de luminarias

h mes: horas de operación al mes

c. Toma de imágenes termográficas

Parte de las pérdidas eléctricas se ven reflejadas en el calentamiento en la estructura de un equipo. Para evidenciar este fenómeno, se empleó una cámara termográfica marca FLIR E-Series (figura 13); en donde se tomó una fotografía de cada uno de los motores eléctricos con los que cuenta el área de estudio, así como a los paneles eléctricos y al compresor. La información obtenida sirve como insumo para la toma de decisiones con respecto a la gestión del mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos, puesto que las instalaciones eléctricas y mecánicas suelen calentarse antes de fallar.



Figura 13. Cámara termográfica FLIR E- Series.

Fuente: FLIR Systems AB, 2011.

En cuanto a motores eléctricos, la cámara termográfica permite la detección de motores sobrecalentados y con problemas de bobinado interno, que directamente son factores de ineficiencia energética, debido a que la energía eléctrica se consume en calor y no en energía mecánica (figura 14).

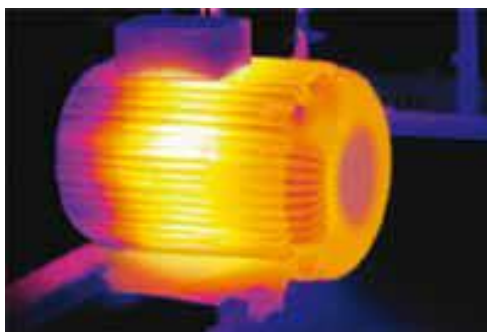


Figura 14. Fotografía termográfica de un motor eléctrico con problema de bobinado interno.

Fuente: FLIR Systems AB, 2011

d. Análisis de la factura eléctrica

Se realizó con base a las facturas del consumo eléctrico de tres años (2015, 2016 y 2017) del Beneficio Volcafe San Diego. Este análisis se centró en la gestión de tres componentes de la factura: el consumo, demanda energética y factor de potencia. Para cada uno de estos componentes se analizó su distribución histórica, con el fin de determinar patrones de consumo e infracciones u errores en la correcta gestión del uso de la corriente eléctrica con respecto a los acuerdos establecidos con la empresa distribuidora de la electricidad.

Para el análisis del consumo energético, fue necesario la comparación de datos de otras plantas del Grupo Volcafe Costa Rica: Santo Domingo (SDO), Sarchí (BVS) y El General (BGL), con el fin de establecer patrones de consumo y de costos energéticos.

En cuanto a la demanda y al factor de potencia, se basó en el estudio histórico con el objetivo de detectar en que meses no se cumplió con la gestión de la energía adecuada, lo que generó el pago de multas por parte del beneficio.

e. Indicadores de Eficiencia

A partir del análisis de la facturación eléctrica y la producción mensual del proceso productivo en estudio, se determinan indicadores de eficiencia entre la producción generada con respecto al consumo eléctrico. Para el análisis, se realizó una comparación con respecto a los datos de los años 2015, 2016 y 2017, así como los indicadores calculados para otra planta del grupo, el Beneficio Volcafe Sarchí. Bajo este análisis se logra determinar los costos productivos y la evolución de la eficiencia energética y productiva del proceso.

f. Balance Eléctrico

El balance eléctrico comprendió el análisis de los resultados obtenidos de las mediciones y los cálculos de consumos eléctricos por parte de los equipos que conforman el proceso en estudio.

Para los motores eléctricos, se enfatizó en el análisis del factor de potencia, así como de la eficiencia eléctrica de cada uno de los equipos. A partir de este análisis se logró determinar que motores eléctricos cumplen con los estándares adecuados de la eficiencia energética. Se estableció el consumo eléctrico de los motores, así como del costo económico que representan.

Adicionalmente, se realizó la evaluación de las imágenes termográficas tomadas a los motores y a los paneles eléctricos, con el fin de analizar las pérdidas reflejadas en el calentamiento de los equipos.

De igual forma, se realizó el análisis de los cálculos obtenidos del consumo energético del compresor y de las luminarias, para finalmente contar con balance general del área de alistado y su proporción con respecto al total facturado por el beneficio.

5.4.2. Factibilidad Técnica y Económica

El análisis de factibilidad técnica para las propuestas de ahorro de energía se realizó por medio de un análisis de los potenciales ahorros energéticos según la información obtenida del diagnóstico energético. Para el caso de los motores eléctricos y del compresor, el cambio o sustitución por tecnología más eficiente viene dado por tres variables:

- a) Vida útil del motor. Alrededor de los 15 a 20 años, el cual debe ser especificado por el fabricante.
- b) Cantidad de veces rebobinado. Máximo 2 rebobinadas, en los motores de calidad estándar. Cada rebobinada representa pérdidas considerables de eficiencia eléctrica.
- c) Eficiencia eléctrica del motor. Los motores de eficiencia estándar declarada por el fabricante de 77%. Además, se debe de tomar en cuenta, si el motor presenta un bajo factor de potencia.

En caso que se cumplan al menos dos de estas condiciones, se plantea técnicamente la sustitución del motor por uno de una eficiencia energética mayor.

Para el caso de las luminarias, se evalúa el uso de tecnología de menor consumo energético y con una igual o mejor luminiscencia, sin verse afectada la producción. Se determinó el periodo de recuperación de la inversión por sustituir la tecnología actual por tecnologías limpias con mayor eficiencia energética, mediante el empleo de una fórmula matemática:

Ecuación 9. Cálculo del periodo de recuperación de la inversión.

$$\textit{Periodo de recuperaci3n} = \frac{\textit{Inversi3n}}{\textit{Ahorro}}$$

Donde,

Inversi3n: Costo que tiene la nueva tecnología

Ahorro: Diferencial del costo de operaci3n anual del dispositivo por el cual se va a sustituir el menos eficiente.

5.4.3. Sistema de Gestión de la Información

Una de las formas de garantizar que se desarrollen buenas prácticas dentro de un proceso es por medio de la implementación de un sistema de gestión de la información, el cual permitirá que las acciones perduren en el tiempo, y estén estandarizadas según las necesidades de la organización.

Según la información obtenida en el diagnóstico anterior, se identificaron puntos de mejora sobre los cuales resulta importante desarrollar acciones que busquen optimizar la eficiencia de los equipos en el área de alistado del Beneficio Volcafe San Diego. Para el caso en estudio, este se incluyó dentro de un Programa de Gestión de la Energía.

Se incluyen las temáticas a trabajar y los objetivos a cumplir, así como las actividades que se deben desarrollar para el cumplimiento de esos objetivos. Además, se detallan los responsables de la ejecución de cada uno de ellos, y que de esta forma se permita darle un seguimiento a la implementación de los mismos. De la misma forma, se levantaron fichas técnicas de los equipos involucrados en el proceso de alistado, así como de procedimientos con el fin de que se conviertan en una herramienta para el control y seguimiento de eficiencias y requerimientos de mantenimiento, entre otros

El programa en mención se desarrolló siguiendo la línea de la norma ISO 50001 Sistemas de Gestión de la Energía, la cual establece los requisitos que debe de tener un sistema de gestión de la energía en una organización, para sistematizar la mejora de su desempeño energético, el aumento de su eficiencia energética y la reducción de los impactos ambientales; así como el incremento de sus ventajas competitivas dentro de los mercados en los que participan (ISOTools, 2014). Cabe destacar que, dada la naturaleza de las normas de gestión, esta ISO 50001 puede integrarse con alguna otra norma implementada en la organización, como lo es la ISO 9001.

6. RESULTADOS

Seguidamente se detalla el análisis de los resultados obtenidos con respecto al diagnóstico energético, la factibilidad técnica y económica, y el sistema de gestión de la información.

6.1. Diagnóstico energético

A continuación, se presenta el detalle del diagnóstico energético que consta de cuatro partes. La primera corresponde al estudio de la factura eléctrica para todo el Beneficio Volcafe San Diego, seguido de un análisis del proceso e inventario de equipo y luminarias para el área de alistado. Las dos últimas partes consisten en el balance energético de los equipos y luminarias para el área en estudio y finalmente de los indicadores del consumo eléctrico con respecto a su producción y a otro beneficio de la corporación.

6.1.1. Análisis de la factura eléctrica

El distribuidor de la energía eléctrica de la zona de ubicación del beneficio corresponde a la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL). Dado el que beneficio es una industria, esta cuenta con la tarifa industrial promocional, la cual divide los consumos en punta, valle y nocturno, siendo estos dos últimos los de menor costo. A continuación, el detalle del análisis de los diferentes componentes de la factura.

6.1.1.1. Gestión del consumo energético

Como es característico en la industria agropecuaria, la producción depende de la cosecha del producto. En lo que corresponde al Beneficio Volcafe San Diego, que recibe café principalmente de la Zona de los Santos y de los cantones de Aserrí y Acosta, la cosecha de café se da entre los meses de noviembre a marzo, tal como se puede evidenciar en la figura 15, donde los consumos de kWh aumentan considerablemente durante los meses en mención.

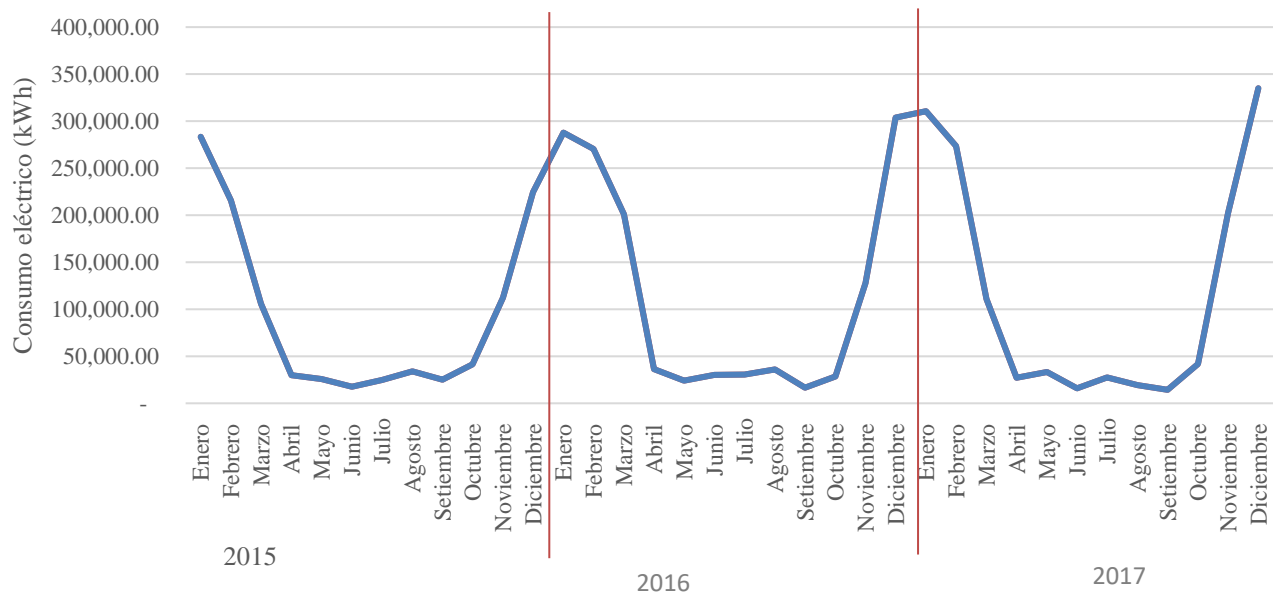


Figura 15. Consumo eléctrico del beneficio Volcafe San Diego (kWh) durante los años 2015, 2016 y 2017.
Fuente: Elaboración propia.

En lo que corresponde a los costos de la factura eléctrica, durante la época de trillado y mantenimiento tiene un valor promedio de $\text{¢}2\,000\,000$; mientras que, para la época de cosecha, los costos aumentan considerablemente, debido a que todos los equipos de la planta se encuentran en uso, por lo que su costo llega a alcanzar los $\text{¢}15\,500\,000$. Para el año 2015 se registró un consumo total de 1 140 220 kWh, para el 2016 fue de 1 393 034 kWh, y para el año 2017 1 411 901 kWh; lo que demuestra un aumento de 24% en el consumo energético desde el año 2015 al 2017.

En comparación con respecto a las plantas de procesamiento de la misma empresa se demuestra que, dado que el Beneficio Volcafe San Diego es el de mayor producción, tiene, por consiguiente, el mayor consumo. En la figura 16 se puede observar el mismo comportamiento de los consumos en estos beneficios que conforman el Grupo Volcafe Costa Rica: San Diego (SDI), Santo Domingo (SDO), Sarchí (BVS) y El General (BGL), respectivamente en la imagen.

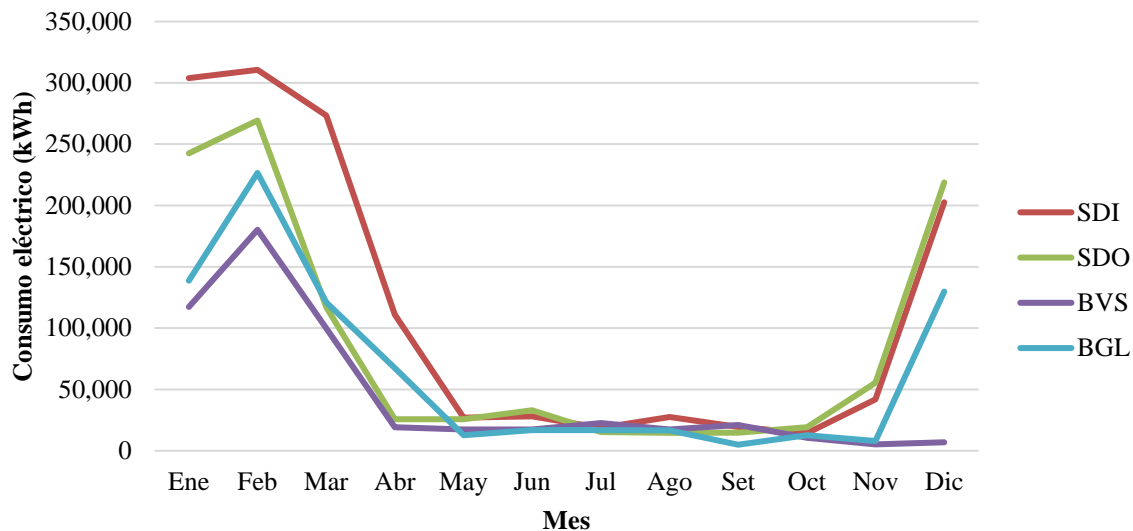


Figura 16. Comparación de consumos energéticos en kWh de los beneficios del Grupo Volcafe Costa Rica (2017).

Fuente: Elaboración propia.

Tal como se muestra en la figura anterior, el comportamiento de los consumos responde a una tendencia en la producción de los beneficios. Sin embargo, esta varía especialmente según las dimensiones de producción de cada uno de ellos, así como por la tecnología en la maquinaria y equipos utilizados.

6.1.1.2. Gestión de la demanda energética

La demanda es la cantidad de potencia activa que se usa para el funcionamiento de los equipos eléctricos de la empresa pero que están conectados al sistema eléctrico de la compañía de distribución. De todos los valores de demanda que registra el medidor en un mes de facturación, en intervalos de 15 minutos, almacena en su memoria interna el valor máximo y se factura en el recibo por servicios eléctricos ese valor máximo (CICR, 2016). Para el caso de la tarifa, con la cual cuenta el Beneficio Volcafe San Diego, se presenta una lectura de demanda máxima para cada uno de los periodos en que se divide el día: punta, valle y nocturno; exceptuando sábados y domingos.

La figura 17, muestra las demandas registradas mensualmente del año 2015 al 2017, para el beneficio en estudio. Siguiendo el comportamiento productivo, y la carga de producción en el proceso, durante los meses de noviembre a febrero, especialmente, es inevitable el uso de toda la maquinaria, inclusive

irrespetando los horarios establecidos por la compañía distribuidora. Sin embargo, el aumento en la factura eléctrica es aceptado considerando la dinámica de la producción en los meses de cosecha.

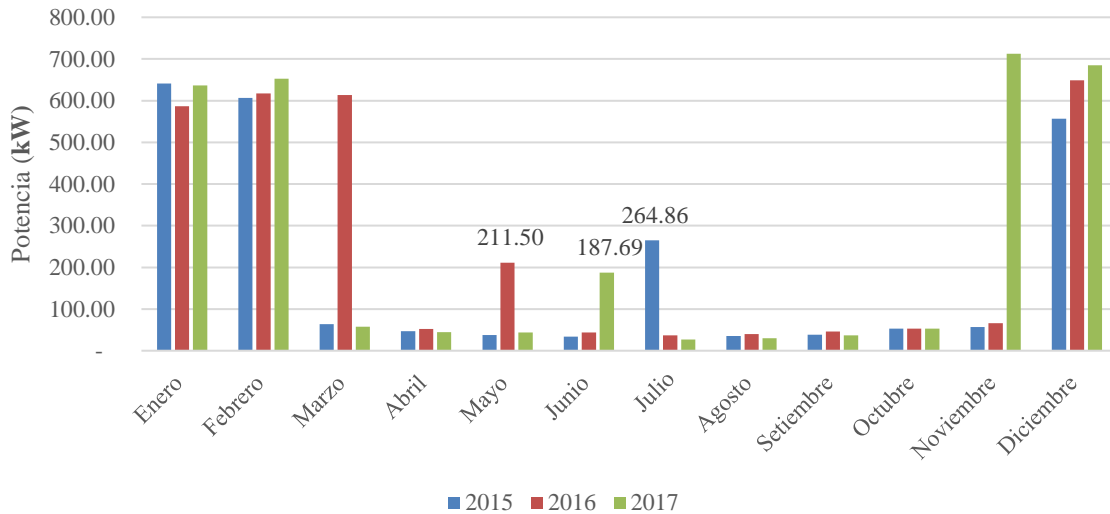


Figura 17. Demanda energética (kW) del beneficio Volcafe San Diego durante los años 2015, 2016 y 2017.

Fuente: Elaboración propia.

Durante los meses de julio del 2015, mayo del 2016 y junio del 2017, se registró un aumento considerable en la demanda máxima, que se vio reflejado en la facturación correspondiente, tal como se muestra en la figura 16. De parte de los encargados del Área Técnica Productiva, se tiene establecido una serie de indicaciones que regulan la demanda máxima, lo cual pudo haber fallado durante los meses indicados anteriormente.

Bajo un convenio con la CNFL, la tarifa con la que cuenta el beneficio es una de tipo promocional, lo que les facilita la operación en un horario nocturno y valle, debido a que el costo de kW es el mismo en estos dos periodos. Para regular el costo del kW, la empresa realiza un desplazamiento, este se refiere a que al total de la carga de kW que se consumen, un 80% deben corresponder al periodo nocturno o valle; y solo el restante 20% o menos en el horario punta. Al final de mes, se enciende el equipo incluso en vacío, para cumplir con esta proporcionalidad. Durante los meses de julio 2015, mayo 2016 y junio 2017, este desplazamiento se realizó de manera incorrecta, lo que generó una variabilidad importante en el costo de la factura eléctrica; pasando de un pago promedio de ¢350 000,00 a ¢2 500 000,00 por concepto de demanda.

6.1.1.3. Gestión del factor de potencia

El factor de potencia se define como la relación entre la potencia activa y la potencia aparente, es decir, representa el aprovechamiento del consumo de la energía que se convierte en trabajo útil o fuerza mecánica (CICR, 2016). Según la empresa distribuidora de electricidad, se establecen multas por bajos factores de potencia. Para aquellas empresas con demandas máximas menores a los 1 000 kW, estas deben de mantener un factor de potencia superior al 90%; y para las que tienen una demanda mayor a los 1 000 kW, el factor aumenta a 95%.

La razón por la cual se controlan los bajos factores de potencia es debido a que estos disminuyen la eficiencia del sistema público de distribución eléctrica, y aumenta las pérdidas de calor en los conductores y reducen la capacidad de los transformadores. Además, las empresas generadoras, en este caso el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), cobran una multa a la empresa distribuidora. La figura 18 muestra el comportamiento del factor de potencia para el beneficio, según lo establecido por las empresas generadoras.

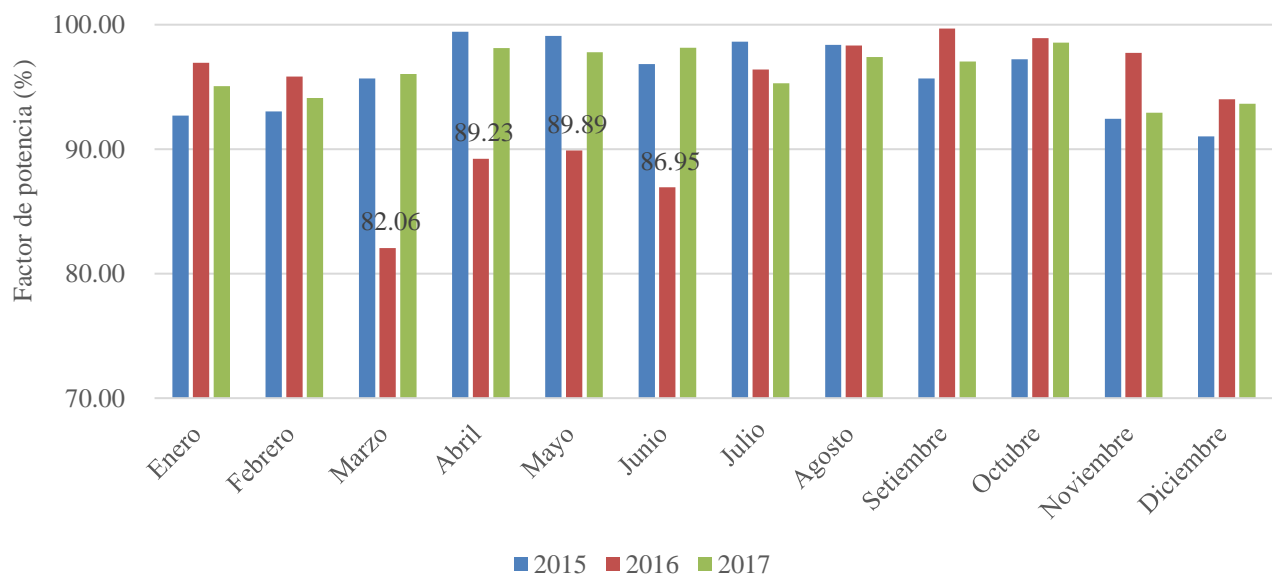


Figura 18. Comportamiento del factor de potencia en el Beneficio San Diego durante los años 2015, 2016 y 2017.

Fuente: Elaboración propia.

Según se observa en la figura 18, en el Beneficio Volcafe San Diego se ha logrado establecer un control eficiente sobre el factor de potencia. Durante los años 2015 y 2017 no se registró ningún mes donde se alcanzó menos de un 90%. Sin embargo, para el 2016, en los meses de marzo, abril, mayo y junio, se registraron factores menores a 90%, inclusive llegando hasta un 82%; lo que generó una multa de ¢782 180,00. La razón por la cual se pudo haber provocado la disminución del factor está relacionada con un funcionamiento inadecuado del banco de capacitores, considerando también que la falla fue en meses consecutivos, y que posteriormente fue subsanado el problema.

6.1.2. Análisis del proceso de alistado

Los resultados con respecto al análisis del proceso se dividen en cuatro secciones: descripción del proceso; inventario de equipos, compresor y luminarias; indicadores de consumo energético; y balance energético.

6.1.2.1. Descripción del proceso

La planta San Diego de Volcafe es catalogada bajo al Instituto Costarricense del Café como un beneficio húmedo, el cual es el intermediario entre el caficultor y la empresa tostadora encargada de la comercialización del café tostado. El beneficio Volcafe San Diego se encarga de la transformación del café fruta en café oro, para ello es necesario una serie de etapas productivas: despulpado, secado y alistado del café.

La investigación se enfoca en el proceso de alistado, siendo un área que opera principalmente durante los meses de agosto a abril; época que la cosecha de café termino y por ende los únicos equipos en funcionamiento son los de esta área, facilitando así el análisis de los mismos empleados en la investigación.

El proceso productivo de alistado de café inicia previamente en el transporte del café pergamino por medio de transportadores helicoidales (TH) y en algunos casos con elevadores con cangilones (EC). Se demarca el proceso de alistado únicamente a la maquinaria conectada al panel eléctrico ubicado en esta área. De acuerdo con el diagrama de flujo, de la figura 19, el proceso da inicio en el TH 08 el cual alimenta la tolva de almacenamiento de la báscula de pesaje de café pergamino 02. Una vez pesado el

café, el EC 27 carga la tolva de almacenamiento 26 y por medio del EC 09 se carga la trilladora por fricción, que es la máquina encargada de eliminar el pergamino del grano de café.

Posteriormente, el TH 68 y el EC 08 alimentan a la clasificadora por tamaño, la cual por medio del uso de zarandas clasifica el café según su diámetro, para luego pasar a los EC 24 para la carga de las clasificadoras por densidad (CD) o densimétricas; las cuales separan el café en dos, chorro 1 y chorro 2, siendo el chorro 1 el de mayor densidad y por ende el de mayor calidad. Posterior a la CD, un transportador por vibración alimenta al EC 10 el cual carga a las tolvas de almacenamiento 28 y 29. Luego, por medio del EC 25 se llena la tolva de almacenamiento 30 alimentando a la ensacadora que pesa 69 kg de café y es ensacado en sacos de tipo kenaff. Finalmente, un camión transporta estos sacos a un beneficio seco para su exportación o consumo local.

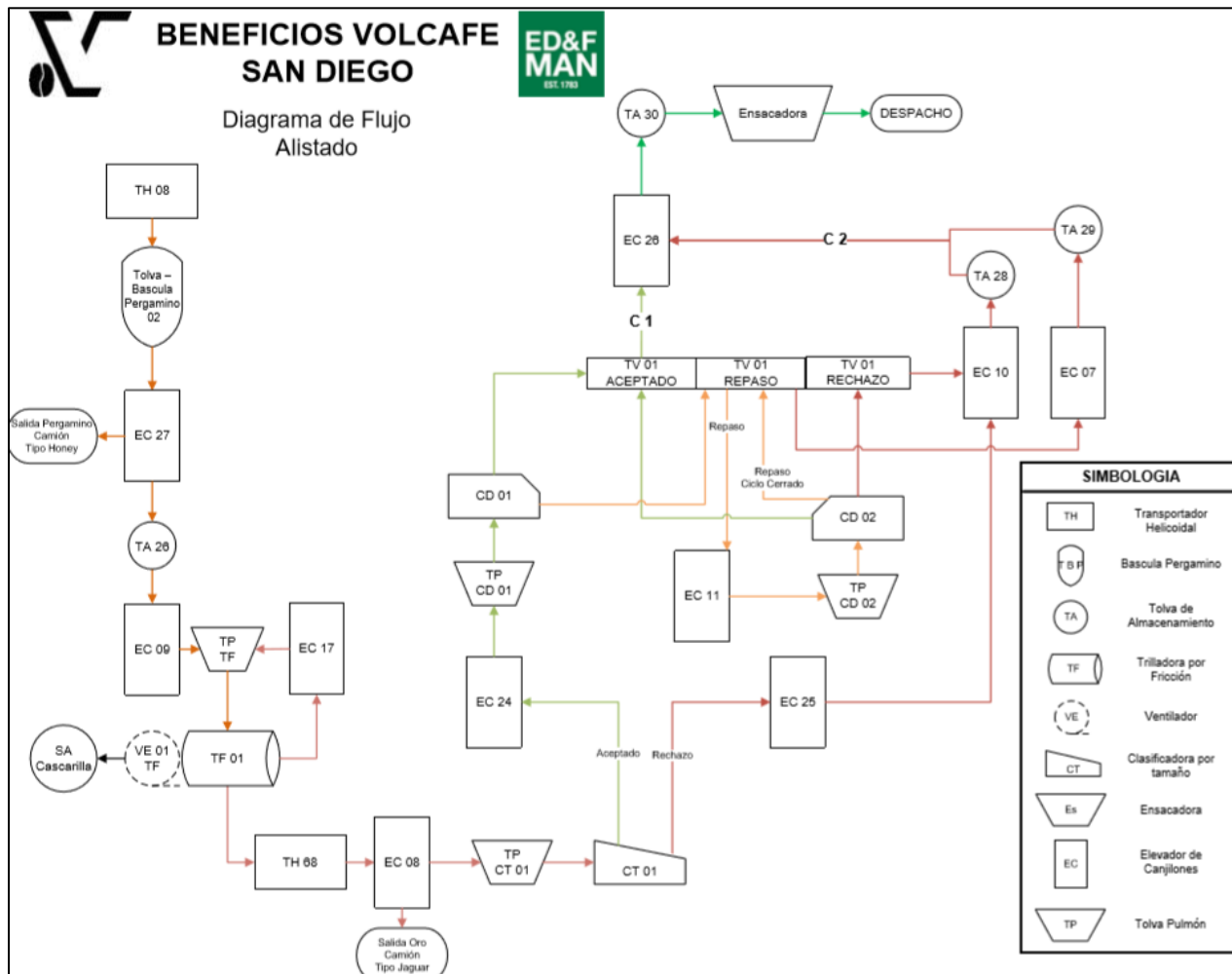


Figura 19. Diagrama de flujo proceso de alistado de café.

Fuente: Elaboración propia

Dicho proceso se realiza en una nave dividida en tres partes, la sección principal donde se encuentra la maquinaria y se realiza el proceso productivo y las otras dos divisiones son bodegas de almacenamiento para los sacos (figura 20).

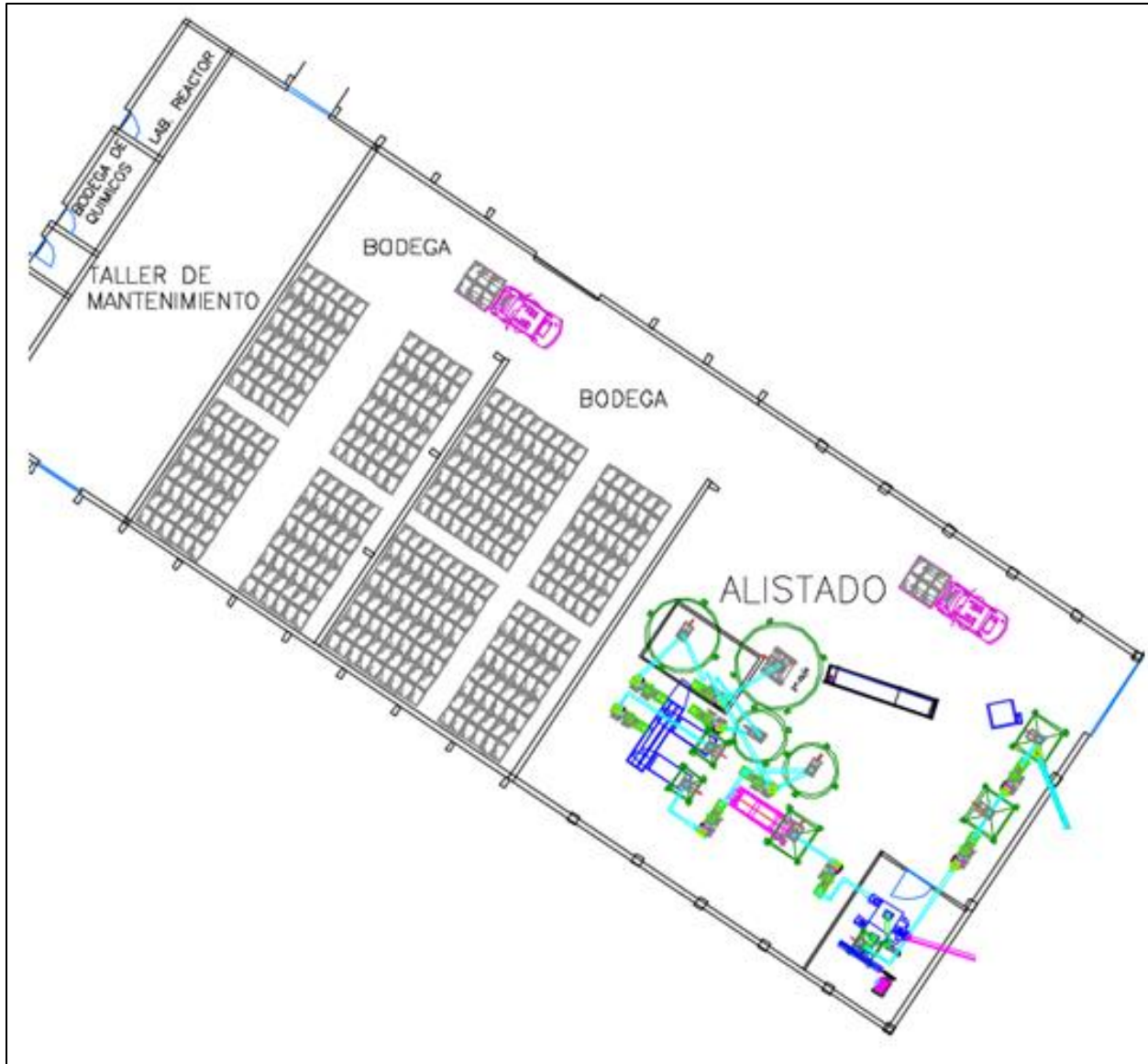


Figura 20. Diagrama de la distribución del área de alistado.

Fuente: Elaborado por Esteban Torres, 2011.

Como se puede observar en las figuras anteriores, es un proceso ubicado espacialmente en una sola nave, lo que facilita el control de entradas y salidas, así como la gestión de consumos de recursos.

Todos los equipos utilizados durante el proceso (TH, EC, TF, VE, CT y CD) emplean para su operación motores eléctricos, mientras que el sistema de pesaje el uso de aire comprimido y por ende de un compresor. De igual forma el proceso opera en su gran mayoría de noche por lo que requiere de iluminación en las naves.







Por lo tanto, la investigación se centró en el análisis de la eficiencia energética de los motores eléctricos que utilizan los equipos, del compresor empleado en el sistema de hidráulico y en las luminarias empleadas.







6.1.2.2. Inventario de equipos y luminarias










Dado que el beneficio no cuenta con un inventario de los equipos y luminarias en el área de estudio, se levantó la información correspondiente con el fin de establecer una herramienta que permita un mejor control de los motores, el compresor y de las luminarias.





Por su parte, en lo que corresponde a los motores, el cuadro 10 contiene el detalle del inventario desarrollado. Se identificó un total de 18 motores en el área de alistado. El inventario contiene el nombre de equipo al cual trabaja el motor, su código y marca. Además, características que se obtienen de la placa de cada uno de ellos tales como RPM Nominal, HP, corriente, $\cos \phi$, fases, HZ, voltios, IP y la clase de aislante del mismo.







Cuadro 10. Inventario de motores de los equipos del área de alistado.







#	Equipo		Características			
1	Nombre:	Elevador Canjilones	RPM Nominal:	1730	Fases y HZ:	3//60
			Potencia (HP):	5	Voltaje (V):	220
	Código:	EC – 27	Corriente (A):	14	Grado de Protección (IP):	55
	Marca Motor:	EBERLE	Cos ϕ:	0,81	Clase de Aislante:	F
	Fotografía del equipo:		Fotografía del motor:		Fotografía de la placa:	
2	Nombre:	Elevador Canjilones	RPM Nominal:	1410	Fases y HZ:	3//50
			Potencia (HP):	3	Voltaje (V):	220
	Código:	EC – 09	Corriente (A):	6,3	Grado de Protección (IP):	55
	Marca Motor:	BONFIGLIOLI	Cos ϕ:	0,76	Clase de Aislante:	nd
	Fotografía del equipo:		Fotografía del motor:		Fotografía de la placa:	
3	Nombre:	Elevador Canjilones	RPM Nominal:	1680	Fases y HZ:	3//60
			Potencia (HP):	1,5	Voltaje (V):	220
	Código:	EC – 08	Corriente (A):	4,99	Grado de Protección (IP):	55
	Marca Motor:	KAILI	Cos ϕ:	0,77	Clase de Aislante:	F
	Fotografía del equipo:		Fotografía del motor:		Fotografía de la placa:	







#	Equipo		Características			
4	Nombre:	Elevador Canjilones	RPM Nominal:	-	Fases y HZ:	-
			Potencia (HP):	-	Voltaje (V):	-
	Código:	EC - 25	Corriente (A):	-	Grado de Protección (IP):	-
	Marca Motor:	-	Cos ϕ:	-	Clase de Aislante:	-
	Fotografía del equipo:		Fotografía del motor:		Fotografía de la placa:	
5	Nombre:	Elevador Canjilones	RPM Nominal:	1680	Fases y HZ:	3//60
			Potencia (HP):	1,5	Voltaje (V):	220
	Código:	EC - 24	Corriente (A):	4,99	Grado de Protección (IP):	55
	Marca Motor:	KAILI	Cos ϕ:	0,77	Clase de Aislante:	F
	Fotografía del equipo:		Fotografía del motor:		Fotografía de la placa:	





#	Equipo		Características			
6	Nombre:	Elevador Canjilones	RPM Nominal:	-	Fases y HZ:	-
			Potencia (HP):	-	Voltaje (V):	-
	Código:	EC - 07	Corriente (A):	-	Grado de Protección (IP):	-
	Marca Motor:	-	Cos ϕ:	-	Clase de Aislante:	-
	Fotografía del equipo:		Fotografía del motor:		Fotografía de la placa: 	
7	Nombre:	Elevador Canjilones	RPM Nominal:	1725	Fases y HZ:	3/50
			Potencia (HP):	3	Voltaje (V):	220
	Código:	EC - 11	Corriente (A):	8,4	Grado de Protección (IP):	-
	Marca Motor:	-	Cos ϕ:	-	Clase de Aislante:	-
	Fotografía del equipo:		Fotografía del motor:		Fotografía de la placa: 	
8	Nombre:	Elevador Canjilones	RPM Nominal:	-	Fases y HZ:	-
			Potencia (HP):	-	Voltaje (V):	-
	Código:	EC - 10	Corriente (A):	-	Grado de Protección (IP):	-
	Marca Motor:	-	Cos ϕ:	-	Clase de Aislante:	-
	Fotografía del equipo:		Fotografía del motor:		Fotografía de la placa: 	

#	Equipo		Características			
9	Nombre:	Transportador Helicoidal	RPM Nominal:	1410	Fases y HZ:	3//50
			Potencia (HP):	2	Voltaje (V):	220
	Código:	TH – 68	Corriente (A):	220	Grado de Protección (IP):	55
	Marca Motor:	BONFIGLIOLI	Cos φ:	0,77	Clase de Aislante:	F
	Fotografía del equipo:		Fotografía del motor:		Fotografía de la placa:	
10	Nombre:	Elevador Canjilones	RPM Nominal:	1720	Fases y HZ:	3//60
			Potencia (HP):	2	Voltaje (V):	220
	Código:	EC – 26	Corriente (A):	5,74	Grado de Protección (IP):	-
	Marca Motor:	EURO MOTOR	Cos φ:	0,80	Clase de Aislante:	F
	Fotografía del equipo:		Fotografía del motor:		Fotografía de la placa:	

#	Equipo		Características			
11	Nombre:	Clasificadora por Tamaño	RPM Nominal:	1715	Fases y HZ:	3//60
			Potencia (HP):	1.5	Voltaje (V):	220
	Código:	CT - 01	Corriente (A):	6,06	Grado de Protección (IP):	-
	Marca Motor:	WEO	Cos ϕ:	0,83	Clase de Aislante:	B
	Fotografía del equipo:		Fotografía del motor:		Fotografía de la placa:	
12	Nombre:	Trilladora por Fricción	RPM Nominal:	1180	Fases y HZ:	3//60
			Potencia (HP):	60	Voltaje (V):	220
	Código:	TF - 01	Corriente (A):	148	Grado de Protección (IP):	-
	Marca Motor:	CONTI ELEKTRO	Cos ϕ:	0,86	Clase de Aislante:	B
	Fotografía del equipo:		Fotografía del motor:		Fotografía de la placa:	

#	Equipo		Características			
13	Nombre:	FFD WIEN	RPM Nominal:	1160	Fases y HZ:	3//60
			Potencia (HP):	2	Voltaje (V):	220
	Código:	EC - 17	Corriente (A):	6,8	Grado de Protección (IP):	44
	Marca Motor:	FFD WIEN	Cos ϕ:	-	Clase de Aislante:	-
	Fotografía del equipo:		Fotografía del motor:		Fotografía de la placa: 	
14	Nombre:	Transportador Vibrador	RPM Nominal:	1750	Fases y HZ:	3//60
			Potencia (HP):	3	Voltaje (V):	220
	Código:	TV - 01	Corriente (A):	-	Grado de Protección (IP):	54
	Marca Motor:	MEZ	Cos ϕ:	0,88	Clase de Aislante:	-
	Fotografía del equipo:		Fotografía del motor:		Fotografía de la placa: 	

#	Equipo		Características			
15	Nombre:	Clasificadora por Densidad	RPM Nominal:	1740	Fases y HZ:	3//60
			Potencia (HP):	5	Voltaje (V):	220
	Código:	CD – 01	Corriente (A):	15,8	Grado de Protección (IP):	55
	Marca Motor:	SIEMENS	Cos ϕ:	-	Clase de Aislante:	-
	Fotografía del equipo:		Fotografía del motor:		Fotografía de la placa:	
16	Nombre:	Clasificadora por Densidad	RPM Nominal:	1725	Fases y HZ:	3//60
			Potencia (HP):	7,5	Voltaje (V):	240
	Código:	CD – 02	Corriente (A):	19	Grado de Protección (IP):	55
	Marca Motor:	MEZ	Cos ϕ:	0,82	Clase de Aislante:	F
	Fotografía del equipo:		Fotografía del motor:		Fotografía de la placa:	

#	Equipo		Características			
17	Nombre:	Clasificadora por Densidad	RPM Nominal:	1690	Fases y HZ:	3//60
			Potencia (HP):	1	Voltaje (V):	220
	Código:	VE - 01 CD	Corriente (A):	3,32	Grado de Protección (IP):	55
	Marca Motor:	MEZ	Cos ϕ:	0,70	Clase de Aislante:	F
	Fotografía del equipo:		Fotografía del motor:		Fotografía de la placa:	
18	Nombre:	Clasificadora por Densidad	RPM Nominal:	1700	Fases y HZ:	3//60
			Potencia (HP):	5	Voltaje (V):	220
	Código:	VE - 02 CD	Corriente (A):	4,8	Grado de Protección (IP):	54
	Marca Motor:	WEO	Cos ϕ:	-	Clase de Aislante:	-
	Fotografía del equipo:		Fotografía del motor:		Fotografía de la placa:	

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 11 muestra los datos para el compresor que trabaja en el área de alistado; detallando el código del equipo, marca del equipo, capacidad, HP y presión.

Cuadro 11. Inventario del compresor del área de alistado.




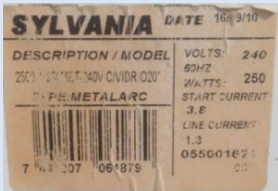
Características			
Nombre:	Compresor	Capacidad (L):	350
Código:	C02	Potencia (HP):	10
Marca Motor:	Schulz	Presión:	40 pies ³ /min 175 lbf/pul ²
Fotografía del equipo:		Fotografía de la placa:	
			

Fuente: Elaboración propia.

El inventario de las luminarias que se encuentran en el área de alistado se detalla en el cuadro 12. En el levantamiento del mismo, se identificaron tres tipos de luminarias, las cuales corresponden a T8, T12 y Metalarc. En la información de detalla la marca de cada una de ellas, potencia, voltaje, así como la cantidad de luminarias y de tubos o bombillos.

Cuadro 12. Inventario de las luminarias del área de alistado.

#	Equipo		Características			
1	Tipo Luminaria:	T8	Potencia (W):	59	Bombillos/ Tubos:	2
	Marca:	Silvania	Voltaje (V):	120	Cantidad de luminarias:	1
			Balastro:	Si		
	Fotografía de la luminaria:	Fotografía de información:				
						

#	Equipo		Características			
2	Tipo Luminaria:	T12	Potencia (W):	75	Bombillos/ Tubos:	23
	Marca:	Sylvania	Voltaje (V):	120	Cantidad de luminarias:	13
			Balastro:	Si		
Fotografía de la luminaria:		Fotografía de información:				
						
3	Tipo Luminaria:	Metalarc	Potencia (W):	250	Bombillos/ Tubos:	5
	Marca:	Sylvania	Voltaje (V):	240	Cantidad de luminarias:	5
			Balastro:	Si		
Fotografía de la luminaria:		Fotografía de información:				
						

Fuente: Elaboración propia.

Estos inventarios levantados, contienen el detalle de los equipos que consumen energía eléctrica dentro del área de alistado del beneficio. Además, la información disponible, dependió en muchos casos, del estado en el cual se encontraba la placa del equipo respectivo.

6.1.3. Balance eléctrico

El balance eléctrico comprende el análisis de los consumos según el equipo demandante, para este caso: motores eléctricos, compresor y luminarias.

6.1.3.1. Motores eléctricos

Para el área de trillado, se cuenta con 18 motores eléctricos, tal como se especificó en la sección del inventario de los equipos. A cada uno de ellos se le realizó un estudio con el apoyo de un analizador de redes, con lo que se obtuvo como resultado el voltaje, corriente y potencia promedios de cada equipo; y utilizando un tacómetro digital, se obtuvo las RPM de operación. Los valores recolectados se muestran en el cuadro 13.

Cuadro 13. Valores de medición obtenidos en los motores del área de trillado.

Motores por código de equipo	Valores de medición			
	Voltaje Promedio (V)	Amperaje Promedio (A)	Potencia Promedio (kW)	RPM Operación
EC-27	221,10 ± 0,80	1,59 ± 0,26	0,3 ± 0,1	1 795,29 ± 0,18
EC-09	217,30 ± 0,90	1,13 ± 0,14	0,2 ± 0,1	1 771,76 ± 0,18
EC-08	218,30 ± 0,90	0,80 ± 0,20	0,2 ± 0,1	1 782,57 ± 0,18
EC-25	221,17 ± 0,90	0,30 ± 0,28	0,1 ± 0,1	ND*
EC-24	223,01 ± 0,60	1,15 ± 0,30	0,2 ± 0,1	1 780,17 ± 0,18
EC-07	218,80 ± 1,00	1,00 ± 0,15	0,2 ± 0,1	ND
EC-11	222,30 ± 0,20	3,07 ± 0,67	1,1 ± 0,001	1 776,70 ± 0,18
EC-10	221,90 ± 0,90	1,52 ± 0,44	0,4 ± 0,1	ND
TH-68	220,47 ± 0,90	3,34 ± 0,90	0,8 ± 0,1	1 576,33 ± 0,16
EC-26	222,50 ± 0,80	2,41 ± 0,10	0,9 ± 0,1	1 765,82 ± 0,18
CT-01	221,70 ± 1,70	1,24 ± 0,59	1,1 ± 0,001	1 761,00 ± 0,18
TF-01	216,87 ± 1,20	22,50 ± 0,05	4,7 ± 0,001	1 747,80 ± 0,17
EC-17	221,00 ± 0,50	1,03 ± 0,29	0,2 ± 0,1	1 747,50 ± 0,17
TV-01	217,17 ± 1,00	1,20 ± 0,19	1,0 ± 0,1	1 782,60 ± 0,18
CD-01	222,30 ± 0,80	11,99 ± 0,84	1,9 ± 0,001	1 775,00 ± 0,18
CD-02	221,40 ± 1,40	10,22 ± 0,56	2,6 ± 0,001	ND
VE CD-01	218,40 ± 1,10	4,03 ± 0,21	0,9 ± 0,1	ND
VE CD-02	215,50 ± 0,50	3,54 ± 0,19	1,2 ± 0,001	ND

*ND: información no disponible.

Fuente: Elaboración propia.

Tal como se muestra en el cuadro anterior, para algunos casos puntuales, no se logró obtener el dato de las RPM debido a que los motores fueron de difícil acceso, y por razones de seguridad, se omitieron. Estos corresponden a los códigos de los equipos EC-25, EC-07, EC-10, CD-02, VE-CD-01 y VE-CD-02.

Con respecto a la precisión de los datos de lectura del analizador de potencia y armónicos, según su Manual de usuario del modelo 382095, para los valores dentro de los 0 a 1000 A, los datos obtenidos que se encuentra dentro del rango de 5,0 a 999,9 W tienen una precisión de lectura de $\pm 1\% \pm 0,8$ W; mientras que para el rango de 1000 a 9999 W la precisión de lectura es de $\pm 1\% \pm 8$ W. Por su parte, el tacómetro fue el otro equipo de medición utilizado en el estudio, el cual marca General, modelo PCT900, en un rango de 6,0 a 5 999,9 RPM, presenta una incertidumbre de 0,01%. A partir de estos datos, y con el apoyo de la hoja de cálculo basada en el Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (anexo 1), organización reconocida internacionalmente; se obtuvieron los valores detallados en el cuadro 14.

Cuadro 14. Valores eléctricos calculados para los motores en estudio.

Motores por código de equipo	Valores calculados						
	Porcentaje eficiencia	Potencia de salida (kW)	Pérdidas de potencia (kW)	Potencia total (kW)	Consumo eléctrico (kWh)*	Potencia aparente de entrada (kVA)	Factor de potencia (%)
EC-27	80,96	0,25	0,06	0,31	346,18	0,61 \pm 0,10	50,91
EC-09	77,17	0,16	0,05	0,21	234,51	0,43 \pm 0,048	43,93
EC-08	85,56	0,16	0,03	0,19	212,17	0,30 \pm 0,078	62,81
EC-24	77,05	0,18	0,03	0,21	234,51	0,44 \pm 0,50	54,03
EC-11	62,64	0,69	0,40	1,09	1 217,20	1,18 \pm 1,032	93,91
TH-68	78,55	0,64	0,17	0,81	904,53	1,28 \pm 1,11	63,51
EC-26	73,26	0,64	0,23	0,87	971,53	0,93 \pm 0,81	93,68
CT-01	46,25	0,51	0,60	1,11	1 239,54	1,14 \pm 1,00	97,00
TF-01	80,18	3,77	0,93	4,70	5 248,49	8,45 \pm 0,82	55,61
EC-17	67,94	0,12	0,06	1,80	201,01	0,39 \pm 0,11	45,66
TV-01	78,56	0,78	0,21	0,99	1 105,53	1,12 \pm 0,075	88,62
CD-01	82,23	1,55	0,34	1,89	2 110,56	1,52 \pm 0,082	40,94

* El valor de consumo eléctrico (kWh) indicado en el cuadro corresponde al consumo total durante los meses de abril a agosto del 2017.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los valores del cuadro 14, los datos del factor de potencia están intrínsecamente relacionados con la eficiencia del consumo energético del motor, esto porque representan la relación entre los kW reales y los kVA facturados o potencia total. Entre más se acerque este valor al 100%, más eficiente es el uso de energía. El promedio de los factores de potencia de los motores analizados es de 65,90%. Cabe destacar que en ocasiones los motores se dimensionan para cargas mayores de trabajo, y al utilizarse con una menor carga, provoca los bajos factores de potencia.

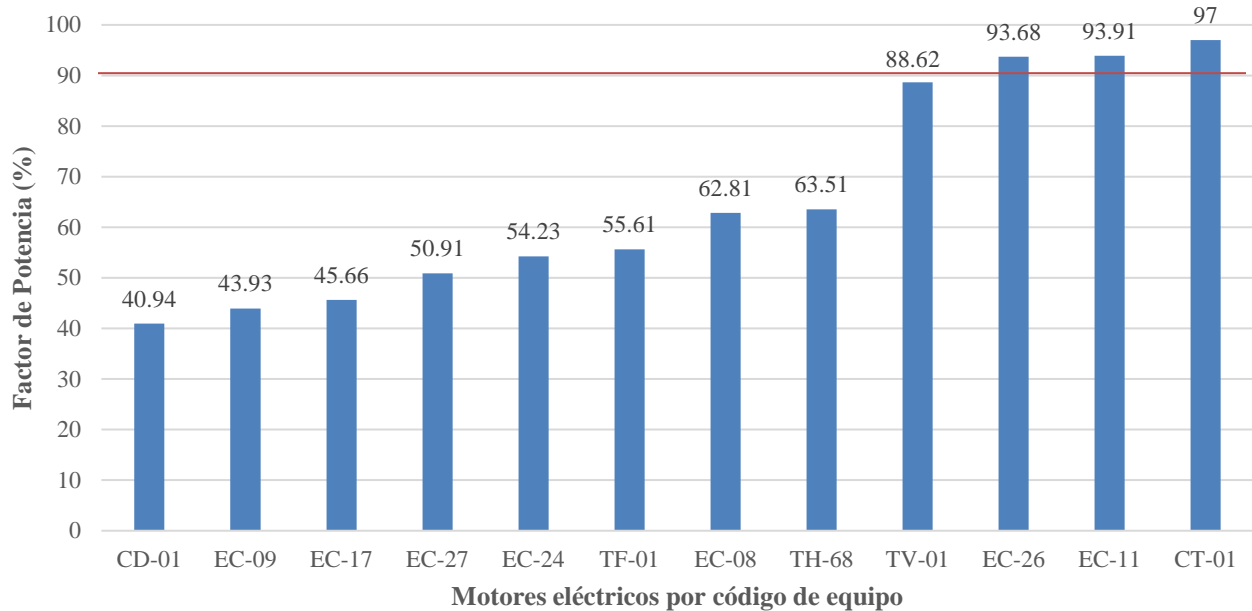


Figura 21. Factores de potencia en porcentaje de los motores eléctricos del área de trillado.
Fuente: Elaboración propia.

Tal como lo muestra la figura 21, los factores de potencia obtenidos con las mediciones, en su mayoría son poco eficientes. Tres de los motores analizados superan el 90% de factor de potencia recomendado, y uno más llega al 88,62%, muy cercano al ideal. No obstante, los restantes ocho motores se encuentran por debajo de un 70%, lo que demuestra que se estaría perdiendo más de la mitad de la energía que se paga, si la factura eléctrica dependiera únicamente de estos motores.

En lo que corresponde al porcentaje de eficiencia calculado, este debe entenderse como la potencia (kW) que se transforma propiamente en trabajo. Según la información del cuadro 14, el promedio en estos porcentajes es de 74,20%, equivalente a 0,26 kW perdidos en promedio; demostrando aún más pérdidas en el sistema.

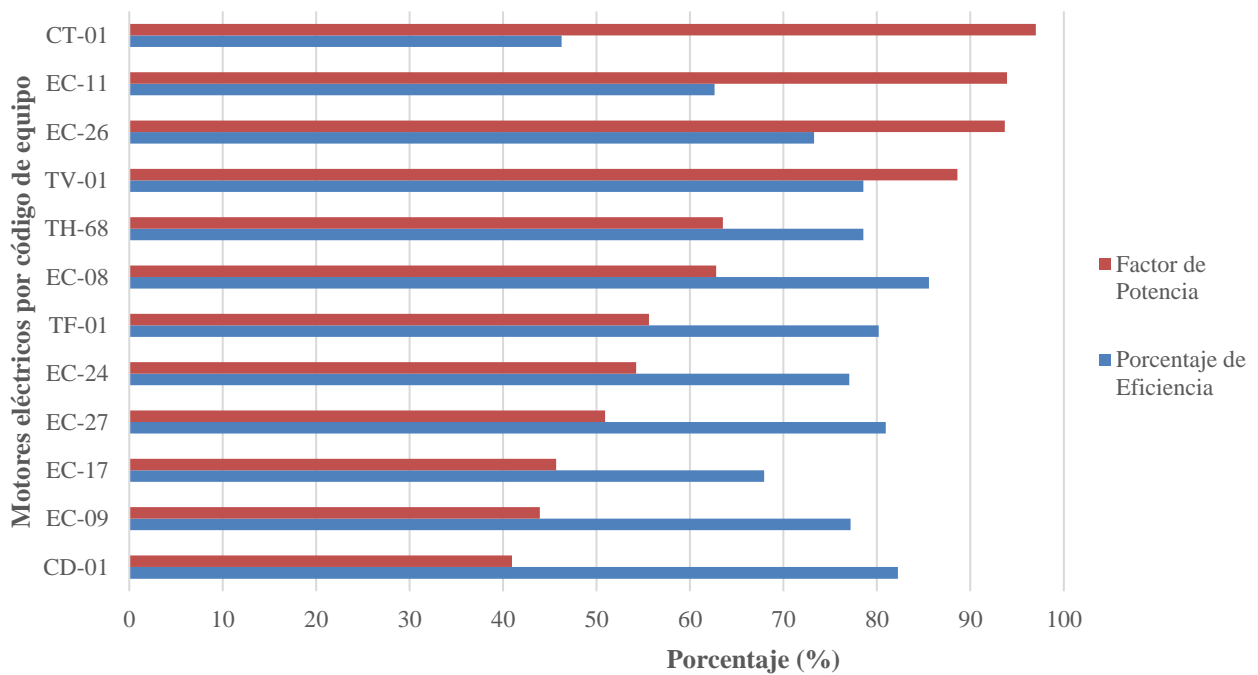


Figura 22. Relación del factor de potencia y de la eficiencia, en porcentaje, para los motores en estudio.
Fuente: Elaboración propia.

Al relacionar los indicadores de eficiencia y de factor de potencia, tal como lo muestra la figura 22, se puede determinar, que, si bien es cierto, en la mayoría de los casos se presenta un bajo factor de potencia, no necesariamente se comporta de la misma forma el porcentaje de eficiencia; esto porque este último indicador depende de la transformación de la energía en trabajo propiamente. En los casos en donde la eficiencia del motor es baja, se debe de revisar la mecánica del equipo; mientras que un bajo factor de potencia está relacionado con motores sobredimensionados para la función determinada, lo que representa distintas pérdidas reflejadas en la facturación.

Con respecto al costo de los kWh consumidos para los meses en estudio, de abril a agosto, las horas de operación representaron un total de 10 552,82 kWh para los 12 motores que se lograron analizar. Este consumo energético, tiene un costo económico de 667 993,19 colones, representando un 8,56% del rubro de las facturas de los cinco meses analizados en kWh.

Adicionalmente al cálculo de eficiencia energética, se realizó el análisis por pérdidas eléctricas que se ven reflejas en el calentamiento del equipo, por medio de la utilización de una cámara termográfica (ver anexo 2). A partir de las fotografías, se logra identificar la temperatura de cada uno de los motores, detalladas en la figura 23.

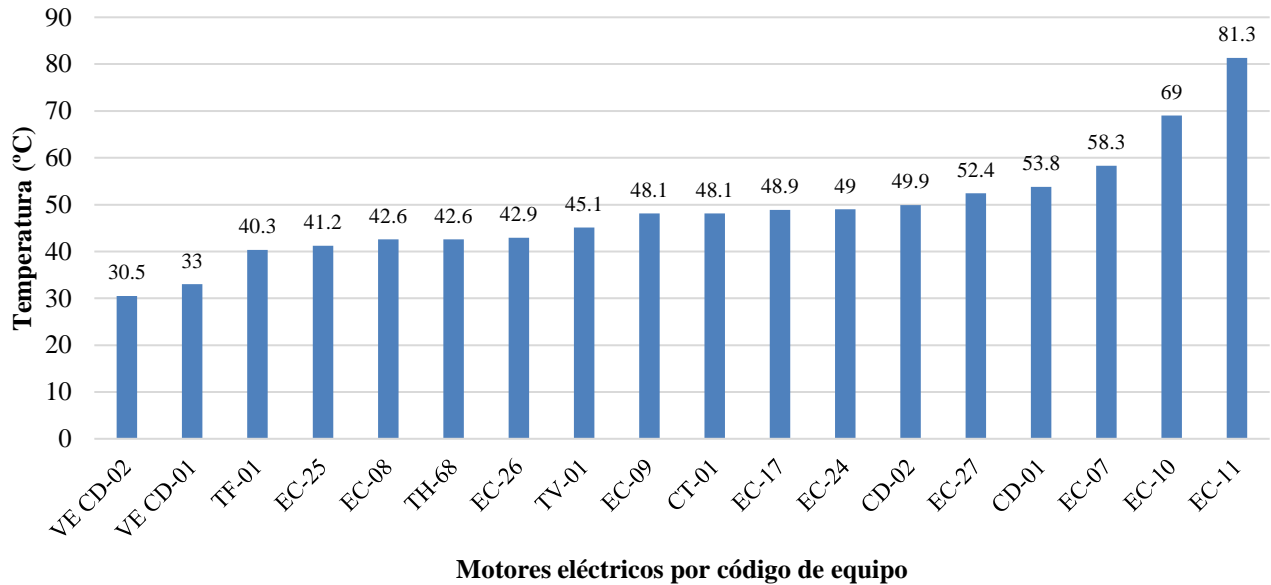


Figura 23. Temperatura en cada uno de los motores eléctricos del área de alistado.
Fuente: Elaboración propia.

Además, se utilizó la misma cámara para obtener información con respecto al panel eléctrico del área y las temperaturas a las cuales se encuentra regularmente. Estos datos se obtuvieron por sección del panel, considerando su tamaño, y se detallan en la figura 24.

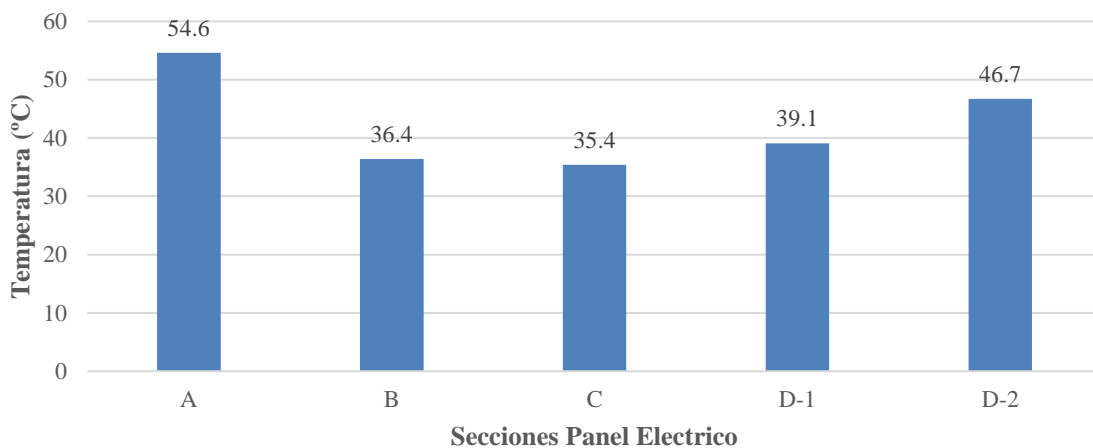


Figura 24. Temperatura de cada una de las secciones del panel eléctrico del área de alistado.
Fuente: Elaboración propia.

Según el criterio técnico, cuando las temperaturas en los motores superan los 60°C y en los paneles eléctricos los 50°C, esto es un indicativo de una posible falla y, por lo tanto, requieren revisión. La temperatura en gran parte de los motores ronda entre los 40 y los 50°C, con un promedio total de 48,7°C. No obstante, existen dos motores que cuentan con una temperatura elevada: los del equipo EC-10 y EC-11 (figura 25). Estos valores térmicos son indicativos de que el motor está perdiendo energía en forma de calor en lugar de poder transformarla en energía mecánica. Tomando por ejemplo el motor del equipo EC-11, en el análisis energético se presenta un bajo factor de potencia (58,02) y de eficiencia (62,64), lo que se ve reflejado en su temperatura. Para el caso del panel eléctrico, la sección A presenta un conector a una temperatura máxima de 54,6°C (figura 25).

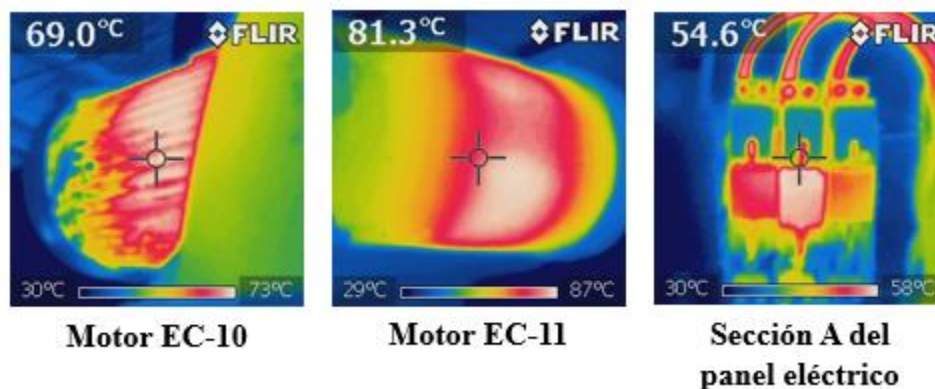


Figura 25. Termografías de los motores EC-10, EC-11 y sección A del panel eléctrico.
Fuente: Elaboración propia.

Dentro de los factores que pueden influir en el aumento de la temperatura de los motores se incluyen aspectos ambientales y propios del mantenimiento. Como parte de los ambientales se encuentra la humedad, altitud y temperatura ambiente; en cuanto al mantenimiento se da el uso de aislantes, el rebobinado, la limpieza y la constancia en el mantenimiento. En el caso de los motores del área de alistado, estos no cuentan con un histórico de mantenimiento, por lo tanto, no se cuenta con información de rebobinado, así como cambio de aislantes. Aunado a esto, se encuentran en un ambiente hostil, con presencia de gran cantidad de partículas (polvo) provenientes de la producción, tal como se pueden observar en las fotografías de los motores del cuadro 10.

6.1.3.2. Compresor

Para el proceso de alistado se cuenta con un único compresor marca SCHULZ de 10 HP (7,457 kW), tal como se indica en cuadro 11, del apartado de inventario. El compresor es empleado como parte del sistema hidráulico de las etapas de pesaje del café pergamino y del ensacado del café trillado.

Este equipo trabaja bajo una presión máxima de 150 psi y una mínima de 100 psi. Cuando se alcanza la presión mínima, el compresor se activa para recargar y volver alcanzar la presión máxima. Por medio de muestreo (anexo 3) se determinó que estos ciclos en promedio tienen una duración de 0,26 horas, con 0,02 horas de recarga del compresor y por ende de consumo eléctrico.

A partir de este comportamiento se logró determinar cuánto fue consumo del compresor durante los meses en estudio (cuadro 15):

Cuadro 15. Consumo eléctrico del compresor en el área de alistado.

Medición	Valor obtenido
Tiempo Promedio Encendido (H)	0,02 ± 0,006
Lapso Promedio de Descarga (H)	0,23 ± 0,030
Hora de Trabajo*	1 116,70
Tiempo Ciclo Trabajo (H)	0,26
Cantidad Ciclos de Trabajo	4 379,22
Tiempo Real de Trabajo	92,45
Consumo eléctrico (kWh)*	689,40

*Información correspondiente de abril a agosto para el año 2017.

Fuente: Elaboración propia

Es importante destacar que los cálculos se realizaron de manera indirecta y no con una medición como tal del consumo eléctrico directo del compresor. Tomando en cuenta que los arranques dependen de la presión requerida en el proceso estos datos pueden cambiar, debido a que el tiempo en el que se consume la presión puede variar. Además, con respecto a posibles fugas en el sistema hidráulico, no se lograron constatar debido a que el compresor es exclusivo para el proceso de alistado, y por ende, no se utiliza en otros procesos, por lo que se apaga cuando no se está operando, y de esta forma no se registran recargas

al sistema. Para determinar lo que representan las fugas en el sistema, se deben realizar mediciones sin que el proceso productivo esté en operación.

6.1.3.3. Luminarias

Con respecto al tema de luminarias, en total se cuentan con 30 lámparas o tubos de diferentes tipos tal como se especifica en el cuadro 12 de inventario de luminarias. Estas luminarias comprenden las tecnologías Metalarc, T8 y T12.

A partir de estos datos, se confeccionó una matriz para determinar el consumo energético en cuanto a las luminarias. En el cuadro 16, se muestran los resultados obtenidos:

Cuadro 16. Consumo eléctrico de luminarias en el área de alistado.

Tipo	T8	T12	T12	Metalarc
Potencia (W)	59	75	75	250
Voltaje (V)	120	120	120	240
Tubos/Bombillos	2	17	7	5
Cantidad luminarias	1	9	4	5
Horas de uso promedio por mes	93,06	93,06	186,12	93,06
Consumo de energía eléctrica promedio (kWh mensual)	10,98	118,65	97,71	116,33
Porcentaje de consumo	3%	35%	28%	34%

Fuente: Elaboración propia.

La mayor parte de las luminarias son T12, estas están distribuidas a lo largo del área de alistado por lo que su uso varía según las necesidades, es por ello que en el cuadro 16 son separadas según la cantidad de horas en uso. El total de consumo para las luminarias T12 es de un 63%, siendo la luminaria más representativa, con un consumo 75 W cada una, para un total de 1,8 kW de consumo. De acuerdo con el inventario realizado, estas son las de consumo intermedio.

Por otro lado, las de mayor consumo, con 250 W son la de tipo Metalarc. Estas, a pesar de ser solamente cinco bombillos, representan un poco más de la tercera parte del consumo energético relacionado con las

luminarias; para un total de 1,25 kW. El grupo menos representativo, pero de tecnología más eficiente, corresponde a la T8, con apenas una luminaria y dos tubos, las cuales representan un 3 % del consumo.

6.1.3.4. Balance general

Tomando en cuenta los cálculos y mediciones anteriores, con respecto a los consumos energéticos de los tres tipos de equipos que demandan energía eléctrica en el área de alistado (motores, compresor y luminarias), se puede determinar la cantidad de kWh de consumo de cada uno de ellos y su proporción con respecto a la factura total. En el cuadro 17 se detalla el consumo de kWh para los meses en estudio (de abril a agosto).

Cuadro 17. Consumos energéticos por mes para cada equipo en estudio, así como el total generado en el área y en la planta de beneficiado.

Mes	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Total
Consumo eléctrico facturado (kWh)	27 127,00	28 127,00	15 859,00	27 482,00	19 446,00	118 041,00
QQ Producidos	15 532,00	5 230,00	786,7	16 143,90	6 975,20	44 667,80
Consumo eléctrico de motores (kWh)	4 877,05	1 642,22	247,02	5 069,18	2 190,21	14 025,69
Consumo eléctrico de luminarias (kWh)	591,25	208,15	29,95	614,54	274,46	1 718,35
Consumo eléctrico de compresor (kWh)	235,11	79,17	11,91	244,37	105,58	676,14
Consumo eléctrico calculado (kWh)	5 703,41	1 929,54	288,88	5 928,10	2 570,26	16 420,18
Porcentaje de la factura eléctrica*	21,02	6,86	1,82	21,57	13,22	13,91

*Se refiere al porcentaje de la factura eléctrica que representan los consumos energéticos del área de alistado.

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en el cuadro 17, cerca de un 14% de la factura eléctrica de los meses en estudio corresponde al área del alistado. No obstante, este dato varía mes a mes por factores como la cantidad de producción de QQ. En la figura 26, se muestra a mayor profundidad este comportamiento.

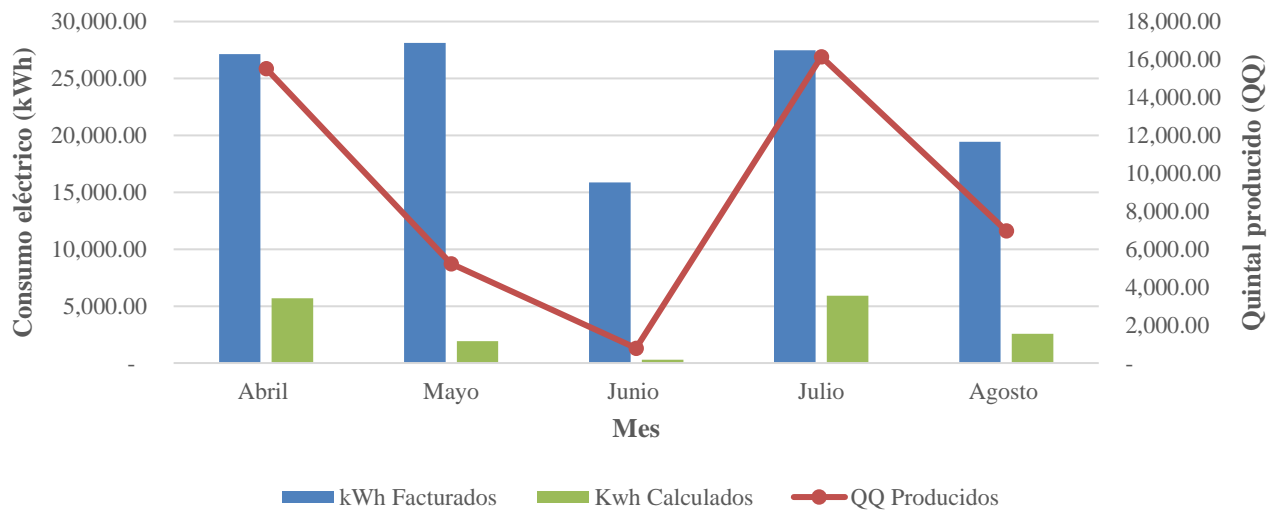


Figura 26. Comparación entre consumos calculado, facturados y la producción para los meses de abril a agosto del 2017.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la figura 26, en los meses de abril y julio para la producción de aproximadamente de 16 000 QQ de café se consumen un poco más de 5 000 kWh en el proceso de alistado. A diferencia del mes de junio, para el cual la producción no superó los 1 000 QQ, y el consumo total del beneficio fue de más de 15 000 kWh. Los meses de abril y julio demuestran una influencia directa del consumo del proceso de la trilla; sin embargo, para el mes de junio donde no hubo mayor producción, se facturó una cantidad considerable. Asimismo, los meses de mayo y agosto tienen un comportamiento irregular considerando la producción de QQ y los kWh facturados. Se puede determinar que el proceso de alistado si bien es un factor importante en la facturación, no es el único foco de consumo mensual, tomando en cuenta incluso que apenas representa un 14% de la factura, en promedio.

Tomando en cuenta la cantidad de kWh facturados totales y el porcentaje de esta factura que corresponde según el diagnóstico al área de alistado, no se puede ignorar la existencia de otros factures que influyen en el consumo eléctrico. Se tiene conocimiento de procesos constantes durante todo el año como la planta de tratamiento de aguas residuales, al área administrativa con alrededor de 15 colaboradores, los trabajos de mantenimiento de equipos de todo el proceso del beneficio, así como la iluminación externa por razones de seguridad.

6.1.3.5. Indicadores de eficiencia

Para realizar un análisis de los indicadores de consumo energético relacionados con el área de alistado, se utilizó la información histórica de tres años anteriores, 2015, 2016 y 2017. La determinación del indicador de eficiencia energética, toma en cuenta los quintales de café trillados por mes, y el consumo energético mensual registrado. El indicador refiere a la cantidad de kWh necesarios para el procesamiento de un quintal de café oro.

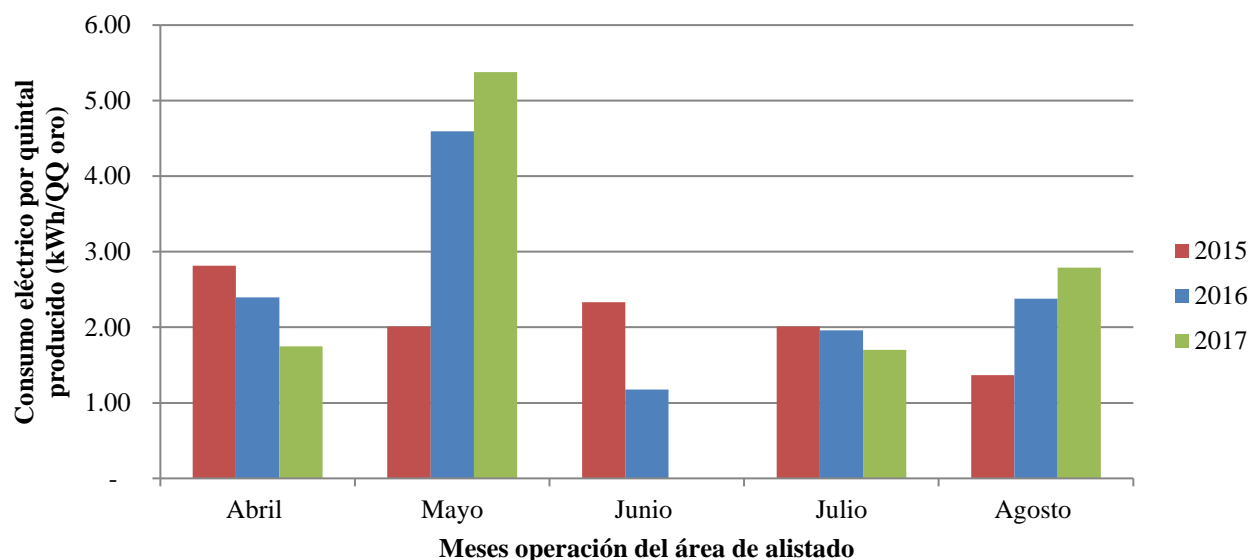


Figura 27. Indicadores de consumo energético por quintal oro procesado, del 2015 al 2017.
Fuente: Elaboración propia.

El valor promedio del indicador de la figura 27 considerando los tres años en estudio, es de 2,47 kWh/qq oro. Como se puede observar, para el mes de mayo tanto del 2016 como del 2017, el valor del indicador aumenta considerablemente con respecto al promedio. Este comportamiento se debe a una menor cantidad de café trillado durante el mes, por lo que aumenta el costo eléctrico unitario. Para estos meses, se trilló solamente 5 000 quintales, cuando en promedio, la cantidad asciende a 13 500 quintales. Con respecto al dato de junio del 2017, se ha omitido el valor registrado, ya que la trilla no fue significativa durante el mes, por lo que sesgaba el indicador.

Cabe destacar que la cantidad de café a trillar en el beneficio depende de las ventas realizadas por la exportadora, quien es el cliente directo del beneficio. Para mantener un indicador estable a lo largo del

periodo de trilla, la cantidad de café procesado debería de ser mayor a los 7 500 quintales; y de esta forma obtener un índice de eficiencia de 2,30 kWh/QQ oro.

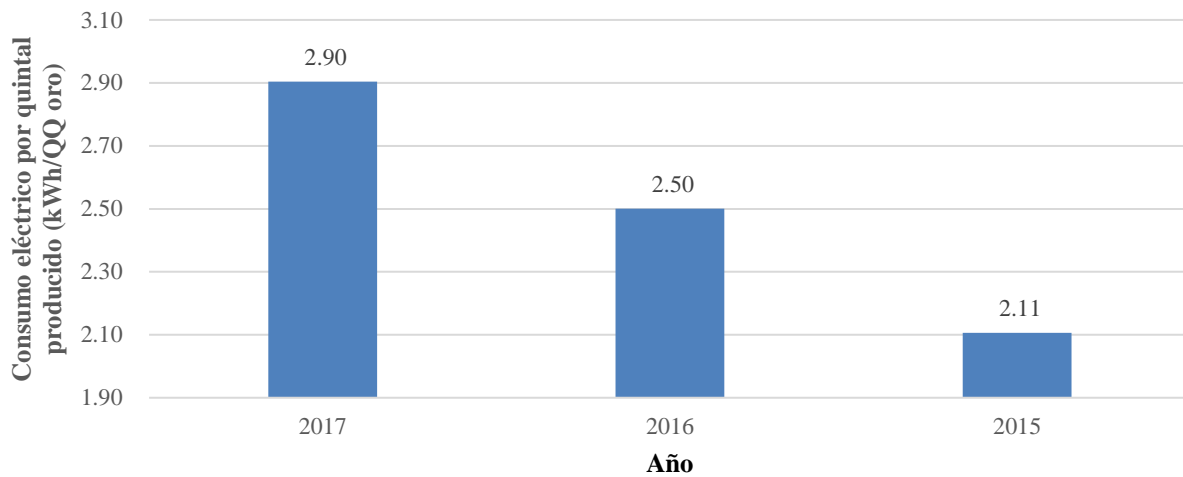


Figura 28. Indicador promedio anual de consumo energético por quintal oro procesado, para los años 2015, 2016 y 2017.

Fuente: Elaboración propia.

Como se demuestra en la figura 28, el promedio de eficiencia va en decremento con respecto al tiempo. Para el año 2015 la eficiencia de kWh consumido por quintal procesado fue de 2,11; aumentando a 2,50 para el 2016 y finalmente a 2,90 para el 2017; dando como resultado un aumento de 0,40 por año en el indicador. En términos de dinero, considerando el costo por consumo de kWh, en el año 2015 fue de 132,19 colones por QQ, para el 2016 equivale a 184,00 colones y para 2017 de 199,6 colones por QQ; lo que representa un aumento de 67,42 colones por QQ desde el año 2015 al 2017.

A modo de comparación, se realizó el mismo análisis en el beneficio Volcafe Sarchí, los cuales son muy similares en capacidad y en tecnología y forman parte del mismo grupo corporativo, por lo que cuenta con los mismos estándares de producción. Además, cabe destacar que el Beneficio Sarchí funciona como planta auxiliar al Beneficio San Diego, por lo que recibe en gran parte el mismo tipo de grano de café. Para este caso, en el cuadro 18, se detalla la producción mensual de abril a agosto del 2017, así como el consumo energético en kWh para Sarchí.

Cuadro 18. Producción mensual y consumo energético del Beneficio San Diego y Sarchí para el 2017.

Mes	Beneficio San Diego			Beneficio Sarchí		
	Quintal producido (QQ)	Consumo eléctrico (kWh)	kWh/QQ	Quintal producido (QQ)	Consumo eléctrico (kWh)	kWh/QQ
Abril	15 532,00	27 127,00	1,75	4 844,67	19 250,00	3,97
Mayo	5 230,00	28 127,00	5,38	10 027,33	17 500,00	1,75
Junio	786,70	15 859,00	20,16*	13 757,85	17 500,00	1,27
Julio	16 143,90	27 482,00	1,70	11 859,70	22 750,00	1,92
Agosto	6 975,20	19 446,00	2,79	1 336,02	17 500,00	13,10*

* Los datos de QQ para el mes de junio en el Beneficio San Diego, y para el mes de agosto en Sarchí, son datos considerablemente bajos según el patrón de quintales procesados. Ya que éstos alteran el valor del promedio de los resultados, fueron omitidos para el análisis estadístico.

Fuente: Elaboración propia.

A partir de estos datos, se determinó la eficiencia por kWh consumido por QQ dando como resultado una eficiencia promedio de 2,23 para los meses en estudio en el año 2017. Este dato permite realizar una comparación cuantitativa con respecto al beneficio San Diego, que para el mismo año obtuvo un rendimiento promedio de 2,90; demostrando así que el beneficio ubicado en Sarchí fue más eficiente en su producción en el tiempo mencionado con respecto al beneficio en estudio.

Cabe destacar, que a pesar de que los procesos productivos son muy similares, existen diferencias de consumo facturado anualmente. En lo que corresponde al sistema de tratamiento de aguas residuales, en San Diego se cuenta con un reactor anaeróbico y en Sarchí es una laguna de oxidación que no requiere ningún equipo eléctrico. Además, Sarchí no cuenta con un área administrativa importante ni con iluminación nocturna constante.

La metodología más adecuada para la comparación de los consumos eléctricos en estos dos beneficios, así como el respectivo cálculo de los índices de eficiencia, se debe realizar con una medición directa por medio de la colocación de un medidor eléctrico exclusivo para el proceso en estudio.

6.2. Factibilidad técnica y económica

Para considerar el desarrollo de un análisis de factibilidad técnica y económica de un posible reemplazo de los motores del área de alistado, se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

- a) Cumplimiento de la vida útil del motor.
- b) Cantidad de veces rebobinado el motor.
- c) Porcentaje de eficiencia eléctrica del motor.

Para el primer criterio, no se cuenta con la información exacta del tiempo de vida útil con la que cuentan los motores eléctricos del proceso en estudio. Sin embargo, en entrevista con el Departamento Ingenieril de Beneficio Volcafe, se estima que gran parte de los motores fueron colocados en el momento que se realizó una reubicación del proceso, por lo que mucho o la totalidad de los mismos fueron renovados hace 10 años.

De igual forma, una de las falencias con las que cuenta el Área Técnica Productiva de Beneficios Volcafe, es no contar con un histórico del mantenimiento hecho tanto en los equipos como en sus motores. Por lo que, no se tiene certeza de la cantidad de veces que los motores se han rebobinado. No obstante, a criterio del área, este proceso no ha presentado graves problemas por lo que es probable que los motores no hayan tenido fallas.

Con respecto al tercer criterio, la eficiencia de los motores analizados es de un promedio de 75%, en motores estándar con eficiencias de 77% - 85% (dependiendo del fabricante). Únicamente el motor del equipo denominado clasificadora por tamaño, cuenta con una eficiencia por encima del 40%, sin embargo, este a su vez tiene el mejor factor de potencia de los equipos. De igual forma, los motores presentan un bajo factor de potencia, es producto de un sobredimensionamiento de sus capacidades.

Otro criterio que permite determinar si es viable el reemplazo de los motores eléctricos es por medio del uso de fotografías térmicas. La temperaturas en carcasa de los motores superan los 60°C es un significativo que se está perdiendo energía en forma de calor. Para el caso de los motores en estudio, estos tienen una temperatura entre los 40 y 50 °C, por lo que se encuentran en condiciones normales de operación.

Sin embargo, existen dos motores que superan el parámetro, tanto el motor del equipo EC-10 (69°C) y del EC-11 (81,3°C). En el caso en específico de estos motores, no cuentan con la placa de características del fabricante, por lo que realizar las mediciones para determinar su eficiencia y factor de potencia no fue posible. No se cuenta con fundamento teórico para una sustitución de los mismos, sin embargo, se debe realizar un mantenimiento preventivo con el fin de evitar una falla.

A pesar de la falta de información exacta de las características propias (vida útil) y el mantenimiento de cada uno de los motores (cantidad de veces rebobinado), las termografías y los cálculos energéticos reflejan un estado aceptable del funcionamiento de los equipos, por lo cual no es recomendable la adquisición de nuevos motores, sino más bien, un mantenimiento preventivo que permita alargar la vida útil y mejorar su eficiencia. Sin embargo, es recomendable que los motores sean rebobinados únicamente una sola vez, esto con el fin de cambiarlos por una tecnología mucho más eficiente.

Asimismo, en lo que respecta a la inversión económica para una posible adquisición de nuevos motores, según cotizaciones realizadas para el beneficio (anexo 4), el costo del motor de 3 HP es de ₡113 151,27 colones, al cual se debe de agregar el valor del motoreductor lineal con el que cuentan la mayoría de motores en el área de estudio, que para el caso en específico ronda los ₡244 886,61. Esos costos aumentan según los HP, así como del nivel de eficiencia del motor; por lo que el periodo de recuperación de la inversión económica sería muy alto.

En lo que se refiere al compresor, su situación es muy similar a los motores eléctricos del área. No se cuenta con el periodo de adquisición (aproximadamente 10 años) ni con registros del mantenimiento realizado. Sin embargo, es el equipo que genera menos consumo con respecto a la totalidad de motores y luminaria; de igual forma según las características del mismo, es considerado como un equipo con tecnología moderna que permite el ahorro energético.

No obstante, debido a que el estudio se realizó en época donde únicamente se emplea el proceso de alistado de café y se respeta el horario de la tarifa eléctrica, no fue posible hacer un análisis de posibles fugas en el sistema hidráulico. Si bien el compresor trabaja de buena manera, una posible falla que genera pérdidas en el consumo eléctrico son las fugas en las tuberías o en las llaves de salida, porque generan que el compresor se encienda en periodos de tiempo más cortos.

A pesar de ello, se considera que el compresor se encuentra en buen estado y que trabaja según las necesidades del sistema; por lo que no es viable desde el punto de vista técnico ni financiero, su sustitución o modificación en su operación.

De los tres apartados analizados, las luminarias corresponden al grupo donde es factible tanto técnica como financieramente, la sustitución de los mismos por equipos más eficientes. La tecnología de las luminarias actuales se puede considerar obsoleta, tomando en cuenta que este es un campo donde las mejoras en la eficiencia de los modelos avanzan rápidamente. Además, la inversión en la sustitución de las luminarias se recupera en un periodo menor a dos años, lo que hace más atractivo su reemplazo, en comparación con los motores y el compresor.

Dentro de los tipos de luminarias que se encuentran en el área de alistado, están T8, T12 y Metalarc. De estos tres modelos, el primero de ellos (T8) es el más eficiente, el cual tiene un consumo de 59 W por tubo fluorescente. Para el caso de las T12 y las Metalarc, sus consumos aumentan a 75 W y 250 W respectivamente; razón por la cual son el objetivo de estudio para considerar su sustitución, en los dos casos por tecnología eficiente tipo LED.

La propuesta de cambio de las luminarias se realizó considerando características similares en cuanto a la calidad de la iluminación. Se pensó en las opciones disponibles en el mercado, tomando en cuenta su potencia, vida útil, eficacia y el IRC, las cuales se detallan en el cuadro 19.

Cuadro 19. Características de tipos de luminarias disponibles en el mercado.

Tipo de iluminación	Gama de potencias (W)	Vida útil (h)	Eficacia (lm/W)	IRC (%)
Incandescentes	25 – 2 000	1 000	8 – 21,5	100
Halógena	40 - 100	2 000	15 - 27	100
Tubos fluorescentes	16 - 65	5 000 – 6 000	48 - 80	70 – 98
Fluorescente compacta	7,5 - 50	8 000	57 - 65	85
Mercurio A.P.	50 – 2 000	24 000	32 - 60	40 – 70
Halogenuro metálico	70 – 3 500	10 000	75 - 105	80 - 90
LED	1,5 - 50	50 000	40 - 50	70 - 98

Fuente: Beltrán, 2018.

Tal como se puede observar en el cuadro anterior, la iluminación tipo LED es de las que presenta mejores características en comparación con los otros tipos. Por esta razón, para las luminarias tipo Metalarc, se propone realizar el cambio por bombillos LED marca OSRAM con un consumo de 37 W, y una vida útil de 25 000 horas, y aprovechar la luminaria existente. Además, para estas luminarias se requiere de la adquisición de convertidores para los nuevos bombillos LED. En lo que respecta a las luminarias tipo T12, estas se proponen cambiar por Lámparas Sylvania 705 LED ECO, las cuales están compuestas por dos tubos de 18W de consumo cada uno. En el cuadro 20 se detalla el análisis de la inversión y ahorro de estos cambios propuestos.

Cuadro 20. Recuperación de la inversión con la sustitución de luminarias en el área de alistado.

Equipo	Bombillo LED 37 W	Lámpara LED 2x18W
Inversión inicial	₡ 73 440,00	₡ 261 120,00
Ahorro estimado por mes	₡ 7 289,46	₡ 11 431,04
Periodo de retorno (meses)	10,07	22,84

Fuente: Elaboración propia.

Según el cuadro 20, el periodo de retorno de la inversión inicial en las luminarias es de 10 meses aproximadamente para el caso de la sustitución de los bombillos de tecnología de mercurio para la Metalarc; por tecnología tipo LED; lo cual es un periodo de retorno bajo y viable para la organización.

Para el caso de las lámparas con fluorescentes T12, si bien su periodo de retorno llega a los 23 meses, sigue siendo viable el cambio de la tecnología por las lámparas tipo LED de bajo consumo. En los anexos 5 y 6 se detallan los cálculos realizados y la cotización respectiva.

6.3. Sistema de gestión de la información

Existe una necesidad de desarrollo de herramientas documentales que permitan gestionar el consumo eléctrico y el mantenimiento preventivo del área de alistado del Beneficio Volcafe San Diego, las cuales están compiladas en un Programa de Gestión de la Energía, desarrollado a continuación.

6.3.1. Programa de Gestión de la Energía

Objetivo general: establecer el sistema de gestión de la energía en el Beneficio Volcafe San Diego, que permita aprovechar de forma eficiente el consumo eléctrico, y garantice su continuidad en el tiempo.

Alcance: incluye la gestión del consumo eléctrico dentro del área de alistado para el Beneficio Volcafe San Diego.

Cuadro 21. Programa de Gestión de la Energía.

Aspecto	Objetivo	Actividad	Indicador	Periodicidad	Responsable
Compromiso de la alta dirección	Contar con el compromiso de la alta dirección para la implementación del programa de gestión de la energía.	Comunicar a la alta dirección sobre la importancia de la gestión de la energía.	Compromiso emitido y comunicado	Anual	Alta dirección
		Conformar un comité de la energía.	Conformación del comité de la energía	Bianual	Alta dirección
Búsqueda de información y establecimiento de indicadores	Levantar la información requerida para el desarrollo de indicadores de eficiencia energética.	Recopilar la información correspondiente al consumo energético del beneficio.	Formatos de control de información completos	Mensual	Operador de planta
		Recopilar los datos relacionados con la producción de la planta.	Formatos de control de información completos	Mensual	Operador de planta
		Desarrollar indicadores que permitan medir el consumo eficiente de la energía.	Indicadores desarrollado	Anual	Comité de la energía

Aspecto	Objetivo	Actividad	Indicador	Periodicidad	Responsable
Ejecución de un diagnóstico energético	Definir cuánto se consume de energía en el área de alistado.	Implementar los procedimientos de diagnóstico energético y gestión del consumo eléctrico.	Formatos de control de información completos	Semestral y Mensual	Ingeniero eléctrico, y gestor de calidad y ambiente
		Realizar mediciones directas e indirectas para determinar la distribución en el consumo de energía.	Formatos de control de información completos	Semestral	Operador de planta
	Determinar oportunidades de reducción de costos.	Analizar opciones que permitan reducir los costos de consumo en ámbitos como el cambio tecnológico o mejoramiento de los procesos.	Oportunidades identificadas	Anual	Comité de la energía
Ejecución del plan de implementación	Establecer un plan de implementación de las oportunidades de mejora identificadas anteriormente.	Determinar y aprobar el presupuesto del programa de energía.	Presupuesto aprobado	Anual	Comité de la energía
		Desarrollar un cronograma de trabajo con las acciones a implementar.	Cronograma aprobado	Anual	Comité de la energía

Aspecto	Objetivo	Actividad	Indicador	Periodicidad	Responsable
(continuación) Ejecución del plan de implementación	Establecer un plan de implementación de las oportunidades de mejora identificadas anteriormente.	Implementar el procedimiento de mantenimiento preventivo de motores eléctricos y compresores.	Formatos de control de información completos	Mensual	Ingeniero de planta, y gestor de calidad y ambiente
		Desarrollar un cronograma de mantenimiento de los equipos del área.	Cronograma aprobado	Anual	Comité de la energía
Programas de capacitación y divulgación	Capacitar a los colaboradores relacionados directa e indirectamente con el proceso.	Implementar un programa de capacitación en eficiencia energética, consumo responsable y mantenimiento preventivo de los equipos.	Capacitaciones desarrolladas	Anual	Comité de la energía
Monitoreo y seguimiento	Validar la efectividad de las acciones implementadas.	Revisar las acciones propuestas, y su efectividad con respecto al tiempo de implementación.	Consumo energético por año	Anual	Comité de la energía

Cabe destacar, que el Comité de la energía estará conformado por un grupo de técnicos y profesionales de la organización, el cual tendrá como base el ingeniero de planta, jefes de planta y gestor de calidad y de ambiente, operador de planta o electricista. Deben ser colaboradores con poder de decisión, y que cuenten con el conocimiento técnico de la gestión energética del área.

Para la adecuada implementación del Programa de Gestión de la Energía y el cumplimiento de sus objetivos, así como, considerando las necesidades identificadas dentro del diagnóstico, se desarrollaron tres procedimientos con sus respectivos formatos para el control de la información derivada, los cuales se detallan a continuación.

a. Procedimiento para el diagnóstico energético.

El objetivo del procedimiento es desarrollar un diagnóstico energético en el área de alistado del Beneficio Volcafe, para determinar los puntos de consumo de energía. La periodicidad de la implementación del procedimiento es semestral; y participan el ingeniero eléctrico coordinando y verificando las acciones y buenas prácticas estipuladas, y el gestor de calidad y ambiente gestionando los registros correspondientes con las actividades implementadas.

El procedimiento detalla las siete fases para su implementación (anexo 7), las cuales corresponden a planeación y recopilación de información inicial, inventario y caracterización de los equipos, mediciones y cálculos eléctricos en motores, en compresores y en luminarias, análisis de la factura eléctrica, y finalmente, el análisis de la información obtenida.

Considerando que el área de estudio cuenta con gran cantidad de motores eléctricos, y que estos varían en sus características; el anexo 8 detalla un formato para el control de los mismos, por medio de los datos del motor (voltios, amperios, fases y HZ, RPM nominal, índice de eficiencia, entre otros).

b. Procedimiento de gestión del consumo eléctrico.

El segundo procedimiento propuesto (anexo 9), con respecto a la gestión del consumo eléctrico, tiene como objetivo brindar una guía de buenas prácticas a implementar en el Beneficio Volcafe San Diego que permitan gestionar de forma eficiente el consumo eléctrico mensualmente. Las responsabilidades recaen sobre el ingeniero eléctrico y el gestor de calidad y ambiente, en donde el primero debe coordinar y verificar las acciones y buenas prácticas, y el segundo gestionar los registros correspondientes.

El procedimiento consta de cuatro fases. La primera de ellas se refiere a mantener actualizado el inventario de equipos que consumen electricidad, por medio de la identificación de placas o códigos, el levantamiento de datos técnicos, determinación de la distribución de carga por sector de proceso, y medición del consumo real en cada área de proceso. La segunda fase corresponde a la determinación de la demanda máxima diaria, la cual deberá de analizarse con respecto a la producción, de forma tal que se pueda determinar si puede estar afectando prácticas como el arranque indiscriminado de los equipos.

La determinación del uso efectivo de la energía corresponde a la tercera fase del procedimiento, en donde se propone la revisión del factor de potencia en distintos momentos de demanda, y que de esta forma se pueda analizar el uso efectivo de la energía consumida. La última fase del procedimiento refiere al control de consumos y análisis de datos, la cual busca registrar el histórico de consumo, demandas máximas y otra información que se considere pertinente y que el proveedor del servicio eléctrico detalle mensualmente, de forma tal que permita respaldar estadísticamente la toma de decisiones.

En el procedimiento anterior, se hace referencia a cuatro formatos como herramientas para la implementación del mismo, los cuales corresponden al control de horas de trabajo por equipos (anexo 10), reporte eléctrico (anexo 11) para la determinación de la demanda máxima diaria, control de desplazamiento de carga eléctrica (anexo 12) para determinar el uso efectivo de la energía, y el formato de control histórico del consumo eléctrico (anexo 13).

c. Procedimiento de mantenimiento preventivo: motores y compresores.

El último procedimiento propuesto dentro del sistema de gestión de la información se refiere al mantenimiento de los motores y compresores (anexo 14). El objetivo del mismo consiste en brindar un mantenimiento integral de forma preventiva a los motores eléctricos y compresores del beneficio, que permita el aprovechamiento eficiente de la energía y de las capacidades de los equipos. El alcance abarca el área de alistado del beneficio. De la misma forma que los procedimientos anteriores, las responsabilidades recaen sobre el ingeniero de planta con respecto a la coordinación y verificación del mantenimiento correspondiente; y del gestor de calidad y ambiente para el control de los registros.

El desarrollo del procedimiento se divide en dos secciones, una para el mantenimiento preventivo de los motores eléctricos, y la otra sección para el mantenimiento preventivo del compresor. Sin embargo, ambas secciones cuentan con apartados de normas básicas previas al mantenimiento y las tareas propias

del mismo, que incluyen entre otras cosas, limpieza, verificación de temperaturas de trabajo y de cantidad de lubricantes utilizados por cada equipo, revisión visual, entre otros.

Se desarrollaron, además, formatos para el control de la implementación del procedimiento. El primero de ellos para el mantenimiento de motores eléctricos (anexo 15), en donde se verifica entre otras cosas el estado de los roles internos, la carcasa, el embobinado, el balanceo y la barra. El segundo formato para la descripción del mantenimiento de compresores (anexo 16), incluye la revisión de la temperatura del aire, nivel del aceite, estado del sistema de lubricación y de la válvula check, por ejemplo.

7. CONCLUSIONES

- La operación del beneficio se ve determinada por el comportamiento de la cosecha de café en la zona, por lo que durante los meses de noviembre a marzo, el consumo energético presenta aumentos de hasta 7 veces la facturación regular de los meses de no cosecha.
- El proceso de alistado no depende directamente de la cosecha, debido a que opera con el café almacenado en los silos, por lo que su operación es constante durante todo el año, a diferencia del resto de procesos del beneficio.
- Según el diagnóstico energético realizado en área de alistado del beneficio Volcafe, se determinó que este proceso no es la principal carga en la facturación total de la organización durante los meses en estudio. Por lo tanto, no se puede relacionar los costos del consumo energético del área de alistado con los del recibo eléctrico; los cuales registran un aumento desde el año 2015 al 2017 de 0,4 kWh/QQ anualmente.
- El aprovechamiento de tecnologías limpias en el área de alistado que permita la mejora de la eficiencia energética es viable, técnica y económicamente, para el caso de las luminarias, y no así para los motores y el compresor. Por lo tanto, se propone el cambio de las luminarias actuales por unas de tecnología tipo Led.
- No es factible técnicamente la sustitución de motores eléctricos actuales por unos con estándares de alta eficiencia energética, esto según los datos obtenidos en las mediciones realizadas y en las imágenes termográficas tomadas, así como en el análisis de la operatividad y mantenimiento de los mismos.
- El control de la información sobre la gestión operativa y de mantenimiento de los equipos es deficiente, lo que provoca fallas y una mala operación de los mismos; dando como resultados consumos energéticos innecesarios, así como repercusiones a nivel económico en el pago de la factura eléctrica.

- La gestión de la información y control de los indicadores en el consumo energético, permitirá evitar el pago de posibles multas u otros recargos en la facturación, así como la generación de mayores ahorros en el consumo.
- Es importante considerar opciones de generación eléctrica a partir de fuentes de energías renovables; de tal manera que alivianen el pago de la factura de energía eléctrica.
- A modo de lección aprendida durante el proceso de investigación, dado que el proceso de alistado cuenta con niveles aceptables en lo que respecta eficiencia energética de sus equipos, el alcance del estudio limitó el abordaje de una posible implementación de tecnologías más limpias en el área, por medio del análisis de la factibilidad técnica y económica.
- Dentro de los posibles escenarios resultantes con el diagnóstico energético realizado, y exceptuando las luminarias; se obtuvo un panorama favorable, en donde los equipos operan de forma eficiente desde el punto de vista energético. Lo anterior generó la propuesta para el mejoramiento en las prácticas de gestión de la energía, más no un cambio del uso de tecnologías nuevas en el proceso.

8. RECOMENDACIONES

- Debido a que el proceso productivo de alistado no es la principal carga en la facturación total del beneficio Volcafe San Diego en los meses de estudio, es necesario ampliar el alcance este diagnóstico energético a todas las actividades de la planta que se realizan de forma constante durante todo el año; con la finalidad de cuantificar las operaciones con respecto a la facturación y a partir de esto determinar nuevas medidas de ahorro en el costo energético, así como la implementación de tecnologías limpias.
- Para una medición más exacta del consumo eléctrico, así como los costos relacionados, se sugiere la instalación de un medidor eléctrico exclusivo para el proceso productivo de alistado de café.
- Con respecto al tema de luminarias, se recomienda la sustitución de luminarias T12 por lámparas con tecnología LED y de igual forma el reemplazo de los bombillos de las lámparas tipo Metalarc por bombillo LED. La inversión a realizar para la sustitución de luminarias T12 es menor a 2 años, mientras que el cambio a bombillo LED es de 10 meses.
- Debido a la dependencia de la red pública eléctrica, se recomienda la valoración técnica y económica de un sistema de generación eléctrica a partir de fuentes renovables.
- Para un correcto análisis de la operación del compresor eléctrico, es necesario la evaluación de posibles fugas a lo largo del sistema neumático. Para ello debe de realizarse en época de cosecha, donde el sistema opera sin interrupciones.
- Se recomienda que, para los motores eléctricos del área, cuando fallen sean rebobinados una única vez, por lo que en caso de un segundo fallo sean sustituidos por motores con tecnología más eficiente. Para el caso de los motores de la maquinaria EC-10 y EC-11, es necesario el cambio una vez fallen, debido a que presentan altas temperaturas en el momento de operación según las fotografías tomadas con la cámara termográfica.

- Con base en los resultados obtenidos en el balance energético y a la poca o nula información con respecto al mantenimiento de los equipos; se recomienda un sistema que gestione el mantenimiento de manera integral, de tal manera que se maximice la eficiencia de los equipos, por encima de su reemplazo por otras tecnologías.
- Se recomienda la implementación del programa de gestión de la energía, de tal manera que se administre de forma adecuada la información, y permita darle un seguimiento a los diagnósticos energéticos desarrollados. Dentro de este sistema se incluye un procedimiento para la gestión del consumo eléctrico; el cual consta de una vigilancia de las cargas eléctricas; por medio un reporte de la lectura del medidor eléctrico. Además, de una hoja de cálculo que permita determinar el desplazamiento eléctrico, para esta forma evitar el pago de multas producto de un bajo factor de potencia
- De igual forma dentro del sistema de gestión de la información, se recomienda la implementación de un procedimiento de mantenimiento preventivo de equipos como motores eléctricos y compresor, de tal manera que se optimice y controle su eficiencia. Además, se incluye el registro de las horas laboradas y un histórico de mantenimiento y un análisis de fotografías termo gráficas.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agencia Internacional de Energía AIE. 2015. Indicadores de Eficiencia Energética: Bases Esenciales para el Establecimiento de Políticas. Paris, Francia.

Agrícola Chaparral. 2011. Manual de difusión de tecnologías limpias. Sinaloa, México. Consultado 21 set. 2017. Disponible en <http://www.agricolachaparral.com/pdfs/tecnologias.pdf>

Área Técnica Productiva. 2016. Beneficios Volcafé Costa Rica. Descripción del Proceso Productivo de Beneficiado de Café. Heredia, Costa Rica.

Arroyave Rojas, J.A. Garcés Giraldo, L.F. 2006. Tecnologías ambientalmente sostenibles. Producción + Limpia vol. 1 no 2.

Belenguer B., E. 2018. Magnitudes utilizadas en iluminación. Fundación F2e. Curso virtual impartido en feb 2018. Madrid, España.

Beltrán H. 2018. Lámparas: tipos y características. Fundación F2e. Curso virtual impartido en feb 2018. Madrid, España.

Cámara de Industrias de Costa Rica CICR. 2016. Programa Administrador de la Energía. Costa Rica.

Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia CGPML. 2004. Manual de Buenas Prácticas Operativas de Producción más Limpia en el Sector de Beneficiado de Café. Programa Ambiental Regional para Centroamérica. Guatemala.

Céspedes Acosta, GA. 1999. Programas de ahorro energético y uso racional de la energía, una necesidad empresarial. Tesis Lic. Ing. Eléctrica. San José, Costa Rica. Universidad de Costa Rica.

Comisión Europea. 2009. Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency. (en línea). Consultado el 12 ene 2017. Disponible en <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/>

Congreso Nacional Cafetalero Ordinario. 44, 2015, Heredia, Costa Rica. 2015. Informe sobre la actividad cafetalera de Costa Rica. ICAFE Instituto del Café, CR. Heredia, Costa Rica.

Cuevas Z., *et al.* 2015. La adopción de tecnologías limpias para la sustentabilidad: caso de dos empresas del sector de la construcción. (en línea). Ciudad Universitaria, México D.F. Consultado 21 set. 2017. Disponible en <http://congreso.investiga.fca.unam.mx/docs/xx/docs/10.13.pdf>

De Laire P., M. 2013. Gestión de la energía e ISO 50001. (en línea). Agencia Chilena de Eficiencia Energética AChEE. Consultado el 16 nov. 2018. Disponible en http://www.duoc.cl/sustentable/pdf/AChEE_MichelDeLaire.pdf

Di Pelino, V. 2009. La Energía, trabajo didáctico. Instituto Argentino de la Energía. Argentina.

Dirección de Cambio Climático DCC. 2015. Plan de Acción de la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC). San José, Costa Rica.

Dirección Nacional de Energía DNE, Dirección Nacional de Medio Ambiente DINAMA, Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo AECID. 2014. Informe: Medio Ambiente y Energía en Uruguay. Aspectos de la temática energética desde una visión ambiental. Uruguay.

ED&F MAN. 2017. Coffee. (en línea). Consultado el 15 nov 2018. Disponible en <http://www.edfman.com/commodities/coffee>

Esquivel Rodríguez, MF. 2014. Situación Energética de Costa Rica, 2014. Informe Final. Vigésimoprimer Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible (2014). San José, Costa Rica.

Esquivel Zeledón, C. 2016. Costos y manejo del beneficio (entrevista). San José, Costa Rica.

Fundación Andaluza. 2014. Guía Didáctica Descubre la Energía. (en línea). Consultado el 16 nov 2018. Disponible en https://descubrelaenergia.fundaciondescubre.es/files/2014/01/GuiaDidactica_DescubrelaEnergia.pdf

Fundación Red de Energía – BUN-CA Biomass Users Network. 2009. Motores eléctricos: Buenas prácticas en eficiencia energética. San José, Costa Rica.

Fundación Red de Energía – BUN-CA Biomass Users Network. 2010. Iluminación: Buenas prácticas en eficiencia energética. San José, Costa Rica.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático IPCC. 2011. Informe especial sobre fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático.

Henry Glynn, J. Heinke Gary, W. 1999. Ingeniería Ambiental. Trad. PE Roig. 2 ed. México. Prentice Hall.

Hernández Blanco, M. 2012. Renovando la energía. Éxito Empresarial no 186:1-3.

Hernández Sampieri, R; Fernández Collado, C; Baptista Lucio P. 2014. Metodología de la Investigación. 6ta ed. México. Mc Graw Hill.

Hernández, M. 2016. Eficiencia energética, iluminación en el ICAFE (entrevista). San José, Costa Rica.

Instituto Costarricense de Electricidad. 2017. Generación y Demanda: Informe Anual. Centro Nacional de Control de Energía. Heredia, Costa Rica.

Instituto del Café de Costa Rica ICAFE. 2015. Informe sobre la actividad cafetalera de Costa Rica. Heredia, Costa Rica.

ISOTools Excellence. 2014. La Norma ISO 50001:2011 y la Gestión de la Energía; Una baja de costos y una mejora de la eficiencia energética de las organizaciones. Buenos Aires, Argentina.

Jensen Madrigal, MC. 2012. Motores eléctricos de alta eficiencia: Regulaciones técnicas constructivas y evaluación económica de sustitución de motores. Proyecto de Graduación Bach. Ing. Eléctrica. San José, Costa Rica. Universidad de Costa Rica.

Lieber A. 2011. Las recomendaciones de la Comisión Europea para la eficiencia energética en la industria. Éxito Empresarial no 156:1-3.

Ministerio de Ambiente y Energía MINAE. 2015. VII Plan Nacional de Energía 2015-2030. 1 ed. San José, Costa Rica.

Montero Ramírez, G. 2011. Implementación de un ensayo de eficiencia para motores eléctricos de inducción en el laboratorio de Eficiencia Energética del ICE. Proyecto de Graduación Bach. Ing. Eléctrica. San José, Costa Rica. Universidad de Costa Rica.

Naranjo Aguilar, F. 2010. El reto de la eficiencia energética frente al desarrollo socioeconómico. Éxito Empresarial No. 134.

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial ONUDI. 2006. Manual de Producción más Limpia: Introducción a la Producción más Limpia. Consultado 21 set. 2017. Disponible https://www.unido.org/fileadmin/import/71360_1Textbook.pdf

Ramírez Alvarado, S. Coto Rojas, E. Muñoz Vargas, K. 2014. Energías Renovables empleadas en los distintos sectores energéticos de Costa Rica. Tesis Lic. Ing. Eléctrica. San José, Costa Rica. Universidad de Costa Rica.

Rodríguez M., A. 2014. Plan de reducción del consumo energético para el Vivero 16, Orquídeas de Costa Rica S.A., Alajuela, Costa Rica. Proyecto de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Gestión Ambiental con énfasis en Tecnologías Limpias. Heredia, CR. Universidad Nacional.

Saborío Villalobos, M. 2012. Aspectos básicos de la nueva norma de Gestión de la Energía ISO 50001. Éxito Empresarial no 205:1-3.

Somarribas Quirós, KL. Montero Quesada, OE. 1996. Proyecto para mejorar la eficiencia de los sistemas de iluminación del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Tesis Lic. Ing. Industrial. San José, Costa Rica. Universidad de Costa Rica.

Zaforteza Fuster, J. 2013. Diseño e instalación de un sistema de aire comprimido para una planta de ciclo combinado. Madrid, España. Universidad Pontificia Comillas.





10. ANEXOS

Anexo 1. Resultados de las hojas de cálculo de análisis de los motores del área de alistado.







Beneficios Volcafe (Costa Rica)
Control de Motores Eléctricos





IDENTIFICACIÓN			
Beneficio:	San Diego	Área:	Alistado
Tablero:	B	Código Equipo:	EC-27
Equipo:	Elevador Canjilones	Código Motor:	
DATOS DEL MOTOR			
Marca:	EBERLE	Temperatura de Trabajo (°C):	40
Modelo/Tipo:	B 100 L4/CR	Fases y HZ:	3//60
Numero de Serie:	704	HP:	5
Factor de Servicio:	1,15	Voltios (V):	220
Cos α:	0,81	Amperios (A):	14
IP:	55	RPM nominal:	1730
Clase de Aislamiento:	F	Velocidad de Sincronización:	1800
Indice de Eficiencia:		Deslizamiento a plena carga:	70
VALORES DE MEDICIÓN			
Votaje Promedio:	221,1	RPM Operación:	1795,29
Amperaje Promedio:	1,59	Horas de Operación:	1116,7
kW Promedio:	0,31	Precio Promedio kWh (Colones):	65,28
VALORES CALCULADOS			
Deslizamiento de funcionamiento (RPM):	4,71	Factor de potencia (%):	50,91
Porcentaje de carga (%):	6,73	Pedidas de kW	0,06
Caballaje de salida (HP):	0,34	Precio anual de operación (Colones):	22 598,43
kW de salida:	0,25	Precio anual de pérdidas:	4 302,76
Porcentaje de eficiencia (%):	80,96	Ahorro anual por cambio de motor de alta eficiencia (Colones):	165 394,56
KVA de entrada:	0,61	Costo del reemplazo de motor amortización simple, años (Colones):	
MOTOR		PLACA	
			
MEDICIÓN ANALIZADOR DE REDES		MEDICIÓN TACOMETRO DIGITAL	
			



IDENTIFICACIÓN			
Beneficio:	San Diego	Área:	Alistado
Tablero:	A	Código Equipo:	EC-09
Equipo:	Elevador Canjilones	Código Motor:	
DATOS DEL MOTOR			
Marca:	BONFIGLIOLI	Temperatura de Trabajo:	
Modelo/Tipo:	M3LA4	Fases y HZ:	3//50
Numero de Serie:	375143	HP:	3
Factor de Servicio:		Voltios (V):	220
Cos α:	0,76	Amperios (A):	9,3
IP:	55	RPM nominal	1410
Clase de Aislamiento:		Velocidad de Sincronización:	1800
Indice de Eficiencia:		Deslizamiento a plena carga:	390
VALORES DE MEDICIÓN			
Votaje Promedio:	217,3	RPM Operación:	1771,758
Amperaje Promedio:	1,27	Horas de Operación:	1116,7
kW Promedio:	0,21	Precio Promedio kWh (Colones):	65,28
VALORES CALCULADOS			
Deslizamiento de funcionamiento (RPM):	28,24	Factor de potencia (%):	43,93
Porcentaje de carga (%):	7,24	Pedidas de kW (kW):	0,05
Caballaje de salida (HP):	0,22	Precio anual de operación (Colones):	15 308,62
kW de salida:	0,16	Precio anual de pérdidas:	3 494,33
Porcentaje de eficiencia (%):	77,17	Ahorro anual por cambio de motor de alta eficiencia (Colones):	151 528,77
KVA de entrada:	0,48	Costo del reemplazo de motor amortización simple, años (Colones):	
MOTOR		PLACA	
			
MEDICIÓN ANALIZADOR DE REDES		MEDICIÓN TACOMETRO DIGITAL	
			



IDENTIFICACIÓN			
Beneficio:	San Diego	Área:	Alistado
Tablero:	B	Código Equipo:	EC-08
Equipo:	Elevador Canjilones	Código Motor:	
DATOS DEL MOTOR			
Marca:	KAILI	Temperatura de Trabajo (°C):	
Modelo/Tipo:	MS90S-4	Fases y HZ:	3//60
Numero de Serie:		HP:	1,5
Factor de Servicio:		Voltios (V):	220
Cos α:	0,77	Amperios (A):	4,99
IP:	55	RPM nominal:	1680
Clase de Aislamiento:	F	Velocidad de Sincronización:	1800
Indice de Eficiencia:	IEC: 34-1	Deslizamiento a plena carga:	120
VALORES DE MEDICIÓN			
Votaje Promedio:	218,3	RPM Operación:	1782,567
Amperaje Promedio:	0,8	Horas de Operación:	1116,7
kW Promedio:	0,19	Precio Promedio kWh (Colones):	65,28
VALORES CALCULADOS			
Deslizamiento de funcionamiento (RPM):	17,433	Factor de potencia (%):	62,81
Porcentaje de carga (%):	14,5275	Pedidas de kW (kW):	0,027437275
Caballaje de salida (HP):	0,2179125	Precio anual de operación (Colones):	13 850,65
kW de salida:	0,163	Precio anual de pérdidas:	2 000,13
Porcentaje de eficiencia (%):	85,559	Ahorro anual por cambio de motor de alta eficiencia (Colones):	52 624,29
KVA de entrada:	0,302	Costo del reemplazo de motor amortización simple, años (Colones):	
MOTOR		PLACA	
			
MEDICIÓN ANALIZADOR DE REDES		MEDICIÓN TACOMETRO DIGITAL	
			




Beneficios Volcafe (Costa Rica)
Control de Motores Eléctricos



IDENTIFICACIÓN			
Beneficio:	San Diego	Área:	Alistado
Tablero:	B	Código Equipo:	EC-24
Equipo:	Elevador Canjilones	Código Motor:	
DATOS DEL MOTOR			
Marca:	KAILI	Temperatura de Trabajo (°C):	
Modelo/Tipo:	MS90S-4	Fases y HZ:	3//60
Numero de Serie:		HP:	1,5
Factor de Servicio:		Voltios (V):	220
Cos α:	0,77	Amperios (A):	4,99
IP:	55	RPM nominal:	1680
Clase de Aislamiento:	F	Velocidad de Sincronización:	1800
Indice de Eficiencia:	IEC: 34-1	Deslizamiento a plena carga:	120
VALORES DE MEDICIÓN			
Votaje Promedio:	223,01	RPM Operación:	1780,17
Amperaje Promedio:	1,15	Horas de Operación:	1116,7
kW Promedio:	0,24	Precio Promedio kWh (Colones):	65,28
VALORES CALCULADOS			
Deslizamiento de funcionamiento (RPM):	19,83	Factor de potencia (%):	54,03
Porcentaje de carga (%):	16,53	Pedidas de kW (kW):	0,06
Caballaje de salida (HP):	0,25	Precio anual de operación (Colones):	17 495,56
kW de salida:	0,18	Precio anual de perdidas:	4 015,61
Porcentaje de eficiencia (%):	77,05	Ahorro anual por cambio de motor de alta eficiencia (Colones):	174 594,81
KVA de entrada:	0,44	Costo del reemplazo de motor amortización simple, años (Colones):	
MOTOR		PLACA	
			
MEDICIÓN ANALIZADOR DE REDES		MEDICIÓN TACOMETRO DIGITAL	
			



IDENTIFICACIÓN			
Beneficio:	San Diego	Área:	Alistado
Tablero:	B	Código Equipo:	EC-11
Equipo:	Elevador Canjilones	Código Motor:	
DATOS DEL MOTOR			
Marca:	-	Temperatura de Trabajo (°C):	
Modelo/Tipo:	-	Fases y HZ:	3//50
Numero de Serie:	-	HP:	3
Factor de Servicio:		Voltios (V):	220
Tipo de Carcaza:		Amperios (A):	8,4
IP:		RPM nominal:	1725
Clase de Aislamiento:		Velocidad de Sincronización:	1800
Indice de Eficiencia:		Deslizamiento a plena carga:	75
VALORES DE MEDICIÓN			
Votaje Promedio:	222,3	RPM Operación:	1776,7
Amperaje Promedio:	3,07	Horas de Operación:	1116,7
kW Promedio:	1,11	Precio Promedio kWh (Colones):	65,28
VALORES CALCULADOS			
Deslizamiento de funcionamiento (RPM):	23,3	Factor de potencia (%):	93,91
Porcentaje de carga (%):	31,06666667	Pedidas de kW (kW):	0,414728
Caballaje de salida (HP):	0,932	Precio anual de operación (Colones):	80 916,98
kW de salida:	0,695272	Precio anual de perdidas:	30 232,91
Porcentaje de eficiencia (%):	62,63711712	Ahorro anual por cambio de motor de alta eficiencia (Colones):	1 386 862,01
KVA de entrada:	1,18	Costo del reemplazo de motor amortización simple, años (Colones):	
MOTOR		PLACA	
			
MEDICIÓN ANALIZADOR DE REDES		MEDICIÓN TACOMETRO DIGITAL	
			



Beneficios Volcafe (Costa Rica)
Control de Motores Eléctricos



IDENTIFICACIÓN			
Beneficio:	San Diego	Área:	Alistado
Tablero:	B	Codigo Equipo:	TH-68
Equipo:	Transportador Helicoidal	Código Motor:	
DATOS DEL MOTOR			
Marca:	BONFIGLIOLI	Temperatura de Trabajo (°C):	
Modelo/Tipo:	M3SA4	Fases y HZ:	3//50
Numero de Serie:	963320	HP:	2
Factor de Servicio:		Voltios (V):	220
Cos α:	0,77	Amperios (A):	6,6
IP:	55	RPM nominal:	1410
Clase de Aislamiento:	F	Velocidad de Sincronización:	1700
Indice de Eficiencia:	IEC: 34-1	Deslizamiento a plena carga:	290
VALORES DE MEDICIÓN			
Votaje Promedio:	220,47	RPM Operación:	1576,328
Amperaje Promedio:	3,34	Horas de Operación:	1116,7
kW Promedio:	0,81	Precio Promedio kWh (Colones):	65,28
VALORES CALCULADOS			
Deslizamiento de funcionamiento (RPM):	123,672	Factor de potencia (%):	63,51
Porcentaje de carga (%):	42,65	Pedidas de kW (kW):	0,17
Caballaje de salida (HP):	0,85	Precio anual de operación (Colones):	59 047,52
kW de salida:	0,64	Precio anual de perdidas:	12 664,52
Porcentaje de eficiencia (%):	78,55	Ahorro anual por cambio de motor de alta eficiencia (Colones):	530 993,10
KVA de entrada:	1,28	Costo del reemplazo de motor amortización simple, años (Colones):	
MOTOR		PLACA	
			
MEDICIÓN ANALIZADOR DE REDES		MEDICIÓN TACOMETRO DIGITAL	
			



IDENTIFICACIÓN			
Beneficio:	San Diego	Área:	Alistado
Tablero:	B	Código Equipo:	EC-26
Equipo:	Elevador Canjilones	Código Motor:	
DATOS DEL MOTOR			
Marca:	EURO MOTOR	Temperatura de Trabajo (°C):	
Modelo/Tipo:	MS 90L1-4	Fases y HZ:	3//60
Numero de Serie:	912119069	HP:	2
Factor de Servicio:		Voltios (V):	220
Cos α:	0,8	Amperios (A):	5,74
IP:		RPM nominal:	1720
Clase de Aislamiento:	F	Velocidad de Sincronización:	1800
Indice de Eficiencia:	IEC: 34-1	Deslizamiento a plena carga:	80
VALORES DE MEDICIÓN			
Votaje Promedio:	222,5	RPM Operación:	1765,824
Amperaje Promedio:	2,41	Horas de Operación:	1116,7
kW Promedio:	0,87	Precio Promedio kWh (Colones):	65,28
VALORES CALCULADOS			
Deslizamiento de funcionamiento (RPM):	34,176	Factor de potencia (%):	93,68
Porcentaje de carga (%):	42,72	Pedidas de kW (kW):	0,23
Caballaje de salida (HP):	0,85	Precio anual de operación (Colones):	63 421,41
kW de salida:	0,64	Precio anual de pérdidas:	16 957,40
Porcentaje de eficiencia (%):	73,26	Ahorro anual por cambio de motor de alta eficiencia (Colones):	777 698,65
KVA de entrada:	0,93	Costo del reemplazo de motor amortización simple, años (Colones):	
MOTOR		PLACA	
			
MEDICIÓN ANALIZADOR DE REDES		MEDICIÓN TACOMETRO DIGITAL	
			







Beneficios Volcafe (Costa Rica)
Control de Motores Eléctricos



IDENTIFICACIÓN			
Beneficio:	San Diego	Área:	Alistado
Tablero:	B	Código Equipo:	CT-01
Equipo:	Clasificadora por Tamaños	Código Motor:	
DATOS DEL MOTOR			
Marca:	WEO	Temperatura de Trabajo (°C):	
Modelo/Tipo:		Fases y HZ:	3//60
Numero de Serie:		HP:	1,5
Factor de Servicio:	1,15	Voltios (V):	220
Cos α:	0,83	Amperios (A):	6,06
IP:	54	RPM nominal:	1715
Clase de Aislamiento:	B	Velocidad de Sincronización:	1800
Indice de Eficiencia:	77,6	Deslizamiento a plena carga:	85
VALORES DE MEDICIÓN			
Votaje Promedio:	221,7	RPM Operación:	1761
Amperaje Promedio:	2,98	Horas de Operación:	1116,7
kW Promedio:	1,11	Precio Promedio kWh (Colones):	65,28
VALORES CALCULADOS			
Deslizamiento de funcionamiento (RPM):	39	Factor de potencia (%):	97,00
Porcentaje de carga (%):	45,88235294	Pedidas de kW (kW):	0,60
Caballaje de salida (HP):	0,69	Precio anual de operación (Colones):	80 916,98
kW de salida:	0,51	Precio anual de pérdidas:	43 489,34
Porcentaje de eficiencia (%):	46,25	Ahorro anual por cambio de motor de alta eficiencia (Colones):	1 637 295,56
KVA de entrada:	1,14	Costo del reemplazo de motor amortización simple, años (Colones):	
MOTOR		PLACA	
			
MEDICIÓN ANALIZADOR DE REDES		MEDICIÓN TACOMETRO DIGITAL	
			







IDENTIFICACIÓN			
Beneficio:	San Diego	Área:	Alistado
Tablero:	A	Código Equipo:	TF-01
Equipo:	Trilladora por Fricción	Código Motor:	
DATOS DEL MOTOR			
Marca:	CONTI ELEKTRO	Temperatura de Trabajo (°C):	
Modelo/Tipo:	AA1 280S	Fases y HZ:	3//60
Numero de Serie:	N051446	HP:	60
Factor de Servicio:		Voltios (V):	220
Cos α:	0,86	Amperios (A):	148
IP:		RPM nominal:	1180
Clase de Aislamiento:	B	Velocidad de Sincronización:	1800
Indice de Eficiencia:		Deslizamiento a plena carga:	620
VALORES DE MEDICIÓN			
Votaje Promedio:	216,87	RPM Operación:	1747,8
Amperaje Promedio:	22,5	Horas de Operación:	1116,7
kW Promedio:	4,7	Precio Promedio kWh (Colones):	65,28
VALORES CALCULADOS			
Deslizamiento de funcionamiento (RPM):	52,20	Factor de potencia (%):	55,61
Porcentaje de carga (%):	8,42	Pedidas de kW (kW):	0,93
Caballaje de salida (HP):	5,05	Precio anual de operación (Colones):	342 621,43
kW de salida:	3,77	Precio anual de pérdidas:	67 904,42
Porcentaje de eficiencia (%):	80,18	Ahorro anual por cambio de motor de alta eficiencia (Colones):	2 697 468,40
KVA de entrada:	8,45	Costo del reemplazo de motor amortización simple, años (Colones):	
MOTOR		PLACA	
			
MEDICIÓN ANALIZADOR DE REDES		MEDICIÓN TACOMETRO DIGITAL	
			



Beneficios Volcafe (Costa Rica)
Control de Motores Eléctricos







IDENTIFICACIÓN			
Beneficio:	San Diego	Área:	Alistado
Tablero:	A	Código Equipo:	EC-17
Equipo:	Elevador Canjilones	Código Motor:	
DATOS DEL MOTOR			
Marca:	FFD WIEN	Temperatura de Trabajo (°C):	
Modelo/Tipo:	DPLSCOL	Fases y HZ:	60
Numero de Serie:	7580089	HP:	2
Factor de Servicio:		Voltios (V):	220
Cos α:		Amperios (A):	6,8
IP:	44	RPM nominal:	1160
Clase de Aislamiento:	ND	Velocidad de Sincronización:	1800
Indice de Eficiencia:		Deslizamiento a plena carga:	640
VALORES DE MEDICIÓN			
Votaje Promedio:	221	RPM Operación:	1747,54
Amperaje Promedio:	1,03	Horas de Operación:	1116,7
kW Promedio:	0,18	Precio Promedio kWh (Colones):	65,28
VALORES CALCULADOS			
Deslizamiento de funcionamiento (RPM):	52,46	Factor de potencia (%):	45,66
Porcentaje de carga (%):	8,20	Pedidas de kW (kW):	0,06
Caballaje de salida (HP):	0,16	Precio anual de operación (Colones):	13 121,67
kW de salida:	0,12	Precio anual de pérdidas:	4 206,42
Porcentaje de eficiencia (%):	67,94	Ahorro anual por cambio de motor de alta eficiencia (Colones):	196 643,92
KVA de entrada:	0,39	Costo del reemplazo de motor amortización simple, años (Colones):	
MOTOR		PLACA	
			
MEDICIÓN ANALIZADOR DE REDES		MEDICIÓN TACOMETRO DIGITAL	
			



Beneficios Volcafe (Costa Rica)
Control de Motores Eléctricos




IDENTIFICACIÓN			
Beneficio:	San Diego	Área:	Alistado
Tablero:	C	Código Equipo:	TV-01
Equipo:	Transportador Vibrador	Código Motor:	
DATOS DEL MOTOR			
Marca:	MEZ	Temperatura de Trabajo (°C):	
Modelo/Tipo:	4AP 100L	Fases y HZ:	3//60
Numero de Serie:	3085149	HP:	3
Factor de Servicio:		Voltios (V):	220
Cos α:	0,88	Amperios (A):	
IP:	54	RPM nominal:	1750
Clase de Aislamiento:		Velocidad de Sincronización:	1800
Indice de Eficiencia:		Deslizamiento a plena carga:	50
VALORES DE MEDICIÓN			
Votaje Promedio:	217,17	RPM Operación:	1782,6
Amperaje Promedio:	2,97	Horas de Operación:	1116,7
kW Promedio:	0,99	Precio Promedio kWh (Colones):	65,28
VALORES CALCULADOS			
Deslizamiento de funcionamiento (RPM):	17,38	Factor de potencia (%):	88,62
Porcentaje de carga (%):	34,75	Pedidas de kW (kW):	0,21
Caballaje de salida (HP):	1,04	Precio anual de operación (Colones):	72 169,19
kW de salida:	0,78	Precio anual de pérdidas:	15 472,66
Porcentaje de eficiencia (%):	78,56	Ahorro anual por cambio de motor de alta eficiencia (Colones):	648 575,42
KVA de entrada:	1,12	Costo del reemplazo de motor amortización simple, años (Colones):	
MOTOR		PLACA	
			
MEDICIÓN ANALIZADOR DE REDES		MEDICIÓN TACOMETRO DIGITAL	
			


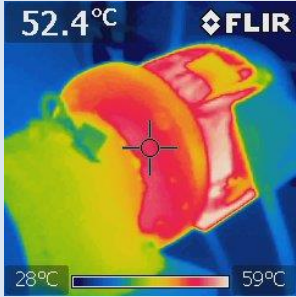

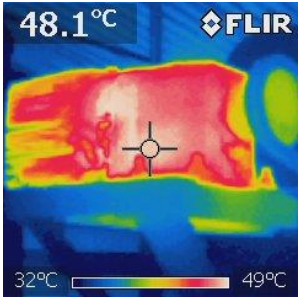

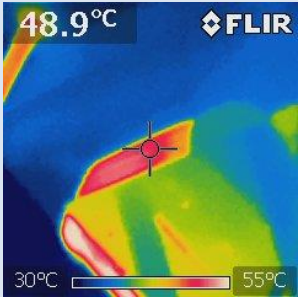

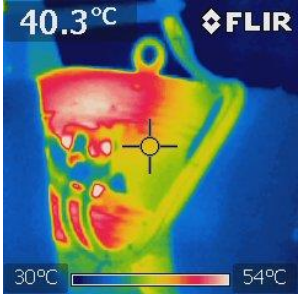



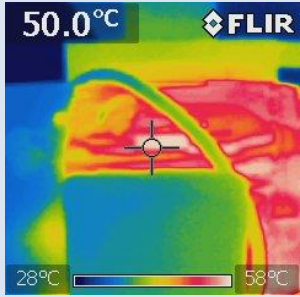

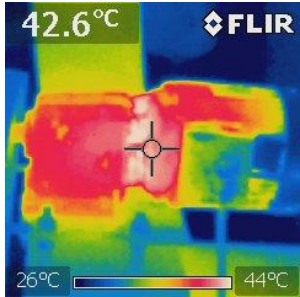

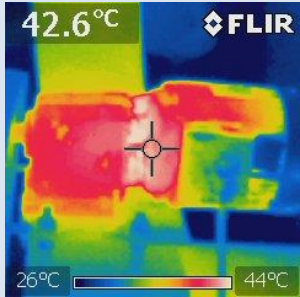

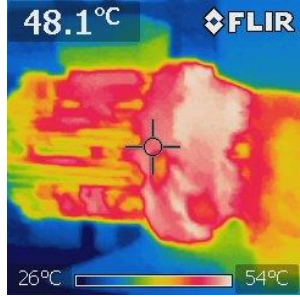
Beneficios Volcafe (Costa Rica)
Control de Motores Eléctricos


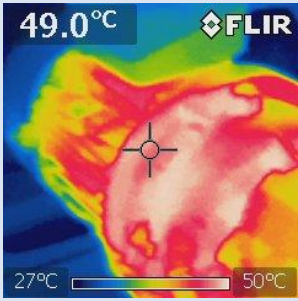

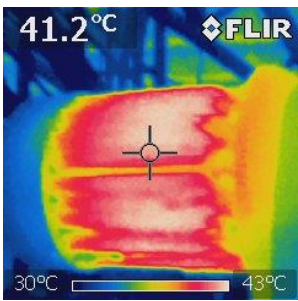

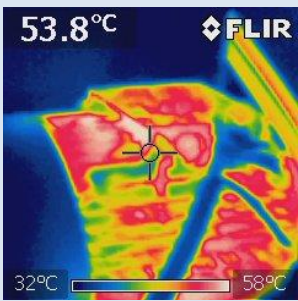

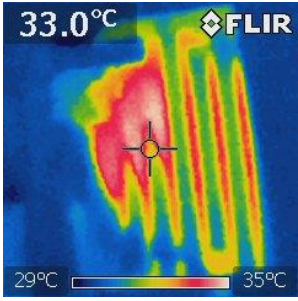



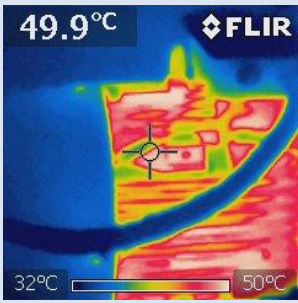

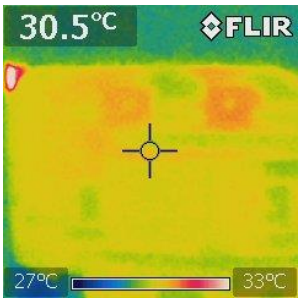

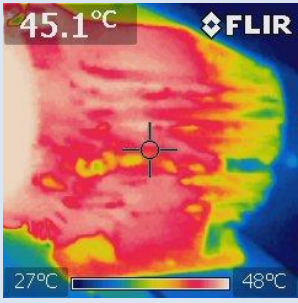

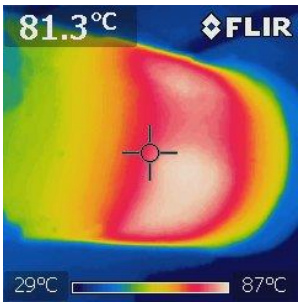
IDENTIFICACIÓN			
Beneficio:	San Diego	Área:	Alistado
Tablero:	C	Código Equipo:	CD-01
Equipo:	Clasificadora Densimétrica	Código Motor:	
DATOS DEL MOTOR			
Marca:	Siemens	Temperatura de Trabajo (°C):	40
Modelo/Tipo:	1LA7112-4YA60	Fases y HZ:	3//60
Numero de Serie:		HP:	5
Factor de Servicio:	1,15	Voltios (V):	220
Cos α:		Amperios (A):	15,8
IP:	55	RPM nominal:	1740
Clase de Aislamiento:		Velocidad de Sincronización:	1800
Indice de Eficiencia:		Deslizamiento a plena carga:	60
VALORES DE MEDICIÓN			
Votaje Promedio:	222,3	RPM Operación:	1775
Amperaje Promedio:	11,99	Horas de Operación:	1116,7
kW Promedio:	1,89	Precio Promedio kWh (Colones):	65,28
VALORES CALCULADOS			
Deslizamiento de funcionamiento (RPM):	25	Factor de potencia (%):	40,94
Porcentaje de carga (%):	41,67	Pedidas de kW (kW):	0,34
Caballaje de salida (HP):	2,08	Precio anual de operación (Colones):	137 777,55
kW de salida:	1,55	Precio anual de pérdidas:	24 481,64
Porcentaje de eficiencia (%):	82,23	Ahorro anual por cambio de motor de alta eficiencia (Colones):	880 191,37
KVA de entrada:	4,62	Costo del reemplazo de motor amortización simple, años (Colones):	
MOTOR		PLACA	
			
MEDICIÓN ANALIZADOR DE REDES		MEDICIÓN TACOMETRO DIGITAL	
			


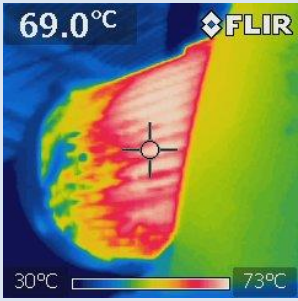

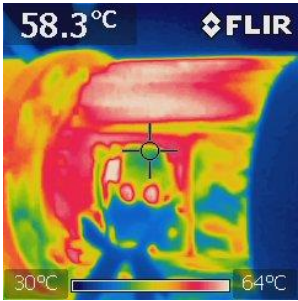

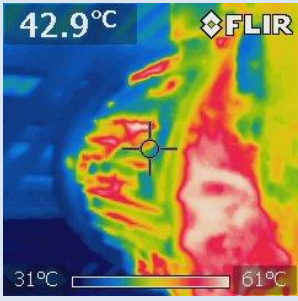
Anexo 2. Imágenes termográficas de los motores eléctricos del área de alistado.

Equipo	Motor	Termográfica
<p>EC 27</p>		
<p>EC 09</p>		
<p>EC 17</p>		
<p>TF 01</p>		

Equipo	Motor	Termográfica
VE 01		
TH 68		
EC 08		
CT 01		

Equipo	Motor	Termográfica
EC 24		
EC 25		
CD 01		
VE 01 CD		

Equipo	Motor	Termográfica
CD 02		
VE 02 CD		
TV 01		
EC 11		

Equipo	Motor	Termográfica
EC 10		
EC 07		
EC 26		

Anexo 3. Muestreo de tiempos de operación del compresor del área de alistado.

Fecha	Hora inicio	Hora final	Lapso	Tiempo de recarga
6/13/2018	13:37	13:56	0:19	1' 08"
	13:56	14:08	0:12	
	14:08	14:21	0:13	
	15:44	15:58	0:14	
	15:58	16:08	0:10	
6/14/2018	13:13	13:28	0:15	1' 07"
	13:28	13:42	0:14	
	13:42	13:56	0:14	
	13:56	14:09	0:13	
	14:09	14:20	0:11	
6/15/2018	13:08	13:21	0:13	1' 24"
	13:21	13:34	0:13	
	13:34	13:48	0:14	
	13:48	14:00	0:12	
	14:00	14:13	0:13	
	14:13	14:32	0:19	
6/19/2018	13:23	13:35	0:12	1' 02"
	13:35	13:49	0:14	
	13:49	14:08	0:19	
	14:08	14:25	0:17	
6/20/2018	13:18	13:32	0:14	1' 10"
	13:32	13:48	0:16	
	13:48	14:02	0:14	
	14:02	14:16	0:14	
	14:16	14:28	0:12	

Anexo 4. Cotización de motores del área del alistado.

	Eurotecnica de C.R. AyM, S.A. 150 M AL ESTE DE EPA EN TIBAS. Ced. Jurídica: 3101561494 Teléfono: (506) 2241-4242 Fax: (506) 2241-4272	Boleta de Préstamo No. 10413 Página 1 de 2																																																																																																																																				
	Número Orden: 10413 Fecha: 15/12/2017 Cliente: BENEFICIO VOLCAFE (COSTA RICA), S.A. Referencia: Consignacion San Diego Términos: Crédito 30 días Agente: VTAS2 Total: €7,600,835.33	Enviar a: Costa Rica Contacto: Teléfono: 22616666 Fax:																																																																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Producto</th> <th>Descripción</th> <th>Cantidad</th> <th>Unidades</th> <th>Precio Unitario</th> <th>Total Nominal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MNHL 30/2 15.4/</td> <td>Reductor Lineal SITI MNHL 30/2 15.4/1 24/200</td> <td>3.00</td> <td>UND</td> <td>€244,886.61</td> <td>€734,659.83</td> </tr> <tr> <td>MS 90L2-4 B35</td> <td>Motor EUROMOTOR 3HP 3F Flang 24/200 AL</td> <td>3.00</td> <td>UND</td> <td>€113,151.27</td> <td>€339,453.81</td> </tr> <tr> <td>MNHL 35/2 14.54</td> <td>Reductor lineal SITI MNHL 35/2 14.54/1 28/250</td> <td>3.00</td> <td>UND</td> <td>€348,660.02</td> <td>€1,045,980.06</td> </tr> <tr> <td>MS 100L3-4 B35</td> <td>Motor EUROMOTOR 5,5HP 3F Flangeado 28/250 AL</td> <td>3.00</td> <td>UND</td> <td>€163,456.49</td> <td>€490,369.47</td> </tr> <tr> <td>MS 90L2-4</td> <td>Motor EUROMOTOR 3HP 3F cerrado AL</td> <td>3.00</td> <td>UND</td> <td>€102,081.07</td> <td>€306,243.21</td> </tr> <tr> <td>MS 100L3-4 B3</td> <td>Motor EUROMOTOR 5.5HP 3F Cerrado AL</td> <td>1.00</td> <td>UND</td> <td>€158,759.35</td> <td>€158,759.35</td> </tr> <tr> <td>MS 132M-4 B3</td> <td>Motor EUROMOTOR 10HP 3F cerrado AL</td> <td>3.00</td> <td>UND</td> <td>€263,787.56</td> <td>€791,362.68</td> </tr> <tr> <td>MS 132L2-4 B3</td> <td>Motor EUROMOTOR 15HP 3F cerrado AL</td> <td>2.00</td> <td>UND</td> <td>€327,714.61</td> <td>€655,429.22</td> </tr> <tr> <td>MS 160L1-4 B3</td> <td>Motor EUROMOTOR 20HP 3F Cerrado</td> <td>1.00</td> <td>UND</td> <td>€443,334.52</td> <td>€443,334.52</td> </tr> <tr> <td>MS 180M-4 B3</td> <td>Motor EUROMOTOR 25HP 3F Cerrado AL</td> <td>1.00</td> <td>UND</td> <td>€597,805.26</td> <td>€597,805.26</td> </tr> <tr> <td>PTR001</td> <td>Transportador sin fin en 6" H.N armado con tubo de 1.1/4" cedula 40 y eje liso en 1.1/2" a un extremo. Seccion de 3 mt.</td> <td>2.00</td> <td>Unidad</td> <td>€76,296.48</td> <td>€152,592.96</td> </tr> <tr> <td>PST80P</td> <td>Termómetro analógico 0-120°C Posterior Ø 80 Bulbo 100</td> <td>2.00</td> <td>UND</td> <td>€10,618.37</td> <td>€21,236.74</td> </tr> <tr> <td>PTR002</td> <td>Transportador sin fin en 9" H.N armado con tubo de 2" cedula 40 y eje liso en 1.1/2" a un extremo. Seccion de 3 mt.</td> <td>2.00</td> <td>Unidad</td> <td>€105,898.87</td> <td>€211,797.74</td> </tr> <tr> <td>PTR003</td> <td>Transportador sin fin en 12" H.N armado con tubo de 2.1/2" cedula 40 y eje liso en 2" a un extremo. Seccion de 3 mt.</td> <td>1.00</td> <td>Unidad</td> <td>€139,067.30</td> <td>€139,067.30</td> </tr> <tr> <td>PTR004</td> <td>Transportador sin fin en 12" ACERO INOXIDABLE armado con tubo de 2.1/2" cedula 40 y eje liso en 2" a un extremo. Seccion de 3 mt.</td> <td>1.00</td> <td>Unidad</td> <td>€638,310.80</td> <td>€638,310.80</td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td>SubTotal Exento:</td> <td>€0.00</td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td>Descuento:</td> <td>€0.00</td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td>SubTotal Gravado:</td> <td>€6,726,402.95</td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td>Descuento:</td> <td>€0.00</td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td>Imp. de Ventas:</td> <td>€874,432.38</td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td>Total:</td> <td>€7,600,835.33</td> </tr> </tbody> </table>			Producto	Descripción	Cantidad	Unidades	Precio Unitario	Total Nominal	MNHL 30/2 15.4/	Reductor Lineal SITI MNHL 30/2 15.4/1 24/200	3.00	UND	€244,886.61	€734,659.83	MS 90L2-4 B35	Motor EUROMOTOR 3HP 3F Flang 24/200 AL	3.00	UND	€113,151.27	€339,453.81	MNHL 35/2 14.54	Reductor lineal SITI MNHL 35/2 14.54/1 28/250	3.00	UND	€348,660.02	€1,045,980.06	MS 100L3-4 B35	Motor EUROMOTOR 5,5HP 3F Flangeado 28/250 AL	3.00	UND	€163,456.49	€490,369.47	MS 90L2-4	Motor EUROMOTOR 3HP 3F cerrado AL	3.00	UND	€102,081.07	€306,243.21	MS 100L3-4 B3	Motor EUROMOTOR 5.5HP 3F Cerrado AL	1.00	UND	€158,759.35	€158,759.35	MS 132M-4 B3	Motor EUROMOTOR 10HP 3F cerrado AL	3.00	UND	€263,787.56	€791,362.68	MS 132L2-4 B3	Motor EUROMOTOR 15HP 3F cerrado AL	2.00	UND	€327,714.61	€655,429.22	MS 160L1-4 B3	Motor EUROMOTOR 20HP 3F Cerrado	1.00	UND	€443,334.52	€443,334.52	MS 180M-4 B3	Motor EUROMOTOR 25HP 3F Cerrado AL	1.00	UND	€597,805.26	€597,805.26	PTR001	Transportador sin fin en 6" H.N armado con tubo de 1.1/4" cedula 40 y eje liso en 1.1/2" a un extremo. Seccion de 3 mt.	2.00	Unidad	€76,296.48	€152,592.96	PST80P	Termómetro analógico 0-120°C Posterior Ø 80 Bulbo 100	2.00	UND	€10,618.37	€21,236.74	PTR002	Transportador sin fin en 9" H.N armado con tubo de 2" cedula 40 y eje liso en 1.1/2" a un extremo. Seccion de 3 mt.	2.00	Unidad	€105,898.87	€211,797.74	PTR003	Transportador sin fin en 12" H.N armado con tubo de 2.1/2" cedula 40 y eje liso en 2" a un extremo. Seccion de 3 mt.	1.00	Unidad	€139,067.30	€139,067.30	PTR004	Transportador sin fin en 12" ACERO INOXIDABLE armado con tubo de 2.1/2" cedula 40 y eje liso en 2" a un extremo. Seccion de 3 mt.	1.00	Unidad	€638,310.80	€638,310.80					SubTotal Exento:	€0.00					Descuento:	€0.00					SubTotal Gravado:	€6,726,402.95					Descuento:	€0.00					Imp. de Ventas:	€874,432.38					Total:	€7,600,835.33
Producto	Descripción	Cantidad	Unidades	Precio Unitario	Total Nominal																																																																																																																																	
MNHL 30/2 15.4/	Reductor Lineal SITI MNHL 30/2 15.4/1 24/200	3.00	UND	€244,886.61	€734,659.83																																																																																																																																	
MS 90L2-4 B35	Motor EUROMOTOR 3HP 3F Flang 24/200 AL	3.00	UND	€113,151.27	€339,453.81																																																																																																																																	
MNHL 35/2 14.54	Reductor lineal SITI MNHL 35/2 14.54/1 28/250	3.00	UND	€348,660.02	€1,045,980.06																																																																																																																																	
MS 100L3-4 B35	Motor EUROMOTOR 5,5HP 3F Flangeado 28/250 AL	3.00	UND	€163,456.49	€490,369.47																																																																																																																																	
MS 90L2-4	Motor EUROMOTOR 3HP 3F cerrado AL	3.00	UND	€102,081.07	€306,243.21																																																																																																																																	
MS 100L3-4 B3	Motor EUROMOTOR 5.5HP 3F Cerrado AL	1.00	UND	€158,759.35	€158,759.35																																																																																																																																	
MS 132M-4 B3	Motor EUROMOTOR 10HP 3F cerrado AL	3.00	UND	€263,787.56	€791,362.68																																																																																																																																	
MS 132L2-4 B3	Motor EUROMOTOR 15HP 3F cerrado AL	2.00	UND	€327,714.61	€655,429.22																																																																																																																																	
MS 160L1-4 B3	Motor EUROMOTOR 20HP 3F Cerrado	1.00	UND	€443,334.52	€443,334.52																																																																																																																																	
MS 180M-4 B3	Motor EUROMOTOR 25HP 3F Cerrado AL	1.00	UND	€597,805.26	€597,805.26																																																																																																																																	
PTR001	Transportador sin fin en 6" H.N armado con tubo de 1.1/4" cedula 40 y eje liso en 1.1/2" a un extremo. Seccion de 3 mt.	2.00	Unidad	€76,296.48	€152,592.96																																																																																																																																	
PST80P	Termómetro analógico 0-120°C Posterior Ø 80 Bulbo 100	2.00	UND	€10,618.37	€21,236.74																																																																																																																																	
PTR002	Transportador sin fin en 9" H.N armado con tubo de 2" cedula 40 y eje liso en 1.1/2" a un extremo. Seccion de 3 mt.	2.00	Unidad	€105,898.87	€211,797.74																																																																																																																																	
PTR003	Transportador sin fin en 12" H.N armado con tubo de 2.1/2" cedula 40 y eje liso en 2" a un extremo. Seccion de 3 mt.	1.00	Unidad	€139,067.30	€139,067.30																																																																																																																																	
PTR004	Transportador sin fin en 12" ACERO INOXIDABLE armado con tubo de 2.1/2" cedula 40 y eje liso en 2" a un extremo. Seccion de 3 mt.	1.00	Unidad	€638,310.80	€638,310.80																																																																																																																																	
				SubTotal Exento:	€0.00																																																																																																																																	
				Descuento:	€0.00																																																																																																																																	
				SubTotal Gravado:	€6,726,402.95																																																																																																																																	
				Descuento:	€0.00																																																																																																																																	
				Imp. de Ventas:	€874,432.38																																																																																																																																	
				Total:	€7,600,835.33																																																																																																																																	
Información Adicional Se da mercadería en calidad de Consignación. La validéz es a partir de la entrega de los equipos y firma del documento, hasta el 30 Abril 2018; al cierre del mes de abril, se deben reunir ambas partes para definir la ampliación del plazo o retiro temporal de los equipos. También se realizarán visitas mensuales para verificar inventario físico de los equipos . En el tiempo establecido de la consignación, se nos debe informar (por parte de Volcafé) el uso de alguno de los equipos para su debida facturación, ya sea por medio de orden de compra o factura directa a trámite (previa autorización de Volcafé) Los equipos son nuevos y se darán protegidos con plástico para poder mantener la calidad de limpieza y apariencia original, por lo que se le solicita a Volcafé que sean almacenados en un área limpia y protegida. En caso de fuerza MAYOR de que Eurotecnica no tenga alguno de los equipos en lista y surja una emergencia con otro de nuestros clientes , se pueda retirar alguno de los equipos, temporalmente con documentación formal.																																																																																																																																						
15/12/2017 05:14:23 p.m.																																																																																																																																						

Anexo 5. Cotización de luminarias tipo LED para el área de alistado.

		Fecha: 05-06-2018																				
Suplidora La Uruca Dos Mil Siete, Ltda.		Cotización																				
Teléfono: (506) 2222-0056 Fax: (506) 2222-1513		CO-00067638																				
Dirección: De la plaza de La Uruca, 200 mts al este.		Vendedor GIOVANNI JIMÉNEZ																				
Céd. Jurídica: 3-102-503337		Orden:																				
Website: www.suplidoracr.com																						
E-mail: lauruca@suplidoracr.com																						
Apartado: 212-1017, San José 2000																						
Cliente: BENEFICIO VOLCAFE COSTA RICA S.A		Cuenta																				
Dirección:		0152																				
Teléfono : 2- 2616666 Fax: 2- 2615555																						
Observaciones:																						
<hr/>																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Código</th> <th>Descripción</th> <th>Cant.</th> <th>Precio</th> <th>Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1052373</td> <td>LAMP SYL 705 LED ECO 2X18W C/TUBO LED 65</td> <td>9.00</td> <td>21,760.00</td> <td>195,840.00</td> </tr> <tr> <td>01</td> <td>BOMB LED 37W E27/100-240V 6500K 3700LM 1121905</td> <td>19.00</td> <td>12,824.00</td> <td>243,656.00</td> </tr> <tr> <td>1380440</td> <td>CONVERT TECNOL SP-4026 E40 A E27</td> <td>19.00</td> <td>1,864.00</td> <td>35,416.00</td> </tr> </tbody> </table>	Código	Descripción	Cant.	Precio	Total	1052373	LAMP SYL 705 LED ECO 2X18W C/TUBO LED 65	9.00	21,760.00	195,840.00	01	BOMB LED 37W E27/100-240V 6500K 3700LM 1121905	19.00	12,824.00	243,656.00	1380440	CONVERT TECNOL SP-4026 E40 A E27	19.00	1,864.00	35,416.00		
Código	Descripción	Cant.	Precio	Total																		
1052373	LAMP SYL 705 LED ECO 2X18W C/TUBO LED 65	9.00	21,760.00	195,840.00																		
01	BOMB LED 37W E27/100-240V 6500K 3700LM 1121905	19.00	12,824.00	243,656.00																		
1380440	CONVERT TECNOL SP-4026 E40 A E27	19.00	1,864.00	35,416.00																		
Vigencia: Tres días		<hr/> Subtotal: 474,912.00																				
Tiempo de Entrega: 1-3 DIAS SALVO VENTA PREVIA.		Descuento : 0.00																				
Forma de Pago: Contado (Efectivo)		Imp. Venta: 61,739.00																				
<hr/> Hecho por: BMADRIGAL		Total: €536,651.00																				
<div style="text-align: right;">  </div>																						
1																						

Anexo 6. Matriz de cálculo de ahorros de sustitución de luminarias actuales por tecnología LED.

Detalle	Meses												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Sustitución de luminaria Metalarc													
Gasto actual	-	8 556	8 556	8 556	8 556	8 556	8 556	8 556	8 556	8 556	8 556	8 556	8 556
Gasto proyectado	-	1 266	1 266	1 266	1 266	1 266	1 266	1 266	1 266	1 266	1 266	1 266	1 266
Recuperación de la inversión	64 120	56 830	49 541	42 252	34 962	27 673	20 383	13 094	5 804	- 1 485	- 8 775	- 16 064	- 23 353
Sustitución de luminaria T12													
Gasto actual	-	15 250	15 250	15 250	15 250	15 250	15 250	15 250	15 250	15 250	15 250	15 250	15 250
Gasto proyectado	-	3 819	3 819	3 819	3 819	3 819	3 819	3 819	3 819	3 819	3 819	3 819	3 819
Recuperación de la inversión	261 120	249 689	238 258	226 827	215 396	203 965	192 534	181 103	169 672	158 241	146 810	135 379	123 948

Anexo 7. Procedimiento para el diagnóstico energético.

	BENEFICIOS VOLCAFE (COSTA RICA), S.A.	Código: Fecha: Versión: No. Pág.:
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------	--------------------------------------------

1. TITULO
Procedimiento para el diagnóstico energético

2. OBJETIVO
Desarrollar un diagnóstico energético en el área de alistado del Beneficio Volcafé, para determinar los puntos de consumo de energía.

3. CONTROL DE CAMBIOS

SECCIÓN	VERSIÓN	CAMBIO

4. LISTA DE DISTRIBUCIÓN

PUESTO DE USUARIOS	FECHA	No. COPIA	FIRMA

5. CONTROL DE DOCUMENTOS

Copia Controlada No. _____

6. REVISIÓN Y APROBACIÓN

	PUESTO	FIRMA	FECHA
REALIZADO	Gestor de Calidad y Ambiente		16-08-2018
REVISADO			
APROBADO			

Este documento es propiedad de Beneficios Volcafe (Costa Rica) SA prohibida la reproducción total o parcial sin la debida autorización.

7. ALCANCE

Este procedimiento aplica para el Beneficio Volcafe San Diego para el desarrollo de un diagnóstico energético de forma semestral.

8. DEFINICIONES

- a. **Diagnóstico energético:** estudio de los flujos de energía de un área determinada para el análisis de oportunidades de mejora en la eficiencia del consumo energético.

9. RESPONSABILIDADES:

Es responsabilidad del ingeniero eléctrico coordinar y verificar las acciones y buenas prácticas aquí estipuladas.

Es responsabilidad del gestor de calidad y ambiente recibir los registros correspondientes con las actividades implementadas.

10. DESARROLLO

10.1 Planeación y recopilación de información inicial.

- Comunicar a la alta administración sobre el inicio del diagnóstico.
- Verificar que el diagrama de flujo del proceso productivo esté actualizado.
- Recopilar el historial de producción del proceso en estudio, para los meses en consideración.
- Recopilar la información sobre las tarifas eléctricas de la planta.

10.2 Inventario y caracterización de los equipos.

- Levantar un inventario de todos los equipos y maquinaria que consumen electricidad en el área de estudio.
- Considerar las características eléctricas de cada uno de ellos.
- Registrar en fotografías cada uno de los equipos, con su respectiva placa.

10.3 Mediciones y cálculos eléctricos en motores.

- En el formato *Control de Motores Eléctricos*, ingresar los datos especificados en la placa del motor: marca, modelo/tipo, factor de servicio, HP, voltios, amperios, RMP nominal, entre otros disponibles, según corresponda.
- Por medio de un analizador de redes, obtener el voltaje y corriente promedios generados por cada motor, así como los kW consumidos.
- Por medio de un tacómetro digital, obtener la velocidad de operación (RPM), realizando la medición durante un minuto.
- Calcular las horas de operación del motor durante un mes.
- Ingresar la información obtenida en los pasos anteriores en el formato *Control de Motores Eléctricos*, el cual determinará los siguientes valores de medición:

Este documento es propiedad de Beneficios Volcafe (Costa Rica) SA, prohibida la reproducción total o parcial sin la debida autorización.

deslizamiento de funcionamiento (RPM), porcentaje de carga, caballaje de salida (HP), potencia de salida (kW), porcentaje de eficiencia, potencia aparente de entrada (kVA), factor de potencia, pérdidas de potencia (kW).

10.4 Mediciones y cálculos eléctricos en compresores.

- Obtener el tiempo en que el compresor está encendido por día, de forma tal que se pueda calcular un promedio de operación mensual.
- Multiplicar el tiempo de encendido promedio por la potencia teórica de compresor, para determinar el consumo energético del compresor.

10.5 Mediciones y cálculos eléctricos en luminarias.

- Obtener de las luminarias la potencia de cada una de ellas.
- Calcular las horas de uso de las luminarias por mes.
- Multiplicar la potencia teórica por las horas de uso, considerando la cantidad de luminarias de cada tipo, para obtener el consumo promedio mensual.

10.6 Análisis de la factura eléctrica.

- Analizar el comportamiento del consumo, demanda energética y factor de potencia, obtenidos de las facturas energéticas del beneficio, con el fin de determinar variaciones en el comportamiento, que pueda haber sido provocadas por alteraciones en la planta.

10.7 Análisis de la información obtenida.

- Analizar la información obtenida en los apartados anteriores, para determinar el comportamiento promedio de consumo en la planta, los equipos con mayor consumo y alteraciones en los patrones, a fin de que sean insumos para la toma de decisiones.

11. Anexos

No hay

Anexo 8. Formato Control de motores eléctricos.



Beneficios Volcafe (Costa Rica)
Control de Motores Eléctricos



IDENTIFICACIÓN			
Beneficio:		Área:	
Tablero:		Código Equipo:	
Equipo:		Código Motor:	

DATOS DEL MOTOR			
Marca:		Temperatura de Trabajo (°C):	
Modelo/Tipo:		Fases y HZ:	
Numero de Serie:		HP:	
Factor de Servicio:		Voltios (V):	
Tipo de Carcaza:		Amperios (A):	
IP:		RPM nominal:	
Clase de Aislamiento:		Velocidad de Sincronización:	
Indice de Eficiencia:		Deslizamiento a plena carga:	

VALORES DE MEDICIÓN			
Votaje Promedio:		RPM Operación:	
Amperaje Promedio:		Horas de Operación:	
kW Promedio:		Precio Promedio kWh (Colones):	

VALORES CALCULADOS			
Deslizamiento de funcionamiento (RPM):		Factor de potencia (%):	
Porcentaje de carga (%):		Pedidas de kW (kW):	
Caballaje de salida (HP):		Precio anual de operación (Colones):	
kW de salida:		Precio anual de perdidas:	
Porcentaje de eficiencia (%):		Ahorro anual por cambio de motor de alta eficiencia (Colones):	
KVA de entrada:		Costo del reemplazo de motor amortización simple, años (Colones):	

MOTOR	PLACA

OBSERVACIONES

Anexo 9. Procedimiento de gestión del consumo eléctrico.

	BENEFICIOS VOLCAFE (COSTA RICA), S.A.	Código: Fecha: Versión: No. Pág.:
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------	--------------------------------------------

1. TÍTULO
Procedimiento de gestión del consumo eléctrico

2. OBJETIVO
Brindar una guía de buenas prácticas a implementar en el Beneficio Volcafe San Diego que permitan gestionar de forma eficiente el consumo eléctrico mensualmente.

3. CONTROL DE CAMBIOS

SECCIÓN	VERSIÓN	CAMBIO

4. LISTA DE DISTRIBUCIÓN

PUESTO DE USUARIOS	FECHA	No. COPIA	FIRMA

5. CONTROL DE DOCUMENTOS

Copia Controlada No. _____

6. REVISIÓN Y APROBACIÓN

	PUESTO	FIRMA	FECHA
REALIZADO	Gestor de Calidad y Ambiente		16-08-2018
REVISADO			
APROBADO			

Este documento es propiedad de Beneficios Volcafe (Costa Rica) SA prohibida la reproducción total o parcial sin la debida autorización.

7. ALCANCE

Este procedimiento aplica para el Beneficio Volcafe San Diego para la gestión del consumo eléctrico de forma mensual.

8. DEFINICIONES

- a. **Uso eficiente:** es la obtención de un resultado optimizando los recursos empleados en la consecución del mismo.

9. RESPONSABILIDADES:

Es responsabilidad del ingeniero eléctrico coordinar y verificar las acciones y buenas prácticas aquí estipuladas.

Es responsabilidad del gestor de calidad y ambiente recibir los registros correspondientes con las actividades implementadas.

10. DESARROLLO

10.1 Mantenimiento actualizado de inventario de equipos que consumen electricidad.

- Identificar los equipos que utilizan motor, y verificar que cuenten con un código ya asignado, y que se encuentre registrado físicamente en el motor.
- Realizar levantamiento de datos técnicos de motores, que contenga la siguiente información: código del equipo a la que pertenece el motor, código del motor, panel de ubicación del arranque, corriente de placa, voltaje de placa, potencia de placa, velocidad de placa, fases, eficiencia de placa y marca (Completar formato de Descripción de Motores Eléctricos y formato de Control de Horas de Trabajo por Equipos).
- Determinar distribución de carga por sector de proceso, agrupando la capacidad de los equipos de acuerdo a su potencia, de forma tal que sea más fácil visualizar los sectores donde tenemos los mayores consumos y los equipos con mayor requerimiento de potencia.
- Determinar medidas reales por sector de proceso, midiendo por sector el consumo diario y por hora, para poder determinar tanto el consumo real como el porcentaje de participación de cada sector en el consumo total del beneficio.

10.2 Determinación de demanda máxima diaria.

- Revisar la demanda máxima diaria en conjunto con el análisis de la producción, para determinar si puede estar afectando el arranque indiscriminado de los equipos, o si por error algún sector trabajó en algún periodo de restricción (Completar formato de Reporte Eléctrico)

10.3 Determinación del uso efectivo de la energía.

- Revisar el factor de potencia en distintos momentos de demanda para analizar qué tan efectiva está siendo la utilización de la energía consumida. Así mismo, esto permitirá saber si se deben mejorar las condiciones del banco de

Este documento es propiedad de Beneficios Volcafe (Costa Rica) SA, prohibida la reproducción total o parcial sin la debida autorización.

capacitores. (Completar formato de Control de Desplazamiento de Carga Eléctrica)


10.4 Control de consumos y análisis de datos.

- Registrar el histórico del consumo energético, demandas máximas y demás factores incluidos dentro de la facturación del proveedor; que permita respaldar la toma de decisiones para el mejoramiento de las condiciones del proceso. (Completar formato de Control Histórico del Consumo Eléctrico)

11. Anexos

No hay

Anexo 10. Formato Control de horas de trabajo por equipo.

Nombre documento:		Control de horas de trabajo													
Fecha aprobación:		 BENEFICIOS VOLCAFE (COSTA RICA), S.A.										Código:			
Firma aprobación:												Versión:			
RESPONSABLE:		ÁREA:										FECHA:			
Equipo	LUNES		MARTES		MIÉRCOLES		JUEVES		VIERNES		SÁBADO		DOMINGO		
	HI	HF	HI	HF	HI	HF	HI	HF	HI	HF	HI	HF	HI	HF	
EC-27															
EC-09															
EC-17															
TF-01															
TH-68															
EC-08															
CT-01															
EC-25															
EC-24															
VE-01 CD															
VE-02 CD															
CD-01															
CD-02															
TV-01															
EC-10															
EC-11															
EC-07															
EC-26															
Total															
<i>Este documento es propiedad de Beneficios Volcafe (Costa Rica) S.A prohibida la reproducción total o parcial sin la debida autorización.</i>															


Anexo 11. Formato Reporte eléctrico.

Reporte de Control para Factor de Potencia			
Beneficio:	SDI	Fecha de reporte:	1/0/1900
Información General			
NISE/Localización:	3610901960		
Medidor:	992908		
Compañía Suministradora:	CNFL		
Tarifa:	T-PR PROMOCIONAL		
Constante Medidor:	875		
kW Punta		kW Valle	kW Noche
0,000		0,000	0,000
FP Punta	FP Valle	FP Noche	
Datos de Medidor			
Código	Descripción	Lectura	Dato Real
0	Hora		
1	Fecha		
2	Año o día de la semana.		
3	Total KWH		-
4	KWH (Punta)		-
5	KWH (Valle)		-
6	KWH (Nocturna)		-
7	Acum continua KW (Punta)		-
8	Acum continua KW (valle)		-
9	Acum continua KW (Nocturna)		-
10	Max. KW (Punta)		-
11	Max. KW (Valle)		-
12	Max. KW (Nocturna)		-
13	Numero de Borradas		-
14	KVAR (Punta)		-
15	KVAR (Valle)		-
16	KVAR (Nocturna)		-
17	KVAR mes anterior (Punta)		-
18	KVAR mes anterior (Valle)		-
19	KVAR mes anterior (Nocturna)		-

Anexo 12. Formato Control de desplazamiento de Carga Eléctrica (kW).

Reporte de Control para Factor de Potencia			
Beneficio:	SDI	Fecha de reporte:	1/0/1900
Información General			
NISE/Localización:	3610901960		
Medidor:	992908		
Compañía Suministradora:	CNFL		
Tarifa:	T-PR PROMOCIONAL		
Constante Medidor:	875		
kW Punta		kW Valle	kW Noche
0,000		0,000	0,000
FP Punta	FP Valle	FP Noche	
Datos de Medidor			
Código	Descripción	Lectura	Dato Real
0	Hora		
1	Fecha		
2	Año o día de la semana.		
3	Total KWH		-
4	KWH (Punta)		-
5	KWH (Valle)		-
6	KWH (Nocturna)		-
7	Acum continua KW (Punta)		-
8	Acum continua KW (valle)		-
9	Acum continua KW (Nocturna)		-
10	Max. KW (Punta)		-
11	Max. KW (Valle)		-
12	Max. KW (Nocturna)		-
13	Numero de Borradas		-
14	KVAR (Punta)		-
15	KVAR (Valle)		-
16	KVAR (Nocturna)		-
17	KVAR mes anterior (Punta)		-
18	KVAR mes anterior (Valle)		-
19	KVAR mes anterior (Nocturna)		-

Anexo 13. Formato Control histórico del consumo eléctrico.

CONTROL HISTÓRICO DEL CONSUMO ELÉCTRICO																									
Nombre documento:										Código:															
Fecha aprobación:										Versión:															
Firma aprobación:																									
 BENEFICIOS VOLCANES COSTARRICENSE S.A.																									
Beneficio:																									
Cosecha:																									
Mes	Energía kWh		Demanda kV			Factor de potencia		Costos Reglamentarios				Costos Productivos			Total a pagar										
	Consumo Diario kWh	Consumo Total kWh	Facturado kWh	Demanda kWh	Factura kWh	Max Demanda kW	Registrada kW	Desplaza %	Importe Facturado	Factor de potencia %	Importe Facturado	Costo Variable Combustible	Costo Variable Demanda	Costo Aluminado		Impuesto de ventas	Tributo Bomberos	Facturas	Costo por kWh	Costo por Factura	kWh Factura	0.0 Oro	Costo por 0.0 Oro	kWh 0.0 Oro	
Enero																									
Febrero																									
Marzo																									
Abril																									
Mayo																									
Junio																									
Julio																									
Agosto																									
Septiembre																									
Octubre																									
Noviembre																									
Diciembre																									
Promedio																									
Total																									

Este documento es propiedad de Beneficios Volcane Costarricense S.A. cualquier reproducción total o parcial sin la debida autorización.

Anexo 14. Procedimiento de mantenimiento preventivo: motores y compresores.

	BENEFICIOS VOLCAFE (COSTA RICA), S.A.	Código: Fecha: Versión: No. Pág.:
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------	--------------------------------------------

1. TÍTULO
Procedimiento para el mantenimiento preventivo: motores eléctricos y compresores

2. OBJETIVO
Brindar un mantenimiento integral de forma preventiva a los motores eléctricos y compresores del beneficio, que permita el aprovechamiento eficiente de la energía y de las capacidades de los equipos.

3. CONTROL DE CAMBIOS

SECCIÓN	VERSIÓN	CAMBIO

4. LISTA DE DISTRIBUCIÓN

PUESTO DE USUARIOS	FECHA	No. COPIA	FIRMA

5. CONTROL DE DOCUMENTOS

Copia Controlada No. _____

6. REVISIÓN Y APROBACIÓN

	PUESTO	FIRMA	FECHA
REALIZADO	Gestor de Calidad y Ambiente		16-08-2018
REVISADO			
APROBADO			

Este documento es propiedad de Beneficios Volcafe (Costa Rica) SA prohibida la reproducción total o parcial sin la debida autorización.

7. ALCANCE

Este procedimiento aplica para el Beneficio Volcafe San Diego para la gestión del mantenimiento que se le brinda a los motores eléctricos y compresores del área de alistado.

8. DEFINICIONES

- a. **Motor eléctrico:** máquina que rota y convierte energía eléctrica en potencial mecánico apto para mover los accionamientos de todo tipo de otras máquinas.
- b. **Compresor:** equipo que presuriza aire ambiente dentro de un sistema y actúa como una bomba que aspira y empuja el aire ambiente en las tuberías del sistema.

9. RESPONSABILIDADES:

Es responsabilidad del ingeniero de planta coordinar y verificar el mantenimiento correspondiente a los motores y compresores.

Es responsabilidad del gestor de calidad y ambiente recibir los registros correspondientes con las actividades de mantenimiento integral que se brinden.

10. DESARROLLO

10.1 Mantenimiento preventivo de motores eléctricos.

El mantenimiento preventivo implica las acciones necesarias para identificar y corregir las condiciones de operación que pueden afectar un sistema o equipo, evitando convertirse en mantenimiento correctivo. Completar formato: Descripción de Mantenimiento de Motores Eléctricos.

10.1.1 Normas básicas previas al mantenimiento de los motores eléctricos.

Consejos básicos y generales:

- Planificar el trabajo con antelación a la revisión de los motores, efectuando todos los avisos necesarios.
- Recopilar toda la información técnica relativa a los motores.
- Revisar todo el protocolo de seguridad necesario de la planta.
- Seleccionar el personal necesario para la tarea de mantenimiento entre los capacitados para ello, así como los medios materiales y herramientas, formularios, entre otros.

10.1.2 Tareas de mantenimiento general.

Inspección visual:

- Eliminar toda suciedad externa del equipo, con paños secos y suaves, o con un cepillo de cerda flexible.
- Verificar que el motor no tenga ninguna vibración inusual.
- Verificar que los tornillos y fijaciones no estén flojos o corroídos.

Este documento es propiedad de Beneficios Volcafe (Costa Rica) SA, prohibida la reproducción total o parcial sin la debida autorización.

- Verificar que las conexiones estén ajustadas y no corroídas.
- Las conexiones de puesta a tierra deben estar ajustadas correctamente.
- Comprobar que el eje, juntas y retenes estén en posición y no significativamente degradados.
- El acabado de pintura debe estar en buenas condiciones, y se debe repintar en caso de ser necesario para evitar la excesiva corrosión.
- Los acoplamientos del eje deben estar firmemente fijados y correctamente alineados.
- No debe existir ningún líquido o humedad dentro de la caja del motor o terminales que puedan causar condensación.

Limpieza de los bobinados:

- Eliminar toda suciedad externa del equipo.
- Utilizar aire comprimido (con una presión menor de 2,5 bar) para quitar eventuales residuos que aún permanezcan.
- En caso de que no se logre eliminar la suciedad, utilizar un solvente (dieléctrico) adecuado para el material aislante utilizado, y que no sea tóxico no inflamable. Debe ser una sustancia volátil, y tener el poder solvente para la grasa y el aceite, pero no en las resinas del sistema aislante.
- La limpieza con solventes líquidos debe ser realizada de forma que el solvente permanezca en contacto con el bobinado el menor tiempo posible.
- Los bobinados limpiados con solventes, deben ser secados con chorro de aire caliente antes de ser puestos bajo tensión.

Secado de los bobinados:

- La humedad es un factor que degrada la resistencia de aislamiento de los bobinados de las máquinas eléctricas y debe ser eliminada antes de que la máquina sea puesta en servicio.

Funcionamiento de rodamientos:

Para los roles en motores eléctricos, se debe de determinar su buen o mal estado a partir de la siguiente inspección:

- Comprobar que el rol no cuente con un rodamiento duro.
- Por medio de un golpeteo, determinar si tiene algún balín desprendido.
- Verificar que el sello de seguridad se encuentre en buen estado.

En caso de que el rol se encuentre en mal estado es necesario su reemplazo.

10.2 Mantenimiento preventivo de los compresores.

El mantenimiento preventivo implica las acciones necesarias para identificar y corregir las condiciones de operación que pueden afectar un sistema o equipo, evitando convertirse en mantenimiento correctivo. Completar formato: Descripción de Mantenimiento de Compresores.

10.1.1 Normas básicas previas al mantenimiento de los compresores.

Consejos básicos y generales:

- Planificar el trabajo con antelación a la revisión de los compresores, efectuando todos los avisos necesarios.
- Recopilar toda la información técnica relativa a los compresores y sus equipos, entre otros.
- Revisar todo el protocolo de seguridad necesario de la planta.
- Seleccionar el personal necesario para la tarea de mantenimiento entre los capacitados para ello, así como los medios materiales y herramientas, formularios, entre otros.

10.1.2 Tareas de mantenimiento general.


- Supervisar las condiciones de funcionamiento del compresor, como las presiones y las temperaturas del gas de proceso. Los cambios repentinos pueden ser indicio de un problema dentro del compresor.
- Confirmar que las temperaturas de descarga del gas se encuentren dentro del intervalo de funcionamiento previsto para el uso correspondiente.
- Verificar el nivel de aceite de la mirilla de la bomba lubricadora.
- Llenar el tanque de suministro de aceite del lubricador y confirmar que el sistema de lubricación funcione de manera correcta.
- Verificar fugas de, aceite y aire en el compresor.
- Comprobar la presencia de cambios de color en la pintura, que pueden ser indicio de exceso de calor.
- Revisión de fajas de transmisión.
- Condición de la válvula check.

Adicionalmente se debe de realizar el mantenimiento y chequeo del motor eléctrico con el que cuenta el compresor.


11. Anexos

No hay

Anexo 15. Formato Descripción de mantenimiento de motores eléctricos.

Nombre documento:	Descripción de Mantenimiento de Motores Eléctricos				
Fecha aprobación:				Código:	
Firma aprobación:	BENEFICIOS VOLCAFE (COSTA RICA), S.A.			Versión:	
RESPONSABLE:	ÁREA:		FECHA:		
Equipo:	Motor Eléctrico N° _____				
Equipo Asociado:	_____	Código Motor:	_____		
Diagnóstico / Características					
<i>Voltaje:</i>	_____	HP:	_____	Amperaje:	_____
<i>RPM:</i>	_____	Cos φ:	_____	Fases / HZ:	_____
<i>Barra:</i>	Desgaste	SI	<input type="radio"/>	NO	<input type="radio"/>
<i>Balanceo:</i>	Estado	Bueno	<input type="radio"/>	Malo	<input type="radio"/>
<i>Roles Internos:</i>	Desgaste	SI	<input type="radio"/>	NO	<input type="radio"/>
	Tipo	_____			
<i>Carcasa:</i>	Estado	Bueno	<input type="radio"/>	Malo	<input type="radio"/>
<i>Embobinado:</i>	Estado	Bueno	<input type="radio"/>	Malo	<input type="radio"/>
Motoreductores					
<i>HP Motor:</i>	3	<input type="radio"/>	5	<input type="radio"/>	Otro _____
<i>Piñon Interno</i>	Desgaste	SI	<input type="radio"/>	NO	<input type="radio"/>
	Cantidad Dientes	_____			
<i>Lubricación:</i>	Estado	Bueno	<input type="radio"/>	Malo	<input type="radio"/>
	Tipo lubricante	Aceite	<input type="radio"/>	Grasa	<input type="radio"/>
Mantenimiento realizado					
<i>Este documento es propiedad de Beneficios Volcafe (Costa Rica) S.A prohibida la reproducción total o parcial sin la debida autorización.</i>					

Anexo 16. Formato Descripción de mantenimiento de compresores.

Nombre documento:	Descripción de Mantenimiento de Compresores				
Fecha aprobación:	 BENEFICIOS VOLCAFE (COSTA RICA), S.A.			Código:	
Firma aprobación:				Versión:	
RESPONSABLE:	ÁREA:	FECHA:			
Equipo:	Compresor N° _____				
Área Asociada:	Código Compresor: _____				
Diagnóstico / Características					
<i>Marca:</i>	<i>HP:</i>	<i>Capacidad:</i>			
<i>Presión:</i>	Óptima	SI	<input type="radio"/>	NO	<input type="radio"/>
<i>Temperatura del Aire:</i>	Óptima	SI	<input type="radio"/>	NO	<input type="radio"/>
<i>Aceite:</i>	Nivel Óptimo	SI	<input type="radio"/>	NO	<input type="radio"/>
<i>Sistema de Lubricación:</i>	Estado	Bueno	<input type="radio"/>	Malo	<input type="radio"/>
<i>Válvula Check:</i>	Estado	Bueno	<input type="radio"/>	Malo	<input type="radio"/>
<i>Fajas:</i>	Desgaste	SI	<input type="radio"/>	NO	<input type="radio"/>
	Tipo de Faja: _____				
Motor Eléctrico					
<i>Voltaje:</i>	<i>HP:</i>	<i>Amperaje:</i>			
<i>RPM:</i>	<i>Cos φ:</i>	<i>Fases / HZ:</i>			
<i>Barra:</i>	Desgaste	SI	<input type="radio"/>	NO	<input type="radio"/>
<i>Balanceo:</i>	Estado	Bueno	<input type="radio"/>	Malo	<input type="radio"/>
<i>Roles Internos:</i>	Desgaste	SI	<input type="radio"/>	NO	<input type="radio"/>
	Tipo _____				
<i>Carcaza:</i>	Estado	Bueno	<input type="radio"/>	Malo	<input type="radio"/>
<i>Embobinado:</i>	Estado	Bueno	<input type="radio"/>	Malo	<input type="radio"/>
Mantenimiento Realizado					
Este documento es propiedad de Beneficios Volcafe (Costa Rica) S.A prohibida la reproducción total o parcial sin la debida autorización.					